

九州地区における土木コンクリート構造物設計・施工指針（案）

新 旧 比 較 表

平成26年4月

国 土 交 通 省
九州地方整備局

九州地区における土木コンクリート構造物
設計・施工指針(案)

目次

1章 総則

1.1 適用の範囲	1-1
1.2 構造物の建設プロセス	1-5
1.3 要求性能	1-11
1.4 用語の定義	1-14

2章 計画・設計段階における建設プロセス

2.1 設計の基本	2-1
2.1.1 一般	
2.1.2 設計・計画段階	
2.1.3 予備設計段階	
2.1.4 詳細設計段階	
2.2 コンクリート構造物の性能照査	2-4
2.2.1 一般	
2.2.2 安全性の照査	
2.2.3 使用性の照査	
2.2.4 構造物の耐久性照査	
2.3 初期ひび割れに対する照査	2-13
2.3.1 一般	
2.3.2 温度ひび割れの照査	
2.3.3 乾燥に伴うひび割れの検討	
2.4 第三者影響度および美観・景観に関する検討	2-20
2.5 配筋状態を考慮した最小スランプの設定	2-21

九州地区における土木コンクリート構造物
設計・施工指針(案)

目次

1章 総則

1.1 適用の範囲	1-1
1.2 構造物の建設プロセス	1-5
1.3 要求性能	1-11
1.4 用語の定義	1-14

2章 計画・設計段階における建設プロセス

2.1 設計の基本	2-1
2.1.1 一般	
2.1.2 計画段階	
2.1.3 予備設計段階	
2.1.4 詳細設計段階	
2.2 コンクリート構造物の性能照査	2-4
2.2.1 一般	
2.2.2 安全性の照査	
2.2.3 使用性の照査	
2.2.4 構造物の耐久性照査	
2.3 初期ひび割れに対する照査	2-17
2.3.1 一般	
2.3.2 温度ひび割れの照査	
2.3.3 乾燥に伴うひび割れの検討	
2.4 第三者影響度および美観・景観に関する検討	2-25
2.5 配筋状態を考慮した打込みの最小スランプの設定	2-26

3章 施工計画

3.1 一般	3-1
3.2 施工計画の照査	3-4
3.3 コンクリートの運搬・受入れ計画	3-5
3.4 現場内運搬計画	3-6
3.5 打込み計画	3-7
3.6 締固め計画	3-9
3.7 仕上げ計画	3-11
3.8 養生計画	3-12
3.9 継目の計画	3-13
3.10 ひび割れ誘発目地の計画	3-16
3.11 鉄筋工の計画	3-17
3.12 型枠および支保工の計画	3-19
3.13 暑中コンクリートの施工計画	3-23
3.13.1 一般	
3.13.2 運搬	
3.13.3 打込み	
3.13.4 養生	
3.14 寒中コンクリートの施工計画	3-25
3.15 温度ひび割れが発生するおそれのあるコンクリート構造物の施工計画	3-27
3.15.1 一般	
3.15.2 材料および配合	
3.15.3 打込み	
3.15.4 養生	
3.15.5 型枠	
3.15.6 ひび割れ誘発目地	
3.15.7 ひび割れの補修	

4章 コンクリートの材料および配合

4.1 総則	4-1
4.2 コンクリートの品質	4-1
4.3 コンクリートの性能照査	4-4
4.3.1 一般	
4.3.2 耐アルカリ骨材反応性の照査	
4.4 コンクリート材料	4-6
4.4.1 総則	
4.4.2 セメント	
4.4.3 混和材料	
4.4.4 骨材	
4.4.4.1 一般	
4.4.4.2 砕砂	
4.4.4.3 高炉水砕スラグ	

3章 施工計画

3.1 一般	3-1
3.2 施工計画の検討	3-4
3.3 コンクリートの運搬・受入れ計画・受入れ時の確認	3-5
3.4 現場内運搬計画	3-6
3.5 打込み計画	3-7
3.6 締固め計画	3-9
3.7 仕上げ計画	3-11
3.8 養生計画	3-12
3.9 継目の計画	3-13
3.10 ひび割れ誘発目地の計画	3-16
3.11 鉄筋工の計画	3-17
3.12 型枠および支保工の計画	3-19
3.13 暑中コンクリートの施工計画	3-23
3.13.1 一般	
3.13.2 運搬	
3.13.3 打込み	
3.13.4 養生	
3.14 寒中コンクリートの施工計画	3-25
3.15 温度ひび割れが発生するおそれのあるコンクリート構造物の施工計画	3-27
3.15.1 一般	
3.15.2 材料および配合	
3.15.3 打込み	
3.15.4 養生	
3.15.5 型枠	
3.15.6 ひび割れ誘発目地	
3.15.7 ひび割れの補修	

4章 コンクリートの材料および配合

4.1 総則	4-1
4.2 コンクリートの品質	4-1
4.3 コンクリートの性能照査	4-4
4.3.1 一般	
4.3.2 耐アルカリシリカ反応性の照査	
4.4 コンクリート材料	4-6
4.4.1 総則	
4.4.2 セメント	
4.4.3 混和材料	
4.4.4 骨材	
4.4.4.1 一般	
4.4.4.2 砕砂	
4.4.4.3 高炉水砕スラグ	

4.4.4.4	フライアッシュ原粉	
4.4.4.5	しらす	
4.4.4.6	まさ土	
4.4.4.7	その他	
4.5	配合	4-13
4.5.1	総則	
4.5.2	スランプ	
4.5.3	空気量	
4.5.4	砕砂および代替骨材の細骨材置換率	
4.6	流動化コンクリートの材料および配合	4-20
4.7	高流動コンクリートの材料および配合	4-20
5章 製造		
5.1	総則	5-1
6章 施工		
6.1	総則	6-1
6.2	レディーミクストコンクリートの受入れ	6-2
6.3	運搬, 打込み, 締固め	6-3
6.4	仕上げ	6-5
6.5	養生	6-6
6.6	継目およびひび割れ誘発目地	6-7
6.7	鉄筋工	6-7
6.8	型枠および支保工	6-8
6.9	暑中コンクリート	6-9
6.10	寒中コンクリート	6-10
6.11	温度ひび割れが発生するおそれのあるコンクリート構造物	6-10
6.12	初期欠陥の補修	6-11
7章 検査		
7.1	総則	7-1
7.2	発注者による検査項目	7-2
7.2.1	設計段階の検査および確認	
7.2.2	施工段階の検査および確認	
7.3	施工者による検査項目	7-4
8章 工事記録		
8.1	総則	8-1
9章 維持管理		
9.1	総則	9-1

4.4.4.4	フライアッシュ	
4.4.4.5	しらす	
4.4.4.6	まさ土	
4.4.4.7	その他	
4.5	配合	4-13
4.5.1	総則	
4.5.2	スランプ	
4.5.3	空気量	
4.5.4	砕砂および代替骨材の細骨材置換率	
4.6	流動化コンクリートの材料および配合	4-20
4.7	高流動コンクリートの材料および配合	4-20
5章 製造		
5.1	総則	5-1
6章 施工		
6.1	総則	6-1
6.2	レディーミクストコンクリートの受入れ	6-2
6.3	運搬, 打込み, 締固め	6-3
6.4	仕上げ	6-5
6.5	養生	6-6
6.6	継目およびひび割れ誘発目地	6-7
6.7	鉄筋工	6-7
6.8	型枠および支保工	6-8
6.9	暑中コンクリート	6-9
6.10	寒中コンクリート	6-10
6.11	温度ひび割れが発生するおそれのあるコンクリート構造物	6-10
6.12	初期欠陥の補修	6-11
7章 検査		
7.1	総則	7-1
7.2	発注者による検査項目	7-2
7.2.1	設計段階の検査および確認	
7.2.2	施工段階の検査および確認	
7.3	施工者による検査項目	7-4
8章 工事記録		
8.1	総則	8-1
9章 維持管理		
9.1	総則	9-1

1章 総 則

1.1 適用の範囲

- (1) 本指針は、国土交通省九州地方整備局で建設する土木コンクリート構造物の設計、施工および維持管理に適用する。
- (2) 本指針は、計画、設計、施工計画、コンクリートの配合設計、コンクリートの製造、施工、検査、維持管理の各段階における基本的事項を示すものである。
- (3) 本指針は、日本道路協会 道路橋示方書、土木学会 コンクリート標準示方書および国土交通省のコンクリート構造物に関する各種規定・基準や指針を補完するものである。

【解説】(1)について 本指針は、国土交通省九州地方整備局発注の新設コンクリート構造物を対象とし、構造物の重要度、要求性能、施工の難易度、施工および供用環境など様々な要因を考慮して適用する。本指針の適用対象となる構造物および部材の種類は、解説表 1.1.1 に示すように構造物の重要度および耐久性や安全性、使用性が特に要求されるものとする。

解説表 1.1.1 指針の適用対象となる構造物および部材の代表例

工 種		部 材
トンネル	都市部	コンクリート全般
	山岳部	二次覆工
	山岳部	坑門本体
橋 梁		橋梁基礎工, 橋梁下部構造, 橋梁上部構造(桁, 床版), 地覆, 壁高欄
基礎工(橋梁を除く)		場所打杭本体
海岸堤防		堤体・波除工
砂防ダム		本体, 副ダム, 側壁, 水叩き
重力式擁壁		躯体
鉄筋コンクリート擁壁		底版, 躯体
鉄筋コンクリートカルバート		本体
堰・水門		堰柱, 門柱, 床版, 水叩き, 魚道
樋門		本体, 翼壁, 胸壁, 門柱
揚・排水機場		機場本体, 沈砂池, 吐出水槽, 取水塔

1章 総 則

1.1 適用の範囲

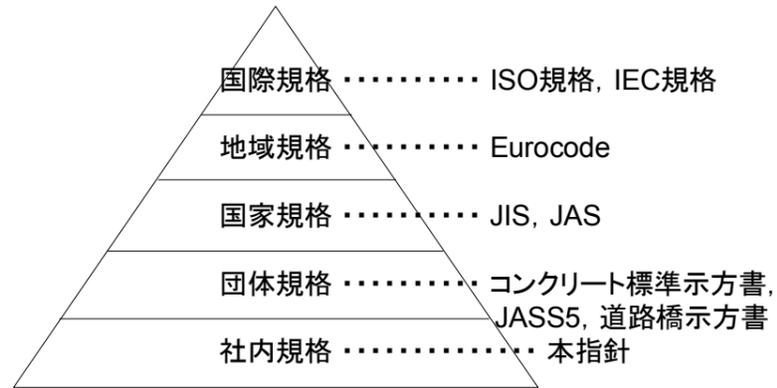
- (1) 「九州地区における土木コンクリート構造物設計・施工指針(案)」(以下、本指針(案)という)は、国土交通省九州地方整備局で建設する土木コンクリート構造物の設計、施工および維持管理に適用する。
- (2) 本指針(案)は、計画、設計、施工計画、コンクリートの配合設計、コンクリートの製造、施工、検査、維持管理の各段階における基本的事項を示すものである。
- (3) 本指針(案)は、日本道路協会 道路橋示方書、土木学会 コンクリート標準示方書および国土交通省のコンクリート構造物に関する各種規定・基準や指針を補完するものである。

【解説】(1)について 本指針(案)は、国土交通省九州地方整備局発注の新設コンクリート構造物を対象とし、構造物の重要度、要求性能、施工の難易度、施工および供用環境など様々な要因を考慮して適用する。本指針(案)の適用対象となる構造物および部材の種類は、解説表 1.1.1 に示すように構造物の重要度および耐久性や安全性、使用性が特に要求されるものとする。

解説表 1.1.1 指針(案)の適用対象となる構造物および部材の代表例

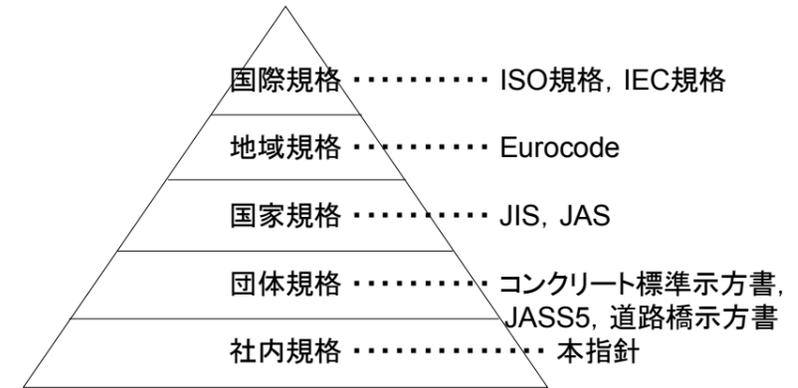
工 種		部 材
トンネル	都市部	コンクリート全般
	山岳部	二次覆工
	山岳部	坑門本体
橋 梁		橋梁基礎工, 橋梁下部構造, 橋梁上部構造(桁, 床版), 地覆, 壁高欄
基礎工(橋梁を除く)		場所打杭本体
海岸堤防		堤体・波除工
砂防ダム		本体, 副ダム, 側壁, 水叩き
重力式擁壁		躯体
鉄筋コンクリート擁壁		底版, 躯体
鉄筋コンクリートカルバート		本体
堰・水門		堰柱, 門柱, 床版, 水叩き, 魚道
樋門		本体, 翼壁, 胸壁, 門柱
揚・排水機場		機場本体, 沈砂池, 吐出水槽, 取水塔

指針(案) 平成 23 年 10 月

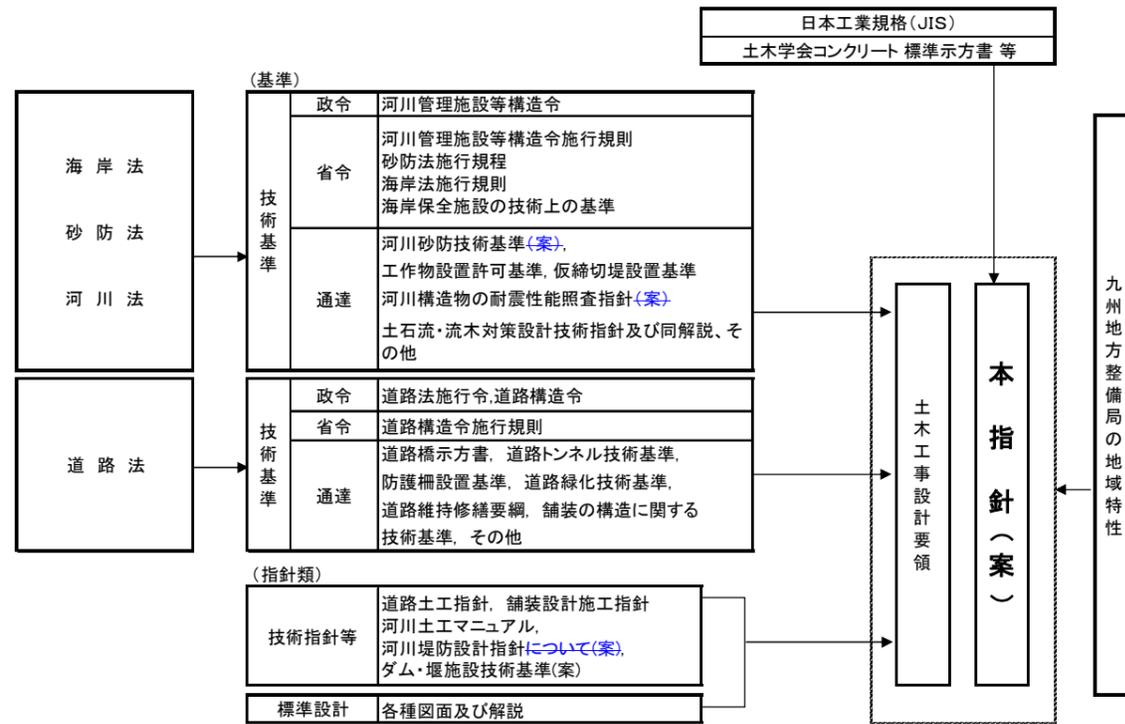


解説 図 1.1.2 規格のヒエラルキーにおける本指針の位置づけ

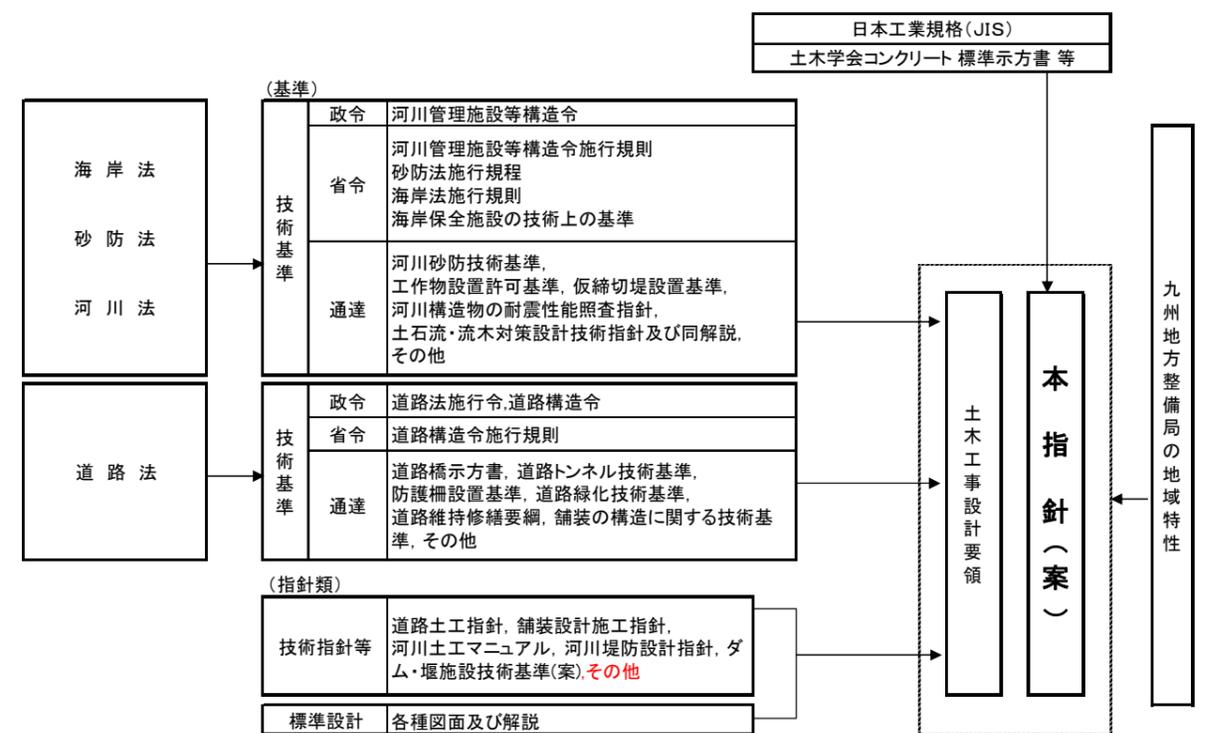
指針(案) 平成 26 年 4 月



解説 図 1.1.2 規格のヒエラルキーにおける本指針(案)の位置づけ



解説 図 1.1.3 各種基準類および本指針の位置づけ



解説 図 1.1.3 各種基準類および本指針(案)の位置づけ

1.2 構造物の建設プロセス

- (1) 所要の性能を有する構造物を建設するためには、事前に建設プロセスを明確にし、発注者、設計者、施工者等構造物建設に関わる者の責任体制を明らかにしなければならない。
- (2) 構造物建設における各段階では、照査、管理および検査を適切に実施することにより品質を確保しなければならない。
- (3) 施工段階の工事着手前には、設計図書と現場の整合性の確認、設計者の設計意図の伝達および施工計画の妥当性の確認等を行うために、発注者、設計者、施工者による三者連絡会を開催するものとする。
- (4) 構造物の建設において、所要の性能を確保するために当事者のみで技術的な懸案事項や問題点を解決することが難しい場合は、専門評価機関を交えて検討するのがよい。

【解説】(1)について 一般に、構造物の建設においては、発注者、設計者、施工者、材料メーカーなどの様々な組織が関係することになる。所要の性能を有する構造物を建設するには、どのような組織が、どのような業務を、どの段階で実施するのかを明確にし、それぞれの組織の責任体系を明らかにする必要がある。そのために、本指針では、構造物の標準的な工事（業務）の内容および流れを解説 図 1.2.1～図 1.2.4 に示し、構造物の建設に関わるそれぞれの立場と責任を明らかにした。なお、解説 図 1.2.1 には、解説 図 1.2.2～解説 図 1.2.4 に示す各フロー図の範囲を示す。

解説 図 1.2.2 は、計画段階から設計段階までの建設プロセスを示したものである。予備設計では、構造物の安全性、耐久性、経済性、施工条件、景観等を考慮して構造物の種類や形式等を決定する。また、詳細設計では、予備設計で決定した構造物の種類や形式等をもとに、構造計算や要求性能の照査を行い、具体的な設計図書を作成する。

本指針では、設計段階における照査項目として、温度応力解析を活用したひび割れ照査を実施すること、耐久性の照査の中でアルカリ骨材反応の対策を必要とする環境を海洋環境や凍結防止剤などを散布する環境として考慮すること、型枠内にコンクリートを密実に充てんするための最小スランプを設定することなどが特徴である。照査において要求性能を満足することが困難と判断した場合は、協議により構造物の性能確保が可能な手法を再検討する。また、照査において要求性能を満足することが確認されたものの、温度ひび割れの発生確率が高い場合や、配筋状態が密なためコンクリートが十分に充てんされない可能性がある場合には施工時の対策を設計段階で協議する必要がある。

解説 図 1.2.3 は、レディーミクストコンクリートを使用する場合の施工段階以降の建設プロセスを示したものである。建設プロセスの協議では、JIS A 5308「レディーミクストコンクリート」に示される一般的な指定項目の他に、代替骨材使用の有無、細骨材の表面水や品質の管理方法等について検討する。レディーミクストコンクリート製造者は、この協議内容をもとに配合設計を行う。

コンクリート構造物の施工計画の作成時には、温度ひび割れ、アルカリ骨材反応性、最小スランプの設定等について、施工時に考慮すべき対策を併せて検討する。ただし、施工計画の照査で、上記項目を満足することが困難と判断された場合は、協議の段階で設定したコンクリートの材料や配合の見直しを行う。

解説 図 1.2.4 は、工場製品を使用する場合の施工段階以降の建設プロセスを示したものである。一般

1.2 構造物の建設プロセス

- (1) 所要の性能を有する構造物を建設するためには、事前に建設プロセスを明確にし、発注者、設計者、施工者等構造物建設に関わる者の責任体制を明らかにしなければならない。
- (2) 構造物建設における各段階では、照査、管理および検査を適切に実施することにより品質を確保しなければならない。
- (3) 施工段階の工事着手前には、設計図書と現場の整合性の確認、設計者の設計意図の伝達および施工計画の妥当性の確認等を行うために、発注者、設計者、施工者による三者連絡会を開催するものとする。
- (4) 構造物の建設において、所要の性能を確保するために当事者のみで技術的な懸案事項や問題点を解決することが難しい場合は、専門評価機関を交えて検討するのがよい。

【解説】(1)について 一般に、構造物の建設においては、発注者、設計者、施工者、材料メーカーなどの様々な組織が関係することになる。所要の性能を有する構造物を建設するには、どのような組織が、どのような業務を、どの段階で実施するのかを明確にし、それぞれの組織の責任体系を明らかにする必要がある。そのために、本指針(案)では、構造物の標準的な工事（業務）の内容および流れを解説 図 1.2.1～図 1.2.4 に示し、構造物の建設に関わるそれぞれの立場と責任を明らかにした。なお、解説 図 1.2.1 には、解説 図 1.2.2～解説 図 1.2.4 に示す各フロー図の範囲を示す。

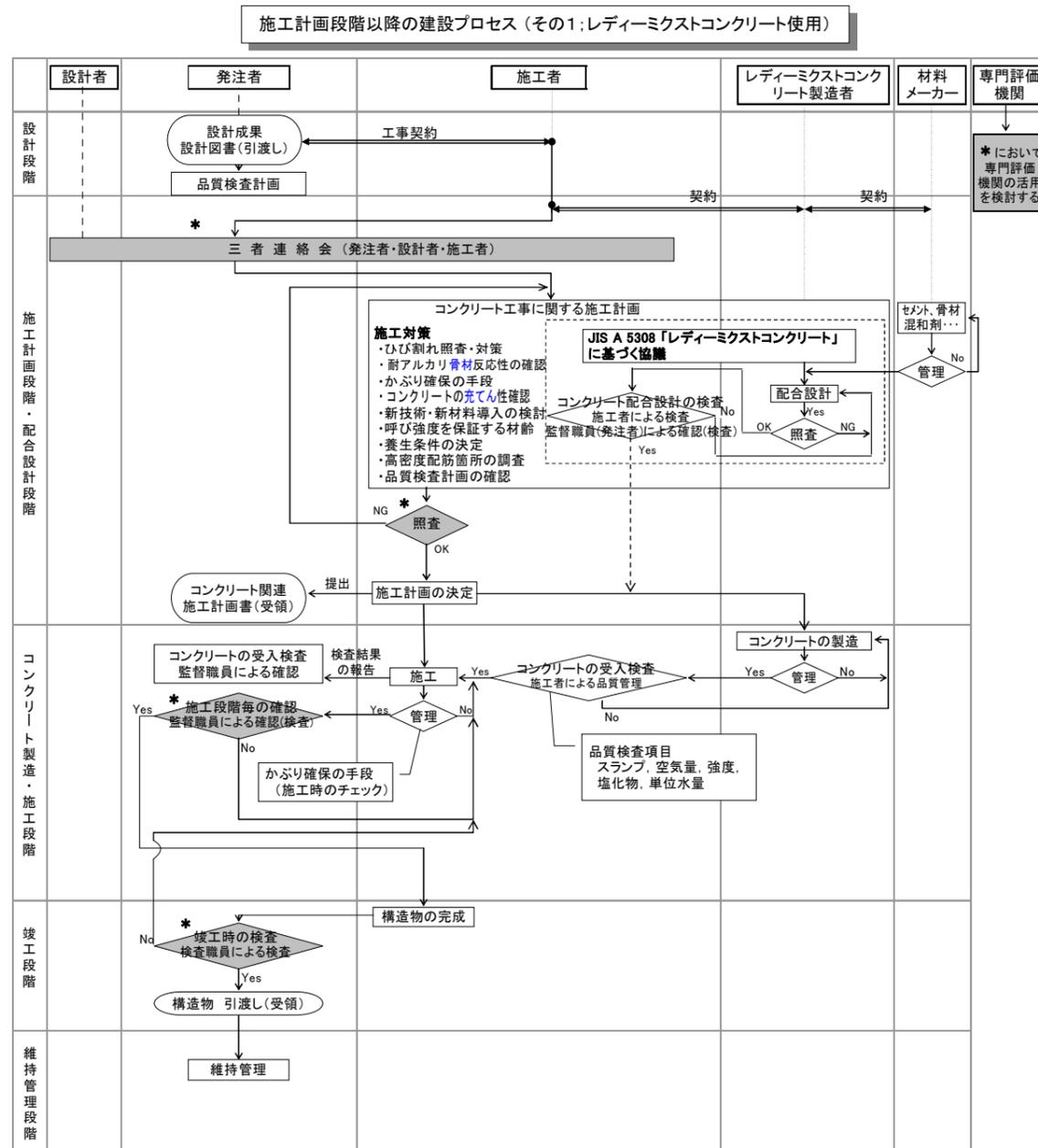
解説 図 1.2.2 は、計画段階から設計段階までの建設プロセスを示したものである。予備設計では、構造物の安全性、耐久性、経済性、施工条件、景観等を考慮して構造物の種類や形式等を決定する。また、詳細設計では、予備設計で決定した構造物の種類や形式等をもとに、構造計算や要求性能の照査を行い、具体的な設計図書を作成する。

本指針(案)では、設計段階における照査項目として、温度応力解析を活用したひび割れ照査を実施すること、耐久性の照査の中でアルカリシリカ反応の対策を必要とする環境を海洋環境や凍結防止剤などを散布する環境として考慮すること、型枠内にコンクリートを密実に充填するための最小スランプを設定することなどが特徴である。照査において要求性能を満足することが困難と判断した場合は、協議により構造物の性能確保が可能な手法を再検討する。また、照査において要求性能を満足することが確認されたものの、温度ひび割れの発生確率が高い場合や、配筋状態が密なためコンクリートが十分に充填されない可能性がある場合には施工時の対策を設計段階で協議する必要がある。

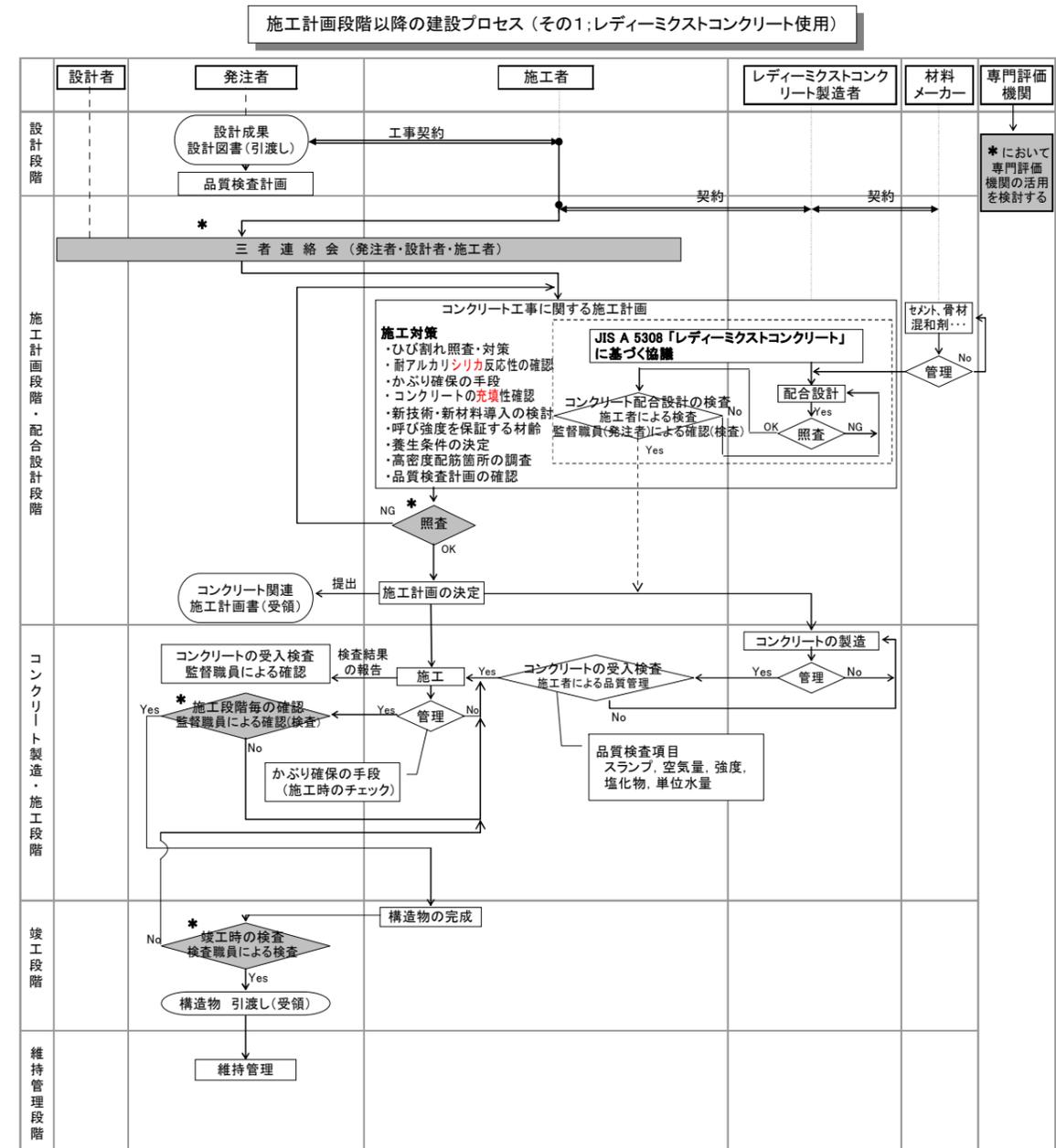
解説 図 1.2.3 は、レディーミクストコンクリートを使用する場合の施工段階以降の建設プロセスを示したものである。建設プロセスの協議では、JIS A 5308「レディーミクストコンクリート」に示される一般的な指定項目の他に、代替骨材使用の有無、細骨材の表面水や品質の管理方法等について検討する。レディーミクストコンクリート製造者は、この協議内容をもとに配合設計を行う。

コンクリート構造物の施工計画の作成時には、温度ひび割れ、アルカリシリカ反応性、最小スランプの設定等について、施工時に考慮すべき対策を併せて検討する。ただし、施工計画の照査で、上記項目を満足することが困難と判断された場合は、協議の段階で設定したコンクリートの材料や配合の見直しを行う。

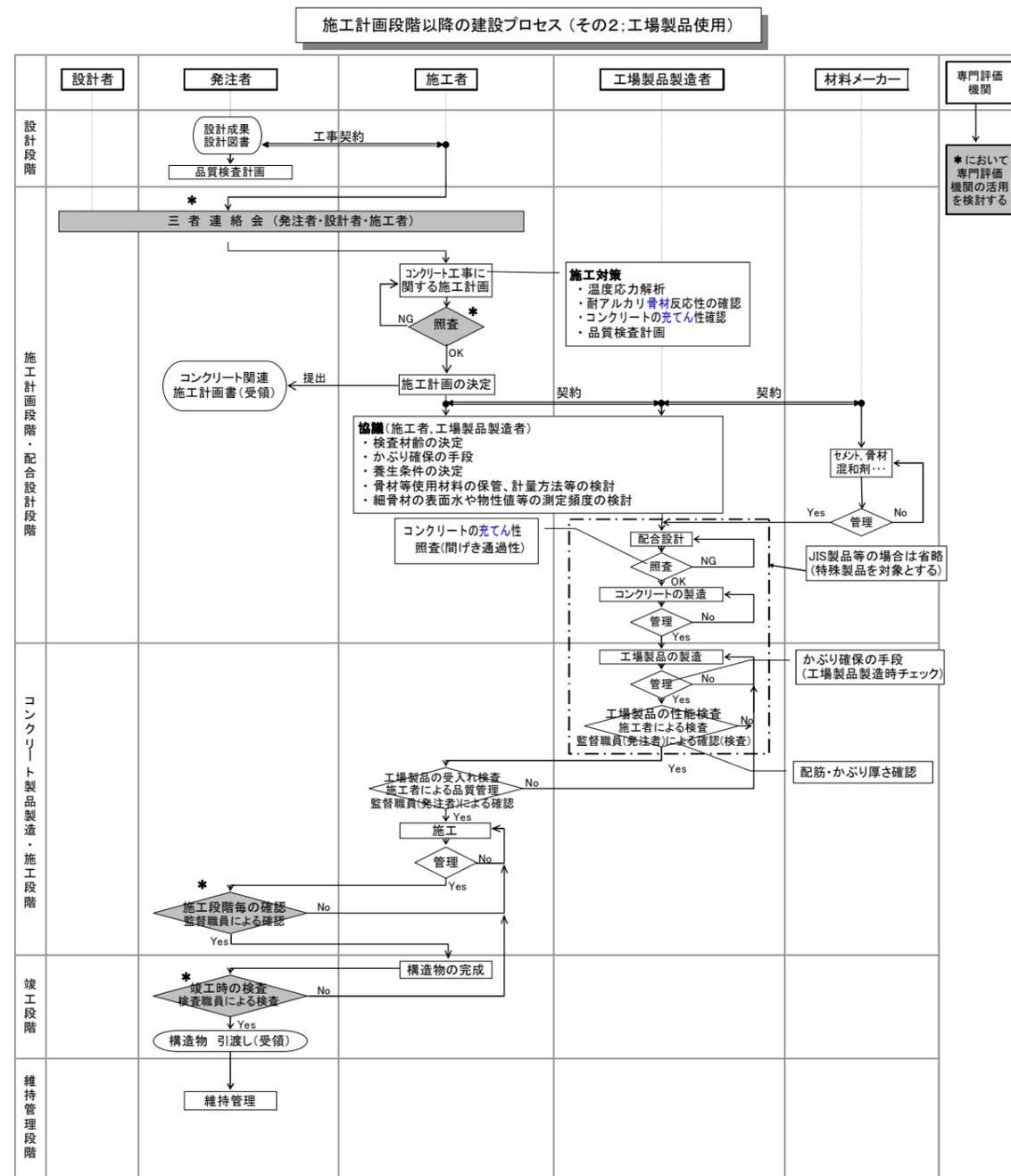
解説 図 1.2.4 は、工場製品を使用する場合の施工段階以降の建設プロセスを示したものである。一般



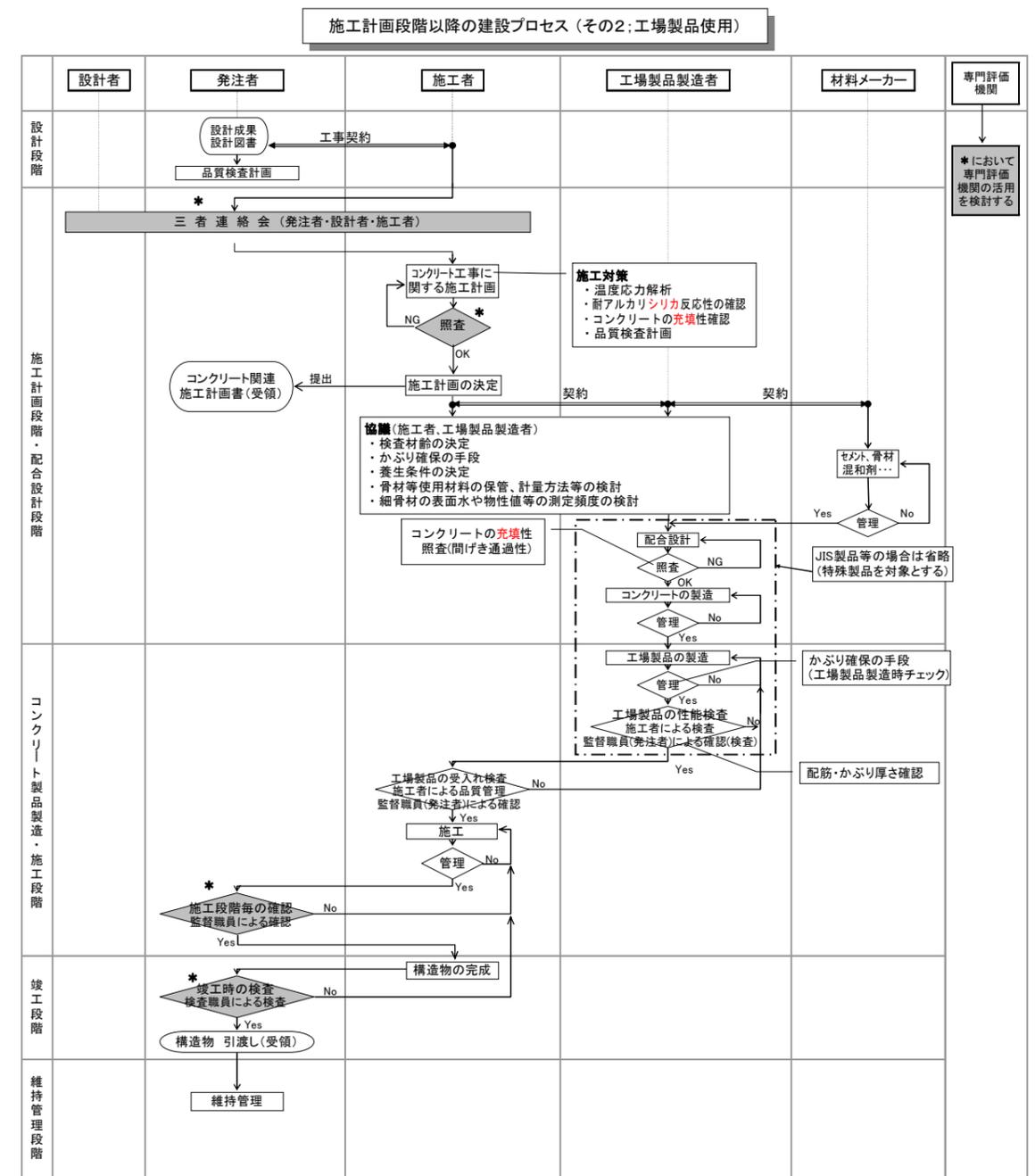
解説 図 1.2.3 施工計画段階以降における建設プロセス
(その1; レディーミストコンクリート使用)



解説 図 1.2.3 施工計画段階以降における建設プロセス
(その1; レディーミストコンクリート使用)



解説 図 1.2.4 施工計画段階以降における建設プロセス (その2 ; 工場製品使用)



解説 図 1.2.4 施工計画段階以降における建設プロセス (その2 ; 工場製品使用)

1.3 要求性能

- (1) 構造物の設計耐用期間は、構造物の予定供用期間と維持管理の方法、環境条件、経済性等を考慮して定めるものとする。
- (2) 対象構造物には、施工中および設計耐用期間内において、構造物の使用目的に適合するために要求される全ての性能を設定することとする。
- (3) 対象構造物には、一般に、安全性（第三者影響度を含む）、使用性（ひび割れ抵抗性を含む）、耐久性、美観・景観に関する要求性能を設定することとする。

【解説】(1)について 構造物の設計を行う場合、設計される構造物の設計耐用期間を設定する必要がある。設計耐用期間は、構造物の使用目的ならびに経済性から定められる構造物の供用期間、構造物の設置される環境条件等を考慮して定めるものとする。

構造物の耐用年数については様々な考え方があるが、一般的には 50 年、重要構造物については 100 年とされることが多い。また、設計耐用期間は少なくとも財務省令により定められる法定耐用年数を満足する必要がある。設計耐用期間の設定にあたっては、構造物および部材の種類、部材交換の難易度、周囲の構造物との連続性などを考慮して定める。

本指針では、代表的な構造物および部材の設計耐用年数の目安を、解説表 1.3.1 に示すように 100 年と 50 年に設定した。設計耐用年数が 100 年の構造物としては、劣化・損傷が社会的・経済的に大きな影響を与えると予想される構造物や補修・補強が容易でなく、耐久的な構造物の建設が長期間で考えたときに有利となる構造物を想定した。また、50 年の構造物としては、一般的な土木構造物を想定した。

(3)について 安全性は、想定されるすべての作用のもとで構造物が使用者や周辺の人々の生命や財産を脅かさないための性能である。安全性には、断面破壊に関する安全性、疲労破壊に対する安全性、構造物の安定に関する安全性、機能上の安全性などがある。なお、かぶりコンクリートの剥落など、構造物に起因した第三者への公衆災害に対する性能も含まれる。構造物を供用する基本として、構造物自体の安全性を供用期間中確保する必要がある。この中で、一般的なものは耐荷性である。耐荷性は点検結果（部材の形状寸法、鋼材の位置および断面積、コンクリート強度など）から算定される部材の耐荷力（軸方向耐力、曲げ耐力、せん断耐力など）に基づいて評価する。耐震性も安全性に含まれ、この場合構造物の耐荷性だけでなく、じん性も評価の対象となる。その他、橋梁上部構造の疲労に対する検討、車両等の衝突および流水、波浪等の衝撃力などを考えて耐衝撃性を評価する必要がある構造物もある。

使用性としては、想定される作用のもとで、構造物の使用者や周辺の人々が快適に構造物を使用するための性能、および構造物に要求される諸機能に対する性能である。使用性には、走行性・歩行性、外観（コンクリートのひび割れ）、表面汚れ、騒音・振動、水密性および構造物に変動作用や環境作用等の原因による損傷などがある。特に、ひび割れ抵抗性においては、主にセメントの水和熱および乾燥に起因するひび割れの抑制および制御する性能を設定する。

耐久性とは、想定される作用のもとで、経時的な性能の低下に対して有する抵抗性である。一般の鉄筋コンクリート構造物では中性化、塩害（凍結防止剤による塩害も含む）が対象となり、酸性劣化、硫酸塩劣化等が想定される構造物では化学的侵食も対象となる。アルカリ骨材反応については、反応性のある骨材が使用されることを考慮して全般の構造物とした。凍害については、可能性のある山間地に限定する

1.3 要求性能

- (1) 構造物の設計耐用期間は、構造物の予定供用期間と維持管理の方法、環境条件、経済性等を考慮して定めるものとする。
- (2) 対象構造物には、施工中および設計耐用期間内において、構造物の使用目的に適合するために要求される全ての性能を設定することとする。
- (3) 対象構造物には、一般に、安全性（第三者影響度を含む）、使用性（ひび割れ抵抗性を含む）、耐久性、美観・景観に関する要求性能を設定することとする。

【解説】(1)について 構造物の設計を行う場合、設計される構造物の設計耐用期間を設定する必要がある。設計耐用期間は、構造物の使用目的ならびに経済性から定められる構造物の供用期間、構造物の設置される環境条件等を考慮して定めるものとする。

構造物の耐用年数については様々な考え方があるが、一般的には 50 年、重要構造物については 100 年とされることが多い。また、設計耐用期間は少なくとも財務省令により定められる法定耐用年数を満足する必要がある。設計耐用期間の設定にあたっては、構造物および部材の種類、部材交換の難易度、周囲の構造物との連続性などを考慮して定める。

本指針(案)では、代表的な構造物および部材の設計耐用年数の目安を、解説表 1.3.1 に示すように 100 年と 50 年に設定した。設計耐用年数が 100 年の構造物としては、劣化・損傷が社会的・経済的に大きな影響を与えると予想される構造物や補修・補強が容易でなく、耐久的な構造物の建設が長期間で考えたときに有利となる構造物を想定した。また、50 年の構造物としては、一般的な土木構造物を想定した。

(3)について 安全性は、想定されるすべての作用のもとで構造物が使用者や周辺の人々の生命や財産を脅かさないための性能である。安全性には、断面破壊に関する安全性、疲労破壊に対する安全性、構造物の安定に関する安全性、機能上の安全性などがある。なお、かぶりコンクリートの剥落など、構造物に起因した第三者への公衆災害に対する性能も含まれる。構造物を供用する基本として、構造物自体の安全性を供用期間中確保する必要がある。この中で、一般的なものは耐荷性である。耐荷性は点検結果（部材の形状寸法、鋼材の位置および断面積、コンクリート強度など）から算定される部材の耐荷力（軸方向耐力、曲げ耐力、せん断耐力など）に基づいて評価する。耐震性も安全性に含まれ、この場合構造物の耐荷性だけでなく、じん性も評価の対象となる。その他、橋梁上部構造の疲労に対する検討、車両等の衝突および流水、波浪等の衝撃力などを考えて耐衝撃性を評価する必要がある構造物もある。

使用性としては、想定される作用のもとで、構造物の使用者や周辺の人々が快適に構造物を使用するための性能、および構造物に要求される諸機能に対する性能である。使用性には、走行性・歩行性、外観（コンクリートのひび割れ）、表面汚れ、騒音・振動、水密性および構造物に変動作用や環境作用等の原因による損傷などがある。特に、ひび割れ抵抗性においては、主にセメントの水和熱および乾燥に起因するひび割れの抑制および制御する性能を設定する。

耐久性とは、想定される作用のもとで、経時的な性能の低下に対して有する抵抗性である。一般の鉄筋コンクリート構造物では中性化、塩害（凍結防止剤による塩害も含む）が対象となり、酸性劣化、硫酸塩劣化等が想定される構造物では化学的侵食も対象となる。アルカリシリカ反応については、反応性のある骨材が使用されることを考慮して全般の構造物とした。凍害については、可能性のある山間地に限定す

こととした。

水和熱に起因する構造物に発生するひび割れは、構造物の機能、耐久性および水密性等その使用性を損なう可能性があるため、適切な方法によって検討しなければならない。

第三者影響度に関する性能は、構造物の一部（かぶりコンクリート片やタイル片など）が落下することによって構造物下の人や物に危害を加える可能性（第三者影響度）について考慮する。これらは、一種の安全性ともいえるが、構造物本体の耐荷力に関わるものではなく、性能照査プロセスも異なるので、ここで第三者影響度として区別する。また、構造物の種類によっては、構造物の汚れ（錆汁、ひび割れなど）による美観・景観への影響がある。

代表的な構造物および部材に対する要求性能の目安を、解説 表 1.3.1 に示す。

ることとした。

水和熱に起因する構造物に発生するひび割れは、構造物の機能、耐久性および水密性等その使用性を損なう可能性があるため、適切な方法によって検討しなければならない。

第三者影響度に関する性能は、構造物の一部（かぶりコンクリート片やタイル片など）が落下することによって構造物下の人や物に危害を加える可能性（第三者影響度）について考慮する。これらは、一種の安全性ともいえるが、構造物本体の耐荷力に関わるものではなく、性能照査プロセスも異なるので、ここで第三者影響度として区別する。また、構造物の種類によっては、構造物の汚れ（錆汁、ひび割れなど）による美観・景観への影響がある。

代表的な構造物および部材に対する要求性能の目安を、解説 表 1.3.1 に示す。

なお、この他に、コンクリート構造物を計画する際には環境性（環境負荷の低減など）に配慮することも重要である。環境性については、法令で定められている項目や発注者から要求される項目などに対する基準値や目標値を限界値として設定し照査する場合や、現段階では十分な情報が不足していることから照査できない項目まで様々である。計画段階でこれらを明確にしたうえで、設計、施工、維持管理の各段階において、適切に照査あるいは考慮するとよい。環境性の考慮にあたっては、土木学会 2012 年制定コンクリート標準示方書[基本原則編]を参考にするとよい。

解説表1.3.1 構造物・部材の設計耐用期間と要求性能の目安

工種	部材	設計耐用期間	安全性			使用性			耐久性				ひび割れ抵抗性	第三者影響度に関する性能	美観・景観	
			耐荷性能	耐震性能	耐疲労性	耐衝撃性能	構造物の使用性	機能性(水密性・気密性)	中性化	塩害	化学的侵食性	アルカリ骨材反応				凍害
トンネル	都市部	100年	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	山岳部	100年	○				○								○	
	山岳部	50年	○				○								○	
橋梁	橋梁基礎工	100年	○												○	
	橋梁下部構造	100年	○												○	
	橋梁上部構造(桁)	100年	○	○											○	
	橋梁上部構造(床版)	50年*	○	○											○	
	橋梁上部構造(床版)	50年	○	○											○	
	地覆、高欄	50年													○	
基礎工(橋梁を除く)	場所打杭本体	50年	○													
	堤体・波除工	50年	○												○	
海岸堤防	本体、副ダム	50年	○												○	
	側壁	50年	○												○	
砂防ダム	水叩き	50年													○	
	躯体	50年	○												○	
重力式擁壁	躯体	50年	○												○	
	底版	50年	○												○	
鉄筋コンクリート擁壁	躯体	50年	○												○	
	本体	50年	○												○	
鉄筋コンクリートカルバート	堰柱	50年	○												○	
	門柱	50年	○												○	
堰・水門	床版	50年	○												○	
	水叩き	50年													○	
樋門	本体	50年	○												○	
	本体	50年	○												○	
揚・排水機場	本体	50年	○												○	
	沈砂池	50年													○	

* 箱桁などのように、打ち換えが困難なものは、100年とする。

解説表1.3.1 構造物・部材の設計耐用期間と要求性能の目安

工種	部材	設計耐用期間	安全性			使用性			耐久性				ひび割れ抵抗性	第三者影響度に関する性能	美観・景観	
			耐荷性能	耐震性能	耐疲労性	耐衝撃性能	構造物の使用性	機能性(水密性・気密性)	中性化	塩害	化学的侵食性	アルカリ骨材反応				凍害
トンネル	都市部	100年	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	山岳部	100年	○				○								○	
	山岳部	50年	○				○								○	
橋梁	橋梁基礎工	100年	○												○	
	橋梁下部構造	100年	○												○	
	橋梁上部構造(桁)	100年	○	○											○	
	橋梁上部構造(床版)	50年*	○	○											○	
	橋梁上部構造(床版)	50年	○	○											○	
	地覆、高欄	50年													○	
基礎工(橋梁を除く)	場所打杭本体	50年	○													
	堤体・波除工	50年	○												○	
海岸堤防	本体、副ダム	50年	○												○	
	側壁	50年	○												○	
砂防ダム	水叩き	50年													○	
	躯体	50年	○												○	
重力式擁壁	躯体	50年	○												○	
	底版	50年	○												○	
鉄筋コンクリート擁壁	躯体	50年	○												○	
	本体	50年	○												○	
鉄筋コンクリートカルバート	堰柱	50年	○												○	
	門柱	50年	○												○	
堰・水門	床版	50年	○												○	
	水叩き	50年													○	
樋門	本体	50年	○												○	
	本体	50年	○												○	
揚・排水機場	本体	50年	○												○	
	沈砂池	50年													○	

* 箱桁などのように、打ち換えが困難なものは、100年とする。

1.4 用語の定義

本指針では、次のように用語を定義する。

照査： コンクリートやコンクリート構造物に要求される性能に対して、あらかじめ設定した基準値を設け、その基準値と試験値もしくは予測値を照らし合わせることによってその性能を確認すること。

検査： 工事（もしくは業務）の発注者が契約内容の工事（もしくは業務）が履行されているかを確認する行為であるが、本指針では施工者が製造者に対して行う受入れ検査も総称して検査と定義する。

協議： 工事（もしくは業務）の発注者と工事（もしくは業務）の請負者（受託者）が対等な立場で合議し、結論を得ること。

三者連絡会： 工事着手前に当該工事の施工者、その設計を担当したコンサルタントならびに発注者が参加して、設計図と現場の整合性の確認、設計意図の伝達および施工計画の妥当性の検証等を行う場。

専門評価機関： 構造物建設における各段階において、技術的な問題点を解決するために公正な立場で技術的な指導や助言をする高度な知識を有する第三者を交えた技術者集団。

要求性能： 目的および機能に応じて構造物に求められる性能。

耐久性： 時間の経過に伴って生じる構造物の性能の変化に対する抵抗性。

設計耐用期間： 構造物が所要の機能を有していなくてはならない期間であり、構造物に要求される供用期間と維持管理の方法、環境条件や構造物に求める耐久性、経済性などを考慮して定める。

予定供用期間： 構造物を供用したい期間。

温度ひび割れ： セメントの水和熱および外気温の変化に起因するひび割れ。

代替骨材—現在の標準的なコンクリート用細骨材である天然骨材の代わりとして使用可能な各種材料。（例；砕砂、高炉水砕スラグ、フライアッシュ、しらす、まさ土、フェロニッケルスラグ細骨材、銅スラグ細骨材、コンクリート再生細骨材）

示方配合： 工事の発注や契約の際に発注者より提示される配合で、工事費を積算する場合などに用いられる契約上の配合。

計画配合： 所定の品質のコンクリートが得られるような配合で、仕様書または責任技術者によって指示されたもの。コンクリートの練上り1 m³ の材料使用量で表わす。

現場配合： 計画配合のコンクリートが得られるように、現場における材料の状態および計量方法に応じて定めた配合。

結合材： セメント、高炉スラグ微粉末、フライアッシュ、シリカフェームなど水と反応してコンクリートの強度発現に寄与するもの。

単位結合材量： コンクリートまたはモルタル1 m³ を造るときに用いるセメントおよび結合材の合計の使用量。

水セメント比： コンクリート、モルタルおよびセメントペーストにおける単位水量を単位セメント量で除した値。なお、この場合のセメントには、あらかじめ混合材を混合した混合セメントは含むが、セメントとは別に**混合**する**混合材**は含まない。

1.4 用語の定義

本指針(案)では、次のように用語を定義する。

照査： コンクリートやコンクリート構造物に要求される性能に対して、あらかじめ設定した基準値を設け、その基準値と試験値もしくは予測値を照らし合わせるによってその性能を確認すること。

検査： 工事（もしくは業務）の発注者が契約内容の工事（もしくは業務）が履行されているかを確認する行為であるが、本指針(案)では施工者が製造者に対して行う受入れ検査も総称して検査と定義する。

協議： 工事（もしくは業務）の発注者と工事（もしくは業務）の請負者（受託者）が対等な立場で合議し、結論を得ること。

三者連絡会： 工事着手前に当該工事の施工者、その設計を担当したコンサルタントならびに発注者が参加して、設計図と現場の整合性の確認、設計意図の伝達および施工計画の妥当性の検証等を行う場。

専門評価機関： 構造物建設における各段階において、技術的な問題点を解決するために公正な立場で技術的な指導や助言をする高度な知識を有する第三者を交えた技術者集団。

要求性能： 目的および機能に応じて構造物に求められる性能。

耐久性： 時間の経過に伴って生じる構造物の性能の変化に対する抵抗性。

環境性： 地球環境、地域環境、作業環境、景観に対する適合性。

設計耐用期間： 構造物が所要の機能を有していなくてはならない期間であり、構造物に要求される供用期間と維持管理の方法、環境条件や構造物に求める耐久性、経済性などを考慮して定める。

予定供用期間： 構造物を供用したい期間。

温度ひび割れ： セメントの水和熱および外気温の変化に起因するひび割れ。

代替骨材—現在の標準的なコンクリート用細骨材である天然骨材の代わりとして使用可能な各種材料。（例；砕砂、高炉水砕スラグ、フライアッシュ、しらす、まさ土、フェロニッケルスラグ細骨材、銅スラグ細骨材、コンクリート再生細骨材）

示方配合： 工事の発注や契約の際に発注者より提示される配合で、工事費を積算する場合などに用いられる契約上の配合。

計画配合： 所定の品質のコンクリートが得られるような配合で、仕様書または責任技術者によって指示されたもの。コンクリートの練上り1 m³ の材料使用量で表わす。

現場配合： 計画配合のコンクリートが得られるように、現場における材料の状態および計量方法に応じて定めた配合。

結合材： セメント、高炉スラグ微粉末、フライアッシュ、シリカフェームなど水と反応してコンクリートの強度発現に寄与するもの。

単位結合材量： コンクリートまたはモルタル1 m³ を造るときに用いるセメントおよび結合材の合計の使用量。

水セメント比： コンクリート、モルタルおよびセメントペーストにおける単位水量を単位セメント量で除した値。なお、この場合のセメントには、あらかじめ混合材を混合した混合セメントは含むが、セメントとは別に**加える混和材**は含まない。

水結合材比： 単位水量を単位結合材量で除した値。

打込みの最小スランプ： 円滑かつ密実に型枠内に打込みをするために必要な最小スランプ。

荷卸し箇所の目標スランプ： トラックアジテータ車などによる場外運搬機械から現場のポンプ車のホッパー等に荷卸される時点での目標スランプ。打込みの最小スランプに場内運搬によるスランプの低下と許容差を加えたスランプ。

練上りの目標スランプ： コンクリートの配合設計および製造において目標とするスランプ。荷卸し箇所の目標スランプに、レディーミクストコンクリート工場から荷卸し箇所に至る場外運搬によるスランプの低下を加えたスランプ。

締固め作業高さ： コンクリートの締固めを行う作業員の足元の位置から型枠下端までの最大の高さ。一般的な打込み 1 リフトの高さや壁型枠や柱型枠の深さと一致しない。

鋼材量： 1 回に連続してコンクリートを打ち込む区間の鋼材量をコンクリート容積で除した、想定した締固め領域内の単位容積あたりの鋼材量。

かぶり近傍の有効換算鋼材量： 柱部材における主鉄筋の中心までの領域に含まれるコンクリート単位容積あたりの鋼材量

平均鉄筋量： PC 部材に用いる構造条件であり、PC 鋼材、シース、定着具を含まない 1 回に連続してコンクリートを打ち込む区間の鉄筋量をコンクリート容積で除した鋼材量。

水結合材比： **フレッシュコンクリートまたはフレッシュモルタルに含まれる水と結合材の質量比** (単位水量を単位結合材量で除した値)。

打込みの最小スランプ： 円滑かつ密実に型枠内に打込みをするために必要な最小スランプ。

荷卸し箇所の目標スランプ： トラックアジテータ車などによる場外運搬機械から現場のポンプ車のホッパー等に荷卸される時点での目標スランプ。打込みの最小スランプに場内運搬によるスランプの低下と許容差を加えたスランプ。

練上りの目標スランプ： コンクリートの配合設計および製造において目標とするスランプ。荷卸し箇所の目標スランプに、レディーミクストコンクリート工場から荷卸し箇所に至る場外運搬によるスランプの低下を加えたスランプ。

締固め作業高さ： コンクリートの締固めを行う作業員の足元の位置から型枠下端あるいは**先行のコンクリート打込み面**までの最大の高さ。一般的な打込み 1 リフトの高さや壁型枠や柱型枠の深さと一致しない。

鋼材量： 1 回に連続してコンクリートを打ち込む区間の鋼材量をコンクリート容積で除した、想定した締固め領域内の単位容積あたりの鋼材量。

かぶり近傍の有効換算鋼材量： 柱部材における主鉄筋の中心までの領域に含まれるコンクリート単位容積あたりの鋼材量

平均鉄筋量： PC 部材に用いる構造条件であり、PC 鋼材、シース、定着具を含まない 1 回に連続してコンクリートを打ち込む区間の鉄筋量をコンクリート容積で除した鋼材量。

行う。同示方書に示される維持管理の区分は、A：予防維持管理（予防保全を基にした維持管理）、B：事後維持管理（事後保全を基にした維持管理）、C：観察維持管理（直接的な対策を実施しない維持管理）に分類されているので、発注者は適切な維持管理区分を定め、維持管理しなければならない。

(4)について 構造物の種類や形式等の決定にあたり、発注者と設計者の協議で問題点を解決することが困難な場合（例えば、耐久性の検討や新技術・新材料の使用の有無の判断）は、専門評価機関の活用を検討する。

2.1.4 詳細設計段階

- (1) 構造計算および照査結果をもとに、設計図書を作成する。
- (2) 構造物の耐久性に対する照査を行わなければならない。
- (3) 構造物の所要の性能に影響するような初期ひび割れが施工段階で発生しないように、初期ひび割れの照査を行うことを原則とし、その抑制対策を示さなければならない。
- (4) 鉄筋に関する構造細目は、道路橋示方書、土木学会コンクリート標準示方書および土木工事設計要領に従わなければならない。
- (5) 鋼材の配置状況に応じた適切なレディーミクストコンクリートの種類を選定しなければならない。
- (6) 詳細設計段階において、発注者と設計者のみでは技術的な問題点を解決することが難しい場合には、発注者は専門評価機関を交えて検討することが望ましい。

【解説】(1)および(2)について 構造物の機能・性能を考慮した構造計算、要求性能の照査を詳細に行い、設計図書を作成する。さらに耐久性に関わるコンクリートの特性、鋼材の応力度、かぶりなどを用いて構造物の耐久性に対する照査を行う。耐久性に関する照査を行うためには、使用する材料の種類・仕様が必要となるが、本指針では、セメントには普通ポルトランドセメント、早強ポルトランドセメント、高炉セメント、フライアッシュセメント、低発熱型セメント（中庸熱ポルトランドセメント、低熱ポルトランドセメント、中庸熱フライアッシュセメント、低熱高炉セメント）が使用でき、また、混和材としては、高炉スラグ微粉末、フライアッシュおよび膨張材などが使用できる。

(3)について 構造物の所要の性能に影響する初期ひび割れが施工段階で発生しないように、初期ひび割れの照査を行うことを原則とする。主な抑制対策を解説表 2.3.1 に示す。

温度ひび割れの抑制対策として低発熱型セメントを使用する場合には、材齢 56 日などの長期材齢における設計基準強度を設定することができる。なお、配合強度とは、レディーミクストコンクリート工場においてコンクリートの配合を決める際に目標とする強度で、コンクリートの品質等を考慮して設計基準強度に割増し係数を乗じたものである。また、呼び強度とは、荷卸し地点で保証されるレディーミクストコンクリートの強度で、「所定の材齢まで 20±2℃で水中養生した供試体の圧縮強度」を指し、一般的に材齢 28 日の強度とされている。しかし、低発熱型セメントを使用する場合には、材齢 56 日、91 日の設定も可能である。なお、あらかじめ試験等により求めた強度曲線により材齢 28 日での強度を推定してもよい。

(4)について 鉄筋の継ぎ手は、鉄筋の種類、直径、応力状態、継手位置等に応じて適切に選定しなけれ

て行う。同示方書に示される維持管理の区分は、A：予防維持管理（予防保全を基にした維持管理）、B：事後維持管理（事後保全を基にした維持管理）、C：観察維持管理（直接的な対策を実施しない維持管理）に分類されているので、発注者は適切な維持管理区分を定め、維持管理しなければならない。

(4)について 構造物の種類や形式等の決定にあたり、発注者と設計者の協議で問題点を解決することが困難な場合（例えば、耐久性の検討や新技術・新材料の使用の有無の判断）は、専門評価機関の活用を検討する。

2.1.4 詳細設計段階

- (1) 構造計算および照査結果をもとに、設計図書を作成する。
- (2) 構造物の耐久性に対する照査を行わなければならない。
- (3) 構造物の所要の性能に影響するような初期ひび割れが施工段階で発生しないように、初期ひび割れの照査を行うことを原則とし、その抑制対策を示さなければならない。
- (4) 鉄筋に関する構造細目は、道路橋示方書、土木学会コンクリート標準示方書および土木工事設計要領に従わなければならない。
- (5) 鋼材の配置状況に応じた適切なレディーミクストコンクリートの種類を選定しなければならない。
- (6) 詳細設計段階において、発注者と設計者のみでは技術的な問題点を解決することが難しい場合には、発注者は専門評価機関を交えて検討することが望ましい。

【解説】(1)および(2)について 構造物の機能・性能を考慮した構造計算、要求性能の照査を詳細に行い、設計図書を作成する。さらに耐久性に関わるコンクリートの特性、鋼材の応力度、かぶりなどを用いて構造物の耐久性に対する照査を行う。耐久性に関する照査を行うためには、使用する材料の種類・仕様が必要となるが、本指針(案)では、セメントには普通ポルトランドセメント、早強ポルトランドセメント、高炉セメント、フライアッシュセメント、低発熱型セメント（中庸熱ポルトランドセメント、低熱ポルトランドセメント、中庸熱フライアッシュセメント、低熱高炉セメント）が使用でき、また、混和材としては、高炉スラグ微粉末、フライアッシュおよび膨張材などが使用できる。

(3)について 構造物の所要の性能に影響する初期ひび割れが施工段階で発生しないように、初期ひび割れの照査を行うことを原則とする。主な抑制対策を解説表 2.3.1 に示す。

温度ひび割れの抑制対策として低発熱型セメントを使用する場合には、材齢 56 日などの長期材齢における設計基準強度を設定することができる。なお、配合強度とは、レディーミクストコンクリート工場においてコンクリートの配合を決める際に目標とする強度で、コンクリートの品質等を考慮して設計基準強度に割増し係数を乗じたものである。また、呼び強度とは、荷卸し地点で保証されるレディーミクストコンクリートの強度で、「所定の材齢まで 20±2℃で水中養生した供試体の圧縮強度」を指し、一般的に材齢 28 日の強度とされている。しかし、低発熱型セメントを使用する場合には、材齢 56 日、91 日の設定も可能である。なお、あらかじめ試験等により求めた強度曲線により材齢 28 日での強度を推定してもよい。

(4)について 鉄筋の継ぎ手は、鉄筋の種類、直径、応力状態、継手位置等に応じて適切に選定しなけれ

ればならない。その継手位置は、できるだけ応力の大きい断面を避ける。また、軸方向の太径鉄筋（D51等）の継手が高所作業となる場合は、圧接継手では継手部の十分な品質の確保が困難になることが予想される。そこで、太径鉄筋の継手は、ねじふし鉄筋継手、ねじ加工継手などの選定を検討するのが望ましい。

(5)について 構造物の種類、部材の種類および大きさ、鋼材や鉄筋の量や配置条件などにより密実な型枠内に充てん可能なスランブは異なるため、呼び強度や骨材の最大寸法を考慮し、適切なレディーミクストコンクリートの種類を選定しなければならない。

(6)について 詳細設計において、発注者と設計者の協議で問題点を解決することが困難な場合（例えば、ひび割れ抑制対策の検討や低発熱型セメントを使用する場合の設計基準強度を確保する材齢の選定等）は、専門評価機関の活用を検討する。

2.2 コンクリート構造物の性能照査

2.2.1 一般

コンクリート構造物が、設計耐用期間を通じて要求性能を満足することを確認しなければならない。

【解説】 設計段階での性能照査は、コンクリート構造物の安全性、使用性、耐久性に対する要求性能を満足することを確認するものである。しかし、設計段階においては施工時の条件（コンクリート材料および配合、打設温度、外気温等）が必ずしも明確でないため、照査を行うには限界がある。したがって、設計段階での耐久性照査は、コンクリートの設計基準強度や水セメント比、予想される施工時期および施工状況等から推定した値を用いた照査により、要求性能を満足することを確認することとする。

2.2.2 安全性の照査

- (1) コンクリート構造物が、所要の安全性を設計耐用期間にわたり保持することを照査しなければならない。
- (2) 安全性に対する照査は、設計荷重のもとで、すべての構成部材が断面破壊の限界状態および疲労破壊の限界状態に至らないこと等の安全性について確認することを原則とする。

【解説】 (1)および(2)について 安全性に対する照査は、土木学会 コンクリート標準示方書に従い限界状態設計法により実施することを原則とする。なお、断面破壊の限界状態および疲労破壊の限界状態、ならびに安定の限界状態に対する具体的な照査方法の整備が不十分である場合は、当面は道路橋示方書および国土交通省のコンクリート構造物に関する各種規定・基準・指針に示される許容応力度設計法を用いた照査を併用するものとし、限界状態設計法による照査方法の整備に伴い順次移行することとした。

ばならない。その継手位置は、できるだけ応力の大きい断面を避ける。また、軸方向の太径鉄筋（D51等）の継手が高所作業となる場合は、圧接継手では継手部の十分な品質の確保が困難になることが予想される。そこで、太径鉄筋の継手は、ねじふし鉄筋継手、ねじ加工継手などの選定を検討するのが望ましい。

(5)について 構造物の種類、部材の種類および大きさ、鋼材や鉄筋の量や配置条件などにより密実な型枠内に充填可能なスランブは異なるため、呼び強度や骨材の最大寸法を考慮し、適切なレディーミクストコンクリートの種類を選定しなければならない。

(6)について 詳細設計において、発注者と設計者の協議で問題点を解決することが困難な場合（例えば、ひび割れ抑制対策の検討や低発熱型セメントを使用する場合の設計基準強度を確保する材齢の選定等）は、専門評価機関の活用を検討する。

2.2 コンクリート構造物の性能照査

2.2.1 一般

コンクリート構造物が、設計耐用期間を通じて要求性能を満足することを確認しなければならない。

【解説】 設計段階での性能照査は、コンクリート構造物の安全性、使用性、耐久性に対する要求性能を満足することを確認するものである。しかし、設計段階においては施工時の条件（コンクリート材料および配合、打設温度、外気温等）が必ずしも明確でないため、照査を行うには限界がある。したがって、設計段階での耐久性照査は、コンクリートの設計基準強度や水セメント比、予想される施工時期および施工状況等から推定した値を用いた照査により、要求性能を満足することを確認することとする。

2.2.2 安全性の照査

- (1) コンクリート構造物が、所要の安全性を設計耐用期間にわたり保持することを照査しなければならない。
- (2) 安全性に対する照査は、設計荷重のもとで、すべての構成部材が断面破壊の限界状態および疲労破壊の限界状態に至らないこと等の安全性について確認することを原則とする。

【解説】 (1)および(2)について 安全性に対する照査は、土木学会 コンクリート標準示方書に従い限界状態設計法により実施することを原則とする。なお、断面破壊の限界状態および疲労破壊の限界状態、ならびに安定の限界状態に対する具体的な照査方法の整備が不十分である場合は、当面は本指針(案)以外の国土交通省のコンクリート構造物に関する各種規定・基準・指針に示される許容応力度設計法を用いた照査を併用するものとし、限界状態設計法による照査方法の整備に伴い順次移行することとした。

2.2.3 使用性の照査

- (1) コンクリート構造物が、所要の使用性を設計耐用期間にわたり保持することを照査しなければならない。
- (2) 使用性に対する照査では、設計荷重のもとで構造物の機能や使用目的に応じて、外観、振動、変形等の使用上の快適性に関する限界状態や、水密性、表面の耐摩耗性、ひび割れ等の機能性に関する限界状態に至らないことを確認する。このうち、ひび割れおよび水密性については照査を行うことを原則とし、他の性能に関しては必要に応じて適切な方法で照査するものとする。

【解説】(1)について 現在、[道路橋示方書](#)や国土交通省の各種指針類では、一般に許容応力度設計法で設計されているため、その場合には使用性に対する照査を省略してもよいものとする。

(2)について 設計荷重作用時にコンクリートに発生するひび割れについては、現行のコンクリート構造物に関する各種基準類では、部材断面に生じる応力度を許容応力度以下とすることにより、ひび割れ幅が過大とならないよう配慮されている。しかし、ひび割れは材料および施工等に起因して発生する可能性もあり、この場合には外観や水密性、耐久性を損なうおそれがあることから、できるだけ設計段階で考慮しておくことが望ましい。具体的な照査方法については、2.3節「初期ひび割れに対する照査」で示す。

特に、各種貯蔵施設、地下構造物、水理構造物、貯水槽、上下水道施設、トンネルなど常時水に接する可能性のある構造物は水密性を確保する必要がある。これらの構造物では、コンクリート自体の水密性は確保されている場合でも、各種ひび割れ、打継目、施工時の各種欠陥などによって水密性が損なわれるおそれがあるため、水密性に対する照査を行うことを原則とする。また、水密性を保持させるため止水板や防水シート等の防水措置についても検討する必要がある。

2.2.3 使用性の照査

- (1) コンクリート構造物が、所要の使用性を設計耐用期間にわたり保持することを照査しなければならない。
- (2) 使用性に対する照査では、設計荷重のもとで構造物の機能や使用目的に応じて、外観、振動、変形等の使用上の快適性に関する限界状態や、水密性、表面の耐摩耗性、ひび割れ等の機能性に関する限界状態に至らないことを確認する。このうち、ひび割れおよび水密性については照査を行うことを原則とし、他の性能に関しては必要に応じて適切な方法で照査するものとする。

【解説】(1)について 現在、国土交通省の各種指針類では、一般に許容応力度設計法で設計されているため、その場合には使用性に対する照査を省略してもよいものとする。

(2)について 設計荷重作用時にコンクリートに発生するひび割れについては、現行のコンクリート構造物に関する各種基準類では、部材断面に生じる応力度を許容応力度以下とすることにより、ひび割れ幅が過大とならないよう配慮されている。しかし、ひび割れは材料および施工等に起因して発生する可能性もあり、この場合には外観や水密性、耐久性を損なうおそれがあることから、できるだけ設計段階で考慮しておくことが望ましい。具体的な照査方法については、2.3節「初期ひび割れに対する照査」で示す。

特に、各種貯蔵施設、地下構造物、水理構造物、貯水槽、上下水道施設、トンネルなど常時水に接する可能性のある構造物は水密性を確保する必要がある。これらの構造物では、コンクリート自体の水密性は確保されている場合でも、各種ひび割れ、打継目、施工時の各種欠陥などによって水密性が損なわれるおそれがあるため、水密性に対する照査を行うことを原則とする。また、水密性を保持させるため止水板や防水シート等の防水措置についても検討する必要がある。

2.2.4 構造物の耐久性照査

コンクリート構造物が、所要の耐久性能を設計耐用期間にわたり満足することを照査しなければならない。照査する場合は、構造物の置かれる環境条件に応じて以下の項目に関してコンクリート構造物の耐久性を照査しなければならない。

- (1) 中性化に伴う鋼材腐食に対する照査
- (2) 塩害に対する照査
- (3) アルカリ骨材反応に対する照査
- (4) 凍害に対する照査
- (5) 化学的侵食に対する照査

【解説】(1)について コンクリートの中性化は鉄筋の腐食と密接な関係にあり、中性化の進行と共に鉄筋の腐食が始まる。中性化速度は、主にセメントの種類、水セメント比（水結合材比）、および環境条件に支配される。

土木学会コンクリート標準示方書では、中性化深さの設計値 y_d の鋼材腐食発生限界深さ y_{lim} （かぶり c から施工誤差 Δc_o および中性化残り c_k を差し引いた値）に対する比に構造物係数 γ_i を乗じた値が、1.0 以下であることを確かめることにより中性化に対する照査を行っている。

$$\gamma_i \frac{y_d}{y_{lim}} \leq 1.0 \quad (2.2.1)$$

中性化深さ y は一般的に、次式で表されるように経過年数 t の平方根に比例し、その比例定数 α を「中性化速度係数」と呼ぶ。

$$y = \alpha \sqrt{t} \quad (2.2.2)$$

中性化深さの設計値を求める上で必要となる中性化速度係数は、実験あるいは既往のデータに基づいて定める必要があるが、次式により求めてもよい。なお、同一の水セメント比であっても、セメントに普通ポルトランドセメントのみを用いた場合と、高炉セメントを用いた場合とでは、中性化速度係数が異なることに留意する必要がある。

$$\alpha_p = -3.57 + 9.0 \cdot (W/B) \quad (2.2.3)$$

- ここで、 α_p ：中性化速度係数の予測値 (mm/√(年))
 W/B ：有効水結合材比。 $W/B = W / (C_p + k \cdot A_d)$
 W ：単位体積あたりの水の質量
 B ：単位体積あたりの有効結合材の質量
 C_p ：単位体積あたりのポルトランドセメントの質量
 A_d ：単位体積あたりの混和材の質量
 k ：混和材により定まる定数。
 フライアッシュの場合 $k=0$ 、高炉スラグ微粉末の場合 $k=0.7$

2.2.4 構造物の耐久性照査

コンクリート構造物が、所要の耐久性能を設計耐用期間にわたり満足することを照査しなければならない。照査に際して、構造物の置かれる環境条件に応じて以下の項目に関してコンクリート構造物の耐久性を照査することとする。

- (1) 中性化に伴う鋼材腐食に対する照査
- (2) 塩害に対する照査
- (3) アルカリシリカ反応に対する照査
- (4) 凍害に対する照査
- (5) 化学的侵食に対する照査

【解説】(1)について コンクリートの中性化は鉄筋の腐食を引き起こすことから、中性化がある程度進行すると鉄筋の腐食が始まる。中性化速度は、主にセメントの種類、水セメント比（水結合材比）、および環境条件等に支配される。

土木学会 コンクリート標準示方書では、中性化深さの設計値 y_d と鋼材腐食発生限界深さ y_{lim} （かぶり c から施工誤差 Δc_o および中性化残り c_k を減じた値）の比に構造物係数 γ_i を乗じた値が、1.0 以下であることを確かめることにより中性化に対する照査を行っている。式(2.2.1)参照。

$$\gamma_i \frac{y_d}{y_{lim}} \leq 1.0 \quad (2.2.1)$$

中性化深さ y は一般的に、式(2.2.2)で表されるように経過年数 t の平方根に比例し、その比例定数 α を「中性化速度係数」と呼ぶ。

$$y = \alpha \sqrt{t} \quad (2.2.2)$$

中性化深さの設計値を求める上で必要となる中性化速度係数は、実験あるいは既往のデータに基づいて定めることを原則とするが、式(2.2.3)により求めてもよい。なお、同一の水セメント比であっても、セメントに普通ポルトランドセメントのみを用いた場合と、高炉セメント等の混合セメントを用いた場合とでは、中性化速度係数が異なる。なお、ここでは有効結合材とする概念を導入している。

$$\alpha_k = -3.57 + 9.0 \cdot (W/B) \quad (2.2.3)$$

- ここで、 α_k ：中性化速度係数の特性値 (mm/√(年))
 W/B ：有効水結合材比。 $W/B = W / (C_p + k \cdot A_d)$
 W ：単位体積あたりの水の質量
 B ：単位体積あたりの有効結合材の質量
 C_p ：単位体積あたりのポルトランドセメントの質量
 A_d ：単位体積あたりの混和材の質量
 k ：混和材により定まる定数。
 フライアッシュの場合 $k=0$ 、高炉スラグ微粉末の場合 $k=0.7$
 なお、ここでの単位体積はコンクリートの単位体積である。

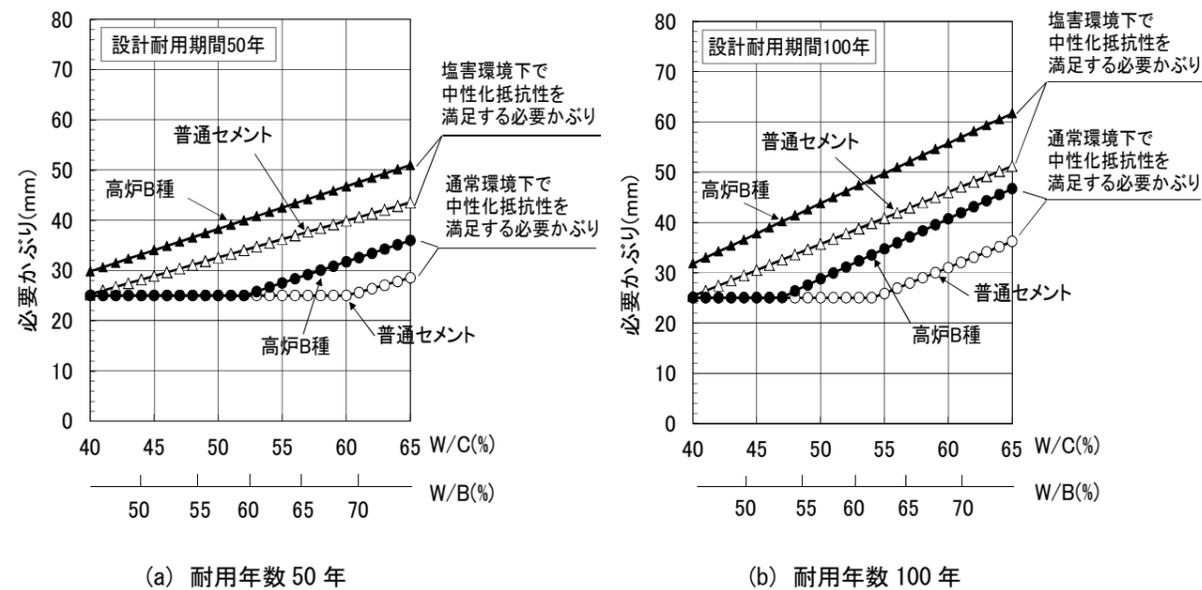
この照査方法により設計耐用期間 50 年および 100 年に対する必要かぶりを算定した結果を、解説図 2.2.1 に示す。なお、算定にあたっては解説表 2.2.1 に示す値を使用し、中性化深さの設計値 y_d は、次式により算定した。また、算定結果がスラブ部材の最小かぶり 25mm を下回る場合は、必要かぶりを 25mm とした。

$$y_d = \gamma_{cb} \cdot \alpha_d \sqrt{t} \quad (2.2.4)$$

ここに、 $\alpha_d (= \alpha_k \cdot \beta_e \cdot \gamma_c)$ ；中性化速度係数の設計値、 α_k ；中性化速度係数の特性値、 β_e ；環境作用の程度を表す係数、 γ_c ；コンクリートの材料係数、 γ_{cb} ； y_d のばらつきを考慮した安全係数。

解説表 2.2.1 必要かぶり算定に使用した数値

記号	名称	数値
γ_i	構造物係数	1.0
c_k	中性化残り	・ 通常環境下：10mm ・ 塩分環境下：25mm
Δc_e	施工誤差	0mm
t	年数（耐用年数）	50 年, 100 年
γ_p	α_p の精度に関する安全係数	$\gamma_p = 1.0$ $\alpha_k = \gamma_p \cdot \alpha_p$
W/C	水セメント比	0.40~0.65 (40%~65%)
—	使用セメント	・ 普通ポルトランドセメント ・ 高炉セメント B 種 (スラグ置換率 45%) (W/B=0.46~0.75 に相当。)
β_e	環境作用の程度を表す係数	1.0 (乾燥しにくい環境)
γ_{cb}	y_d のばらつきを考慮した安全係数	1.15
γ_c	コンクリートの材料係数	1.0



解説図 2.2.1 中性化抵抗性を満足する必要かぶり算定結果

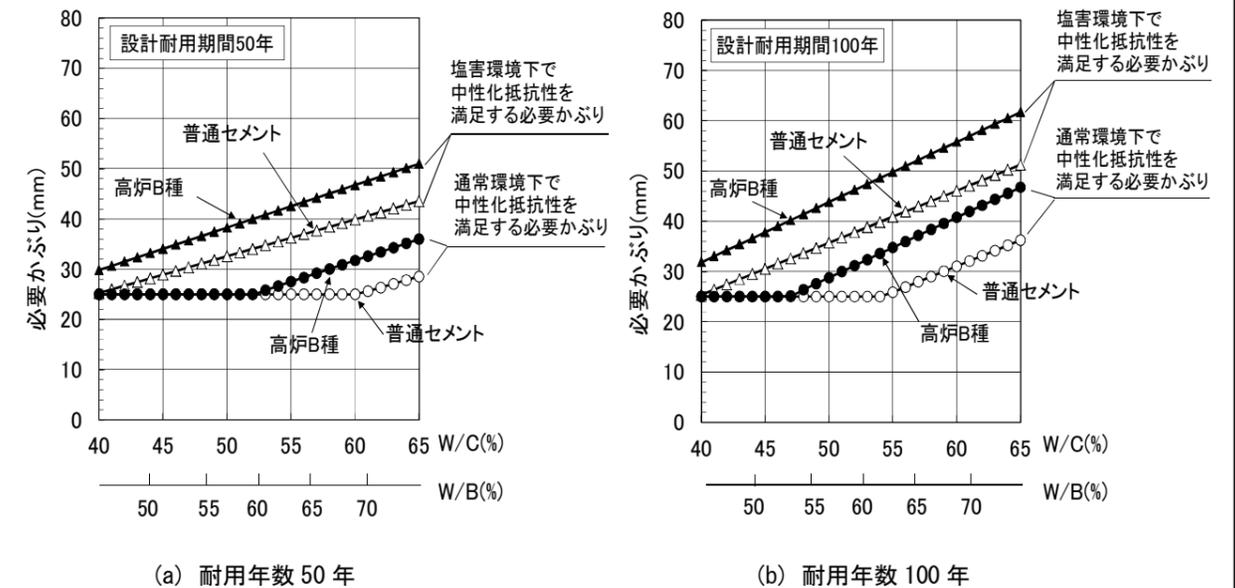
この照査式により設計耐用期間 50 年および 100 年における中性化抵抗性を満足する必要かぶりを算定した結果を、解説図 2.2.1 に示す。なお、算定にあたっては解説表 2.2.1 に示す値を使用し、中性化深さの設計値 y_d は、式(2.2.4)により算定した。

$$y_d = \gamma_{cb} \cdot \alpha_d \sqrt{t} \quad (2.2.4)$$

ここに、 $\alpha_d (= \alpha_k \cdot \beta_e \cdot \gamma_c)$ ；中性化速度係数の設計値、 α_k ；中性化速度係数の特性値、 β_e ；環境作用の程度を表す係数、 γ_c ；コンクリートの材料係数、 γ_{cb} ； y_d のばらつきを考慮した安全係数。

解説表 2.2.1 必要かぶり算定に使用した数値

記号	名称	数値
γ_i	構造物係数	1.0
c_k	中性化残り	・ 通常環境下：10mm ・ 塩害環境下：25mm
Δc_e	施工誤差	0mm
t	年数（耐用年数）	50 年, 100 年
W/C	水セメント比	0.40~0.65 (40%~65%)
—	使用セメント	・ 普通ポルトランドセメント ・ 高炉セメント B 種 (スラグ置換率 45%) (W/B=0.46~0.75 に相当。)
β_e	環境作用の程度を表す係数	1.0 (乾燥しにくい環境)
γ_{cb}	y_d のばらつきを考慮した安全係数	1.15
γ_c	コンクリートの材料係数	1.0



解説図 2.2.1 中性化抵抗性を満足する必要かぶり算定結果

道路橋示方書では、床版、地覆、高欄、支間 10m 以下の床版橋に対して、最小かぶりは 30mm と定めている。したがって、解説 図 2.2.1 より、普通ポルトランドセメントを用いる場合、耐用年数 50 年では水セメント比が約 60%以下の領域で、耐用年数 100 年では水セメント比が約 55%以下の領域で、かぶりを 30mm 以上とすることにより、中性化に対する抵抗性は満足できると言える。

よって、九州地方整備局において通常環境に建設されるコンクリート構造物（セメントに普通ポルトランドセメントのみを用いた場合）は、道路橋示方書に示される最小かぶりの規定を遵守することで中性化に対する照査を省略することができる。しかし、セメントに高炉セメントやフライアッシュセメントを用いる場合や塩害環境下に建設される場合は、~~土木学会コンクリート標準示方書に従い~~、中性化に対する照査を行わなければならない。

(2)について 海岸構造物および凍結防止剤が散布されるおそれのある構造物では、塩化物イオンの侵入により、設計耐用期間に対してコンクリート中の鋼材が腐食しないことを照査しなければならない。照査の結果、鋼材腐食のおそれがある場合は、かぶりの増大、エポキシ樹脂被覆鋼材の使用、コンクリート表面の被覆、電気防食など適切な措置をしなければならぬ。

土木学会コンクリート標準示方書では、鋼材位置における塩化物イオン濃度の設計値 C_d と鋼材腐食発生限界濃度 C_{lim} との比に構造物係数 γ_i を乗じた値が 1.0 以下であることを確かめることにより塩害に対する照査を行っている。

$$\gamma_i \frac{C_d}{C_{lim}} \leq 1.0 \quad (2.2.5)$$

鋼材腐食発生限界濃度 C_{lim} は、類似の構造物の実測結果や試験結果を参考に定めてよい。それによらない場合は 1.2kg/m^3 としてよい。

また、鋼材位置における塩化物イオン濃度の設計値 C_d は Fick の拡散方程式の解である次式により求めることができる。

$$C_d = \gamma_{cl} \cdot C_0 \left\{ 1 - \operatorname{erf} \left(\frac{0.1 \cdot c_d}{2\sqrt{D_d \cdot t}} \right) \right\} \quad (2.2.6)$$

ここで、 γ_{cl} : C_d のばらつきを考慮した安全係数。一般に 1.3 としてよい。

C_0 : コンクリート表面における想定塩化物イオン濃度 (kg/m^3) (解説 表 2.2.2)

道路橋示方書では、床版、地覆、高欄、支間 10m 以下の床版橋に対して、最小かぶりは 30mm と定めている。したがって、解説 図 2.2.1 より、普通ポルトランドセメントを用いる場合、耐用年数 50 年では水セメント比が約 60%以下の領域で、耐用年数 100 年では水セメント比が約 55%以下の領域で、かぶりを 30mm 以上とすることにより、中性化に対する抵抗性は満足できると言える。

よって、九州地方整備局において通常環境に建設されるコンクリート構造物（セメントに普通ポルトランドセメントのみを用いた場合）は、道路橋示方書に示される最小かぶりの規定を遵守することで中性化に対する照査を省略することができる。しかし、セメントに高炉セメントやフライアッシュセメントを用いる場合や塩害環境下に建設される場合は、中性化に対する照査を行わなければならない。

(2)について 塩害環境下に建設される構造物および凍結防止剤が散布されるおそれのある構造物では、塩化物イオンの侵入により、設計耐用期間に対してコンクリート中の鋼材が腐食しないことを照査しなければならない。照査の結果、鋼材腐食が発生する場合は、かぶりの増大、エポキシ樹脂被覆鋼材の使用、コンクリート表面の被覆、電気防食など適切な措置を講じなければならない。

土木学会 コンクリート標準示方書では、鋼材位置における塩化物イオン濃度の設計値 C_d と鋼材腐食発生限界濃度 C_{lim} との比に構造物係数 γ_i を乗じた値が 1.0 以下であることを確かめることにより塩害に対する照査を行っている。式(2.2.5)参照。

$$\gamma_i \frac{C_d}{C_{lim}} \leq 1.0 \quad (2.2.5)$$

鋼材腐食発生限界濃度 C_{lim} は、類似の構造物の実測結果や試験結果に基づいて定めてよい。それによらない場合は式(2.2.6)～式(2.2.9)を用いて定めてよい。ただし、水セメント比の範囲は $0.30 \leq W/C \leq 0.55$ とする。なお、凍結融解作用を受ける場合には、これらの値よりも小さな値とするのがよい。また、海上の大気中、飛沫帯・干満帯、汀線付近などの環境が厳しい条件下においては、水セメント比の上限を、海上大気中、飛沫帯・干満帯、汀線付近は 0.45 以下、海中は 0.50 以下とするのが望ましい*。

*土木学会 2012 年制定コンクリート標準示方書 [施工編：特殊コンクリート] 「7 章 海洋コンクリート」に示される最大水セメント比に準じた値である。

(普通ポルトランドセメントを用いた場合)

$$C_{lim} = -3.0(W/C) + 3.4 \quad (2.2.6)$$

(高炉セメント B 種相当、フライアッシュセメント B 種相当を用いた場合)

$$C_{lim} = -2.6(W/C) + 3.1 \quad (2.2.7)$$

(低熱ポルトランドセメント、早強ポルトランドセメントを用いた場合)

$$C_{lim} = -2.2(W/C) + 2.6 \quad (2.2.8)$$

(シリカフェームを用いた場合)

$$C_{lim} = 1.20 \quad (2.2.9)$$

また、鋼材位置における塩化物イオン濃度の設計値 C_d は Fick の拡散方程式の解である式(2.2.10)により求めることができる。

$$C_d = \gamma_{cl} \cdot C_0 \left\{ 1 - \operatorname{erf} \left(\frac{0.1 \cdot c_d}{2\sqrt{D_d \cdot t}} \right) \right\} + Ci \quad (2.2.10)$$

ここで、 γ_{cl} : C_d のばらつきを考慮した安全係数。一般に 1.3 としてよい。

C_0 : コンクリート表面における塩化物イオン濃度 (kg/m^3) (解説 表 2.2.2 により求めもよい)

c_d : かぶりの設計値(mm). かぶり c から施工誤差 Δc_e を差し引いた値.

t : 耐用年数 (年)

D_d : 塩化物イオンに対する設計拡散係数 ($\text{cm}^2/\text{年}$)

$erf(s)$: 誤差関数であり, $erf(s) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^s e^{-\eta^2} d\eta \doteq \sqrt{1 - e^{-\frac{4s^2}{\pi}}}$ で表される.

c_d : かぶりの設計値(mm). かぶり c から施工誤差 Δc_e を減じた値.

t : 耐用年数 (年)

C_i : 初期塩化物イオン濃度 (kg/m^3). 一般に $0.3 \text{ kg}/\text{m}^3$ としてよい.

$erf(s)$: 誤差関数 $\left(erf(s) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^s e^{-\eta^2} d\eta \doteq \sqrt{1 - e^{-\frac{4s^2}{\pi}}} \right)$

D_d : 塩化物イオンに対する設計拡散係数 ($\text{cm}^2/\text{年}$)

一般に式(2.2.11)により算定してよい.

$$D_d = \gamma_c \cdot D_k + \lambda \cdot \left(\frac{w}{l} \right) \cdot D_0 \quad (2.2.11)$$

ここに, γ_c : コンクリートの材料係数. 一般に 1.0 としてよい. ただし, 上面の部位に関しては 1.3 とするのがよい.

D_k : コンクリートの塩化物イオンに対する拡散係数の特性値 ($\text{cm}^2/\text{年}$)

λ : ひび割れの存在が拡散係数に及ぼす影響を表す係数. 一般に 1.5 としてよい.

D_0 : コンクリート中の塩化物イオンの移動に及ぼすひび割れの影響を表す定数 ($\text{cm}^2/\text{年}$) 一般に, $400 \text{ cm}^2/\text{年}$ としてよい.

w/l : ひび割れ幅とひび割れ間隔の比. 式(2.2.12)で求めてよい.

$$\frac{w}{l} = \left(\frac{\sigma_{se}}{E_s} \left(\text{または} \frac{\sigma_{pe}}{E_p} \right) + \epsilon'_{csd} \right) \quad (2.2.12)$$

σ_{se} , σ_{pe} , ϵ'_{csd} の定義は, 土木学会 2012 年制定コンクリート標準示方書 [設計編: 標準] 4 編に準じ, ひび割れ幅の設計応答値の算定に用いた値を用いる.

マスコンクリートなど曲げひび割れが考えにくい部材において, 初期収縮ひび割れ間隔を求めることが困難な場合で, ひび割れ幅が土木学会 2012 年制定コンクリート標準示方書 [設計編: 標準] 2.1.2 のひび割れ幅の限界値以下であれば式(2.2.13)を用いてよい.

$$D_d = D_k \cdot \gamma_c \cdot \beta_{cl} \quad (2.2.13)$$

ここに, β_{cl} : 初期ひび割れの影響を考慮した係数で, 1.5 としてよい.

解説 表 2.2.2 コンクリート表面における塩化物イオン濃度 C_0 (kg/m^3)

		飛沫帯	海岸からの距離 (km)				
			汀線付近	0.1	0.25	0.5	1.0
飛来塩分が多い地域	北海道, 東北, 北陸, 沖縄	13.0	9.0	4.5	3.0	2.0	1.5
飛来塩分が少ない地域	関東, 東海, 近畿, 中国, 四国, 九州		4.5	2.5	2.0	1.5	1.0

海岸付近の高さ方向については, 高さ 1m が汀線からの距離 25m に相当すると考えて C_0 を求めてよい.

解説 表 2.2.2 コンクリート表面における塩化物イオン濃度 C_0 (kg/m^3)

		飛沫帯	海岸からの距離 (km)						
			汀線付近	(10m)	(20m)	0.1	0.25	0.5	1.0
飛来塩分が多い地域	北海道, 東北, 北陸, 沖縄	13.0	9.0	-	-	4.5	3.0	2.0	1.5
飛来塩分が少ない地域	関東, 東海, 近畿, 中国, 四国	13.0	4.5	-	-	2.5	2.0	1.5	1.0
	九州	13.0	9.0	9.0	4.5	2.5	2.0	1.5	1.0

高い位置ほど表面塩化物イオン濃度が減少する場合もあるので, その場合には適切に考慮するのがよい.

なお、 C_0 の値は、九州地区では解説 表 2.2.2 の下欄の値を用いるが、島嶼部や気温の高い地域では上欄・下欄の中間的な値を採用するなど、別途検討が必要である。

塩化物イオンの拡散係数 D は次式により求めてよい。水セメント比 W/C と次式により求めた拡散係数との関係を解説 図 2.2.2 に示す。ただし、実験値あるいは既往のデータがある場合は、そのデータを用いてもよい。

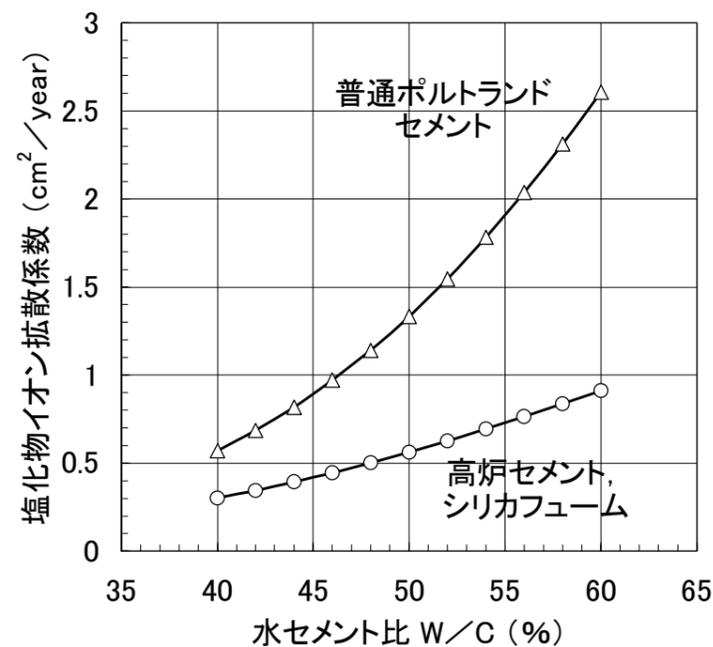
土木学会コンクリート標準示方書

(a) 普通ポルトランドセメントを使用する場合

$$\log D = -3.9(W/C)^2 + 7.2(W/C) - 2.5 \quad (2.2.7)$$

(b) 高炉セメントやシリカフェームを使用する場合

$$\log D = -3.0(W/C)^2 + 5.4(W/C) - 2.2 \quad (2.2.8)$$



解説 図 2.2.2 水セメント比と塩化物イオン拡散係数の関係

設計耐用期間 50 年後および 100 年後において、鉄筋位置の塩化物イオン濃度が 1.2kg/m^3 以下となる拡散係数およびかぶりの組み合わせを、解説 図 2.2.3 に示す。この図は、環境条件（解説 表 2.2.2 に示されるコンクリート表面における塩化物イオン濃度）ごとに必要なかぶりを算定するために用いることができる。拡散係数とかぶりの関係が環境条件ごとに示される曲線よりも右側にプロットされる場合、所要の塩化物イオン浸透抵抗性を有すると言える。

なお、 C_0 の値は、九州地区では解説 表 2.2.2 の下欄の値（九州）を用いるが、島嶼部や気温の高い地域では別途検討が必要である。

塩化物イオンの拡散係数 D_k は式(2.2.14)～式(2.2.17)により求めてよい。ただし、水セメント比の範囲は $0.30 \leq W/C \leq 0.55$ とする。実験値あるいは既往のデータがある場合は、そのデータを用いてもよい。なお、海上の大気中、飛沫帯・干満帯、汀線付近などの環境が厳しい条件下においては、水セメント比の上限を、海上大気中、飛沫帯・干満帯、汀線付近は 0.45 以下、海中は 0.50 以下とするのが望ましい*。

※土木学会 2012 年制定コンクリート標準示方書 [施工編：特殊コンクリート] 「7 章 海洋コンクリート」に示される最大水セメント比に準じた値である。

(a) 普通ポルトランドセメントを使用する場合

$$\log_{10} D_k = 3.0(W/C) - 1.8 \quad (2.2.14)$$

(b) 低熱ポルトランドセメントを使用する場合

$$\log_{10} D_k = 3.5(W/C) - 1.8 \quad (2.2.15)$$

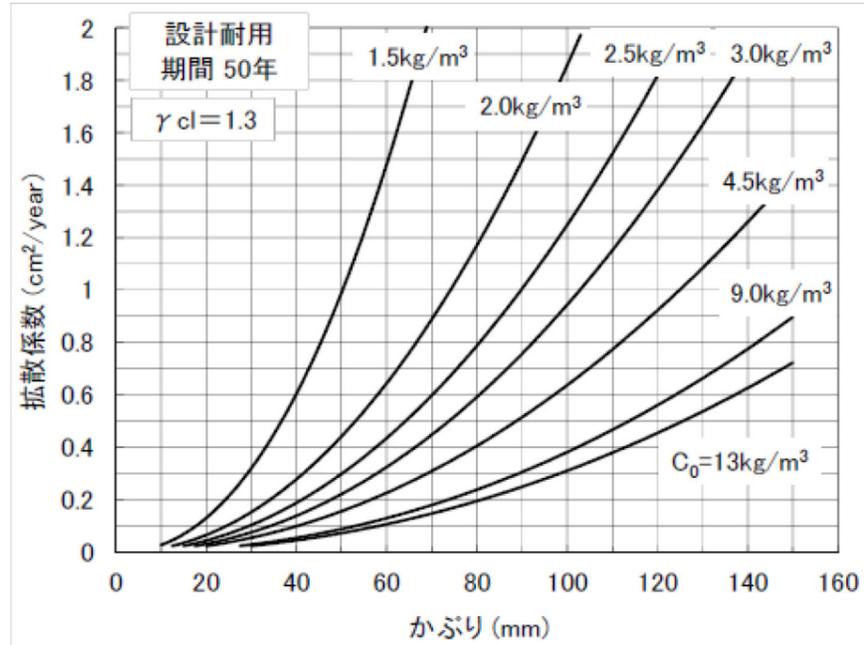
(c) 高炉セメント B 種相当、シリカフェームを使用する場合

$$\log_{10} D_k = 3.2(W/C) - 2.4 \quad (2.2.16)$$

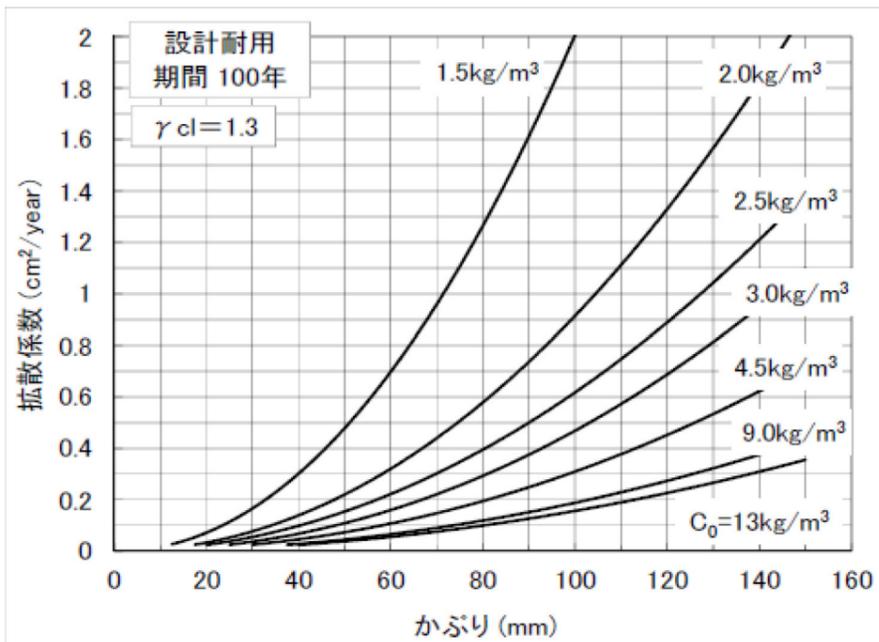
(d) フライアッシュセメント B 種相当を使用する場合

$$\log_{10} D_k = 3.0(W/C) - 1.9 \quad (2.2.17)$$

設計耐用期間 50 年時および 100 年時において、鉄筋位置の塩化物イオン濃度が C_{lim} 以下となる水セメント比とかぶりの関係図を解説 図 2.2.2～図 2.2.5 に示す。この図は、環境条件（解説 表 2.2.2 に示されるコンクリート表面における塩化物イオン濃度）ごとに必要なかぶりを算定するために用いることができる。水セメント比とかぶりの関係が環境条件ごとに示される曲線よりも右上側にプロットされる場合、所要の塩化物イオン浸透抵抗性を有すると言える。

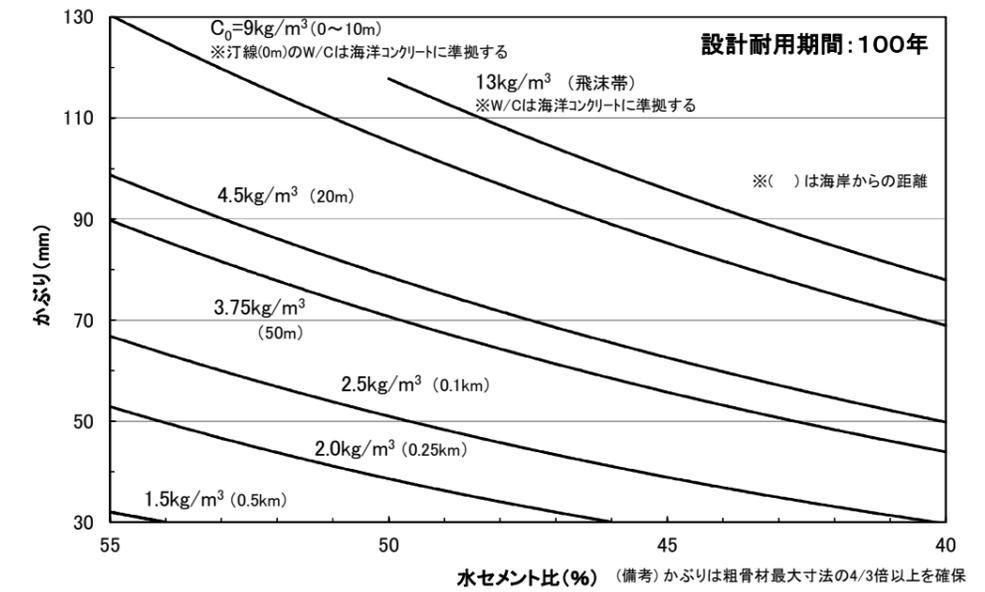
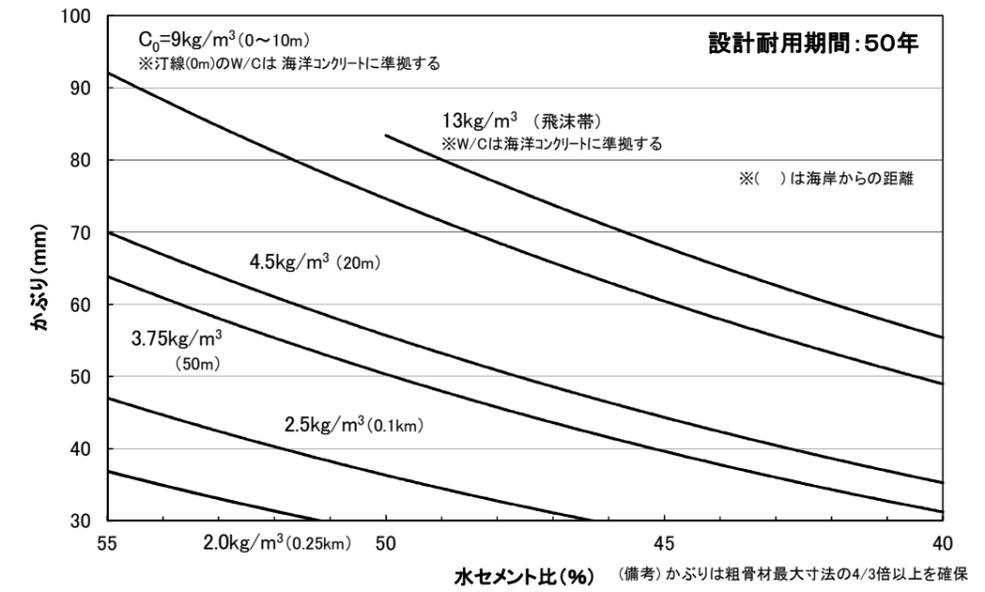


(a) 設計耐用期間 50 年の場合



(b) 設計耐用期間 100 年の場合

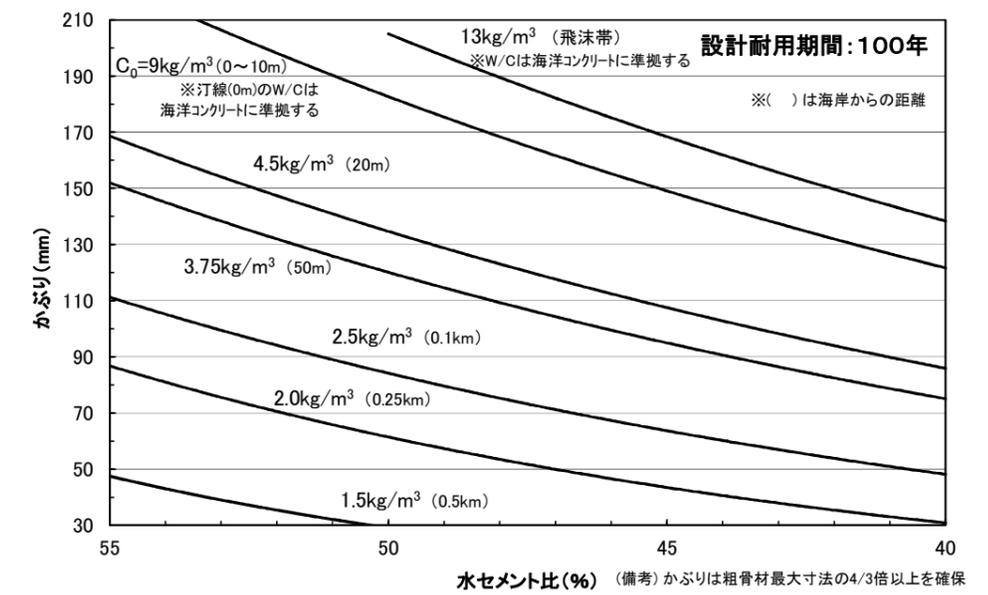
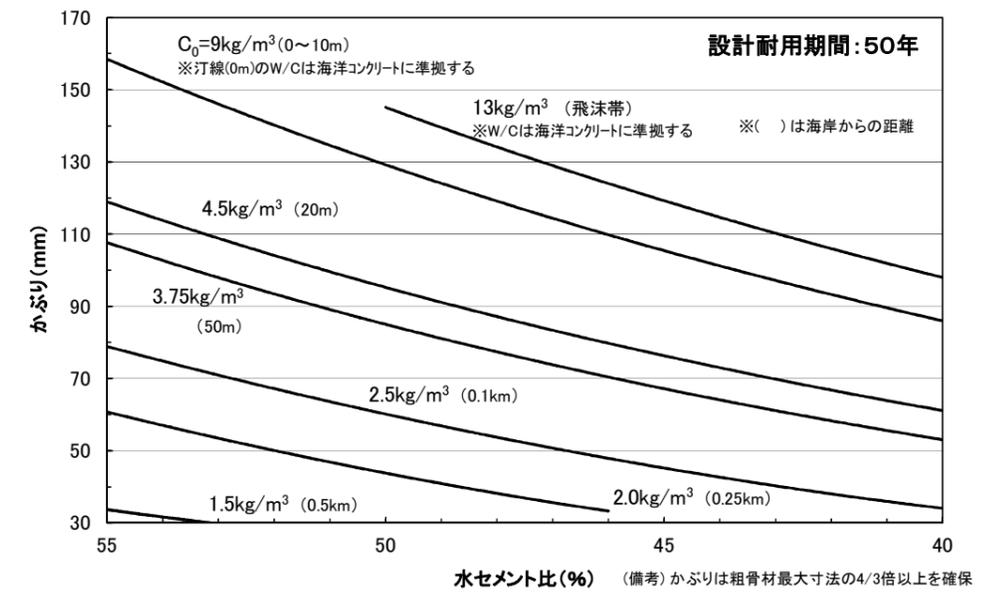
解説 図 2.2.3 塩害に対する照査を満足する拡散係数およびかぶり判定図 ($\gamma_{cl}=1.3$)
(曲線の右側にプロットされる場合は照査を満足する)



必要かぶり算定に使用した数値

記号	名称	数値
γ_i	構造物係数	1.0
—	使用セメント	高炉セメント B 種相当
W/C	水セメント比	0.40~0.55 (40%~55%)
Δc_e	施工誤差	0mm
t	年数 (耐用年数)	50 年, 100 年
γ_{cl}	鋼材位置における塩化物イオン濃度の設計値 C_d のばらつきを考慮した安全係数	1.3
C_i	初期塩化物イオン濃度	0.30kg/m ³
D_d	塩化物イオンに対する設計拡散係数	$\gamma_c \cdot D_k \cdot \beta_{cl}$
γ_c	コンクリートの材料係数	1.0
β_{cl}	初期ひび割れの影響を考慮した係数	1.5

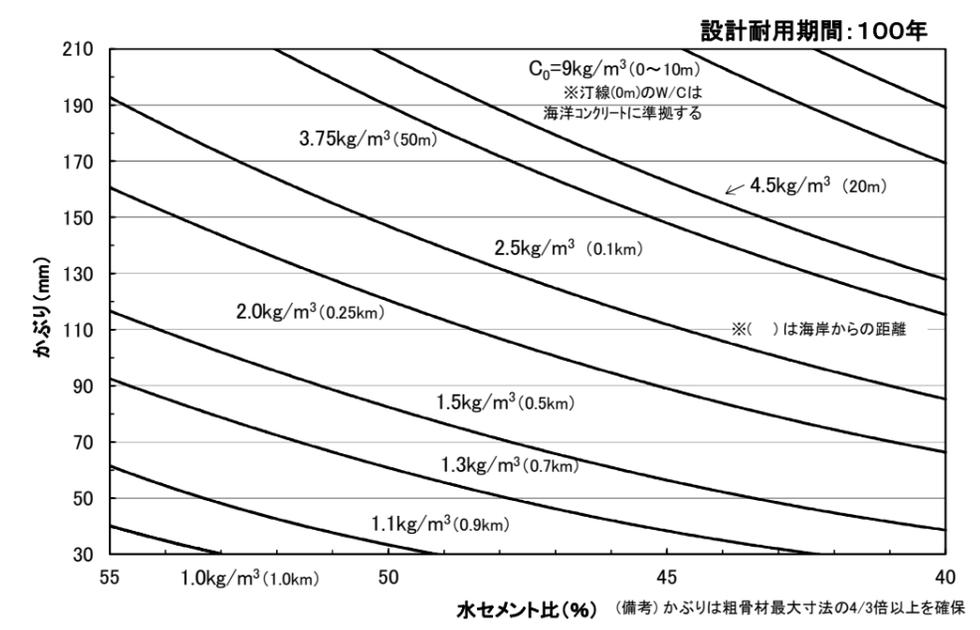
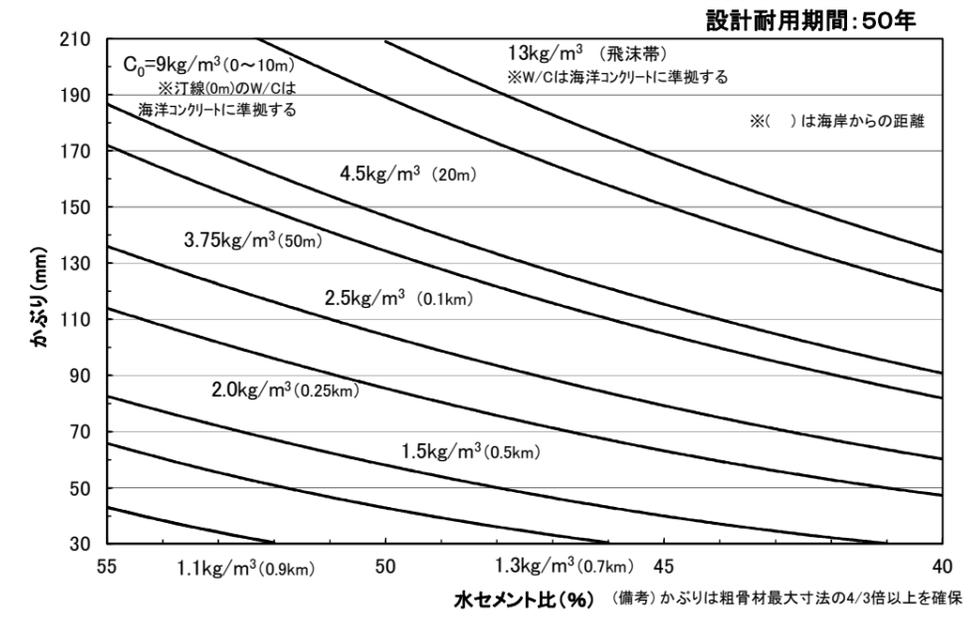
解説 図 2.2.2 塩害に対する照査を満足する水セメント比およびかぶり判定図【高炉セメント B 種相当】
(曲線の右側にプロットされる場合は照査を満足する)



必要かぶり算定に使用した数値

記号	名称	数値
γ_i	構造物係数	1.0
—	使用セメント	普通ポルトランドセメント
W/C	水セメント比	0.40~0.55 (40%~55%)
Δc_e	施工誤差	0mm
t	年数 (耐用年数)	50年, 100年
γ_{cl}	鋼材位置における塩化物イオン濃度の設計値 C_d のばらつきを考慮した安全係数	1.3
C_i	初期塩化物イオン濃度	0.30kg/m ³
D_d	塩化物イオンに対する設計拡散係数	$\gamma_c \cdot D_k \cdot \beta_{cl}$
γ_c	コンクリートの材料係数	1.0
β_{cl}	初期ひび割れの影響を考慮した係数	1.5

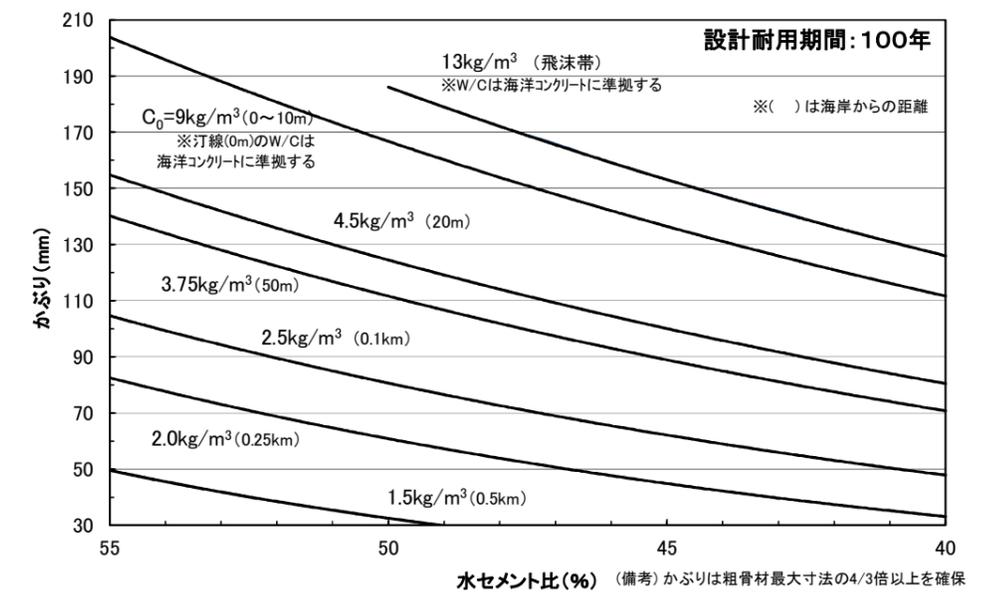
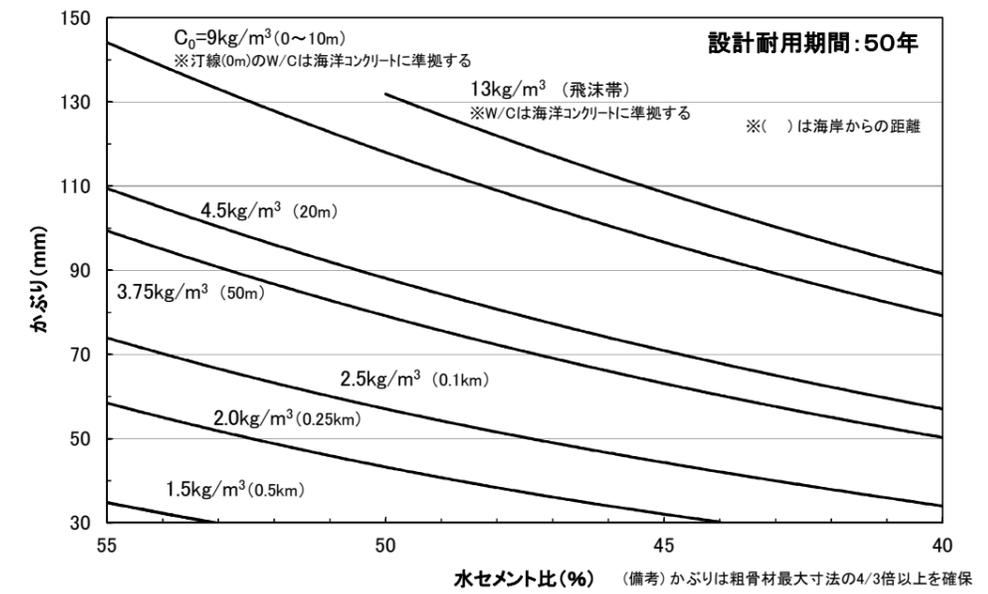
解説 図 2.2.3 塩害に対する照査を満足する水セメント比およびかぶり判定図【普通ポルトランドセメント】
(曲線の右側にプロットされる場合は照査を満足する)



必要かぶり算定に使用した数値

記号	名称	数値
γ_i	構造物係数	1.0
—	使用セメント	低熱ポルトランドセメント
W/C	水セメント比	0.40~0.55 (40%~55%)
Δc_e	施工誤差	0mm
t	年数 (耐用年数)	50年, 100年
γ_{cl}	鋼材位置における塩化物イオン濃度の設計値 C_d のばらつきを考慮した安全係数	1.3
C_i	初期塩化物イオン濃度	0.30kg/m ³
D_d	塩化物イオンに対する設計拡散係数	$\gamma_c \cdot D_k \cdot \beta_{cl}$
γ_c	コンクリートの材料係数	1.0
β_{cl}	初期ひび割れの影響を考慮した係数	1.5

解説 図 2.2.4 塩害に対する照査を満足する水セメント比およびかぶり判定図【低熱ポルトランドセメント】
(曲線の右側にプロットされる場合は照査を満足する)



必要かぶり算定に使用した数値

記号	名称	数値
γ_i	構造物係数	1.0
—	使用セメント	フライッシュセメントB種相当
W/C	水セメント比	0.40~0.55 (40%~55%)
Δc_e	施工誤差	0mm
t	年数 (耐用年数)	50年, 100年
γ_{cl}	鋼材位置における塩化物イオン濃度の設計値 C_d のばらつきを考慮した安全係数	1.3
C_i	初期塩化物イオン濃度	0.30kg/m ³
D_d	塩化物イオンに対する設計拡散係数	$\gamma_c \cdot D_k \cdot \beta_{cl}$
γ_c	コンクリートの材料係数	1.0
β_{cl}	初期ひび割れの影響を考慮した係数	1.5

解説 図 2.2.5 塩害に対する照査を満足する水セメント比およびかぶり判定図【フライッシュセメントB種相当】
(曲線の右側にプロットされる場合は照査を満足する)

また、土木研究所では暴露供試体による調査結果（供試体サイズ：90×90×30cm，暴露位置：海岸から約 20m）を基にした塩化物イオンの拡散係数と W/C との関係式を提案している。道路橋示方書では、土木研究所の推定式を参考に、塩害の影響を受けるプレストレストコンクリート構造物および鉄筋コンクリート構造物のかぶりの最小値を、塩害を受ける程度によって定めている。例えば、設計耐用期間を 100 年とし、塩害の影響が激しい地域（PC では、海岸線から 20 m まで、RC では 50 m まで）では最小値を 70mm とし、かつ塗装鉄筋の使用またはコンクリート塗装を併用することとしている。その際のコンクリートの水セメント比はプレストレストコンクリート構造物（工場製品以外のもの）の場合 43%，鉄筋コンクリート構造物の場合 50%を想定している。

しかし、過酷な環境下においては道路橋示方書に示される塩害対策を行った場合でも劣化が生じることが認められているので、このような場合は土木学会の予測式によって照査を行った方がよい。

また、路面凍結防止剤を使用する場合は、路面排水の漏水、車両による飛散などに起因する塩化物イオンの侵入についても検討する。

~~なお、港湾、海岸、海洋に建設される構造物では、土木学会「コンクリート標準示方書〔施工編：特殊コンクリート〕」第 11 章「海洋コンクリート」において最大水セメント比が示されているので、水セメント比はこの値以下でなければならない。~~

(3)について 骨材のアルカリ骨材反応性は、同じ骨材であっても、試験法（JIS 化学法、JIS モルタルバー法、ASTM 法 など）ごとに判定が異なることが報告されている。また、海岸付近や凍結防止剤が散布される地域では、アルカリの供給によりアルカリ骨材反応が促進されることが指摘されている。

九州地域では、アルカリ骨材反応による劣化事例が散見される。そのため、設計段階においては構造物の建設予定地の環境条件、アルカリの供給の有無、周囲の既設構造物等を調査し、アルカリ骨材反応による劣化が懸念される場合は、高炉スラグ微粉末やフライアッシュを用いるなどの抑制対策をしなければならない。

(4)について 凍害に対する環境条件としては、構造物の露出状況（例えば、地中構造物や水中・海中構造物）や、外気温等の気象条件がある。九州地区では、一部の山間地を除いて凍結するおそれがないので、凍結融解作用に関する照査を省略することができる。凍害に対する危険度の指標として、JASS 5「鉄筋コンクリート工事 2003」（26 節 解説図 26.1「凍害危険度の分布図」）を参考としてよい。

(5)について 化学的侵食とは、侵食性物質とコンクリートとの接触によるコンクリートの溶解・劣化や、コンクリートに侵入した侵食性物質がセメント組成物質や鋼材と反応し、体積膨張によるひび割れやかぶりの剥離などを引き起こすなどの劣化現象である。

九州地区では、温泉地域、旧産炭地域、下水道施設などで化学的侵食による劣化が生じており、これらの場所に建設される構造物には、何らかの対策を講じる必要がある。対策工法としては、腐食性環境として軽微な場合には、コンクリートの材料・配合の選定を行うのがよい。しかし、設計耐用期間内に、劣化因子の浸透深さが著しく大きくなると想定されるような厳しい腐食性環境の場合は、土木学会「表面保護工法設計施工指針（案）」に準じて適切な方法を選定し、設計図書に明記する。

上記(1)～(5)に示した対策のみでは構造物に所要の耐久性能を付与することが困難と判断される場合は、専門評価機関を交えて協議しなければならない。

なお、本指針で触れていない特殊な材料、工法および施工方法を採用する場合は、新材料、新技術、新工法に関する既往の研究成果や具体的な実施例とその効果を十分に考慮し、かつ実際に採用できるものを選定する必要がある。このような特殊な材料、工法および施工に対して土木学会では、以下の指針やマニュアルを制定している。特殊な材料などの検討にあたってはこれらの資料を参考にするとよい。

また、土木研究所では暴露供試体による調査結果（供試体サイズ：90×90×30cm，暴露位置：海岸から約 20m）を基にした塩化物イオンの拡散係数と W/C との関係式を提案している。道路橋示方書では、土木研究所の推定式を参考に、塩害の影響を受けるプレストレストコンクリート構造物および鉄筋コンクリート構造物のかぶりの最小値を、塩害を受ける程度によって定めている。例えば、**コンクリート橋編では、**設計耐用期間を 100 年とし、塩害の影響が激しい地域（PC では、海岸線から 20 m まで、RC では 50 m まで）では最小値を 70mm とし、かつ塗装鉄筋の使用またはコンクリート塗装を併用することとしている。その際のコンクリートの水セメント比はプレストレストコンクリート構造物（工場製品以外のもの）の場合 43%，鉄筋コンクリート構造物の場合 50%を想定している。

しかし、過酷な環境下においては道路橋示方書に示される塩害対策を行った場合でも劣化が生じることが認められているので、このような場合は土木学会の予測式によって照査を行った方がよい。

また、路面凍結防止剤を使用する場合は、路面排水の漏水、車両による飛散などに起因する塩化物イオンの侵入についても検討する。

(3)について 骨材のアルカリシリカ反応性は、同じ骨材であっても、試験法（JIS 化学法、JIS モルタルバー法、ASTM 法 など）ごとに判定が異なることが報告されている。また、海岸付近や凍結防止剤が散布される地域では、アルカリの供給によりアルカリシリカ反応が促進されることが指摘されている。

九州地域では、アルカリシリカ反応による劣化事例が散見される。そのため、設計段階においては構造物の建設予定地の環境条件、アルカリの供給の有無、周囲の既設構造物等を調査し、アルカリシリカ反応による劣化が懸念される場合は、高炉スラグ微粉末やフライアッシュを用いるなどの抑制対策をしなければならない。

(4)について 凍害に対する環境条件としては、構造物の露出状況（例えば、地中構造物や水中・海中構造物）や、外気温等の気象条件がある。九州地区では、一部の山間地を除いて凍結するおそれがないので、凍結融解作用に関する照査を省略することができる。凍害に対する危険度の指標として、JASS 5「鉄筋コンクリート工事 2009」（26 節 解説図 26.1「凍害危険度の分布図」）を参考としてよい。

(5)について 化学的侵食とは、侵食性物質とコンクリートとの接触によるコンクリートの溶解・劣化や、コンクリートに侵入した侵食性物質がセメント組成物質や鋼材と反応し、体積膨張によるひび割れやかぶりの剥離などを引き起こすなどの劣化現象である。

九州地区では、温泉地域、旧産炭地域、下水道施設などで化学的侵食による劣化が生じており、これらの場所に建設される構造物には、何らかの対策を講じる必要がある。対策工法としては、腐食性環境として軽微な場合には、コンクリートの材料・配合の選定を行うのがよい。しかし、設計耐用期間内に、劣化因子の浸透深さが著しく大きくなると想定されるような厳しい腐食性環境の場合は、土木学会「表面保護工法設計施工指針（案）」や「**けい酸塩系表面含浸工法の設計施工指針(案)**」に準じて適切な方法を選定し、設計図書に明記する。

上記(1)～(5)に示した対策のみでは構造物に所要の耐久性能を付与することが困難と判断される場合は、専門評価機関を交えて協議しなければならない。

なお、本指針(案)で触れていない特殊な材料、工法および施工方法を採用する場合は、新材料、新技術、新工法に関する既往の研究成果や具体的な実施例とその効果を十分に考慮し、かつ実際に採用できるものを選定する必要がある。このような特殊な材料、工法および施工に対して土木学会では、以下の指針やマニュアルを制定している。特殊な材料などの検討にあたってはこれらの資料を参考にするとよい。

指針(案) 平成 23 年 10 月

- ・海洋コンクリート構造物設計施工指針(案)
- ・高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートの設計施工指針(案) (昭和 63 年)
- ・膨張コンクリート設計施工指針(平成 5 年)
- ・高炉スラグ骨材コンクリート設計施工指針(平成 5 年)
- ・高性能 AE 減水剤を用いたコンクリートの施工指針(案) 付・流動化コンクリート施工指針(平成 5 年)
- ・高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートの施工指針(平成 8 年)
- ・フェロニッケルスラグ細骨材コンクリートの施工指針(平成 10 年)
- ・銅スラグ細骨材を用いたコンクリートの施工指針(平成 10 年)
- ・高流動コンクリート施工指針(平成 10 年)
- ・フライアッシュを用いたコンクリートの施工指針(案) (平成 11 年)
- ・電気化学的防食工法・設計施工指針(案) (平成 13 年)
- ・自己充てん型高強度高耐久コンクリート構造物設計・施工指針(案) (平成 13 年)
- ・エポキシ樹脂塗装鉄筋を用いる鉄筋コンクリートの設計施工指針(平成 15 年)
- ・超高強度繊維補強コンクリートの設計・施工指針(案) (平成 16 年)
- ・表面保護工法設計施工指針(案) (平成 17 年)

指針(案) 平成 26 年 4 月

- ・海洋コンクリート構造物設計施工指針(案)
- ・高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートの設計施工指針(案) (昭和 63 年)
- ・膨張コンクリート設計施工指針(平成 5 年)
- ・高炉スラグ骨材コンクリート施工指針(平成 5 年)
- ・高性能 AE 減水剤を用いたコンクリートの施工指針(案) 付・流動化コンクリート施工指針(平成 5 年)
- ・高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートの施工指針(平成 8 年)
- ・フェロニッケルスラグ細骨材を用いたコンクリートの施工指針(平成 10 年)
- ・銅スラグ細骨材を用いたコンクリートの施工指針(平成 10 年)
- ・高流動コンクリートの配合設計・施工指針(2012 年版)
- ・フライアッシュを用いたコンクリートの施工指針(案) (平成 11 年)
- ・電気化学的防食工法・設計施工指針(案) (平成 13 年)
- ・自己充てん型高強度高耐久コンクリート構造物設計・施工指針(案) (平成 13 年)
- ・エポキシ樹脂塗装鉄筋を用いる鉄筋コンクリートの設計施工指針(平成 15 年)
- ・超高強度繊維補強コンクリートの設計・施工指針(案) (平成 16 年)
- ・表面保護工法設計施工指針(案) (平成 17 年)
- ・けい酸塩系表面含浸工法の設計施工指針(案) (平成 24 年)

2.3 初期ひび割れに対する照査

2.3.1 一般

- (1) 初期ひび割れに対する照査は、ひび割れが発生しないこと、あるいはひび割れ幅が限界値以下であることを確認することにより、構造物の所要の性能に影響しないことを確認しなければならない。
- (2) 既往の施工実績から問題のないことが知られている構造物については、照査を省略してもよい。
- ~~(3) ひび割れの発生を許容するが、ひび割れにより構造物の所要の性能が損なわれないように制限する場合は、ひび割れ幅の限界値を設定し、照査を行うものとする。~~
- (4) ひび割れの制御を目的としてひび割れ誘発目地を設ける場合は、構造物の機能を損なわないように、その構造および位置を定めなければならない。

【解説】(1)について 施工段階に発生するひび割れ(初期ひび割れ)には、沈下ひび割れ、プラスチック収縮ひび割れ、乾燥に伴うひび割れ、温度ひび割れがある。このうち、沈下ひび割れは骨材の沈下や材料分離によって鉄筋上面や変断面部に発生し、プラスチック収縮ひび割れはブリーディング水の上昇速度に比べて表面からの水分の蒸発量が大きい場合に生じるおそれがあるが、適切な施工を行えば一般に防ぐことができる。本指針3章に従って施工すれば、問題となる沈下ひび割れやプラスチック収縮ひび割れを防ぐことができるので、照査を省略することができる。

温度ひび割れは、水和反応により温度が上昇したコンクリートが外気からの冷却を受け、コンクリート内部と表面との間に生じた温度差により表面に引張応力が生じて表面ひび割れが発生する場合(内部拘束)と、コンクリートの温度降下時に生じる体積収縮が岩盤や旧コンクリートなどにより拘束されて引張応力が生じて貫通ひび割れが発生する場合(外部拘束)とがある。また、実際の構造物においてはこれら両者が同時に作用する場合が多い。

乾燥に伴うひび割れは、主に脱型後に急激な乾燥を受けた場合に、コンクリート中の水分が逸散しコンクリート表面に体積収縮を生じてコンクリート表面に発生するひび割れと収縮が他の部材等により拘束された場合に生じるひび割れである。

安全性、使用性および耐久性などは、これらの初期ひび割れが施工段階で発生しないことを前提としているが、近年、拘束の程度の大きい壁部材や橋梁の橋脚(フーチングおよび柱部材)において、セメントの水和熱や乾燥収縮が主要因とされるひび割れが多く散見される。したがって、初期ひび割れに対する照査は長寿命構造物を構築する上で重要である。

(2)について これまでの九州地方整備局管内における施工実績から、施工段階で発生する初期ひび割れが構造物の所要の性能に影響しないことが明らかにされていれば、照査を省略することができる。

~~(3)について セメントの水和に起因するひび割れを許容する場合は、ひび割れ幅がひび割れ幅の限界値以下であることを確認することによって照査するが、ひび割れ幅を計算によって求めることが困難と判断される場合は、ひび割れ発生確率によって確認を行うことができる。~~

(4)について 一般的には、誘発目地の間隔は、コンクリート部材の高さの1~2倍程度とし、その断面欠損率は30~50%以上とするのがよい。壁状構造物に所定の断面欠損部を設けるためには、壁の両表面に鉛直方向の溝状欠損部を配置する方法や、その表面にはく離剤を塗布してコンクリートとの付着を切って応力集中を誘発する(塩化ビニルパイプ、プレキャストコンクリートあるいは鉄板等を壁断面内に埋設する)方法がある。水密構造物にひび割れ誘発目地を設ける場合は、その位置にあらかじめ止水板を設置しておくなどの止水対策を施しておくのがよい。

2.3 初期ひび割れに対する照査

2.3.1 一般

- (1) 初期ひび割れが、構造物の所要の性能に影響しないことを確認しなければならない。
- (2) 既往の施工実績から問題のないことが知られている構造物については、照査を省略してもよい。
- (3) ひび割れの制御を目的としてひび割れ誘発目地を設ける場合は、構造物の機能を損なわないように、その構造および位置を定めなければならない。

【解説】(1)について 施工段階に発生するひび割れ(初期ひび割れ)には、沈みひび割れ、プラスチック収縮ひび割れ、乾燥に伴うひび割れ、温度ひび割れ(セメントの水和に起因するひび割れ)がある。このうち、沈みひび割れは骨材の沈下や材料分離によって鉄筋上面や変断面部に発生し、プラスチック収縮ひび割れはブリーディング水の上昇速度に比べて表面からの水分の蒸発量が大きい場合に生じるおそれがあるが、適切な施工を行えば一般に防ぐことができる。本指針(案)3章に従って施工すれば、問題となる沈みひび割れやプラスチック収縮ひび割れを防ぐことができるので、照査を省略することができる。

温度ひび割れは、水和反応により温度が上昇したコンクリートが外気からの冷却を受け、コンクリート内部と表面との間に生じた温度差により表面に引張応力が生じて表面ひび割れが発生する場合(内部拘束)と、コンクリートの温度降下時に生じる体積収縮が岩盤や旧コンクリートなどにより拘束されて引張応力が生じて貫通ひび割れが発生する場合(外部拘束)とがある。また、実際の構造物においてはこれら両者が同時に作用する場合が多い。

乾燥に伴うひび割れは、主に脱型後に急激な乾燥を受けた場合に、コンクリート中の水分が逸散し体積収縮を生じてコンクリート表面に発生するひび割れと収縮が他の部材等により拘束された場合に生じるひび割れである。

安全性、使用性および耐久性などは、これらの初期ひび割れが施工段階で発生しないことを前提としているが、近年、拘束の程度の大きい壁部材や橋梁の橋脚(フーチングおよび柱部材)において、セメントの水和熱や乾燥収縮が主要因とされるひび割れが多く散見される。したがって、初期ひび割れに対する照査は長寿命構造物を構築する上で重要である。

(2)について これまでの九州地方整備局管内における施工実績から、施工段階で発生する初期ひび割れが構造物の所要の性能に影響しないことが明らかにされていれば、照査を省略することができる。

(3)について ひび割れ誘発目地を設ける場合には、あらかじめ定められた位置にひび割れを集中させる目的で、誘発目地の間隔および断面欠損率を設定するとともに、目地部の鉄筋の腐食を防止する方法、所定のかぶりを保持する方法、目地に用いる充填材の選定等について十分な配慮が必要である。一般的には、誘発目地の間隔は、コンクリート部材の高さの1~2倍程度とし、その断面欠損率は50%程度以上とすることで確実に誘発できることが多い。壁状構造物に所定の断面欠損部を設けるためには、壁の両表面に鉛直方向の溝状欠損部を配置する方法や、さらに壁断面内に鋼板や鉄板を埋設するほか、剥離剤を塗布してコンクリートとの付着を切って応力集中を誘発する(塩化ビニルパイプ等を壁断面内に埋設する)方法がある。水密構造物にひび割れ誘発目地を設ける場合は、その位置にあらかじめ止水板を設置しておくなどの止水対策を施し、溝状欠損部にはシーリング材や樹脂モルタル等を充填するのがよい。

ひび割れ誘発目地の適切な設置位置および間隔は、構造物の寸法、鉄筋量、打込み温度、打込み方法等に大きく影響される。また、構造物の弱点部にもなりうることから、専門評価機関を交え検討するのが望ましい。

2.3.2 温度ひび割れの照査

- (1) セメントの水和熱が大きくなる以下の構造物については、温度ひび割れに対する照査を行わなければならない。
 - ① 広がりのあるスラブ状で、厚さが 80～100cm 以上の部材
 - ② 下端が拘束された壁状で、厚さが 50cm 以上の部材
 - ③ 比較的断面が大きく柱状で、短辺が 80～100cm 以上の部材で、施工上水平打継目が設けられる構造物
- (2) 温度ひび割れに対する照査は、ひび割れ指数に基づいたひび割れ発生確率により行うことを原則とする。
- (3) ひび割れ幅は、適切な方法で照査しなければならない。ひび割れ幅を計算によって求めることが困難な場合には、ひび割れ指数と鉄筋量によって確認を行ってよい。
- (4) ひび割れの発生が予測される場合は、その抑制・制御対策を検討しなければならない。

【解説】(1)について 温度ひび割れに対する照査を行う構造物は、例えば①では橋脚のフーチングや各種構造物の底版など、②ではボックスカルバートの側壁、擁壁、橋台の堅壁、壁式橋脚、排水機場など、③では橋脚の柱部、門柱などが挙げられる。

セメントの水和熱に起因するひび割れの発生形態は、解説図 2.3.1 に示すように同一部材の中心部と表面の温度差に起因する内部拘束ひび割れと、部材の温度変化による変形が既に打込まれたコンクリートや基礎岩盤に拘束されて発生する外部拘束ひび割れに分けられる。外部拘束による場合には、内部拘束による影響も加わるのが一般的である。

内部拘束によるひび割れはごく表面付近のかぶりの範囲か、かぶりをいくぶん超える範囲に収まるのが一般的である。時間の経過に伴ってコンクリート内部の温度が外部の温度に近くなると発生した時点の幅より小さくなる。外部拘束によるひび割れは断面を貫通し、発生した時点より内部の温度が下がり、全体の温度が均一に近くなるに従って幅は大きくなる。その後は季節変動に応じた外気温の変化に伴って変化する特徴もあり、これらのことから、測定された幅がいつの時点での値であるかによって、構造物の機能に対する影響の度合いが異なってくる。

また、乾燥収縮の影響を受けるとひび割れ幅はさらに広がる傾向にある。

ひび割れ誘発目地の適切な設置位置および間隔は、構造物の寸法、鉄筋量、打込み温度、打込み方法等に大きく影響される。また、構造物の弱点部にもなりうることから、専門評価機関を交え検討するのが望ましい。

2.3.2 温度ひび割れの照査

- (1) セメントの水和熱が大きくなる以下の構造物については、温度ひび割れに対する照査を行わなければならない。
 - ① 広がりのあるスラブ状の部材で、厚さが 80～100cm 以上のもの
 - ② 下端が拘束された壁状の部材で、厚さが 50cm 以上のもの
 - ③ 比較的断面が大きく柱状で、短辺が 80～100cm 以上の部材で、施工上水平打継目が設けられる構造物
- (2) 温度ひび割れに対する照査では、ひび割れが発生しないこと、あるいはひび割れ幅が限界値以下であることを確認することにより、構造物の所要の性能が損なわれないと判断するものとする。
- (3) 温度ひび割れに対する照査は、ひび割れ発生確率の限界値から定められるひび割れ指数により行うことを原則とする。
- (4) 温度ひび割れの発生を許容するが、ひび割れにより構造物の所要の性能が損なわれないように制限する場合は、ひび割れ幅の限界値を設定し、適切な方法で照査しなければならない。ひび割れ幅を計算によって求めることが困難な場合には、ひび割れ指数によって確認を行ってよい。
- (5) 過大なひび割れの発生が予測される場合は、その抑制・制御対策を検討しなければならない。

【解説】(1)について 温度ひび割れに対する照査を行う構造物は、例えば①では橋台・橋脚のフーチングや各種構造物の底版など、②ではボックスカルバートの側壁、擁壁、橋台の堅壁、壁式橋脚、排水機場など、③では橋脚の柱部、門柱などが挙げられる。

温度ひび割れ(セメントの水和熱に起因するひび割れ)の発生形態は、解説図 2.3.1 に示すように同一部材の中心部と表面の温度差に起因する内部拘束ひび割れと、部材の温度変化による変形が既に打込まれたコンクリートや基礎岩盤に拘束されて発生する外部拘束ひび割れに分けられる。外部拘束による場合には、内部拘束による影響も加わるのが一般的である。

内部拘束によるひび割れはごく表面付近のかぶりの範囲か、かぶりをいくぶん超える範囲に収まるのが一般的である。時間の経過に伴ってコンクリート内部の温度が外部の温度に近くなると発生した時点の幅より小さくなる。外部拘束によるひび割れは断面を貫通し、発生した時点より内部の温度が下がり、全体の温度が均一に近くなるに従って幅は大きくなる。その後は季節変動に応じた外気温の変化に伴って変化する特徴もあり、これらのことから、測定された幅がいつの時点での値であるかによって、構造物の機能に対する影響の度合いが異なってくる。

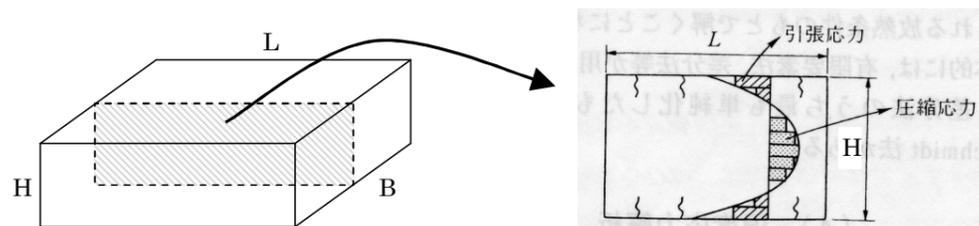
また、乾燥収縮の影響を受けるとひび割れ幅はさらに広がる傾向にある。

(2)について 温度ひび割れ(セメントの水和熱に起因するひび割れ)には、環境条件、構造物の寸法形状、材料の熱力学や力学特性、施工方法等各種の要因が相互に関連する。これらの要因を適切に設定して、構造物の所要の性能を損なうようなひび割れが発生しないことを確認しなければならない。

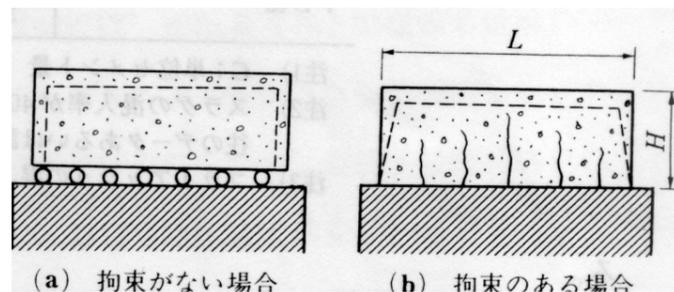
本指針では、解説 図 2.3.2 のフローに従って温度応力解析による照査を行う。

ただし、温度応力により発生する引張応力の算定を設計段階で行なう場合は、セメントの種類を特定することは出来ても、単位セメント量、コンクリート温度、施工時の気温および気温の変化など、コンクリート中の温度分布を算定するために必要となる各種因子が未確定であり、さらに、施工時の型枠の種類、ブロック割り、リフト割り、打込み速度、養生方法などの各種条件も不明であるため、詳細な応力算定は困難である。したがって、建設地点での配合調査や過去に類似した構造物の事例、標準的な施工条件、気温などを仮定してコンクリート中の温度分布などを推定し、これを基に引張応力を算定する。

なお、試行結果に類似する構造物については、巻末の試行事例集を参照するのがよい。



i) 内部拘束による温度ひび割れ (スラブ状構造物)



ii) 外部拘束によるひび割れ (壁状構造物)

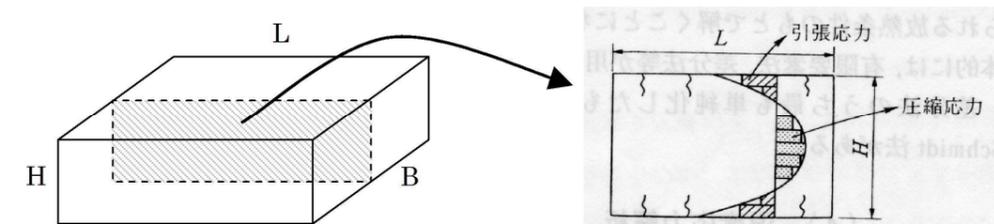
解説 図 2.3.1 温度応力発生モデル

(3)について 本指針(案)では、解説 図 2.3.2 のフローに従って温度応力解析による照査を行う。解析手法としては、CP 法 (温度解析：2次元有限要素法、応力解析：CP 法) や3次元有限要素法がある。CP 法はスラブ状構造物や壁状構造物等、形状が比較的単純で1方向の拘束応力が卓越するような場合に用いることができる簡便な応力計算法である。3次元有限要素法は複雑な形状を有する構造物にも用いることができる計算法である。

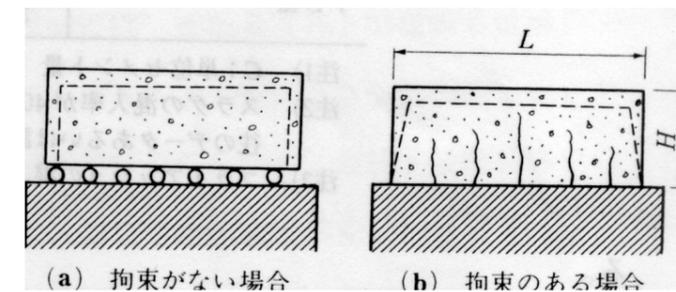
温度応力解析の方法や解析で必要となるコンクリートの力学特性や熱物性値等については、CP 法による場合は「土木学会 2007 年制定コンクリート標準示方書 (設計編)」, 3次元有限要素法による場合は「土木学会 2012 年制定コンクリート標準示方書 (設計編)」に準ずる。

ただし、温度応力により発生する引張応力の算定を設計段階で行なう場合は、セメントの種類を特定することは出来ても、単位セメント量、コンクリート温度、施工時の気温および気温の変化など、コンクリート中の温度分布を算定するために必要となる各種因子が未確定であり、さらに、施工時の型枠の種類、ブロック割り、リフト割り、打込み速度、養生方法などの各種条件も不明であるため、詳細な応力算定は困難である。したがって、建設地点での配合調査や過去の類似した構造物の事例、標準的な施工条件、気温などを仮定してコンクリート中の温度分布などを推定し、これを基に引張応力を算定する。

なお、試行結果に類似する構造物については、巻末の試行事例集を参照するのがよい。

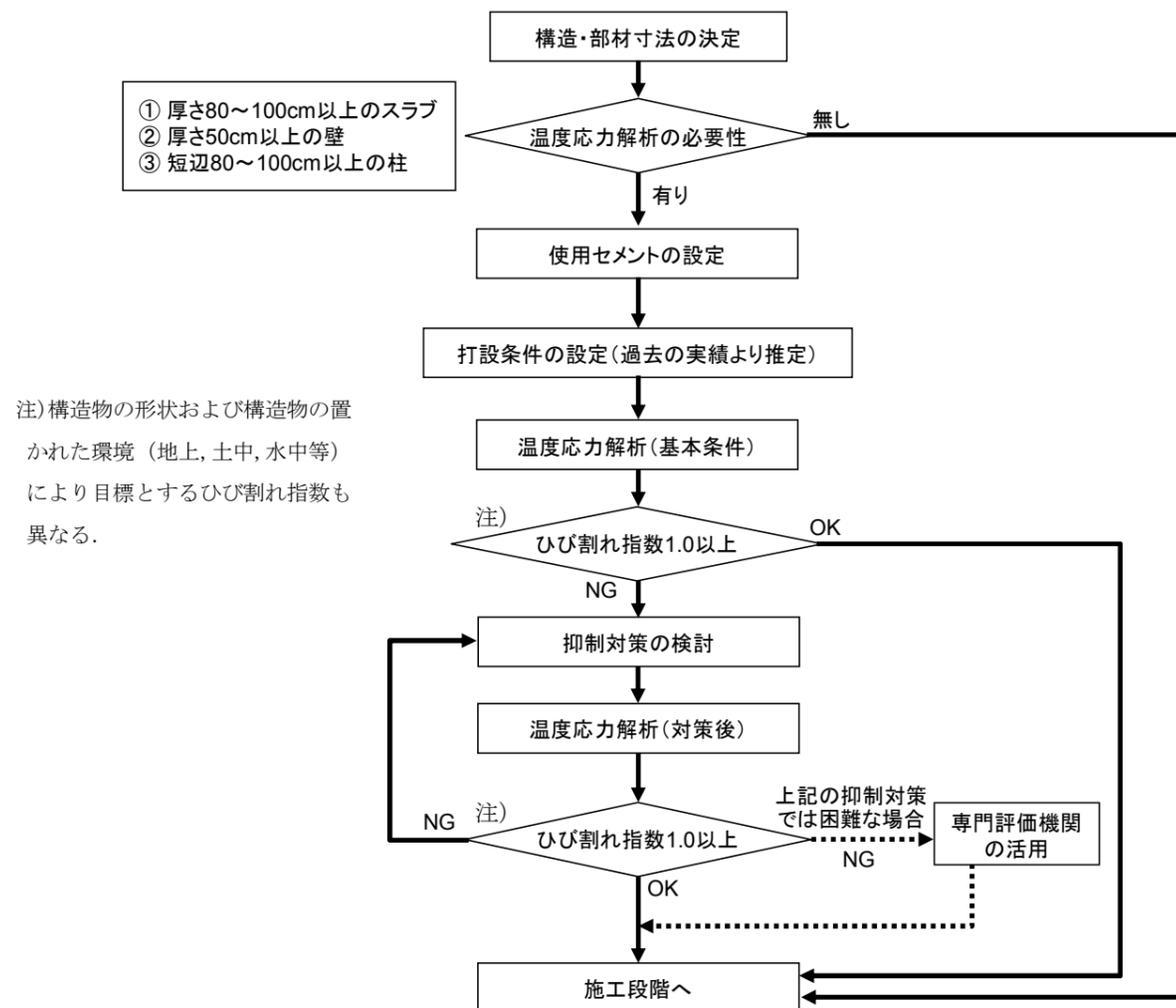


i) 内部拘束による温度ひび割れ (スラブ状構造物)



ii) 外部拘束によるひび割れ (壁状構造物)

解説 図 2.3.1 温度応力発生モデル

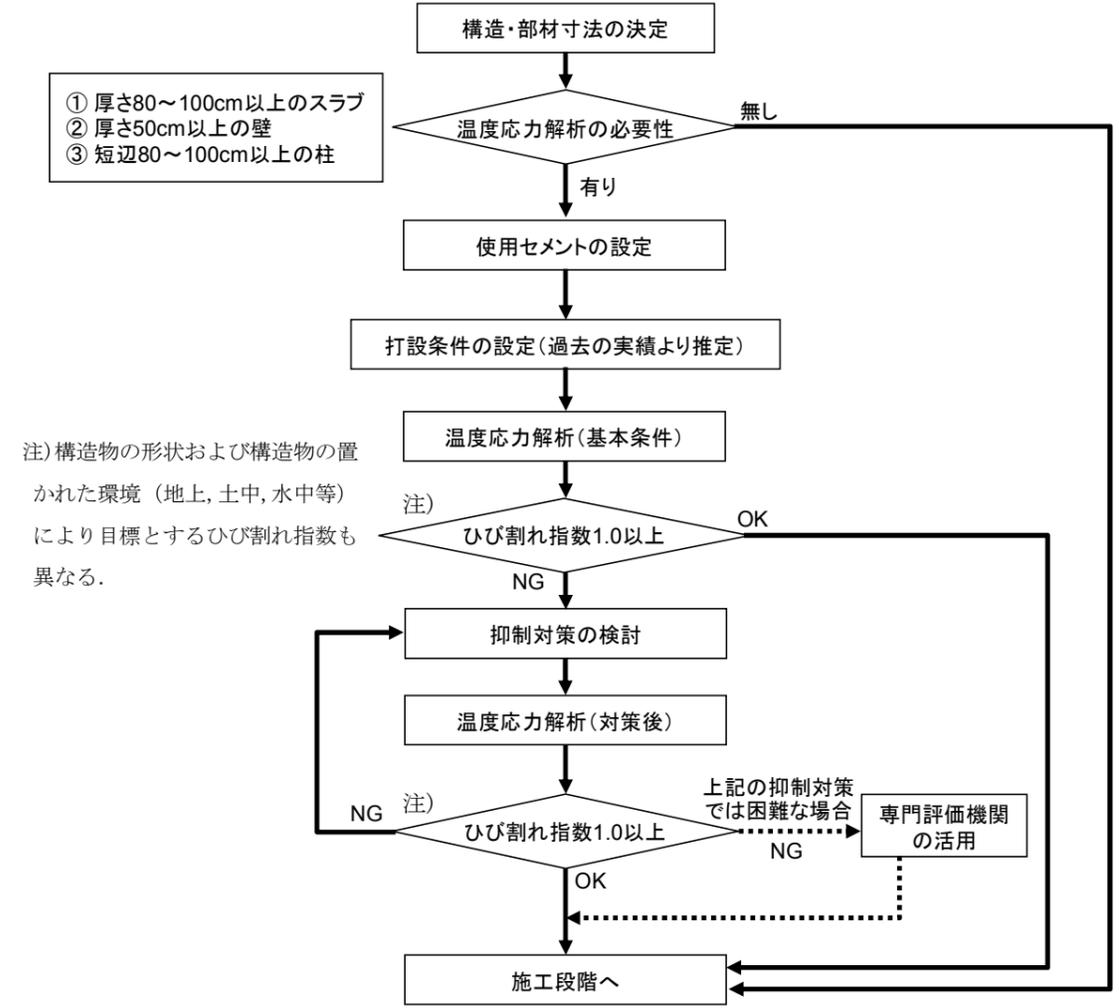


解説 図 2.3.2 温度ひび割れ照査フロー(目標とするひび割れ指数 1.0 の場合)

~~(2)について~~ 土木学会 2007 年制定 ~~土木学会~~ 土木学会 コンクリート標準示方書 [設計編] では、コンクリートの引張強度と、セメントの水和熱に起因する温度応力により発生する引張応力との比をひび割れ指数として算定し、このひび割れ指数と過去の実績から得られたひび割れ発生確率により設定される安全係数とを比較することによって、温度ひび割れの照査を行なう。

なお、目標とするひび割れ指数は、構造物の形状または構造物が置かれる環境条件(気中・水中・土中)、使用条件を考慮して選定する。

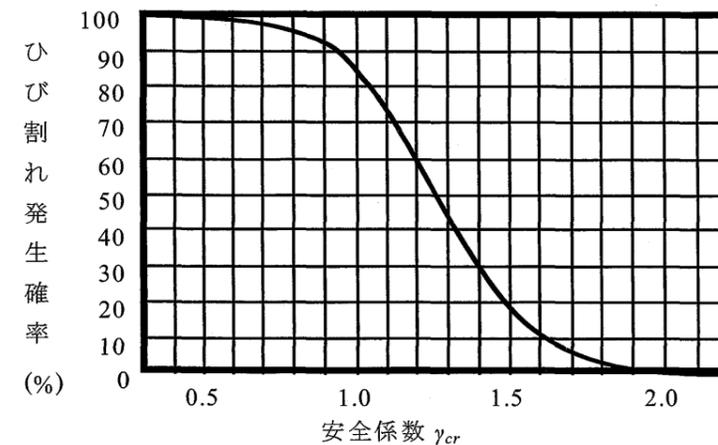
- ・ひび割れを防止したい場合 : 1.75 以上
- ・ひび割れの発生を出来るだけ制限したい場合 : 1.45 以上
- ・ひび割れの発生を許容するが、その幅が過大とならないように制御したい場合 : 1.0 以上



解説 図 2.3.2 温度ひび割れ照査フロー(目標とするひび割れ指数 1.0 の場合)

温度ひび割れの照査は「土木学会 コンクリート標準示方書[設計編]」を基本に、コンクリートの引張強度と、セメントの水和熱に起因する温度応力により発生する引張応力との比をひび割れ指数として算定し、このひび割れ指数と過去の実績から得られたひび割れ発生確率により設定される安全係数 γ_{cr} (目標とするひび割れ指数) との比較により、ひび割れ指数が安全係数以上であることを確認することで行なう。

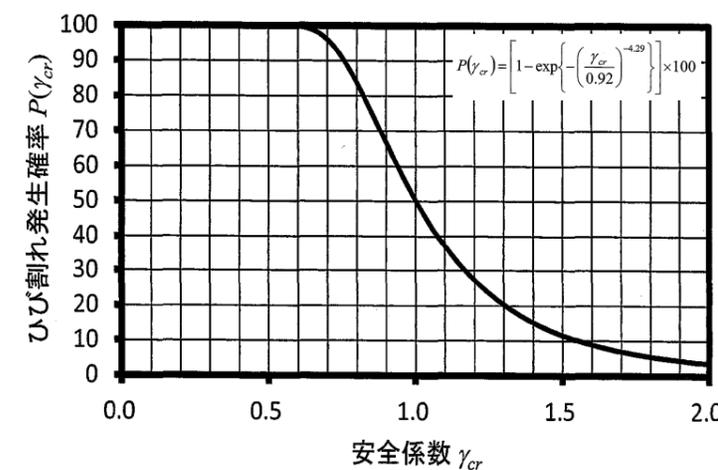
なお、目標とするひび割れ指数は、構造物の形状または構造物が置かれる環境条件(気中・水中・土中)、使用条件を考慮して選定する。選定にあたっては、CP 法による場合は「土木学会 2007 年制定コンクリート標準示方書[設計編:本編]」に基づく解説 図 2.3.3 および解説 表 2.3.1 とし、3次元有限要素法による場合は「土木学会 2012 年制定コンクリート標準示方書[設計編:標準]」に基づく解説 図 2.3.4 および解説 表 2.3.2 とする。



解説 図 2.3.3 安全係数 γ_{cr} とひび割れ発生確率 (CP 法)

解説 表 2.3.1 一般的な配筋の構造物における標準的なひび割れ発生確率と安全係数 (CP 法)

対策レベル	ひび割れ発生確率	安全係数 γ_{cr}
ひび割れを防止したい場合	5%	1.75 以上
ひび割れの発生をできるだけ制限したい場合	25%	1.45 以上
ひび割れの発生を許容するが、ひび割れ幅が過大とならないように制限したい場合	85%	1.0 以上



解説 図 2.3.4 安全係数 γ_{cr} とひび割れ発生確率 (3次元有限要素法)

解説 表 2.3.2 一般的な配筋の構造物における標準的なひび割れ発生確率と安全係数

(3次元有限要素法)

対策レベル	ひび割れ発生確率	安全係数 γ_{cr}
ひび割れを防止したい場合	5%	1.85 以上
ひび割れの発生をできるだけ制限したい場合	15%	1.40 以上
ひび割れの発生を許容するが、ひび割れ幅が過大とならないように制限したい場合	50%	1.0 以上

(3)について ひび割れ幅を計算で求める方法としては、統計的方法、(社)日本コンクリート工学協会のマスコンクリート温度応力研究委員会が提案している CP ひび割れ幅法、鉄筋の付着特性を考慮した FEM による方法などがある。ひび割れ以後の挙動をモデル化した方法によりひび割れ幅の算定も可能となってきた。

温度ひび割れは、蓄積された引張応力がひび割れの発生によって解放されることにより、ある幅に収束する。このひび割れ幅は、応力解放によるコンクリートの収縮変形と、この変形を妨げようとする拘束体と鉄筋の拘束により定まるが、鉄筋比が小さい場合は相当大きな値となることがある。ひび割れ発生後に温度降下が生じればさらに収縮変形が起こるので、新たなひび割れが発生しない限り、ひび割れ幅は拡大する。したがって、ひび割れ幅を制御するためには、コンクリートの収縮変形を抑制すればよい。そのためには材料や配合、施工方法等を変更して、ひび割れ指数をできるだけ大きくするのが効果的である。コンクリートの対策だけでひび割れ幅を制御できない場合は、鉄筋によって制御する方法も採られる。この場合、ひび割れの分散を考慮して、施工性などが確保できる範囲で、できるだけ細径の鉄筋を分散して配置するように配筋するとよい。

最大ひび割れ幅とひび割れ指数との関係については、土木学会 コンクリート標準示方書 設計編に記載されているので参考にするとよい。

(4)について 設計段階で以上のようなひび割れ照査が困難な場合には、既存の構造物の事例あるいは文献ならびに「コンクリート構造物ひび割れ対策検討委員会報告書」等をもとに、有害なひび割れの発生の有無を判断し、その結果、温度ひび割れの発生確率が高いと判断される場合は、解説 表 2.3.1 に示すような適切な対策を提示しなければならない。これらの対策を講じてもひび割れ指数が著しく小さい場合は、専門評価機関を交え、適切な対策を定めなければならない。

解説 表 2.3.1 温度ひび割れ抑制対策の例

分類	抑制対策
内部拘束・外部拘束 共通	<ul style="list-style-type: none"> 工場製品の使用 単位セメント量の低減 打ち込み区画（リフト割り）の変更 フレッシュコンクリートの打設時温度の低減 コンクリートの温度上昇の抑制 低発熱型セメントの使用
内部拘束	<ul style="list-style-type: none"> 部材内外の温度差の抑制
外部拘束	<ul style="list-style-type: none"> ひび割れ誘発目地の設置 膨張材の使用

1) 工場製品の使用

コンクリート構造物を現場打ちで製造することを想定している場合であっても、過大な温度ひび割れが避けられない場合は工場製品の使用を検討するとよい。

壁状構造物では下端の拘束をなくすためにプレキャスト部材を使用する方法がある。下端との接続は一般にプレストレスの導入が必要になる。ハーフプレキャスト部材を内外面に使用し内部のコンクリートを現場打ちとして、温度ひび割れや乾燥収縮の悪影響を避ける方法もあり、福岡国道事務所 国道 202 号福岡外環状道路福大トンネルで適用された実績がある。

2) 単位セメント量の低減

単位セメント量を低減するには、骨材最大寸法を 25(20)mm から 40mm に変更する方法や、高性能 AE 減水剤を使用する方法がある。

(4)について ひび割れ幅を計算で求める方法としては、統計的方法、(公社)日本コンクリート工学協会のマスコンクリート温度応力研究委員会が提案している CP ひび割れ幅法、鉄筋の付着特性を考慮した FEM による方法などがある。ひび割れ以後の挙動をモデル化した方法によりひび割れ幅の算定も可能となってきた。

温度ひび割れは、蓄積された引張応力がひび割れの発生によって解放されることにより、ある幅に収束する。このひび割れ幅は、応力解放によるコンクリートの収縮変形と、この変形を妨げようとする拘束体と鉄筋の拘束により定まるが、鉄筋比が小さい場合は相当大きな値となることがある。ひび割れ発生後に温度降下が生じればさらに収縮変形が起こるので、新たなひび割れが発生しない限り、ひび割れ幅は拡大する。したがって、ひび割れ幅を制御するためには、コンクリートの収縮変形を抑制すればよい。そのためには材料や配合、施工方法等を変更して、ひび割れ指数をできるだけ大きくするのが効果的である。コンクリートの対策だけでひび割れ幅を制御できない場合は、鉄筋によって制御する方法も採られる。この場合、ひび割れの分散を考慮して、施工性などが確保できる範囲で、できるだけ細径の鉄筋を分散して配置するように配筋するとよい。

最大ひび割れ幅とひび割れ指数との関係については、土木学会 2007 年制定および 2012 年制定コンクリート標準示方書[設計編]に記載されているので参考にするとよい。

(5)について 設計段階で以上のようなひび割れ照査が困難な場合には、既存の構造物の事例あるいは文献等をもとに、有害なひび割れの発生の有無を判断し、その結果、温度ひび割れの発生確率が高いと判断される場合は、解説 表 2.3.3 に示すような適切な対策を提示しなければならない。これらの対策を講じてもひび割れ指数が著しく小さい場合は、専門評価機関を交え、適切な対策を定めなければならない。

解説 表 2.3.3 温度ひび割れ抑制対策の例

分類	抑制対策
内部拘束・外部拘束 共通	<ul style="list-style-type: none"> 工場製品の使用 単位セメント量の低減 打ち込み区画（リフト割り）の変更 フレッシュコンクリートの打設時温度の低減 コンクリートの温度上昇の抑制 低発熱型セメントの使用
内部拘束	<ul style="list-style-type: none"> 部材内外の温度差の抑制
外部拘束	<ul style="list-style-type: none"> ひび割れ誘発目地の設置 膨張材の使用

1) 工場製品の使用

コンクリート構造物を現場打ちで製造することを想定している場合であっても、過大な温度ひび割れが避けられない場合は工場製品の使用を検討するとよい。

壁状構造物では下端の拘束をなくすためにプレキャスト部材を使用する方法がある。下端との接続は一般にプレストレスの導入が必要になる。ハーフプレキャスト部材を内外面に使用し内部のコンクリートを現場打ちとして、温度ひび割れや乾燥収縮の悪影響を避ける方法もあり、福岡国道事務所 国道 202 号福岡外環状道路福大トンネルで適用された実績がある。

2) 単位セメント量の低減

単位セメント量を低減するには、骨材最大寸法を 25(20)mm から 40mm に変更する方法や、高性能 AE 減水剤を使用する方法がある。

3) 打ち込み区画（リフト割り）の変更

打ち込み区画の変更は、平面的に区画変更する場合と高さ方向に変更（リフト割りの変更）する場合がある。いずれも 1 回に打ち込むコンクリートの打設量を少なくすることで温度上昇量が抑制できる。

スラブ状構造物で厚さが厚い部材やフーチングなどは、平面的な施工区画の変更はあまり効果は期待できないが、リフト高さの変更によって最高温度を若干低下させることができる。

下端が拘束される壁状構造物では、ひび割れ発生間隔がリフト高さ（H）と部材の長手方向の長さ（L）の比（L/H）に依存するので L を短くすることや L/H が 1.0～1.5 程度になるようなリフト割りをするとよい。

打継ぎ間隔は、先に打ち込んだコンクリートが外気温まで完全に低下する前までとするのが温度応力低減に有効である。

4) フレッシュコンクリートの打設時温度の低減

打ち込む前のコンクリート温度を下げるために、練混ぜ水の温度低下（井戸水、氷水の利用）、粗骨材への散水、液体窒素による冷却などがあるが、連続して打ち込むコンクリート量、供給速度、プラント設備などによって対応が不可能な場合がある。

また、日中温度が高い時期に打ち込みを行う場合は、早朝より打ち込みを開始し外気温が上昇する以前に終了する方法や運搬中の温度上昇を抑制する方法も有効である。

5) コンクリートの温度上昇の抑制

打ち込まれたコンクリートの温度上昇の抑制には、型枠への散水があり、内部の温度が最大になってから 1 から 2 日間まで有効である。ただし、その後の散水はコンクリート表面を急冷することになりひび割れを助長するので注意を要する。この他、直射日光の遮蔽が有効である。

6) 低発熱型セメントの使用

低発熱型セメントは、低熱高炉セメント、中庸熱フライアッシュセメント、低熱ポルトランドセメント、中庸熱ポルトランドセメントなどがあるが、製造メーカーによって発熱性状が異なる場合があるので、解析および使用にあたっては注意を要する。また、低発熱型セメントは、地域およびレディーミクストコンクリート工場によって供給が困難な場合や価格が極端に高くなる場合があるため供給体制や経済性について事前に調査する必要がある。

低発熱型セメントを使用する場合は、設計基準強度を確保する材齢を一般的な 28 日から 56 日または 91 日とすることで単位セメント量を少なくすることができる。

7) 部材内外の温度差の抑制

部材表面からの急激な放熱を抑制するために発泡スチロールやエアバック等で型枠を覆う方法や脱枠時期を遅らせること、脱枠後表面をシートで覆う方法が有効である。

8) ひび割れ誘発目地の設置

下端が拘束された壁状構造物では、適切な間隔で誘発目地を設けこの位置にひび割れを誘発することにより補修を容易にすることができる。ひび割れ誘発目地の設置にあたっては、「3.10 ひび割れ誘発目地の計画」を参考にするとよい。

9) 膨張材の使用

温度降下時の収縮を抑制するために一般に膨張材が用いられる。膨張材の性状は温度依存性が強いので使用にあたっては効果の検討が必要である。

3) 打ち込み区画（リフト割り）の変更

打ち込み区画の変更は、平面的に区画変更する場合と高さ方向に変更（リフト割りの変更）する場合がある。いずれも 1 回に打ち込むコンクリートの打設量を少なくすることで温度上昇量が抑制できる。

スラブ状構造物で厚さが厚い部材やフーチングなどは、平面的な施工区画の変更はあまり効果は期待できないが、リフト高さの変更によって最高温度を若干低下させることができる。

下端が拘束される壁状構造物では、ひび割れ発生間隔がリフト高さ（H）と部材の長手方向の長さ（L）の比（L/H）に依存するので L を短くすることや L/H が 1.0～1.5 程度になるようなリフト割りをするとよい。ただし、一般にリフト割りを小さくすると外部拘束が増大することから、必ずしもリフト割りが小さい方が効果的とはいえない。このため、リフト割りの変更にあたっては、内部拘束応力と外部拘束応力の両者を検討し、適切に選定することが重要である。

打継ぎ間隔は、先に打ち込んだコンクリートが外気温まで完全に低下する前までとするのが温度応力低減に有効である。

4) フレッシュコンクリートの打設時温度の低減

打ち込む前のコンクリート温度を下げるために、練混ぜ水の温度低下（井戸水、氷水の利用）、粗骨材への散水、液体窒素による冷却などがあるが、連続して打ち込むコンクリート量、供給速度、プラント設備などによって対応が不可能な場合がある。

また、日中温度が高い時期に打ち込みを行う場合は、早朝より打ち込みを開始し外気温が上昇する以前に終了する方法や運搬中の温度上昇を抑制する方法も有効である。

5) コンクリートの温度上昇の抑制

打ち込まれたコンクリートの温度上昇の抑制には、型枠への散水があり、内部の温度が最大になってから 1 から 2 日間まで有効である。ただし、その後の散水はコンクリート表面を急冷することになりひび割れを助長するので注意を要する。この他、直射日光の遮蔽が有効である。

6) 低発熱型セメントの使用

低発熱型セメントは、低熱高炉セメント、中庸熱フライアッシュセメント、低熱ポルトランドセメント、中庸熱ポルトランドセメントなどがあるが、製造メーカーによって発熱性状が異なる場合があるので、解析および使用にあたっては注意を要する。また、低発熱型セメントは、地域およびレディーミクストコンクリート工場によって供給が困難な場合や価格が極端に高くなる場合があるため供給体制や経済性について事前に調査する必要がある。

低発熱型セメントを使用する場合は、設計基準強度を確保する材齢を一般的な 28 日から 56 日または 91 日とすることで単位セメント量を少なくすることができる。

7) 部材内外の温度差の抑制

部材表面からの急激な放熱を抑制するために発泡スチロールやエアバック等で型枠を覆う方法や脱型時期を遅らせること、脱型後表面をシートで覆う方法が有効である。

8) ひび割れ誘発目地の設置

下端が拘束された壁状構造物では、適切な間隔で誘発目地を設けこの位置にひび割れを誘発することにより補修を容易にすることができる。ひび割れ誘発目地の設置にあたっては、「3.10 ひび割れ誘発目地の計画」を参考にするとよい。

9) 膨張材の使用

温度降下時の収縮を抑制するために一般に膨張材が用いられる。膨張材の性状は温度依存性が強いので使用にあたっては効果の検討が必要である。

- ・ 単位水量の減少，収縮補償混和材の使用
材料および配合は，高性能 AE 減水剤などの使用により，単位水量を少なくすること，収縮低減剤，膨張材（膨張セメント）を使用する（6 章を参照のこと）。
- ・ コンクリートの乾燥抑制・防止
浸透性皮膜材などを塗布することもコンクリートの表面からの乾燥に対して効果的である。しかし，浸透性皮膜材には多くの種類があるので，あらかじめ性能をチェックする。
- ・ 伸縮目地・ひび割れ誘発目地
伸縮目地，ひび割れ誘発目地とは，ひび割れを誘発する目的で構造物の長手方向に一定間隔で断面減少部分を設けた目地である。この目地により，目地以外でのひび割れ発生を防止するとともに，ひび割れ発生箇所における事後処理を容易にすることができる。伸縮目地やひび割れ誘発目地を設ける場合には，位置，形状，間隔などに十分な配慮が必要である。目地の設置間隔の目安としては，有害なひび割れを避ける場合には **5m 間隔とし，ひび割れを発生させない場合には 3m 間隔**とするのがよい。
- ・ ひび割れ幅の制御鉄筋の配置
ひび割れを分散させてひび割れ幅を低減し，有害なひび割れとならないようにひび割れ制御鉄筋を配置する。ひび割れ制御鉄筋を設置する場合は，鉄筋径，間隔，方向，部位などに十分な配慮が必要である。
- ・ 断面の急変を避けた構造
水和熱や乾燥による引張応力の集中を避けるために，構造物の部材断面の急激な変化を避けるような断面設計とする。断面形状の選定については構造物や構造部材の応力状態を適切に考慮する。
- ・ 養生など施工上の各種対策（3 章を参照）

2.4 第三者影響度および美観・景観に対する検討

- (1) 第三者影響度は，当該構造物および立地条件を考慮しなければならない。
- (2) 美観・景観に関しては，当該構造物の周辺環境および周辺構造物との調和を考慮しなければならない。

【解 説】(1)について 第三者影響度に関する性能は，構造物の一部（かぶりコンクリート片やタイル片など）が剥落することにより構造物下の人や物に危害を加える可能性について考慮するものである。かぶりコンクリート片の剥落は，RC 構造物または PC 構造物では，主として中性化や塩害による鋼材腐食によって生じるので，中性化や塩害による耐久性を設計耐用期間にわたって満足すれば，一般には，問題ないと考えてよい。部分的なかぶり不足，施工時の欠陥などによって，かぶりが剥離する可能性もあるが，その兆候は維持管理における日常点検や定期点検によって発見が可能であるのが一般的である。したがって，維持管理にあたって，点検作業が極めて困難な構造物で交通量の多い道路や鉄道上に架かるコンクリート橋などを対象に第三者影響度を考慮し，必要に応じて対策を検討することとする。対策方法としては，鉄筋の代わりに腐食性のないプラスチック補強材を使用する方法，かぶり部分のみにプラスチック短繊維を混入する方法などが採用された実績がある。しかし，本来は，構造物の機能とは関係なくとも，点検が容易に行なえるような設備を設計時に考慮すべきであると考えられる。

(2)について 美観・景観に関しては主観的な場合が多く判断基準が難しいが，周辺環境・周辺構造物

- ・ 単位水量の減少，収縮補償混和材の使用
材料および配合は，高性能 AE 減水剤などの使用により，単位水量を少なくすること，収縮低減剤，膨張材（膨張セメント）を使用する（6 章を参照のこと）。
- ・ コンクリートの乾燥抑制・防止
浸透性皮膜材などを塗布することもコンクリートの表面からの乾燥に対して効果的である。しかし，浸透性皮膜材には多くの種類があるので，あらかじめ性能をチェックする。
- ・ 伸縮目地・ひび割れ誘発目地
伸縮目地，ひび割れ誘発目地とは，ひび割れを誘発する目的で構造物の長手方向に一定間隔で断面減少部分を設けた目地である。この目地により，目地以外でのひび割れ発生を防止するとともに，ひび割れ発生箇所における事後処理を容易にすることができる。伸縮目地やひび割れ誘発目地を設ける場合には，位置，形状，間隔などに十分な配慮が必要である。目地の設置間隔の目安としては，有害なひび割れを避ける場合には **5m 以下の間隔**とするのがよい。
- ・ ひび割れ幅の制御鉄筋の配置
ひび割れを分散させてひび割れ幅を低減し，有害なひび割れとならないようにひび割れ制御鉄筋を配置する。ひび割れ制御鉄筋を設置する場合は，鉄筋径，間隔，方向，部位などに十分な配慮が必要である。
- ・ 断面の急変を避けた構造
水和熱や乾燥による引張応力の集中を避けるために，構造物の部材断面の急激な変化を避けるような断面設計とする。断面形状の選定については構造物や構造部材の応力状態を適切に考慮する。
- ・ 養生など施工上の各種対策（3 章を参照）

2.4 第三者影響度および美観・景観に対する検討

- (1) 第三者影響度は，当該構造物および立地条件を考慮しなければならない。
- (2) 美観・景観に関しては，当該構造物の周辺環境および周辺構造物との調和を考慮しなければならない。

【解 説】(1)について 第三者影響度に関する性能は，構造物の一部（かぶりコンクリート片やタイル片など）が剥落することにより構造物下の人や物に危害を加える可能性について考慮するものである。かぶりコンクリート片の剥落は，RC 構造物または PC 構造物では，主として中性化や塩害による鋼材腐食によって生じるので，中性化や塩害による耐久性を設計耐用期間にわたって満足すれば，一般には，問題ないと考えてよい。部分的なかぶり不足，施工時の欠陥などによって，かぶりが剥離する可能性もあるが，その兆候は維持管理における日常点検や定期点検によって発見が可能であるのが一般的である。したがって，維持管理にあたって，点検作業が極めて困難な構造物で交通量の多い道路や鉄道上に架かるコンクリート橋などを対象に第三者影響度を考慮し，必要に応じて対策を検討することとする。対策方法としては，鉄筋の代わりに腐食性のないプラスチック補強材を使用する方法，かぶり部分のみにプラスチック短繊維を混入する方法などが採用された実績がある。しかし，本来は，構造物の機能とは関係なくとも，点検が容易に行なえるような設備を設計時に考慮すべきであると考えられる。

(2)について 美観・景観に関しては主観的な場合が多く判断基準が難しいが，周辺環境・周辺構造物

を考慮して検討する必要がある。コンクリート構造物の表面に幾何学的模様、絵画的模様、自然石を模擬した意匠などを浮出させる造形型枠を利用する方法、カラーセメントを使用する方法、表面を塗装する方法などがあり、必要に応じて採用するとよい。

2.5 配筋状態を考慮した最小スランプの設定

- (1) コンクリートのスランプは、部材の断面形状や寸法、鋼材の配置状況、施工性を考慮して適切に設定しなければならない。
- (2) 構造物の配筋状態や締固め作業高さに応じて最小スランプを適切に定めるのがよい。
- (3) 最小スランプをもとに荷卸し箇所の目標スランプを設定し、レディーミクストコンクリートの種類を適切に選択するのがよい。
- (4) 高密度な配筋や複雑な形状で十分な締固めが困難であると判断される場合には、高流動コンクリートを適用するのが望ましい。

【解説】(1)について スランプの設定にあたっては、施工のできる範囲でできるだけスランプが小さくしなければならない。

(2)について 打込みの最小スランプは、コンクリートを型枠内に円滑に打込みができるために必要な最小スランプと定義される。

打込みの最小スランプは、構造物の種類、部材の種類および大きさ、鋼材や鉄筋の量や配置条件などの組合せに応じて、部材ごとに標準の最小スランプを解説表 4.5.2～解説表 4.5.7 から設定する。打込みの対象部材が複数になる場合は、部材ごとに打込みの最小スランプを設定するか、打込みの最小スランプのうち大きい値を用いることを標準とする。

(3)について レディーミクストコンクリートの種類を選択する場合は、打込みの最小スランプをもとに、ポンプ圧送などによるスランプの低下とスランプ許容差を考慮して荷卸し箇所の目標スランプを設定するのがよい。荷卸し箇所の目標スランプの設定に関する詳細は、「3.1 一般」および「4.5.2 スランプ」に記載する。

(4)について 高密度配筋や複雑な形状のため、内部バイブレータが挿入できない部材・部位には、高流動コンクリートを適用することが望ましい。その場合のコンクリート配合の選定は、土木学会「高流動コンクリート施工指針」によるものとする。ただし、スランプ 21cm までのコンクリートでは施工性能が不足するが、高流動コンクリートほどの性能は必要としない場合には、専門評価機関と検討するのが望ましい。

を考慮して検討する必要がある。コンクリート構造物の表面に幾何学的模様、絵画的模様、自然石を模擬した意匠などを浮出させる造形型枠を利用する方法、カラーセメントを使用する方法、表面を塗装する方法などがあり、必要に応じて採用するとよい。

2.5 配筋状態を考慮した打込みの最小スランプの設定

- (1) コンクリートのスランプは、部材の断面形状や寸法、鋼材の配置状況、施工性を考慮して適切に設定しなければならない。
- (2) 構造物の配筋状態や締固め作業高さに応じて最小スランプを適切に定めるのがよい。
- (3) 打込みの最小スランプをもとに荷卸し箇所の目標スランプを設定し、レディーミクストコンクリートの種類を適切に選択するのがよい。
- (4) 高密度な配筋や複雑な形状で十分な締固めが困難であると判断される場合には、高流動コンクリートを適用するのが望ましい。

【解説】(1)について スランプの設定にあたっては、施工のできる範囲でできるだけスランプが小さくしなければならない。

(2)について 打込みの最小スランプは、コンクリートを型枠内に円滑に打込みができるために必要な最小スランプと定義される。

打込みの最小スランプは、構造物の種類、部材の種類および大きさ、鋼材や鉄筋の量や配置条件などの組合せに応じて、部材ごとに標準の最小スランプを解説表 4.5.2～解説表 4.5.7 から設定する。打込みの対象部材が複数になる場合は、部材ごとに打込みの最小スランプを設定するか、打込みの最小スランプのうち大きい値を用いることを標準とする。

(3)について レディーミクストコンクリートの種類を選択する場合は、打込みの最小スランプをもとに、ポンプ圧送などによるスランプの低下とスランプ許容差を考慮して荷卸し箇所の目標スランプを設定するのがよい。荷卸し箇所の目標スランプの設定に関する詳細は、「3.1 一般」および「4.5.2 スランプ」に記載する。

(4)について 高密度配筋や複雑な形状のため、内部バイブレータが挿入できない部材・部位には、高流動コンクリートを適用することが望ましい。その場合のコンクリート配合の選定は、土木学会「高流動コンクリートの配合設計・施工指針【2012 版】」によるものとする。ただし、スランプ 21cm までのコンクリートでは施工性能が不足するが、高流動コンクリートほどの性能は必要としない場合には、専門評価機関と検討するのが望ましい。

3 章 施工計画

3.1 一般

- (1) 施工者は、設計図書に示されたコンクリート構造物が構築できるように、コンクリート工事開始前に施工条件、現場の環境条件および工事の要件（施工安全性、環境に対する負荷、工費、工期等）を考慮して、適切な施工計画書を策定し、発注者に提出しなければならない。
- (2) コンクリート工事に関する施工計画は、三者連絡会での発注者および設計者の意見を取入れたものとし、必要に応じて専門評価機関を交えた検討を行い、立案するものとする。なお、コンクリート工場製品を用いる場合は、そのプロセスを前提に施工計画を立てなければならない。
- (3) コンクリート工事に関する施工管理計画は、各段階の施工が計画どおりに行われているか否かを適切に管理できるよう、具体的に策定しなければならない。
- (4) コンクリート工事に関する施工の変更が必要になった場合は、工事の要件および構造物の要求性能等を満足するように施工計画書を変更し、発注者に提出しなければならない。

【解説】(1)について コンクリート工事に関する施工計画の策定は、土木学会 コンクリート標準示方書〔施工編〕、土木工事共通仕様書に準拠して行う。すなわち、施工計画は余裕を持って実行できることが必要で、その立案にあたっては、工事中の安全性・経済性・工期等とともに環境保全、環境創造さらには環境に対する負荷を総合的に考慮する必要がある。考慮すべき環境保全の項目には、下記の 1)～4)がある。また、建設発生土や建設廃棄物等の建設副産物はその発生を抑制するとともに、リサイクルやリユースも考慮した適切な処理計画を検討する。

- 1) 周辺地域の環境保全；
 - ・騒音、振動、大気汚染、粉塵の飛散、水質汚濁等の防止
- 2) 生活環境の保全；
 - ・建設廃棄物（建設発生土および建設廃棄物）の適正処理（発生抑制と再資源化の促進および適正処分）
 - ・再生資源の有効活用の推進
- 3) 自然環境の保全；
 - ・人体や自然環境（生物等）への影響の少ない施工（仮設）計画
- 4) 地球環境の保全；
 - ・使用エネルギー、二酸化炭素排出量等の少ない施工計画

(2)について 構造物が所定の期間、所要の性能を有するためには、完成直後の構造物にコンクリートの充てん不良や有害なひび割れなどのコンクリートの欠陥が生じないことがきわめて重要である。したがって、コンクリート工事に関する施工計画は、設計図書に示された構造物の条件、現場の環境条件などを勘案して具体的に策定し、発注者に提出しなければならない。また、この施工計画は三者連絡会の場における、発注者および設計者の意見を取り入れた内容とする。なお、当事者のみで技術的な懸案事項や問題点を解決することが困難な場合は、専門評価機関を交えた検討を行い、計画を立案する。レディーミク

3 章 施工計画

3.1 一般

- (1) 施工者は、設計図書に示されたコンクリート構造物が構築できるように、コンクリート工事開始前に施工条件、現場の環境条件および工事の要件（施工安全性、環境に対する負荷、工費、工期等）を考慮して、適切な施工計画書を策定し、発注者に提出しなければならない。
- (2) コンクリート工事に関する施工計画は、三者連絡会での発注者および設計者の意見を取入れたものとし、必要に応じて専門評価機関を交えた検討を行い、立案するものとする。なお、コンクリート工場製品を用いる場合は、そのプロセスを前提に施工計画を立てなければならない。
- (3) コンクリート工事に関する施工管理計画は、各段階の施工が計画どおりに行われているか否かを適切に管理できるよう、具体的に策定しなければならない。
- (4) コンクリート工事に関する施工の変更が必要になった場合は、工事の要件および構造物の要求性能等を満足するように施工計画書を変更し、発注者に提出しなければならない。

【解説】(1)について コンクリート工事に関する施工計画の策定は、土木学会 コンクリート標準示方書〔施工編〕、土木工事共通仕様書に準拠して行う。すなわち、施工計画は余裕を持って実行できることが必要で、その立案にあたっては、工事中の安全性・経済性・工期等とともに環境保全、環境創造さらには環境に対する負荷を総合的に考慮する必要がある。考慮すべき環境保全の項目には、下記の 1)～4)がある。また、建設発生土や建設廃棄物等の建設副産物はその発生を抑制するとともに、リサイクルやリユースも考慮した適切な処理計画を検討する。

- 1) 周辺地域の環境保全；
 - ・騒音、振動、大気汚染、粉塵の飛散、水質汚濁等の防止
- 2) 生活環境の保全；
 - ・建設廃棄物（建設発生土および建設廃棄物）の適正処理（発生抑制と再資源化の促進および適正処分）
 - ・再生資源の有効活用の推進
- 3) 自然環境の保全；
 - ・人体や自然環境（生物等）への影響の少ない施工（仮設）計画
- 4) 地球環境の保全；
 - ・使用エネルギー、二酸化炭素排出量等の少ない施工計画

(2)について 構造物が所定の期間、所要の性能を有するためには、完成直後の構造物にコンクリートの充填不良や有害なひび割れなどのコンクリートの欠陥が生じないことがきわめて重要である。したがって、コンクリート工事に関する施工計画は、設計図書に示された構造物の条件、現場の環境条件などを勘案して具体的に策定し、発注者に提出しなければならない。また、この施工計画は三者連絡会の場における、発注者および設計者の意見を取り入れた内容とする。なお、当事者のみで技術的な懸案事項や問題点を解決することが困難な場合は、専門評価機関を交えた検討を行い、計画を立案する。レディーミクスト

ストコンクリートを用いる場合は、一般にコンクリートの配合設計や製造も含まれるが、コンクリートの材料および配合に関しては「4 章 コンクリートの材料および配合」に、コンクリートの製造に関しては「5 章 製造」に、それぞれ基本的事項を示している。したがって、本章では、コンクリートの現場までの運搬以降に実施する施工について、事前に考慮すべき事項とその対策等について記載する。また、設計図書にコンクリート工場製品の使用が示されている場合および現場の条件等によって工場製品の使用が適切と判断された場合は、コンクリート工場製品を用いる施工計画を立案しなければならない。

施工計画は、コンクリートの打込み、締固め等の作業をできるだけ容易に行えるように、最適な施工条件を設定する必要がある。スランプは、解説表 4.5.2~4.5.6 に基づいて適切な打込みの最小スランプを選定し、解説図 3.1.1、解説図 3.1.2 に示す手法で現場荷卸し時のスランプを設定しコンクリート工場の施工計画を立案する。さらにレディーミクストコンクリートを用いる場合には、この荷卸し時のスランプを確保することを条件に製造者に発注する。この手順については本指針「4 章 コンクリートの材料および配合」に示す。

また、構造条件や施工条件などから、コンクリートの打込み、締固め作業の難易度が高いと判断される場合は、流動化コンクリートや高流動コンクリートを採用することも有効な手段である。流動化コンクリートを採用する場合は、流動化剤の添加量および添加方法、ベースコンクリートおよび流動化コンクリートのスランプ等について、高流動コンクリートを採用する場合には、高流動コンクリートの種類、コンクリートの自己充填性等について、それぞれ事前に確認・決定し、計画に反映する。これらの確認方法等については、本指針「4 章 コンクリートの材料および配合」および「5 章 製造」にその概要を示す。また、流動化コンクリートおよび高流動コンクリートの確認事項および方法については、土木学会「高性能 AE 減水剤を用いたコンクリートの施工指針(案) 付：流動化コンクリート施工指針(改訂版)」および「高流動コンクリート施工指針」にそれぞれ詳細が示されているので参考にするとよい。なお、本章では流動化コンクリートおよび高流動コンクリートの施工に際し留意すべき事項を各施工段階で記述した。

(3)について コンクリート構造物の施工にあたっては、施工の途中や完了後に所要の品質を満足するコンクリート材料および配合が得られているか、計画どおりの施工が行われているかなどを適切に管理しなければならない。したがって、施工管理計画には、施工の各段階で管理する項目、体制等について施工者が具体的に策定していなければならない。なお、管理項目については、解説表 3.2.1 に示すものが例として挙げられる。

(4)について 工事中で施工の変更が必要になった場合は、工事の要件および構造物の要求性能等を満足するように施工計画書を変更して発注者に提出しなければならない。また、施工計画の変更は諸条件の変更が最小限となるようにする。

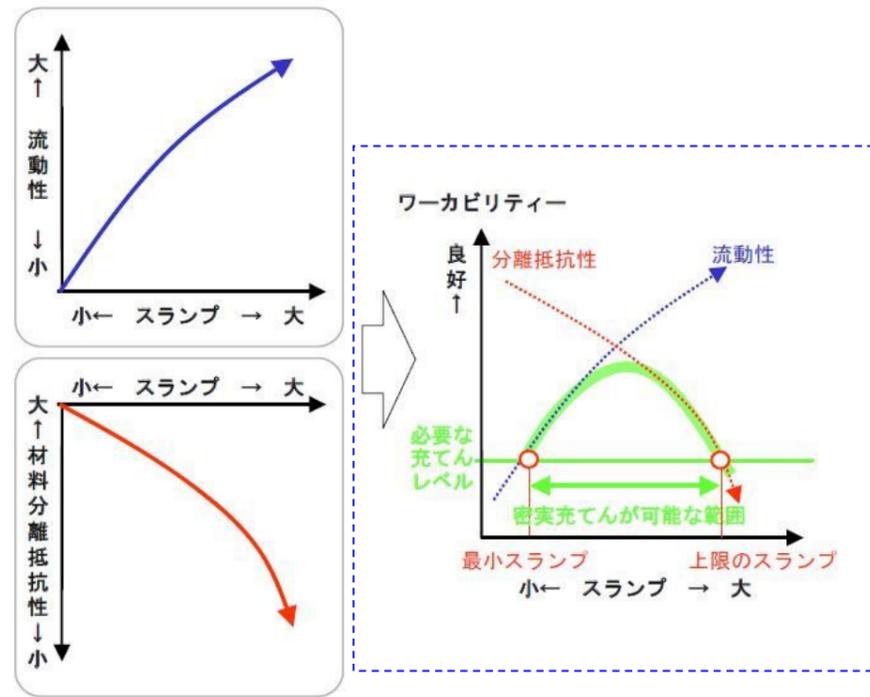
コンクリートを用いる場合は、一般にコンクリートの配合設計や製造も含まれるが、コンクリートの材料および配合に関しては「4 章 コンクリートの材料および配合」に、コンクリートの製造に関しては「5 章 製造」に、それぞれ基本的事項を示している。したがって、本章では、コンクリートの現場までの運搬以降に実施する施工について、事前に考慮すべき事項とその対策等について記載する。また、設計図書にコンクリート工場製品の使用が示されている場合および現場の条件等によって工場製品の使用が適切と判断された場合は、コンクリート工場製品を用いる施工計画を立案しなければならない。

施工計画は、コンクリートの打込み、締固め等の作業をできるだけ容易に行えるように、最適な施工条件を設定する必要がある。スランプは、解説表 4.5.2~4.5.6 に基づいて適切な打込みの最小スランプを選定し、解説図 3.1.1、解説図 3.1.2 に示す手法で現場荷卸し時のスランプを設定しコンクリート工場の施工計画を立案する。さらにレディーミクストコンクリートを用いる場合には、この荷卸し時のスランプを確保することを条件に製造者に発注する。この手順については本指針(案)「4 章 コンクリートの材料および配合」に示す。

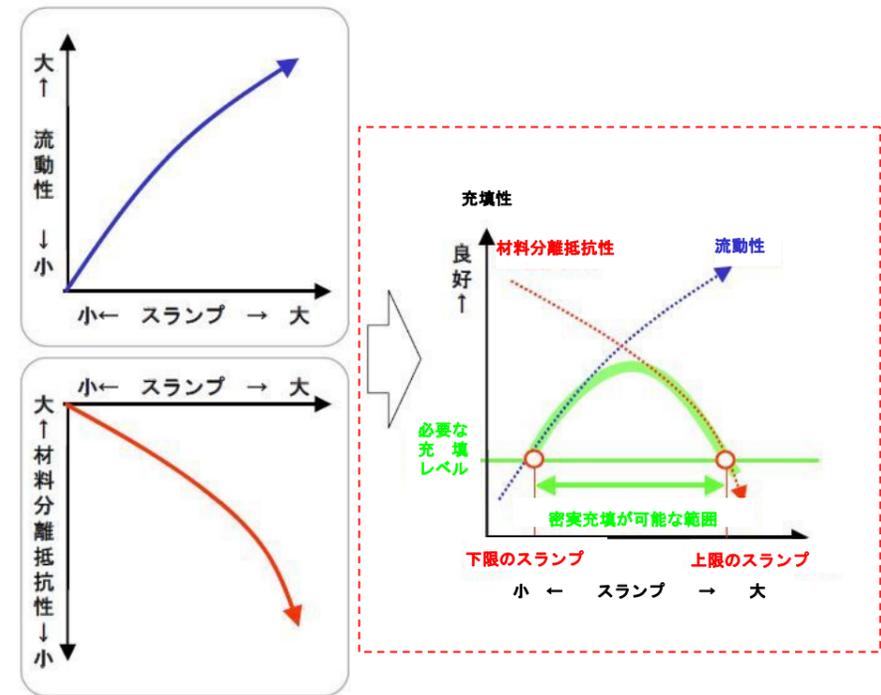
また、構造条件や施工条件などから、コンクリートの打込み、締固め作業の難易度が高いと判断される場合は、流動化コンクリートや高流動コンクリートを採用することも有効な手段である。流動化コンクリートを採用する場合は、流動化剤の添加量および添加方法、ベースコンクリートおよび流動化コンクリートのスランプ等について、高流動コンクリートを採用する場合には、高流動コンクリートの種類、コンクリートの自己充填性等について、それぞれ事前に確認・決定し、計画に反映する。これらの確認方法等については、本指針(案)「4 章 コンクリートの材料および配合」および「5 章 製造」にその概要を示す。また、流動化コンクリートおよび高流動コンクリートの確認事項および方法については、土木学会「高性能 AE 減水剤を用いたコンクリートの施工指針(案) 付：流動化コンクリート施工指針(改訂版)」および「高流動コンクリートの配合設計・施工指針【2012 年版】」にそれぞれ詳細が示されているので参考にするとよい。なお、本章では流動化コンクリートおよび高流動コンクリートの施工に際し留意すべき事項を各施工段階で記述した。

(3)について コンクリート構造物の施工にあたっては、施工の途中や完了後に所要の品質を満足するコンクリート材料および配合が得られているか、計画どおりの施工が行われているかなどを適切に管理しなければならない。したがって、施工管理計画には、施工の各段階で管理する項目、体制等について施工者が具体的に策定していなければならない。なお、管理項目については、解説表 3.2.1 に示すものが例として挙げられる。

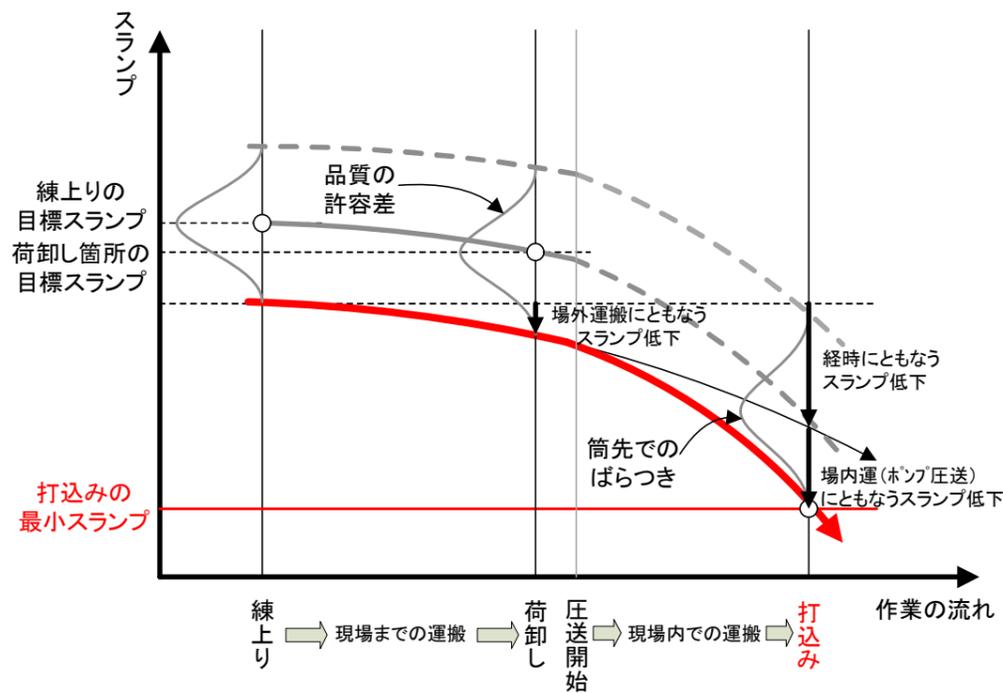
(4)について 工事中で施工の変更が必要になった場合は、工事の要件および構造物の要求性能等を満足するように施工計画書を変更して発注者に提出しなければならない。また、施工計画の変更は諸条件の変更が最小限となるようにする。



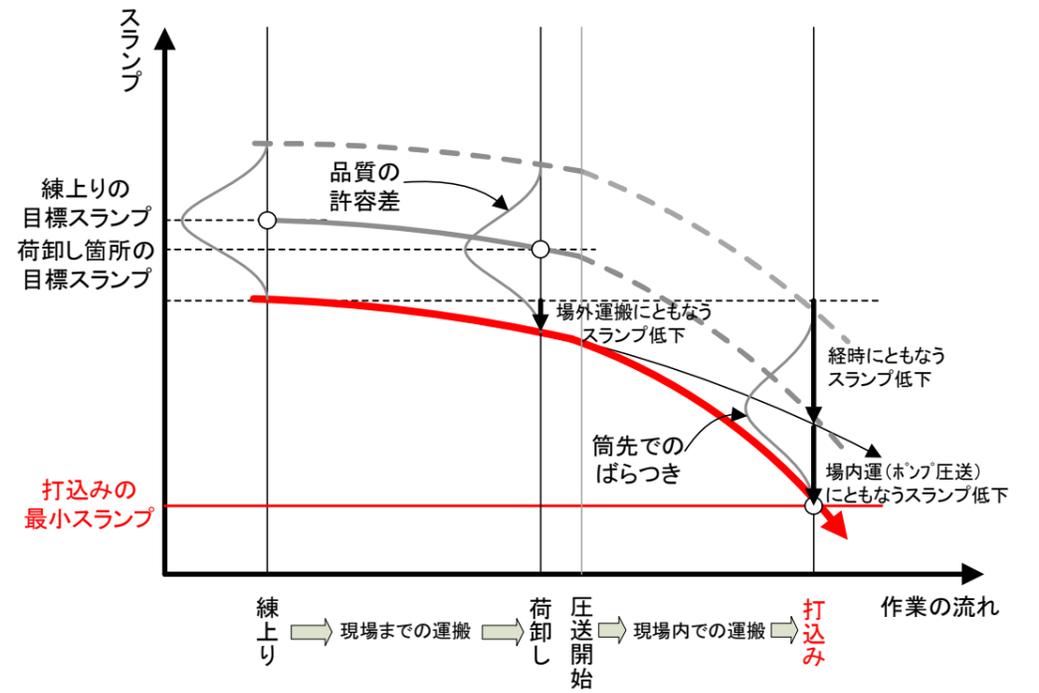
解説 図 3.1.1 密実充てんを達成するコンクリートのワーカビリティ



解説 図 3.1.1 コンクリートの適切な充填性の考え方



解説 図 3.1.2 スランプの経時変化の考え方



解説 図 3.1.2 スランプの経時変化の考え方

3.2 施工計画の照査

- (1) コンクリート工事の施工計画は、工事の要件および設計図書に示された構造物の要求性能等を満足することを適切な方法で照査しなければならない。なお、構造物の重要度を考慮し、施工の難度が高い場合や従来の方法では対処が困難な場合などでは、専門評価機関を交えて検討し照査するのが望ましい。
- (2) 施工計画の照査は、設定した施工計画が工事において予想される変動に対して余裕があることを確認することにより行う。

【解説】

(1)および(2)について コンクリート工事に関する施工計画は、施工条件および環境に及ぼす影響を想定して、工事の要件および設計図書に示された構造物の要求性能を満足するように適切な方法で照査しなくてはならない。施工計画の照査は、工事において予想される種々の変動に対して、余裕のあるコンクリート工事の施工計画であることを確認することにより行う。具体的には施工に関わる各作業として解説表 3.2.1 に示す項目と内容について、工事における種々の変動に対して余裕があるか、予備の対策が施工計画に盛り込まれているかなどを確認する。施工計画の照査は施工者により実施される行為であるが、発注者は施工者より提出された施工計画を確認し、検査計画に反映させなくてはならない。施工計画が照査を満足しない場合は、その要因を把握するとともに、工事の要件および構造物の要求性能等を満足するように施工計画を変更しなければならない。また、施工者が施工計画を立案するにあたって、従来の方法では対応が困難であり、事前に実施した協議の内容とは異なる対応が必要となる場合は、発注者と協議を行い適切な対策を検討する。なお、発注者および施工者のみでは対策の検討が困難と判断される場合には、専門評価機関を活用し、コンクリート工場製品、新技術や新材料の活用なども含めて検討することが有効である。

3.2 施工計画の検討

- (1) 施工計画の立案においては、構造物の構造条件、現場の環境条件および施工条件を勘案し、作業の安全性および環境負荷に対する配慮を含め、全体工程、施工方法、使用材料、コンクリートの製造方法、コンクリートの施工性能、コンクリートの配合、品質管理、検査および環境・安全等の計画について検討しなければならない。
- (2) 施工計画は、工事の要件および設計図書に示された構造物の要求性能等を満足することを適切な方法で確認しなければならない。なお、構造物の重要度を考慮し、施工の難度が高い場合や従来の方法では対処が困難な場合などでは、専門評価機関を交えて検討するのが望ましい。
- (3) 施工計画は、設定した施工計画が工事において予想される変動に対して余裕があることを確認する。
- (4) 施工計画の変更は、変更による影響が最も少なくなるように行うことを原則とする。一般には、コンクリートの配合、施工方法の範囲で変更することを標準とする。

【解説】(1)について 施工計画の立案にあたっては、品質確保、工期、安全性、経済性、環境への影響を十分に考慮し、円滑に施工が実施できるように計画する。また、事前に施工時の様々なリスクに関して予想し、対策をあらかじめ十分に検討しておく。環境保全計画では、工事に係わる環境関連法令や基準を遵守する必要がある。さらに、いまだ遵守すべき基準が定められていない項目についても、環境への負荷が最小限となるよう十分に検討し立案するのがよい。施工計画の検討項目の一例を解説表 3.2.1 に示す。

(2)および(3)について 施工計画は、施工条件および環境に及ぼす影響を想定して、工事の要件および設計図書に示された構造物の要求性能を満足するように適切な方法で確認しなくてはならない。施工計画の確認は、工事において予想される種々の変動に対して、余裕のあるコンクリート工事の施工計画であることを確認する。具体的には施工に関わる各作業として解説表 3.2.1 に示す項目と内容について、工事における種々の変動に対して余裕があるか、予備の対策が施工計画に盛り込まれているかなどを確認する。

施工計画の確認は施工者により実施される行為であるが、発注者は施工者より提出された施工計画を確認し、検査計画に反映させなくてはならない。

施工計画が工事の要件および構造物の要求性能等を満足しない場合は、その要因を把握するとともに、工事の要件および構造物の要求性能等を満足するように施工計画を変更しなければならない。また、施工者が施工計画を立案するにあたって、従来の方法では対応が困難であり、事前に実施した協議の内容とは異なる対応が必要となる場合は、発注者と協議を行い適切な対策を検討する。なお、発注者および施工者のみでは対策の検討が困難と判断される場合には、専門評価機関を活用し、コンクリート工場製品、新技術や新材料の活用なども含めて検討することが有効である。

(4)について 施工計画の変更は、諸条件の変更が最小限となるようにすることが望ましい。

コンクリート構造物の設計まで立ち戻らず、施工計画の見直しで対処するのが現実的である。一般には、施工計画で設定するコンクリートの配合、施工方法の変更で対応できる場合が多い。

解説 表 3.2.1 コンクリート工事に関する施工計画の照査項目と内容

項目	内容
1. コンクリートの運搬・受入れ計画	生コン車の配車・運行計画, 場内運行路, 場内試験・検査場所, コンクリートの配合検査 (スランプ, 空気量, 単位水量, 水セメント比) など
2. 現場内運搬計画	現場内運搬方法, コンクリートの供給能力, ポンプ車の予備など
3. 打込み計画	施工体制 (組織図), 打重ね時間間隔, 時間当たり打設量, 安全性など
4. 締固め計画	コンクリートの時間当りの打込み量に対する振動機の種類・台数, 要員数, 予備の振動機の準備, 交代要員など
5. 仕上げ計画	仕上げ作業者の技量, 仕上げ時期の計画, 仕上げ精度の計画, 仕上げ工事に用いる器具の確認など
6. 養生計画	養生開始時期, 養生方法, 養生期間の確認, 養生機械装置の確認, 養生管理責任者の確認など
7. 打継ぎ計画	打継ぎの方法, 処理方法, 処理機械, 打継ぎ時期など
8. 鉄筋工の計画	鉄筋径, ピッチ, かぶり確保の方法, 組立て方法, 鉄筋の種類, 加工方法, 鉄筋工の技能等の確認など
9. 型枠および支保工の計画	型枠 (側圧) の設計, 型枠材料, 支保工材料の確認, 型枠設計者, 脱枠時期の計画, 支保工撤去時期, 側圧管理の方法など
10. 環境保全計画	洗浄水, 養生水, 取り除いたブリーディング水等の排水処理, 現場周辺の騒音, 振動, 粉塵, 自然環境等への影響確認, 工事担当者の安全, 衛生面の確認など
11. その他	トラブル時の対応方法の確認など

3.3 コンクリートの運搬・受入れ計画

コンクリートの運搬・受入れ計画は, コンクリートの施工を円滑に行うために, 構造物の種類と形状, コンクリートの種類, 納入日時, 数量, 荷卸し場所, 時間当たりの出荷量等を考慮して, コンクリート製造者との協議の上で作成する。

【解説】コンクリートの運搬・受入れ計画は, 運搬車の配車・運行計画, 場内運搬路, 場内試験・検査場所, コンクリートの品質検査 (荷卸し時のスランプ, 空気量, コンクリート温度および単位水量, 水セメント比等) などについて定める。

コンクリートの運搬計画について: コンクリートの運搬にあたっては, 荷卸し時のスランプ, 空気量等

解説 表 3.2.1 コンクリート工事に関する施工計画の検討項目と内容

項目	内容
1. コンクリートの運搬・受入れ計画	トラックアジテータの配車・運行計画, 場内運行路, 場内試験・検査場所, コンクリートの配合検査 (スランプ, 空気量, 単位水量, 水セメント比) など
2. 現場内運搬計画	現場内運搬方法, コンクリートの供給能力, ポンプ車の予備など
3. 打込み計画	施工体制 (組織図), 打重ね時間間隔, 時間当たり打設量, 安全性など
4. 締固め計画	コンクリートの時間当りの打込み量に対する振動機の種類・台数, 要員数, 予備の振動機の準備, 交代要員など
5. 仕上げ計画	仕上げ作業者の技量, 仕上げ時期の計画, 仕上げ精度の計画, 仕上げ工事に用いる器具の確認など
6. 養生計画	養生開始時期, 養生方法, 養生期間の確認, 養生機械装置の確認, 養生管理責任者の確認など
7. 打継ぎ計画	打継ぎの方法, 処理方法, 処理機械, 打継ぎ時期など
8. 鉄筋工の計画	鉄筋径, ピッチ, かぶり確保の方法, 組立て方法, 鉄筋の種類, 加工方法, 鉄筋工の技能等の確認など
9. 型枠および支保工の計画	型枠 (側圧) の設計, 支保工の設計, 型枠材料, 支保工材料の確認, 型枠設計者, 型枠の取外し時期, 支保工の取外し時期, 側圧管理の方法など
10. 環境保全計画	洗浄水, 養生水, 取り除いたブリーディング水等の排水処理, 現場周辺の騒音, 振動, 粉塵, 自然環境等への影響確認など
11. 安全衛生計画	工事担当者の安全, 衛生面の確認など
12. その他	トラブル時の対応方法の確認など

3.3 コンクリートの運搬・受入れ計画・受入れ時の確認

コンクリートの運搬・受入れ計画は, コンクリートの施工を円滑に行うために, 構造物の種類と形状, コンクリートの種類, 納入日時, 数量, 荷卸し場所, 時間当たりの出荷量等を考慮して, コンクリート製造者との協議の上で作成する。また, 受入れ時には納入書が発注した内容であることを確認しなければならない。

【解説】コンクリートの運搬・受入れ計画は, トラックアジテータの配車・運行計画, 場内運搬路, 場内試験・検査場所, コンクリートの品質検査 (荷卸し時のスランプ, 空気量, コンクリート温度および単位水量, 水セメント比等) などについて定める。なお, コンクリートの運搬・受入れ計画は, 製造段階において, レディーミクストコンクリート工場の設備が停止するような, 緊急の事態に対応できる体制としておくことが望ましい。

コンクリートの運搬計画について: コンクリートの運搬にあたっては, 荷卸し時のスランプ, 空気量等

を確保し、コンクリートの性状変化が最小限となるように計画しなければならない。すなわち、現場までの運搬経路、運搬に要する時間等の選定に際し、交通渋滞時の状況も考慮して最小の時間で運搬できるルートを選定する。一度に運搬する**運搬車**の容量、時間当たりの供給量は、構造物の規模、レディーミクストコンクリート工場の供給能力、コンクリートポンプの能力等を考慮して決める。

コンクリート荷卸し時の品質の確保について：運搬中のコンクリートの性状変化を考慮し、運搬距離と時間に応じて荷卸し時のスランプを確保するためには、練上がり時のスランプを適切に設定することが重要である。レディーミクストコンクリートを用いる場合は、施工者とコンクリート製造者がよく協議することが重要である。また、運搬中にコンクリート温度の上昇が予想される場合には、製造時のコンクリート温度を低く抑えるとともに、運搬時のコンクリート温度の上昇を抑える方法（トラックアジテータのドラムへの散水、ドラムクーリングカバーの使用等）が有効である。

コンクリートの受入れ計画について：コンクリートの受入れにあたっては、打込みの最小スランプを確保できるように、工事現場に到着したレディーミクストコンクリートを出来るだけ短時間に使用できるように計画しなければならない。すなわち、コンクリートの荷卸し場所に**運搬車**が安全かつ円滑に出入りすることができ、荷卸し作業が容易にできるように、**運搬車**の通路、**運搬車**を誘導するための誘導員の配置などを計画することが重要である。また、工事現場内で実施する荷卸し時のコンクリートの品質検査項目や方法、場所等についても考慮する。

3.4 現場内運搬計画

- (1) 現場内の運搬計画は、コンクリートの性状変化が少なく、打込みの最小スランプが確保でき、かつ経済的な運搬が行えるように、コンクリートの運搬方法や供給速度などについて明確にする。
- (2) コンクリートポンプを用いてコンクリートを運搬する場合は、コンクリートポンプの機種、台数、設置場所、配管および圧送条件などについて計画する。

【解説】(1)について コンクリートの運搬は、材料分離、空気量の変化、スランプロスなどのワーカビリティの変化ができるだけ少なく、迅速かつ経済的に行えるように、打込み終了までの時間や運搬距離をできるだけ短くすることが基本である。したがって、現場内の運搬は、コンクリートの種類および品質、構造物の種類と形状、打込み場所の条件、打込み時の気候、打込み量、打込み速度、作業の安全性等を考慮して、打込みの最小スランプが確保できるように、コンクリートの運搬方法や供給速度などについて計画しなければならない。また、流動化コンクリートを採用する場合は、コンクリートのスランプおよび空気量の経時変化が大きい傾向にあるので注意が必要である。なお、現場内の運搬計画は、運搬時に予測されるトラブルに対して必要な緊急措置がとれる体制にしておく。

コンクリートの現場内での運搬方法には、コンクリートポンプ、バケット、ベルトコンベア、シュート、手押し車等がある。現場内の運搬にあたっては、工事規模や施工条件等を考慮して、コンクリートの性状

を確保し、コンクリートの性状変化が最小限となるように計画しなければならない。すなわち、現場までの運搬経路、運搬に要する時間等の選定に際し、交通渋滞時の状況も考慮して最小の時間で運搬できるルートを選定する。一度に運搬する**トラックアジテータ**の容量、時間当たりの供給量は、構造物の規模、レディーミクストコンクリート工場の供給能力、コンクリートポンプの能力等を考慮して決める。

コンクリート荷卸し時の品質の確保について：運搬中のコンクリートの性状変化を考慮し、運搬距離と時間に応じて荷卸し時のスランプを確保するためには、練上がり時のスランプを適切に設定することが重要である。レディーミクストコンクリートを用いる場合は、施工者とコンクリート製造者がよく協議することが重要である。また、運搬中にコンクリート温度の上昇が予想される場合には、製造時のコンクリート温度を低く抑えるとともに、運搬時のコンクリート温度の上昇を抑える方法（トラックアジテータのドラムへの散水、ドラムクーリングカバーの使用等）が有効である。

コンクリートの受入れ計画について：コンクリートの受入れにあたっては、打込みの最小スランプを確保できるように、工事現場に到着したレディーミクストコンクリートを出来るだけ短時間に使用できるように計画しなければならない。すなわち、コンクリートの荷卸し場所に**トラックアジテータ**が安全かつ円滑に出入りすることができ、荷卸し作業が容易にできるように、**トラックアジテータ**の通路、**トラックアジテータ**を誘導するための誘導員の配置などを計画することが重要である。また、工事現場内で実施する荷卸し時のコンクリートの品質検査項目や方法、場所等についても考慮する。

コンクリートの受入れ時の確認について：レディーミクストコンクリートの受入れにおいては、レディーミクストコンクリートの納入書により、**トラックアジテータ 1 台ごとに、納入場所、出荷時刻、コンクリートの種類、配合、積載と累計の数量を確認する。**

3.4 現場内運搬計画

- (1) 現場内の運搬計画は、コンクリートの性状変化が少なく、打込みの最小スランプが確保でき、かつ経済的な運搬が行えるように、コンクリートの運搬方法や供給速度などについて明確にする。
- (2) コンクリートポンプを用いてコンクリートを運搬する場合は、コンクリートポンプの機種、台数、設置場所、配管および圧送条件などについて計画する。

【解説】(1)について コンクリートの運搬は、材料分離、空気量の変化、スランプロスなどのワーカビリティの変化ができるだけ少なく、迅速かつ経済的に行えるように、打込み終了までの時間や運搬距離をできるだけ短くすることが基本である。したがって、現場内の運搬は、コンクリートの種類および品質、構造物の種類と形状、打込み場所の条件、打込み時の気候、打込み量、打込み速度、作業の安全性等を考慮して、打込みの最小スランプが確保できるように、コンクリートの運搬方法や供給速度などについて計画しなければならない。また、流動化コンクリートを採用する場合は、コンクリートのスランプおよび空気量の経時変化が大きい傾向にあるので注意が必要である。なお、現場内の運搬計画は、運搬時に予測されるトラブルに対して必要な緊急措置がとれる体制にしておく。

コンクリートの現場内での運搬方法には、コンクリートポンプ、バケット、ベルトコンベア、シュート、手押し車等がある。現場内の運搬にあたっては、工事規模や施工条件等を考慮して、コンクリートの性状

変化ができるだけ少なくなる最も合理的な方法を選定する。

(2)について 現場内の運搬にコンクリートポンプを用いる場合は、コンクリートの種類および品質、粗骨材の最大寸法、圧送距離、高低差等の条件を考慮し、輸送管径、配管経路およびコンクリートポンプの機種、台数を適切に設定する。コンクリートはポンプ圧送中にその品質が変化し、また、コンクリート品質や圧送条件によってはポンプが閉塞することがある。これらを防ぎ、ポンプ圧送作業を計画通り進めるためには、事前の試験によりポンプ圧送性を確認することが有効である。

高流動コンクリートは、通常のコンクリートと比較して降伏値は小さいが、塑性粘度が大きく、圧送速度や吐出量が大きいほど圧力損失が顕著に増加する傾向にある。このため、高流動コンクリートを採用する場合は、コンクリートの品質、圧送管径、圧送距離、圧送負荷、吐出速度等を考慮してコンクリートポンプの機種、台数を選定する。

コンクリートのポンプ圧送は、ポンプ圧送作業者の技量に大きく左右される。このため、ポンプ圧送作業者は、適切な知識や経験があるコンクリート圧送施工技能士（1級、2級）等の資格を有していることが望ましい。

3.5 打込み計画

コンクリートの打込み計画は、コンクリートに材料分離やワーカビリティの低下が生じて打込み作業が中断しないように打込み区画、打込み方法、打込み速度、打込み順序、打重ね時間間隔、打込み箇所等について明確にする。

【解説】 コンクリートの打込み計画は、コンクリートの供給能力、コンクリートの打込み工程、構造物の形状、打込み能力、型枠、打継目の位置等を考慮し、コンクリートの打込み区画、打込み方法、打込み速度（時間、日あたりの打込み量）、打込み順序、打重ね時間間隔、打込み箇所などについて定める必要がある。設計で定められた部材の断面形状や鋼材の配置状況は必ずしも施工の容易さを考慮していないので、通常の方法では打込みが困難な場合がある。例えば、高密度配筋の場合は、ポンプの筒先を所定の位置に挿入できるように、あらかじめ開口部を設ける等が必要である。ただし、このような場合には必要に応じて補強筋を配置して欠陥が生じないようにしなければならない。また、鉄筋によってコンクリートは流動しにくくなるとともに流動の過程でモルタルと粗骨材が分離しやすくなるので、打込み箇所の間隔を狭くすることも必要になる。コンクリートの打込み高さが高い構造物の場合は、型枠に振動機の挿入口を兼ねたコンクリートの投入口を設けて、打込み状況を目視できるようにする方法もある。

コンクリートの打込み区画について：コンクリートの打継目は構造物の弱点となりやすいので、一区画内のコンクリートは打込みが終了するまで連続して打ち込まなければならない。また、均等質なコンクリートを得るためには、一区画内でその表面が水平となるようにコンクリートを打ち込み、一様に振動締固めをする。したがって、コンクリートの打込み区画は、打込み速度や締固め能力を考慮して定める。ただし、部材寸法が大きい構造物におけるコンクリートの打込み区画に関しては、「3.14 温度ひび割れが発生するおそれのあるコンクリート構造物の施工計画」に従い定めることとする。

コンクリートの打込み速度について：コンクリートの打込み速度は、コンクリートの供給能力およびポ

変化ができるだけ少なくなる最も合理的な方法を選定する。

(2)について 現場内の運搬にコンクリートポンプを用いる場合は、コンクリートの種類および品質、粗骨材の最大寸法、圧送距離、高低差等の条件を考慮し、輸送管径、配管経路およびコンクリートポンプの機種、台数を適切に設定する。コンクリートは圧送中にその品質が変化し、また、コンクリート品質や圧送条件によってはポンプが閉塞することがある。これらを防ぎ、圧送作業を計画通り進めるためには、事前の試験により圧送性を確認することが有効である。

高流動コンクリートは、通常のコンクリートと比較して降伏値は小さいが、塑性粘度が大きく、圧送速度や吐出量が大きいほど圧力損失が顕著に増加する傾向にある。このため、高流動コンクリートを採用する場合は、コンクリートの品質、圧送管径、圧送距離、圧送負荷、吐出速度等を考慮してコンクリートポンプの機種、台数を選定する。

コンクリートの圧送は、圧送作業者の技量に大きく左右される。このため、圧送作業は、労働安全衛生法の特別教育を受けた者で、かつ、コンクリート圧送施工技能士（1級、2級）の資格を有し、また、全国コンクリート圧送事業団体連合会が行う当該年度の全国統一安全・技術講習会を受講している者が行うのが良い。

3.5 打込み計画

コンクリートの打込み計画は、コンクリートに材料分離やワーカビリティの低下が生じて打込み作業が中断しないように打込み区画、打込み方法、打込み速度、打込み順序、打重ね時間間隔、打込み箇所等について明確にする。

【解説】 コンクリートの打込み計画は、コンクリートの供給能力、コンクリートの打込み工程、構造物の形状、打込み能力、型枠、打継目の位置等を考慮し、コンクリートの打込み区画、打込み方法、打込み速度（時間、日あたりの打込み量）、打込み順序、打重ね時間間隔、打込み箇所などについて定める必要がある。設計図書で定められた部材の断面形状や鋼材の配置状況は必ずしも施工の容易さを考慮していないので、通常の方法では打込みが困難な場合がある。例えば、高密度配筋の場合は、ポンプの筒先を所定の位置に挿入できるように、あらかじめ開口部を設ける等が必要である。ただし、このような場合には必要に応じて補強筋を配置して欠陥が生じないようにしなければならない。また、鉄筋によってコンクリートは流動しにくくなるとともに流動の過程でモルタルと粗骨材が分離しやすくなるので、打込み箇所の間隔を狭くすることも必要になる。コンクリートの打込み高さが高い構造物の場合は、型枠にパイプレータの挿入口を兼ねたコンクリートの投入口を設けて、打込み状況を目視できるようにする方法もある。

コンクリートの打込み区画について：コンクリートの打継目は構造物の弱点となりやすいので、一区画内のコンクリートは打込みが終了するまで連続して打ち込まなければならない。また、均等質なコンクリートを得るためには、一区画内でその表面が水平となるようにコンクリートを打ち込み、一様に振動締固めをする。したがって、コンクリートの打込み区画は、打込み速度や締固め能力を考慮して定める。ただし、部材寸法が大きい構造物におけるコンクリートの打込み区画に関しては、「3.14 温度ひび割れが発生するおそれのあるコンクリート構造物の施工計画」に従い定めることとする。

コンクリートの打込み速度について：コンクリートの打込み速度は、コンクリートの供給能力およびポ

ンプ圧送能力によって支配されるが、締固めが十分にでき、かつ型枠に作用する圧力が過大とならない範囲に定める必要がある。

コンクリートの打重ね時間間隔について：コンクリートを 2 層以上に分けて打ち込む場合、下層のコンクリートが固まり始めているときに、そのまま上層コンクリートを打ち込むとコールドジョイントができるおそれがある。したがって、コンクリートの打重ね時間間隔は、コンクリートの種類および品質、練混ぜ開始から打込み終了までの経過時間、コンクリートの温度、締固め方法等の影響を考慮して設定し、管理することが大切である。なお、土木学会 コンクリート標準示方書〔**施工標準**〕「7.4 打込み」においては、許容打重ね時間間隔の標準が示されている（解説 表 3.5.1 参照）のでこれを参考にするとよい。

張出し部分をもつコンクリート、壁または柱とスラブまたははりなどが連続しているコンクリートなどでは、断面の異なるそれぞれの部分でコンクリートに生じる沈下の程度に差があるために、一度にコンクリートを打ち込むと断面の変わる境界面にひび割れが発生することが多い。したがって、コンクリートの断面の変わる箇所ですぐ打ち止め、そのコンクリートの沈下が落ち着いてから張出し部分などの上層コンクリートを打ち込む必要がある。コンクリートの沈下が落ち着く時間は、コンクリートの配合、使用材料、温度などに影響されるため一義的に示すことはできないが、一般には 1～2 時間程度である。**沈下**ひび割れは、コンクリートの沈下が鉄筋や埋設物に拘束された場合にも発生することがあるが、発生した場合の処置方法としてはタンピングや再振動がある。これらも、発生後長時間経過して行くと打ち込んだコンクリートの品質を害することもあるので、発生後間を置かずに行うことが重要である。

コンクリートの打込み順序について：広い平面へのコンクリートの打込み順序は、コンクリートの供給源より遠い端から手前に向かって打ち込み、一度打ち込んだコンクリート上で運搬や打込み作業が行われないようにする必要がある。壁やはりのコンクリートを打ち込む際には、何層かに分ける必要があり、各層とも両端から中央に向かって打ち込むようにし、分離した粗骨材が隅角部に集中しないような配慮が必要である。橋梁の桁や床版のコンクリートを打ち込む場合には、支保工の沈下や変形の影響を考慮して打込み順序を定める。

コンクリートの打込み箇所について：コンクリートを型枠内で目的の位置から遠いところに打ち込むと、目的の位置までさらに横移動させることが必要になる。コンクリートを横移動させると分離する可能性があるため、コンクリートの打込み箇所を適切な位置に設定する必要がある。またコンクリートの打込み作業によって鉄筋の配置や型枠を乱すおそれがあるので、これらも考慮して打込み箇所を定める。

コンクリートの打込み高さについて：コンクリートの打込みにおいて、高い位置からコンクリートを自由落下させると、粗骨材が分離し、コンクリートの**充てん**不良が発生しやすくなる。したがって、コンクリートの打込みの際は、できるだけ低い位置からコンクリートを落下させることが基本である。土木学会コンクリート標準示方書では、コンクリートの自由落下高さを 1.5m 以下と規定しているが、構造物の種類や形状によってはこの値でも十分でない場合がある。したがって、打込み計画を作成するにあたっては、粗骨材が分離しない適切な落下高さを設定する。

流動化コンクリートおよび高流動コンクリートについて：流動化コンクリートは、硬練りコンクリートの単位水量を増加させることなく、流動性を高めたコンクリートであるが、打込みにあたっては通常の軟練りコンクリートとほぼ同様の配慮を要する。すなわち、流動化コンクリートは、スランプが 8cm 程度のコンクリートと比較して締固め作業は容易であるが、締固め時に横移動させると一般のコンクリートと同様に材料分離が生じるおそれがあるので、これを避けなければならない。

高流動コンクリートは、普通コンクリートに比べて流動性が優れているので、緩やかな流動勾配を持つ

ンプ圧送能力によって支配されるが、締固めが十分にでき、かつ型枠に作用する圧力が過大とならない範囲に定める必要がある。

コンクリートの打重ね時間間隔について：コンクリートを 2 層以上に分けて打ち込む場合、下層のコンクリートが固まり始めているときに、そのまま上層コンクリートを打ち込むとコールドジョイントができるおそれがある。したがって、コンクリートの打重ね時間間隔は、コンクリートの種類および品質、練混ぜ開始から打込み終了までの経過時間、コンクリートの温度、締固め方法等の影響を考慮して設定し、管理することが大切である。なお、土木学会 **2012 年制定**コンクリート標準示方書〔**施工編：施工標準**〕「7.4 打込み」においては、許容打重ね時間間隔の標準が示されている（解説 表 3.5.1 参照）のでこれを参考にするとよい。

張出し部分をもつコンクリート、壁または柱とスラブまたははりなどが連続しているコンクリートなどでは、断面の異なるそれぞれの部分でコンクリートに生じる沈下の程度に差があるために、一度にコンクリートを打ち込むと断面の変わる境界面にひび割れが発生することが多い。したがって、コンクリートの断面の変わる箇所ですぐ打ち止め、そのコンクリートの沈下が落ち着いてから張出し部分などの上層コンクリートを打ち込む必要がある。コンクリートの沈下が落ち着く時間は、コンクリートの配合、使用材料、温度などに影響されるため一義的に示すことはできないが、一般には 1～2 時間程度である。**沈み**ひび割れは、コンクリートの沈下が鉄筋や埋設物に拘束された場合にも発生することがあるが、発生した場合の処置方法としてはタンピングや再振動がある。これらも、発生後長時間経過して行くと打ち込んだコンクリートの品質を害することもあるので、発生後間を置かずに行うことが重要である。

コンクリートの打込み順序について：広い平面へのコンクリートの打込み順序は、コンクリートの供給源より遠い端から手前に向かって打ち込み、一度打ち込んだコンクリート上で運搬や打込み作業が行われないようにする必要がある。壁やはりのコンクリートを打ち込む際には、何層かに分ける必要があり、各層とも両端から中央に向かって打ち込むようにし、分離した粗骨材が隅角部に集中しないような配慮が必要である。橋梁の桁や床版のコンクリートを打ち込む場合には、支保工の沈下や変形の影響を考慮して打込み順序を定める。

コンクリートの打込み箇所について：コンクリートを型枠内で目的の位置から遠いところに打ち込むと、目的の位置までさらに横移動させることが必要になる。コンクリートを横移動させると分離する可能性があるため、コンクリートの打込み箇所を適切な位置に設定する必要がある。またコンクリートの打込み作業によって鉄筋の配置や型枠を乱すおそれがあるので、これらも考慮して打込み箇所を定める。

コンクリートの打込み高さについて：コンクリートの打込みにおいて、高い位置からコンクリートを自由落下させると、粗骨材が分離し、コンクリートの**充填**不良が発生しやすくなる。したがって、コンクリートの打込みの際は、できるだけ低い位置からコンクリートを落下させることが基本である。土木学会コンクリート標準示方書では、コンクリートの自由落下高さを 1.5m 以下と規定しているが、構造物の種類や形状によってはこの値でも十分でない場合がある。したがって、打込み計画を作成するにあたっては、粗骨材が分離しない適切な落下高さを設定する。

流動化コンクリートおよび高流動コンクリートについて：流動化コンクリートは、硬練りコンクリートの単位水量を増加させることなく、流動性を高めたコンクリートであるが、打込みにあたっては通常の軟練りコンクリートとほぼ同様の配慮を要する。すなわち、流動化コンクリートは、スランプが 8cm 程度のコンクリートと比較して締固め作業は容易であるが、締固め時に横移動させると一般のコンクリートと同様に材料分離が生じるおそれがあるので、これを避けなければならない。

高流動コンクリートは、普通コンクリートに比べて流動性が優れているので、緩やかな流動勾配を持つ

て長い距離を流動する特徴を有する。しかし、高流動コンクリートといえども長距離を流動させると材料分離を生じるため、むやみに流動距離を長くしないことが望ましい。したがって、高流動コンクリートの水平方向の最大流動距離は、土木学会「高流動コンクリート施工指針」と同様に、8m を原則とし、最大でも 15m 以下となるようにする。

解説 表 3.5.1 許容打重ね時間間隔の標準

外気温	許容打重ね時間間隔
25℃を超える	2.0 時間
25℃以下	2.5 時間

注) 許容打ち重ね時間間隔は、コンクリートを練混ぜ始めてから下層のコンクリートの打込みが完了した後、静置時間をはさんで上層のコンクリートが打ち込まれるまでの時間

3.6 締固め計画

- (1) 締固め計画は、締固め方法、振動機の種類・台数、要員数等について明確にする。
- (2) コンクリートの締固めは、内部振動機を用いることを原則とし、打ち込んだコンクリートに一樣な振動が与えられるように、あらかじめ振動機の挿入深さ、挿入間隔、振動時間等を明確にする。

【解説】(1)について コンクリートの締固めは、コンクリートを密実にするとともに鉄筋、埋設物との付着をよくし、型枠の隅々までコンクリートをゆきわたらせるために行うものであり、打込み作業の良否を決める重要な作業である。締固めが不十分な場合はコンクリートの充てん不良やコールドジョイントなどの不具合が発生することも少なくない。したがって、コンクリートの締固めにあたっては、構造物の種類と形状、コンクリートの供給速度、打込み方法、打込み能力、締固め能力、打込み速度等を考慮して、締固め方法、1 回の締固め高さ、振動機の種類・台数、要員数等について計画する。高密度配筋の場合には、締固め速度を考慮して打ち込むことが重要である。また、振動機の種類や必要台数を適切に選定する。部材厚さが薄い場合には、型枠振動機の利用も有効である。高さが高い構造物へのコンクリートの打込みにおいて、型枠にコンクリート投入口を設ける場合は、これを利用して締固めができるように計画するとよい。目視が困難な部位では、必要に応じて、充てん感知センサを活用し、締固め方法、時間などを決定することも有効である。

コンクリートの打込み、締固めの良否の判定について：コンクリートの打込み・締固めの良否は、型枠脱型後のコンクリートの検査（部材の位置・寸法、表面の仕上り状態、打込み欠陥部の有無、外観など）において、充てん不良、初期ひび割れ、コールドジョイントなどの不具合の発生状況で判断されるのが一般的である。したがって、コンクリートの打込み・締固めを行うにあたっては、事前に適切な施工計画を作成するとともに、作成した計画通りに施工が行われていることを確認することが重要である。このように、コンクリートの打込み・締固めの良否は、施工にゆだねるところが大きいため、不具合の発生度合いを極力少なくするには、事前に施工時の検査計画を作成することが極めて重要である。

て長い距離を流動する特徴を有する。しかし、高流動コンクリートといえども長距離を流動させると材料分離を生じるため、むやみに流動距離を長くしないことが望ましい。したがって、高流動コンクリートの水平方向の最大流動距離は、土木学会「高流動コンクリートの配合設計・施工指針【2012 年版】」と同様に、平面的に広い範囲に打ち込む場合は、打込み箇所から 8m 以下、小断面で一方向に長い部材に片押しで打ち込む場合は、打込み箇所から 15m 以下を原則とする。

解説 表 3.5.1 許容打重ね時間間隔の標準

外気温	許容打重ね時間間隔
25℃を超える	2.0 時間
25℃以下	2.5 時間

注) 許容打ち重ね時間間隔とは、下層のコンクリートを打ち込んでから、下層のコンクリートが固まり始める前に上層のコンクリートを打ち重ねることで、下層と上層の一体性を保つことができる時間間隔

3.6 締固め計画

- (1) 締固め計画は、締固め方法、パイプレータの種類・台数、要員数等について明確にする。
- (2) コンクリートの締固めは、棒状パイプレータを用いることを原則とし、打ち込んだコンクリートに一樣な振動が与えられるように、あらかじめパイプレータの挿入深さ、挿入間隔、振動時間等を明確にする。

【解説】(1)について コンクリートの締固めは、コンクリートを密実にするとともに鉄筋、埋設物との付着をよくし、型枠の隅々までコンクリートをゆきわたらせるために行うものであり、打込み作業の良否を決める重要な作業である。締固めが不十分な場合はコンクリートの充填不良やコールドジョイントなどの不具合が発生することも少なくない。したがって、コンクリートの締固めにあたっては、構造物の種類と形状、コンクリートの供給速度、打込み方法、打込み能力、締固め能力、打込み速度等を考慮して、締固め方法、1 回の締固め高さ、パイプレータの種類・台数、要員数等について計画する。高密度配筋の場合には、締固め速度を考慮して打ち込むことが重要である。また、パイプレータの種類や必要台数を適切に選定する。部材厚さが薄い場合には、型枠パイプレータの利用も有効である。高さが高い構造物へのコンクリートの打込みにおいて、型枠にコンクリート投入口を設ける場合は、これを利用して締固めができるように計画するとよい。目視が困難な部位では、必要に応じて、充填感知センサを活用し、締固め方法、時間などを決定することも有効である。

コンクリートの打込み、締固めの良否の判定について：コンクリートの打込み・締固めの良否は、型枠脱型後のコンクリートの検査（部材の位置・寸法、表面の仕上り状態、打込み欠陥部の有無、外観など）において、充填不良、初期ひび割れ、コールドジョイントなどの不具合の発生状況で判断されるのが一般的である。したがって、コンクリートの打込み・締固めを行うにあたっては、事前に適切な施工計画を作成するとともに、作成した計画通りに施工が行われていることを確認することが重要である。このように、コンクリートの打込み・締固めの良否は、施工にゆだねるところが大きいため、不具合の発生度合いを極力少なくするには、事前に施工時の検査計画を作成することが極めて重要である。

コンクリートの締固め状況の確認方法について：現在，施工中にコンクリートの締固めが十分に行われたことを判断するための方法としては**充てん**感知センサを用いる方法や赤外線による方法等様々な検討が行われているが，これらの方法については，現段階では使用実績が少なく，その運用方法（対象構造物，設置箇所，設置数等）などは十分に確立されていない．今後，施工中の打込み・締固めの良否を的確に判断し，コンクリート構造物に発生する施工欠陥を少なくするためにはこれらの技術を確立し，効率的な運用が図られることが望まれる．

その他：コンクリートの打込みによる材料分離を防止し，締固めを十分に行ったにもかかわらずコンクリートに**充てん**不良が発生した場合は，打込みの最小スランプの選定を再度検討し直す必要があり，場合によっては流動化コンクリートや高流動コンクリートの使用を検討する．一般に，流動化コンクリートは，高流動コンクリートのように自己**充てん**性を有するものではない．このため，流動化コンクリートを採用する場合には，振動・締固め作業を省略できるものではなく密実で均一になるように適切な締固めを行うことが極めて重要である．一方，高流動コンクリートは，振動・締固め作業を行わなくても，材料分離を生じさせることなく型枠の隅々まで**充てん**することが可能な自己**充てん**性を有するコンクリートである．したがって，本指針においても高流動コンクリートを採用する場合は，振動・締固め作業を行わないことを標準とする．なお，従来方法では適切な対処が困難な場合は，専門評価機関を交えた協議を行い，改善策を検討するのがよい．

(2)について コンクリートの締固め方法について：締固め方法としては，突固め法，型枠たたき法，振動法があるが，一般に土木工事では振動法が採用されている．振動法に用いる**振動機**の種類には，コンクリート内部に直接振動を与える**内部振動機**，型枠の外から振動を与える**型枠振動機**，コンクリート表面に直接振動を与える**表面振動機**，固定されている**テーブル振動機**などがある．**振動機**は，その種類によって性能や特徴が異なるので，対象とする工事に最も適した**振動機**を使用することが重要である．以下にそれぞれの**振動機**の種類と特徴を示すので，**振動機**を選定する際の参考にとよい．

内部振動機・・・コンクリート中に**振動機**を挿入して直接コンクリートに振動を与えるもので，広く一般的に使用されている．機種および型式も多くあるが，通常振動数は 7000～12000rpm のものが多い．**内部振動機**は，**振動機**と原動機との結合方式により，フレキシブル型，直結型，内蔵型などに分けられる．

型枠振動機・・・型枠外部に取り付けるか，あるいは手で押しつけてコンクリートに振動を与える装置で，コンクリート製品，建築物の壁，**内部振動機**の挿入が困難な箇所等に用いられる．

表面振動機・・・コンクリート打込み厚さが比較的薄く，施工面積が広い場合などにコンクリート表面より振動を与えて締固め，表面を平滑にするために用いる．振動版の大きさ 300×1200～1500mm，振動数 3500～5000rpm，重量 90～120kg 程度のものが一般的である．

テーブル振動機・・・型枠を振動台の上のせて型枠とともにコンクリート全体を同時に振動させるもので，主としてコンクリート製品の製造に使用されている．

内部振動機について：土木学会 コンクリート標準示方書には，「コンクリートの締固めには，**内部振動機**を使用することを原則とし，薄い壁など**内部振動機**の使用が困難な場所には**型枠振動機**を使用してもよい．」とされている．コンクリートの締固め，特に硬練りコンクリートの締固めには**内部振動機**が有効であることから，本指針においても**内部振動機**を用いることを原則とした．**内部振動機**の締固め能力は，

コンクリートの締固め状況の確認方法について：現在，施工中にコンクリートの締固めが十分に行われたことを判断するための方法としては**充填**感知センサを用いる方法や赤外線による方法等様々な検討が行われているが，これらの方法については，現段階では使用実績が少なく，その運用方法（対象構造物，設置箇所，設置数等）などは十分に確立されていない．今後，施工中の打込み・締固めの良否を的確に判断し，コンクリート構造物に発生する施工欠陥を少なくするためにはこれらの技術を確立し，効率的な運用が図られることが望まれる．

その他：コンクリートの打込みによる材料分離を防止し，締固めを十分に行ったにもかかわらずコンクリートに**充填**不良が発生した場合は，打込みの最小スランプの選定を再度検討し直す必要があり，場合によっては流動化コンクリートや高流動コンクリートの使用を検討する．一般に，流動化コンクリートは，高流動コンクリートのように自己**充填**性を有するものではない．このため，流動化コンクリートを採用する場合には，振動・締固め作業を省略できるものではなく密実で均一になるように適切な締固めを行うことが極めて重要である．一方，高流動コンクリートは，振動・締固め作業を行わなくても，材料分離を生じさせることなく型枠の隅々まで**充填**することが可能な自己**充填**性を有するコンクリートである．したがって，本指針(案)においても高流動コンクリートを採用する場合は，振動・締固め作業を行わないことを標準とする．なお，従来方法では適切な対処が困難な場合は，専門評価機関を交えた協議を行い，改善策を検討するのがよい．

(2)について コンクリートの締固め方法について：締固め方法としては，突固め法，型枠たたき法，振動法があるが，一般に土木工事では振動法が採用されている．振動法に用いる**バイブレータ**の種類には，コンクリート内部に直接振動を与える**棒状バイブレータ**，型枠の外から振動を与える**型枠バイブレータ**，コンクリート表面に直接振動を与える**表面仕上バイブレータ**，固定されている**テーブルバイブレータ**などがある．**バイブレータ**は，その種類によって性能や特徴が異なるので，対象とする工事に最も適した**バイブレータ**を使用することが重要である．以下にそれぞれの**バイブレータ**の種類と特徴を示すので，**バイブレータ**を選定する際の参考にとよい．

棒状バイブレータ・・・コンクリート中に**バイブレータ**を挿入して直接コンクリートに振動を与えるもので，広く一般的に使用されている．機種および型式も多くあるが，通常振動数は 7000～12000rpm のものが多い．**棒状バイブレータ**は，**バイブレータ**と原動機との結合方式により，フレキシブル型，直結型，内蔵型などに分けられる．

型枠バイブレータ・・・型枠外部に取り付けるか，あるいは手で押しつけてコンクリートに振動を与える装置で，コンクリート製品，建築物の壁，**棒状バイブレータ**の挿入が困難な箇所等に用いられる．

表面仕上バイブレータ・・・コンクリート打込み厚さが比較的薄く，施工面積が広い場合などにコンクリート表面より振動を与えて締固め，表面を平滑にするために用いる．振動版の大きさ 300×1200～1500mm，振動数 3500～5000rpm，重量 90～120kg 程度のものが一般的である．

テーブルバイブレータ・・・型枠を振動台の上のせて型枠とともにコンクリート全体を同時に振動させるもので，主としてコンクリート製品の製造に使用されている．

棒状バイブレータについて：土木学会 コンクリート標準示方書には，「コンクリートの締固めには，**棒状バイブレータ**を使用することを原則とし，薄い壁など**棒状バイブレータ**の使用が困難な場所には**型枠バイブレータ**を使用してもよい．」とされている．コンクリートの締固め，特に硬練りコンクリートの締固めには**棒状バイブレータ**が有効であることから，本指針(案)においても**棒状バイブレータ**を用いること

構造物の種類、配合等によっても異なるが、一般に小型のもので 4~8m³/h、中型のもので 10~15m³/h である。締固め計画にあたっては、これらの数値を参考にコンクリートの打込み速度に応じた**内部振動機**の数および要員をそろえる。

内部振動機の使用について：内部振動機を用いるにあたっては、事前に内部振動機の挿入深さ、挿入間隔、振動時間等を適切に定めておく必要がある。土木学会 コンクリート標準示方書にはこれらの標準的な値が示されており、挿入深さは下層のコンクリート中に 10cm 程度挿入すること、挿入間隔は一般に 50cm 以下とするとよいこと、1ヶ所あたりの振動時間は 5~15 秒とすることとなっており、これらの値を参考に適切に定めることが必要である。また、コンクリートを 2 層以上に分けて打ち込む場合は、「3.5 打込み計画」にしたがって打ち込み、締固めを通常よりも入念に行うことが重要である。

3.7 仕上げ計画

仕上げ計画は、コンクリートの凝結時間などを考慮して、所定の形状寸法および表面状態が得られるように、仕上げ時期、仕上げ工事に用いる器具などについて明確にする。

【解説】 コンクリートの仕上げ計画では、コンクリート部材の形状寸法や表面の平坦さが所定の許容誤差範囲内に収まるように、また、良好な表面状態になるように仕上げ時期、仕上げ工事に用いる器具などについて定める。ここで、良好な表面状態とはコンクリート表面が堅牢で組織が密実であり、コンクリート表面にひび割れ、気泡、凹凸、すじ、豆板、色むら等の欠陥部が少ないことである。所要の性能を有する表面状態を実現するためには、適切な技量を有する仕上げ作業員を選定することも重要である。

コンクリートの表面仕上げに用いる器具について：コンクリートの表面仕上げは、木ごてを用いて荒仕上げをした後、必要に応じて金ごてを用いるのが一般的である。ただし、床版のように仕上げ面が広い場合には、タンパ類である程度まで所定の高さに均した後に、はご板および木ごてを用いるのがよい。

コンクリートの仕上げ時期について：コンクリートの打上り面の仕上げは、締固めの後、所定の高さおよび形状寸法に均し、表面に浮き出たブリーディング水が消失した後に行う。コンクリートの仕上げ時期は、早すぎるとブリーディング水の影響を受け、コンクリートの沈降によるひび割れの発生や仕上げ面の下部にブリーディング水が集まることによって表面部分が剥離するなど、様々な初期欠陥の発生につながる。また、表面仕上げの時期が遅すぎると手間がかかり、適切な仕上げができないことになるので、仕上げ時期を逸すると、結果として不具合を生じさせる可能性が高くなる。なお、土木学会 コンクリート標準示方書では、金ごてをかける適切な時期として、「**コンクリートの材料、配合、天候、気温等によって異なるが、指で押しでもへこまない程度に固まったときを目安にするのがよい**」としている。

流動化コンクリートおよび高流動コンクリートの仕上げについて：流動化コンクリートは、同一スランプの通常のコンクリートに比べてブリーディング量が同等か若干少なくなる。また、高流動コンクリートは、通常のコンクリートに比べて粘性が高いため、仕上げ作業がしにくく、またブリーディング量が少ない。したがって、いずれの場合もコンクリートの乾燥が早まり、プラスチック収縮ひび割れが発生しやすい条件となるため、仕上げ時期を逸しないよう適切な仕上げ計画を作成する。

その他：混合材の多い混合セメントや低発熱型セメントを使用したコンクリートでは低温環境下におい

を原則とした。**棒状バイブレータ**の締固め能力は、構造物の種類、配合等によっても異なるが、一般に小型のもので 4~8m³/h、中型のもので 10~15m³/h である。締固め計画にあたっては、これらの数値を参考にコンクリートの打込み速度に応じた**棒状バイブレータ**の数および要員をそろえる。

棒状バイブレータの使用について：棒状バイブレータを用いるにあたっては、事前に棒状バイブレータの挿入深さ、挿入間隔、振動時間等を適切に定めておく必要がある。土木学会 コンクリート標準示方書にはこれらの標準的な値が示されており、挿入深さは下層のコンクリート中に 10cm 程度挿入すること、挿入間隔は一般に 50cm 以下とするとよいこと、1ヶ所あたりの振動時間は 5~15 秒とすることとなっており、これらの値を参考に適切に定めることが必要である。また、コンクリートを 2 層以上に分けて打ち込む場合は、「3.5 打込み計画」にしたがって打ち込み、締固めを通常よりも入念に行うことが重要である。

3.7 仕上げ計画

仕上げ計画は、コンクリートの凝結時間などを考慮して、所定の形状寸法および表面状態が得られるように、仕上げ時期、仕上げ工事に用いる器具などについて明確にする。

【解説】 コンクリートの仕上げ計画では、コンクリート部材の形状寸法や表面の平坦さが所定の許容誤差範囲内に収まるように、また、良好な表面状態になるように仕上げ時期、仕上げ工事に用いる器具などについて定める。ここで、良好な表面状態とはコンクリート表面が堅牢で組織が密実であり、コンクリート表面にひび割れ、気泡、凹凸、すじ、豆板、色むら等の欠陥部が少ないことである。所要の性能を有する表面状態を実現するためには、適切な技量を有する仕上げ作業員を選定することも重要である。

コンクリートの表面仕上げに用いる器具について：コンクリートの表面仕上げは、木ごてを用いて荒仕上げをした後、必要に応じて金ごてを用いるのが一般的である。ただし、床版のように仕上げ面が広い場合には、タンパ類である程度まで所定の高さに均した後に、はご板および木ごてを用いるのがよい。

コンクリートの仕上げ時期について：コンクリートの打上り面の仕上げは、締固めの後、所定の高さおよび形状寸法に均し、表面に浮き出たブリーディング水が消失した後に行う。コンクリートの仕上げ時期は、早すぎるとブリーディング水の影響を受け、コンクリートの沈降によるひび割れの発生や仕上げ面の下部にブリーディング水が集まることによって表面部分が剥離するなど、様々な初期欠陥の発生につながる。また、表面仕上げの時期が遅すぎると手間がかかり、適切な仕上げができないことになるので、仕上げ時期を逸すると、結果として不具合を生じさせる可能性が高くなる。なお、土木学会 コンクリート標準示方書では、金ごてをかける適切な時期として、「**コンクリートの配合、天候、気温等によって相違するが、目安としては指で押しでもへこみにくい程度に固まったときを目安とする**」としている。

流動化コンクリートおよび高流動コンクリートの仕上げについて：流動化コンクリートは、同一スランプの通常のコンクリートに比べてブリーディング量が同等か若干少なくなる。また、高流動コンクリートは、通常のコンクリートに比べて粘性が高いため、仕上げ作業がしにくく、またブリーディング量が少ない。したがって、いずれの場合もコンクリートの乾燥が早まり、プラスチック収縮ひび割れが発生しやすい条件となるため、仕上げ時期を逸しないよう適切な仕上げ計画を作成する。

その他：混合材の多い混合セメントや低発熱型セメントを使用したコンクリートでは低温環境下におい

て、ブリーディングの終了時間および凝結時間が遅延する場合がある。また、フライアッシュ原粉を細骨材の代替材料として使用したコンクリートは、フライアッシュ原粉の細骨材置換率が多くなるほどブリーディング終了時間および凝結時間が遅くなることを確認されている。したがって、上記のような条件での施工においては事前に材料の特性を十分把握し、仕上げ時間に配慮する必要がある。

3.8 養生計画

養生計画は、打込み後の一定期間コンクリートを硬化に必要な温度および湿度に保ち、有害な作用の影響を受けないように、養生開始時期、養生方法、養生期間、養生機械装置などについて明確にする。

【解説】 養生の目的は、打込みが終了したコンクリートが水和反応により十分に強度を発現し、所要の耐久性、水密性、鋼材を保護する性能等の品質を確保し、有害なひび割れが発生しないように打込み後のある期間、コンクリートを適切な温度のもとで湿潤状態に保ち、有害な作用を受けないようにコンクリートを保護することである。構造物の養生計画は、構造物の種類、コンクリートの使用材料および配合、施工条件、立地条件、環境条件等を考慮して養生開始時期、養生方法、養生期間、養生機械装置などについて定めなければならない。

コンクリートの養生の基本：養生の基本は、コンクリートを湿潤状態に保ち、温度を制御し有害な作用に対し保護することにある。これらの養生を目的別に分類したものを解説 図 3.8.1 に示す。養生方法や養生期間は、構造物の種類、施工条件、立地条件、環境条件等を考慮して計画する。時には、型枠を取り外した時点で養生期間が終了したと判断しているケースがあるが、養生期間と型枠存置期間は異なり、養生期間は型枠存置期間よりも長いのが一般的である。また、型枠を外した後においても湿潤養生を継続することは、脱型直後に発生するひび割れの抑制や強度および耐久性の向上に効果がある。このため、コンクリートが本来有する性能を適切に発揮させるには、型枠を外した後も湿潤養生を継続することがきわめて重要である。型枠を外した後の養生方法としては、膜養生等の方法もある。

湿潤養生について：養生方法のなかで最も一般的に行われているのは湿潤養生である。湿潤養生は、コンクリートを一定の期間湿潤状態に保つことによって、セメントの水和反応を十分に行わせ、コンクリートの品質を確保する方法である。湿潤養生の開始時期はコンクリート表面を荒らさないで作業ができる程度に硬化した状態になった時点が適当である。湿潤養生には、コンクリートの露出面を養生用マット、布等をぬらしたもので覆う方法や散水、湛水等により直接コンクリート表面を湿潤状態に保つ方法がある。また、せき板が乾燥するおそれがあるときは、これに散水する。湿潤状態に保つ期間については、土木学会 コンクリート標準示方書 [施工標準] 8.2 に、その標準が示されている(解説 表 3.8.1 参照)。一般に土木コンクリート構造物は部材断面が大きいので、表面部分のコンクリートを直射日光や風等による急激な水分の逸散などの有害な作用を受けなくなるまで養生を行えば、内部は十分に養生されていると判断されることが多い。すなわち、解説表 3.8.1 に示される養生期間は、表面部分のコンクリートが有害な作用を受けなくなるまでの標準的な期間であると考えられる。しかし、所要の性能を有する構造物を建設するためには、部材断面の大きさや環境条件などによって必要な養生期間が異なるので、建設する構造物の諸条件に適した養生期間を設定することが重要である。

て、ブリーディングの終了時間および凝結時間が遅延する場合がある。また、フライアッシュ原粉を細骨材の代替材料として使用したコンクリートは、フライアッシュ原粉の細骨材置換率が多くなるほどブリーディング終了時間および凝結時間が遅くなることを確認されている。したがって、上記のような条件での施工においては事前に材料の特性を十分把握し、仕上げ時間に配慮する必要がある。

3.8 養生計画

養生計画は、打込み後の一定期間コンクリートを硬化に必要な温度および湿潤状態に保ち、有害な作用の影響を受けないように、養生開始時期、養生方法、養生期間、養生機械装置などについて明確にする。

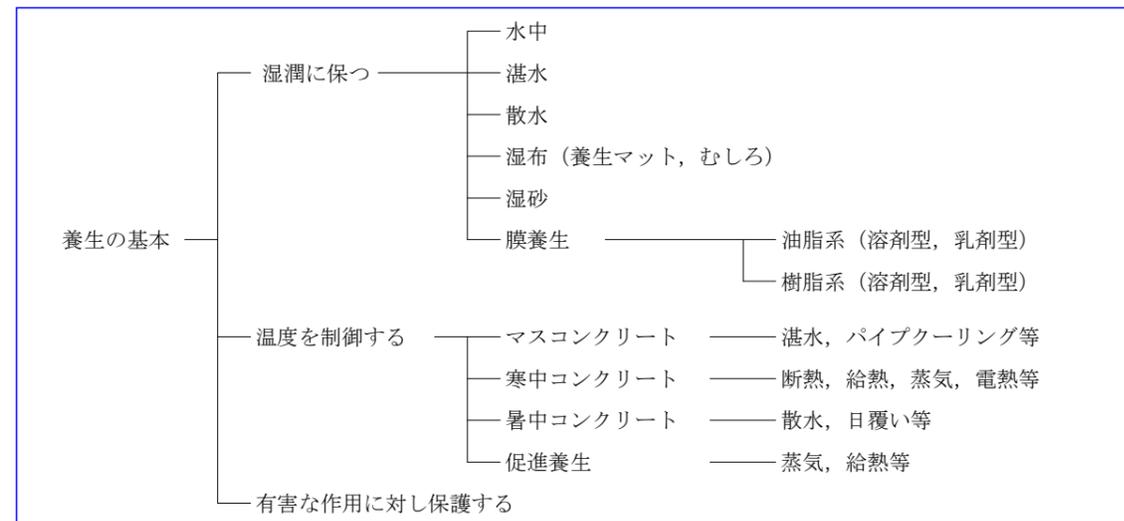
【解説】 養生の目的は、打込みが終了したコンクリートが水和反応により十分に強度を発現し、所要の耐久性、水密性、鋼材を保護する性能等の品質を確保し、有害なひび割れが発生しないように打込み後のある期間、コンクリートを適切な温度のもとで湿潤状態に保ち、有害な作用を受けないようにコンクリートを保護することである。構造物の養生計画は、構造物の種類、コンクリートの使用材料および配合、施工条件、立地条件、環境条件等を考慮して養生開始時期、養生方法、養生期間、養生機械装置などについて定めなければならない。

コンクリートの養生の基本：養生の基本は、コンクリートを湿潤状態に保ち、温度を制御し有害な作用に対し保護することにある。これらの養生を目的別に分類したものを解説 表 3.8.1 に示す。養生方法や養生期間は、構造物の種類、施工条件、立地条件、環境条件等を考慮して計画する。時には、型枠を取り外した時点で養生期間が終了したと判断しているケースがあるが、養生期間と型枠存置期間は異なり、養生期間は型枠存置期間よりも長いのが一般的である。また、型枠を外した後においても湿潤養生を継続することは、脱型直後に発生するひび割れの抑制や強度および耐久性の向上に効果がある。このため、コンクリートが本来有する性能を適切に発揮させるには、型枠を外した後も湿潤養生を継続することがきわめて重要である。型枠を外した後の養生方法としては、膜養生等の方法もある。

湿潤養生について：養生方法のなかで最も一般的に行われているのは湿潤養生である。湿潤養生は、コンクリートを一定の期間湿潤状態に保つことによって、セメントの水和反応を十分に行わせ、コンクリートの品質を確保する方法である。湿潤養生の開始時期はコンクリート表面を荒らさないで作業ができる程度に硬化した状態になった時点が適当である。湿潤養生には、コンクリートの露出面を養生用マット、布等をぬらしたもので覆う方法や散水、湛水等により直接コンクリート表面を湿潤状態に保つ方法がある。また、せき板が乾燥するおそれがあるときは、これに散水する。湿潤状態に保つ期間については、土木学会 2012 年制定コンクリート標準示方書 [施工編：施工標準] 「8.2 湿潤養生」に、その標準が示されている(解説 表 3.8.2 参照)。一般に土木コンクリート構造物は部材断面が大きいので、表面部分のコンクリートを直射日光や風等による急激な水分の逸散などの有害な作用を受けなくなるまで養生を行えば、内部は十分に養生されていると判断されることが多い。すなわち、解説 表 3.8.2 に示される養生期間は、表面部分のコンクリートが有害な作用を受けなくなるまでの標準的な期間であると考えられる。しかし、所要の性能を有する構造物を建設するためには、部材断面の大きさや環境条件などによって必要な養生期間が異なるので、建設する構造物の諸条件に適した養生期間を設定することが重要である。

混合セメントおよび低発熱型セメントを使用したコンクリートの養生について：混合セメントを使用したコンクリートは、一般に初期材齢の強度発現は緩やかであるものの、十分な養生を行うことによって、コンクリートの耐久性向上が可能であることが知られている。また、アルカリ骨材反応の抑制効果や温度ひび割れ抑制対策を目的として、混合セメント中の混合材量を多くした場合は、さらにセメントの水和反応が緩やかになることが試験や既往の検討によって明らかになっている。したがって、混合セメントを使用したコンクリートでは、初期湿潤養生の良否がコンクリートの品質に与える影響が大きいため、解説表 3.8.1 に示した養生期間を確実に守るなど、養生への配慮が必要である。また、低発熱型のセメントを用いる場合にも、初期の水和反応はかなり遅くなることが知られている。したがって、低発熱型セメントを使用するコンクリートの養生期間の標準は、高炉セメント B 種等の場合よりさらに 3 日程度長くとののがよい。

流動化コンクリートおよび高流動コンクリートの養生について：流動化コンクリートは、通常のコンクリートに比べて表面の水引きが早まることが多いので、養生計画の作成にあたっては養生開始時期に注意し、表面乾燥を防ぐことに留意しなければならない。また、高流動コンクリートは、通常のコンクリートに比べてブリーディング量が少なく表面が乾燥しやすい傾向にあるため、日射や風によって表面が乾燥しないように注意する必要がある。



解説 図 3.8.1 養生の基本

解説 表 3.8.1 養生期間の標準 (日)

日平均気温	普通ポルトランドセメント	高炉セメント B 種 フライッシュセメント B 種	早強ポルトランドセメント	低発熱型セメント
15℃以上	5 日	7 日	3 日	10 日
10℃以上	7 日	9 日	4 日	12 日
5℃以上	9 日	12 日	5 日	15 日

3.9 継目の計画

設計図書で定められていない継目の計画は、構造物が所要の性能を発揮できるように、位置、構造、施工方法などについて適切に定めなければならない。

混合セメントおよび低発熱型セメントを使用したコンクリートの養生について：混合セメントを使用したコンクリートは、一般に初期材齢の強度発現は緩やかであるものの、十分な養生を行うことによって、コンクリートの耐久性向上が可能であることが知られている。また、アルカリシリカ反応の抑制効果や温度ひび割れ抑制対策を目的として、混合セメント中の混合材量を多くした場合は、さらにセメントの水和反応が緩やかになることが試験や既往の検討によって明らかになっている。したがって、混合セメントを使用したコンクリートでは、初期湿潤養生の良否がコンクリートの品質に与える影響が大きいため、解説表 3.8.2 に示した養生期間を確実に守るなど、養生への配慮が必要である。また、低発熱型のセメントを用いる場合にも、初期の水和反応はかなり遅くなることが知られている。したがって、低発熱型セメントを使用するコンクリートの養生期間の標準は、高炉セメント B 種等の場合よりさらに 3 日程度長くとののがよい。

流動化コンクリートおよび高流動コンクリートの養生について：流動化コンクリートは、通常のコンクリートに比べて表面の水引きが早まることが多いので、養生計画の作成にあたっては養生開始時期に注意し、表面乾燥を防ぐことに留意しなければならない。また、高流動コンクリートは、通常のコンクリートに比べてブリーディング量が少なく表面が乾燥しやすい傾向にあるため、日射や風によって表面が乾燥しないように注意する必要がある。

解説 表 3.8.1 養生の基本

目的	対象	対策	具体的な手段
湿潤状態を保つ	コンクリート全般	給水	湛水, 散水, 湿布, 養生マット等
		水分逸散抑制	せき板存置, シート・フィルム被覆, 膜養生剤等
温度を制御する	暑中コンクリート	昇温抑制	散水, 日覆い等
	寒中コンクリート	給熱	電熱マット, ジェットヒータ等
		保温	断熱性の高いせき板, 断熱材等
	マスコンクリート	冷却	パイプクーリング等
		保温	断熱性の高いせき板, 断熱材等
有害な作用に対して保護する	コンクリート全般	防護	防護シート, せき板存置等
	海洋コンクリート	遮断	せき板存置等

解説 表 3.8.2 湿潤養生期間の標準 (日)

日平均気温	普通ポルトランドセメント	高炉セメント B 種 フライッシュセメント B 種	早強ポルトランドセメント	低発熱型セメント
15℃以上	5 日	7 日	3 日	10 日
10℃以上	7 日	9 日	4 日	12 日
5℃以上	9 日	12 日	5 日	15 日

3.9 継目の計画

設計図書で定められていない継目の計画は、構造物が所要の性能を発揮できるように、位置、構造、施工方法などについて適切に定めなければならない。

【解説】 コンクリート構造物の継目の種類には、以下に示すようなものがあり、設計段階で定められるものと施工段階で定められるものとに分けられる。したがって、設計段階で定められていない継目については、構造物が所要の性能を発揮できるように事前に位置、構造、施工方法などについて適切に計画しなければならない。

継目の種類

- 1) 水平打継目
- 2) 鉛直打継目
- 3) 伸縮継目
- 4) その他の継目

打継ぎ部に生じる不具合の原因として、打継ぎ作業の作業性が挙げられる。打継ぎ作業の作業性とは、打継ぎ処理をするために人または機械がその場所に入っていけるか、作業をするだけのスペースがあるかということである。したがって、打継ぎ作業に関する計画にあたっては、構造物の配筋条件や型枠条件等を考慮して、作業性についても事前に検討し定める。

継目の位置について：コンクリートの打継ぎ部は、完全には一体化しにくいことから、強度、耐久性、水密性等の面から弱点となりやすい。したがって、打継目の位置は、構造物の施工時および完成後の構造物の強度と安全性を考慮し、弱点とならないような位置に計画しなければならない。打継目の位置を定める際に考慮すべき事項を以下に示すので、計画の際は参考にとよい。なお、重要な打継目の位置は図面に明示し、施工時に正当な理由なくその位置を変更してはならない。

- 1) 打継目は、断面力、特にせん断力の小さい位置に設ける。
- 2) 断面急変部での打継目は避ける。
- 3) **新**コンクリートに生じるセメントの水和熱による温度応力および乾燥収縮による応力が過大とならないように打継目の位置を設定する。
- 4) 海洋構造物などでやむを得ず打継目を設ける場合は、感潮部分などの物理的・化学的作用の激しい部分を避ける。

継目の方向について：継目の方向は、施工性などの観点から水平部材では鉛直に、鉛直部材では水平に設けるのが一般的であるが、部材の圧縮合力に対して 90° となるように定めて、打継目にせん断力が作用しないように計画するのがよい。したがって、アーチなどでは法線方向に設けることになる。

水平打継目について：水平打継目の施工計画に際して考慮すべき事項とその対策を以下に示す。

- 1) 水平打継目の型枠に接する線は美観上の理由から水平な直線とし、目違いのないようにする。方法としては、型枠に位置を表示するか、適当な面木を付けて表示するのがよい。
- 2) 十分な強度、耐久性および水密性を有する打継目を作るためには、既に打込まれた下層コンクリート上部のレイタンス、品質の悪いコンクリート、緩んだ骨材粒などを取り除いた後に打ち継ぐ。既に打ち込まれた下層コンクリートの打継面の処理方法には、硬化前処理方法と硬化後処理方法およびこれらの併用がある。

a. 硬化前処理方法

コンクリートの凝結終了後高圧の空気および水でコンクリート表面の薄層を除去し、粗骨材粒を露出させる方法がある。この処理方法は、打継ぎ面が広い場合に能率のよい方法であるが、コンクリートを打ち込んだ後適切な時期に適切な方法で行わないとコンクリートを害するおそれがあるので、十分な注意が必要である。このような打継目の処理に適した作業時間は一般に短く、この時期を逸すると所定の打継ぎ性能を確保することが難しくなることがある。この施工上の制

【解説】 コンクリート構造物の継目の種類には、以下に示すようなものがあり、設計段階で定められるものと施工段階で定められるものとに分けられる。したがって、設計段階で定められていない継目については、構造物が所要の性能を発揮できるように事前に位置、構造、施工方法などについて適切に計画しなければならない。

継目の種類

- 1) 水平打継目
- 2) 鉛直打継目
- 3) 伸縮継目
- 4) その他の継目

打継ぎ部に生じる不具合の原因として、打継ぎ作業の作業性が挙げられる。打継ぎ作業の作業性とは、打継ぎ処理をするために人または機械がその場所に入っていけるか、作業をするだけのスペースがあるかということである。したがって、打継ぎ作業に関する計画にあたっては、構造物の配筋条件や型枠条件等を考慮して、作業性についても事前に検討し定める。

継目の位置について：コンクリートの打継ぎ部は、完全には一体化しにくいことから、強度、耐久性、水密性等の面から弱点となりやすい。したがって、打継目の位置は、構造物の施工時および完成後の構造物の強度と安全性を考慮し、弱点とならないような位置に計画しなければならない。打継目の位置を定める際に考慮すべき事項を以下に示すので、計画の際は参考にとよい。なお、重要な打継目の位置は図面に明示し、施工時に正当な理由なくその位置を変更してはならない。

- 1) 打継目は、断面力、特にせん断力の小さい位置に設ける。
- 2) 断面急変部での打継目は避ける。
- 3) **新たに打ち込む**コンクリートに生じるセメントの水和熱による温度応力および乾燥収縮による応力が過大とならないように打継目の位置を設定する。
- 4) 海洋構造物などでやむを得ず打継目を設ける場合は、感潮部分などの物理的・化学的作用の激しい部分を避ける。

継目の方向について：継目の方向は、施工性などの観点から水平部材では鉛直に、鉛直部材では水平に設けるのが一般的であるが、部材の圧縮合力に対して 90° となるように定めて、打継目にせん断力が作用しないように計画するのがよい。したがって、アーチなどでは法線方向に設けることになる。

水平打継目について：水平打継目の施工計画に際して考慮すべき事項とその対策を以下に示す。

- 1) 水平打継目の型枠に接する線は美観上の理由から水平な直線とし、目違いのないようにする。方法としては、型枠に位置を表示するか、適当な面木を付けて表示するのがよい。
- 2) 十分な強度、耐久性および水密性を有する打継目を作るためには、既に打込まれた下層コンクリート上部のレイタンス、品質の悪いコンクリート、緩んだ骨材粒などを取り除いた後に打ち継ぐ。既に打ち込まれた下層コンクリートの打継面の処理方法には、硬化前処理方法と硬化後処理方法およびこれらの併用がある。

a. 硬化前処理方法

コンクリートの凝結終了後高圧の空気および水でコンクリート表面の薄層を除去し、粗骨材粒を露出させる方法がある。この処理方法は、打継ぎ面が広い場合に能率のよい方法であるが、コンクリートを打ち込んだ後適切な時期に適切な方法で行わないとコンクリートを害するおそれがあるので、十分な注意が必要である。このような打継目の処理に適した作業時間は一般に短く、この時期を逸すると所定の打継ぎ性能を確保することが難しくなることがある。この施工上の制

約を緩和するために、コンクリート打継面にグルコン酸ナトリウム等を主成分とする遅延剤を散布して、コンクリート打継ぎ面の薄層部の硬化を計画的に遅らせ、処理時期を大幅に延長する方法がある。

b. 硬化後処理方法

既に打ち込まれた下層コンクリートがあまり硬くなければ、高圧の空気および水を吹き付けて入念に洗うか、水をかけながら、ワイヤブラシを用いて表面を粗にする。旧コンクリートが硬いときは、ワイヤブラシで表面を削るか、表面にサンドブラストを行った後、水で洗う方法が最も確実である。なお、すでに打ち込まれた下層コンクリート上面の水は、新しくコンクリートを打ち込む前に除去する必要がある。

- 3) 新コンクリートを打ち継ぐ直前にモルタルを敷く方法は、新旧コンクリートの付着をよくするのに効果的である。敷モルタルの水セメント比は、使用するコンクリートの水セメント比以下にする必要がある。
- 4) 逆打ちコンクリートの水平打継目は、打継目が常に旧コンクリートの下面となり、その下に打ち継がれる新しく打ち込んだコンクリートのブリーディング水や沈下によって、打継目は一体とならないのが普通である。このため、直接法、充てん法、注入法などの方法の中から適切な方法を選定して施工する。
- 5) 打継目の近くは新旧コンクリートの収縮差によってひび割れが発生しやすい。このようなおそれがある場合には、新コンクリートの打継目近くにひび割れ制御用の鉄筋を配置するのが望ましい。

鉛直打継目について：鉛直打継目の施工計画を作成する際に考慮すべき事項とその対策を以下に示す。

- 1) 鉛直打継目の施工にあたっては、コンクリートの打継ぎ面を粗にして十分吸水させ、セメントペースト、モルタルあるいは湿潤面用エポキシ樹脂などを塗った後、新しくコンクリートを打ち継がなければならない。
- 2) 既に打ち込まれたコンクリートの鉛直打継面を粗にする方法には、ワイヤブラシ、手はつり、機械はつりによる方法がある。また、コンクリートの打込み前に、型枠表面にグルコン酸ナトリウム等を主成分とする遅延剤を塗布し、コンクリート表面の薄層部の凝結を計画的に遅延させ処理時間をうまく調整することによって、硬化前に打継目処理を行う方法もある。さらに、打継面の型枠に金網などを用いて、鉛直打継目を粗にする施工方法もある。
- 3) 打継目近傍の締固めは、新旧コンクリートの密着を確保するために、新コンクリート打込み後、適当な時期（再振動限界内）に再振動締固めを行う。
- 4) 止水板を用いないと、鉛直打継目を水密にすることは困難であるため、水密を要するコンクリートの鉛直打継目では止水板を用いることを原則とする。

伸縮継目について：伸縮継目を設ける場合は、設計において定められた継目の間隔、位置、種類などに従うことを原則とする。

伸縮継目の間隙に土砂、その他が入り込むおそれのあるときは、目地材を用いるのがよい。目地材としては、アスファルト系、ゴム発泡体系、樹脂発泡体系等の目地版、シーリング材および充てん材が用いられている。また、水密を要する構造物の伸縮継目には、適度の伸縮性をもつ止水板を用いるのがよい。止水板としては、銅板、ステンレス板、塩化ビニル樹脂、ゴム製などがある。

その他の継目について：その他の継目の種類としては、床組みと一体になった柱、壁の打継目、床組みの打継目、アーチの打継目などがある。これらの継目については、土木学会 コンクリート標準示方書〔施工標準編〕「9.5 床組みと一体になった柱、壁の打継目」、 「9.6 床組みの打継目」および「9.7

約を緩和するために、コンクリート打継面にグルコン酸ナトリウム等を主成分とする遅延剤を散布して、コンクリート打継ぎ面の薄層部の硬化を計画的に遅らせ、処理時期を大幅に延長する方法がある。

b. 硬化後処理方法

既に打ち込まれた下層コンクリートがあまり硬くなければ、高圧の空気および水を吹き付けて入念に洗うか、水をかけながら、ワイヤブラシを用いて表面を粗にする。下層コンクリートが硬いときは、ワイヤブラシで表面を削るか、表面にサンドブラストを行った後、水で洗う方法が最も確実である。なお、すでに打ち込まれた下層コンクリート上面の水は、新しくコンクリートを打ち込む前に除去する必要がある。

- 3) 新しくコンクリートを打ち継ぐ直前にモルタルを敷く方法は、下層コンクリートとの付着をよくするのに効果的である。敷モルタルの水セメント比は、使用するコンクリートの水セメント比以下にする必要がある。
- 4) 逆打ちコンクリートの水平打継目は、打継目が常に既に打ち込まれたコンクリート（旧コンクリート）の下面となり、その下に打ち継がれる新しく打ち込んだコンクリート（新コンクリート）のブリーディング水や沈下によって、打継目は一体とならないのが普通である。そのため、直接法、充填法、注入法などの方法の中から適切な方法を選定して施工する。
- 5) 打継目の近くは新旧コンクリートの収縮差によってひび割れが発生しやすい。このようなおそれがある場合には、新コンクリートの打継目近くにひび割れ制御用の鉄筋を配置するのが望ましい。

鉛直打継目について：鉛直打継目の施工計画を作成する際に考慮すべき事項とその対策を以下に示す。

- 1) 鉛直打継目の施工にあたっては、コンクリートの打継ぎ面を粗にして十分吸水させ、セメントペースト、モルタルあるいは湿潤面用エポキシ樹脂などを塗った後、新しくコンクリートを打ち継がなければならない。
- 2) 既に打ち込まれた硬化したコンクリートの鉛直打継面を粗にする方法には、ワイヤブラシ、手はつり、機械はつりによる方法がある。また、コンクリートの打込み前に、型枠表面にグルコン酸ナトリウム等を主成分とする遅延剤を塗布し、コンクリート表面の薄層部の凝結を計画的に遅延させ処理時間をうまく調整することによって、硬化前に打継目処理を行う方法もある。さらに、打継面の型枠に金網などを用いて、鉛直打継目を粗にする施工方法もある。
- 3) 打継目近傍の締固めは、新旧コンクリートの密着を確保するために、新コンクリート打込み後、適当な時期（再振動限界内）に再振動締固めを行う。
- 4) 止水板を用いないと、鉛直打継目を水密にすることは困難であるため、水密を要するコンクリートの鉛直打継目では止水板を用いることを原則とする。

伸縮継目について：伸縮継目を設ける場合は、設計図書において定められた継目の間隔、位置、種類などに従うことを原則とする。

伸縮継目の間隙に土砂、その他が入り込むおそれのあるときは、伸縮性目地材を用いるのがよい。伸縮性目地材としては、アスファルト系、ゴム発泡体系、樹脂発泡体系等の目地版、シーリング材および充填材が用いられている。また、水密を要する構造物の伸縮継目には、適度の伸縮性をもつ止水板を用いるのがよい。止水板としては、銅板、ステンレス板、塩化ビニル樹脂、ゴム製などがある。

その他の継目について：その他の継目の種類としては、床組みと一体になった柱、壁の打継目、床組みの打継目、アーチの打継目などがある。これらの継目については、土木学会 2012年制定コンクリート標準示方書〔施工編：施工標準〕「9.5 床組みと一体になった柱または壁の打継目」、 「9.6 床組みの打

アーチの打継目」として、それぞれ施工における原則が示されているので、これらに準拠して計画する。

3.10 ひび割れ誘発目地の計画

~~設計図書に定められていない~~ひび割れ誘発目地の計画は、構造物の所要の性能が損なわれないように位置、構造、施工方法および処理方法などについて適切に定めなければならない。

【解説】ここでは、目地の種類として代表的なひび割れ誘発目地について述べる。

コンクリート構造物の場合は、セメントの水和熱や外気温などによる温度変化、**乾燥収縮などの要因**による変形が生じることがあり、このような変形が拘束されるとひび割れが発生することがある。ひび割れ誘発目地は、このようなひび割れをあらかじめ決めた位置に**発生させるために**、計画的に設置する目地である。ひび割れ誘発目地については、設計段階に設ける場合と施工計画段階で設ける場合の両者がある。設計図書にひび割れ誘発目地が設けてある場合は、これに従って施工計画を立てることを原則とする。

また、施工計画段階でひび割れ誘発目地を必要と判断した場合には、誘発目地の間隔および断面欠損率を設定するとともに、目地部の鉄筋腐食を防止する方法、所定のかぶりを**確保**する方法、目地処理に用いる**充てん材**の選定等について十分な配慮が必要である。ひび割れ誘発目地の断面欠損率は、従来から**20%程度以上**が必要とされていたが、壁部材などのように温度応力によって発生する断面貫通ひび割れ（外部拘束温度ひび割れの場合など）を誘発するためには、誘発目地の間隔をコンクリート部材の高さの1～2倍程度、断面欠損率を**30%以上**とするのがよい。

一方、ひび割れの主な原因が乾燥収縮と想定される場合の誘発目地は、壁部材であっても壁厚が比較的厚い（1m程度以上）ときにはひび割れが貫通していないことも多い。有害なひび割れを避ける場合5m程度の間隔、ひび割れを発生させない場合3m程度の間隔で、断面欠損率も**30%以下**で設定できる場合もある。ただし、使用材料、施工環境および部材寸法により、確実にひび割れを所定の位置に誘発させるための最適な設置間隔や断面欠損率は異なるため、計画するにあたっては過去の実績なども考慮してこれらを適切に選定する必要がある。

なお、目地にひび割れを誘導させた後は、ひび割れの進展や幅の拡大が収まった時点でその個所をシールして、ひび割れから鉄筋腐食因子などが内部に侵入しないように処理する必要がある。このため、このシールが容易となるように、ひび割れ誘発目地設置部のコンクリート表面をあらかじめカットしておき、ひび割れが目地に誘導された後に**可とう性エポキシ樹脂**や**ポリマーセメントモルタル**など、環境条件や構造物に要求される耐久性のレベルに応じた適切な材料を用いてそのカット部を**充てん**し、目地をシールする。また、水密性が要求される部材に目地を設置する場合には、目地部の適当な位置に**止水材**を設置し、目地に導入されたひび割れからの漏水を防止するための対策を施さなければならない。

継目」および「9.7 アーチの打継目」として、それぞれ施工における原則が示されているので、これらに準拠して計画する。

3.10 ひび割れ誘発目地の計画

ひび割れ誘発目地の計画は、構造物の所要の性能が損なわれないように位置、構造、施工方法および処理方法などについて適切に定めなければならない。

【解説】ここでは、目地の種類として代表的なひび割れ誘発目地について述べる。

コンクリート構造物の場合は、セメントの水和熱や外気温などによる温度変化、**乾燥収縮など外力以外の要因**による変形が生じることがあり、このような変形が拘束されるとひび割れが発生することがある。ひび割れ誘発目地は、このようなひび割れをあらかじめ決めた位置に**集中させる目的で**、計画的に設置する目地である。ひび割れ誘発目地については、設計段階に設ける場合と施工計画段階で設ける場合の両者がある。設計図書にひび割れ誘発目地が設けてある場合は、これに従って施工計画を立てることを原則とする。

また、施工計画段階でひび割れ誘発目地を必要と判断した場合には、誘発目地の間隔および断面欠損率を設定するとともに、目地部の鉄筋腐食を防止する方法、所定のかぶりを**保持**する方法、目地処理に用いる**充填材**の選定等について十分な配慮が必要である。ひび割れ誘発目地の断面欠損率は、従来から**30～50%程度**が必要とされていたが、壁部材などのように温度応力によって発生する断面貫通ひび割れ（外部拘束温度ひび割れの場合など）を誘発するためには、誘発目地の間隔をコンクリート部材の高さの1～2倍程度、断面欠損率を**50%程度以上**とするのがよい。

一方、ひび割れの主な原因が乾燥収縮と想定される場合の誘発目地は、壁部材であっても壁厚が比較的厚い（1m程度以上）ときにはひび割れが貫通していないことも多い。有害なひび割れを避ける場合5m程度の間隔、ひび割れを発生させない場合3m程度の間隔で、断面欠損率も**50%以下**で設定できる場合もある。ただし、使用材料、施工環境および部材寸法により、確実にひび割れを所定の位置に誘発させるための最適な設置間隔や断面欠損率は異なるため、計画するにあたっては過去の実績なども考慮してこれらを適切に選定する必要がある。

なお、目地にひび割れを誘導させた後は、ひび割れの進展や幅の拡大が収まった時点でその個所をシールして、ひび割れから鉄筋腐食因子などが内部に侵入しないように処理する必要がある。このため、このシールが容易となるように、ひび割れ誘発目地設置部のコンクリート表面をあらかじめカットしておき、ひび割れが目地に誘導された後に**シーリング材**や**樹脂モルタル**など、環境条件や構造物に要求される耐久性のレベルに応じた適切な材料を用いてそのカット部を**充填**し、目地をシールする。また、水密性が要求される部材に目地を設置する場合には、目地部の適当な位置に**止水板**を設置し、目地に導入されたひび割れからの漏水を防止するための対策を施さなければならない。

3.11 鉄筋工の計画

- (1) 鉄筋は設計で定められた正しい形状および寸法を保持するように、材質を害さない適切な方法で加工し、これを所定の位置に正確に、堅固に組み立てられるよう事前に計画を定めなければならない。
- (2) 特に、かぶりに関しては所定の値を確保できるようスペーサの材質、数、配置位置などについて計画しなければならない。

【解説】(1)について 鉄筋の加工について：鉄筋を加工する場合には、鉄筋の形状および寸法が正しく、鉄筋の材質を害さない適切な方法により行わなければならない。設計図に鉄筋の曲げ半径が示されていないときは、土木学会 コンクリート標準示方書 [設計編] 表 13.6.1 に示されている曲げ内半径以上で鉄筋を曲げなければならない。鉄筋の加工機械には、鉄筋切断機と鉄筋曲げ機がある。一般に、鉄筋の曲げ加工には、鉄筋の種類に応じた適切な曲げ機械を用いて行うことが望ましい。なお、いったん曲げ加工した鉄筋を曲げ戻すと材質を害するおそれがあるため、曲げ加工した鉄筋の曲げ戻しは行ってはならない。施工継目等のところで一時的に鉄筋を曲げておき、後で所定の位置に曲げ戻す場合には、曲げおよび曲げ戻しをできるだけ大きい半径で行うか、900～1000℃程度で行うなどの適切な対処が必要である。

鉄筋の加工温度について：機械加工により太い鉄筋でも常温における曲げ加工が容易にできるので、鉄筋の加工は常温で行うのが原則である。熱間圧延によって製造した普通の鉄筋では、加熱温度 900～1000℃程度で加熱加工し急な冷却をしない場合には特に材質が害されることはない。しかし、工事現場では加熱温度や冷却速度が適切でなかったり、加工作業が適切でなかったりするおそれがある。径の太い鉄筋を熱して加工するときには、加熱温度を十分管理し、急冷させないことが大切である。

鉄筋を溶接する場合の注意点について：鉄筋の溶接を行うと、鉄筋の性能低下が懸念されることから、原則として鉄筋を溶接してはならない。やむを得ず溶接する場合には、溶接した鉄筋が構造物の性能に与える影響について十分に調査し、かつ現場で施工する際には、十分な施工管理を行う必要がある。また、溶接した鉄筋を曲げ加工する場合は、加工性ならびに信頼性を考慮し、溶接した部分より鉄筋直径の 10 倍以上離れたところで曲げ加工するのがよい。

特殊な鉄筋の加工について：亜鉛めっき鉄筋およびエポキシ樹脂塗装鉄筋の加工にあたっては、それぞれ土木学会 亜鉛めっき鉄筋を用いる鉄筋コンクリートの設計施工指針(案) および土木学会 エポキシ樹脂塗装鉄筋を用いる鉄筋コンクリートの設計施工指針(案) を参考にするとよい。

鉄筋の組立て前に実施する準備について：鉄筋は、組み立てる前に清掃し、浮きさび等鉄筋とコンクリートとの付着を害するおそれのあるものを取り除かなければならない。鉄筋とコンクリートの付着を害するものには浮きさび、どろ、油、ペンキなどがある。また、組み立てられた鉄筋に付着して硬化したモルタルは、コンクリートとの付着を低下させるので、ワイヤブラシなどで除去しなければならない。

鉄筋の組立てについて：鉄筋の位置のくずれがわずかであっても、鉄筋コンクリート部材の強度に影響を及ぼしたり、耐久性を損なうことになったりする。このため、鉄筋は、正しい位置に配置し、コンクリート打込み時に動かないよう堅固に組み立てなければならない。

コンクリートの打込み時には、鉄筋の移動が生じやすい。そこで、鉄筋の組立てにあたっては、鉄筋の

3.11 鉄筋工の計画

- (1) 鉄筋は設計図書で定められた正しい形状および寸法を保持するように、材質を害さない適切な方法で加工し、これを所定の位置に正確に、堅固に組み立てられるよう事前に計画を定めなければならない。
- (2) 特に、かぶりに関しては所定の値を確保できるようスペーサの材質、数、配置位置などについて計画しなければならない。

【解説】(1)について 鉄筋の加工について：鉄筋を加工する場合には、鉄筋の形状および寸法が正しく、鉄筋の材質を害さない適切な方法により行わなければならない。設計図書に鉄筋の曲げ半径が示されていないときは、土木学会 2012 年制定コンクリート標準示方書 [設計編：標準] 2.5.2 の表 2.5.1 に示されている曲げ内半径以上で鉄筋を曲げなければならない。鉄筋の加工機械には、鉄筋切断機と鉄筋曲げ機がある。一般に、鉄筋の曲げ加工には、鉄筋の種類に応じた適切な曲げ機械を用いて行うことが望ましい。なお、いったん曲げ加工した鉄筋を曲げ戻すと材質を害するおそれがあるため、曲げ加工した鉄筋の曲げ戻しは行ってはならない。施工継目等のところで一時的に鉄筋を曲げておき、後で所定の位置に曲げ戻す場合には、曲げおよび曲げ戻しをできるだけ大きい半径で行うか、900～1000℃程度で行うなどの適切な対処が必要である。

鉄筋の加工温度について：機械加工により太い鉄筋でも常温における曲げ加工が容易にできるので、鉄筋の加工は常温で行うのが原則である。熱間圧延によって製造した普通の鉄筋では、加熱温度 900～1000℃程度で加熱加工し急な冷却をしない場合には特に材質が害されることはない。しかし、工事現場では加熱温度や冷却速度が適切でなかったり、加工作業が適切でなかったりするおそれがある。径の太い鉄筋を熱して加工するときには、加熱温度を十分管理し、急冷させないことが大切である。

鉄筋を溶接する場合の注意点について：鉄筋の溶接を行うと、鉄筋の性能低下が懸念されることから、原則として鉄筋を溶接してはならない。やむを得ず溶接する場合には、溶接した鉄筋が構造物の性能に与える影響について十分に調査し、かつ現場で施工する際には、十分な施工管理を行う必要がある。また、溶接した鉄筋を曲げ加工する場合は、加工性ならびに信頼性を考慮し、溶接した部分より鉄筋直径の 10 倍以上離れたところで曲げ加工するのがよい。

特殊な鉄筋の加工について：亜鉛めっき鉄筋およびエポキシ樹脂塗装鉄筋の加工にあたっては、それぞれ土木学会 亜鉛めっき鉄筋を用いる鉄筋コンクリートの設計施工指針(案)および土木学会 エポキシ樹脂塗装鉄筋を用いる鉄筋コンクリートの設計施工指針【改訂版】を参考にするとよい。

鉄筋の組立て前に実施する準備について：鉄筋は、組み立てる前に清掃し、浮きさび等鉄筋とコンクリートとの付着を害するおそれのあるものを取り除かなければならない。鉄筋とコンクリートの付着を害するものには浮きさび、どろ、油、ペンキなどがある。また、組み立てられた鉄筋に付着して硬化したモルタルは、コンクリートとの付着を低下させるので、ワイヤブラシなどで除去しなければならない。

鉄筋の組立てについて：鉄筋の位置のくずれがわずかであっても、鉄筋コンクリート部材の耐力に影響を及ぼしたり、かぶりが不足すると耐久性を損なうことになったりする。このため、鉄筋は、正しい位置に配置し、コンクリート打込み時に動かないよう堅固に組み立てなければならない。

コンクリートの打込み時には、鉄筋の移動が生じやすい。そこで、鉄筋の組立てにあたっては、鉄筋の

かぶりあるいは鉄筋相互のあきが所定の誤差範囲内に納まるように、適切な鉄筋の固定方法を選定する必要がある。設計図の中には、鉄筋の中心線のみでその位置を示し、かぶりを適切に表示していないものがある。このため、かぶりや鉄筋相互のあきを正確に確保するためには、鉄筋の外径や曲げ加工半径、組立順序等を考慮して、鉄筋の組立図を作成して事前に配筋精度を確認しておくのがよい。

組立用鋼材について：組立用鋼材は、鉄筋の位置を固定するために必要なばかりではなく、組立てを容易にするためにもこれを用いることが有効である。一般に、組立用鋼材は、設計図に示されるが、それ以外に組立用鋼材を用いるのが有利と判断される場合には、組立用鋼材を適切な箇所配置するよう計画する。

鉄筋位置の固定方法について：鉄筋相互の位置を固定するためには、鉄筋の交点を直径 0.8mm 以上の焼きなまし鉄線で結束するのが普通である。鉄筋の交点を固定するために、鉄線以外にも種々のクリップを用いる方法や点溶接を行う方法がある。しかし、点溶接は、局所的な加熱によって鉄筋の材質を害するおそれがあり、特に疲労強度を著しく低下させることがある。したがって、点溶接により鉄筋を固定する場合には、荷重の性質、構造物の重要度、鉄筋の材質および径、溶接工の技量、溶接方法を考慮して、有害な影響がないよう適切に計画する必要がある。

鉄筋の継手について：鉄筋の継手は、一般的に設計図に示されているものである。設計図に示されていない鉄筋の継手を設ける場合の継手の位置および方法は、土木学会 コンクリート標準示方書〔設計編〕「13.7 鉄筋の継手」に従って、適切に計画しなければならない。一般に、鉄筋を継ぐということは構造上の弱点となるので、鉄筋に生じる応力が小さい位置に継手を設けるよう計画しなければならない。また、部材の一断面に集中して継手を設けてはならず、相互（千鳥状）にずらして分散させる。

鉄筋の重ね継手について：鉄筋の重ね継手は、所定の長さを重ね合せて、直径 0.8mm 以上の焼きなまし鉄線で数箇所緊結することを原則とする。この場合、焼きなまし鉄線で巻く長さがあまり長いとコンクリートと鉄線との付着強度が低下し、継手の強度が低下することになるため、焼きなまし鉄線で巻く長さはできるだけ短いのがよい。重ね継手における重ね合せ長さは、土木学会 コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕「9.6.2 重ね継手」に従い、適切な値に定める。

重ね継手以外の鉄筋の継手について：鉄筋の継手に圧着継手、ねじふし鉄筋継手、ねじ加工継手、溶融金属充てん継手、モルタル充てん継手、自動ガス圧接継手、エンクローズ溶接継手、アモルファス接合継手などを用いる場合は、それぞれの継手指針の規定に従うこととする。すなわち、ねじふし鉄筋継手、ねじ加工継手、溶融金属充てん継手、モルタル充てん継手および自動ガス圧接継手は土木学会 鉄筋継手指針に、エンクローズ溶接継手は土木学会 鉄筋継手指針（その 2）に、アモルファス接合継手は土木学会 鉄筋のアモルファス接合継手設計指針（案）にそれぞれ従うこととする。また、ガス圧接継手の施工における圧接装置、圧接工の資格、圧接作業、検査（非破壊検査を含む）等の全般については、日本圧接協会 鉄筋のガス圧接工事標準仕様書に規定されているのでこれを参考にするとよい。ここに示した以外の継手方法および接続具を用いる場合は、施工前に試験によってその性能を確認しなければならない。鉄筋の継手の性能の評価は、土木学会 鉄筋継手指針の「鉄筋継手評価指針（案）」によるものとする。

露出した鉄筋の取扱いについて：将来の継足しのために、構造物から露出しておく鉄筋は、損傷、腐食等を受けないように、これを保護しなければならない。鉄筋の腐食を防ぐには、セメントペーストを塗ったり、高分子材料の被膜で包んだりする方法がある。いずれの場合にも、将来、継ぎ足す場合には、コンクリートとの付着を害するものはこれを完全に除去することが必要である。また、鉄筋を雨から防ぐ目的

かぶりあるいは鉄筋相互のあきが所定の誤差範囲内に納まるように、適切な鉄筋の固定方法を選定する必要がある。設計図書の中には、鉄筋の中心線のみでその位置を示し、かぶりを適切に表示していないものがある。このため、かぶりや鉄筋相互のあきを正確に確保するためには、鉄筋の外径や曲げ加工半径、組立順序等を考慮して、鉄筋の組立図を作成して事前に配筋精度を確認しておくのがよい。

組立用鋼材について：組立用鋼材は、鉄筋の位置を固定するために必要なばかりではなく、組立てを容易にするためにもこれを用いることが有効である。一般に、組立用鋼材は、設計図書に示されるが、それ以外に組立用鋼材を用いるのが有利と判断される場合には、組立用鋼材を適切な箇所配置するよう計画する。なお、組立用鋼材についても、耐久性の観点から、所定のかぶりを確保しなければならない。

鉄筋位置の固定方法について：鉄筋相互の位置を固定するためには、鉄筋の交点を直径 0.8mm 以上の焼きなまし鉄線で結束するのが普通である。鉄筋の交点を固定するために、鉄線以外にも種々のクリップを用いる方法や点溶接を行う方法がある。しかし、点溶接は、局所的な加熱によって鉄筋の材質を害するおそれがあり、特に疲労強度を著しく低下させることがある。したがって、点溶接により鉄筋を固定する場合には、荷重の性質、構造物の重要度、鉄筋の材質および径、溶接工の技量、溶接方法を考慮して、有害な影響がないよう適切に計画する必要がある。結束に用いる焼きなまし鉄線は、これをかぶり内に残すと、鉄線が腐食し、鉄筋の腐食を誘発するおそれがあるので、鉄筋の内側に押し曲げておく必要がある。

鉄筋の継手について：鉄筋の継手は、一般的に設計図書に示されているものである。設計図書に示されていない鉄筋の継手を設ける場合の継手の位置および方法は、土木学会 2012 年制定コンクリート標準示方書〔設計編：本編〕「13.7 鉄筋の継手」、〔設計編：標準〕7 編「2.6 鉄筋の継手」に従って、適切に計画しなければならない。一般に、鉄筋を継ぐということは構造上の弱点となるので、鉄筋に生じる応力が小さい位置に継手を設けるよう計画しなければならない。また、部材の一断面に集中して継手を設けてはならず、相互（千鳥状）にずらして分散させる。

鉄筋の重ね継手について：鉄筋の重ね継手は、所定の長さを重ね合せて、直径 0.8mm 以上の焼きなまし鉄線で数箇所緊結することを原則とする。この場合、焼きなまし鉄線で巻く長さがあまり長いとコンクリートと鉄線との付着強度が低下し、継手の強度が低下することになるため、焼きなまし鉄線で巻く長さは確実に緊結できる適切な長さとし、必要以上に長くしない。重ね継手における重ね合せ長さは、土木学会 2012 年制定コンクリート標準示方書〔設計編：標準〕「2.6.2 軸方向鉄筋の継手」、「2.6.3 横方向鉄筋の継手」に従い、適切な値に定める。

重ね継手以外の鉄筋の継手について：ガス圧接継手（手動ガス圧接継手、自動ガス圧接継手、熱間押抜ガス圧接継手）、溶接継手（突合せアーク溶接継手、突合せアークスタッド溶接継手、突合せ抵抗溶接継手、フレア溶接継手）、機械式継手（スリーブ圧着継手、スリーブ圧着ネジ継手、ねじふし鉄筋継手、モルタル充填継手、摩擦圧接ネジ継手、くさび固定継手、供用式継手）が、「鉄筋定着・継手指針」において規定されている。この指針では、施工および検査の装置、方法、実施する者の資格、あるいはこれらに起因する信頼度などについて規定しているので、あらかじめ理解した上で実施する必要がある。このほか、継手の施工計画、施工および検査に関しては、日本鉄筋継手協会から鉄筋継手工事標準仕様書が発行されているので参考にするとよい。

露出した鉄筋の取扱いについて：将来の継足しのために、構造物から露出しておく鉄筋は、損傷、腐食等を受けないように、これを保護しなければならない。鉄筋の腐食を防ぐには、セメントペーストを塗ったり、高分子材料の被膜で包んだりする方法がある。いずれの場合にも、将来、継ぎ足す場合には、コンクリートとの付着を害するものはこれを完全に除去することが必要である。また、鉄筋を雨から防ぐ目的で、鉄筋継ぎ足し部に気密性のあるキャップをかぶせ、湿気や空気が入らないようにできるだけ鉄筋に密

で、鉄筋継ぎ足し部にビニール製の袋をかぶせておくことも有効である。

組み立てた鉄筋の設置について：組み立てた鉄筋を所定の位置に設置する場合、吊上げによって組み立てた鉄筋の形状や寸法の乱れ、過大な変形等の有害な影響が残らないように、必要に応じて吊り枠や吊上げのための補強鋼材を配置するなど、安全性を十分考慮して吊上げ方法を適切に計画する必要がある。また、組み立てた鉄筋を所定の位置に正確に設置するためには、設置に便利のように型枠の上部、その他必要な位置に目印を設けておくのがよい。

組み立てた鉄筋の各単位を信頼性の高い方法により接続することは、構造物の強度を確保するうえで重要である。このため、組み立てた鉄筋の各単位の接続は、所定の継手性能が得られる方法を選定しなくてはならない。

(2)について かぶりの確保について：かぶりとは、コンクリート中に配置された鉄筋、PC鋼材、シーすあるいは形鋼の表面から、これらを覆うコンクリートの表面までの最短距離のことをいう。構造物の耐久性に対しては、かぶりの確保が重要である。かぶりの確保においては、主筋の表面からの距離を確保するのはもちろんのこと、スターラップ、帯筋、配力筋および組立用鋼材などコンクリート中に設置されているすべての鋼材を対象にしなければならない。鉄筋のかぶりを確保するためには、使用箇所、環境、鋼材量等を考慮して、スペーサの材質、数、配置位置などについて計画する必要がある。

スペーサの材質について：一般に使用されているスペーサには、モルタル製、コンクリート製、鋼製、プラスチック製、セラミック製などがある。型枠に接するスペーサは、モルタル製あるいはコンクリート製を使用することを原則とする。モルタル製あるいはコンクリート製のスペーサを用いる場合は、本体コンクリートと同等以上の品質を有するものを用いる。また、鋼製スペーサは腐食環境の厳しい地域に使用すると、発錆し、錆汁によりコンクリートの表面が褐色に変化してくるので、特に腐食環境の厳しい地域では使用しない。プラスチック製のスペーサは、コンクリートとの熱膨張率の相違、**付着および耐力不足等の問題がある**。また、ステンレス鋼等の耐食性金属でできたスペーサは、異種金属間の接触腐食の問題など不明確な点がある。

スペーサの数について：スペーサの数は、土木工事共通仕様書に従って設置する。ただし、事前に行う協議において、上記のスペーサの個数では所定のかぶりを確保することが困難と判断された場合には、スペーサを適切な個数まで増加することが重要であり、これを計画に反映する必要がある。また、スペーサの配置位置は、配筋の際に描く縮尺の大きい施工図面に記載するのがよい。なお、スペーサの材質や配置の検討に際しては、**(社)日本土木工業協会**「鉄筋工事用スペーサ設計施工ガイドライン」を参照するのがよい。

3.12 型枠および支保工の計画

型枠および支保工の計画は、コンクリート構造物が正確な位置、形状、寸法を保つとともに打ち込まれたコンクリートを保護することができるように、それらの構造、材質、組立て、取外しその他の事項について定めなければならない。

【解説】 型枠は、せき板、支保材から構成され、コンクリートの打込み後硬化するまで構造物の正確な位置、形状、寸法を保つとともにコンクリートを保護する役割をもつものであり、その材料、構成およ

着させておくことも効果がある。

組み立てた鉄筋の設置について：組み立てた鉄筋を所定の位置に設置する場合、吊上げによって組み立てた鉄筋の形状や寸法の乱れ、過大な変形等の有害な影響が残らないように、必要に応じて吊り枠や吊上げのための補強鋼材を配置するなど、安全性を十分考慮して吊上げ方法を適切に計画する必要がある。また、組み立てた鉄筋を所定の位置に正確に設置するためには、設置に便利のように型枠の上部、その他必要な位置に目印を設けておくのがよい。

組み立てた鉄筋の各単位を信頼性の高い方法により接続することは、構造物の強度を確保するうえで重要である。このため、組み立てた鉄筋の各単位の接続は、所定の継手性能が得られる方法を選定しなくてはならない。

(2)について かぶりの確保について：かぶりとは、コンクリート中に配置された鉄筋、PC鋼材、シーすあるいは形鋼の表面から、これらを覆うコンクリートの表面までの最短距離のことをいう。構造物の耐久性に対しては、かぶりの確保が重要である。かぶりの確保においては、主筋の表面からの距離を確保するのはもちろんのこと、スターラップ、帯筋、配力筋および組立用鋼材などコンクリート中に設置されているすべての鋼材を対象にしなければならない。鉄筋のかぶりを確保するためには、使用箇所、環境、鋼材量等を考慮して、スペーサの材質、数、配置位置などについて計画する必要がある。

スペーサの材質について：一般に使用されているスペーサには、モルタル製、コンクリート製、鋼製、プラスチック製、セラミック製などがある。型枠に接するスペーサは、モルタル製あるいはコンクリート製を使用することを原則とする。モルタル製あるいはコンクリート製のスペーサを用いる場合は、本体コンクリートと同等以上の品質を有するものを用いる。また、鋼製スペーサは腐食環境の厳しい地域に使用すると、発錆し、錆汁によりコンクリートの表面が褐色に変化してくるので、特に腐食環境の厳しい地域では使用しない。プラスチック製のスペーサは、コンクリートとの熱膨張率の相違**や付着等の問題を生じる場合がある**。また、ステンレス鋼等の耐食性金属でできたスペーサは、異種金属間の接触腐食の問題など不明確な点がある。

スペーサの数について：スペーサの数は、土木工事共通仕様書に従って設置する。ただし、事前に行う協議において、上記のスペーサの個数では所定のかぶりを確保することが困難と判断された場合には、スペーサを適切な個数まで増加することが重要であり、これを計画に反映する必要がある。また、スペーサの配置位置は、配筋の際に描く縮尺の大きい施工図面に記載するのがよい。なお、スペーサの材質や配置の検討に際しては、**(一社)日本建設業連合協会**「鉄筋工事用スペーサ設計施工ガイドライン」を参照するのがよい。

3.12 型枠および支保工の計画

型枠および支保工の計画は、コンクリート構造物が正確な位置、形状、寸法を保つとともに打ち込まれたコンクリートを保護することができるように、それらの構造、材質、組立て、取外しその他の事項について定めなければならない。

【解説】 型枠は、せき板、支保材から構成され、コンクリートの打込み後硬化するまで構造物の正確な位置、形状、寸法を保つとともにコンクリートを保護する役割をもつものであり、その材料、構成およ

び施工の良否は完成したコンクリート構造物の精度，外観に直接影響を与えるきわめて重要なものである。型枠および支保工の計画にあたっては，作用する荷重，材料，設計，施工，取外し時期などについて定める必要がある。なお，重要度の高い構造物はかぶりが多いことが多く，かぶり部分のコンクリートを**振動機**により締め固めることがある。このような場合は，締め固め中に型枠が移動もしくは変形するのである。一般の場合よりも型枠を堅固に行うなどの配慮が必要である。

型枠および支保工に作用する荷重の種類について：型枠および支保工は，構造物の種類，規模，重要度，施工条件および環境条件を考慮して，鉛直方向荷重，水平方向荷重，コンクリートの側圧，その他特殊荷重が作用するので，それぞれの荷重を算定する際は，原則として土木学会 コンクリート標準示方書【**施工標準編**】「11.2 荷重」に従うとよい。

型枠および支保工に作用する鉛直荷重について：鉛直方向の荷重としては，型枠，支保工，コンクリート，鉄筋，作業員，施工機械器具，仮設備等の質量および衝撃がある。

型枠および支保工に作用する水平荷重について：水平方向の荷重としては，型枠の傾斜，作業時の振動，衝撃，通常考えられる偏載荷重，施工誤差，等に起因するもののほか，必要に応じて風圧，流水圧，地震等を考慮しなければならない。なお，設計に当たっては，実際に作用する水平方向荷重を考慮するのを原則とするが，実際に作用する水平方向荷重が照査水平方向荷重より小さい場合には照査水平方向荷重を用いて安全性を検討するものとする。

型枠および支保工に作用するコンクリートの側圧について：コンクリートの側圧は，使用材料，配合，打込み速度，打込み高さ，締め固め方法および打込み時のコンクリートの温度によって異なるほか，使用する混和剤の種類，部材の断面寸法，鉄筋量等によっても影響を受けるので，その値を定める場合には，これらの要因の影響を十分に検討しなければならない。

型枠および支保工に作用する特殊荷重について：特殊荷重とは，コンクリートを非対称に打ち込むときの偏載荷重，型枠底面の傾斜による打ち込み時の水平分力およびホーラスラブの埋設型枠に作用する揚圧力のように，工事中に，型枠および支保工に作用することが予想される荷重のことであり，これら特殊荷重の影響が無視できない場合は，型枠および支保工の設計に考慮する必要がある。

型枠および支保工に用いる材料について：型枠および支保工に用いる材料は，強度，剛性，耐久性，作業性，打ち込まれるコンクリートに対する影響，コンクリート構造物の美観および経済性を考慮して選定する。型枠および支保工は，比較的大きな荷重を受け，一般に何回も繰り返して使用するので，損傷，変形，腐食を起こしやすい。ただし，構造物の種類，転用回数あるいは型枠および支保工の使用箇所による重要度によってその選定条件は異なる。したがって，型枠および支保工に用いる材料は，土木学会 コンクリート標準示方書【**施工標準編**】「11.7 材料」に示す諸要素を十分考慮したうえで選定する。

型枠に用いる材料について：型枠に使用される材料は，木板，合板，鋼製，軽金属製，プラスチック製，コンクリート板製，紙製等多くの種類があるが，一般には合板，鋼製型枠が使用されている。合板は，加工が容易で仕上りが美しく，経済的であるなどの利点を有することから広く使用されている。しかし，鋼製型枠に比べて，アルカリに弱いこと，耐久性・転用性の面で劣っているなどの欠点がある。また，コンクリートと直接接するせき板や用いる剥離剤の材質によって，コンクリートの表面に気泡が発生するので，使用実績や経験などを参考として選定することが必要である。

支保工に用いる材料について：支保工に使用されている材料は，木材および鋼材である。一般には，鋼製支保工を主として用い，一部に木材が用いられている。支保工は，単管支柱，パイプサポート，枠組み支柱がある。使用する材料や強度については，単管支柱は JIS A 8951「鋼管足場」に，鋼管支柱は JIS A

び施工の良否は完成したコンクリート構造物の精度，外観に直接影響を与えるきわめて重要なものである。型枠および支保工の計画にあたっては，作用する荷重，材料，設計，施工，取外し時期などについて定める必要がある。なお，重要度の高い構造物はかぶりが多いことが多く，かぶり部分のコンクリートを**パイプレータ**により締め固めることがある。このような場合は，締め固め中に型枠が移動もしくは変形するのである。一般の場合よりも型枠を堅固に行うなどの配慮が必要である。

型枠および支保工に作用する荷重の種類について：型枠および支保工は，構造物の種類，規模，重要度，施工条件および環境条件を考慮して，鉛直方向荷重，水平方向荷重，コンクリートの側圧，その他特殊荷重が作用するので，それぞれの荷重を算定する際は，原則として土木学会 **2012 年制定**コンクリート標準示方書【**施工編：施工標準**】「11.2 荷重」に従うとよい。

型枠および支保工に作用する鉛直荷重について：鉛直方向の荷重としては，型枠，支保工，コンクリート，鉄筋，作業員，施工機械器具，仮設備等の質量および衝撃がある。

型枠および支保工に作用する水平荷重について：水平方向の荷重としては，型枠の傾斜，作業時の振動，衝撃，通常考えられる偏載荷重，施工誤差，等に起因するもののほか，必要に応じて風圧，流水圧，地震等を考慮しなければならない。なお，設計に当たっては，実際に作用する水平方向荷重を考慮するのを原則とするが，実際に作用する水平方向荷重が照査水平方向荷重より小さい場合には照査水平方向荷重を用いて安全性を検討するものとする。

型枠および支保工に作用するコンクリートの側圧について：コンクリートの側圧は，使用材料，配合，打込み速度，打込み高さ，締め固め方法および打込み時のコンクリートの温度によって異なるほか，使用する混和剤の種類，部材の断面寸法，鉄筋量等によっても影響を受けるので，その値を定める場合には，これらの要因の影響を十分に検討しなければならない。

型枠および支保工に作用する特殊荷重について：特殊荷重とは，コンクリートを非対称に打ち込むときの偏載荷重，型枠底面の傾斜による打ち込み時の水平分力およびホーラスラブの埋設型枠に作用する揚圧力のように，工事中に，型枠および支保工に作用することが予想される荷重のことであり，これら特殊荷重の影響が無視できない場合は，型枠および支保工の設計に考慮する必要がある。

型枠および支保工に用いる材料について：型枠および支保工に用いる材料は，強度，剛性，耐久性，作業性，打ち込まれるコンクリートに対する影響，コンクリート構造物の美観および経済性を考慮して選定する。型枠および支保工は，比較的大きな荷重を受け，一般に何回も繰り返して使用するので，損傷，変形，腐食を起こしやすい。ただし，構造物の種類，転用回数あるいは型枠および支保工の使用箇所による重要度によってその選定条件は異なる。したがって，型枠および支保工に用いる材料は，土木学会 **2012 年制定**コンクリート標準示方書【**施工編：施工標準**】「11.3 材料」に示す諸要素を十分考慮したうえで選定する。

型枠に用いる材料について：型枠に使用される材料は，木板，合板，鋼製，軽金属製，プラスチック製，コンクリート板製，紙製等多くの種類があるが，一般には合板，鋼製型枠が使用されている。合板は，加工が容易で仕上りが美しく，経済的であるなどの利点を有することから広く使用されている。しかし，鋼製型枠に比べて，アルカリに弱いこと，耐久性・転用性の面で劣っているなどの欠点がある。また，コンクリートと直接接するせき板や用いる剥離剤の材質によって，コンクリートの表面に気泡が発生するので，使用実績や経験などを参考として選定することが必要である。

支保工に用いる材料について：支保工に使用されている材料は，木材および鋼材である。一般には，鋼製支保工を主として用い，一部に木材が用いられている。支保工は，単管支柱，パイプサポート，枠組み支柱がある。使用する材料や強度については，単管支柱は JIS A 8951「鋼管足場」に，鋼管支柱は JIS A

8651「パイプサポート」にそれぞれ規定されている。

型枠の設計について：型枠の設計にあたっては、土木学会 コンクリート標準示方書〔**施工標準編**〕「11.4 型枠の設計」に従うことを原則とする。

型枠は、作用荷重に対して形状および位置を正確に保てるように、適切な**締付け材などを用いて固定しなければならない**。

型枠は、組立および取外し作業が容易に行われるとともに、取外し時にコンクリートその他に振動や衝撃などを及ぼさない構造とする。

型枠を正しい位置、形状、寸法に造り、かつ、せき板またはパネルの継目からモルタルが漏れるのを防ぐためには、型枠の継目を部材軸に直角または並行とする必要がある。

型枠のすみに適当な面取り材をつけてコンクリートのかどに面取りを設けることは、型枠取外しの際や工事の完成後、衝撃によってコンクリートのかどが破損するのを防ぐのに役立つ。したがって、特に指定のない場合でもコンクリートのかどに面取りができる構造を標準とする。

必要のある場合には、型枠の清掃、検査およびコンクリートの打込みに便利なように、適当な位置に一時的な開口を設けなければならない。なお、ここで必要のある場合とは、型枠組立後、内部が閉塞してしまい組立後やコンクリート打込み前の清掃、検査に支障をきたす場合や、型枠高さが大きく、コンクリート打込み時に所定の打込み高さを確保できないような場合をいう。

支保工の設計について：支保工の設計にあたっては、土木学会 コンクリート標準示方書〔**施工標準編**〕「11.5 支保工の設計」に従い計画を作成することを原則とする。

支保工の形式について：支保工は、その受ける荷重を適切な方法で確実に基礎に伝えられるように適切な形式を選定する。支保工が鉛直方向の荷重に対して十分な強度を持ち、座屈に対する安全性を有するためには、必要に応じて十分なつなぎ材、すじかい等を用いて支柱を固定するなどの対策がある。また、基礎の不同沈下などによる支柱の荷重分担の変化に対しては、一般にはりなどを用いて、荷重を各支柱に分布させるなどの対策をとるとよい。水平方向の荷重に対しては、支保工上部のはりなどの両端を、既設構造物、その他の支持物に固定するか、つなぎ材、すじかい等を用いて抵抗させるなどの対策がある。

支保工の構造について：支保工は、組立および取外し作業が容易に行われるとともに、その継手や接続部は取外し時にコンクリートその他に振動や衝撃などを及ぼさない構造としなければならない。構造物に衝撃を与えず容易かつ安全な取外しを可能とするためには、ジャッキ、くさび等を用いた構造がある。支柱の継手には突合せ継手または差込み継手を用い、鋼材と鋼材の接続部や交差部にはボルト、クランプ等の金具を用いて緊結するなどの対策を施すと継手や接続部の荷重伝達に効果的である。なお、はりの高さが大きい場合には、はりとはりの間につなぎを設けて、横倒れ防止対策を施すのがよい。

支保工の基礎について：支保工の基礎は、過度の沈下や不同沈下などを生じないようにしなければならない。基礎の沈下を避けるためには、弱い地盤においては荷重を地盤に分布させたり、適切に基礎を補強するなどの対策をとるのがよい。

支保工の設計においてその他考慮すべき事項について：支保工の設計においては、施工時および完成後のコンクリート自重による沈下、変形を考慮して適当な上げ越しを行うものとする。また、支保工の上げ越しを行うにあたっては、必要に応じて完成後の構造物に生じるコンクリート自重によるクリープ等のたわみについても併せて考慮する。一般に、上げ越し量は、**設計図**に示しておく必要がある。

型枠の施工について：型枠の施工にあたっては、土木学会 コンクリート標準示方書〔**施工標準編**〕「11.6 型枠の施工」に従い計画を作成することを原則とする。特に、高流動コンクリートを採用する場合は、せき板の隙間からペーストやコンクリートが流出しやすい。このため、高流動コンクリートを採用

8651「パイプサポート」にそれぞれ規定されている。

型枠の設計について：型枠の設計にあたっては、土木学会 **2012 年制定**コンクリート標準示方書〔**施工編：施工標準**〕「11.4 型枠の設計」に従うことを原則とする。

型枠は、作用荷重に対して形状および位置を正確に保てるように、適切な**締付け金物を選定しなければならない**。

型枠は、組立および取外し作業が容易に行われるとともに、取外し時にコンクリートその他に振動や衝撃などを及ぼさない構造とする。

型枠を正しい位置、形状、寸法に造り、かつ、せき板またはパネルの継目からモルタルが漏れるのを防ぐためには、型枠の継目を部材軸に直角または並行とする必要がある。

型枠のすみに適当な面取り材をつけてコンクリートのかどに面取りを設けることは、型枠取外しの際や工事の完成後、衝撃によってコンクリートのかどが破損するのを防ぐのに役立つ。したがって、特に指定のない場合でもコンクリートのかどに面取りができる構造を標準とする。

必要のある場合には、型枠の清掃、検査およびコンクリートの打込みに便利なように、適当な位置に一時的な開口を設けなければならない。なお、ここで必要のある場合とは、型枠組立後、内部が閉塞してしまい組立後やコンクリート打込み前の清掃、検査に支障をきたす場合や、型枠高さが大きく、コンクリート打込み時に所定の打込み高さを確保できないような場合をいう。

支保工の設計について：支保工の設計にあたっては、土木学会 **2012 年制定**コンクリート標準示方書〔**施工編：施工標準編**〕「11.5 支保工の設計」に従い計画を作成することを原則とする。

支保工の形式について：支保工は、その受ける荷重を適切な方法で確実に基礎に伝えられるように適切な形式を選定する。支保工が鉛直方向の荷重に対して十分な強度を持ち、座屈に対する安全性を有するためには、必要に応じて十分なつなぎ材、すじかい等を用いて支柱を固定するなどの対策がある。また、基礎の不同沈下などによる支柱の荷重分担の変化に対しては、一般にはりなどを用いて、荷重を各支柱に分布させるなどの対策をとるとよい。水平方向の荷重に対しては、支保工上部のはりなどの両端を、既設構造物、その他の支持物に固定するか、つなぎ材、すじかい等を用いて抵抗させるなどの対策がある。

支保工の構造について：支保工は、組立および取外し作業が容易に行われるとともに、その継手や接続部は取外し時にコンクリートその他に振動や衝撃などを及ぼさない構造としなければならない。構造物に衝撃を与えず容易かつ安全な取外しを可能とするためには、ジャッキ、くさび等を用いた構造がある。支柱の継手には突合せ継手または差込み継手を用い、鋼材と鋼材の接続部や交差部にはボルト、クランプ等の金具を用いて緊結するなどの対策を施すと継手や接続部の荷重伝達に効果的である。なお、はりの高さが大きい場合には、はりとはりの間につなぎを設けて、横倒れ防止対策を施すのがよい。

支保工の基礎について：支保工の基礎は、過度の沈下や不同沈下などを生じないようにしなければならない。基礎の沈下を避けるためには、弱い地盤においては荷重を地盤に分布させたり、適切に基礎を補強するなどの対策をとるのがよい。

支保工の設計においてその他考慮すべき事項について：支保工の設計においては、施工時および完成後のコンクリート自重による沈下、変形を考慮して適当な上げ越しを行うものとする。また、支保工の上げ越しを行うにあたっては、必要に応じて完成後の構造物に生じるコンクリート自重によるクリープ等のたわみについても併せて考慮する。一般に、上げ越し量は、**設計図書**に示しておく必要がある。

型枠の施工について：型枠の施工にあたっては、土木学会 **2012 年制定**コンクリート標準示方書〔**施工編：施工標準**〕「11.6 型枠の施工」に従い計画を作成することを原則とする。特に、高流動コンクリートを採用する場合は、せき板の隙間からペーストやコンクリートが流出しやすい。このため、高流動コン

する場合の型枠の施工は、通常の場合より慎重かつ強固に行うことが必要である。

型枠の締付けについて：型枠の締付けには、ボルトまたは棒鋼を用いるのを標準とする。なお、鉄線を締め付け材として使用すると、伸びたり切れたりするおそれがあるので、特に重要な構造物には用いてはならない。また、締付け材として用いたボルト、棒鋼等をコンクリートの表面近くに残留しておく、その先端が工事完成後、水の浸透経路になったり、これがさびてコンクリート表面に汚点ができたり、あるいはコンクリートにひび割れができたりするおそれがある。このため、かぶりを考慮して適切な処置を施さなければならない。また、コンクリート面の穴は、高品質のモルタル等で埋めておく必要がある。

型枠に塗布するはく離材について：はく離材は、コンクリートが型枠に付着するのを防ぐとともに型枠の取外しを容易にするのに効果的である。このため、せき板の内面には、はく離材を塗布することを原則とする。はく離材には、木製型枠用や鋼製型枠用などの用途および材料の主成分に対応して、多くの種類の製品が市販されている。はく離材は、その主成分によって、パラフィン系、鉱物油系、動物油系、植物油系、合成樹脂系、界面活性剤系等に分類されている。それぞれのはく離材は、使用方法、塗布量、使用回数等に大きな差異があり、種類や使用方法等によっては、型枠清掃時の水洗いや降雨等によりはく離材が流出してはく離効果を減じたり、打継部等が汚染されたり、はく離材が打込み中のコンクリート内に混入したりすることがある。このため、使用するはく離剤は、あらかじめ性質や使用方法を確かめて適切に選定することが重要である。

型枠の不具合について：コンクリートの打込み前および打込み中の型枠の不具合には、モルタルの漏れ、移動、傾き、沈下、接続部のゆるみ、型枠のはらみなどがある。これらの異常が生じた場合の措置についても事前に検討し、危険を防止する対策を立てておくことが重要である。

支保工の施工について：支保工の施工を行うにあたっては、土木学会 コンクリート標準示方書〔施工標準編〕「11.7 支保工の施工」に従い計画を作成することを原則とする。

支保工は、十分な強度と安定性をもつよう施工しなければならない。支保工に十分な強度を持たせるためには、支保工の組立に先立って基礎地盤を整地し、所要の支持力が得られるように、また、不同沈下などを生じないように、必要に応じて適切な補強を行う必要がある。埋戻し土に支持させる場合は、事前の十分な転圧が必要となる。支保工の根元が水で洗われる可能性のある場合には、特に水の処理に注意する。継手や部材の接続部、交差部は間げきや緩みができないようにする。

支保工の不具合について：コンクリートの打込み前および打込み中の支保工の不具合には、支保工の移動、傾き、沈下などがある。これらの異常が生じた場合の措置についても事前に検討し、危険を防止する対策を立てておくことが重要である。

型枠および支保工の取外しについて：型枠および支保工の取外しに関しては、土木学会 コンクリート標準示方書〔施工標準編〕「11.8 型枠および支保工の取外し」に従い計画を作成することを原則とする。

型枠および支保工は、打ち込んだコンクリートが自重および施工に加わる荷重を支えるだけの十分な強度に達するまでは取り外してはならない。

型枠および支保工の取外しの時期および順序について：型枠および支保工の取外しの時期および順序は、コンクリートの強度、構造物の種類と重要度、部材の種類および大きさ、部材の受ける荷重、気温、天候、風通し等を考慮して、これらを適切に定める。

流動化コンクリートおよび高流動コンクリートを採用する場合のコンクリートの側圧について：流動化コンクリートを採用する場合は、通常のコンクリートと同様に、適切な側圧を設定する。ただし、コンクリートのスランプが 10cm を超える場合は側圧が大きくなるので、液圧で型枠を設計すると安全である。

クリートを採用する場合の型枠の施工は、通常の場合より慎重かつ強固に行うことが必要である。

型枠の締付けについて：締付け金物として用いたセパレータはコンクリートの表面近くに残留しておく、その先端が工事完成後、水の浸透経路になったり、これが腐食してコンクリート表面に汚点ができたり、あるいはコンクリートにひび割れができたりするおそれがある。このため、プラスチック製コーン（P コン）を除去した後の穴は高品質のモルタル等で埋めておく必要がある。特に水密性を要する構造物では弱点とならないように入念に施工を行う。

型枠に塗布するはく離材について：はく離材は、コンクリートが型枠に付着するのを防ぐとともに型枠の取外しを容易にするのに効果的である。このため、せき板の内面には、はく離材を塗布することを原則とする。はく離材には、木製型枠用、鋼製型枠用、双方兼用などの用途および材料の主成分に対応して、多くの種類の製品が市販されている。はく離材は、その主成分によって、パラフィン系、鉱物油系、動物油系、植物油系、合成樹脂系、界面活性剤系等に分類されている。それぞれのはく離材は、使用方法、塗布量、使用回数等に大きな差異があり、種類や使用方法等によっては、型枠清掃時の水洗いや降雨等によりはく離材が流出してはく離効果を減じたり、打継部等が汚染されたり、はく離材が打込み中のコンクリート内に混入したりすることがある。このため、使用するはく離剤は、あらかじめ性質や使用方法を確かめて適切に選定することが重要である。

型枠の不具合について：コンクリートの打込み前および打込み中の型枠の不具合には、モルタルの漏れ、移動、傾き、沈下、接続部のゆるみ、型枠のはらみなどがある。これらの異常が生じた場合の措置についても事前に検討し、危険を防止する対策を立てておくことが重要である。

支保工の施工について：支保工の施工を行うにあたっては、土木学会 コンクリート標準示方書〔施工標準編：施工標準〕「11.7 支保工の施工」に従い計画を作成することを原則とする。

支保工は、十分な強度と安定性をもつよう施工しなければならない。支保工に十分な強度を持たせるためには、支保工の組立に先立って基礎地盤を整地し、所要の支持力が得られるように、また、不同沈下などを生じないように、必要に応じて適切な補強を行う必要がある。埋戻し土に支持させる場合は、事前の十分な転圧が必要となる。支保工の根元が水で洗われる可能性のある場合には、特に水の処理に注意する。継手や部材の接続部、交差部は間げきや緩みができないようにする。特に継手については、軸線の一致が必要となる。

支保工の不具合について：コンクリートの打込み前および打込み中の支保工の不具合には、支保工の移動、傾き、沈下などがある。これらの異常が生じた場合の措置についても事前に検討し、危険を防止する対策を立てておくことが重要である。

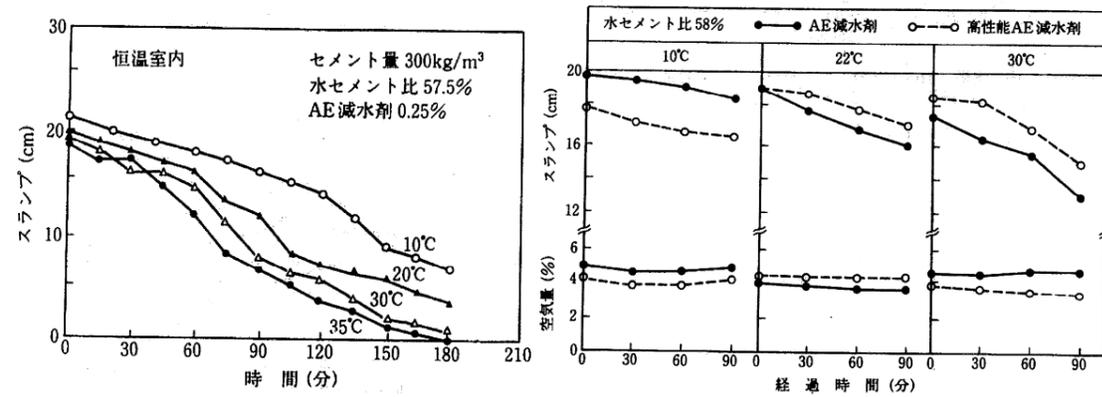
型枠および支保工の取外しについて：型枠および支保工の取外しに関しては、土木学会 2012 年制定コンクリート標準示方書〔施工編：施工標準〕「11.8 型枠および支保工の取外し」に従い計画を作成することを原則とする。

型枠および支保工は、打ち込んだコンクリートが自重および施工に加わる荷重を支えるだけの十分な強度に達するまでは取り外してはならない。

型枠および支保工の取外しの時期および順序について：型枠および支保工の取外しの時期および順序は、コンクリートの強度、構造物の種類と重要度、部材の種類および大きさ、部材の受ける荷重、気温、天候、風通し等を考慮して、これらを適切に定める。

流動化コンクリートおよび高流動コンクリートを採用する場合のコンクリートの側圧について：流動化コンクリートを採用する場合は、通常のコンクリートと同様に、適切な側圧を設定する。ただし、コンクリートのスランプが 10cm を超える場合は側圧が大きくなるので、液圧で型枠を設計すると安全である。

【解説】 コンクリートの運搬においては、コンクリートが熱せられたり乾燥したりしないよう、運搬装置や運搬経路等についてよく検討しなければならない。なお、スランブの低下の程度を考慮して、打込みの最小スランブを確保できるような荷卸し時のスランブの設定が重要である。コンクリートポンプを使用する場合は、輸送管を湿らせた布で覆うなどの対策を講じる。



解説 図 3.13.1 コンクリートのスランブの経時変化(温度別)

(出展：暑中コンクリートの施工指針・同解説，2000年9月(第2版)，日本建築学会 p37)

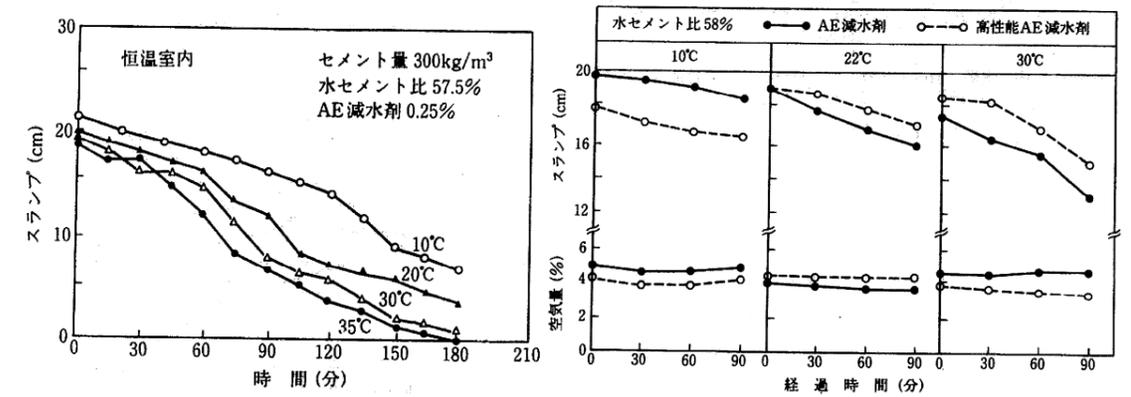
3.13.3 打込み

- (1) コンクリートの打込み計画は、地盤や型枠等がコンクリートから吸水するおそれのある部分を湿潤状態に保つ方法や、型枠、鉄筋などが高温になることを防止する方法について検討しなければならない。
- (2) コンクリートを練混ぜ始めてから打込み終わるまでの時間は、1.5時間以内を原則とし、コンクリートの打込みができるだけ早く行えるよう、事前に適切な対策を検討しなければならない。
- (3) 打込み時のコンクリート温度は、35℃以下でなければならない。また、高温によるコンクリートの品質の低下が少ないように適切な処置を講じなければならない。

【解説】(1)について 気温の高い時期にコンクリートを打ち込む場合、地盤や型枠等が乾燥しやすく、コンクリートの流動性を損なう可能性があるため、地盤や型枠等は湿潤状態に保つ必要がある。また、直射日光を受けて型枠、鉄筋等が非常に高温の状態になっている場合には、打ち込まれたコンクリートの品質に悪影響を与えることがある。このため、気温の高い時期にコンクリートの打込みを行う場合には、散水や覆い等の適切な処置の方法を示した計画とする必要がある。

(2)について コンクリートを練り混ぜ始めてから打ち終わるまでの時間は、土木学会 コンクリート標準示方書と同様に、1.5時間以内を原則とした。しかし、コンクリートの時間の経過にともなう品質の変化は、気温の上昇とともに増大する傾向にあるため、暑中コンクリートの施工においては、練り混ぜてからできるだけ早く打ち込むために適切な対策を講じることが望ましい。なお、コンクリートをできるだけ

【解説】 コンクリートの運搬においては、コンクリートが熱せられたり乾燥したりしないよう、運搬装置や運搬経路等についてよく検討しなければならない。なお、スランブの低下の程度を考慮して、打込みの最小スランブを確保できるような荷卸し時のスランブの設定が重要である。コンクリートポンプを使用する場合は、輸送管を湿らせた布で覆うなどの対策を講じる。



解説 図 3.13.1 コンクリートのスランブの経時変化(温度別)

(出展：暑中コンクリートの施工指針・同解説，2000年9月(第2版)，日本建築学会 p37)

3.13.3 打込み

- (1) コンクリートの打込み計画は、地盤や型枠等がコンクリートから吸水するおそれのある部分を湿潤状態に保つ方法や、型枠、鉄筋などが高温になることを防止する方法について検討しなければならない。
- (2) コンクリートを練混ぜ始めてから打込み終わるまでの時間は、1.5時間以内を原則とし、コンクリートの打込みができるだけ早く行えるよう、事前に適切な対策を検討しなければならない。
- (3) 打込み時のコンクリート温度の上限は、35℃以下を標準とする。また、高温によるコンクリートの品質の低下が少ないように適切な処置を講じなければならない。

【解説】(1)について 気温の高い時期にコンクリートを打ち込む場合、地盤や型枠等が乾燥しやすく、コンクリートの流動性を損なう可能性があるため、地盤や型枠等は湿潤状態に保つ必要がある。また、直射日光を受けて型枠、鉄筋等が非常に高温の状態になっている場合には、打ち込まれたコンクリートの品質に悪影響を与えることがある。このため、気温の高い時期にコンクリートの打込みを行う場合には、散水や覆い等の適切な処置の方法を示した計画とする必要がある。ただし、型枠内に水がたまることのないように過度の散水は避け、打込み前には型枠内の状態を確認してたまった水を除去しなければならない。

(2)について コンクリートを練り混ぜ始めてから打ち終わるまでの時間は、土木学会 コンクリート標準示方書と同様に、1.5時間以内を原則とした。しかし、コンクリートの時間の経過にともなう品質の変化は、気温の上昇とともに増大する傾向にあるため、暑中コンクリートの施工においては、練り混ぜてからできるだけ早く打ち込むために適切な対策を講じることが望ましい。なお、コンクリートをできるだけ

早く打ち込んだにも関わらず、スランプロスが大きくなるような場合は、遅延形の AE 減水剤や高性能 AE 減水剤を使用するなどの対策を講じる必要がある。また、あらかじめ現場においてスランプの回復を目的とした流動化を現場で行えるように準備しておくといよい。

(3)について コンクリートの打込み温度が高いと種々の悪影響が生じるので、できるだけこれを低くすることが望ましい。本指針では、打込み時のコンクリート温度の上限を、土木学会 コンクリート標準示方書と同様に 35℃に定めた。したがって、コンクリートを打ち込むにあたっては、事前に 35℃を超えない範囲で適切なコンクリート温度を定め、これを満足するための対策を検討する。

3.13.4 養生

コンクリートの養生計画は、コンクリートの表面が急激に乾燥されないように、事前にその方法や期間を定めなければならない。

【解 説】 コンクリートの表面は、直射日光や風にさらされると急激に乾燥してひび割れを生じやすい。このため打込みを終了したコンクリートは、露出面が乾燥しないよう速やかに養生することが大切である。このような条件下で養生を行う場合は、事前にその方法や期間について計画を作成する必要がある。

養生方法には、保水マット、濡れた麻袋で覆う方法、散水、湛水などがある。また、散水または覆い等による養生が困難な場合には膜養生を行う方法もある。

なお、湿潤状態に保つ期間は、本指針「3.8 養生計画」で示した内容と同様に、土木学会 コンクリート標準示方書に示されている標準期間を参考にし（解説表 3.8.1 参照）、構造物の種類、施工条件、立地条件、環境条件等を考慮した適切な計画をする必要がある。

3.14 寒中コンクリートの施工計画

日平均気温が 4℃以下になると予想されるときには、寒中コンクリートとしての施工が行えるよう、適切な計画を定めなければならない。

【解 説】 九州地区は、一部の山間地を除いて日平均気温が 4℃以下になることはほとんどないが、日平均気温が 4℃以下となった場合は寒中コンクリートとしての施工を行わなければならない。本指針では、寒中コンクリートとしての施工を行う場合には、原則として土木学会 コンクリート標準示方書および土木工事共通仕様書に従うこととする。

コンクリートの凍結温度について：コンクリートの凍結温度は、水セメント比、混和材料の種類および

早く打ち込んだにも関わらず、スランプロスが大きくなるような場合は、遅延形の AE 減水剤や高性能 AE 減水剤を使用するなどの対策を講じる必要がある。また、あらかじめ現場においてスランプの回復を目的とした流動化を現場で行えるように準備しておくといよい。

(3)について コンクリートの打込み温度が高いと種々の悪影響が生じるので、できるだけこれを低くすることが望ましい。本指針(案)では、打込み時のコンクリート温度の上限を、土木学会 コンクリート標準示方書と同様に 35℃以下を標準と定めた。したがって、コンクリートを打ち込むにあたっては、事前に 35℃を超えない範囲で適切なコンクリート温度を定め、これを満足するための対策を検討する。なお、コンクリート温度がこの上限値を超える場合には、土木学会 2012 年制定コンクリート標準示方書〔施工編：施工標準〕「13.6 打込み」に従いコンクリートが所要の品質を確保できることを確かめなければならない。

3.13.4 養生

コンクリートの養生計画は、コンクリートの表面が急激に乾燥されないように、事前にその方法や期間を定めなければならない。

【解 説】 コンクリートの表面は、直射日光や風にさらされると急激に乾燥してひび割れを生じやすい。このため打込みを終了したコンクリートは、露出面が乾燥しないよう速やかに養生することが大切である。このような条件下で養生を行う場合は、事前にその方法や期間について計画を作成する必要がある。

養生方法には、保水マット、濡れた麻袋で覆う方法、散水、湛水などがある。また、散水または覆い等による養生が困難な場合には膜養生を行う方法もある。

なお、湿潤状態に保つ期間は、本指針(案)「3.8 養生計画」で示した内容と同様に、土木学会 コンクリート標準示方書に示されている標準期間を参考にし（解説表 3.8.1 参照）、構造物の種類、施工条件、立地条件、環境条件等を考慮した適切な計画をする必要がある。

3.14 寒中コンクリートの施工計画

日平均気温が 4℃以下になると予想されるときには、寒中コンクリートとしての施工が行えるよう、適切な計画を定めなければならない。

【解 説】 九州地区は、一部の山間地を除いて日平均気温が 4℃以下になることはほとんどないが、日平均気温が 4℃以下となった場合は寒中コンクリートとしての施工を行わなければならない。本指針(案)では、寒中コンクリートとしての施工を行う場合には、原則として土木学会 コンクリート標準示方書および土木工事共通仕様書に従うこととする。

コンクリートの凍結温度について：コンクリートの凍結温度は、水セメント比、混和材料の種類および

その量によって若干異なるが、およそ $-0.5\sim-2.0^{\circ}\text{C}$ といわれている。気温の統計では九州地区でもコンクリートが凍結する機会があることになるため、そのような場合には適切な対策を講じることが必要となる。寒中コンクリートの施工方法は、気温、構造物の種類および大きさ等によって異なるが、土木学会 **コンクリート標準示方書**では以下の方法によるとよいとしている。

(a) $4\sim 0^{\circ}\text{C}$ では簡単な注意と保温とで施工する。

(b) $0\sim -3^{\circ}\text{C}$ では、水または水および骨材を熱すると同時に、ある程度の保温を行う。

(c) -3°C 以下では、水および骨材を熱してコンクリートの温度を高めるだけでなく、必要に応じて適切な保温、給熱によって打ち込んだコンクリートを所要の温度に保つ等の処置を行う。

コンクリートの養生について：寒中コンクリートの施工においてコンクリートに悪影響を及ぼす危険があると判断される場合は、保温養生、給熱養生などの対策を計画するのがよい。給熱する場合には、その効果が無駄にならないようにシート類等による保温養生と組合せて行うのがよい。

養生終了時に必要なコンクリート強度について：耐凍害性の観点から養生終了時に必要とされるコンクリート強度は、気象条件、部材の大きさ、露出条件等によって異なる。土木学会 **コンクリート標準示方書[施工標準]12.6**には、**コンクリートの養生終了時の所要圧縮強度の標準値**が示されている（解説表 3.14.1 参照）ので、これを参考に適切な値を設定する必要がある。

混合セメントおよび低発熱型セメントを使用したコンクリートの養生期間について：混合セメントや低発熱型セメントを使用したコンクリートは、普通ポルトランドセメントを用いた場合と比較して低温では水和反応が緩やかである。また、混合セメントや低発熱型セメントを用いたコンクリートにおいて、所定の強度を得るために必要な養生期間は、セメントクリンカ構成鉱物の種類と量および高炉スラグ微粉末やフライアッシュなどの混合材の種類、混合材の置換率、単位結合材量、水セメント比、養生温度等によって異なるので、構造物と同じ状態で養生したコンクリート供試体の圧縮強度によって求めることが望ましい。混合セメントを使用したコンクリートの圧縮強度は、普通ポルトランドセメントを使用した場合と同様に積算温度^(注)の対数と直線関係にあることが確認されており、養生日数や型枠取外し時期の適否において参考にすることができる。

注)：積算温度…コンクリートの強度発現などを評価するために用いられる指標で、コンクリート温度 (θ) とその温度に保たれる時間 (Δt) の積を関数とする量。わが国では、 0 度以上の場合に対し、次式を用いることが多い。

$$\text{積算温度 } M = \sum (\theta + 10) \Delta t$$

解説表 3.14.1 激しい気象作用を受けるコンクリートの養生終了時の所要圧縮強度の標準 (N/mm²)

断面 構造物の露出状態	断面		
	薄い場合	普通の場合	厚い場合
(1) 連続して、あるいはしばしば水で飽和される場合	15	12	10
(2) 普通の露出状態にあり、(1)に属さない部分	5	5	5

その量によって若干異なるが、およそ $-2.0^{\circ}\text{C}\sim-0.5^{\circ}\text{C}$ といわれている。気温の統計では九州地区でもコンクリートが凍結する機会があることになるため、そのような場合には適切な対策を講じることが必要となる。寒中コンクリートの施工方法は、気温、構造物の種類および大きさ等によって異なるが、土木学会 **2002 年制定コンクリート標準示方書**では以下の方法によるとよいとしている。

(a) $0\sim 4^{\circ}\text{C}$ では簡単な注意と保温とで施工する。

(b) $-3\sim 0^{\circ}\text{C}$ では、水または水および骨材を熱すると同時に、ある程度の保温を行う。

(c) -3°C 以下では、水および骨材を熱してコンクリートの温度を高めるだけでなく、必要に応じて適切な保温、給熱によって打ち込んだコンクリートを所要の温度に保つ等の処置を行う。

コンクリートの養生について：寒中コンクリートの施工においてコンクリートに悪影響を及ぼす危険があると判断される場合は、保温養生、給熱養生などの対策を計画するのがよい。給熱する場合には、その効果が無駄にならないようにシート類等による保温養生と組合せて行うのがよい。

養生終了時に必要なコンクリート強度について：耐凍害性の観点から養生終了時に必要とされるコンクリート強度は、気象条件、部材の大きさ、露出条件等によって異なる。土木学会 **2012 年制定コンクリート標準示方書[施工編：施工標準]「12.6 養生」**には、**初期凍害を防ぐために養生終了時に必要となる圧縮強度の標準値**が示されている（解説表 3.14.1 参照）ので、これを参考に適切な値を設定する必要がある。

混合セメントおよび低発熱型セメントを使用したコンクリートの養生期間について：混合セメントや低発熱型セメントを使用したコンクリートは、普通ポルトランドセメントを用いた場合と比較して低温では水和反応が緩やかである。また、混合セメントや低発熱型セメントを用いたコンクリートにおいて、所定の強度を得るために必要な養生期間は、セメントクリンカ構成鉱物の種類と量および高炉スラグ微粉末やフライアッシュなどの混合材の種類、混合材の置換率、単位結合材量、水セメント比、養生温度等によって異なるので、構造物と同じ状態で養生したコンクリート供試体の圧縮強度によって求めることが望ましい。混合セメントを使用したコンクリートの圧縮強度は、普通ポルトランドセメントを使用した場合と同様に積算温度^(注)の対数と直線関係にあることが確認されており、養生日数や型枠取外し時期の適否において参考にすることができる。

注)：積算温度…コンクリートの強度発現などを評価するために用いられる指標で、コンクリート温度 (θ) とその温度に保たれる時間 (Δt) の積を関数とする量。わが国では、 0 度以上の場合に対し、次式を用いることが多い。

$$\text{積算温度 } M = \sum (\theta + 10) \Delta t$$

解説表 3.14.1 初期凍害を防ぐために養生終了時に必要となる圧縮強度の標準 (N/mm²)

型枠取り外し直後に構造物が曝される環境	断面の大きさ		
	薄い場合	普通の場合	厚い場合
(1) コンクリート表面が水で飽和される頻度が高い場合	15	12	10
(2) コンクリート表面が水で飽和される頻度が低い場合	5	5	5

3.15 温度ひび割れが発生するおそれのあるコンクリート構造物の施工計画

3.15.1 一般

- (1) 2.3.2(1)に示されているコンクリート構造物の施工にあたっては、設計段階で検討された温度ひび割れ制御対策の効果が十分に得られ、構造物にとって有害となるひび割れが発生しないように、コンクリートの材料および配合、製造、打込み、養生、型枠、ひび割れ誘発目地等について、適切な計画を定めなければならない。
- (2) 施工計画段階で検討された状況が、設計段階の温度ひび割れ解析で用いた条件と大きく異なる場合には、施工計画段階で再度、温度ひび割れ解析を実施し、あらためて温度ひび割れ対策を検討しなければならない。
- (3) (1)および(2)において技術的、経済的、構造物の重要度を総合的に勘案し最善の方法を考慮しても、有害となるひび割れの発生を確実に制御することが困難と判断されるような状況が生じた場合には、そのひび割れの発生を想定して、施工計画段階でひび割れ補修計画を策定しておくのがよい。

【解説】 (1)および(2)について 2.3.2(1)には、温度ひび割れ照査の対象となる構造物が示されている。これらの温度ひび割れの照査対象となった構造物におけるコンクリートの施工にあたっては、設計段階で検討された温度ひび割れ対策がその効果を有効に発揮できるような施工計画を立案しなければならない。ただし、コンクリート構造物の温度ひび割れは、部材寸法が大きいコンクリート構造物に認められるのが一般的であるが、単位セメント量が多いコンクリートが用いられる場合には、2.3.2(1)で示された範囲未満の比較的薄い部材でも拘束条件によっては有害な温度ひび割れが発生する可能性がある。このようなコンクリート構造物においても温度ひび割れに対する適切な対策を講じなければならない。

温度ひび割れを制御するためには、設計段階で実施する温度ひび割れに関する検討結果に従い、コンクリートの材料および配合の適切な選定、コンクリートの製造時、運搬時および打込み時の温度管理、ひび割れ誘発目地の設置、ひび割れ制御鉄筋の配置など、コンクリートの配合設計および製造の各段階で対策を講じるのが前提である。施工段階においては、これらの対策が講じられたうえで、さらにコンクリートの打込み、養生、型枠、ひび割れ誘発目地等の具体的設定について、適切な対策を講じなければならない。また、打込み時および硬化過程でのコンクリートの温度管理が重要であり、硬化過程の温度測定は、コンクリート構造物の内部温度が外気温に近づくまで実施することが望ましい。特に、類似構造物を繰り返し施工する場合には、先行して施工された構造物の温度計測データが以後の温度ひび割れ対策等の参考となる。

なお、施工計画段階で想定する実施工時の環境条件や気象条件あるいはコンクリートに使用する材料などが、設計時に想定したものと大きく異なる場合は、施工計画段階で再度、温度ひび割れ解析を実施することで設計段階で検討された温度ひび割れ対策の妥当性を検討し、これが対策として不十分と判断された場合は、解析結果に基づき、有害なひび割れが発生しないような対策方法をあらためて計画しなければならない。

(3)について 過度の温度ひび割れは施工欠陥の 1 つであり、供用中のコンクリート構造物の耐久性や水密性を低下させる原因となるため、このような問題が生じるような有害なひび割れとならないように、

3.15 温度ひび割れが発生するおそれのあるコンクリート構造物の施工計画

3.15.1 一般

- (1) 2.3.2(1)に示されているコンクリート構造物の施工にあたっては、設計段階で検討された温度ひび割れ制御対策の効果が十分に得られ、構造物にとって有害となるひび割れが発生しないように、コンクリートの材料および配合、製造、打込み、養生、型枠、ひび割れ誘発目地等について、適切な計画を定めなければならない。
- (2) 施工計画段階で検討された状況が、設計段階の温度ひび割れの照査で用いた条件と大きく異なる場合には、施工計画段階で再度、温度ひび割れの照査を実施し、あらためて温度ひび割れ対策を検討しなければならない。
- (3) (1)および(2)において技術的、経済的、構造物の重要度を総合的に勘案し最善の方法を考慮しても、有害となるひび割れの発生を確実に制御することが困難と判断されるような状況が生じた場合には、そのひび割れの発生を想定して、施工計画段階でひび割れ補修計画を策定しておくのがよい。

【解説】 (1)および(2)について 2.3.2(1)には、温度ひび割れ照査の対象となる構造物が示されている。これらの温度ひび割れの照査対象となった構造物におけるコンクリートの施工にあたっては、設計段階で検討された温度ひび割れ対策がその効果を有効に発揮できるような施工計画を立案しなければならない。ただし、コンクリート構造物の温度ひび割れは、部材寸法が大きいコンクリート構造物に認められるのが一般的であるが、単位セメント量が多いコンクリートが用いられる場合には、2.3.2(1)で示された範囲未満の比較的薄い部材でも拘束条件によっては有害な温度ひび割れが発生する可能性がある。このようなコンクリート構造物においても温度ひび割れに対する適切な対策を講じなければならない。

温度ひび割れを制御するためには、設計段階で実施する温度ひび割れに関する検討結果に従い、コンクリートの材料および配合の適切な選定、コンクリートの製造時、運搬時および打込み時の温度管理、ひび割れ誘発目地の設置、ひび割れ制御鉄筋の配置など、コンクリートの配合設計および製造の各段階で対策を講じるのが前提である。施工段階においては、これらの対策が講じられたうえで、さらにコンクリートの打込み、養生、型枠、ひび割れ誘発目地等の具体的設定について、適切な対策を講じなければならない。また、打込み時および硬化過程でのコンクリートの温度管理が重要であり、硬化過程の温度測定は、コンクリート構造物の内部温度が外気温に近づくまで実施することが望ましい。特に、類似構造物を繰り返し施工する場合には、先行して施工された構造物の温度計測データが以後の温度ひび割れ対策等の参考となる。

なお、施工計画段階で想定する実施工時の環境条件や気象条件あるいはコンクリートに使用する材料などが、設計時に想定したものと大きく異なる場合は、施工計画段階で再度、温度ひび割れの照査を実施することで設計段階で検討された温度ひび割れ対策の妥当性を検討し、これが対策として不十分と判断された場合は、解析結果に基づき、有害なひび割れが発生しないような対策方法をあらためて計画しなければならない。

(3)について 過度の温度ひび割れは施工欠陥の 1 つであり、供用中のコンクリート構造物の耐久性や水密性を低下させる原因となるため、このような問題が生じるような有害なひび割れとならないように、

3.15.3 打込み

- (1) 部材断面が大きい構造物のコンクリートの打込みを行う場合は、温度ひび割れ制御のための放熱条件と拘束条件、1 回のコンクリート打込み可能量をはじめとする施工上の諸条件等を総合的に勘案し、打込み区画の大きさ、打上り高さ、施工継目の位置および構造、打継ぎ間隔などについて適切に計画しなければならない。
- (2) 温度ひび割れが発生するおそれのある構造物において、コンクリートの打込み温度が、設計時に検討された温度ひび割れの照査（温度応力解析）の際に想定した値を大きく上回るおそれがある場合は、計画に反映しなければならない。

【解説】(1)について 部材断面が大きい構造物にコンクリートを打ち込む場合は、一般に大量のコンクリートをいくつかのブロックに分割して打ち込むことが多いので、施工継目が必要になる。打込み区画の大きさ、打上り高さ、施工継目の位置および構造、打継ぎ間隔は、温度ひび割れ制御のための放熱条件と拘束条件、1 回のコンクリート打込み可能量をはじめとする施工上の諸条件等を総合的に勘案して検討する。

打込み区画について：温度ひび割れの制御にとって有利なコンクリートの打込み区画（ブロック割）は拘束条件によって異なってくるので、コンクリートの施工能力、水平打継目の処理に対する施工上の複雑さおよび欠陥の生じやすさなどを総合的に検討し、適切なブロック割を定める。

打上り高さについて：コンクリートの一回の打上り高さは、構造物の外部拘束の条件や規模など施工に関する諸条件を考慮して定める。

温度応力のうち、断面の表面温度と内部温度の温度差によって生じる内部拘束応力の抑制には、内部の温度上昇を抑えかつ表面からの急激な放熱も抑えることが重要である。1 回の打込み高さは小さい方が温度上昇を低減できる。一方、セメントの水和熱による温度上昇で膨張したコンクリートがその後の温度降下によって収縮に転じる際、その収縮が外部から拘束されると外部拘束応力が生じる。この応力の抑制には、コンクリートの温度降下速度を抑制するとともに、外部拘束力を低減させることが重要である。また、打込み高さ (H) に対する外部拘束面の長辺長さ (L) の比率 (L/H) を小さくすると拘束力を低減させる効果があり、打ち込み高さが小さい方が効果的とはいえない。このため、温度ひび割れ抑制の観点からの 1 回の打込み高さは、内部拘束応力と外部拘束応力の両者を検討し、適切な高さを選定することが重要である。

橋梁のフーチングなどの場合には、高さ数メートルのブロックを 1 回で施工することがあり、このような場合は内部拘束力によるひび割れが表面に発生しやすくなるので、後記の「3.15.4 養生」に従って内外部に大きな温度差をつけない表面の保護養生などの適切な対策を講じる必要がある。

継目について：マスコンクリートにおける継目の位置および構造に関しては、一般の場合と同様に、構造耐力、耐久性、水密性等に考慮して、計画する必要がある。詳細は「3.9 継目の計画」に示すので、これを参考にするとよい。

打継ぎ間隔について：マスコンクリートをいくつかの平面的なブロックあるいは複数のリフトに分けて打ち込む場合、新しく打ち込まれたコンクリートは、旧コンクリートの拘束を受けるため、温度変化に応じて応力が発生する。この応力は新旧コンクリートの有効ヤング係数および温度の差が大きくなるほど大

3.15.3 打込み

- (1) 部材断面が大きい構造物のコンクリートの打込みを行う場合は、温度ひび割れ制御のための放熱条件と拘束条件、1 回のコンクリート打込み可能量をはじめとする施工上の諸条件等を総合的に勘案し、打込み区画の大きさ、打上り高さ、施工継目の位置および構造、打継ぎ間隔などについて適切に計画しなければならない。
- (2) 温度ひび割れが発生するおそれのある構造物において、コンクリートの打込み温度が、設計時に検討された温度ひび割れの照査（温度応力解析）の際に想定した値を大きく上回るおそれがある場合は、計画に反映しなければならない。

【解説】(1)について 部材断面が大きい構造物にコンクリートを打ち込む場合は、一般に大量のコンクリートをいくつかのブロックに分割して打ち込むことが多いので、施工継目が必要になる。打込み区画の大きさ、打上り高さ、施工継目の位置および構造、打継ぎ間隔は、温度ひび割れ制御のための放熱条件と拘束条件、1 回のコンクリート打込み可能量をはじめとする施工上の諸条件等を総合的に勘案して検討する。

打込み区画について：温度ひび割れの制御にとって有利なコンクリートの打込み区画（ブロック割）は拘束条件によって異なってくるので、コンクリートの施工能力、打継目の処理に対する施工上の複雑さおよび欠陥の生じやすさなどを総合的に検討し、適切なブロック割を定める。

打上り高さについて：コンクリートの一回の打上り高さは、構造物の外部拘束の条件や規模など施工に関する諸条件を考慮して定める。

温度応力のうち、断面の表面温度と内部温度の温度差によって生じる内部拘束応力の抑制には、内部の温度上昇を抑えかつ表面からの急激な放熱も抑えることが重要である。1 回の打込み高さは小さい方が温度上昇を低減できる。一方、セメントの水和熱による温度上昇で膨張したコンクリートがその後の温度降下によって収縮に転じる際、その収縮が外部から拘束されると外部拘束応力が生じる。この応力の抑制には、コンクリートの温度降下速度を抑制するとともに、外部拘束力を低減させることが重要である。外部拘束の低減においては、打込み高さ (H) に対する外部拘束面の長辺長さ (L) の比率 (L/H) を小さくすると効果が得られるが、打込み高さを小さくすることは外部拘束が大きくなるため必ずしも効果的とはいえない。このため、温度ひび割れ抑制の観点からの 1 回の打込み高さは、内部拘束応力と外部拘束応力の両者を検討し、適切な高さを選定することが重要である。

橋梁のフーチングなどの場合には、高さ数メートルのブロックを 1 回で施工することがあり、このような場合は内部拘束力によるひび割れが表面に発生しやすくなるので、後記の「3.15.4 養生」に従って内外部に大きな温度差をつけない表面の保護養生などの適切な対策を講じる必要がある。

継目について：マスコンクリートにおける継目の位置および構造に関しては、一般の場合と同様に、構造耐力、耐久性、水密性等に考慮して、計画する必要がある。詳細は「3.9 継目の計画」に示すので、これを参考にするとよい。

打継ぎ時間間隔について：マスコンクリートをいくつかの平面的なブロックあるいは複数のリフトに分けて打ち込む場合、新しく打ち込まれたコンクリートは、旧コンクリートの拘束を受けるため、温度変化に応じて応力が発生する。この応力は新旧コンクリートの有効ヤング係数および温度の差が大きくなるほ

きくなるので、新旧コンクリートの打継ぎ間隔をあまり長くすることは避けるのがよい。一方、岩盤など拘束度の大きなものの上に数層にわたってコンクリートを打継いでいく場合は、打継ぎ間隔を短くしすぎると、リフト厚さなどの条件によってはコンクリート全体の温度が高くなり、外部拘束によるひび割れが発生する可能性が大きくなる場合もある。実際に、岩盤や既に打ち込まれたコンクリートによる拘束が大きいダム建設において、1 リフトの高さを 1.5m とした場合は、5 日間隔で打ち込むことが標準とされている。また、このような構造物において、打継ぎ間隔が長くなるような場合は、既に打ち込まれたコンクリートから受ける外部拘束に配慮して、1 回の打上り高さを通常の半分程度にするなどの対策を講じることが必要である。

このように、打継ぎ間隔は温度応力に大きく影響を与えるので、他の対策とともに十分な検討を行って設定する必要がある。

(2)について 温度ひび割れが発生するおそれのある構造物では、打込み時のコンクリート温度が高くなると温度上昇速度が大きくなるので、構造物の最高温度はますます高くなり、温度応力も大きくなる傾向がある。したがって、打込み後のコンクリートの温度を制御し、温度応力の値を低減させるためには、打込み前のコンクリートの温度管理がきわめて重要となる。このため、打込み時のコンクリート温度が、温度ひび割れの照査（温度応力解析）の際に想定した値を 3～5℃以上上回る場合には、事前に対策を検討する必要がある。

打込み時のコンクリート温度が予測値を上回るおそれがある場合の対策について：打込み時のコンクリート温度は、外気温、風、直射日光など打込み当日の環境条件の影響を大きく受ける。したがって、環境条件から判断して打込み時の温度が予測値を上回るおそれがある場合は、適切な対策を講じる必要がある。打込み時のコンクリート温度に関しては、施工現場で対策を講じることは困難であり、コンクリートの製造時に対策を講じるのが一般的である。コンクリートの製造時における対策としては、水、骨材などの材料をプレクーリングする方法がある。また、1 日のなかで気温が低い時間帯を選定して打込みを行うことも有効な対策である。どうしても施工現場で対策を講じなければならない場合は、特殊な対策として液体窒素などの冷媒をミキサやトラックアジテータのドラム内に吹き込む方法などもある。なお、種々の対策を講じても打込み温度が想定値を上回るおそれがある場合は、ひび割れの発生を考慮し、コンクリートの使用材料、打込み区画、打込み時期、養生期間および方法、事後の補修等について計画の見直しを行う。

3.15.4 養生

- (1) 温度ひび割れが発生するおそれのあるコンクリート構造物の養生は、できるだけ温度上昇を抑制するような対策を講じなければならない。
- (2) 外部拘束が卓越するコンクリート構造物の養生は、部材全体の温度降下速度が大きくなるような、適切な方法および期間を選定するのがよい。
- (3) 内部拘束が卓越する部材断面が大きいコンクリート構造物の養生は、コンクリート部材内外の温度差が大きくなるようにコンクリート構造物の表面が急冷されることのない養生方法および期間を選定するのがよい。

ど大きくなるので、新旧コンクリートの打継ぎ時間間隔をあまり長くすることは避けるのがよい。一方、岩盤など拘束度の大きなものの上に数層にわたってコンクリートを打継いでいく場合は、打継ぎ間隔を短くしすぎると、リフト厚さなどの条件によってはコンクリート全体の温度が高くなり、外部拘束によるひび割れが発生する可能性が大きくなる場合もある。実際に、岩盤や既に打ち込まれたコンクリートによる拘束が大きいダム建設において、1 リフトの高さを 1.5m とした場合は、5 日間隔で打ち込むことが標準とされている。また、このような構造物において、打継ぎ間隔が長くなるような場合は、既に打ち込まれたコンクリートから受ける外部拘束に配慮して、1 回の打上り高さを通常の半分程度にするなどの対策を講じることが必要である。

このように、打継ぎ時間間隔は温度応力に大きく影響を与えるので、他の対策とともに十分な検討を行って設定する必要がある。

(2)について 温度ひび割れが発生するおそれのある構造物では、打込み時のコンクリート温度が高くなると温度上昇速度が大きくなるので、構造物の最高温度はますます高くなり、温度応力も大きくなる傾向がある。したがって、打込み後のコンクリートの温度を制御し、温度応力の値を低減させるためには、打込み前のコンクリートの温度管理がきわめて重要となる。このため、打込み時のコンクリート温度が、温度ひび割れの照査（温度応力解析）の際に想定した値を 3～5℃以上上回る場合には、事前に対策を検討する必要がある。

打込み時のコンクリート温度が予測値を上回るおそれがある場合の対策について：打込み時のコンクリート温度は、外気温、風、直射日光など打込み当日の環境条件の影響を大きく受ける。したがって、環境条件から判断して打込み時の温度が予測値を上回るおそれがある場合は、適切な対策を講じる必要がある。打込み時のコンクリート温度に関しては、施工現場で対策を講じることは困難であり、コンクリートの製造時に対策を講じるのが一般的である。コンクリートの製造時における対策としては、水、骨材などの材料をプレクーリングする方法がある。また、1 日のなかで気温が低い時間帯を選定して打込みを行うことも有効な対策である。どうしても施工現場で対策を講じなければならない場合は、特殊な対策として液体窒素などの冷媒をミキサやトラックアジテータのドラム内に吹き込む方法などもある。なお、種々の対策を講じても打込み温度が想定値を上回るおそれがある場合は、ひび割れの発生を考慮し、コンクリートの使用材料、打込み区画、打込み時期、養生期間および方法、事後の補修等について計画の見直しを行う。

3.15.4 養生

- (1) 温度ひび割れが発生するおそれのあるコンクリート構造物の養生は、できるだけ温度上昇を抑制するような対策を講じなければならない。
- (2) 外部拘束が卓越するコンクリート構造物の養生は、部材全体の温度降下速度が大きくなるような、適切な方法および期間を選定するのがよい。
- (3) 内部拘束が卓越する部材断面が大きいコンクリート構造物の養生は、コンクリート部材内外の温度差が大きくなるようにコンクリート構造物の表面が急冷されることのない養生方法および期間を選定するのがよい。

耐久性や美観の観点からひび割れの進行性の有無を判断した上でひび割れ幅が 0.2mm 以上の場合は、有識者の意見に基づく措置を施すこととしている。

また、内部拘束が卓越して発生したひび割れのように部材断面を貫通しないと考えられる温度ひび割れ、あるいは外部拘束が卓越し部材断面を貫通しているが、特に水密性について考慮する必要のない温度ひび割れなどの場合には、内部鋼材の腐食の観点から許容ひび割れ幅を設定するとよい。なお、その際には、土木学会コンクリート標準示方書〔設計編〕に「鋼材の腐食に対する許容ひび割れ」についてかぶりを指標として求める手法が規定されているので参考にするとよい。

一方、水密性の観点からは、貫通性のひび割れが発生した場合は、その要求レベルが高い構造物で 0.05mm 程度、一般レベルで 0.1mm 程度とするのがよい。また、貫通性のひび割れではないが水密性が要求される場合には、その要求レベルに応じて、0.1～0.2mm 程度を許容値とするのが妥当である。

なお、これらの場合に対象となるひび割れ幅は、各ひび割れにおける最大ひび割れ幅とする。通常、打設高さ方向に発生した内部拘束ひび割れの場合には、打設高さの中央部で最大値を示す場合が多い。また、下部に外部拘束を受けることにより発生したひび割れについては、拘束を受けている部分から上方 1m 程度までの範囲内で最大値を示すことが多い。したがって、これらのことを考慮に入れて、最大値を示すと思われる個所の周辺を 5～10cm 程度の間隔で 5 か所程度測定し、その平均値をそのひび割れの最大ひび割れ幅としてよい。

ひび割れ幅に応じた補修工法の選定方法については、[日本コンクリート工学協会](#)「コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針」などを参考にするとよい。温度ひび割れに施工後比較的早い段階で発生する自己収縮あるいは乾燥収縮の影響が加味された場合には、1 カ月から長い場合には数カ月にわたりひび割れの進展や幅の拡大が生じる場合がある。このような場合には、ひび割れ状況に変化が見られなくなってから補修を実施することなども、補修計画の中で考慮しておく必要がある。さらに、ひび割れ幅は、季節によっても変動するため、あらかじめその変動幅を把握し、状況に応じた補修時期や補修材料を選択することも必要となる。

耐久性や美観の観点からひび割れの進行性の有無を判断した上でひび割れ幅が 0.2mm 以上の場合は、有識者の意見に基づく措置を施すこととしている。

また、内部拘束が卓越して発生したひび割れのように部材断面を貫通しないと考えられる温度ひび割れ、あるいは外部拘束が卓越し部材断面を貫通しているが、特に水密性について考慮する必要のない温度ひび割れなどの場合には、内部鋼材の腐食の観点から許容ひび割れ幅を設定するとよい。なお、その際には、土木学会 コンクリート標準示方書〔設計編〕に「鋼材の腐食に対する許容ひび割れ」についてかぶりを指標として求める手法が規定されているので参考にするとよい。

一方、水密性の観点からは、貫通性のひび割れが発生した場合は、その要求レベルが高い構造物で 0.05mm 程度、一般レベルで 0.1mm 程度とするのがよい。また、貫通性のひび割れではないが水密性が要求される場合には、その要求レベルに応じて、0.1～0.2mm 程度を許容値とするのが妥当である。

なお、これらの場合に対象となるひび割れ幅は、各ひび割れにおける最大ひび割れ幅とする。通常、打設高さ方向に発生した内部拘束ひび割れの場合には、打設高さの中央部で最大値を示す場合が多い。また、下部に外部拘束を受けることにより発生したひび割れについては、拘束を受けている部分から上方 1m 程度までの範囲内で最大値を示すことが多い。したがって、これらのことを考慮に入れて、最大値を示すと思われる個所の周辺を 5～10cm 程度の間隔で 5 か所程度測定し、その平均値をそのひび割れの最大ひび割れ幅としてよい。

ひび割れ幅に応じた補修工法の選定方法については、[日本コンクリート工学会](#)「コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針」などを参考にするとよい。温度ひび割れに施工後比較的早い段階で発生する自己収縮あるいは乾燥収縮の影響が加味された場合には、1 カ月から長い場合には数カ月にわたりひび割れの進展や幅の拡大が生じる場合がある。このような場合には、ひび割れ状況に変化が見られなくなってから補修を実施することなども、補修計画の中で考慮しておく必要がある。さらに、ひび割れ幅は、季節によっても変動するため、あらかじめその変動幅を把握し、状況に応じた補修時期や補修材料を選択することも必要となる。

4章 コンクリートの材料および配合

4.1 総 則

コンクリートの材料および配合は、設計図書に示された構造物の要求性能を満足するコンクリートの性能を確保できるよう、製造プラントの制約条件および経済性を考慮してこれを選定しなければならない。

【解 説】 コンクリートの材料および配合は、建設する構造物が所要の性能を満足するように適切に選定する。また、コンクリートの材料および配合の選定に際しては、土木工事共通仕様書、土木学会 コンクリート標準示方書〔[施工標準](#)〕第3章に示される内容により、コンクリートが設計段階で設定された構造物の要求性能を満足することを確認しなければならない。

4.2 コンクリートの品質

- (1) コンクリートは、構造条件、施工条件、環境条件に応じてその運搬、打込み、締固め、仕上げ、脱型などの作業に適する施工性能を有していなければならない。
- (2) コンクリートは、設計段階で設定された構造物の要求性能に応じて適切な強度や耐久性能を有していなければならない。
- (3) 構造物に用いるコンクリートは、有害なひび割れが発生しないことを確認したものでなければならない。
- (4) コンクリートは、その内部に配置される鋼材が供用期間中、所定の機能を発揮できるように鋼材を保護する性能を有していなければならない。
- (5) 練混ぜ時にコンクリート中に含まれる塩化物イオンの総量は、原則として0.30kg/m³以下とする。

【解 説】 (1)について 所要の性能を有するコンクリート構造物を構築するためには、打込むコンクリートが施工条件、構造条件、環境条件を考慮した適切な施工性能を有している必要がある。したがって、コンクリートの施工性能は、土木工事共通仕様書に従い、また土木学会 コンクリート標準示方書〔[施工編](#)〕および〔[施工標準](#)〕を参考にして、種々の条件に応じて適切に設定する。

コンクリートの**充てん不良**について：コンクリートの施工性が不十分な場合に生じる代表的な不具合の種類として、コンクリートの**充てん不良**が挙げられる。コンクリートの**充てん不良**が生じる原因としては、配筋状態に即した適正なスランプ（フロー）が設定されていないこと、コンクリート打込み時に材料が分離することなどが挙げられる。したがって、コンクリートの**充てん不良**の発生を防止するためには、本指針第3章3.1に示した打込み時の最小スランプを適切に設定することが重要である。

4章 コンクリートの材料および配合

4.1 総 則

コンクリートの材料および配合は、設計図書に示された構造物の要求性能を満足するコンクリートの性能を確保できるよう、製造プラントの制約条件および経済性を考慮してこれを選定しなければならない。

【解 説】 コンクリートの材料および配合は、建設する構造物が所要の性能を満足するように適切に選定する。また、コンクリートの材料および配合の選定に際しては、土木工事共通仕様書、土木学会 **2012年制定**コンクリート標準示方書〔[施工編：施工標準](#)〕「**3章 材料**」，「**4章 配合設計**」に示される内容により、コンクリートが設計段階で設定された構造物の要求性能を満足することを確認しなければならない。

4.2 コンクリートの品質

- (1) コンクリートは、構造条件、施工条件、環境条件に応じてその運搬、打込み、締固め、仕上げ、脱型などの作業に適する施工性能を有していなければならない。
- (2) コンクリートは、設計段階で設定された構造物の要求性能に応じて適切な強度や耐久性能を有していなければならない。
- (3) 構造物に用いるコンクリートは、有害なひび割れが発生しないことを確認したものでなければならない。
- (4) コンクリートは、その内部に配置される鋼材が供用期間中、所定の機能を発揮できるように鋼材を保護する性能を有していなければならない。
- (5) 練混ぜ時にコンクリート中に含まれる塩化物イオンの総量は、原則として0.30kg/m³以下とする。

【解 説】 (1)について 所要の性能を有するコンクリート構造物を構築するためには、打込むコンクリートが施工条件、構造条件、環境条件を考慮した適切な施工性能を有している必要がある。したがって、コンクリートの施工性能は、土木工事共通仕様書に従い、また土木学会 コンクリート標準示方書〔[施工編：本編](#)〕および〔[施工編：施工標準](#)〕を参考にして、種々の条件に応じて適切に設定する。

コンクリートの**充填不良**について：コンクリートの施工性が不十分な場合に生じる代表的な不具合の種類として、コンクリートの**充填不良**が挙げられる。コンクリートの**充填不良**が生じる原因としては、配筋状態に即した適正なスランプ（フロー）が設定されていないこと、コンクリート打込み時に材料が分離することなどが挙げられる。したがって、コンクリートの**充填不良**の発生を防止するためには、本指針(案)3章3.1に示した打込み時の最小スランプを適切に設定することが重要である。

コンクリート打込み時に材料分離が生じやすく良好な性状を安定して得ることが困難な場合は、AE 減水剤、高性能 AE 減水剤などを適切に使用し、適正なコンクリートの単位水量の設定と空気量を混入させることが有効である。

なお、高密度配筋状態、複雑な断面形状、断面寸法の小さい部材へコンクリートを打ち込む場合で、締固めが不可能または十分な締固めが期待できない場合には、流動化コンクリートまたは高流動コンクリートの適用を検討することが望ましい。

(2)について 建設する構造物が所要の性能を満足するためには、コンクリートが所要の性能を保持していなくてはならない。九州地区で考慮すべきコンクリートの強度や耐久性に関する要求性能の種類としては、圧縮強度、中性化速度係数、塩化物イオンに対する拡散係数、耐化学的侵食性、耐アルカリ骨材反応性などがあり、設計段階で示された構造物の要求性能に応じて、コンクリートの品質で考慮すべき項目を適切に選定し、それぞれ所要の性能を満足することを事前に確認しなくてはならない。

圧縮強度について：コンクリートの圧縮強度は、セメント水比と直線関係にあることが知られている。したがって、所定のコンクリート強度が得られる適切な水セメント比を選定する。

ただし、現場におけるコンクリートの圧縮強度はある程度変動することが避けられないので、現場におけるコンクリートの品質変動を考慮に入れた適切な安全係数を用いて、コンクリートの水セメント比を選定する必要がある。

中性化速度係数について：コンクリートの中性化速度係数は、水セメント比が小さくなるほど小さくなるのが一般的に知られており、設計段階での性能照査結果を基本に、適切な水セメント比を選定することが重要である。国土交通省では鉄筋コンクリートの場合、コンクリートの水セメント比（または水結合材比）は 55%以下に設定することが基本である。通常的环境下の構造物に対しては、この基本を守りかつ適切ななかりが確保されていれば、中性化に対する耐久性は確保されると考えられる。

塩化物イオンに対する拡散係数について：海洋構造物および凍結防止剤が散布されることが予想される構造物に対しては、塩化物イオンの侵入によりコンクリート中の鋼材が腐食しないことの照査を行う必要がある。したがって、設計段階で照査された結果を基本に、コンクリートの水セメント比（または水結合材比）の設定およびなかりを確保することが重要である。土木学会コンクリート標準示方書[設計編]に示された塩害に対する照査では、高炉セメント（あるいは高炉スラグ微粉末）を用いたコンクリートの塩化物イオン拡散係数は小さく、塩化物イオン侵入抑制効果が認められており、塩害のおそれがある構造物への適用に有効である。また状況によっては、コンクリート表面の塗装、鋼材の防錆対策等も考慮しなければならない。

コンクリートのアルカリ骨材反応の抑制対策について：九州地区にはアルカリ骨材反応性を有する骨材がかなり存在している。したがって、九州地区に建設するコンクリート構造物は、その構造物がおかれる環境および使用する骨材のアルカリ骨材反応性を適切に評価するとともに、適切なアルカリ骨材反応抑制対策を講じる必要がある。アルカリ骨材反応の抑制対策としては、①コンクリート中のアルカリ総量の抑制、②混合セメント（高炉セメント B 種、フライアッシュセメント B 種）の使用が挙げられる。土木工事設計要領では、適用できる工種（橋梁上部工を除く）には高炉セメント B 種を使用することを標準としている。従来使用されてきた安山岩などの反応性骨材より、さらに反応性が高い可能性があるガラス質骨材の場合は、通常の場合よりもアルカリ骨材反応性の抑制効果が高い方策とする必要がある。ただし、骨材は、その採取場所やロットによってアルカリ骨材反応性が異なるのが一般的であり、事前に使用する骨材のアルカリ骨材反応性を確認し、その抑制対策を決定することが重要である。

コンクリートのアルカリ骨材反応性の評価方法について：アルカリ骨材反応性の評価方法に関して、従

コンクリート打込み時に材料分離が生じやすく良好な性状を安定して得ることが困難な場合は、AE 減水剤、高性能 AE 減水剤などを適切に使用し、適正なコンクリートの単位水量の設定と空気量を混入させることが有効である。

なお、高密度配筋状態、複雑な断面形状、断面寸法の小さい部材へコンクリートを打ち込む場合で、締固めが不可能または十分な締固めが期待できない場合には、流動化コンクリートまたは高流動コンクリートの適用を検討することが望ましい。

(2)について 建設する構造物が所要の性能を満足するためには、コンクリートが所要の性能を保持していなくてはならない。九州地区で考慮すべきコンクリートの強度や耐久性に関する要求性能の種類としては、圧縮強度、中性化速度係数、塩化物イオンに対する拡散係数、耐化学的侵食性、耐アルカリシリカ反応性などがあり、設計段階で示された構造物の要求性能に応じて、コンクリートの品質で考慮すべき項目を適切に選定し、それぞれ所要の性能を満足することを事前に確認しなくてはならない。

圧縮強度について：コンクリートの圧縮強度は、セメント水比と直線関係にあることが知られている。したがって、所定のコンクリート強度が得られる適切な水セメント比を選定する。

ただし、現場におけるコンクリートの圧縮強度はある程度変動することが避けられないので、現場におけるコンクリートの品質変動を考慮に入れた適切な安全係数を用いて、コンクリートの水セメント比を選定する必要がある。

中性化速度係数について：コンクリートの中性化速度係数は、水セメント比が小さくなるほど小さくなるのが一般的に知られており、設計段階での性能照査結果を基本に、適切な水セメント比を選定することが重要である。国土交通省では鉄筋コンクリートの場合、コンクリートの水セメント比（または水結合材比）は 55%以下に設定することが基本である。通常的环境下の構造物に対しては、この基本を守りかつ適切ななかりが確保されていれば、中性化に対する耐久性は確保されると考えられる。

塩化物イオンに対する拡散係数について：海洋構造物および凍結防止剤が散布されることが予想される構造物に対しては、塩化物イオンの侵入によりコンクリート中の鋼材が腐食しないことの照査を行う必要がある。したがって、設計段階で照査された結果を基本に、コンクリートの水セメント比（または水結合材比）の設定およびなかりを確保することが重要である。土木学会 2012 年制定コンクリート標準示方書[設計編：標準]2 編「2.1.4 塩害に対する照査」では、高炉セメント（あるいは高炉スラグ微粉末）を用いたコンクリートの塩化物イオン拡散係数は小さく、塩化物イオン侵入抑制効果が認められており、塩害のおそれがある構造物への適用に有効である。また状況によっては、コンクリート表面の塗装、鋼材の防錆対策等も考慮しなければならない。

コンクリートのアルカリシリカ反応の抑制対策について：九州地区にはアルカリシリカ反応性を有する骨材がかなり存在している。したがって、九州地区に建設するコンクリート構造物は、その構造物がおかれる環境および使用する骨材のアルカリシリカ反応性を適切に評価するとともに、適切なアルカリシリカ反応抑制対策を講じる必要がある。アルカリシリカ反応の抑制対策としては、①コンクリート中のアルカリ総量の抑制、②混合セメント（高炉セメント B 種、フライアッシュセメント B 種）の使用が挙げられる。土木工事設計要領では、適用できる工種（橋梁上部工を除く）には高炉セメント B 種を使用することを標準としている。従来使用されてきた安山岩などの反応性骨材より、さらに反応性が高い可能性があるガラス質骨材の場合は、通常の場合よりもアルカリシリカ反応性の抑制効果が高い方策とする必要がある。ただし、骨材は、その採取場所やロットによってアルカリシリカ反応性が異なるのが一般的であり、事前に使用する骨材のアルカリシリカ反応性を確認し、その抑制対策を決定することが重要である。

コンクリートのアルカリシリカ反応性の評価方法について：アルカリシリカ反応性の評価方法に関して、

来の化学法やモルタルバー法では海洋環境や凍結防止剤の使用地域などのように外部からアルカリ分の侵入がある場合には適切に評価ができない可能性がある。これらの地域では、コンクリート中のアルカリ総量の規制では対応できず、現状の高炉セメント B 種(例えば高炉スラグ混合率が 40%)やフライアッシュセメント B 種(例えばフライアッシュ混合率が 15%)でもアルカリ骨材反応抑制が十分ではない可能性がある。その場合は、さらにスラグやフライアッシュの混合率が多い混合セメントが適当であるとされている。アルカリ骨材反応性の評価は、使用環境を考慮した適切な方法により行わなければならない。

コンクリートの化学的侵食による劣化について：化学的侵食によるコンクリートの劣化は、劣化外力の種類や程度が供用環境によって異なるのが一般的である。したがって、現状では、環境劣化外力の強さに応じて、要求するコンクリートの耐化学的侵食性の程度を変えることが妥当である。一般に、酸性雨などの影響を受ける環境や海洋環境のように侵食作用が比較的穏やかな場合は、コンクリートの劣化が顕在しないことを、また、下水道環境や温泉環境などのように侵食作用が厳しい場合は、コンクリートの劣化が構造物の所要の性能に影響を及ぼさない程度であることをコンクリートに要求される耐化学的侵食性の標準とするのがよい。下水道環境や温泉環境などの侵食作用が非常に激しい部分に劣化が顕在化しないことをコンクリートの性能に求めるのは難しいが、このような性能が必要となる場合は、防食材料で被覆する防食処理や硫酸化細菌の活動を停止させる防菌剤(抗菌剤)の塗布などの方法がある。

(3)について 所要の性能を有するコンクリート構造物を構築するためには、有害なひび割れの発生を防ぐ必要がある。コンクリート構造物に発生するひび割れの主な原因としては、フレッシュコンクリートの沈下、プラスチック収縮、セメントの水和熱による温度応力、乾燥収縮、自己収縮などが挙げられる。そのうち、**沈下**ひび割れに関しては、コンクリートの打込み後適切な時期にタンピングを施すことが、また、プラスチック収縮ひび割れに関しては、コンクリートの打込み後に表面からの急速な乾燥を防ぐことが、それぞれひび割れの発生を防ぐうえで有効である。

温度ひび割れについて：温度ひび割れは、設計段階においてコンクリートに有害なひび割れが発生しないことを照査しなければならない。有害なひび割れが発生すると予測される場合は、照査を満足するよう適切な対策を講じることが必要となる。一般に、温度ひび割れを抑制するには、コンクリートの温度上昇量を低く抑えることおよび温度上昇速度を抑える必要がある。コンクリートの材料と配合の面からコンクリートの温度上昇を低く抑えるには、単位セメント量を少なくする、コンクリートの打設温度を下げる、設計基準強度を保証する材齢を長くとる、低発熱型のセメントを使用するなどの方法が挙げられる。

単位セメント量は、単位水量と水セメント比から決定するのが一般的である。このため、単位セメント量を少なくするには、単位水量を少なくすることが重要である。単位水量を少なくするには、使用する混和剤の種類および量を適切に選定する必要がある。また、可能であれば、粗骨材の最大寸法を大きくする、コンクリートのスランプを小さく設定する、配合強度を低くすることなども有効な方法である。

低発熱型のセメントとしては、低熱高炉セメント、中庸熱フライアッシュセメント、低熱ポルトランドセメント、中庸熱ポルトランドセメントなどがあり、設計段階で低発熱型セメントの指定がある場合には適切に選定しなければならない。

一般に、低発熱型セメントは、普通ポルトランドセメントと比較して、水和発熱速度が緩やかで、長期にわたって強度発現が認められることなどの特徴を有する。したがって、低発熱型セメントを使用する場合は、設計基準強度を保証する材齢を、一般的な 28 日よりも長期な 56 日や 91 日に設定することで、所定の強度を満足するために必要な水セメント比を大きく設定することができ、単位セメント量を少なくできるため、温度ひび割れの抑制対策には有効な方法の一つである。ただし、設計基準強度を保証する材齢は長期に設定するものの、施工管理上はより短い材齢(例えば 28 日)で強度管理を行うことが必要な場

従来の化学法やモルタルバー法では海洋環境や凍結防止剤の使用地域などのように外部からアルカリ分の侵入がある場合には適切に評価ができない可能性がある。これらの地域では、コンクリート中のアルカリ総量の規制では対応できず、現状の高炉セメント B 種(例えば高炉スラグ混合率が 40%)やフライアッシュセメント B 種(例えばフライアッシュ混合率が 15%)でもアルカリシリカ反応抑制が十分ではない可能性がある。その場合は、さらにスラグやフライアッシュの混合率が多い混合セメントが適当であるとされている。アルカリシリカ反応性の評価は、使用環境を考慮した適切な方法により行わなければならない。

コンクリートの化学的侵食による劣化について：化学的侵食によるコンクリートの劣化は、劣化外力の種類や程度が供用環境によって異なるのが一般的である。したがって、現状では、環境劣化外力の強さに応じて、要求するコンクリートの耐化学的侵食性の程度を変えることが妥当である。一般に、酸性雨などの影響を受ける環境や海洋環境のように侵食作用が比較的穏やかな場合は、コンクリートの劣化が顕在しないことを、また、下水道環境や温泉環境などのように侵食作用が厳しい場合は、コンクリートの劣化が構造物の所要の性能に影響を及ぼさない程度であることをコンクリートに要求される耐化学的侵食性の標準とするのがよい。下水道環境や温泉環境などの侵食作用が非常に激しい部分に劣化が顕在化しないことをコンクリートの性能に求めるのは難しいが、このような性能が必要となる場合は、防食材料で被覆する防食処理や硫酸化細菌の活動を停止させる防菌剤(抗菌剤)の塗布などの方法がある。

(3)について 所要の性能を有するコンクリート構造物を構築するためには、有害なひび割れの発生を防ぐ必要がある。コンクリート構造物に発生するひび割れの主な原因としては、フレッシュコンクリートの沈下、プラスチック収縮、セメントの水和熱による温度応力、乾燥収縮、自己収縮などが挙げられる。そのうち、**沈み**ひび割れに関しては、コンクリートの打込み後適切な時期にタンピングを施すことが、また、プラスチック収縮ひび割れに関しては、コンクリートの打込み後に表面からの急速な乾燥を防ぐことが、それぞれひび割れの発生を防ぐうえで有効である。

温度ひび割れについて：温度ひび割れは、設計段階においてコンクリートに有害なひび割れが発生しないことを照査しなければならない。有害なひび割れが発生すると予測される場合は、照査を満足するよう適切な対策を講じることが必要となる。一般に、温度ひび割れを抑制するには、コンクリートの温度上昇量を低く抑えることおよび温度上昇速度を抑える必要がある。コンクリートの材料と配合の面からコンクリートの温度上昇を低く抑えるには、単位セメント量を少なくする、コンクリートの打設温度を下げる、設計基準強度を保証する材齢を長くとる、低発熱型のセメントを使用するなどの方法が挙げられる。

単位セメント量は、単位水量と水セメント比から決定するのが一般的である。このため、単位セメント量を少なくするには、単位水量を少なくすることが重要である。単位水量を少なくするには、使用する混和剤の種類および量を適切に選定する必要がある。また、可能であれば、粗骨材の最大寸法を大きくする、コンクリートのスランプを小さく設定する、配合強度を低くすることなども有効な方法である。

低発熱型のセメントとしては、低熱高炉セメント、中庸熱フライアッシュセメント、低熱ポルトランドセメント、中庸熱ポルトランドセメントなどがあり、設計段階で低発熱型セメントの指定がある場合には適切に選定しなければならない。

一般に、低発熱型セメントは、普通ポルトランドセメントと比較して、水和発熱速度が緩やかで、長期にわたって強度発現が認められることなどの特徴を有する。したがって、低発熱型セメントを使用する場合は、設計基準強度を保証する材齢を、一般的な 28 日よりも長期な 56 日や 91 日に設定することで、所定の強度を満足するために必要な水セメント比を大きく設定することができ、単位セメント量を少なくできるため、温度ひび割れの抑制対策には有効な方法の一つである。ただし、設計基準強度を保証する材齢は長期に設定するものの、施工管理上はより短い材齢(例えば 28 日)で強度管理を行うことが必要な場

合もある。この場合は、あらかじめ試験練りなどにより長期材齢と短期材齢の強度の関係式を調査しておき判断するとよい。

それ以外の対策として、膨張材の使用によりひび割れを制御する方法もある。

収縮に起因するひび割れについて：乾燥収縮によってコンクリートの表面に発生したひび割れは、構造物の美観を損ない、コンクリートの気密性を低下させる原因となる。乾燥収縮は、一般に単位水量の影響が最も大きく、単位水量が多いほど大きくなることが知られている。したがって、乾燥収縮の低減には、コンクリートの単位水量が出来るだけ少なくなるよう材料および配合を選定する必要がある。

また、水セメント比が小さい（単位セメント量が多い）コンクリートの場合は、セメントの水和に起因した自己収縮によるひび割れが発生することがあるので注意を要する。

乾燥収縮および自己収縮に共通した収縮量低減対策としては、収縮低減剤や膨張材の使用が挙げられる。これらの材料を使用する場合は、事前にその効果を試験により確認し、使用方法を決定する必要がある。

(4) について コンクリートは、その内部にある鋼材を、外部からの腐食因子や火災等の熱から保護する機能を有する。内部の鉄筋等の補強用鋼材が腐食すると構造物の耐久性は著しく低下する。鋼材の腐食に大きく影響するコンクリートの性能は中性化速度および塩化物イオンの拡散速度である。このような観点から、解説 (2) についてで示した照査とその結果による対策を取らなければならない。中性化および塩化物イオン拡散速度のいずれにも、コンクリートの水セメント比（水結合材比）とかぶりの確保が重要となる。

(5) について 塩化物イオンがコンクリート中にある限度以上存在すると、コンクリート中の鋼材の腐食が促進され、構造物の耐久性が早期に低下する。この塩化物イオンは、海洋環境や凍結防止剤の散布など外部環境からコンクリート中に浸入する場合のほか、セメント、骨材、混和剤あるいは練混ぜ水などから供給される場合もある。したがって、これら各材料からのコンクリートに供給される全塩化物イオン量を鋼材が腐食しない範囲に規制することが重要である。この規制値塩化物イオン量 0.3kg/m^3 以下という値は、鋼材の腐食が絶対に生じないことを保証するものではなく、既往の研究や調査結果に基づいて、鋼材の腐食によるコンクリート構造物の劣化を容認できる程度以下に抑え得る実現可能な値として定めた。

4.3 コンクリートの性能照査

4.3.1 一般

(1) 選定した材料と配合によるコンクリートが、設計段階における構造物の性能照査を満足する性能を有していることを確認しなければならない。

(2) コンクリートが要求性能を満足していることの確認は、土木学会 コンクリート標準示方書に示される方法により行うものとする。

【解説】(1)および(2)について コンクリートの性能照査は、原則として土木学会 コンクリート標準示方書〔**施工編**〕および〔**施工標準**〕に記載されている方法に従って実施する。照査する性能としては、強度、中性化速度係数、塩化物イオンに対する拡散係数、相対動弾性係数、耐化学的侵食性、耐アルカリ

合もある。この場合は、あらかじめ試験練りなどにより長期材齢と短期材齢の強度の関係式を調査しておき判断するとよい。

それ以外の対策として、膨張材の使用によりひび割れを制御する方法もある。

収縮に起因するひび割れについて：乾燥収縮によってコンクリートの表面に発生したひび割れは、構造物の美観を損ない、コンクリートの気密性を低下させる原因となる。乾燥収縮は、一般に単位水量の影響が最も大きく、単位水量が多いほど大きくなることが知られている。したがって、乾燥収縮の低減には、コンクリートの単位水量が出来るだけ少なくなるよう材料および配合を選定する必要がある。

また、水セメント比が小さい（単位セメント量が多い）コンクリートの場合は、セメントの水和に起因した自己収縮によるひび割れが発生することがあるので注意を要する。

乾燥収縮および自己収縮に共通した収縮量低減対策としては、収縮低減剤や膨張材の使用が挙げられる。これらの材料を使用する場合は、事前にその効果を試験により確認し、使用方法を決定する必要がある。

(4) について コンクリートは、その内部にある鋼材を、外部からの腐食因子や火災等の熱から保護する機能を有する。内部の鉄筋等の補強用鋼材が腐食すると構造物の耐久性は著しく低下する。鋼材の腐食に大きく影響するコンクリートの性能は中性化速度および塩化物イオンの拡散速度である。このような観点から、解説 (2) についてで示した照査とその結果による対策を取らなければならない。中性化および塩化物イオン拡散速度のいずれにも、コンクリートの水セメント比（水結合材比）とかぶりの確保が重要となる。

(5) について 塩化物イオンがコンクリート中にある限度以上存在すると、コンクリート中の鋼材の腐食が促進され、構造物の耐久性が早期に低下する。この塩化物イオンは、海洋環境や凍結防止剤の散布など外部環境からコンクリート中に浸入する場合のほか、セメント、骨材、混和剤あるいは練混ぜ水などから供給される場合もある。したがって、これら各材料からのコンクリートに供給される全塩化物イオン量を鋼材が腐食しない範囲に規制することが重要である。この規制値塩化物イオン量 0.3kg/m^3 以下という値は、鋼材の腐食が絶対に生じないことを保証するものではなく、既往の研究や調査結果に基づいて、鋼材の腐食によるコンクリート構造物の劣化を容認できる程度以下に抑え得る実現可能な値として定めた。

4.3 コンクリートの性能照査

4.3.1 一般

(1) 選定した材料と配合によるコンクリートが、設計段階における構造物の性能照査を満足する性能を有していることを確認しなければならない。

(2) コンクリートが要求性能を満足していることの確認は、土木学会 コンクリート標準示方書に示される方法により行うものとする。

【解説】(1)および(2)について コンクリートの性能照査は、原則として土木学会 コンクリート標準示方書〔**施工編**：本編〕および〔**施工編**：施工標準〕に記載されている方法に従って実施する。照査する性能としては、強度、中性化速度係数、塩化物イオンに対する拡散係数、相対動弾性係数、耐化学的侵食

骨材反応性、透水係数、耐火性、断熱温度上昇特性、乾燥収縮特性、凝結特性があり、構造物の要求性能に応じて照査項目を適切に選定する。また、照査の結果、設定された性能を満足しない場合は、コンクリート材料の選定や配合を変更し、再度照査する。これらの結果、合理的にコンクリートの配合が行えない場合は、少なくとも構造条件、使用材料、補強材の条件、製造条件、施工条件、維持管理条件などの一部が適切でないということである。

4.3.2 耐アルカリ骨材反応性の照査

- (1)耐アルカリ骨材反応性の照査は、アルカリ金属イオンが供給される環境を考慮して、適切な方法により行わなければならない。
- (2)過去に使用実績があり、かつ一定の品質が確保されることを確認した骨材を使用する場合は、効果が確認された適切な対策を講じることによって、耐アルカリ骨材反応性の照査を省略することができる。

【解 説】(1)および(2)について 耐アルカリ骨材反応性の照査は、骨材自体もしくはコンクリートやモルタルを用いた促進試験方法により行われるのが一般的である。現在、わが国で用いられているアルカリ骨材反応の試験方法としては、化学法、モルタルバー法、迅速法等が挙げられる。しかし、これらの方法は、外部から侵入するアルカリ金属イオンの影響は考慮していないので、海洋環境や凍結防止剤の使用地域などのように外部環境からアルカリ金属イオンの供給がある場合には適切な評価が行えない可能性がある。したがって、外部環境からアルカリ金属イオンが混入する可能性がある場合は、実構造物で想定されるアルカリ供給条件を適切な方法で再現した試験を実施する必要がある。また、同じ骨材であっても試験法（JIS 化学法、JIS モルタルバー法、ASTM 法など）によって判定が異なることが報告されている。

骨材は、岩種が同一であっても採取した場所やロットが異なれば、アルカリ骨材反応性も異なるのが一般的である。したがって、アルカリ骨材反応性の照査は採取した場所やロットごとに実施することが望ましい。ただし、過去に使用実績があり、かつ一定の品質が確保されることを確認した骨材を使用する場合は、効果が確認された適切な対策を講じることによって、耐アルカリ骨材反応性の照査を省略することができることとした。

また、セメントによる対策としては以下に示すようなものが挙げられる。

- 1)外部からアルカリ金属イオンの供給がない場合
 - ・コンクリート中のアルカリ総量 3kg/m³以下とする
 - ・高炉スラグの分量（質量%）が 40%以上の高炉セメントの使用あるいは高炉スラグ微粉末を 40%以上（質量%）混合した結合材とする
 - ・フライアッシュの分量（質量%）が 15%以上のフライアッシュセメントの使用あるいはフライアッシュを 15%以上（質量%）混合した結合材とする
- 2)外部からアルカリ金属イオンの供給がある場合
 - ・高炉スラグの分量（質量%）が 50%以上の高炉セメントの使用あるいは高炉スラグ微粉末を 50%以上（質量%）混合した結合材とする

性、耐アルカリシリカ反応性、透水係数、耐火性、断熱温度上昇特性、乾燥収縮特性、凝結特性があり、構造物の要求性能に応じて照査項目を適切に選定する。また、照査の結果、設定された性能を満足しない場合は、コンクリート材料の選定や配合を変更し、再度照査する。これらの結果、合理的にコンクリートの配合が行えない場合は、少なくとも構造条件、使用材料、補強材の条件、製造条件、施工条件、維持管理条件などの一部が適切でないということである。

4.3.2 耐アルカリシリカ反応性の照査

- (1)耐アルカリシリカ反応性の照査は、アルカリ金属イオンが供給される環境を考慮して、適切な方法により行わなければならない。
- (2)過去に使用実績があり、かつ一定の品質が確保されることを確認した骨材を使用する場合は、効果が確認された適切な対策を講じることによって、耐アルカリシリカ反応性の照査を省略することができる。

【解 説】(1)および(2)について 耐アルカリシリカ反応性の照査は、骨材自体もしくはコンクリートやモルタルを用いた促進試験方法により行われるのが一般的である。現在、わが国で用いられているアルカリシリカ反応の試験方法としては、化学法、モルタルバー法、迅速法等が挙げられる。しかし、これらの方法は、外部から侵入するアルカリ金属イオンの影響は考慮していないので、海洋環境や凍結防止剤の使用地域などのように外部環境からアルカリ金属イオンの供給がある場合には適切な評価が行えない可能性がある。したがって、外部環境からアルカリ金属イオンが混入する可能性がある場合は、実構造物で想定されるアルカリ供給条件を適切な方法で再現した試験を実施する必要がある。また、同じ骨材であっても試験法（JIS 化学法、JIS モルタルバー法、ASTM 法など）によって判定が異なることが報告されている。

骨材は、岩種が同一であっても採取した場所やロットが異なれば、アルカリシリカ反応性も異なるのが一般的である。したがって、アルカリシリカ反応性の照査は採取した場所やロットごとに実施することが望ましい。ただし、過去に使用実績があり、かつ一定の品質が確保されることを確認した骨材を使用する場合は、効果が確認された適切な対策を講じることによって、耐アルカリシリカ反応性の照査を省略することができることとした。

また、セメントによる対策としては以下に示すようなものが挙げられる。

- 1)外部からアルカリ金属イオンの供給がない場合
 - ・コンクリート中のアルカリ総量 3kg/m³以下とする
 - ・高炉スラグの分量（質量%）が 40%以上の高炉セメントの使用あるいは高炉スラグ微粉末を 40%以上（質量%）混合した結合材とする
 - ・フライアッシュの分量（質量%）が 15%以上のフライアッシュセメントの使用あるいはフライアッシュを 15%以上（質量%）混合した結合材とする
- 2)外部からアルカリ金属イオンの供給がある場合
 - ・高炉スラグの分量（質量%）が 50%以上の高炉セメントの使用あるいは高炉スラグ微粉末を 50%以上（質量%）混合した結合材とする

- ・フライアッシュの分量（質量%）が 20%以上のフライアッシュセメントの使用あるいはフライアッシュを 20%以上（質量%）混合した結合材とする

ただし、ガラスを多量に含む火山岩や火山灰、および各種溶融ガラスや廃ガラスなど特殊な材料を骨材とする場合は、アルカリ刺激を受けることで高い反応性を示したり、溶解することでアルカリを放出したりすることがある。このため、これらを骨材として使用する場合は、事前に骨材のアルカリ骨材反応性を確認し、その抑制対策を決定する必要がある。

指針作成にあたって実施した試験では、フライアッシュ原粉を細骨材代替として使用することによってもアルカリ骨材反応の抑制効果が認められており、特に条件が厳しい場合などには有効な対策の一つとなる。

4.4 コンクリート材料

4.4.1 総則

コンクリート材料は、製造するコンクリートが設計段階で示されたコンクリート性能を満足するように適切に選定しなければならない。

【解 説】 所要の性能を満足するコンクリートを作るためには適切な材料を用いることが極めて重要である。材料の適否は試験あるいは既往の実績によって判断する。また、試験により材料の適否を判断する場合は、JIS などに規定されている方法を適用する。

4.4.2 セメント

セメントは、JIS R 5210「ポルトランドセメント」、JIS R 5211「高炉セメント」および JIS R 5213「フライアッシュセメント」に適合したものを使用することを原則とし、コンクリートが所要の性能を発揮できるように適切に選定しなければならない。

【解 説】 セメントは、所要の性能のコンクリートが安定して経済的に得られるように、JIS に規定されているセメントの中から構造物の種類、断面寸法、気象条件、工事の時期、工期、施工方法等を考慮して適切に選定することを原則とする。

九州地方整備局土木工事設計要領第 I 編共通編 8. コンクリート工では、橋梁上部工を除いた工種には高炉セメント B 種を使用することを標準としている。したがって、特に設計図書でセメントの種類を指定していない場合は、高炉セメント B 種を使用することを標準とする。なお、アルカリ骨材反応を抑制するためには、高炉セメント中の高炉スラグ量は 40%以上が有効とされている。また、温度ひび割れの発生原因となる水和熱による温度上昇量を抑制するためには、可能な範囲で高炉スラグ混合量を多くすること

- ・フライアッシュの分量（質量%）が 20%以上のフライアッシュセメントの使用あるいはフライアッシュを 20%以上（質量%）混合した結合材とする

ただし、ガラスを多量に含む火山岩や火山灰、および各種溶融ガラスや廃ガラスなど特殊な材料を骨材とする場合は、アルカリ刺激を受けることで高い反応性を示したり、溶解することでアルカリを放出したりすることがある。このため、これらを骨材として使用する場合は、事前に骨材のアルカリ骨材反応性を確認し、その抑制対策を決定する必要がある。

指針(案)作成にあたって実施した試験では、フライアッシュ原粉を細骨材代替として使用することによってもアルカリシリカ反応の抑制効果が認められており、特に条件が厳しい場合などには有効な対策の一つとなる。

4.4 コンクリート材料

4.4.1 総則

コンクリート材料は、製造するコンクリートが設計段階で示されたコンクリート性能を満足するように適切に選定しなければならない。

【解 説】 所要の性能を満足するコンクリートを作るためには適切な材料を用いることが極めて重要である。材料の適否は試験あるいは既往の実績によって判断する。また、試験により材料の適否を判断する場合は、JIS などに規定されている方法を適用する。

4.4.2 セメント

セメントは、JIS R 5210「ポルトランドセメント」、JIS R 5211「高炉セメント」および JIS R 5213「フライアッシュセメント」に適合したものを使用することを原則とし、コンクリートが所要の性能を発揮できるように適切に選定しなければならない。

【解 説】 セメントは、所要の性能のコンクリートが安定して経済的に得られるように、JIS に規定されているセメントの中から構造物の種類、断面寸法、気象条件、工事の時期、工期、施工方法等を考慮して適切に選定することを原則とする。

九州地方整備局土木工事設計要領第 I 編共通編 第 1 章 第 7 節 8. コンクリート工では、橋梁上部工を除いた工種には高炉セメント B 種を使用することを標準としている。したがって、特に設計図書でセメントの種類を指定していない場合は、高炉セメント B 種を使用することを標準とする。なお、アルカリシリカ反応を抑制するためには、高炉セメント中の高炉スラグ量は 40%以上が有効とされている。また、温度ひび割れの発生原因となる水和熱による温度上昇量を抑制するためには、可能な範囲で高炉スラグ混合

が有効であることが試験により明らかになっている。

なお、初期強度を必要とする橋梁の上部工（床版、桁など）には、普通ポルトランドセメントおよび早強ポルトランドセメントを使用することが標準となっている。また、温度ひび割れが懸念される場合などでは、低発熱型セメント（低熱ポルトランドセメント、中庸熱ポルトランドセメント、低熱高炉セメント、中庸熱フライアッシュセメント）の使用が有効である。

4.4.3 混和材料

- (1) 混和材として用いるフライアッシュは、JIS A 6201 に適合した I 種および II 種を標準とする。
- (2) 混和材として用いる高炉スラグ微粉末は、JIS A 6206 に適合したものを標準とする。
- (3) 混和材として用いるコンクリート用膨張材は、JIS A 6202 に適合したものを標準とする。
- (4) 混和材として用いるシリカヒュームは、JIS A 6207 に適合したものを標準とする。
- (5) 混和剤として用いる AE 剤、減水剤、AE 減水剤、および高性能 AE 減水剤、高性能減水剤、流動化剤、硬化促進剤は、JIS A 6204 に適合したものを標準とする。
- (6) 混和剤として用いる鉄筋コンクリート用防せい剤は、JIS A 6205 に適合したものを標準とする。
- (7) その他の混和材および混和剤は、その品質、使用方法を十分に検討して採用する。

【解説】 コンクリート材料としての混和材料は、その使用量の多少に応じて、混和材と混和剤に大別される。混和材としては、フライアッシュ、高炉スラグ微粉末、膨張材、シリカヒュームなどがあり、混和剤としては、AE 減水剤を始め各種化学混和剤が使用されている。

(1)について 品質の優れたフライアッシュは、これを適切に用いるとコンクリートのワーカビリティを改善し単位水量を減らすことができる、水和熱による温度上昇を抑制する、水密性や化学抵抗性などの耐久性を改善する、アルカリシリカ反応を抑制する等の優れた効果を発揮する。しかし、フライアッシュの品質は、原料炭の品質、ボイラ燃焼方法、捕集方法等によってかなり相違するので、JIS A 6201「フライアッシュ」に規定された I 種および II 種を使用することを標準とする。なお、後記の 6.4.4 骨材の項で示すフライアッシュ原粉は、細骨材代替として用いることを前提にしているため、本項の混和材料には該当しない。また、使用に際しては土木学会「フライアッシュを用いたコンクリートの施工指針(案)」を参照するとよい

(2)について 急冷したガラス質の高炉水砕スラグを適切に粉砕して製造された高炉スラグ微粉末は、これを適切に用いるとコンクリートの長期強度を増進させる、塩化物イオンのコンクリートへの浸入を抑制する、水密性や化学抵抗性を改善する、アルカリシリカ反応を抑制するなどの優れた効果を発揮する。また、高炉スラグ微粉末の種類によっては、ワーカビリティの改善、水和発熱速度の低減や高強度の発現にも効果を発揮する。しかし、これらの効果は、高炉スラグの化学成分、ガラス化率および粉砕した微粉末の粉末度やセメントとの置換率などによっても相違するので、JIS A 6206「コンクリート用高炉スラグ微粉末」に適合した品質のものを使用することを標準とした。また、JIS 規格に規定された高炉スラグ微粉末は 3 種類あるので、改善しようとする性能に応じたものを適切に使用することが重要である。なお、使用に際しては土木学会「高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートの設計施工指針」を参照するのがよい。

量を多くすることが有効であることが試験により明らかになっている。

なお、初期強度を必要とする橋梁の上部工（床版、桁など）には、普通ポルトランドセメントおよび早強ポルトランドセメントを使用することが標準となっている。また、温度ひび割れが懸念される場合などでは、低発熱型セメント（低熱ポルトランドセメント、中庸熱ポルトランドセメント、低熱高炉セメント、中庸熱フライアッシュセメント）の使用が有効である。

4.4.3 混和材料

- (1) 混和材として用いるフライアッシュは、JIS A 6201 に適合した I 種および II 種を標準とする。
- (2) 混和材として用いる高炉スラグ微粉末は、JIS A 6206 に適合したものを標準とする。
- (3) 混和材として用いるコンクリート用膨張材は、JIS A 6202 に適合したものを標準とする。
- (4) 混和材として用いるシリカヒュームは、JIS A 6207 に適合したものを標準とする。
- (5) 混和剤として用いる AE 剤、減水剤、AE 減水剤、および高性能 AE 減水剤、高性能減水剤、流動化剤、硬化促進剤は、JIS A 6204 に適合したものを標準とする。
- (6) 混和剤として用いる鉄筋コンクリート用防せい剤は、JIS A 6205 に適合したものを標準とする。
- (7) その他の混和材および混和剤は、その品質、使用方法を十分に検討して採用する。

【解説】 コンクリート材料としての混和材料は、その使用量の多少に応じて、混和材と混和剤に大別される。混和材としては、フライアッシュ、高炉スラグ微粉末、膨張材、シリカヒュームなどがあり、混和剤としては、AE 減水剤を始め各種化学混和剤が使用されている。

(1)について 品質の優れたフライアッシュは、これを適切に用いるとコンクリートのワーカビリティを改善し単位水量を減らすことができる、水和熱による温度上昇を抑制する、水密性や化学抵抗性などの耐久性を改善する、アルカリシリカ反応を抑制する等の優れた効果を発揮する。しかし、フライアッシュの品質は、原料炭の品質、ボイラ燃焼方法、捕集方法等によってかなり相違するので、JIS A 6201「フライアッシュ」に規定された I 種および II 種を使用することを標準とする。なお、後記の 6.4.4 骨材の項で示すフライアッシュ原粉は、細骨材代替として用いることを前提にしているため、本項の混和材料には該当しない。また、使用に際しては土木学会「フライアッシュを用いたコンクリートの施工指針(案)」を参照するとよい

(2)について 急冷したガラス質の高炉水砕スラグを適切に粉砕して製造された高炉スラグ微粉末は、これを適切に用いるとコンクリートの長期強度を増進させる、塩化物イオンのコンクリートへの浸入を抑制する、水密性や化学抵抗性を改善する、アルカリシリカ反応を抑制するなどの優れた効果を発揮する。また、高炉スラグ微粉末の種類によっては、ワーカビリティの改善、水和発熱速度の低減や高強度の発現にも効果を発揮する。しかし、これらの効果は、高炉スラグの化学成分、ガラス化率および粉砕した微粉末の粉末度やセメントとの置換率などによっても相違するので、JIS A 6206「コンクリート用高炉スラグ微粉末」に適合した品質のものを使用することを標準とした。また、JIS 規格に規定された高炉スラグ微粉末は 3 種類あるので、改善しようとする性能に応じたものを適切に使用することが重要である。なお、使用に際しては土木学会「高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートの設計施工指針」を参照するのがよい。

(3)について コンクリート用膨張材を適切に使用すれば、コンクリートの乾燥収縮、温度応力などに起因するひび割れの発生を抑制する、あるいはケミカルプレストレスを導入してひび割れ耐力を向上できる等の優れた効果が得られる。しかし、このような効果は膨張材の化学成分や構成鉱物および粉末度などによっても相違するので、JIS A 6202「コンクリート用膨張材」に適合するものを使用することを標準とする。なお、使用に際しては土木学会コンクリート標準示方書・**施工標準・特殊コンクリート編 2 章「膨張コンクリート」**を参照するとよい。

(4)について シリカヒュームは、フェロシリコンおよび金属シリコンを製造する際に副生する非晶質の二酸化けい素を主成分とする球形の超微粉末である。セメントの一部をシリカヒュームで置換して適切に使用すると、コンクリートのブリーディングが小さく材料分離を生じにくい、高強度を発現できる、水密性や化学抵抗性が向上するなどの効果を発揮する。その反面、単位水量の増加、乾燥収縮の増加等の欠点も報告されている。また、その供給の大半を輸入に頼らざないので、産地、在庫期間及び製品の形態などにより、その品質はかなり相違する。したがって、JIS A 6207「コンクリート用シリカヒューム」に適合することを確かめて使用することが重要である。なお、使用に際しては土木学会「シリカヒュームを用いたコンクリートの設計施工指針(案)」を参照するのがよい。

(5)について 現在、市販されている化学混和剤の種類は多く、その品質や性能はお互いに異なっているため、工事に使用する AE 剤、減水剤、AE 減水剤、高性能減水剤、高性能 AE 減水剤および流動化剤の品質は、JIS A 6204「コンクリート用化学混和剤」に適合したものを使用することを標準とした。JIS A 6204 では、化学混和剤をその性能により、AE 剤、減水剤（標準形、遅延形、促進形）、AE 減水剤（標準形、遅延形、促進形）、高性能減水剤、高性能 AE 減水剤（標準形、遅延形）、流動化剤（標準形、遅延形）および硬化促進剤に分類している。また、混和剤からコンクリート中に供給される塩化物イオン量の多少によって、Ⅰ種、Ⅱ種およびⅢ種に分類されている。したがって、化学混和剤を使用する場合には、その使用目的、コンクリートの凝結時間の長さあるいは硬化速度、コンクリート中の塩化物イオン量の限度などを十分に考慮して適切な種類と品質のものを選定するとよい。

(6)について 鉄筋コンクリート用防せい剤は、骨材中の塩分による鉄筋の腐食を抑制するための化学混和剤であり、現在市販されている防せい剤は、亜硝酸塩を主成分とするものが多い。長期にわたって防せい効果を発揮することは勿論、コンクリートの凝結、硬化性状や耐久性を阻害しないことが要求される。

工事に用いる防せい剤は、JIS A 6205「鉄筋コンクリート用防せい剤」に適合したものを標準とする。外部から塩化物イオンが侵入する環境下で用いる場合は、使用する防せい剤の種類、添加量と防錆効果を、あらかじめ十分に検討しておくことが望ましい。

(7)について その他の混和材料としては、ケイ酸質微粉末、石灰石微粉末、高強度用混和材および収縮低減剤などの各種化学混和剤が挙げられるが、これらの混和材料に対しては、まだ定まった品質規格がなく、またそれらの種類と使用方法も種々あるため、その使用にあたっては事前に調査、試験を行い、品質の確認と適切な使用方法を検討しなければならない。

(3)について コンクリート用膨張材を適切に使用すれば、コンクリートの乾燥収縮、温度応力などに起因するひび割れの発生を抑制する、あるいはケミカルプレストレスを導入してひび割れ耐力を向上できる等の優れた効果が得られる。しかし、このような効果は膨張材の化学成分や構成鉱物および粉末度などによっても相違するので、JIS A 6202「コンクリート用膨張材」に適合するものを使用することを標準とする。なお、使用に際しては土木学会 **2012 年制定**コンクリート標準示方書 **[施工編：特殊コンクリート]**「**5 章 膨張コンクリート**」を参照するとよい。

(4)について シリカヒュームは、フェロシリコンおよび金属シリコンを製造する際に副生する非晶質の二酸化けい素を主成分とする球形の超微粉末である。セメントの一部をシリカヒュームで置換して適切に使用すると、コンクリートのブリーディングが小さく材料分離を生じにくい、高強度を発現できる、水密性や化学抵抗性が向上するなどの効果を発揮する。その反面、単位水量の増加、乾燥収縮の増加等の欠点も報告されている。また、その供給の大半を輸入に頼らざないので、産地、在庫期間及び製品の形態などにより、その品質はかなり相違する。したがって、JIS A 6207「コンクリート用シリカヒューム」に適合することを確かめて使用することが重要である。なお、使用に際しては土木学会「シリカヒュームを用いたコンクリートの設計施工指針(案)」を参照するのがよい。

(5)について 現在、市販されている化学混和剤の種類は多く、その品質や性能はお互いに異なっているため、工事に使用する AE 剤、減水剤、AE 減水剤、高性能減水剤、高性能 AE 減水剤および流動化剤の品質は、JIS A 6204「コンクリート用化学混和剤」に適合したものを使用することを標準とした。JIS A 6204 では、化学混和剤をその性能により、AE 剤、減水剤（標準形、遅延形、促進形）、AE 減水剤（標準形、遅延形、促進形）、高性能減水剤、高性能 AE 減水剤（標準形、遅延形）、流動化剤（標準形、遅延形）および硬化促進剤に分類している。また、混和剤からコンクリート中に供給される塩化物イオン量の多少によって、Ⅰ種、Ⅱ種およびⅢ種に分類されている。したがって、化学混和剤を使用する場合には、その使用目的、コンクリートの凝結時間の長さあるいは硬化速度、コンクリート中の塩化物イオン量の限度などを十分に考慮して適切な種類と品質のものを選定するとよい。

(6)について 鉄筋コンクリート用防せい剤は、骨材中の塩分による鉄筋の腐食を抑制するための化学混和剤であり、現在市販されている防せい剤は、亜硝酸塩を主成分とするものが多い。長期にわたって防せい効果を発揮することは勿論、コンクリートの凝結、硬化性状や耐久性を阻害しないことが要求される。

工事に用いる防せい剤は、JIS A 6205「鉄筋コンクリート用防せい剤」に適合したものを標準とする。外部から塩化物イオンが侵入する環境下で用いる場合は、使用する防せい剤の種類、添加量と防錆効果を、あらかじめ十分に検討しておくことが望ましい。

(7)について その他の混和材料としては、ケイ酸質微粉末、石灰石微粉末、高強度用混和材および収縮低減剤などの各種化学混和剤が挙げられるが、これらの混和材料に対しては、まだ定まった品質規格がなく、またそれらの種類と使用方法も種々あるため、その使用にあたっては事前に調査、試験を行い、品質の確認と適切な使用方法を検討しなければならない。

4.4.4 骨材

4.4.4.1 一般

- (1) コンクリートに使用する骨材は、それをういたコンクリートが所要の性能を満足することを確認したものでなくてはならない。
- (2) JIS ならびに土木学会規準などの品質規格に適合した骨材は、その品質が確かめられたものとしてコンクリートに使用してもよい。
- (3) コンクリートに使用する骨材は岩種が明確になったものを使用しなければならない。
- (4) 細骨材は、清浄、堅硬、耐久的で、適切な粒度をもち、ごみ、どろ、有機不純物、塩化物等を有害量含まないものを標準とする。
- (5) 粗骨材は、清浄、堅硬、耐久的で、適切な粒度をもち、薄い石片、細長い石片、有機不純物、塩化物等を有害量含まないものを標準とする。

【解説】(1)および(2)について コンクリートに使用する骨材は、それを使用したコンクリートが所要の性能を満足すれば、いかなる品質のものを用いてもよいことを原則とする。ただし、JIS ならびに土木学会規準などの品質規格に適合した骨材は、その品質が確かめられたものとしてコンクリートに適用することが出来る。

本指針においては、全国的に良質な骨材資源が減少していることを鑑み、九州地区で入手可能であり、かつ、コンクリート材料として使用することが可能な低品位骨材や産業廃棄物などの未利用資源 8 種類を細骨材の代替材料として規定した。4.4.4.3 にはこれら材料の品質について、4.5.4 にはこれら代替骨材の細骨材中への置換率についてそれぞれ述べている。また、本指針において、これらの材料を骨材の代替材料として規定することで、良質な骨材資源の延命化や、規定した代替材料の利用技術の向上につながり、将来建設されるコンクリート構造物の品質確保にもつながると考えられる。

あらかじめ混合した骨材を用いる場合の取扱いについては、JIS A 5308 附属書 1 8.「骨材を混合して使用する場合」に従うこととする。

(3)について アルカリ骨材反応性の観点からは、骨材の品質が岩石学的に安定していることが重要である。アルカリ骨材反応を示す岩石中の鉱物相はおおよそ分かっており、岩石学的評価により同定できる。また、骨材が多様化しつつある現状を考えると骨材の履歴を明確にするという意義もある。一方で、複数の骨材を混合して使用する場合などでは、各々の骨材の反応膨張量が小さくとも、混合することにより単独骨材の場合より膨張量が大きくなる、いわゆるペシマム現象が生じる可能性もある。同じ産地であっても骨材の岩石学的特徴は変化することもある。したがって、コンクリート用骨材として使用するすべての種類の骨材について、定期的に骨材の岩石学的評価を行い岩種について明らかにする必要がある。特に、川砂、陸砂、海砂、川砂利、砂岩というような表記は岩石の構成鉱物を示すものではなく、アルカリ骨材反応性の観点からは適切な分類といえない。これらの場合であっても構成鉱物が明らかになるような岩石学的評価が必要である。

(4)について 細骨材の品質として、土木学会 コンクリート標準示方書 [施工標準] に基本的事項が示されているので、これに従うことを原則とする。ただし、骨材の堅硬の程度については、まだ適切な試験

4.4.4 骨材

4.4.4.1 一般

- (1) コンクリートに使用する骨材は、それをういたコンクリートが所要の性能を満足することを確認したものでなくてはならない。
- (2) JIS ならびに土木学会規準などの品質規格に適合した骨材は、その品質が確かめられたものとしてコンクリートに使用してもよい。
- (3) コンクリートに使用する骨材は岩種が明確になったものを使用しなければならない。
- (4) 細骨材は、清浄、堅硬、耐久的で、適切な粒度をもち、ごみ、どろ、有機不純物、塩化物等を有害量含まないものを標準とする。
- (5) 粗骨材は、清浄、堅硬、耐久的で、適切な粒度をもち、薄い石片、細長い石片、有機不純物、塩化物等を有害量含まないものを標準とする。

【解説】(1)および(2)について コンクリートに使用する骨材は、それを使用したコンクリートが所要の性能を満足すれば、いかなる品質のものを用いてもよいことを原則とする。ただし、JIS ならびに土木学会規準などの品質規格に適合した骨材は、その品質が確かめられたものとしてコンクリートに適用することが出来る。

本指針(案)においては、全国的に良質な骨材資源が減少していることを鑑み、九州地区で入手可能であり、かつ、コンクリート材料として使用することが可能な低品位骨材や産業廃棄物などの未利用資源 8 種類を細骨材の代替材料として規定した。4.4.4.3 にはこれら材料の品質について、4.5.4 にはこれら代替骨材の細骨材中への置換率についてそれぞれ述べている。また、本指針(案)において、これらの材料を骨材の代替材料として規定することで、良質な骨材資源の延命化や、規定した代替材料の利用技術の向上につながり、将来建設されるコンクリート構造物の品質確保にもつながると考えられる。

あらかじめ混合した骨材を用いる場合の取扱いについては、JIS A 5308 附属書 1 8.「骨材を混合して使用する場合」に従うこととする。

(3)について アルカリシリカ反応性の観点からは、骨材の品質が岩石学的に安定していることが重要である。アルカリシリカ反応を示す岩石中の鉱物相はおおよそ分かっており、岩石学的評価により同定できる。また、骨材が多様化しつつある現状を考えると骨材の履歴を明確にするという意義もある。一方で、複数の骨材を混合して使用する場合などでは、各々の骨材の反応膨張量が小さくとも、混合することにより単独骨材の場合より膨張量が大きくなる、いわゆるペシマム現象が生じる可能性もある。同じ産地であっても骨材の岩石学的特徴は変化することもある。したがって、コンクリート用骨材として使用するすべての種類の骨材について、定期的に骨材の岩石学的評価を行い岩種について明らかにする必要がある。特に、川砂、陸砂、海砂、川砂利、砂岩というような表記は岩石の構成鉱物を示すものではなく、アルカリシリカ反応性の観点からは適切な分類といえない。これらの場合であっても構成鉱物が明らかになるような岩石学的評価が必要である。

(4)について 細骨材の品質として、土木学会 コンクリート標準示方書 [施工編：施工標準] に基本的事項が示されているので、これに従うことを原則とする。ただし、骨材の堅硬の程度については、まだ適

方法が制定されていないので、その細骨材を用いて造ったモルタルまたはコンクリートの強度、その他の試験結果から判断するとよい。

(5)について 粗骨材の品質として、土木学会 コンクリート標準示方書 [施工標準] に基本的事項が示されているので、これに従うことを原則とする。骨材の堅硬の程度については、JIS A 1121「ロサンゼルス試験機による粗骨材のすりへり試験方法」、JIS A 1126「ひっかき硬さによる粗骨材の軟石量試験方法」あるいは JIS A 1110「粗骨材の密度および吸水率試験方法」による試験またはその粗骨材を用いたコンクリートの強度試験等のうち必要な試験を行い、その結果によって判断することとする。また使用する骨材の岩種は、コンクリートの耐久性に及ぼす影響が大きいので、耐火的であるとともに強度、耐久性等を必要とするコンクリートの場合には適切な岩種の骨材を選定する。

4.4.4.2 砕砂

細骨材として使用する砕砂の品質は、JIS A 5005 の規定に適合したものを標準とし、コンクリートの品質に悪影響を及ぼさないことが確認されたものを使用する。

【解 説】 砕砂は、産地および製造ロットごとに品質の変動が大きいことが知られている。したがって、納入ロットごとに品質試験を実施し、その管理を適正に行う。

砕砂の産地によっては、アルカリ骨材反応性を示すものがある。したがって、これを反応性試験により確認する。

砕砂の中には微粒分を多く含んでいるものがある。微粒分が多く含まれる場合、JIS A 1109「細骨材の密度及び吸水率試験方法」に規定されているフローコーンによる方法では、表乾状態を適切に判断することが困難である。このような場合には、JIS A 1103「骨材の微粒分量試験方法」により 75 μ m 以下の微粒分を取り除いたものを試料とし、フローコーンにより判定するとよい。

4.4.4.3 高炉水砕スラグ

細骨材として使用する高炉水砕スラグの品質は、JIS A 5011 の規定に適合したものを標準とし、コンクリートの品質に悪影響を及ぼさないことが確認されたものを使用する。

【解 説】 高炉水砕スラグ細骨材は潜在水硬性を有するので、日平均気温が 20℃を越す時期には貯蔵施設において固結現象を起こし、取扱いが困難となるおそれがある。したがって、このような時期には、JIS A 5011-1 の付属書 2 (参考) に示されている「高炉スラグ細骨材の貯蔵の安定性の試験法」による判定結果が A である固結しにくいものを選定することが望ましい。なお、取扱いにおいては、長期間貯蔵しないように管理する。

切な試験方法が制定されていないので、その細骨材を用いて造ったモルタルまたはコンクリートの強度、その他の試験結果から判断するとよい。

(5)について 粗骨材の品質として、土木学会 コンクリート標準示方書 [施工編：施工標準] に基本的事項が示されているので、これに従うことを原則とする。骨材の堅硬の程度については、JIS A 1121「ロサンゼルス試験機による粗骨材のすりへり試験方法」、JIS A 1126「ひっかき硬さによる粗骨材の軟石量試験方法」あるいは JIS A 1110「粗骨材の密度および吸水率試験方法」による試験またはその粗骨材を用いたコンクリートの強度試験等のうち必要な試験を行い、その結果によって判断することとする。また使用する骨材の岩種は、コンクリートの耐久性に及ぼす影響が大きいので、耐火的であるとともに強度、耐久性等を必要とするコンクリートの場合には適切な岩種の骨材を選定する。

4.4.4.2 砕砂

細骨材として使用する砕砂の品質は、JIS A 5005 の規定に適合したものを標準とし、コンクリートの品質に悪影響を及ぼさないことが確認されたものを使用する。

【解 説】 砕砂は、産地および製造ロットごとに品質の変動が大きいことが知られている。したがって、納入ロットごとに品質試験を実施し、その管理を適正に行う。

砕砂の産地によっては、アルカリシリカ反応性を示すものがある。したがって、これを反応性試験により確認する。

砕砂の中には微粒分を多く含んでいるものがある。微粒分が多く含まれる場合、JIS A 1109「細骨材の密度及び吸水率試験方法」に規定されているフローコーンによる方法では、表乾状態を適切に判断することが困難である。このような場合には、JIS A 1103「骨材の微粒分量試験方法」により 75 μ m 以下の微粒分を取り除いたものを試料とし、フローコーンにより判定するとよい。

4.4.4.3 高炉水砕スラグ

細骨材として使用する高炉水砕スラグの品質は、JIS A 5011 の規定に適合したものを標準とし、コンクリートの品質に悪影響を及ぼさないことが確認されたものを使用する。

【解 説】 高炉水砕スラグ細骨材は潜在水硬性を有するので、日平均気温が 20℃を越す時期には貯蔵施設において固結現象を起こし、取扱いが困難となるおそれがある。したがって、このような時期には、JIS A 5011-1 の付属書 B (参考) に示されている「高炉スラグ細骨材の貯蔵の安定性の試験法」による判定結果が A である固結しにくいものを選定することが望ましい。なお、取扱いにおいては、長期間貯蔵しないように管理する。

4.4.4.4 フライアッシュ

- (1) 細骨材として使用するフライアッシュの品質は、それを用いたコンクリートが所要の性能を満足することを確認したものでなければならない。
- (2) フライアッシュは、貯蔵中に品質が変化したり他の物質が混入したりしてはならない。

【解 説】(1)について フライアッシュは、粉末状の非常に細かい粒子で構成されているため、通常の細骨材と同様に取り扱うことは困難である。しかし、通常の細骨材の一部をフライアッシュに置換して用いることは可能であり、本指針ではフライアッシュを細骨材の代替材料として定義し、コンクリートの品質に悪影響を及ぼさないことが確認されたものについては使用してもよいこととした。なお、フライアッシュは、JIS A 6201「コンクリート用フライアッシュ」に規定されるⅠ種、Ⅱ種、Ⅲ種およびⅣ種に適合したものをを用いることを原則とする。

九州地区で発生するフライアッシュは、数%の未燃カーボンを含む。このため、フライアッシュを使用する場合は、適切な AE 剤を用いて事前に所定の空気量が確保できることを確認する必要がある。また、使用するフライアッシュの未燃カーボン量が、コンクリートの配合決定あるいは変更する際に用いた値に対して一定の範囲内にあり、品質が安定したものをを用いることが重要である。

フライアッシュを使用したコンクリートでは、凝結時間が遅延する可能性があることが試験により明らかになっており、これはフライアッシュの細骨材置換率が増加するほど顕著に表れる傾向がある。このため、フライアッシュを細骨材の代替材料として使用する場合は、事前に施工するコンクリートのブリーディング終了時間や凝結時間を把握し、施工計画に適切に反映しなければならない。

(2)について フライアッシュの貯蔵に際しては、セメントの場合と同様に、湿気を防ぐことはもちろん、通気を避けることが必要である。

4.4.4.5 しらす

細骨材として使用する「しらす」は、事前に試験を行うとともに、過去の実績などを考慮し、コンクリートの品質に悪影響を及ぼさないことが確認されたものを使用する。

【解 説】 しらすは火砕流堆積物であり、南九州に大量に存在するが、密度が小さく吸水率は大きく、さらに多量の微粉末を含んでおり、骨材としては JIS 規格外のものである。しかし、既往の検討により、天然砂あるいは砕砂と混合することにより JIS 規格を満足できることが分かっている。また、単体で用いた場合でも、単位水量が増加するといった問題があるもののコンクリート用細骨材として十分に利用可能であることが示されている。また微粒分が多いという特性を活かして高流動コンクリートへの適用が検討され、実際の工事に用いられたケースもある。したがって、事前に試験を行うか、過去の実績などを考慮することで、コンクリートの要求性能が満足できる範囲であれば、しらすを細骨材としてコンクリートに使用してよい。しらすの特徴あるいはこれを細骨材として使用する際の留意点の詳細については、

4.4.4.4 フライアッシュ

- (1) 細骨材として使用するフライアッシュの品質は、それを用いたコンクリートが所要の性能を満足することを確認したものでなければならない。
- (2) フライアッシュは、貯蔵中に品質が変化したり他の物質が混入したりしてはならない。

【解 説】(1)について フライアッシュは、粉末状の非常に細かい粒子で構成されているため、通常の細骨材と同様に取り扱うことは困難である。しかし、通常の細骨材の一部をフライアッシュに置換して用いることは可能であり、本指針(案)ではフライアッシュを細骨材の代替材料として定義し、コンクリートの品質に悪影響を及ぼさないことが確認されたものについては使用してもよいこととした。なお、フライアッシュは、JIS A 6201「コンクリート用フライアッシュ」に規定されるⅠ種、Ⅱ種、Ⅲ種およびⅣ種に適合したものをを用いることを原則とする。

九州地区で発生するフライアッシュは、数%の未燃カーボンを含む。このため、フライアッシュを使用する場合は、適切な AE 剤を用いて事前に所定の空気量が確保できることを確認する必要がある。また、使用するフライアッシュの未燃カーボン量が、コンクリートの配合決定あるいは変更する際に用いた値に対して一定の範囲内にあり、品質が安定したものをを用いることが重要である。

フライアッシュを使用したコンクリートでは、凝結時間が遅延する可能性があることが試験により明らかになっており、これはフライアッシュの細骨材置換率が増加するほど顕著に表れる傾向がある。このため、フライアッシュを細骨材の代替材料として使用する場合は、事前に施工するコンクリートのブリーディング終了時間や凝結時間を把握し、施工計画に適切に反映しなければならない。

(2)について フライアッシュの貯蔵に際しては、セメントの場合と同様に、湿気を防ぐことはもちろん、通気を避けることが必要である。

4.4.4.5 しらす

細骨材として使用する「しらす」は、事前に試験を行うとともに、過去の実績などを考慮し、コンクリートの品質に悪影響を及ぼさないことが確認されたものを使用する。

【解 説】 しらすは火砕流堆積物であり、南九州に大量に存在するが、密度が小さく吸水率は大きく、さらに多量の微粉末を含んでおり、骨材としては JIS 規格外のものである。しかし、既往の検討により、天然砂あるいは砕砂と混合することにより JIS 規格を満足できることが分かっている。また、単体で用いた場合でも、単位水量が増加するといった問題があるもののコンクリート用細骨材として十分に利用可能であることが示されている。また微粒分が多いという特性を活かして高流動コンクリートへの適用が検討され、実際の工事に用いられたケースもある。したがって、事前に試験を行うか、過去の実績などを考慮することで、コンクリートの要求性能が満足できる範囲であれば、しらすを細骨材としてコンクリートに使用してよい。しらすの特徴あるいはこれを細骨材として使用する際の留意点の詳細については、

「【2004 年制定】シラスを細骨材として用いるコンクリートの設計施工マニュアル(案)」(~~シラスコンクリート~~検討委員会—鹿児島県)を参考にするとよい。

4.4.4.6 まさ土

細骨材として使用するまさ土の品質は、JIS A 5005 の規定に適合したものを標準とし、コンクリートの品質に悪影響を及ぼさないことが確認されたものを使用する。

【解 説】まさ土は、九州の北部から中部にかけて広く分布する花崗岩が風化したものであり、採取場所や風化の度合いなどの違いによって細骨材としての品質が異なるため、これを事前に確認することが必要である。既往の検討により、水洗いなどによって微粒分を除去すれば天然砂の代替材料として利用可能であることが報告されている。

4.4.4.7 その他

- (1) フェロニッケルスラグ細骨材は、JIS A 5011-2 に適合するものを標準とする。
- (2) 銅スラグ細骨材は、JIS A 5011-3 に適合するものを標準とする。
- (3) コンクリート再生骨材については、JIS A 5021「コンクリート用再生骨材 H」に適合するものを標準とする。
- (4) その他の骨材を使用する場合には、試験および資料等でその品質が確認され、所要のコンクリートの品質が確保されることが確認されたものとする。

【解 説】(1)について フェロニッケルスラグ細骨材は、高炉水砕スラグ細骨材と同様に、天然砂と混合して用いられる場合が多い。

(2)について 銅スラグ細骨材を用いる場合に配慮すべき事項については、土木学会「銅スラグ細骨材を用いたコンクリートの施工指針」を参考にするとよい。

(3)について コンクリート再生骨材については、JIS A 5021「コンクリート用再生骨材 H」に適合するものを使用することを標準とする。ただし、JIS A 5022「コンクリート用再生骨材 M」に適合する骨材を使用する場合には、特記があり、その使用方法が十分に検討されていれば使用できるものとする。

(4)について 本指針に記していないその他の骨材を使用する場合には、骨材自身の品質とその変動が試験結果や信頼される資料で確認され、かつその骨材を用いたコンクリートの品質が確かめられていることが必要である。また、使用の判断に対しては専門評価機関と協議するとよい。

「【2005 年制定】シラスを細骨材として用いるコンクリートの設計施工マニュアル(案)」(鹿児島県土木部)を参考にするとよい。

4.4.4.6 まさ土

細骨材として使用するまさ土の品質は、JIS A 5005 の規定に適合したものを標準とし、コンクリートの品質に悪影響を及ぼさないことが確認されたものを使用する。

【解 説】まさ土は、九州の北部から中部にかけて広く分布する花崗岩が風化したものであり、採取場所や風化の度合いなどの違いによって細骨材としての品質が異なるため、これを事前に確認することが必要である。既往の検討により、水洗いなどによって微粒分を除去すれば天然砂の代替材料として利用可能であることが報告されている。

4.4.4.7 その他

- (1) フェロニッケルスラグ細骨材は、JIS A 5011-2 に適合するものを標準とする。
- (2) 銅スラグ細骨材は、JIS A 5011-3 に適合するものを標準とする。
- (3) コンクリート再生骨材については、JIS A 5021「コンクリート用再生骨材 H」に適合するものを標準とする。
- (4) その他の骨材を使用する場合には、試験および資料等でその品質が確認され、所要のコンクリートの品質が確保されることが確認されたものとする。

【解 説】(1)について フェロニッケルスラグ細骨材は、高炉水砕スラグ細骨材と同様に、天然砂と混合して用いられる場合が多い。

(2)について 銅スラグ細骨材を用いる場合に配慮すべき事項については、土木学会「銅スラグ細骨材を用いたコンクリートの施工指針」を参考にするとよい。

(3)について コンクリート再生骨材については、JIS A 5021「コンクリート用再生骨材 H」に適合するものを使用することを標準とする。ただし、JIS A 5022「コンクリート用再生骨材 M」に適合する骨材を使用する場合には、特記があり、その使用方法が十分に検討されていれば使用できるものとする。

(4)について 本指針(案)に記していないその他の骨材を使用する場合には、骨材自身の品質とその変動が試験結果や信頼される資料で確認され、かつその骨材を用いたコンクリートの品質が確かめられていることが必要である。また、使用の判断に対しては専門評価機関と協議するとよい。

4.5 配合

4.5.1 総則

コンクリートの配合は、コンクリートに要求される性能を満足するとともに、国土交通省が定める各規定値を満足するよう適切に設計しなければならない。

【解 説】 コンクリートの配合は、国土交通省が定める各規定値（解説 表 4.5.1 参照）を満足するとともに、土木工事設計要領，土木工事共通仕様書および土木学会 コンクリート標準示方書〔**施工編**〕，〔**施工標準**〕によって、コンクリートが要求される性能を満足していることを確認し，決定する。

解説 表 4.5.1 国土交通省 九州地方整備局における配合に関する規定値

項目	条件	規定値
水セメント比*	鉄筋コンクリート	55%以下
	無筋コンクリート	60%以下
単位水量	粗骨材の最大寸法 20~25mm	175kg/m ³ 以下
	粗骨材の最大寸法 40mm	165kg/m ³ 以下

* セメントの一部と置換して、高炉スラグ微粉末、フライアッシュおよび膨張材を混和材として用いる場合には、水セメント比の代わりに水結合材比を用いてよい。

強度や耐久性が十分に確保できる場合でも、水セメント比の上限値の規定により、セメント量が過剰になり水和発熱量が大きくなることや不経済であることなどの不合理が生じることがある。本指針では、結合材として期待できる混和材をセメントの一部と置換して使用できることとした。

なお、膨張材に関しては、ひび割れを抑制することを目的とする場合にセメントと置換して使用できることとした。ただし、膨張材を多量に混入しケミカルプレストレスを導入する場合はこの限りではない。

本指針では、水結合材比として算定できる混和材種類とその使用方法は以下の3通りに規定する。

- ・ JIS A 6206 に適合した高炉スラグ微粉末を、置換率 60%以下で用いる場合
- ・ JIS A 6201 に規定された I 種および II 種のフライアッシュを、置換率 20%以下で用いる場合
- ・ JIS A 6202 に適合した膨張材を、20kg/m³以下でセメントと置換して用いる場合

これらの混和材を使用する場合には、あらかじめ試験練り等でコンクリートの性状が適切であることを確認するとともに、練混ぜ方法についても配慮する必要がある。

4.5 配合

4.5.1 総則

コンクリートの配合は、コンクリートに要求される性能を満足するとともに、国土交通省が定める各規定値を満足するよう適切に設計しなければならない。

【解 説】 コンクリートの配合は、国土交通省が定める各規定値（解説 表 4.5.1 参照）を満足するとともに、土木工事設計要領，土木工事共通仕様書および土木学会 コンクリート標準示方書〔**施工編**：施**工標準**〕によって、コンクリートが要求される性能を満足していることを確認し，決定する。

解説 表 4.5.1 国土交通省 九州地方整備局における配合に関する規定値

項目	条件	規定値
水セメント比*	鉄筋コンクリート	55%以下
	無筋コンクリート	60%以下
単位水量	粗骨材の最大寸法 20~25mm	175kg/m ³ 以下
	粗骨材の最大寸法 40mm	165kg/m ³ 以下

* セメントの一部と置換して、高炉スラグ微粉末、フライアッシュおよび膨張材を混和材として用いる場合には、水セメント比の代わりに水結合材比を用いてよい。

強度や耐久性が十分に確保できる場合でも、水セメント比の上限値の規定により、セメント量が過剰になり水和発熱量が大きくなることや不経済であることなどの不合理が生じることがある。本指針(案)では、結合材として期待できる混和材をセメントの一部と置換して使用できることとした。

なお、膨張材に関しては、ひび割れを抑制することを目的とする場合にセメントと置換して使用できることとした。ただし、膨張材を多量に混入しケミカルプレストレスを導入する場合はこの限りではない。

本指針(案)では、水結合材比として算定できる混和材種類とその使用方法は以下の3通りに規定する。

- ・ JIS A 6206 に適合した高炉スラグ微粉末を、置換率 60%以下で用いる場合
- ・ JIS A 6201 に規定された I 種および II 種のフライアッシュを、置換率 20%以下で用いる場合
- ・ JIS A 6202 に適合した膨張材を、20kg/m³以下でセメントと置換して用いる場合

これらの混和材を使用する場合には、あらかじめ試験練り等でコンクリートの性状が適切であることを確認するとともに、練混ぜ方法についても配慮する必要がある。

4.5.2 スランプ

- (1) コンクリートのスランプの設定にあたっては、施工のできる範囲内でできるだけスランプを小さくしなければならない。
- (2) コンクリートのスランプは、運搬、打込み、締固め等作業に適する範囲内で、材料分離が生じないように設定する。
- (3) コンクリートのスランプは、2007 年制定土木学会コンクリート標準示方書「**施工編**」および「**施工標準**」に規定された、打込みの最小スランプを適切に選定するのがよい。

【解説】 (1)および(2)について コンクリート構造物に発生する初期欠陥を未然に防ぐためには、コンクリート構造物の形状や施工条件ごとに、施工に必要とされるコンクリートの流動性や材料分離抵抗性を設定し、適切なコンクリート配合を設定するのがよい。すなわち、スランプは、構造物の構造条件や施工条件によって、作業に適するように個々に適切な値を選定することが重要である。また、土木工事設計要領には、適用工種毎にコンクリートの打込み時に必要な標準的なスランプが示されている。したがって、コンクリートのスランプを設定するにあたっては、土木工事設計要領に示される値を基準値としたうえで、2007 年制定土木学会コンクリート標準示方書「**施工標準**」4章 4.4.2 に示された構造条件や施工条件を考慮した打込みの最小スランプを適切に設定するのがよい。

(3)について コンクリートの打込みの最小スランプとは、打込み直前で現場内運搬後のスランプのことであり、現場荷卸し時のスランプの値はポンプ圧送等による現場内運搬時のスランプロス等を考慮して設定、管理しなければならない。またさらに、コンクリート練上り時のスランプはコンクリートプラントから現場までの運搬におけるスランプロス等を考慮して設定、管理しなければならない(3章解説図 3.1.1～3.1.2 および4章 解説表 4.5.2～4.5.7を参照)。

また、施工性を重視し過ぎて打込みの最小スランプを過大に設定すると、多量のブリーディング発生や骨材の分離等の材料分離傾向が顕著になる場合が危惧される。安易に打込みの最小スランプを大きく設定することなく、施工条件、施工方法等を適切に選定し、材料分離がなく打込みやすい適正な最小スランプを定める事が重要である(3章解説図 3.1.1を参照のこと)。

また、混和剤として高性能AE減水剤を使用すると、通常の AE 減水剤を使用したコンクリートと同程度の単位水量で、コンクリートの品質を損なうことなく幅広いスランプ値の設定が可能となる。したがって、コンクリートに要求される施工性能を勘案して適切に使用するとよい。

4.5.2 スランプ

- (1) コンクリートのスランプの設定にあたっては、施工のできる範囲内でできるだけスランプを小さくしなければならない。
- (2) コンクリートのスランプは、運搬、打込み、締固め等作業に適する範囲内で、材料分離が生じないように設定する。
- (3) コンクリートのスランプは、土木学会 2012 年制定コンクリート標準示方書「**施工編：施工標準**」に規定された、打込みの最小スランプを適切に選定するのがよい。

【解説】 (1)および(2)について コンクリート構造物に発生する初期欠陥を未然に防ぐためには、コンクリート構造物の形状や施工条件ごとに、施工に必要とされるコンクリートの流動性や材料分離抵抗性を設定し、適切なコンクリート配合を設定するのがよい。すなわち、スランプは、構造物の構造条件や施工条件によって、作業に適するように個々に適切な値を選定することが重要である。また、土木工事設計要領には、適用工種毎にコンクリートの打込み時に必要な標準的なスランプが示されている。したがって、コンクリートのスランプを設定するにあたっては、土木工事設計要領に示される値を基準値としたうえで、土木学会 2012 年制定コンクリート標準示方書「**施工編：施工標準**」「4.5.2 スランプ」に示された構造条件や施工条件を考慮した打込みの最小スランプを適切に設定するのがよい。

(3)について コンクリートの打込みの最小スランプとは、打込み直前で現場内運搬後のスランプのことであり、現場荷卸し時のスランプの値はポンプ圧送等による現場内運搬時のスランプロス等を考慮して設定、管理しなければならない。またさらに、コンクリート練上り時のスランプはコンクリートプラントから現場までの運搬におけるスランプロス等を考慮して設定、管理しなければならない(3章解説図 3.1.1～3.1.2 および4章 解説表 4.5.2～4.5.7を参照)。

また、施工性を重視し過ぎて打込みの最小スランプを過大に設定すると、多量のブリーディング発生や骨材の分離等の材料分離傾向が顕著になる場合が危惧される。安易に打込みの最小スランプを大きく設定することなく、施工条件、施工方法等を適切に選定し、材料分離がなく打込みやすい適正な最小スランプを定める事が重要である(3章解説図 3.1.1を参照のこと)。

また、混和剤として高性能AE減水剤を使用すると、通常の AE 減水剤を使用したコンクリートと同程度の単位水量で、コンクリートの品質を損なうことなく幅広いスランプ値の設定が可能となる。したがって、コンクリートに要求される施工性能を勘案して適切に使用するとよい。

解説 表 4.5.2 スラブ部材における打込みの最小スランプの目安 (cm)

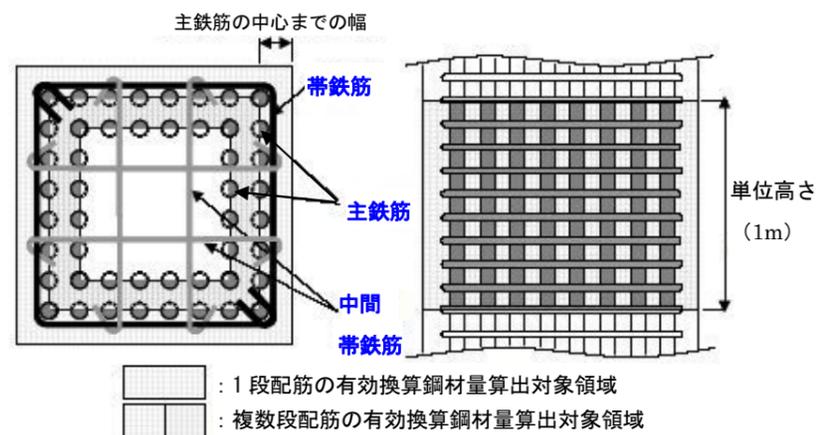
鋼材量 (kg/m ³)	鋼材の最小あき ¹⁾ (mm)	コンクリートの 投入箇所間隔	締固め作業高さ		
			0.5m未満	0.5m以上～1.5m未満	3m以下
100～150	100～150	任意の箇所から 投入可能	5	7	—
		2～3m	—	—	10
		3～4m	—	—	12

1) 鋼材量は100～150kg/m³,鉄筋の最小あきは100～150mmを標準とする.

解説 表 4.5.3 柱部材における打込みの最小スランプの目安 (cm)

かぶり近傍の 有効換算鋼材量 ¹⁾	鋼材の最小あき	締固め作業高さ		
		3m未満	3m以上～5m未満	5m以上
700kg/m ³ 未満	50mm以上	5	7	12
	50mm未満	7	9	15
700kg/m ³ 以上	50mm以上	7	9	15
	50mm未満	9	12	15

1) かぶり近傍の有効換算鋼材量とは, 図4.4.1に示す領域内の単位容積当りの鋼材量をいう.



解説 表 4.5.2 スラブ部材における打込みの最小スランプの目安 (cm)

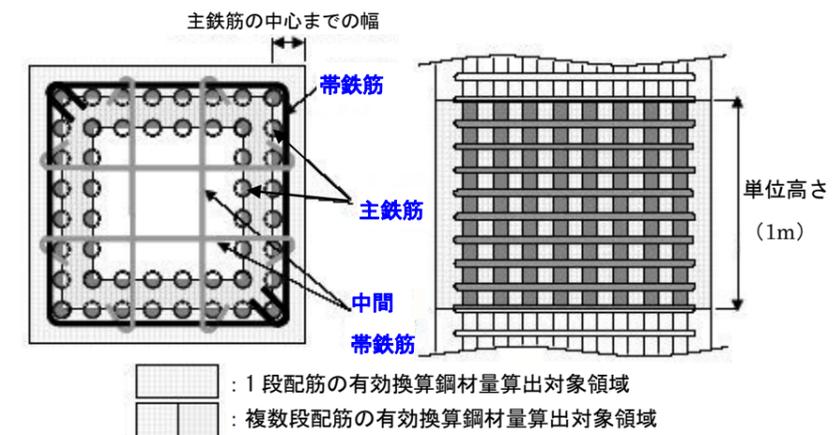
施工条件 ^{*1)*2)}		打込みの最小スランプ (cm)
締固め作業高さ	コンクリートの打込み箇所間隔	
0.5m未満	任意の箇所から投入可能	5
0.5m以上 1.5m以下	任意の箇所から投入可能	7
3m以下	2～3m	10
	3～4m	12

1) 鋼材量は100～150kg/m³,鉄筋の最小あきは100～150mmを標準とする.
2) コンクリートの落下高さは,1.5m以下を標準とする.

解説 表 4.5.3 柱部材における打込みの最小スランプの目安 (cm)

かぶり近傍の 有効換算鋼材量 ¹⁾	施工条件		打込みの 最小スランプ (cm)
	締固め作業 高さ	かぶりあるいは 軸方向鉄筋の最小あき	
700kg/m ³ 未満	3m未満	50mm以上	5
		50mm未満	7
	3m以上 5m未満	50mm以上	7
		50mm未満	9
	5m以上	50mm以上	12
		50mm未満	15
700kg/m ³ 以上	3m未満	50mm以上	7
		50mm未満	9
	3m以上 5m未満	50mm以上	9
		50mm未満	12
	5m以上	50mm以上	15
		50mm未満	15

1) かぶり近傍の有効換算鋼材量とは, 下図に示す領域内の単位容積あたりの鋼材量をいう.



指針(案) 平成 23 年 10 月

解説 表 4.5.4 はり部材における打込みの最小スランプの目安 (cm)

施工条件	打込みの最小スランプ (cm)		
	締固め作業高さ ^{*1)}		
	0.5m未満	0.5m以上 1.5m未満	1.5m以上
鋼材の最小あき			
150mm以上	5	6	8
100mm以上～150mm未満	6	8	10
80mm以上～100mm未満	8	10	12
60mm以上～80mm未満	10	12	14
60mm未満	12	14	16

- 1) 締固め作業高さ別の対象部材例
- ・ 0.5m未満: 小ばりなど, 0.5m以上1.5m未満: 標準的なはり部材, 1.5m以上: ディープビームなど
 - ・ φ40mm程度の棒状パイプレータを挿入でき, 十分に締め固められると判断できるか否かに基づいて打込みの最小スランプを選定する。
 - (i) 十分な締固めが可能であると判断される場合は, 打込みの最小スランプを14cmとする。
 - (ii) 十分な締固めが不可能であると判断される場合は, 高流動コンクリートを使用する。
 - ・ 所要の材料分離抵抗性を確保し, 密実に充てるために, 高流動コンクリートを使用するのがよい。

解説 表 4.5.5 壁部材における打込みの最小スランプの目安 (cm)

鋼材量	鋼材の最小あき	締固め作業高さ		
		3m未満	3m以上～5m未満	5m以上
200kg/m ³ 未満	100mm以上	8	10	15
	100mm未満	10	12	15
200kg/m ³ 以上 ∩ 350kg/m ³ 未満	100mm以上	10	12	15
	100mm未満	12	12	15
350kg/m ³ 以上	—	15	15	15

指針(案) 平成 26 年 4 月

解説 表 4.5.4 はり部材における打込みの最小スランプの目安 (cm)

鉄筋の最小水平あき	締固め作業高さ ^{*1)}		
	0.5m未満	0.5m以上～ 1.5m未満	1.5m以上
150mm以上	5	6	8
100mm以上～150mm未満	6	8	10
80mm以上～100mm未満	8	10	12
60mm以上～80mm未満	10	12	14
60mm未満	12	14	16 ^{*2)}

- 1) 締固め作業高さ別の対象部材例
- φ40mm程度の棒状パイプレータを挿入でき, 十分に締め固められると判断できるか否かに基づいて打込みの最小スランプを選定する。なお, 0.5m未満: 小ばり等, 0.5m以上1.5m未満: 標準的なはり部材, 1.5m以上: ディープビーム等である。
- 2) 十分な締固めが可能であると判断される場合は打込みの最小スランプを14cmとする。十分な締固めが不可能であると判断される場合は, 使用するコンクリートおよび施工方法を見直すか高流動コンクリートを使用する。

解説 表 4.5.5 壁部材における打込みの最小スランプの目安 (cm)

鋼材量	軸方向鉄筋の最小あき	締固め作業高さ		
		3m未満	3m以上～5m未満	5m以上
200kg/m ³ 未満	100mm以上	8	10	15
	100mm未満	10	12	15
200kg/m ³ 以上 ～ 350kg/m ³ 未満	100mm以上	10	12	15
	100mm未満	12	12	15
350kg/m ³ 以上	—	15	15	15

指針(案) 平成23年10月

解説表 4.5.6 PC部材における打込みの最小スランプの目安 (cm)

部材の種類	施工条件		打込みの最小スランプ (cm)
	平均鉄筋量 ¹⁾	呼び強度の目安	
内ケーブルを主体とした PC上部工の主桁 ³⁾	120kg/m ³ 未満 (RC換算 ²⁾ 250kg/m ³ 程度未満)	36または40	7
	120kg/m ³ 以上 140kg/m ³ 未満 (RC換算 ²⁾ 250~300kg/m ³ 程度)		9
	140kg/m ³ 以上 170kg/m ³ 未満 (RC換算 ²⁾ 300~350kg/m ³ 程度)		12
	170kg/m ³ 以上 200kg/m ³ 未満 (RC換算 ²⁾ 350~400kg/m ³ 程度)		15
	200kg/m ³ 以上 (RC換算 ²⁾ 400kg/m ³ 程度以上)		—
	170kg/m ³ 未満 (RC換算 ²⁾ 350kg/m ³ 程度未満)		50
	170kg/m ³ 以上 200kg/m ³ 未満 (RC換算 ²⁾ 350~400kg/m ³ 程度)	15	
	200kg/m ³ 以上 (RC換算 ²⁾ 400kg/m ³ 程度以上)	—	
T桁橋の横桁および 間詰床版	—	30	7
上記以外の間詰床版	—	30	5
高密度配筋部を含む 部材 ⁴⁾	300kg/m ³ 以上 (RC換算 ²⁾ 500kg/m ³ 程度以上)	—	—

- 1) 平均鉄筋量は1回に連続してコンクリートを打ち込む区間の鉄筋量(kg)をコンクリート体積(m³)で除した値
- 2) RC換算鉄筋量はシースの全断面を鉄筋断面として換算した場合の参考値
- 3) 主桁には中空床版橋上部工を含む。ただし、PRC橋はPC鋼材が少なく、鉄筋量が多いため、鉄筋量をもとに標準値を定めるのは適切でない場合が多いことから、本表の対象外とする。
- 4) 高密度配筋部とは斜張橋や外ケーブル構造の定着部付近など、特に鉄筋量の多い部材をいう。

解説表 4.5.7 施工条件に応じたスランプの低下の目安

施工条件	スランプの低下量	
	最小スランプが 12cm未満の場合	最小スランプが 12cm以上の場合
ポンプ圧送距離 (水平換算距離)		
150m未満 (バケット打設等を含む)	—	—
150m以上300m未満	+1.0cm	—
300m以上500m未満	+2.0cm~+3.0cm	+1.0cm
500m以上	既往の実績または試験施工をもとに補正する	

参考として、日平均気温が25℃を超えるとき(暑中コンクリートとしての取扱いが必要なとき)は、上記の値にさらに+1.0cmを加えたスランプの低下を見込むとよい。

指針(案) 平成26年4月

解説表 4.5.6 PC部材における打込みの最小スランプの目安 (cm)

部材	平均鉄筋量 ¹⁾	設計基準強度の 目安	打込みの 最小スランプ
内ケーブルを主体とした PC上部工の主桁 ³⁾	120kg/m ³ 未満 (RC換算 ²⁾ 250kg/m ³ 程度未満)	36または40	7
	120kg/m ³ 以上 140kg/m ³ 未満 (RC換算 ²⁾ 250~300kg/m ³ 程度未満)		9
	140kg/m ³ 以上 170kg/m ³ 未満 (RC換算 ²⁾ 300~350kg/m ³ 程度未満)		12
	170kg/m ³ 以上 200kg/m ³ 未満 (RC換算 ²⁾ 350~400kg/m ³ 程度未満)		15
	200kg/m ³ 以上 (RC換算 ²⁾ 400kg/m ³ 程度以上)		個別に検討 ⁵⁾
	170kg/m ³ 未満 (RC換算 ²⁾ 350kg/m ³ 程度未満)		50
	170kg/m ³ 以上 200kg/m ³ 未満 (RC換算 ²⁾ 350~400kg/m ³ 程度未満)	15	
	200kg/m ³ 以上 (RC換算 ²⁾ 400kg/m ³ 程度以上)	個別に検討 ⁵⁾	
	T桁橋の横桁および 間詰床版	30	
	上記以外の間詰床版	—	30
高密度配筋部を含む 部材 ⁴⁾	300kg/m ³ 以上 (RC換算 ²⁾ 500kg/m ³ 程度以上)	—	個別に検討 ⁵⁾

- 1) 平均鉄筋量は、1回に連続してコンクリートを打ち込む区間の鉄筋量をコンクリートの体積で除した値(PC鋼材、シーシ、定着具を含まず)。
- 2) RC換算鉄筋量は、シースの全断面を鉄筋断面として換算した場合の参考値。
- 3) 主桁は中空床版橋上部工を含む。ただし、PRC橋はPC鋼材が少なく、鉄筋量が多いため、鉄筋量をもとに標準値を定めるのは適切でない場合が多いことから、本表の対象外とする。
- 4) 高密度配筋部とは、斜張橋や外ケーブル構造の定着部付近等、特に鉄筋量の多い部材をいう。
- 5) PC橋上部工の平均鉄筋量が200kg/m³を超えることは稀であり、特殊な事例と考えられる。このような場合、施工上の特別な工夫を行う、あるいは打込みの最小スランプ15cm以上のコンクリートやスランプフロー管理を行うような流動性を有するコンクリートを使用する等の事前検討が必要な場合が多い。

解説表 4.5.7 施工条件に応じたスランプの低下の目安

圧送条件		スランプの低下量	
水平換算距離	輸送管の接続条件	打込みの最小スランプが 12cm未満の場合	打込みの最小スランプが 12cm以上の場合
50m未満(バケット運搬を含む)		補正なし	補正なし
50m以上 150m未満	—	補正なし	補正なし
	テーバー管を使用し 100A(4B)以下の配管を接続	0.5~1cm	0.5~1cm
150m以上 300m未満	—	1~1.5cm	1cm
	テーバー管を使用し 100A(4B)以下の配管を接続	1.5~2cm	1.5cm
その他特殊条件下		既往の実績や試験圧送による	

注) 日平均気温が25℃を超える場合は、上記の値に1cmを加える。
連続した上方、あるいは下方の圧送距離が20m以上の場合は、上記の値に1cmを加える。

実積率などを考慮し、さらにコンクリートの試験練りを行って確認する。なお、整粒処理などを行うことにより粒度分布および各種性状が適正な砕砂は、単独で使用できる可能性がある。

(3)について 高炉水砕スラグ細骨材は、これを単独で使用できるものもあるが、ブリーディングが多くなるという特徴があるため、天然砂と混合して用いるのが一般的である。この場合、高炉水砕スラグ細骨材と天然砂との混合比率は事前に試験により決定する。一般に、細骨材全体の 20～60%程度を高炉水砕スラグ細骨材で置換して用いることが多い。

(4)について 砕砂を単独で使用したコンクリートは、練混ぜバッチ間でスランプ値が大きく異なる場合があることや、施工時に材料分離が生じやすくなるなど、ワーカビリティに及ぼす影響が大きいことが一般的に知られている。このような場合、砕砂の一部をフライアッシュに置き換えることによって、コンクリートのワーカビリティを改善できることを確認している。したがって、フライアッシュを細骨材の代替材料として用いる場合は、コンクリートのワーカビリティが最も良好となる細骨材置換率を試験により選定する必要がある。また、その置換率は、20%をその上限とする。これは、フライアッシュの細骨材置換率が 20%を超えると、コンクリート中のモルタル分の粘性が極めて高くなり、コンクリートの締固めなどに要する労力が急激に大きくなることによる。

指針作成にあたって実施したコンクリート試験では、フライアッシュを細骨材の代替材料として使用することによって、材齢 28 日以降の圧縮強度が増進する、アルカリ骨材反応抑制効果が認められるなど、コンクリートの性状を改善する効果が認められた。そこで、本指針ではフライアッシュの計量誤差は、骨材の 3%以下ではなく通常の混和材料と同様に 2%以下とした。

凝結時間について：フライアッシュの品質によっては、フライアッシュの使用量の増加にともない、コンクリートの凝結時間が長くなることがあることが確認されている。したがって、フライアッシュを使用する場合には、事前にコンクリートの凝結時間を確認し、施工計画に反映する。

アルカリ骨材反応抑制効果について：フライアッシュを細骨材の代替材料として使用した場合に、アルカリ骨材反応の抑制効果が認められることが試験によって明らかになっている。したがって、フライアッシュをコンクリートのアルカリ骨材反応抑制効果を期待して使用する場合は、コンクリートに要求される性能を満足する範囲内で、できる限り多く使用することが望ましい。

(5)について しらすは、これを単独で使用できる場合もあるが、単位水量が増大する傾向がある。耐久性などの観点から単位水量を低減する場合、その対策として天然砂や砕砂と混合して使用する方法があり、しらすの細骨材置換率は、事前に試験を行って決定する。

(6)について まさ土は風化作用を受けた花崗岩から成り、粘土化および脆弱化したものが混ざっている。また微粒分が多く、風化の度合いによって性状が異なるといった特徴を有している。そのため、まさ土を用いてコンクリートを製造した場合、単位水量が増大し、しかもその品質が安定しにくいことが指摘されている。このような場合、まさ土を天然砂と混合して用いると、単位水量の低減および品質の安定につながる。まさ土は採取場所が違ったり、同一場所であっても採取位置が異なったりすることで、粒度、密度、微粒分量などの物理的性状が異なることが知られている。したがって、まさ土の細骨材置換率は、事前にコンクリートの試験練りを行うことにより確認する。ただし、脆弱部を除去するなどの整粒処理を施したものについては、これを単独で用いることができる可能性がある。

実積率などを考慮し、さらにコンクリートの試験練りを行って確認する。なお、整粒処理などを行うことにより粒度分布および各種性状が適正な砕砂は、単独で使用できる可能性がある。

(3)について 高炉水砕スラグ細骨材は、これを単独で使用できるものもあるが、ブリーディングが多くなるという特徴があるため、天然砂と混合して用いるのが一般的である。この場合、高炉水砕スラグ細骨材と天然砂との混合比率は事前に試験により決定する。一般に、細骨材全体の 20～60%程度を高炉水砕スラグ細骨材で置換して用いることが多い。

(4)について 砕砂を単独で使用したコンクリートは、練混ぜバッチ間でスランプ値が大きく異なる場合があることや、施工時に材料分離が生じやすくなるなど、ワーカビリティに及ぼす影響が大きいことが一般的に知られている。このような場合、砕砂の一部をフライアッシュに置き換えることによって、コンクリートのワーカビリティを改善できることを確認している。したがって、フライアッシュを細骨材の代替材料として用いる場合は、コンクリートのワーカビリティが最も良好となる細骨材置換率を試験により選定する必要がある。また、その置換率は、20%をその上限とする。これは、フライアッシュの細骨材置換率が 20%を超えると、コンクリート中のモルタル分の粘性が極めて高くなり、コンクリートの締固めなどに要する労力が急激に大きくなることによる。

指針作成にあたって実施したコンクリート試験では、フライアッシュを細骨材の代替材料として使用することによって、材齢 28 日以降の圧縮強度が増進する、アルカリ骨材反応抑制効果が認められるなど、コンクリートの性状を改善する効果が認められた。そこで、本指針(案)ではフライアッシュの計量誤差は、骨材の 3%以下ではなく通常の混和材料と同様に 2%以下とした。

凝結時間について：フライアッシュの品質によっては、フライアッシュの使用量の増加にともない、コンクリートの凝結時間が長くなることがあることが確認されている。したがって、フライアッシュを使用する場合には、事前にコンクリートの凝結時間を確認し、施工計画に反映する。

アルカリシリカ反応抑制効果について：フライアッシュを細骨材の代替材料として使用した場合に、アルカリシリカ反応の抑制効果が認められることが試験によって明らかになっている。したがって、フライアッシュをコンクリートのアルカリシリカ反応抑制効果を期待して使用する場合は、コンクリートに要求される性能を満足する範囲内で、できる限り多く使用することが望ましい。

(5)について しらすは、これを単独で使用できる場合もあるが、単位水量が増大する傾向がある。耐久性などの観点から単位水量を低減する場合、その対策として天然砂や砕砂と混合して使用する方法があり、しらすの細骨材置換率は、事前に試験を行って決定する。

(6)について まさ土は風化作用を受けた花崗岩から成り、粘土化および脆弱化したものが混ざっている。また微粒分が多く、風化の度合いによって性状が異なるといった特徴を有している。そのため、まさ土を用いてコンクリートを製造した場合、単位水量が増大し、しかもその品質が安定しにくいことが指摘されている。このような場合、まさ土を天然砂と混合して用いると、単位水量の低減および品質の安定につながる。まさ土は採取場所が違ったり、同一場所であっても採取位置が異なったりすることで、粒度、密度、微粒分量などの物理的性状が異なることが知られている。したがって、まさ土の細骨材置換率は、事前にコンクリートの試験練りを行うことにより確認する。ただし、脆弱部を除去するなどの整粒処理を施したものについては、これを単独で用いることができる可能性がある。

4.6 流動化コンクリートの材料および配合

- (1) 流動化コンクリートに用いる流動化剤は、JIS A 6204「コンクリート用化学混和剤」に適合したものとす。
- (2) ベースコンクリートの配合および流動化剤の添加量は、流動化コンクリートが所要の性能を有し、品質のばらつきが少なくなるように定めなければならない。

【解説】(1)について JIS A 6204「コンクリート用化学混和剤」では、流動化剤の性能について、流動化後のコンクリートの品質が所定の規定値に適合していなければならないとしている。本指針においても、使用する流動化剤の性能は、上記規格に則って行った試験値が全ての項目について規準に適合しなければならないとした。

(2)について 流動化コンクリートは、ベースコンクリートに流動化剤を添加して製造するコンクリートであるが、一般に流動化コンクリートの品質は、流動化剤の添加量がある一定の範囲内では、ベースコンクリートと同等である。したがって、ベースコンクリートが所要の性能を有するように、試験により適切な配合を選定することがきわめて重要である。なお、流動化コンクリートの配合に関しては、土木学会コンクリートライブラリー74「高性能 AE 減水剤を用いたコンクリートの施工指針(案) 付：流動化コンクリート施工指針(改訂版)」にその選定方法が示されている。したがって、流動化コンクリートの配合は、上記指針を参考に決定するとよい。

4.7 高流動コンクリートの材料および配合

- (1) 高流動コンクリートの自己充填性は、型枠内に打ち込まれる直前のコンクリートに対して、打込み対象となる構造物の形状、寸法、配筋状態を考慮して、適切に設定しなければならない。
- (2) 高流動コンクリートに用いる材料は、それを用いたコンクリートが所要の性能を満足するよう、適切な品質を有していなくてはならない。
- (3) 高流動コンクリートの配合は、粉体系、増粘剤系、併用系高流動コンクリートの中から適切なものを選定し、(1)で設定した自己充填性を満足するように使用材料およびその単位量を定めなければならない。
- (4) フレッシュコンクリートの自己充填性は、実際の構造物または部材と同等の構造条件および施工条件を有する実物大模型等による試験施工により照査することを原則とする。

【解説】(1)について 土木学会 コンクリート標準示方書【特殊コンクリート編】第7章高流動コンクリートでは、構造物または部材の寸法や配筋条件に基づいて、高流動コンクリートの自己充填性のレベルのランクを3段階に設定しているため、コンクリートの自己充填性のレベルを設定する際は参考にする。

(2)について 所要の性能を有する高流動コンクリートを作るためには、一般のコンクリートの場合と

4.6 流動化コンクリートの材料および配合

- (1) 流動化コンクリートに用いる流動化剤は、JIS A 6204「コンクリート用化学混和剤」に適合したものとす。
- (2) ベースコンクリートの配合および流動化剤の添加量は、流動化コンクリートが所要の性能を有し、品質のばらつきが少なくなるように定めなければならない。

【解説】(1)について JIS A 6204「コンクリート用化学混和剤」では、流動化剤の性能について、流動化後のコンクリートの品質が所定の規定値に適合していなければならないとしている。本指針(案)においても、使用する流動化剤の性能は、上記規格に則って行った試験値が全ての項目について規準に適合しなければならないとした。

(2)について 流動化コンクリートは、ベースコンクリートに流動化剤を添加して製造するコンクリートであるが、一般に流動化コンクリートの品質は、流動化剤の添加量がある一定の範囲内では、ベースコンクリートと同等である。したがって、ベースコンクリートが所要の性能を有するように、試験により適切な配合を選定することがきわめて重要である。なお、流動化コンクリートの配合に関しては、土木学会コンクリートライブラリー74「高性能 AE 減水剤を用いたコンクリートの施工指針(案) 付：流動化コンクリート施工指針(改訂版)」にその選定方法が示されている。したがって、流動化コンクリートの配合は、上記指針を参考に決定するとよい。

4.7 高流動コンクリートの材料および配合

- (1) 高流動コンクリートの自己充填性は、型枠内に打ち込まれる直前のコンクリートに対して、打込み対象となる構造物の形状、寸法、配筋状態を考慮して、適切に設定しなければならない。
- (2) 高流動コンクリートに用いる材料は、それを用いたコンクリートが所要の性能を満足するよう、適切な品質を有していなくてはならない。
- (3) 高流動コンクリートの配合は、粉体系、増粘剤系、併用系高流動コンクリートの中から適切なものを選定し、(1)で設定した自己充填性を満足するように使用材料およびその単位量を定めなければならない。
- (4) フレッシュコンクリートの自己充填性は、実際の構造物または部材と同等の構造条件および施工条件を有する実物大模型等による試験施工により照査することを原則とする。

【解説】(1)について 土木学会 2012 年制定 コンクリート標準示方書【施工編：特殊コンクリート編】「3 章 高流動コンクリート」では、構造物または部材の寸法や配筋条件に基づいて、高流動コンクリートの自己充填性のレベルのランクを3段階に設定しているため、コンクリートの自己充填性のレベルを設定する際は参考にする。

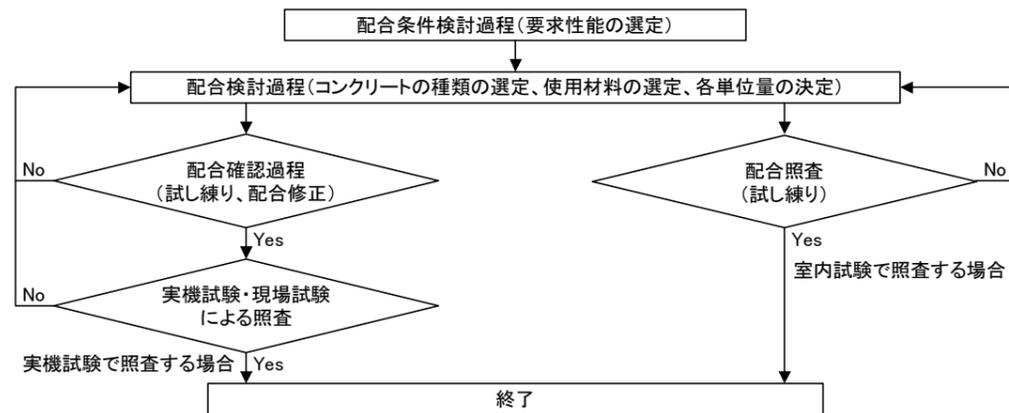
(2)について 所要の性能を有する高流動コンクリートを作るためには、一般のコンクリートの場合と

同様に、適切な品質を有する材料を使用することが必要である。ただし、JIS ならびに土木学会規準などの品質規格に適合した材料は、品質が確かめられた材料として取り扱ってもよい。

また、高流動コンクリートをポンプで運搬する場合は、通常のコンクリートと比較して、圧送負荷が大きくなるので留意が必要である。

(3)について 高流動コンクリートの配合は、構造物が所要の性能を確保するために、構造物に確実に充てんするようにしなければならない。土木学会「高流動コンクリート施工指針」には、高流動コンクリートの一般的な配合設計のフローが示されているので、これを参考に実施するとよい(解説 図 4.7.1 参照)。

(4)について フレッシュコンクリートの自己充てん性を照査することは、構造物の性能を確保するうえで重要である。実際の構造物または部材と同等の構造条件および施工条件を有する実物大模型等により照査することを原則とする。照査については、土木学会 コンクリート標準示方書 [施工編] にその詳細が示されているので参考にするとよい。



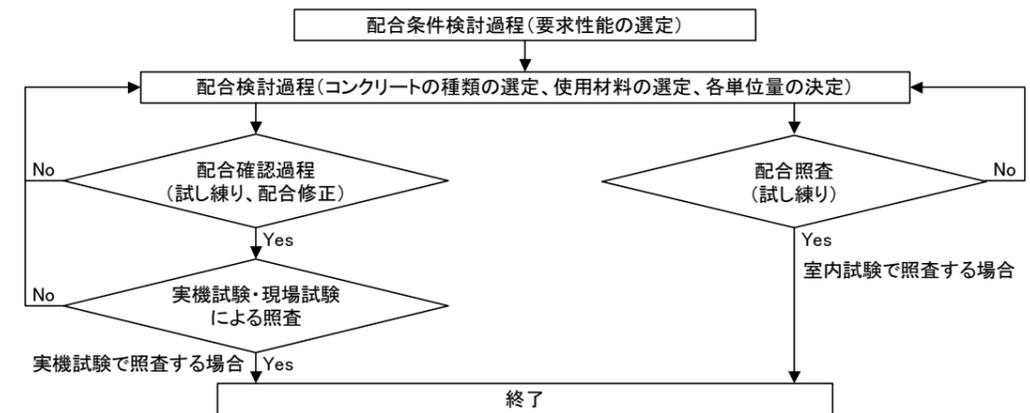
解説 図 4.7.1 高流動コンクリートの配合設計フロー

同様に、適切な品質を有する材料を使用することが必要である。ただし、JIS ならびに土木学会規準などの品質規格に適合した材料は、品質が確かめられた材料として取り扱ってもよい。

また、高流動コンクリートをポンプで運搬する場合は、通常のコンクリートと比較して、圧送負荷が大きくなるので留意が必要である。

(3)について 高流動コンクリートの配合は、構造物が所要の性能を確保するために、構造物に確実に充てんするようにしなければならない。土木学会「高流動コンクリートの配合設計・施工指針【2012 年版】」には、高流動コンクリートの一般的な配合設計のフローが示されているので、これを参考に実施するとよい(解説 図 4.7.1 参照)。

(4)について フレッシュコンクリートの自己充てん性を照査することは、構造物の性能を確保するうえで重要である。実際の構造物または部材と同等の構造条件および施工条件を有する実物大模型等により照査することを原則とする。照査については、土木学会 コンクリート標準示方書 [施工編：施工標準] にその詳細が示されているので参考にするとよい。



解説 図 4.7.1 高流動コンクリートの配合設計フロー

5 章 製 造

5.1 総 則

所定の品質を有するコンクリートが得られるように、所要の性能を有する設備を用いて、材料の貯蔵、計量および練混ぜの方法を検討し、コンクリートを製造しなければならない。

【解 説】 コンクリートを製造するうえで、所要の性能を有する設備を使用することは最も基本的かつ、重要なことである。土木学会 コンクリート標準示方書 [施工標準] 第 5 章「製造」には、コンクリートの製造設備に関する基本的な要件が記載されているので、これに従うことを原則とする。

レディーミクストコンクリート工場について：所要の性能を有するコンクリートを製造するためには、コンクリート材料の貯蔵、計量および練混ぜという一連の製造行為が適切に実施されることが必要である。レディーミクストコンクリートを用いる場合は、JIS マーク表示認証(認定)工場から選定することを原則とする。また、レディーミクストコンクリート工場には、コンクリートの製造、施工、試験、検査および管理などの技術的業務を実施する能力のある技術者（コンクリート主任技士等）が常駐しており、配合設計および品質管理等を適切に実施できる工場（全国品質管理監査会議の策定した統一監査基準に基づく監査に合格した工場等）でなくてはならない。なお、JIS マーク表示認定工場でない工場で製造したレディーミクストコンクリート及び JIS マーク表示認定工場であっても JIS A 5308（レディーミクストコンクリート）以外のレディーミクストコンクリートを用いる場合は、国土交通省「土木工事共通仕様書」によるものとする。

コンクリート材料の貯蔵について：コンクリート材料の貯蔵は、土木学会 コンクリート標準示方書 [施工標準] 第 5 章 5.2.1 「貯蔵設備」に従うこととする。本指針において代替骨材として規定している砕砂などは、微粒分を比較的多く含有する。このため、貯蔵中に雨水等が直接かかると、骨材中の微粒分が流出し、骨材の粒度分布等の品質が変動するおそれがあるので、骨材の貯蔵にあたっては、雨水、暑中下の直射日光等を避けるため、貯蔵設備に上屋を持つ構造であることが重要である。

骨材の表面水率および有効吸水率の管理について：骨材の表面水率および有効吸水率はコンクリートの単位水量に及ぼす影響が大きく、単位水量の変動はコンクリートの品質に大きな影響を及ぼす。したがって、所定の性能のコンクリートを安定して製造するためには、表面水率および有効吸水率の測定を適切な方法により適切な頻度で行う。

特殊な条件におけるコンクリートの製造について：暑中コンクリート、寒中コンクリートおよびマスコンクリートの製造にあたっては、コンクリートおよびコンクリート構造物が所要の性能を満足するように、それぞれ適切な方法により行わなければならない。

流動化コンクリートの製造について：流動化コンクリートの製造にあたっては、工事開始前に流動化剤の添加時期と方法および攪拌方法について、関係者と十分な打合せを行い、適切な計画を作成しなければならない。また、計画にあたっては、ベースコンクリートのスランプのばらつきに対する対応策などについても検討しておくことが重要である。コンクリートの流動化の方法については以下に示すいずれかの方法により行い、原則として再流動化は行わない。

5 章 製 造

5.1 総 則

所定の品質を有するコンクリートが得られるように、所要の性能を有する設備を用いて、材料の貯蔵、計量および練混ぜの方法を検討し、コンクリートを製造しなければならない。

【解 説】 コンクリートを製造するうえで、所要の性能を有する設備を使用することは最も基本的かつ、重要なことである。土木学会 2012 年制定コンクリート標準示方書 [施工編：施工標準] 「5.2 製造設備」には、コンクリートの製造設備に関する基本的な要件が記載されているので、これに従うことを原則とする。

レディーミクストコンクリート工場について：所要の性能を有するコンクリートを製造するためには、コンクリート材料の貯蔵、計量および練混ぜという一連の製造行為が適切に実施されることが必要である。レディーミクストコンクリートを用いる場合は、JIS マーク表示認証製品を製造している工場から選定することを原則とする。また、レディーミクストコンクリート工場には、コンクリートの製造、施工、試験、検査および管理などの技術的業務を実施する能力のある技術者（コンクリート主任技士等）が常駐しており、配合設計および品質管理等を適切に実施できる工場（全国品質管理監査会議の策定した統一監査基準に基づく監査に合格した工場等）でなくてはならない。なお、JIS マーク表示認証製品を製造している工場でない工場で製造したレディーミクストコンクリート及び JIS マーク表示認証製品を製造している工場であっても JIS A 5308（レディーミクストコンクリート）以外のレディーミクストコンクリートを用いる場合は、国土交通省「土木工事共通仕様書」によるものとする。

コンクリート材料の貯蔵について：コンクリート材料の貯蔵は、土木学会 2012 年制定コンクリート標準示方書 [施工編：施工標準] 「5.2.1 貯蔵設備」に従うこととする。本指針(案)において代替骨材として規定している砕砂などは、微粒分を比較的多く含有する。このため、貯蔵中に雨水等が直接かかると、骨材中の微粒分が流出し、骨材の粒度分布等の品質が変動するおそれがあるので、骨材の貯蔵にあたっては、雨水、暑中下の直射日光等を避けるため、貯蔵設備に上屋を持つ構造であることが重要である。

骨材の表面水率および有効吸水率の管理について：骨材の表面水率および有効吸水率はコンクリートの単位水量に及ぼす影響が大きく、単位水量の変動はコンクリートの品質に大きな影響を及ぼす。したがって、所定の性能のコンクリートを安定して製造するためには、表面水率および有効吸水率の測定を適切な方法により適切な頻度で行う。

特殊な条件におけるコンクリートの製造について：暑中コンクリート、寒中コンクリートおよびマスコンクリートの製造にあたっては、コンクリートおよびコンクリート構造物が所要の性能を満足するように、それぞれ適切な方法により行わなければならない。

流動化コンクリートの製造について：流動化コンクリートの製造にあたっては、工事開始前に流動化剤の添加時期と方法および攪拌方法について、関係者と十分な打合せを行い、適切な計画を作成しなければならない。また、計画にあたっては、ベースコンクリートのスランプのばらつきに対する対応策などについても検討しておくことが重要である。コンクリートの流動化の方法については以下に示すいずれかの方法により行い、原則として再流動化は行わない。

- 1) コンクリートプラントから運搬したコンクリートに工事現場で流動化剤を添加し、均一になるまで攪拌して流動化する方法.
- 2) コンクリートプラントでトラックアジテータに流動化剤を添加し、ただちに高速攪拌して流動化する方法.
- 3) コンクリートプラントでトラックアジテータに流動化剤を添加し、低速でアジテートしながら運搬して、工事現場到着後に高速攪拌して流動化する方法.

なお、流動化コンクリートの製造に関する詳細については、土木学会「高性能 AE 減水剤を用いたコンクリートの施工指針(案)付：流動化コンクリート施工指針(改訂版)」に示されているので参考にするとよい。

高流動コンクリートの製造について：高流動コンクリートは通常のコンクリートと比較して降伏値が小さく塑性粘度が大きいという特徴がある。そのため、所定の品質のコンクリートを得るためには、練混ぜ性能の優れたミキサを用い、材料の投入順序、練混ぜ量、練混ぜ時間等を試験あるいは既往の実績に基づいて適切に定める必要がある。また、高流動コンクリートは通常のコンクリートと比較して、骨材の表面水率の変動の影響を受けやすい。したがって、安定した品質の高流動コンクリートを製造するためには、骨材特に細骨材の表面水率の変動を抑えることが重要である。

高流動コンクリートの製造に際しては、一般のコンクリートと比べてより綿密な製造管理が必要である。そのため製造管理は、高流動コンクリートを製造した経験のあるコンクリート主任技士、コンクリート技士等の技術者が行うことが基本である。

なお、土木学会「**高流動コンクリート施工指針**」の配合設計マニュアルに、高流動コンクリートの製造時に留意すべき事項が示されているので参考にするとよい。

- 1) コンクリートプラントから運搬したコンクリートに工事現場で流動化剤を添加し、均一になるまで攪拌して流動化する方法.
- 2) コンクリートプラントでトラックアジテータ**内のコンクリート**に流動化剤を添加し、ただちに高速攪拌して流動化する方法.
- 3) コンクリートプラントでトラックアジテータ**内のコンクリート**に流動化剤を添加し、低速でアジテートしながら運搬して、工事現場到着後に高速攪拌して流動化する方法.

なお、流動化コンクリートの製造に関する詳細については、土木学会「高性能 AE 減水剤を用いたコンクリートの施工指針(案)付：流動化コンクリート施工指針(改訂版)」に示されているので参考にするとよい。

高流動コンクリートの製造について：高流動コンクリートは通常のコンクリートと比較して降伏値が小さく塑性粘度が大きいという特徴がある。そのため、所定の品質のコンクリートを得るためには、練混ぜ性能の優れたミキサを用い、材料の投入順序、練混ぜ量、練混ぜ時間等を試験あるいは既往の実績に基づいて適切に定める必要がある。また、高流動コンクリートは通常のコンクリートと比較して、骨材の表面水率の変動の影響を受けやすい。したがって、安定した品質の高流動コンクリートを製造するためには、骨材特に細骨材の表面水率の変動を抑えることが重要である。

高流動コンクリートの製造に際しては、一般のコンクリートと比べてより綿密な製造管理が必要である。そのため製造管理は、高流動コンクリートを製造した経験のあるコンクリート主任技士、コンクリート技士等の技術者が行うことが基本である。

なお、土木学会「**高流動コンクリートの配合設計・施工指針【2012 年版】**」の配合設計マニュアルに、高流動コンクリートの製造時に留意すべき事項が示されているので参考にするとよい。

6章 施 工

6.1 総 則

- (1) コンクリート構造物の施工は、施工計画に従うことを原則とする。
- (2) コンクリート構造物の施工にあたっては、施工計画に従うことができないような不測の事態が生じることも想定し、適切な対応ができるようにしなければならない。
- (3) 構造物の規模、形状、環境などによっては、施工上発生しやすい欠陥があり、事前にそれらの防止対策を講じなければならない。
- (4) 現場にはコンクリート構造物の施工に関する十分な知識を有する技術者を置かなければならない。

【解 説】(1)について 構造物の工事に関する施工計画は、建設する構造物の種類、大きさ、現場の環境条件、施工条件などを考慮して十分に検討されたものであり、これに従って施工することによって要求性能を満たすものと考えてよい。なお、施工現場の状況によっては、施工計画時に検討された方法では合理的でない場合もある。このような場合は、施工計画を変更し、これを改めて照査し、発注者に提出した後に施工しなければならない。

(2)について 不測の事態とは、コンクリート製造設備の故障、交通渋滞などによるコンクリートの供給の中断、コンクリートポンプの故障、配管の閉塞などによる打込みの中断、型枠・支保工の不備による想定外の沈下・膨み出し等が挙げられる。また、打込み途中で品質不良のコンクリートの供給による中断も挙げられる。さらに、規模の大きい構造物では、打込み途中で風雨により施工を中断をせざる得ない場合もある。

例えば、交通渋滞によって、コンクリートの供給が中断された場合、打込み現場では、コンクリートポンプの配管が閉塞する可能性があり、ポンプおよび配管内の清掃を行うか否かの判断が必要となる。このような場合は、渋滞解消の可能性と次のアジテータ車の到着時間の予測によって判断することになる。中断を決定したら、すでに打込んだコンクリートに対しての処置が問題となる。施工継目としての対応が必要な場合、または打ち重ねが可能な時間内にコンクリートが供給されれば、打ち重ね部分の締固め強化体制を講じる場合とがある。

(3)について 施工上発生しやすい欠陥として次のような事項が挙げられ、施工前にこれらの欠陥が発生する可能性の有無を検討し、対応策を準備しておくとともに、作業員の教育指導を徹底する必要がある。

- 1) 打込み時の材料分離
- 2) 打込み順序の不適切
- 3) 締固め不良
- 4) コールドジョイントおよび打込み中断時の対処不備
- 5) コンクリートの沈下、ブリーディングにともなうひび割れ
- 6) 養生の不備
- 7) 硬化前および硬化初期の振動や載荷によるひび割れ
- 8) 仕上げ時期の不適切
- 9) 仕上げ後の急激な乾燥によるひび割れ

6章 施 工

6.1 総 則

- (1) コンクリート構造物の施工は、施工計画に従うことを原則とする。
- (2) コンクリート構造物の施工にあたっては、施工計画に従うことができないような不測の事態が生じることも想定し、適切な対応ができるようにしなければならない。
- (3) 構造物の規模、形状、環境などによっては、施工上発生しやすい欠陥があり、事前にそれらの防止対策を講じなければならない。
- (4) 現場にはコンクリート構造物の施工に関する十分な知識を有する技術者を置かなければならない。

【解 説】(1)について 構造物の工事に関する施工計画は、建設する構造物の種類、大きさ、現場の環境条件、施工条件などを考慮して十分に検討されたものであり、これに従って施工することによって要求性能を満たすものと考えてよい。なお、施工現場の状況によっては、施工計画時に検討された方法では合理的でない場合もある。このような場合は、施工計画を変更し、これを改めて確認し、発注者に提出した後に施工しなければならない。

(2)について 不測の事態とは、コンクリート製造設備の故障、交通渋滞などによるコンクリートの供給の中断、コンクリートポンプの故障、配管の閉塞などによる打込みの中断、型枠・支保工の不備による想定外の沈下・膨み出し等が挙げられる。また、打込み途中で品質不良のコンクリートの供給による中断も挙げられる。さらに、規模の大きい構造物では、打込み途中で風雨により施工を中断をせざる得ない場合もある。

例えば、交通渋滞によって、コンクリートの供給が中断された場合、打込み現場では、コンクリートポンプの配管が閉塞する可能性があり、ポンプおよび配管内の清掃を行うか否かの判断が必要となる。このような場合は、渋滞解消の可能性と次のトラックアジテータの到着時間の予測によって判断することになる。中断を決定したら、すでに打込んだコンクリートに対しての処置が問題となる。施工継目としての対応が必要な場合、または打ち重ねが可能な時間内にコンクリートが供給されれば、打ち重ね部分の締固め強化体制を講じる場合とがある。

(3)について 施工上発生しやすい欠陥として次のような事項が挙げられ、施工前にこれらの欠陥が発生する可能性の有無を検討し、対応策を準備しておくとともに、作業員の教育指導を徹底する必要がある。

- 1) 打込み時の材料分離
- 2) 打込み順序の不適切
- 3) 締固め不良
- 4) コールドジョイントおよび打込み中断時の対処不備
- 5) コンクリートの沈下、ブリーディングにともなうひび割れ
- 6) 養生の不備
- 7) 硬化前および硬化初期の振動や載荷によるひび割れ
- 8) 仕上げ時期の不適切
- 9) 仕上げ後の急激な乾燥によるひび割れ

10) 支保工の沈下や型枠の変形によるひび割れ

11) 型枠および支保工の取外し時期の不適切

(4)について コンクリート構造物の施工に関する十分な知識を有する技術者を現場に置き、施工を適切に監理させることは、目標とするコンクリート構造物を造るために不可欠なことである。ここで、コンクリート構造物の施工に関する十分な知識を有する技術者とは、技術士（建設部門）、土木施工管理技士、コンクリート主任技士、コンクリート技士、あるいはこれらと同等以上の技術力を有する者をいう。

6.2 レディーミクストコンクリートの受入れ

レディーミクストコンクリートの受入れは、「3.3 コンクリートの運搬・受入れ計画」に従うこととする。

【解説】 レディーミクストコンクリートの受入れにあたっては、工事現場に到着したコンクリートができるだけ短時間に打込めるよう配慮する必要がある。

コンクリートの受入れ検査について：コンクリートの受入れにあたっては、レディーミクストコンクリートの種類（配合を含む）、数量、運搬時間等について確認する。また、受け入れるコンクリートの品質検査項目としては、スランプ、空気量、単位水量、塩化物含有量、圧縮強度等があり、それぞれ適切な方法により検査しなくてはならない。スランプは、打込みの最小スランプが確保できるように、ポンプ圧送等場内運搬に伴うスランプの低下を考慮して、レディーミクストコンクリートの荷卸し箇所でのスランプを適切に選定し検査する。なお、検査の結果、不合格と判定されたコンクリートは施工してはならず、レディーミクストコンクリート工場に返品するとともに、品質の改善を指示しなくてはならない。ただし、圧縮強度は、その結果がコンクリートの打込み後に判明することとなるので、強度が所定の値以下となった場合は、構造物中のコンクリートの品質を調査し、必要に応じて補強を検討しなければならない。

受入れ検査は、あくまでも抜取り検査であり、試験に供した試料が対象としたロットのコンクリートの代表的なものであるか、試験が適切に行われたかなどを確認する。確認した時点で既に打込まれてしまったケースもしばしば生じるが、所要の品質を満足しない場合は、施工を中断し、以後の対策を講じる必要がある。大幅に所要の品質と異なるコンクリートが供給された場合は、すでに打ち込まれたコンクリートを除去しなければならないが、許容範囲を若干はずれるような場合は、除去することによって生じる悪影響に対して締固め作業の強化、養生強化などの対策を講じることによって品質を確保することのほうがコンクリート構造物の耐久性向上には有利となる場合があり、すばやい判断と実行を必要とする。また、検査を行わない車両のコンクリートで、目視により明らかに品質に相違が生じた疑いのあるコンクリートは、検査を行って品質を確かめる。これらの判断は、短時間に行って、以後の対応を迅速に決定することが施工に関する十分な知識を持った技術者の役割である。

流動化コンクリートの受入れ検査について：流動化コンクリートを採用する場合の受入れ検査の項目は、通常のコンクリートと同様であり、原則として流動化後のコンクリートに対して行う。ただし、スランプおよび空気量の検査は、ベースコンクリートと流動化コンクリートの両方について行い、スランプの増大量についてもあわせて確認しなければならない。フレッシュコンクリート中の塩化物含有量の確認は、流

10) 支保工の沈下や型枠の変形によるひび割れ

11) 型枠および支保工の取外し時期の不適切

(4)について コンクリート構造物の施工に関する十分な知識を有する技術者を現場に置き、施工を適切に監理させることは、目標とするコンクリート構造物を造るために不可欠なことである。ここで、コンクリート構造物の施工に関する十分な知識を有する技術者とは、技術士（建設部門）、土木施工管理技士、コンクリート主任技士、コンクリート技士、あるいはこれらと同等以上の技術力を有する者をいう。

6.2 レディーミクストコンクリートの受入れ

レディーミクストコンクリートの受入れは、「3.3 コンクリートの運搬・受入れ計画・受入れ時の確認」に従うこととする。

【解説】 レディーミクストコンクリートの受入れにあたっては、工事現場に到着したコンクリートができるだけ短時間に打込めるよう配慮する必要がある。

コンクリートの受入れ検査について：コンクリートの受入れにあたっては、レディーミクストコンクリートの種類（配合を含む）、数量、運搬時間等について納入書が発注した内容であることを確認する。また、受け入れるコンクリートの品質検査項目としては、スランプ、空気量、単位水量、塩化物イオン量、圧縮強度等があり、それぞれ適切な方法により検査しなくてはならない。スランプは、打込みの最小スランプが確保できるように、圧送等場内運搬に伴うスランプの低下を考慮して、レディーミクストコンクリートの荷卸し箇所でのスランプを適切に選定し検査する。なお、検査の結果、不合格と判定されたコンクリートは施工してはならず、レディーミクストコンクリート工場に返品するとともに、品質の改善を指示しなくてはならない。ただし、圧縮強度は、その結果がコンクリートの打込み後に判明することとなるので、強度が所定の値以下となった場合は、構造物中のコンクリートの品質を調査し、必要に応じて補強を検討しなければならない。

受入れ検査は、あくまでも抜取り検査であり、試験に供した試料が対象としたロットのコンクリートの代表的なものであるか、試験が適切に行われたかなどを確認する。確認した時点で既に打込まれてしまったケースもしばしば生じるが、所要の品質を満足しない場合は、施工を中断し、以後の対策を講じる必要がある。大幅に所要の品質と異なるコンクリートが供給された場合は、すでに打ち込まれたコンクリートを除去しなければならないが、許容範囲を若干はずれるような場合は、除去することによって生じる悪影響に対して締固め作業の強化、養生強化などの対策を講じることによって品質を確保することのほうがコンクリート構造物の耐久性向上には有利となる場合があり、すばやい判断と実行を必要とする。また、検査を行わない車両のコンクリートで、目視により明らかに品質に相違が生じた疑いのあるコンクリートは、検査を行って品質を確かめる。これらの判断は、短時間に行って、以後の対応を迅速に決定することが施工に関する十分な知識を持った技術者の役割である。

流動化コンクリートの受入れ検査について：流動化コンクリートを採用する場合の受入れ検査の項目は、通常のコンクリートと同様であり、原則として流動化後のコンクリートに対して行う。ただし、スランプおよび空気量の検査は、ベースコンクリートと流動化コンクリートの両方について行い、スランプの増大量についてもあわせて確認しなければならない。フレッシュコンクリート中の塩化物イオン量の確認は、流

流動化コンクリートに対して行うことが原則であるが、流動化剤の材料試験報告書によって流動化剤中の塩化物イオン量が無視できる量であることが確認できた場合は、ベースコンクリートで行ってもよい。また、圧縮強度の検査は、施工者もしくは発注者が必要と判断した場合は、ベースコンクリートについても行わなくてはならない。

検査の頻度は、原則として通常のコンクリートと同様でよいが、スランプは、打込み当初から製造が安定するまでは頻度の高い試験が必要である。さらに目視により、流動化後のコンクリートが適切かどうか、各トラックアジテータについて確認するのがよい。

高流動コンクリートの受入れ検査について：高流動コンクリートの施工時における検査項目としては、充てん試験装置を用いた間げき通過性試験、スランプフロー、50cm フロー到達時間、漏斗流下時間、L 型フロー試験、空気量、コンクリート温度等が挙げられ、これらの試験の中から必要な項目を選択して行う。なお、一般的には、スランプフロー、50cm フロー到達時間あるいは漏斗流下時間、空気量、コンクリート温度を施工時の品質管理試験として行えばよい。

自己充てん性の検査は、間げき通過試験装置を有する全量試験および品質管理担当者の目視により行うことを原則とする。また、打込み開始直後は使用材料の品質変動に伴って、フレッシュコンクリートの品質が変動しやすいので、品質が安定するまでは自己充てん性以外の項目についても品質管理試験の回数を多くする。

6.3 運搬、打込み、締固め

- (1) コンクリートの現場内での運搬、打込み、締固めは、それぞれ「3.4 現場内運搬計画」、「3.5 打込み計画」および「3.6 締固め計画」に示す施工計画に従うこととする。
- (2) コンクリートを練混ぜ始めてから打込み終わるまでの時間は、外気温が 25℃を超えるときで 1.5 時間以内、25℃以下のときで 2 時間以内を標準とする。

【解説】(1)および(2)について コンクリートは練混ぜが終わったときの状態にできるだけ近い状態で運搬し、打ち込むことが重要である。

コンクリートを練混ぜ始めてから打込み終わるまでの時間の限度は、土木学会 コンクリート標準示方書と同一とした。ただし、その時間は、様々な条件によって異なるのが一般的であるので、実際の工事においては、個々の工事に定められた施工計画に従う。

コンクリートの運搬、打込みおよび締固め作業における確認事項について：コンクリートの運搬、打込みおよび締固めにあたっては、必要な設備の種類、型式、能力、台数および人員配置、運搬経路、打込み区画、打継目の位置、打込み順序、打込み速度、打込みの方法などが、それぞれ施工計画書どおりであることを確認する。また、コンクリートの打込みおよび締固めに際しては、それらの作業によって鉄筋の配置や型枠が乱されていないことを確認しなければならない。さらに、コンクリートの締固めに内部振動機を用いる場合は、締固め作業高さ、内部振動機の挿入深さ、挿入間隔、振動時間等についても確認する。確認の結果、適切でないと判定された項目については、設備、人員配置、方法を改善するなど適切な処置を講じる。

高流動コンクリートを採用する場合は、締固めに関する確認を省略できるが、必要に応じてコンクリー

流動化コンクリートに対して行うことが原則であるが、流動化剤の材料試験報告書によって流動化剤中の塩化物イオン量が無視できる量であることが確認できた場合は、ベースコンクリートで行ってもよい。また、圧縮強度の検査は、施工者もしくは発注者が必要と判断した場合は、ベースコンクリートについても行わなくてはならない。

検査の頻度は、原則として通常のコンクリートと同様でよいが、スランプは、打込み当初から製造が安定するまでは頻度の高い試験が必要である。さらに目視により、流動化後のワーカビリティが適切かどうか、トラックアジテータごとに目視により確認するのがよい。

高流動コンクリートの受入れ検査について：高流動コンクリートの施工時における検査項目としては、自己充填性、スランプフロー、50cm フロー到達時間、漏斗流下時間、L 型フロー試験、空気量、コンクリート温度等が挙げられ、これらの試験の中から必要な項目を選択して行う。なお、一般的には、スランプフロー、50cm フロー到達時間あるいは漏斗流下時間、空気量、コンクリート温度を施工時の品質管理試験として行えばよい。

自己充填性の検査は、JSCE-F 511「高流動コンクリートの充填試験方法」に規定される充填試験を標準とする。また、打込み開始直後は使用材料の品質変動に伴って、フレッシュコンクリートの品質が変動しやすいので、品質が安定するまでは自己充填性以外の項目についても品質管理試験の回数を多くする。

6.3 運搬、打込み、締固め

- (1) コンクリートの現場内での運搬、打込み、締固めは、それぞれ「3.4 現場内運搬計画」、「3.5 打込み計画」および「3.6 締固め計画」に示す施工計画に従うこととする。
- (2) コンクリートを練混ぜ始めてから打込み終わるまでの時間は、外気温が 25℃を超えるときで 1.5 時間以内、25℃以下のときで 2 時間以内を標準とする。

【解説】(1)および(2)について コンクリートは練混ぜが終わったときの状態にできるだけ近い状態で運搬し、打ち込むことが重要である。

コンクリートを練混ぜ始めてから打込み終わるまでの時間の限度は、土木学会 コンクリート標準示方書と同一とした。ただし、その時間は、様々な条件によって異なるのが一般的であるので、実際の工事においては、個々の工事に定められた施工計画に従う。

コンクリートの運搬、打込みおよび締固め作業における確認事項について：コンクリートの運搬、打込みおよび締固めにあたっては、必要な設備の種類、型式、能力、台数および人員配置、運搬経路、打込み区画、打継目の位置、打込み順序、打込み速度、打込みの方法などが、それぞれ施工計画書どおりであることを確認する。また、コンクリートの打込みおよび締固めに際しては、それらの作業によって鉄筋の配置や型枠が乱されていないことを確認しなければならない。さらに、コンクリートの締固めにパイプレータを用いる場合は、締固め作業高さ、パイプレータの挿入深さ、挿入間隔、振動時間等についても確認する。確認の結果、適切でないと判定された項目については、設備、人員配置、方法を改善するなど適切な処置を講じる。

高流動コンクリートを採用する場合は、締固めに関する確認を省略できるが、必要に応じてコンクリー

トの流動距離、流動勾配、ポンプの負荷などを管理するとよい。また、打込み中には、流動性状や**充てん**状況についても目視により観察し、流動中に粗骨材が沈降してペースト分が先行していないか、あるいは、**充てん**性が良好であるかを目視により確認する。

施工時に発生しやすい欠陥とその対策について：コンクリートの現場内での運搬、打込み、締固めの各施工段階で発生しやすい欠陥としては、本章 6.1 の解説に示すものが挙げられる。施工にあたってはこれらの欠陥が生じないよう適切な対策を講じなければならない。

1) 打込み時の材料分離について

打込み時に生じる材料分離は、コンクリートを斜めシュートにより降ろしたり、高い位置から型枠中に落下させたりすることなどにより生じる。したがって、コンクリートの打込みに際しては、コンクリートの自由落下高さを 1.5m 以内とし、縦シュートやポンプ配管などの吐出口を打込み面近くまで垂直に降ろすことが必要である。また、やむを得ず斜めシュートを使用する場合は、傾斜角度を水平 2 に対して**垂直**1 程度とし、パッフルプレートと漏斗管を設けて材料分離を防ぐようにする。

2) 打込み順序の不適正について

連続桁のコンクリートや連続合成桁の床版コンクリートなどでは、コンクリートの打込み順序が不適切であると、施工中のコンクリートの重量変化などに起因して型枠や支保工に変形が生じ、すでに打ち込んだコンクリートにひび割れが生じることがある。このようなひび割れが発生する可能性が考えられる場合は、施工に先立って綿密な施工計画をたて、コンクリートの施工にともなって生じるたわみ量の変化を確認し、最適な打込み順序を選ばなければならない。

3) 締固め不良について

コンクリートの締固めが不十分な場合は、型枠の隅々までコンクリートを十分に**充てん**できずコンクリートの**充てん**不良の発生につながる。このため、コンクリートの締固めに**内部振動機**を用いる場合は、下層コンクリートへの挿入深さを 10cm 程度とする、挿入間隔を 50cm 以下とする、1ヶ所あたりの振動時間を 5～15 秒とするなどの基本的事項を遵守する。また、コンクリートの打込みによる材料分離を防止し、締固めを十分に行ったにもかかわらずコンクリートに**充てん**不良が発生した場合は、施工条件に適した打込みの最小スランプ（もしくはスランプフロー）を再度検討しなければならない。

4) コールドジョイントおよび打込み中断時の対処

コールドジョイントは、下部のコンクリートの凝結がある程度進んだ状態で上部のコンクリートを打ち重ねることによって、コンクリートの一体化が阻害されたものである。コールドジョイントは構造上の欠陥となるばかりでなく、外観、水密性、耐久性などの面でも欠陥となる。コールドジョイントを防止するためには、コンクリートの運搬、打込み区画、打込み順序に関して綿密な計画をたて、解説 表 3.5.1 に示す許容打重ね時間間隔以内に上部のコンクリートを打込み、**内部振動機**を下層コンクリート中に 10cm 程度挿入するなど適切な締固めを行う必要がある。また、必要に応じて凝結遅延剤を使用することも有効である。なお、不測の事態により打込みが中断した場合など、施工途中でコールドジョイントを防ぐことが難しいと判断された場合は、「3.9 継目の計画」に従って適切に対応する。

5) コンクリートの沈下、ブリーディングにともなうひび割れ

打ち込まれたコンクリートはブリーディングをとまって沈下する。このような沈下が、コンクリートの表面付近に固定された水平鉄筋、埋設物などで妨げられた場合にコンクリートの上面に鉄筋などに沿ったひび割れが生じることがある。このようなひび割れが発生した時点であれば、タンピングによって消すことが可能である。さらに、仕上げ前に再振動締固めを行うことも非常に有効である。

張出し部をもつコンクリート、壁または柱とスラブまたははりとは連続しているコンクリートなどでは、

トの流動距離、流動勾配、ポンプの負荷などを管理するとよい。また、打込み中には、流動性状や**充填**状況についても目視により観察し、流動中に粗骨材が沈降してペースト分が先行していないか、あるいは、**充填**性が良好であるかを目視により確認する。

施工時に発生しやすい欠陥とその対策について：コンクリートの現場内での運搬、打込み、締固めの各施工段階で発生しやすい欠陥としては、本章 6.1 の解説に示すものが挙げられる。施工にあたってはこれらの欠陥が生じないよう適切な対策を講じなければならない。

1) 打込み時の材料分離について

打込み時に生じる材料分離は、コンクリートを斜めシュートにより降ろしたり、高い位置から型枠中に落下させたりすることなどにより生じる。したがって、コンクリートの打込みに際しては、コンクリートの自由落下高さを 1.5m 以内とし、縦シュートやポンプ配管などの吐出口を打込み面近くまで垂直に降ろすことが必要である。また、やむを得ず斜めシュートを使用する場合は、傾斜角度を水平 2 に対して**鉛直**1 程度とし、パッフルプレートと漏斗管を設けて材料分離を防ぐようにする。

2) 打込み順序の不適正について

連続桁のコンクリートや連続合成桁の床版コンクリートなどでは、コンクリートの打込み順序が不適切であると、施工中のコンクリートの重量変化などに起因して型枠や支保工に変形が生じ、すでに打ち込んだコンクリートにひび割れが生じることがある。このようなひび割れが発生する可能性が考えられる場合は、施工に先立って綿密な施工計画をたて、コンクリートの施工にともなって生じるたわみ量の変化を確認し、最適な打込み順序を選ばなければならない。

3) 締固め不良について

コンクリートの締固めが不十分な場合は、型枠の隅々までコンクリートを十分に**充填**できずコンクリートの**充填**不良の発生につながる。このため、コンクリートの締固めに**バイブレータ**を用いる場合は、下層コンクリートへの挿入深さを 10cm 程度とする、挿入間隔を 50cm 以下とする、1ヶ所あたりの振動時間を 5～15 秒とするなどの基本的事項を遵守する。また、コンクリートの打込みによる材料分離を防止し、締固めを十分に行ったにもかかわらずコンクリートに**充填**不良が発生した場合は、施工条件に適した打込みの最小スランプ（もしくはスランプフロー）を再度検討しなければならない。

4) コールドジョイントおよび打込み中断時の対処

コールドジョイントは、下部のコンクリートの凝結がある程度進んだ状態で上部のコンクリートを打ち重ねることによって、コンクリートの一体化が阻害されたものである。コールドジョイントは構造上の欠陥となるばかりでなく、外観、水密性、耐久性などの面でも欠陥となる。コールドジョイントを防止するためには、コンクリートの運搬、打込み区画、打込み順序に関して綿密な計画をたて、解説 表 3.5.1 に示す許容打重ね時間間隔以内に上部のコンクリートを打込み、**バイブレータ**を下層コンクリート中に 10cm 程度挿入するなど適切な締固めを行う必要がある。また、必要に応じて凝結遅延剤を使用することも有効である。なお、不測の事態により打込みが中断した場合など、施工途中でコールドジョイントを防ぐことが難しいと判断された場合は、「3.9 継目の計画」に従って適切に対応する。

5) コンクリートの沈下、ブリーディングにともなうひび割れ

打ち込まれたコンクリートはブリーディングをとまって沈下する。このような沈下が、コンクリートの表面付近に固定された水平鉄筋、埋設物などで妨げられた場合にコンクリートの上面に鉄筋などに沿ったひび割れが生じることがある。このようなひび割れが発生した時点であれば、タンピングによって消すことが可能である。さらに、仕上げ前に再振動締固めを行うことも非常に有効である。

張出し部をもつコンクリート、壁または柱とスラブまたははりとは連続しているコンクリートなどでは、

断面の異なるそれぞれの部分でコンクリートに生じる沈下の程度に差があり、一度にコンクリートを打ち込むと断面の変わる境界面にひび割れが発生することが多い。したがって、コンクリートは断面の変わる箇所ですぐ打ち止め、そのコンクリートの沈下が落ち着いてから張出し部などの上層コンクリートを打ち込むことが必要である。

6.4 仕上げ

コンクリートの仕上げは、「3.7 仕上げ計画」に示す施工計画に従うこととする。

【解説】 コンクリート表面の仕上げは、表面に浮き出たブリーディング水が少なくなるか、または上面の水を取り除いた後に行わなければならない。ブリーディングの終了時期は、セメントの種類および外気温等によって異なるため、仕上げの時期は適切に判断する必要がある。

コンクリートの仕上げ作業における確認事項について：コンクリート表面の仕上げを行うにあたっては、仕上げ時期や仕上げに用いる器具が施工計画で定められたとおりであることを確認する。また、コンクリートの硬化後は、コンクリート部材の形状寸法や表面の平坦さが所定の許容誤差範囲内であること、コンクリート表面にひび割れ、気泡、凹凸、すじ、豆板、色むら等の欠陥が少なく良好な表面状態であることなどを確認する。確認の結果、コンクリートの表面に突起、すじ等が認められた場合は、これを除いて平らに仕上げる。豆板、欠けた箇所等は、その不完全な部分を取り除いて適切な補修を行わなければならない。また、許容されたものよりも大きなひび割れが認められる場合は、適切な材料および工法によりこれを補修しなければならない。

施工時に発生しやすい欠陥とその対策について：コンクリートの仕上げにおいて発生しやすい欠陥としては、「6.1 総則」の解説に示すものが挙げられる。施工にあたってはこれらの欠陥が生じないよう適切な対策を講じなければならない。

1) 仕上げ時期

コンクリート表面の仕上げは、打込んだコンクリートの表面を所定の形状にならすと同時に緻密な表面を形成するために行うものである。コンクリートの打上り面の仕上げは、締固めの後、表面に浮き出たブリーディング水が少なくなった時期に行う。コンクリートの仕上げ時期は早すぎるとブリーディング水の影響を受け、コンクリートの沈降によるひび割れの発生や仕上げ面の下部にブリーディング水が集まることによって表面部分が剥離するなど、様々な初期欠陥の発生につながる。また、表面仕上げの時期が遅すぎると手間がかかり、適切な仕上げができないことになる。したがって、仕上げを行う場合は、事前に、工事におけるコンクリートの最適な仕上げ時間を試験により把握しておくことが望ましい。なお、金ごてをかける適切な時期としては、コンクリートが指で押してもへこまない程度に固まったときを目安にするとうい。

2) 仕上げ後の急激な乾燥によるひび割れ

コンクリートが、まだ固まらない状態あるいは硬化のごく初期の段階で急激に水分が蒸発すると、コンクリートの体積減少によってひび割れが生じる。このひび割れは外観および耐久性上の欠陥となる。

このひび割れを防止するには、コンクリート表面からの急激な水分の蒸発を避けることが重要である。そのためにはコンクリートの仕上げ後ただちに覆いをして直射日光や風にさらさないこと、および水分の

断面の異なるそれぞれの部分でコンクリートに生じる沈下の程度に差があり、一度にコンクリートを打ち込むと断面の変わる境界面にひび割れが発生することが多い。したがって、コンクリートは断面の変わる箇所ですぐ打ち止め、そのコンクリートの沈下が落ち着いてから張出し部などの上層コンクリートを打ち込むことが必要である。

6.4 仕上げ

コンクリートの仕上げは、「3.7 仕上げ計画」に示す施工計画に従うこととする。

【解説】 コンクリート表面の仕上げは、表面に浮き出たブリーディング水が少なくなるか、または上面の水を取り除いた後に行わなければならない。ブリーディングの終了時期は、セメントの種類および外気温等によって異なるため、仕上げの時期は適切に判断する必要がある。

コンクリートの仕上げ作業における確認事項について：コンクリート表面の仕上げを行うにあたっては、仕上げ時期や仕上げに用いる器具が施工計画で定められたとおりであることを確認する。また、コンクリートの硬化後は、コンクリート部材の形状寸法や表面の平坦さが所定の許容誤差範囲内であること、コンクリート表面にひび割れ、気泡、凹凸、すじ、豆板、色むら等の欠陥が少なく良好な表面状態であることなどを確認する。確認の結果、コンクリートの表面に突起、すじ等が認められた場合は、これを除いて平らに仕上げる。豆板、欠けた箇所等は、その不完全な部分を取り除いて適切な補修を行わなければならない。また、許容されたものよりも大きなひび割れが認められる場合は、適切な材料および工法によりこれを補修しなければならない。

施工時に発生しやすい欠陥とその対策について：コンクリートの仕上げにおいて発生しやすい欠陥としては、「6.1 総則」の解説に示すものが挙げられる。施工にあたってはこれらの欠陥が生じないよう適切な対策を講じなければならない。

1) 仕上げ時期

コンクリート表面の仕上げは、打込んだコンクリートの表面を所定の形状にならすと同時に緻密な表面を形成するために行うものである。コンクリートの打上り面の仕上げは、締固めの後、表面に浮き出たブリーディング水が少なくなった時期に行う。コンクリートの仕上げ時期は早すぎるとブリーディング水の影響を受け、コンクリートの沈降によるひび割れの発生や仕上げ面の下部にブリーディング水が集まることによって表面部分が剥離するなど、様々な初期欠陥の発生につながる。また、表面仕上げの時期が遅すぎると手間がかかり、適切な仕上げができないことになる。したがって、仕上げを行う場合は、事前に、工事におけるコンクリートの最適な仕上げ時間を試験により把握しておくことが望ましい。なお、金ごてをかける適切な時期としては、**コンクリートの配合、天候、気温等によって相違するが**、コンクリートが指で押してもへこみにくい程度に固まったときを目安にするとうい。

2) 仕上げ後の急激な乾燥によるひび割れ

コンクリートが、まだ固まらない状態あるいは硬化のごく初期の段階で急激に水分が蒸発すると、コンクリートの体積減少によってひび割れが生じる。このひび割れは外観および耐久性上の欠陥となる。

このひび割れを防止するには、コンクリート表面からの急激な水分の蒸発を避けることが重要である。そのためにはコンクリートの仕上げ後ただちに覆いをして直射日光や風にさらさないこと、および水分の

補給をすることが非常に有効である。また、表面への水の散布や封かん養生剤を散布することも有効である。ただし、封かん養生剤の散布はコンクリートの表面から水が引いた直後に行うことが大切である。さらに、仕上げの前に再振動締固めを行うことも有効であり、硬化がまだ進んでいない時点でひび割れの発生が認められた場合は、直ちに再振動締固め、タンピングなどにより消すのがよい。

6.5 養生

コンクリートの養生は、「3.8 養生計画」に示す施工計画に従うこととする。コンクリートは、打込み後の一定期間を硬化に必要な温度および湿度に保ち、有害な作用の影響を受けないように、十分にこれを養生しなければならない。

【解説】 コンクリートの養生にあたっては、「3.8 養生計画」で示したように、養生と型枠の存置の違いを十分に認識しておくことが重要であり、脱型後も湿潤養生を行うことが必要である。

コンクリートの養生における確認事項について：コンクリートの養生にあたっては、養生設備および人員配置、養生方法、養生開始時期、養生期間などが施工計画通りに行われていることを確認する。確認の結果、計画通りの養生が行われていないと判定された場合は、養生設備、人員の配置、養生方法などについて適切な改善を行わなければならない。

施工時に発生しやすい欠陥とその対策について：コンクリートの養生時に発生しやすい欠陥は、「6.1 総則」の解説に示すものが挙げられる。施工を行うにあたっては、これらの欠陥が生じないよう適切な対策を講じなければならない。

1) 養生の不備

コンクリートは、早期に乾燥して表面近傍の水分が失われると、その部分のコンクリートはセメントの水和反応が十分に進行することが期待できなくなる。また、セメントの水和は、養生時の温度によっても著しい影響を受ける。さらに、まだ十分硬化していないコンクリートに振動・衝撃あるいは過大な荷重を加えると、ひび割れや損傷を与えることになる。

したがって、コンクリートの養生は、打込み後のある期間、コンクリートを適切な温度のもとで、湿潤状態に保ち、かつ有害な作用を受けないようにしなければならない。現状では、型枠を取り外した時点で養生期間が終了したと判断しているケースが散見されるが、養生期間と型枠存置期間は異なり、一般に養生期間は型枠存置期間よりも長い。また、型枠を外した後も湿潤養生を継続することは、脱型直後に発生するひび割れの抑制や強度および耐久性の向上に効果がある。このため、コンクリートが本来有する性能を適切に発揮させるには、型枠を外した後も湿潤養生を継続することがきわめて重要である。脱型後の養生方法としては、養生マットやシートで覆う方法や散水、湛水養生などが挙げられる。

2) 硬化前および硬化初期の振動や荷重によるひび割れ

コンクリートの強度がまだ十分に発現していない段階で振動や荷重などの作用を受けると、コンクリートにひび割れが発生して構造上の欠陥となる。コンクリートの凝結硬化初期に加わる振動や衝撃の影響については明らかにされていない点もあるが、コンクリートに悪影響を及ぼすおそれがあるときは、コンクリートの施工を中止し、振動や衝撃がない静止の状態でする。

補給をすることが非常に有効である。また、表面への水の散布や膜養生剤を散布することも有効である。ただし、封かん養生剤の散布はコンクリートの表面から水が引いた直後に行うことが大切である。さらに、仕上げの前に再振動締固めを行うことも有効であり、硬化がまだ進んでいない時点でひび割れの発生が認められた場合は、直ちに再振動締固め、タンピングなどにより消すのがよい。

6.5 養生

コンクリートの養生は、「3.8 養生計画」に示す施工計画に従うこととする。コンクリートは、打込み後の一定期間を硬化に必要な温度および湿度に保ち、有害な作用の影響を受けないように、十分にこれを養生しなければならない。

【解説】 コンクリートの養生にあたっては、「3.8 養生計画」で示したように、養生と型枠の存置の違いを十分に認識しておくことが重要であり、脱型後も湿潤養生を行うことが必要である。

コンクリートの養生における確認事項について：コンクリートの養生にあたっては、養生設備および人員配置、養生方法、養生開始時期、養生期間などが施工計画通りに行われていることを確認する。確認の結果、計画通りの養生が行われていないと判定された場合は、養生設備、人員の配置、養生方法などについて適切な改善を行わなければならない。

施工時に発生しやすい欠陥とその対策について：コンクリートの養生時に発生しやすい欠陥は、「6.1 総則」の解説に示すものが挙げられる。施工を行うにあたっては、これらの欠陥が生じないよう適切な対策を講じなければならない。

1) 養生の不備

コンクリートは、早期に乾燥して表面近傍の水分が失われると、その部分のコンクリートはセメントの水和反応が十分に進行することが期待できなくなる。また、セメントの水和は、養生時の温度によっても著しい影響を受ける。さらに、まだ十分硬化していないコンクリートに振動・衝撃あるいは過大な荷重を加えると、ひび割れや損傷を与えることになる。

したがって、コンクリートの養生は、打込み後のある期間、コンクリートを適切な温度のもとで、湿潤状態に保ち、かつ有害な作用を受けないようにしなければならない。現状では、型枠を取り外した時点で養生期間が終了したと判断しているケースが散見されるが、養生期間と型枠存置期間は異なり、一般に養生期間は型枠存置期間よりも長い。また、型枠を外した後も湿潤養生を継続することは、脱型直後に発生するひび割れの抑制や強度および耐久性の向上に効果がある。このため、コンクリートが本来有する性能を適切に発揮させるには、型枠を外した後も湿潤養生を継続することがきわめて重要である。脱型後の養生方法としては、養生マットやシートで覆う方法や散水、湛水養生などが挙げられる。

2) 硬化前および硬化初期の振動や荷重によるひび割れ

コンクリートの強度がまだ十分に発現していない段階で振動や荷重などの作用を受けると、コンクリートにひび割れが発生して構造上の欠陥となる。コンクリートの凝結硬化初期に加わる振動や衝撃の影響については明らかにされていない点もあるが、コンクリートに悪影響を及ぼすおそれがあるときは、コンクリートの施工を中止し、振動や衝撃がない静止の状態でする。

6.6 継目およびひび割れ誘発目地

継目および目地の施工は、「3.9 継目の計画」および「3.10 ひび割れ誘発目地の計画」に従うこととする。

【解 説】 コンクリートの打継目は、構造物の弱点とならない位置に、部材の圧縮合力に対して 90°となる方向で、せん断力が作用しないように設けるのが原則である。

コンクリートの打継ぎおよびひび割れ誘発目地の施工における確認事項について：コンクリートの打継ぎの施工は、継目の位置、方向、すでに打ち込まれているコンクリートの打継ぎ面の処理方法および施工方法が施工計画で定められた通りであることを確認する。また、ひび割れ誘発目地を設ける場合は、目地の位置、間隔、断面欠損率について確認し、さらに誘発目地の充てんや被覆処理方法についても確認する。伸縮継目を設ける場合は、継目の位置、間隔および構造に関しては設計段階で、目地材に関しては施工計画段階でそれぞれ定められたとおりであることを確認する。確認の結果、計画通りの施工が行われていないと判定された場合は、適切でないと判断された内容がコンクリート構造物に及ぼす影響を検討し、必要に応じて適切な補修を行わなければならない。

6.7 鉄筋工

鉄筋工は、「3.11 鉄筋工の計画」に従うこととする。

【解 説】 鉄筋は、設計で定められた正しい寸法および形状を持つように材質を害さない適切な方法で加工され、これを所定の位置に堅固に組み立てなければならない。

鉄筋工における確認事項について：鉄筋工は、鉄筋の加工、組立ておよび継手が施工計画で定められた通りに行われていることを確認する。また、事前に定めた材質のスペーサが所定の数、所定の位置に配置され、かぶりが所定の値を確保していることを確認することは、構造物が保有すべき性能を有するうえできわめて重要である。一般に、鉄筋が正しい位置に配置されているかどうかをコンクリートを打ち込んだ後に確認することは困難であり、コンクリートを打込んだ後に鉄筋の位置を修正することは不可能である。このため、施工前および施工中に鉄筋が正しく配置されていることを必ず確認しなければならない。確認の結果、計画通りの施工が行われていないと判定された場合は、適切でないと判断された内容がコンクリート構造物に及ぼす影響を検討し、必要に応じて適切な補修を行わなければならない。

6.6 継目およびひび割れ誘発目地

継目および目地の施工は、「3.9 継目の計画」および「3.10 ひび割れ誘発目地の計画」に従うこととする。

【解 説】 コンクリートの打継目は、構造物の弱点とならない位置に、部材の圧縮合力に対して 90°となる方向で、せん断力が作用しないように設けるのが原則である。

コンクリートの打継ぎおよびひび割れ誘発目地の施工における確認事項について：コンクリートの打継ぎの施工は、継目の位置、方向、すでに打ち込まれているコンクリートの打継ぎ面の処理方法および施工方法が施工計画で定められた通りであることを確認する。また、ひび割れ誘発目地を設ける場合は、目地の位置、間隔、断面欠損率について確認し、さらに誘発目地の充填や被覆処理方法についても確認する。伸縮継目を設ける場合は、継目の位置、間隔および構造に関しては設計段階で、目地材に関しては施工計画段階でそれぞれ定められたとおりであることを確認する。確認の結果、計画通りの施工が行われていないと判定された場合は、適切でないと判断された内容がコンクリート構造物に及ぼす影響を検討し、必要に応じて適切な補修を行わなければならない。

6.7 鉄筋工

鉄筋工は、「3.11 鉄筋工の計画」に従うこととする。

【解 説】 鉄筋は、設計で定められた正しい寸法および形状を持つように材質を害さない適切な方法で加工され、これを所定の位置に堅固に組み立てなければならない。

鉄筋工における確認事項について：鉄筋工は、鉄筋の加工、組立ておよび継手が施工計画で定められた通りに行われていることを確認する。また、事前に定めた材質のスペーサが所定の数、所定の位置に配置され、かぶりが所定の値を確保していることを確認することは、構造物が保有すべき性能を有するうえできわめて重要である。一般に、鉄筋が正しい位置に配置されているかどうかをコンクリートを打ち込んだ後に確認することは困難であり、コンクリートを打込んだ後に鉄筋の位置を修正することは不可能である。このため、施工前および施工中に鉄筋が正しく配置されていることを必ず確認しなければならない。確認の結果、計画通りの施工が行われていないと判定された場合は、適切でないと判断された内容がコンクリート構造物に及ぼす影響を検討し、必要に応じて適切な補修を行わなければならない。

- a. 立上り部分の型枠は十分強固なものにする。打込み計画から予想されるコンクリートの側圧、偏圧を考慮して、型枠を安全に設計しなければならない。
- b. 支保工は、コンクリート、型枠などの重量を安全に支持し、有害な変形や沈下が起こらないようにする。支保工の沈下の原因としては、基礎の沈下、支保工の圧縮変形やたわみ、支保工の継手や接触部のなじみ等がある。支保工は変形や沈下に対応できるように、あらかじめジャッキやくさびを設置しておくのがよい。
- c. 後から打ち込むコンクリートの重量によって生じる変形やたわみに関しては、先に打込んだコンクリートに与える影響が最小になるように、コンクリートの打込み順序、打込み方法、凝結遅延剤の使用などについて検討する。

2) 型枠および支保工の取外し時期の不適切

コンクリートの強度発現が不十分な段階で型枠および支保工を取り外すと、支保工の沈下や型枠の変形によるひび割れと同じようなひび割れが発生し、構造上の欠陥をつくることになる。

型枠の存置期間は、コンクリートの強度発現の点からは十分に長くとするのがよい。

6.9 暑中コンクリート

日平均気温が 25℃を超えることが予想される時は、「3.13 暑中コンクリートの施工計画」に従って、暑中コンクリートとしての施工を行うこととする。

【解 説】 暑中コンクリートの現場内の運搬について：暑中コンクリートの施工における現場内の運搬にあたっては、コンクリートが熱せられたり、乾燥したりしないよう、なるべく早く輸送して打ち込むのがよい。コンクリートポンプを使用する場合は、輸送管を湿らせた布で覆うなどの対策を講じる必要がある。また、暑中コンクリートは、通常のコンクリートに比較して運搬時のスランプロスが大きくなる傾向にあるので、打込みの最小スランプを確保し適切な施工を行うには、速やかな運搬作業が重要である。

暑中コンクリートの打込みについて：暑中コンクリートの打込みの際は、コンクリートを練混ぜてから打ち終わるまでの時間は 1.5 時間以内を原則とし、打込み時のコンクリート温度は 35℃以下でなくてはならない。施工時にコンクリート温度が上記の値を超える場合は、適切な処置を講じなくてはならない。具体的には、プレクーリングなどによる方法、現場までの運搬中のコンクリート温度の上昇を抑える方法、コンクリートポンプの輸送管を湿らせた布で覆う、打込みを 1 日のうち気温の低い時間帯に実施する方法などがある。どうしても施工現場で対策を講じなければならない場合は、特殊な対策として液体窒素などの冷媒をミキサやトラックアジテータのドラム内に吹き込むなどの方法もある。

暑中コンクリートの養生について：暑中コンクリートの施工にあたっては、打込みが終了したコンクリートは、露出面が乾燥しないよう速やかに養生しなければならない。

- a. 立上り部分の型枠は十分強固なものにする。打込み計画から予想されるコンクリートの側圧、偏圧を考慮して、型枠を安全に設計しなければならない。
- b. 支保工は、コンクリート、型枠などの重量を安全に支持し、有害な変形や沈下が起こらないようにする。支保工の沈下の原因としては、基礎の沈下、支保工の圧縮変形やたわみ、支保工の継手や接触部のなじみ等がある。支保工は変形や沈下に対応できるように、あらかじめジャッキやくさびを設置しておくのがよい。
- c. 後から打ち込むコンクリートの重量によって生じる変形やたわみに関しては、先に打込んだコンクリートに与える影響が最小になるように、コンクリートの打込み順序、打込み方法、凝結遅延剤の使用などについて検討する。

2) 型枠および支保工の取外し時期の不適切

コンクリートの強度発現が不十分な段階で型枠および支保工を取り外すと、支保工の沈下や型枠の変形によるひび割れと同じようなひび割れが発生し、構造上の欠陥をつくることになる。

型枠の存置期間は、コンクリートの強度発現の点からは十分に長くとするのがよい。

6.9 暑中コンクリート

日平均気温が 25℃を超えることが予想される時は、「3.13 暑中コンクリートの施工計画」に従って、暑中コンクリートとしての施工を行うこととする。

【解 説】 暑中コンクリートの現場内の運搬について：暑中コンクリートの施工における現場内の運搬にあたっては、コンクリートが熱せられたり、乾燥したりしないよう、なるべく早く輸送して打ち込むのがよい。コンクリートポンプを使用する場合は、輸送管を湿らせた布で覆うなどの対策を講じる必要がある。また、暑中コンクリートは、通常のコンクリートに比較して運搬時のスランプロスが大きくなる傾向にあるので、打込みの最小スランプを確保し適切な施工を行うには、速やかな運搬作業が重要である。

暑中コンクリートの打込みについて：暑中コンクリートの打込みの際は、コンクリートを練混ぜてから打ち終わるまでの時間は 1.5 時間以内を原則とし、打込み時のコンクリート温度は 35℃以下を標準とする。施工時にコンクリート温度が上記の値を超える場合は、適切な処置を講じなくてはならない。具体的には、プレクーリングなどによる方法、現場までの運搬中のコンクリート温度の上昇を抑える方法、コンクリートポンプの輸送管を湿らせた布で覆う、打込みを 1 日のうち気温の低い時間帯に実施する方法などがある。どうしても施工現場で対策を講じなければならない場合は、特殊な対策として液体窒素などの冷媒をミキサやトラックアジテータのドラム内に吹き込むなどの方法もある。

暑中コンクリートの養生について：暑中コンクリートの施工にあたっては、打込みが終了したコンクリートは、露出面が乾燥しないよう速やかに養生しなければならない。

温度ひび割れが発生するおそれのある構造物の施工に用いる型枠について：型枠は、温度ひび割れの制御が行えるよう適切な材料を選定し、適切な期間存置しなくてはならない。放熱性の高い鋼製型枠などを用いると内部と表面部との温度差が大きくなり、内部拘束による温度応力が大きくなることが予測されるので、木製等の断熱性の高い型枠を用いるのがよい。なお、断熱性の高い型枠を用いる場合は、通常の型枠存置期間より長くするのを原則とし、脱型後もコンクリート表面の急冷を防止するためにシート等によりコンクリート表面の保温を継続して行うのがよい。

温度ひび割れが発生するおそれのある構造物に設けるひび割れ誘発目地について：ひび割れ誘発目地は、施工計画において定められた位置および間隔で設ける。ひび割れ誘発後は、ひび割れ誘発部からの漏水、鉄筋の腐食等を防止するために適切な**充てん**、被覆処置を行う。

6.12 初期欠陥の補修

(1) コンクリートの施工中にコンクリートの品質不良や施工不良等に起因すると考えられるひび割れ、その他の欠陥あるいは損傷が確認された場合は、速やかにその発生状況を確認し、適切な時期、方法を選定し補修しなければならない。

(2) コンクリートの施工後にひび割れが発生した場合は、その発生原因および発生状況を調査し、構造上あるいは耐久性上有害と判断された場合は適切な時期、方法を選定し補修しなければならない。なお、温度ひび割れが発生した場合は、あらかじめ設定した補修計画に基づいて適切な補修を行うものとする。

【解説】(1)について 施工中に発生するプラスチック収縮ひび割れ、沈みひび割れ、豆板、コールドジョイント、砂すじなどの初期欠陥や損傷は、所要の品質のコンクリートを用いて適切な施工が実施されていれば避けられたもので、本来あってはならず、これらをそのまま放置すると、将来、劣化を促進させる要因となる可能性が極めて高い。その一方で、施工作業では人為的な影響も大きく、さらに、施工計画では予期していなかった事態が作業中に生じる場合もあることから、これらの欠陥や損傷を皆無とすることが困難なこともまた、否めない。このような状況が生じた場合は、直ちに発生状況の的確な把握のための調査を実施するとともに、その調査結果に基づいて適切な処置（補修を含む）を講じなければならない。

具体的には、例えば、コンクリートの表面に突起、すじ等が認められた場合は、これを除いて平らに仕上げなければならない。また、豆板あるいは大きな気泡部や欠損部などがある場合は、その部分を完全に取り除いて適切な補修を行うものとする。

(2)について 温度ひび割れや乾燥収縮などに起因する収縮ひび割れは、コンクリートの施工後、数日から数カ月経過してから顕在化する。これらのひび割れについては、設計段階で、それらが発生しないような配慮を施し、それでも完全に発生を防げない場合はひび割れ誘発目地を設置するなどの対応を施すことになっている。しかし、これらのひび割れ発生予測には不確定な要因も多く、また、設計段階で考慮していた気象条件や施工条件で工事を行えない状況が生じる場合もあり、ひび割れがコンクリート本体に発生することを完全に回避できない。したがって、コンクリートの施工後にこれらのひび割れが認められた場合は、その発生状況に応じて適切な処置が必要となる。

温度ひび割れが発生するおそれのある構造物の施工に用いる型枠について：型枠は、温度ひび割れの制御が行えるよう適切な材料を選定し、適切な期間存置しなくてはならない。放熱性の高い鋼製型枠などを用いると内部と表面部との温度差が大きくなり、内部拘束による温度応力が大きくなることが予測されるので、木製等の断熱性の高い型枠を用いるのがよい。なお、断熱性の高い型枠を用いる場合は、通常の型枠存置期間より長くするのを原則とし、脱型後もコンクリート表面の急冷を防止するためにシート等によりコンクリート表面の保温を継続して行うのがよい。

温度ひび割れが発生するおそれのある構造物に設けるひび割れ誘発目地について：ひび割れ誘発目地は、施工計画において定められた位置および間隔で設ける。ひび割れ誘発後は、ひび割れ誘発部からの漏水、鉄筋の腐食等を防止するために適切な**充填**、被覆処置を行う。

6.12 初期欠陥の補修

(1) コンクリートの施工中にコンクリートの品質不良や施工不良等に起因すると考えられるひび割れ、その他の欠陥あるいは損傷が確認された場合は、速やかにその発生状況を確認し、適切な時期、方法を選定し補修しなければならない。

(2) コンクリートの施工後にひび割れが発生した場合は、その発生原因および発生状況を調査し、構造上あるいは耐久性上有害と判断された場合は適切な時期、方法を選定し補修しなければならない。なお、温度ひび割れが発生した場合は、あらかじめ設定した補修計画に基づいて適切な補修を行うものとする。

【解説】(1)について 施工中に発生するプラスチック収縮ひび割れ、沈みひび割れ、豆板、コールドジョイント、砂すじなどの初期欠陥や損傷は、所要の品質のコンクリートを用いて適切な施工が実施されていれば避けられたもので、本来あってはならず、これらをそのまま放置すると、将来、劣化を促進させる要因となる可能性が極めて高い。その一方で、施工作業では人為的な影響も大きく、さらに、施工計画では予期していなかった事態が作業中に生じる場合もあることから、これらの欠陥や損傷を皆無とすることが困難なこともまた、否めない。このような状況が生じた場合は、直ちに発生状況の的確な把握のための調査を実施するとともに、その調査結果に基づいて適切な処置（補修を含む）を講じなければならない。

具体的には、例えば、コンクリートの表面に突起、すじ等が認められた場合は、これを除いて平らに仕上げなければならない。また、豆板あるいは大きな気泡部や欠損部などがある場合は、その部分を完全に取り除いて適切な補修を行うものとする。

(2)について 温度ひび割れや乾燥収縮などに起因する収縮ひび割れは、コンクリートの施工後、数日から数カ月経過してから顕在化する。これらのひび割れについては、設計段階で、それらが発生しないような配慮を施し、それでも完全に発生を防げない場合はひび割れ誘発目地を設置するなどの対応を施すことになっている。しかし、これらのひび割れ発生予測には不確定な要因も多く、また、設計段階で考慮していた気象条件や施工条件で工事を行えない状況が生じる場合もあり、ひび割れがコンクリート本体に発生することを完全に回避できない。したがって、コンクリートの施工後にこれらのひび割れが認められた場合は、その発生状況に応じて適切な処置が必要となる。

具体的には、まず、調査を実施してその発生原因を特定し、ひび割れ発生状況を適切に把握しなければならない。これらのひび割れは、その発生原因によってひび割れの進展状況が大きく異なる特徴がある。例えば、温度ひび割れの場合でも、その発生原因が、コンクリート内部と表面部の温度差に起因した内部拘束によるものか、あるいは、一旦温度上昇によって膨張したコンクリートが冷却されて収縮する際に外部拘束を受けることによるものかによって、ひび割れの発生時期や発生後のひび割れの進展状況は異なる。また、温度ひび割れは、数日から遅くても 1 カ月以内にはその発生が確認され、通常は 1～2 カ月程度で収束するが、乾燥収縮ひび割れは、通常、数カ月から 1 年近く経過したのちにその発生が確認される。さらに、温度ひび割れに収縮ひび割れの影響が加わる場合もあり、この場合は温度ひび割れの進展が数カ月にわたって続くこともある。したがって、これらの状況を的確に把握した後に、適切な対策を講じなければならない。

これらのひび割れに対する処置は、基本的には曲げひび割れなどの構造設計上避けられないひび割れに対する許容ひび割れの考え方に基づいてよい。すなわち、ひび割れが構造物の安全性、使用性、耐久性あるいは美観・景観などに及ぼす影響を検討し、これらの何れかが許容範囲を超えると判断された場合は、適切な材料および工法によりこれを補修しなければならない。

ひび割れの補修方法に関しては、貫通ひび割れにはエポキシ樹脂などによる注入工法が採用される場合が多く、表面ひび割れには**充てん**工法や表面被覆工法などが用いられることが多い。また、止水を行えば機能上十分であるような構造物は、防水工を施すことにより補修に変えることも可能である。ひび割れ補修に用いられる樹脂は、同じ系統の樹脂であってもその成分により物性、適応温度、可使時間、粘度、使用条件等が異なっている。さらに、この分野においては、材料、工法とも次々と開発が進められており、最新の情報に基づく判断が必要である。

なお、温度ひび割れの補修については、施工計画段階であらかじめ設定した補修計画 (3.15.6 参照) に基づいて実施するものとする。

具体的には、まず、調査を実施してその発生原因を特定し、ひび割れ発生状況を適切に把握しなければならない。これらのひび割れは、その発生原因によってひび割れの進展状況が大きく異なる特徴がある。例えば、温度ひび割れの場合でも、その発生原因が、コンクリート内部と表面部の温度差に起因した内部拘束によるものか、あるいは、一旦温度上昇によって膨張したコンクリートが冷却されて収縮する際に外部拘束を受けることによるものかによって、ひび割れの発生時期や発生後のひび割れの進展状況は異なる。また、温度ひび割れは、数日から遅くても 1 カ月以内にはその発生が確認され、通常は 1～2 カ月程度で収束するが、乾燥収縮ひび割れは、通常、数カ月から 1 年近く経過したのちにその発生が確認される。さらに、温度ひび割れに収縮ひび割れの影響が加わる場合もあり、この場合は温度ひび割れの進展が数カ月にわたって続くこともある。したがって、これらの状況を的確に把握した後に、適切な対策を講じなければならない。

これらのひび割れに対する処置は、基本的には曲げひび割れなどの構造設計上避けられないひび割れに対する許容ひび割れの考え方に基づいてよい。すなわち、ひび割れが構造物の安全性、使用性、耐久性あるいは美観・景観などに及ぼす影響を検討し、これらの何れかが許容範囲を超えると判断された場合は、適切な材料および工法によりこれを補修しなければならない。

ひび割れの補修方法に関しては、貫通ひび割れにはエポキシ樹脂などによる注入工法が採用される場合が多く、表面ひび割れには**充填**工法や表面被覆工法などが用いられることが多い。また、止水を行えば機能上十分であるような構造物は、防水工を施すことにより補修に変えることも可能である。ひび割れ補修に用いられる樹脂は、同じ系統の樹脂であってもその成分により物性、適応温度、可使時間、粘度、使用条件等が異なっている。さらに、この分野においては、材料、工法とも次々と開発が進められており、最新の情報に基づく判断が必要である。

なお、温度ひび割れの補修については、施工計画段階であらかじめ設定した補修計画 (3.15.7 参照) に基づいて実施するものとする。

7章 検 査

7.1 総 則

- (1) 完成した構造物が所要の性能を有することが確認できるように、設計成果、工事完成物およびレディーミクストコンクリート、工場製品等に対して必要な検査を行わなければならない。
- (2) 検査はあらかじめ定めた判定基準に適合しているか否かを、必要な測定や試験を行った結果に基づいて判定する。
- (3) 試験を行う場合は、客観的な判定が可能な手段を用いる。一般的には JIS または土木学会規準等に定められた方法に従って行うことを原則とする。
- (4) 検査の結果、合格と判定されない場合は、所要の性能を満足するような適切な処置を講じなければならない。

【解 説】 (1)について 国土交通省から発注される工事(業務)における「検査」とは、工事(もしくは業務)の発注者が契約内容の工事(業務)が履行されているかを確認する行為であるが、本指針では施工者が製造者に対して行う受入れ検査も総称して検査と定義している(解説 図7.1.1)。

構造物構築の最終的な目標が、構造物の要求性能確保であるならば、完成した構造物で直接検査することが理想である。しかし、現時点で完成した構造物で検査できる項目は、コンクリートの表面状態や形状寸法等、ごく一部に限られる。したがって、このような場合は工事の各段階で行う適切な確認行為により、構造物の要求性能が満足されていることを確認することにする。

(2)について 検査は、構造物の受け取り可否を決める基になるので、試験方法や合否の判定基準は、土木工事施工管理基準や通達等によらねばならない。ただし、検査手法は多種であり、多くの費用を伴うため適切な検査体系を組む必要がある。

「1章 総則」に示した建設プロセスでは、各段階において発注者と設計者、発注者と施工者または必要に応じて専門評価機関を交えての協議によって工場製品使用の検討、新技術・新材料の導入およびひび割れ抑制対策等の種々の条件を決定し、建設を進めていくこととしている。このことから、施工方法も多様化し、検査方法も土木工事施工管理基準や通達等だけでは対応できないことや、全ての検査方法を事前に設定することが難しいこともある。このような場合は、発注者と施工者、場合によっては専門評価機関を交えて協議しながら検査手法を決定し、検査を実施する。

(3)について 検査は、効率的かつ確実にできるよう、検査の項目、試験方法、頻度、判定基準などを事前に検討し、計画する必要がある。

(4)について 検査は基本的には、受け取りが可能か否かを判断する行為である。検査の結果合格とならない場合は、受け取りを拒否するのが原則である。しかし、竣工を延期をすることにより社会的損失が大きい等の場合は、構造物が所定の性能を満足するように、適切な対策を施す指示を行うケースもある。ただし、考えられる対策を講じても所定の性能を確保することが不可能な場合は、解体・再構築になる。

7章 検 査

7.1 総 則

- (1) 完成した構造物が所要の性能を有することが確認できるように、設計成果、工事完成物およびレディーミクストコンクリート、工場製品等に対して必要な検査を行わなければならない。
- (2) 検査はあらかじめ定めた判定基準に適合しているか否かを、必要な測定や試験を行った結果に基づいて判定する。
- (3) 試験を行う場合は、客観的な判定が可能な手段を用いる。一般的には JIS または土木学会規準等に定められた方法に従って行うことを原則とする。
- (4) 検査の結果、合格と判定されない場合は、所要の性能を満足するような適切な処置を講じなければならない。

【解 説】 (1)について 国土交通省から発注される工事(業務)における「検査」とは、工事(もしくは業務)の発注者が契約内容の工事(業務)が履行されているかを確認する行為であるが、本指針では施工者が製造者に対して行う受入れ検査も総称して検査と定義している(解説 図7.1.1)。

構造物構築の最終的な目標が、構造物の要求性能確保であるならば、完成した構造物で直接検査することが理想である。しかし、現時点で完成した構造物で検査できる項目は、コンクリートの表面状態や形状寸法等、ごく一部に限られる。したがって、このような場合は工事の各段階で行う適切な確認行為により、構造物の要求性能が満足されていることを確認することにする。

(2)について 検査は、構造物の受け取り可否を決める基になるので、試験方法や合否の判定基準は、土木工事施工管理基準や通達等によらねばならない。ただし、検査手法は多種であり、多くの費用を伴うため適切な検査体系を組む必要がある。

「1章 総則」に示した建設プロセスでは、各段階において発注者と設計者、発注者と施工者または必要に応じて専門評価機関を交えての協議によって工場製品使用の検討、新技術・新材料の導入およびひび割れ抑制対策等の種々の条件を決定し、建設を進めていくこととしている。このことから、施工方法も多様化し、検査方法も土木工事施工管理基準や通達等だけでは対応できないことや、全ての検査方法を事前に設定することが難しいこともある。このような場合は、発注者と施工者、場合によっては専門評価機関を交えて協議しながら検査手法を決定し、検査を実施する。

(3)について 検査は、効率的かつ確実にできるよう、検査の項目、試験方法、頻度、判定基準などを事前に検討し、計画する必要がある。

(4)について 検査は基本的には、受け取りが可能か否かを判断する行為である。検査の結果合格とならない場合は、受け取りを拒否するのが原則である。しかし、竣工を延期をすることにより社会的損失が大きい等の場合は、構造物が所定の性能を満足するように、適切な対策を施す指示を行うケースもある。ただし、考えられる対策を講じても所定の性能を確保することが不可能な場合は、解体・再構築になる。

ることを確認しなければならない。特に本指針では、設計段階において以下に示す事項の確認を重要としている。

耐久性について：コンクリート構造物の耐久性に関しては、設計耐用期間が設計成果に明示されていること、施工方法や施工環境を考慮して所要の耐久性を設計耐用期間にわたり保持することが具体的に照査されていることを確認しなければならない。コンクリート構造物の設計耐用期間および耐久性については、それぞれ解説表1.3.1の構造物(コンクリート部材毎)の要求性能と設計耐用期間の目安および「2.2.4 構造物の耐久性照査」を参考にするとよい。

温度ひび割れについて：設計段階では、温度ひび割れの照査を温度応力解析等により実施することを基本とし、適切な施工条件が設定されていることおよびひび割れ照査が行われていることを確認しなければならない。これには、「2.3.2 温度ひび割れの照査」を参照するとよい。

高密度鉄筋に対する対策について：設計されたコンクリート構造物の鉄筋が高密度状態であった場合、コンクリート打込み時に未充てんや不完全締固め等の初期欠陥を生じるおそれがあるため、流動性や耐久性を考慮した適切なスランプが設定されていることを確認しなければならない。適切なスランプの設定は、「2.5 配筋状態を考慮した最小スランプの設定」を参照するとよい。

設計基準強度を保証する材齢について：低発熱型セメントを使用する場合は、設計基準強度を保証する圧縮強度の材齢を長期の任意材齢に延長することが検討されていることを確認しなければならない。

(2)について 発注者は、設計計算書や設計図等の成果品が適切に作成されていることを把握し、設計業務等の完了を確認するための検査を行わなければならない。また、発注者は(1)で示した設計段階での検討事項を三者連絡会において施工者に伝達しなければならない。

7.2.2 施工段階の検査および確認

- (1) 発注者は、適切な時期および手法によってコンクリート構造物が設計図書に従い履行されていることを工事の着手前および工事の各段階で確認しなければならない。
- (2) 発注者は、工事の完成（あるいは契約図書で定められた時期）に伴いコンクリート構造物が設計図書に適合していることを検査しなければならない。
- (3) 完成検査時の検査資料は、構造物の維持管理の初期点検資料として活用できるものが望ましい。

【解説】(1)について コンクリート構造物は、施工の各段階において工事目的物の品質、出来形等を確認し、次の段階に進むことが必要である。具体的には、施工者が行うかぶり確保や埋戻し箇所の出来形等の施工管理が適切に行われていることを設計図書に示された施工段階において適宜確認するとともにコンクリート打込み時の品質等の施工状況を把握しなければならない。

(2)について 発注者が行う完成（あるいは契約図書で定められた時期に実施する）検査は、当該工事の出来形、品質を対象として実地において行うものおよび施工者の施工管理資料を基に工事の実施状況、出来形、品質について適否の判断を行う。

(3)について 完成検査では、構造物の出来形および品質の検査を実施するとともに、施工工事記録など

ることを確認しなければならない。特に本指針では、設計段階において以下に示す事項の確認を重要としている。

耐久性について：コンクリート構造物の耐久性に関しては、設計耐用期間が設計成果に明示されていること、施工方法や施工環境を考慮して所要の耐久性を設計耐用期間にわたり保持することが具体的に照査されていることを確認しなければならない。コンクリート構造物の設計耐用期間および耐久性については、それぞれ解説表1.3.1の構造物(コンクリート部材毎)の要求性能と設計耐用期間の目安および「2.2.4 構造物の耐久性照査」を参考にするとよい。

温度ひび割れについて：設計段階では、温度ひび割れの照査を温度応力解析等により実施することを基本とし、適切な施工条件が設定されていることおよびひび割れ照査が行われていることを確認しなければならない。これには、「2.3.2 温度ひび割れの照査」を参照するとよい。

高密度鉄筋に対する対策について：設計されたコンクリート構造物の鉄筋が高密度状態であった場合、コンクリート打込み時に充填不足や不完全締固め等の初期欠陥を生じるおそれがあるため、流動性や耐久性を考慮した適切なスランプが設定されていることを確認しなければならない。適切なスランプの設定は、「2.5 配筋状態を考慮した最小スランプの設定」を参照するとよい。

設計基準強度を保証する材齢について：低発熱型セメントを使用する場合は、設計基準強度を保証する圧縮強度の材齢を長期の任意材齢に延長することが検討されていることを確認しなければならない。

(2)について 発注者は、設計計算書や設計図等の成果品が適切に作成されていることを把握し、設計業務等の完了を確認するための検査を行わなければならない。また、発注者は(1)で示した設計段階での検討事項を三者連絡会において施工者に伝達しなければならない。

7.2.2 施工段階の検査および確認

- (1) 発注者は、適切な時期および手法によってコンクリート構造物が設計図書に従い履行されていることを工事の着手前および工事の各段階で確認しなければならない。
- (2) 発注者は、工事の完成（あるいは契約図書で定められた時期）に伴いコンクリート構造物が設計図書に適合していることを検査しなければならない。
- (3) 完成検査時の検査資料は、構造物の維持管理の初期点検資料として活用できるものが望ましい。

【解説】(1)について コンクリート構造物は、施工の各段階において工事目的物の品質、出来形等を確認し、次の段階に進むことが必要である。具体的には、施工者が行うかぶり確保や埋戻し箇所の出来形等の施工管理が適切に行われていることを設計図書に示された施工段階において適宜確認するとともにコンクリート打込み時の品質等の施工状況を把握しなければならない。

(2)について 発注者が行う完成（あるいは契約図書で定められた時期に実施する）検査は、当該工事の出来形、品質を対象として実地において行うものおよび施工者の施工管理資料を基に工事の実施状況、出来形、品質について適否の判断を行う。

(3)について 完成検査では、構造物の出来形および品質の検査を実施するとともに、施工工事記録など

の書類調査，初期欠陥および損傷（補修状況も含め）の有無の確認を行う。また，これらは維持管理の初期点検資料として活用することができる。

7.3 施工者による検査項目

施工者は，製造者から製品等の受入れ時は，要求した品質を確認するために，定められた頻度および方法により受入れ検査を実施しなければならない。

【解 説】レディーミクストコンクリート，鉄筋および二次製品等の受入れ時は，それぞれの製品が品質を確保していることを確認するための検査を適切な方法で実施しなければならない。

特に，レディーミクストコンクリートを使用する場合は，事前にコンクリートが設計図書の規定のほか強度や耐久性など構造物の要求性能を満足する配合設計が行われていることを確認しなければならない。さらに，レディーミクストコンクリートの受入れ検査は，荷卸し時に行うことを原則とし，コンクリートの品質を確認するために，単位水量，スランプ，空気量，塩化物総量およびコンクリートの強度等について検査しなければならない。ただし，水セメント比，アルカリ骨材反応抑制対策および使用材料の品質等については，配合報告書により確認してよい。

の書類調査，初期欠陥および損傷（補修状況も含め）の有無の確認を行う。また，これらは維持管理の初期点検資料として活用することができる。

7.3 施工者による検査項目

施工者は，製造者から製品等の受入れ時は，要求した品質を確認するために，定められた頻度および方法により受入れ検査を実施しなければならない。

【解 説】レディーミクストコンクリート，鉄筋および二次製品等の受入れ時は，それぞれの製品が品質を確保していることを確認するための検査を適切な方法で実施しなければならない。

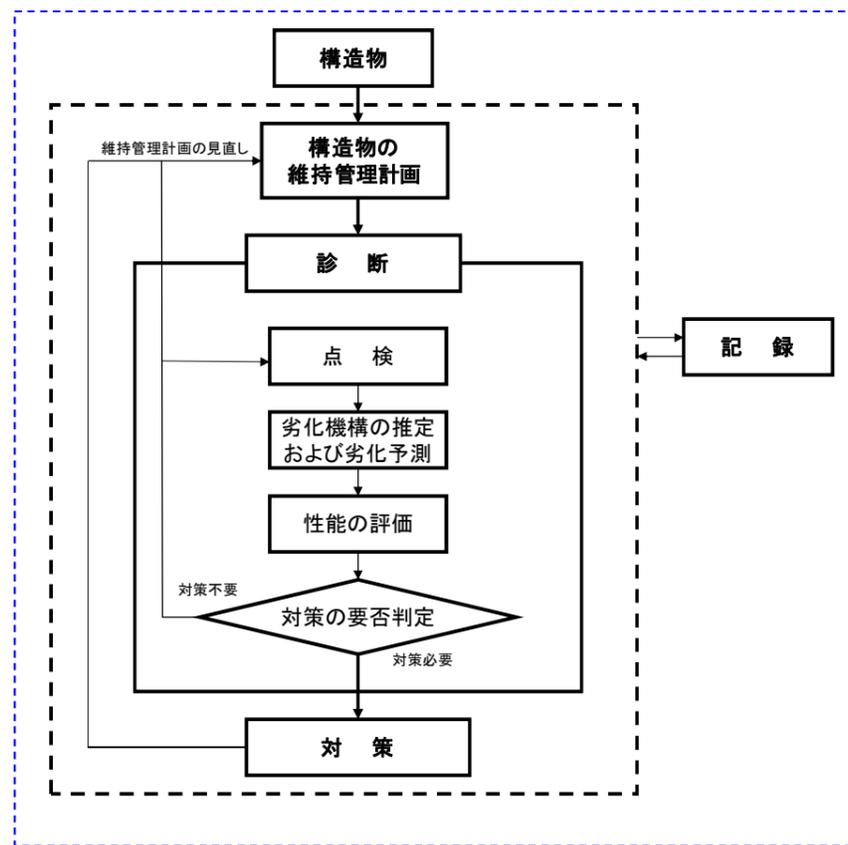
特に，レディーミクストコンクリートを使用する場合は，事前にコンクリートが設計図書の規定のほか強度や耐久性など構造物の要求性能を満足する配合設計が行われていることを確認しなければならない。さらに，レディーミクストコンクリートの受入れ検査は，荷卸し時に行うことを原則とし，コンクリートの品質を確認するために，単位水量，スランプ，空気量，塩化物イオン量およびコンクリートの強度等について検査しなければならない。ただし，水セメント比，アルカリシリカ反応抑制対策および使用材料の品質等については，配合計画書により確認してよい。

9 章 維持管理

9.1 総 則

- (1) コンクリート構造物の維持管理は、土木学会 コンクリート標準示方書〔維持管理編〕に準じて実施することを原則とする。
- (2) コンクリート構造物の建設にあたっては、予定供用期間に構造物が保有すべき要求性能を許容範囲内に維持できるよう設計段階で維持管理計画を策定することを原則とし、その実施にあたっては、維持管理計画が適切に遂行できるような維持管理体制を構築するものとする。

【解 説】(1)および(2)について 建設後の構造物の維持管理は、土木学会 コンクリート標準示方書〔維持管理編〕に準拠して行うことを原則とする。また、この場合の維持管理の基本的な手順を解説 図 9.1.1 に示す。構造物の維持管理を計画的に行うためには、事前に、維持管理計画を策定する必要がある。なお、維持管理計画を策定する段階としては、(i)予備設計段階、(ii)竣工検査段階、(iii)供用期間において構造物に変状が認められた段階などが考えられるが、新設の構造物においては、維持管理計画の策定を予備設計段階で行うことを原則とする。これによって、維持管理の内容を設計に反映でき、ライフサイク



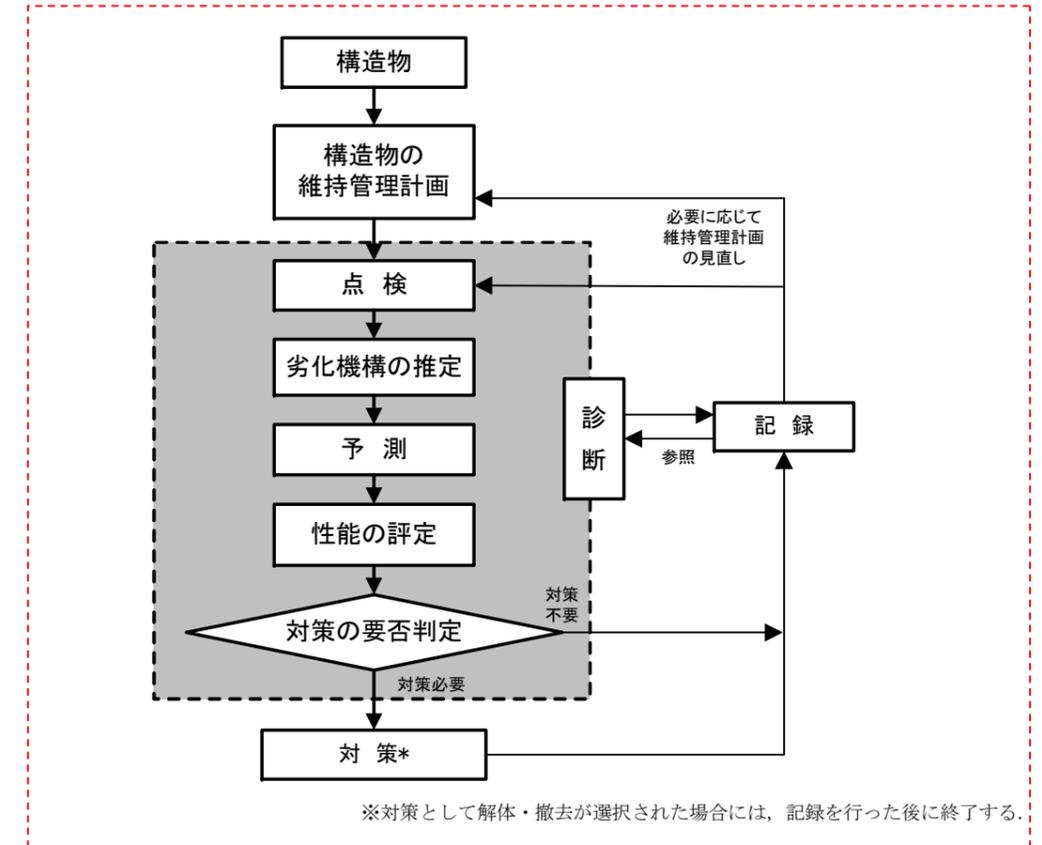
解説 図 9.1.1 構造物の維持管理の手順

9 章 維持管理

9.1 総 則

- (1) コンクリート構造物の維持管理は、土木学会 コンクリート標準示方書〔維持管理編〕に準じて実施することを原則とする。
- (2) コンクリート構造物の建設にあたっては、予定供用期間に構造物が保有すべき要求性能を許容範囲内に維持できるよう設計段階で維持管理計画を策定することを原則とし、その実施にあたっては、維持管理計画が適切に遂行できるような維持管理体制を構築するものとする。

【解 説】(1)および(2)について 建設後の構造物の維持管理は、土木学会 コンクリート標準示方書〔維持管理編〕に準拠して行うことを原則とする。また、この場合の維持管理の基本的な手順を解説 図 9.1.1 に示す。構造物の維持管理を計画的に行うためには、事前に、維持管理計画を策定する必要がある。なお、維持管理計画を策定する段階としては、(i)予備設計段階、(ii)竣工検査段階、(iii)供用期間において構造物に変状が認められた段階などが考えられるが、新設の構造物においては、維持管理計画の策定を予備設計段階で行うことを原則とする。これによって、維持管理の内容を設計に反映でき、ライフサイク



※対策として解体・撤去が選択された場合には、記録を行った後に終了する。

解説 図 9.1.1 構造物の維持管理の手順

ルコストを考慮したより合理的な設計が可能となるとともに、維持管理のし易い点検用通路（検査路やはしごなど）の設置など、構造物の設計と連動させてより合理的な維持管理が実施できるような計画を立案することも可能となる。ただしその際には、竣工検査段階（新設の場合の初期診断に相当）に構造物の状況を確認し、設計段階で考慮した構造物の状況と異なる場合は、その状況に応じて維持管理計画を見直した上で計画を実行することが必要となる。

構造物の維持管理計画の策定にあたっては、まず、構造物の予定供用期間を明確にして、構造物をどの程度の期間維持管理しなければならないかを示す必要がある。設計段階で特に構造物の予定供用期間が設定されていない場合は、設計耐用期間を予定供用期間と考えて維持管理計画を立案してよい。また、構造物およびその部位、部材は、それぞれに重要度、予定供用期間、環境条件などが異なる。このように条件が異なる構造物を全て同様の条件で維持することは、決して合理的な管理とはいえないので、構造物の状況に応じた適切な維持管理区分を設定することも維持管理計画を策定するうえでは重要である。なお、土木学会コンクリート標準示方書〔維持管理編〕では、維持管理の区分として、A：予防維持管理、B：事後維持管理、C：観察維持管理の3つの区分を設けており、**構造物の重要度、第三者影響度、供用期間、環境条件**などを踏まえて適切に設定するものとする。表 9.1.2 に、それぞれの維持管理区分の対象となる構造物の例を示す。

解説表 9.1.1 維持管理区分の概要

区分	名称	対象構造物の例	備考
A	予防維持管理	<ul style="list-style-type: none"> 劣化が顕在化した後では維持管理が困難なことから劣化を生じさせないもの。 劣化がコンクリート表面へ現れることによって障害が生じるもの。 第三者に対する安全性が特に重要となるもの。 設計耐用期間が長いもの。 	<ul style="list-style-type: none"> 一般には、重要度の高い構造物が対象となる。 モニタリングを必要とする場合もある。
B	事後維持管理	<ul style="list-style-type: none"> 劣化が顕在化した後でも容易に対策がとれるもの。 劣化が外へ現れても困らないもの。 	—
C	観察維持管理	<ul style="list-style-type: none"> 設計耐用期間の設定がなく、使用できるかぎり使用するもの。 直接には点検を行うのが非常に困難なものについて間接的な点検（測量、地盤沈下、漏水の有無など）から評価および判定を行うもの。 	—

維持管理は、対象とする構造物が予定供用期間中、所要の性能を維持していることを確認する行為である。このためには、設計段階で設定した構造物の要求性能を適切に整理分類し、さらに、対象構造物に予想される劣化機構を適切に推定する必要がある。その上で、構造物の維持管理の目標となる維持管理の区分ならびに、構造物や部材毎の維持管理の難易度を十分に考慮して構造物の定期的な診断、問題が生じた場合に実施する対策、これらの行為の記録といった一連の維持管理の内容や方法を維持管理計画の中で具体的に示す。構造物毎の維持管理の難易度の一例を解説表 9.1.1 に示す。

維持管理の実施にあたっては、その責任の所在を明確にし、維持管理計画が適切に遂行できる維持管理体制を構築するものとする。また、構造物を供用中の維持管理業務は、必ずしも維持管理計画の立案者が実施するわけではない。また、日常の点検業務などは、必ずしも専門技術者が行うとは限らない。したがって、維持管理計画を策定後は、予定した維持管理業務が計画的に行われるよう、マニュアル類を整備し、必要に応じて講習などの教育をしておくことも重要である。

ルコストを考慮したより合理的な設計が可能となるとともに、維持管理のし易い点検用通路（検査路やはしごなど）の設置など、構造物の設計と連動させてより合理的な維持管理が実施できるような計画を立案することも可能となる。ただしその際には、竣工検査段階（新設の場合の初期診断に相当）に構造物の状況を確認し、設計段階で考慮した構造物の状況と異なる場合は、その状況に応じて維持管理計画を見直した上で計画を実行することが必要となる。

構造物の維持管理計画の策定にあたっては、まず、構造物の予定供用期間を明確にして、構造物をどの程度の期間維持管理しなければならないかを示す必要がある。設計段階で特に構造物の予定供用期間が設定されていない場合は、設計耐用期間を予定供用期間と考えて維持管理計画を立案してよい。また、構造物およびその部位、部材は、それぞれに重要度、予定供用期間、環境条件などが異なる。このように条件が異なる構造物を全て同様の条件で維持することは、決して合理的な管理とはいえないので、構造物の状況に応じた適切な維持管理区分を設定することも維持管理計画を策定するうえでは重要である。なお、土木学会コンクリート標準示方書〔維持管理編〕では、維持管理の区分として、A：予防維持管理、B：事後維持管理、C：観察維持管理の3つの区分を設けており、**構造物の重要性、要求性能、予定供用期間、点検の容易さ、環境条件、経済性等**を踏まえて適切に設定するものとする。解説表 9.1.2 に、それぞれの維持管理区分の対象となる構造物の例を示す。

解説表 9.1.1 維持管理区分の概要

維持管理区分	対象構造物の例	備考
維持管理区分 A (予防維持管理)	<ul style="list-style-type: none"> 劣化が顕在化してからは補修等の対策が困難なことから、劣化を生じさせないもの。 劣化がコンクリート表面に現れることによって直ちに性能が低下し、障害が生じるもの。 第三者影響度が特に重要となるもの。 	一般に重要度の高い構造物に設定される。
維持管理区分 B (事後維持管理)	<ul style="list-style-type: none"> 劣化が顕在化した後でも容易に対策がとれるもの。対策に必要な期間が長期にわたっても問題のないもの。 直接的な点検を行うのが非常に困難なものについて、間接的な点検（測量、地盤沈下、漏水の有無等）から評価および判定を行うもの。 劣化が顕在化しても困らないもの。 	性能の低下の程度に応じて対策を行う構造物等に設定される。
維持管理区分 C (観察維持管理)	<ul style="list-style-type: none"> 設計耐用期間の設定がなく、使用できるかぎり使用するもの。 直接には点検を行うのが非常に困難なものについて間接的な点検（測量、地盤沈下、漏水の有無など）から評価および判定を行うもの。 	補修・補強等の対策を行わない構造物等に設定される。

維持管理は、対象とする構造物が予定供用期間中、所要の性能を維持していることを確認する行為である。このためには、設計段階で設定した構造物の要求性能を適切に整理分類し、さらに、対象構造物に予想される劣化機構を適切に推定する必要がある。その上で、構造物の維持管理の目標となる維持管理の区分ならびに、構造物や部材毎の維持管理の難易度を十分に考慮して構造物の定期的な診断、問題が生じた場合に実施する対策、これらの行為の記録といった一連の維持管理の内容や方法を維持管理計画の中で具体的に示す。構造物毎の維持管理の難易度の一例を解説表 9.1.1 に示す。

維持管理の実施にあたっては、その責任の所在を明確にし、維持管理計画が適切に遂行できる維持管理体制を構築するものとする。また、構造物を供用中の維持管理業務は、必ずしも維持管理計画の立案者が実施するわけではない。また、日常の点検業務などは、必ずしも専門技術者が行うとは限らない。したがって、維持管理計画を策定後は、予定した維持管理業務が計画的に行われるよう、マニュアル類を整備し、必要に応じて講習などの教育をしておくことも重要である。

九州地区における土木コンクリート構造物設計・施工指針（案）

手引書（案）：本編

新 旧 比 較 表

平成26年4月

国 土 交 通 省
九州地方整備局

目次

本編

1. 耐久性の照査	1
1.1 中性化に伴う鋼材腐食に対する照査	2
1.2 塩害に対する照査	6
1.3 アルカリ骨材反応に対する照査 (留意点)	10
2. スランプの設定(打込みの最小スランプ)	11
2.1 配筋状態を考慮した打込みの最小スランプの設定	12
2.2 最小スランプを考慮したスランプ設定の考え方	14
2.3 スランプの設定における留意事項	16
3. 温度ひび割れの照査	18
3.1 温度ひび割れ照査について	18
3.2 温度ひび割れ照査の基本的考え方	18
3.3 温度ひび割れ照査の要否判定	21
3.4 簡易照査	26
3.5 詳細照査	34
3.6 温度ひび割れ対策	43
3.7 構造物のコンクリート温度測定	45
4. 指針(案)における専門評価機関の活用方法	46
4.1 専門評価機関とは	46
4.2 専門評価機関の活用例	46
4.3 専門評価機関の活用方法	46
5. 工事監理連絡会(三者連絡会)の詳細	47

目次

本編

1. 耐久性の照査	1
1.1 中性化に伴う鋼材腐食に対する照査	2
1.2 塩害に対する照査	7
1.3 アルカリシリカ反応に対する照査 (留意点)	12
2. スランプの設定(打込みの最小スランプ)	13
2.1 配筋状態を考慮した打込みの最小スランプの設定	14
2.2 打込みの最小スランプを考慮したスランプ設定の考え方	16
2.3 スランプの設定における留意事項	18
3. 温度ひび割れの照査	20
3.1 温度ひび割れ照査について	20
3.2 温度ひび割れ照査の基本的考え方	20
3.3 温度ひび割れ照査の要否判定	23
3.4 簡易照査	28
3.5 詳細照査	36
3.6 温度ひび割れ対策	46
3.7 構造物のコンクリート温度測定	48
4. 指針(案)における専門評価機関の活用方法	49
4.1 専門評価機関とは	49
4.2 専門評価機関の活用例	49
4.3 専門評価機関の活用方法	49
5. 工事監理連絡会(三者連絡会)の詳細	50

照査実務事例編

橋梁下部工

1 照査例①：壁式橋脚	例- 1
1.1 構造物の諸元	例- 1
1.2 構造物の設計耐用期間と要求性能	例- 4
1.3 安全性の照査	例- 4
1.4 使用性の照査	例- 4
1.5 耐久性の照査	例- 5
1.6 最小スランプの設定	例-17
1.7 温度ひび割れの照査	例-22
1.8 第三者影響度および美観・景観に対する照査	例-36
2 照査例②：橋台	例-37
2.1 構造物の諸元	例-37
2.2 最小スランプの設定	例-41
2.3 温度ひび割れの照査	例-46
3 照査例③：中空断面橋脚	例-60
3.1 構造物の諸元	例-60
3.2 最小スランプの設定	例-62

ボックスカルバート

4 照査例①	例-65
4.1 構造物の諸元	例-65
4.2 構造物の設計耐用期間と要求性能	例-68
4.3 安全性の照査	例-68
4.4 使用性の照査	例-69
4.5 耐久性の照査	例-69
4.6 最小スランプの設定	例-72
4.7 温度ひび割れの照査	例-75

照査実務事例編

橋梁下部工

1 照査例①：壁式橋脚	例- 1
1.1 構造物の諸元	例- 1
1.2 構造物の設計耐用期間と要求性能	例- 4
1.3 安全性の照査	例- 4
1.4 使用性の照査	例- 4
1.5 耐久性の照査	例- 5
1.6 打込みの最小スランプの設定	例-17
1.7 温度ひび割れの照査	例-22
1.8 第三者影響度および美観・景観に対する照査	例-36
2 照査例②：橋台	例-37
2.1 構造物の諸元	例-37
2.2 打込みの最小スランプの設定	例-41
2.3 温度ひび割れの照査	例-46
3 照査例③：中空断面橋脚	例-60
3.1 構造物の諸元	例-60
3.2 打込みの最小スランプの設定	例-62

ボックスカルバート

4 照査例①	例-65
4.1 構造物の諸元	例-65
4.2 構造物の設計耐用期間と要求性能	例-68
4.3 安全性の照査	例-68
4.4 使用性の照査	例-69
4.5 耐久性の照査	例-69
4.6 打込みの最小スランプの設定	例-72
4.7 温度ひび割れの照査	例-75

資料編

資料-1 施工事例分析資料

- 1. ひび割れの発生状況…………… 資 1-1
- 2. 温度ひび割れ照査を実施する対象領域の緩和…………… 資 1-6
- 3. ひび割れ指数の運用水準の検討・検証…………… 資 1-7

資料-2 ひび割れ指数簡易推定資料

- I. ひび割れ指数簡易推定資料を用いた照査手順(例) …… 資 2-I-1
- II. ひび割れ指数簡易推定資料(詳細図集) …… 資 2-II-1

資料-3 施工段階における留意事項

- ① スランプを小さくするための施工方法の工夫例…………… 資 3-1
- ② コンクリート床版の適切な打設順序…………… 資 3-4
- ③ 橋台・橋脚のひび割れ対策…………… 資 3-6
- ④ 各種初期欠陥を防止するための対策…………… 資 3-9
- ⑤ ひび割れ誘発目地の使用上の留意点…………… 資 3-11

資料編

資料-1 施工事例分析資料

- 1. ひび割れの発生状況…………… 資 1-1
- 2. 温度ひび割れ照査を実施する対象領域の緩和…………… 資 1-6
- 3. ひび割れ指数の運用水準の検討・検証…………… 資 1-7

資料-2 ひび割れ指数簡易推定資料

- I. ひび割れ指数簡易推定資料を用いた照査手順(例) …… 資 2-I-1
- II. ひび割れ指数簡易推定資料(詳細図集) …… 資 2-II-1

資料-3 施工段階における留意事項

- ① スランプを小さくするための施工方法の工夫例…………… 資 3-1
- ② コンクリート床版の適切な打設順序…………… 資 3-4
- ③ 橋台・橋脚のひび割れ対策…………… 資 3-6
- ④ 各種初期欠陥を防止するための対策…………… 資 3-9
- ⑤ ひび割れ誘発目地の使用上の留意点…………… 資 3-11

手引書の位置づけと構成

手引書の位置づけ

本手引書は、「九州地区における土木コンクリート構造物設計・施工指針(案)」(平成 20 年 4 月策定) [以下、指針(案)という] の円滑な運用に向け、設計、施工等にかかわる設計者、施工者及び発注者等の実務者が指針(案)に基づく照査、検討等を円滑に行っていくためのマニュアルとして策定するもので、指針(案)を補完する実務書として位置づけるものである。

手引書の構成

本手引書では、指針(案)の今後の運用において、初心者等でも円滑な実務運用ができるよう、指針(案)規定における耐久性照査や温度ひび割れ照査などの実務手引等の補充が望まれる部分について説明や記述、フロー等の追補を行うとともに、指針(案)に位置づける「専門評価機関」、「工事監理連絡会(三者連絡会)」の活用の考え方等についても説明を加えた。

耐久性照査や温度ひび割れ照査に関しては手引書 [本編] での全体的な説明と、[照査実務事例編] での照査実務例を付加し分かり易く示した。

また、設計段階及び施工計画段階での温度ひび割れ照査の運用や、簡易な照査手法の活用などについても [本編] の中に示した。

なお、指針(案)の構成の中で、本手引書が対象とした部分を以下に記す。

[本手引書で取扱った、指針(案)での章・項部分]

指針(案) 第 2 章 計画・設計段階における建設プロセス
 ☆2.2.4 構造物の耐久性照査
 ☆2.3.2 温度ひび割れの照査
 ☆2.5 配筋状態を考慮した最小スランプの設定
 // 第 3 章 施工計画
 ☆3.15 温度ひび割れが発生するおそれのある
 コンクリート構造物の施工計画
 // 全章に関連する事項
 ☆専門評価機関
 ☆工事監理連絡会(三者連絡会)

手引書の位置づけと構成

手引書の位置づけ

本手引書は、「九州地区における土木コンクリート構造物設計・施工指針(案)」(平成 26 年 4 月) [以下、指針(案)という] の円滑な運用に向け、設計、施工等にかかわる設計者、施工者及び発注者等の実務者が指針(案)に基づく照査、検討等を円滑に行っていくためのマニュアルとして策定するもので、指針(案)を補完する実務書として位置づけるものである。

手引書の構成

本手引書では、指針(案)の今後の運用において、初心者等でも円滑な実務運用ができるよう、指針(案)規定における耐久性照査や温度ひび割れ照査などの実務手引等の補充が望まれる部分について説明や記述、フロー等の追補を行うとともに、指針(案)に位置づける「専門評価機関」、「工事監理連絡会(三者連絡会)」の活用の考え方等についても説明を加えた。

耐久性照査や温度ひび割れ照査に関しては手引書 [本編] での全体的な説明と、[照査実務事例編] での照査実務例を付加し分かり易く示した。

また、設計段階及び施工計画段階での温度ひび割れ照査の運用や、簡易な照査手法の活用などについても [本編] の中に示した。

なお、指針(案)の構成の中で、本手引書が対象とした部分を以下に記す。

[本手引書で取扱った、指針(案)での章・項部分]

指針(案) 第 2 章 計画・設計段階における建設プロセス
 ☆2.2.4 構造物の耐久性照査
 ☆2.3.2 温度ひび割れの照査
 ☆2.5 配筋状態を考慮した最小スランプの設定
 // 第 3 章 施工計画
 ☆3.15 温度ひび割れが発生するおそれのある
 コンクリート構造物の施工計画
 // 全章に関連する事項
 ☆専門評価機関
 ☆工事監理連絡会(三者連絡会)

1. 耐久性の照査

構造物は、設計耐用期間にわたり所要の性能を確保しなければならず、そのためには環境作用による劣化や変状によって低下した性能が要求性能を満足するかを照査することが必要である。

一般に、コンクリートの耐久性については、道路橋示方書や土木構造物設計マニュアル(案)等に規定されるかぶりを満足することで照査が省略されている。しかし、設計耐用期間が明確ではなく、水セメント比(W/C)が50%程度の普通ポルトランドセメントの使用を前提としており、さらに過酷な環境での劣化等が複合して作用する場合などに必要なかぶりが満足できない場合がある。

したがって、当面の運用として中性化および塩害に対する耐久性については、道路橋示方書等に加え、指針(案)の算定式により照査を行うものとする。

参考に標準化を図ったかぶりの例(表1.1, 表1.2)を以下に示す。

表 1.1 橋梁下部構造の表面から軸方向鉄筋中心までの距離の例

		必要とする軸方向鉄筋中心までの距離の目安 (mm)	提案する軸方向鉄筋中心までの距離 (mm)	
逆 T 式橋台	パラベット	100~110	150	
	たて壁	110~140	150	
	フーチング	下 面	100~120 (210~220)	150 (250)
		上 面	100~120	150
張出し式橋脚 (壁式橋脚)	はり	100~110	150	
	柱	110~140	150	
	フーチング	橋軸方向 下面鉄筋	110~140 (230~250)	150 (250)
		橋軸方向 上面鉄筋	110~130	150

※1 上表は、一般的な鉄筋の径(軸方向鉄筋D35、配力鉄筋D29、帯鉄筋もしくはスターラップD22程度を上限)を想定した値であるので、それ以上の太径を用いる場合には別途考慮する必要がある。

※2 ()内は、杭頭結合方法Bの杭基礎を有する場合における一般的な値である。

表 1.2 地覆・壁高欄のかぶりの例

直壁型	フロリダ型
42	70

【注】表 1.1：道路橋示方書に定められる(水セメント比50%程度の普通ポルトランドセメントの使用を前提)必要かぶりの70mm以上かつ鉄筋の直径以上を確保することを基本として、軸方向鉄筋中心までの距離を150mmに統一している。これは、一般的な下部構造の各部位において、軸方向鉄筋中心までの距離は、軸方向鉄筋、スターラップや配力鉄筋の径によって異なるが、一般的に100~140mm必要であることによる。

表 1.2：地覆や高欄においても標準化が図られており、塩害の影響を考慮し、かぶりを70mmとして統一している。

1. 耐久性の照査

構造物は、設計耐用期間にわたり所要の性能を確保しなければならず、そのためには環境作用による劣化や変状によって低下した性能が要求性能を満足するかを照査することが必要である。

一般に、コンクリートの耐久性については、道路橋示方書や土木構造物設計マニュアル(案)等に規定されるかぶりを満足することで照査が省略されている。しかし、設計耐用期間が明確ではなく、水セメント比(W/C)が50%程度の普通ポルトランドセメントの使用を前提としており、さらに過酷な環境での劣化等が複合して作用する場合などに必要なかぶりが満足できない場合がある。

したがって、当面の運用として中性化および塩害に対する耐久性については、道路橋示方書や土木構造物設計マニュアル(案)等に加え、指針(案)の算定式により照査を行うものとする。

参考に標準化を図ったかぶりの例(表1.1, 表1.2)を以下に示す。

表 1.1 橋梁下部構造の表面から軸方向鉄筋中心までの距離の例

		必要とする軸方向鉄筋中心までの距離の目安 (mm)	提案する軸方向鉄筋中心までの距離 (mm)	
逆 T 式橋台	パラベット	100~110	150	
	たて壁	110~140	150	
	フーチング	下 面	100~120 (210~220)	150 (250)
		上 面	100~120	150
張出し式橋脚 (壁式橋脚)	はり	100~110	150	
	柱	110~140	150	
	フーチング	橋軸方向 下面鉄筋	110~140 (230~250)	150 (250)
		橋軸方向 上面鉄筋	110~130	150

※1 上表は、一般的な鉄筋の径(軸方向鉄筋D35、配力鉄筋D29、帯鉄筋もしくはスターラップD22程度を上限)を想定した値であるので、それ以上の太径を用いる場合には別途考慮する必要がある。

※2 ()内は、杭頭結合方法Bの杭基礎を有する場合における一般的な値である。

表 1.2 地覆・壁高欄のかぶりの例

直壁型	フロリダ型
42	70

【注】表 1.1：道路橋示方書に定められる(水セメント比50%程度の普通ポルトランドセメントの使用を前提)必要かぶりの70mm以上かつ鉄筋の直径以上を確保することを基本として、軸方向鉄筋中心までの距離を150mmに統一している。これは、一般的な下部構造の各部位において、軸方向鉄筋中心までの距離は、軸方向鉄筋、スターラップや配力鉄筋の径によって異なるが、一般的に100~140mm必要であることによる。

表 1.2：地覆や高欄においても標準化が図られており、塩害の影響を考慮し、かぶりを70mmとして統一している。

ここでは、設計耐用期間が定められたコンクリート構造物について、その耐久性能に影響を及ぼす劣化現象のうち代表的な「中性化に伴う鋼材腐食に対する照査」および「塩害に対する照査」について耐久性照査の流れと考え方を示す。

また、参考として 1.3 に「アルカリ骨材反応照査における留意点」を示す。

1.1 中性化に伴う鋼材腐食に対する照査

前述のように道路橋示方書では、塩害の影響を受けない一般的な環境における鉄筋の腐食を防ぐための必要なかぶりが定められている。このかぶりを満足すれば中性化に対する照査を省略することができると読み替えることができる。ただし、道路橋示方書においては、対象とするコンクリートの水セメント比や構造物の耐用年数等が明確にされていない。

また、「2007 年制定 土木学会コンクリート標準示方書(設計編)」では、施工誤差および水セメント比の最大値を考慮したかぶりの最小値が規定されている。

したがって、指針(案)に準拠した中性化に対する照査は、これらを明確にし照査することが必要である。

ここでは、設計耐用期間が定められたコンクリート構造物について、その耐久性能に影響を及ぼす劣化現象のうち代表的な「中性化に伴う鋼材腐食に対する照査」および「塩害に対する照査」について耐久性照査の流れと考え方を示す。

耐久性照査の実施においては“塩害の影響を受ける環境”を適切に判断する必要がある。指針(案)の運用に当たっては「海岸からの距離が 1.0km 以内」を塩害の影響を受ける環境として照査を行う。

ただし、構造物周辺の地形や、季節風などの気象条件、海象条件によっては 1.0 km 以上離れていても飛来塩分の影響を受ける場合もある。また、感潮河川に構造物を建設する場合もある。このような条件においては、海岸からの距離によらず個別の条件等に応じて照査を行わなければならない。

「アルカリシリカ反応に対する照査」については、1.3 に照査に当たっての留意点を示す。

1.1 中性化に伴う鋼材腐食に対する照査

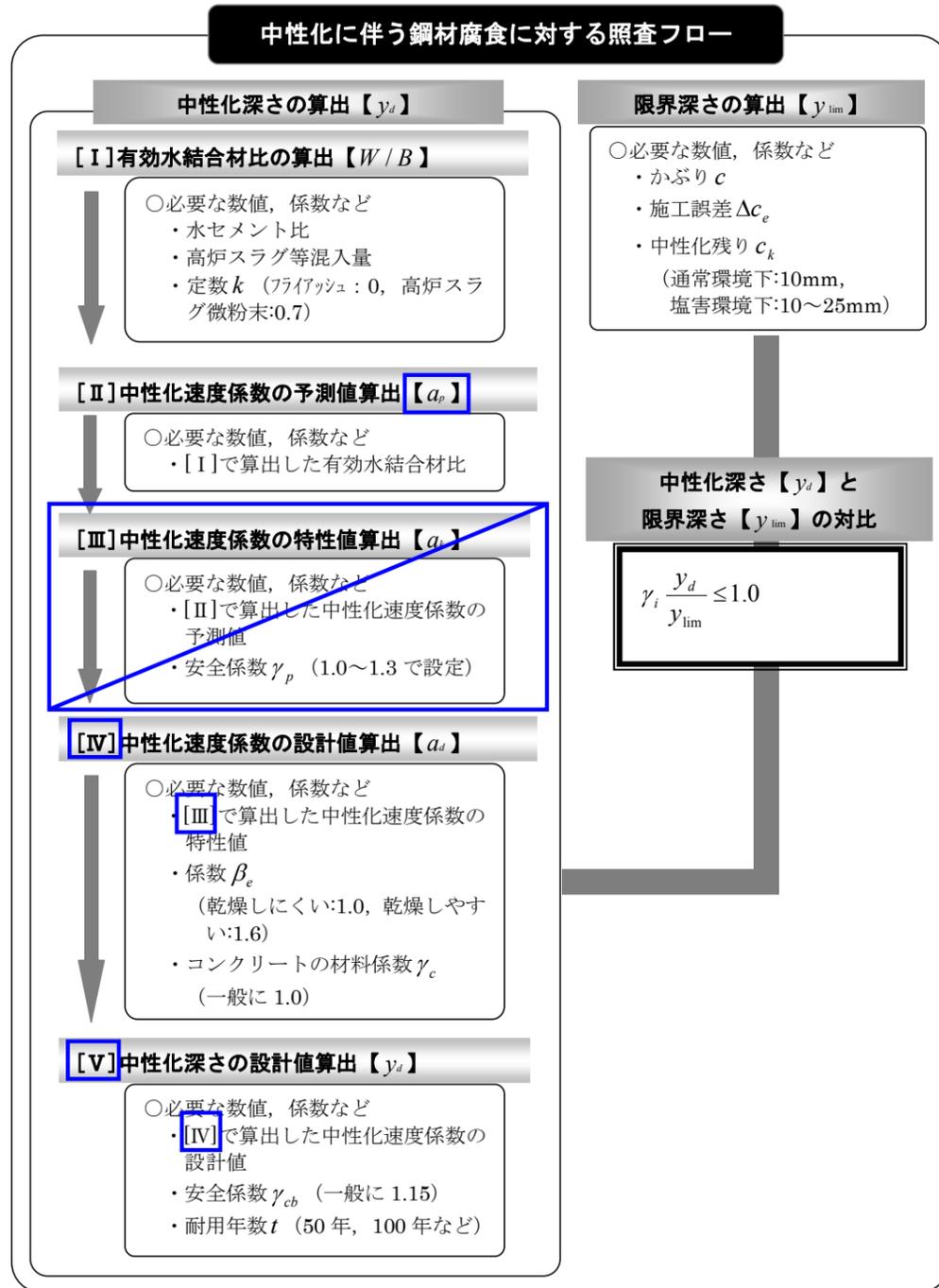
前述のように道路橋示方書では、塩害の影響を受けない一般的な環境における鉄筋の腐食を防ぐための必要なかぶりが定められている。このかぶりを満足すれば中性化に対する照査を省略することができると読み替えることができる。ただし、道路橋示方書においては、対象とするコンクリートの水セメント比や構造物の耐用年数等が明確にされていない。

また、「土木学会 2012 年制定コンクリート標準示方書[設計編)」では、施工誤差および水セメント比の最大値を考慮したかぶりの最小値が規定されている。

したがって、指針(案)に準拠した中性化に対する照査は、これらを明確にして照査することが必要である。

【中性化に対する照査実務】

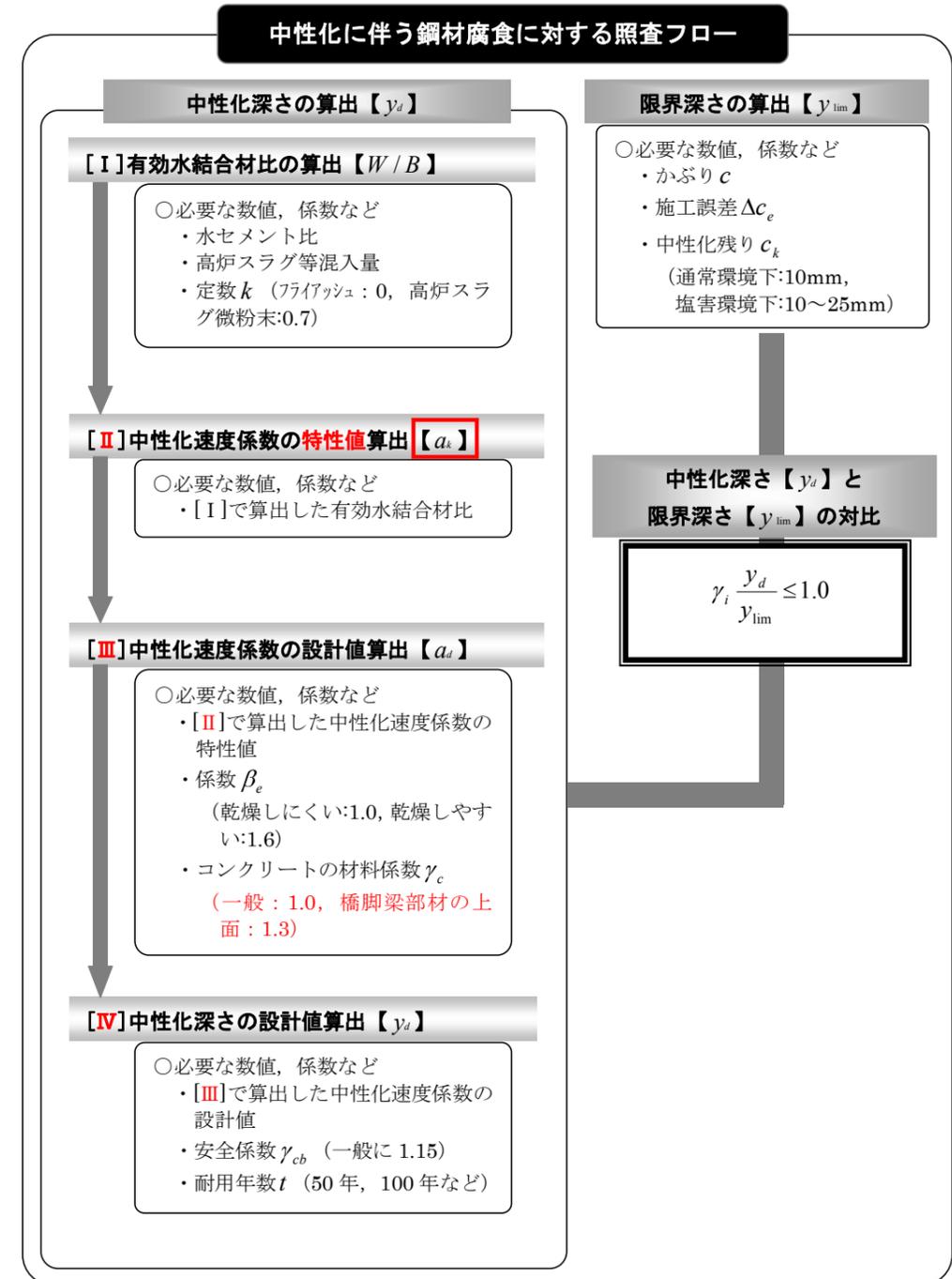
中性化に対する照査は、設計耐用年数に応じた中性化深さの設計値 y_d の鋼材腐食発生限界深さ y_{lim} に対する比に構造物係数 γ_i を乗じた値が、1.0 以下であることを確かめることにより行う。以下に照査フローを示す。



※具体的な手法は、照査例を参照 (p 例-5, p 例-69)

【中性化に対する照査実務】

中性化に対する照査は、設計耐用年数に応じた中性化深さの設計値 y_d の鋼材腐食発生限界深さ y_{lim} に対する比に構造物係数 γ_i を乗じた値が、1.0 以下であることを確かめることにより行う。以下に照査フローを示す。



※具体的な手法は、照査例を参照 (p 例-5, p 例-69)

表 1.3 中性化に伴う鋼材腐食に対する照査に関する安全係数等の目安

項 目		係数の考え方
γ_i	構造物係数	1.0
c_k	中性化残り	通常環境下 : 10mm 塩害環境下 (海岸線から 1.0km 以内) : 10~25mm [※] ※塩害環境下では原則 25mm とする。ただし、類似構造物 (構造形式, 材料, 施工, 環境, 供用状態) の調査結果や実験によって十分な確認がなされている場合には, その結果を参考にして中性化残りを 25mm よりも小さくしてよい。
β_e	環境作用の程度を表す係数	乾燥しにくい環境 : 1.0 乾燥しやすい場所 : 1.6 ※常に日当たりが悪く湿気が多い, フーチング等土に覆われている等では 1.0, それ以外の環境では安全側として 1.6 を採用する。
γ_{cb}	中性化深さの設計値 y_d のばらつきを考慮した安全係数	一般 : 1.15 高流動コンクリート : 1.1
γ_c	コンクリートの材料係数	一般 : 1.0 部材の上面 (打設上面) : 1.3 ※材料分離や養生の影響を受けやすい上面 (橋脚梁部材の上面) では 1.3 を用いて照査する。

図 1.1 にかぶり, 限界深さおよび中性化残りの概念図を示す。なお, 耐久性の照査では施工誤差を考慮しないものとする。これは, 出来形管理基準にて最小かぶり以上を確保することが原則とされていることによる。

指針(案)には, 中性化に対する照査を簡易的に行う際に役立つノモグラムを示している。これは, 設計耐用期間が 50 年および 100 年を想定し, セメントに普通ポルトランドセメントまたは高炉セメント B 種を使用する場合の算定結果を図示したものである。

ただし, 算定に用いた高炉セメント B 種のスラグ置換率は 45% であり, その他の安全係数等についても指針(案)に明示しているので適切に活用しなければならない。

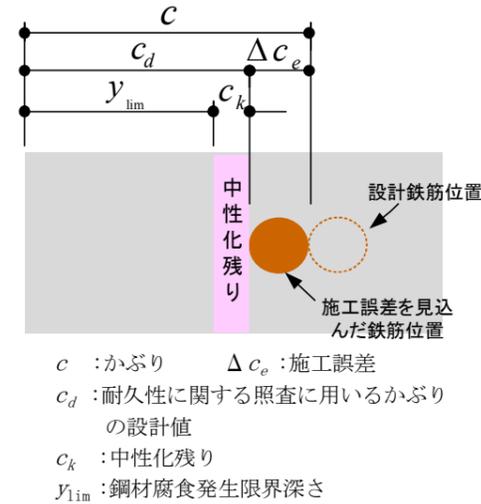


図 1.1 かぶり, 限界深さ等イメージ

- c : かぶり
- Δc_e : 施工誤差
- c_d : 耐久性に関する照査に用いるかぶりの設計値
- c_k : 中性化残り
- y_{lim} : 鋼材腐食発生限界深さ

図 1.1 にかぶり, 限界深さおよび中性化残りの概念図を示す。なお, 耐久性の照査では施工誤差を考慮しないものとする。これは, 出来形管理基準にて最小かぶり以上を確保することが原則とされていることによる。

指針(案)には, 中性化に対する照査を簡易的に行う際に役立つノモグラムを示している。これは, 設計耐用期間が 50 年および 100 年を想定し, セメントに普通ポルトランドセメントまたは高炉セメント B 種を使用する場合の算定結果を図示したものである。

ただし, 算定に用いた高炉セメント B 種のスラグ置換率は 45% であり, その他の安全係数等についても指針(案)に明示しているので適切に活用しなければならない。

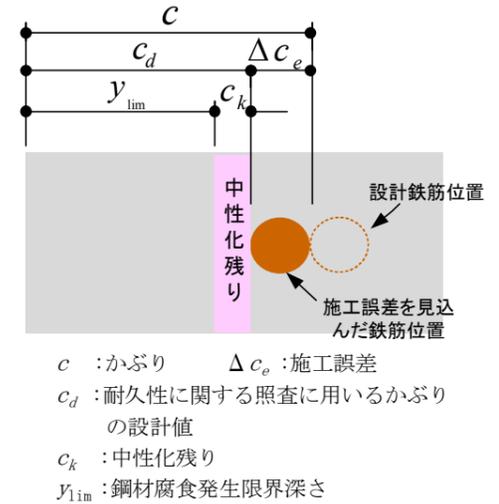


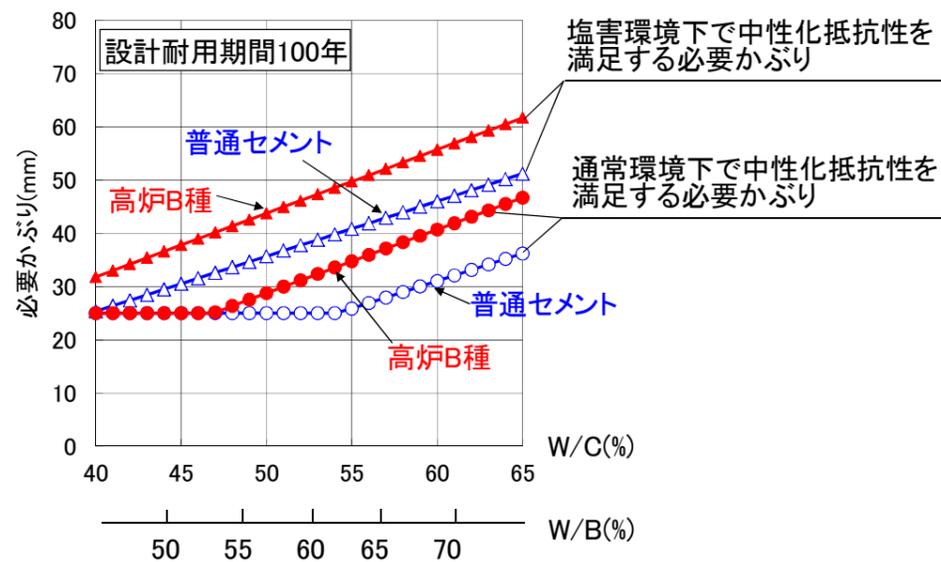
図 1.1 かぶり, 限界深さ等イメージ

- c : かぶり
- Δc_e : 施工誤差
- c_d : 耐久性に関する照査に用いるかぶりの設計値
- c_k : 中性化残り
- y_{lim} : 鋼材腐食発生限界深さ

【簡易ノモグラムの活用例】

図 1.2 に設計耐用期間 100 年を想定し, α_p の精度に関する安全係数 γ_p を 1.0 とした場合の中性化抵抗性を満足する必要かぶり算定結果の活用例を示す。

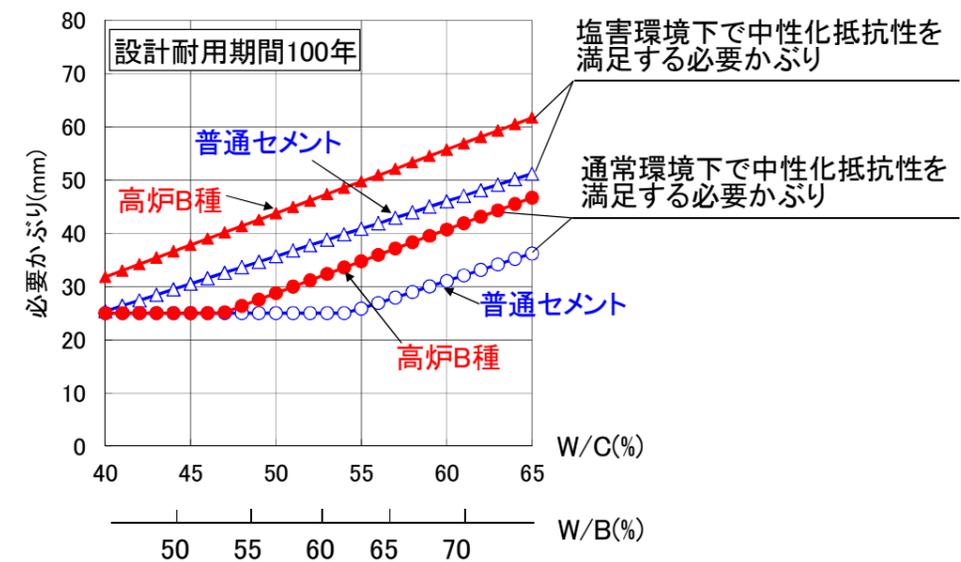
これより, 水セメント比が 55% のコンクリートを使用した場合, 普通ポルトランドセメントを使用した場合は, 中性化抵抗性を満足するために約 26mm のかぶりが必要であり, 高炉セメント B 種を使用した場合は, 約 35mm のかぶりが必要であることが読み取れる。



【簡易ノモグラムの活用例】

図 1.2 に設計耐用期間 100 年を想定した場合の中性化抵抗性を満足する必要かぶり算定結果の活用例を示す。

これより, 水セメント比が 55% のコンクリートを使用した場合, 普通ポルトランドセメントを使用した場合は, 中性化抵抗性を満足するために約 26mm のかぶりが必要であり, 高炉セメント B 種を使用した場合は, 約 35mm のかぶりが必要であることが読み取れる。



1.2 塩害に対する照査

道路橋示方書では, 表 1.3 に示すように塩害によって所要の耐久性が損なわれないよう部材毎に, 塩害の影響地域に基づいた影響度合いによって最小かぶりが定められている。

表 1.3 塩害の影響による最小かぶり (道路橋示方書) (単位:mm)

【下部構造】		部材の種類
塩害の影響度合い	対策区分	はり, 柱, 壁
影響が激しい	S	90 [※]
	I	90
影響を受ける	II	70
	III	50

※塗装鉄筋, コンクリート塗装, 埋設型枠を併用

【上部構造】

塩害の影響の度合い	対策区分	構造		
		(1) 工場で製作される PC 構造	(2) (1) 以外の PC 構造	(3) RC 構造
影響が激しい	S	70 [※]		
	I	50	70	
影響を受ける	II	35	50	70
	III			50
	一般環境の鋼材のかぶりによる			

※塗装鉄筋の使用又はコンクリート塗装を併用

[備考]

- 対策区分 : S(影響が激しい), I・II・III(影響を受ける)
- 適用条件
 - 耐久性に関する設計上の目標期間として 100 年を設定した場合
 - 各部材の水セメント比
 - 下部構造 50%, 上部構造の(1)工場製作される PC 構造 36%, (2) (1) 以外の PC 構造 43%, RC 構造 50%程度の普通ポルトランドセメントを使用することが前提

1.2 塩害に対する照査

道路橋示方書では, 表 1.4 に示すように塩害によって所要の耐久性が損なわれないよう部材毎に, 塩害の影響地域に基づいた影響度合いによって最小かぶり定められている。

表 1.4 塩害の影響による最小かぶり (道路橋示方書) (単位:mm)

【下部構造】		部材の種類
塩害の影響度合い	対策区分	はり, 柱, 壁
影響が激しい	S	90 [※]
	I	90
影響を受ける	II	70
	III	50

※塗装鉄筋, コンクリート塗装等を併用

【上部構造】

塩害の影響の度合い	対策区分	構造		
		(1) 工場で製作される PC 構造	(2) (1) 以外の PC 構造	(3) RC 構造
影響が激しい	S	70 [※]		
	I	50	70	
影響を受ける	II	35	50	70
	III			50
	一般環境の鋼材のかぶりによる			

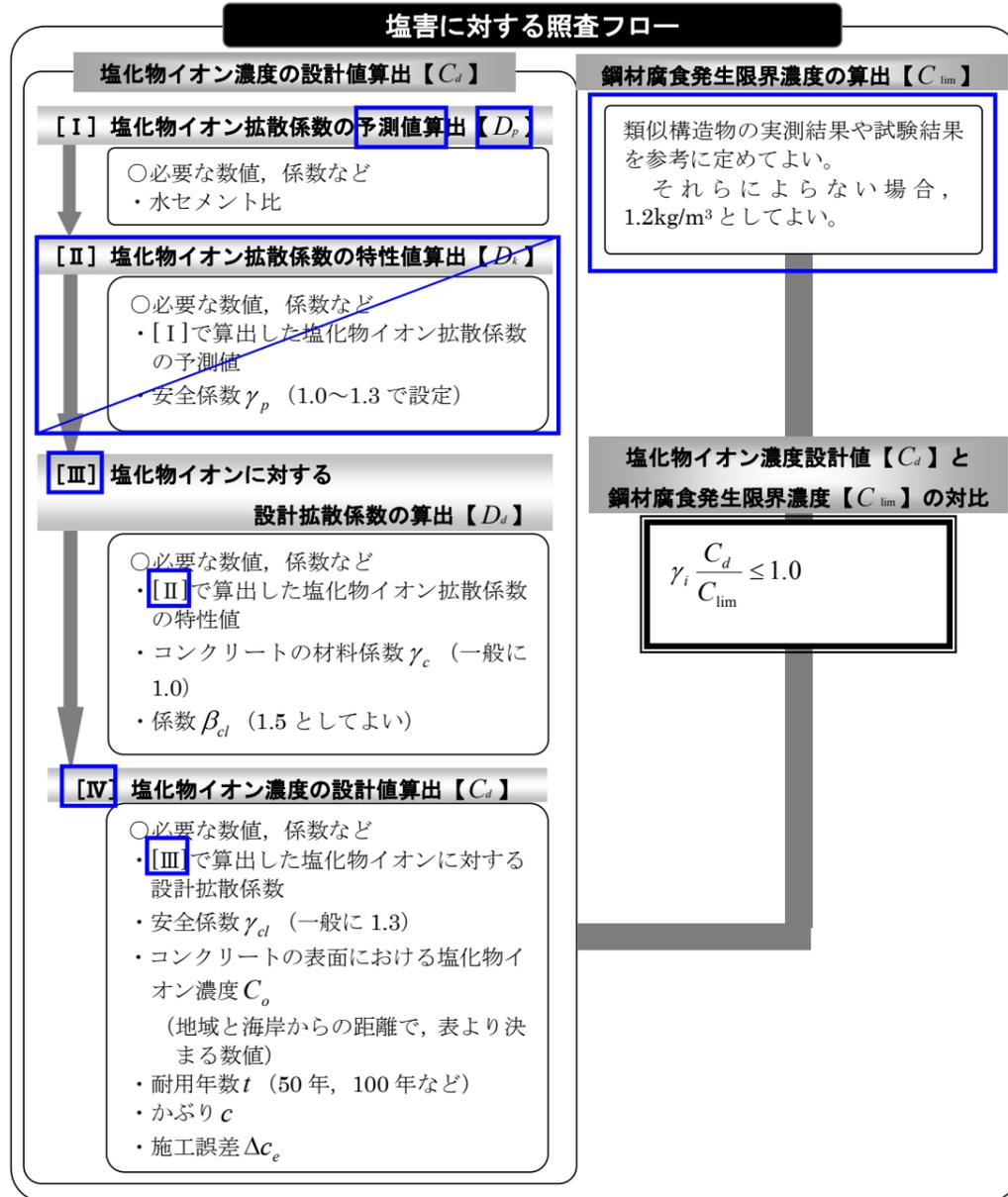
※塗装鉄筋の使用又はコンクリート塗装を併用

[備考]

- 対策区分 : S(影響が激しい), I・II・III(影響を受ける)
- 適用条件
 - 耐久性に関する設計上の目標期間として 100 年を設定した場合
 - 各部材の水セメント比
 - 下部構造 50%, 上部構造の(1)工場製作される PC 構造 36%, (2) (1) 以外の PC 構造 43%, RC 構造 50%程度の普通ポルトランドセメントを使用することが前提

【塩害に対する照査実務】

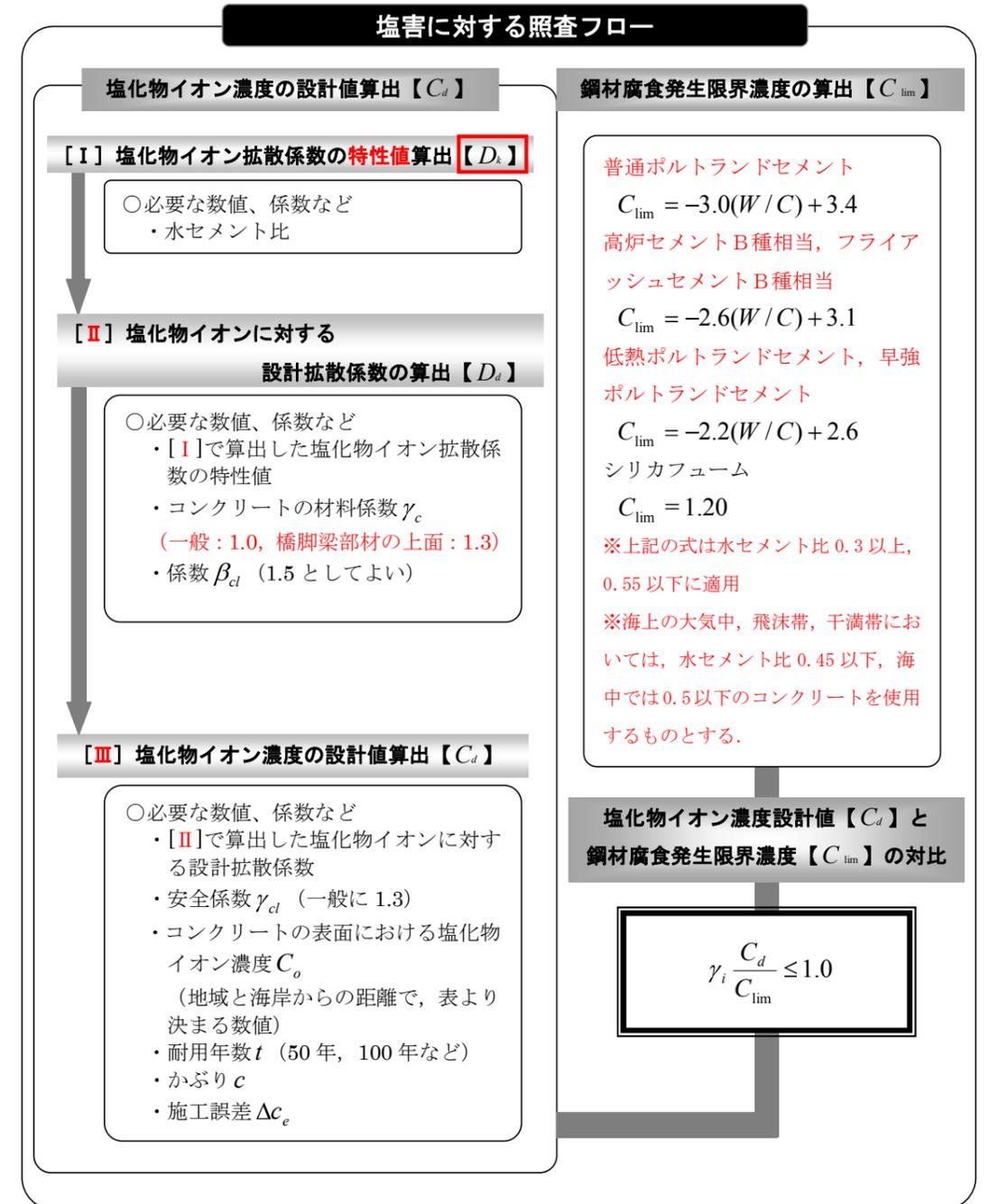
塩害に対する照査は、鋼材位置における塩化物イオン濃度の設計値 C_d の鋼材腐食発生限界濃度 C_{lim} に対する比に構造物係数 γ_i を乗じた値が、1.0 以下であることを確かめることにより行う。以下に照査フローを示す。



※具体的な手法は、照査例を参照 (p 例-10)

【塩害に対する照査実務】

塩害に対する照査は、鋼材位置における塩化物イオン濃度の設計値 C_d の鋼材腐食発生限界濃度 C_{lim} に対する比に構造物係数 γ_i を乗じた値が、1.0 以下であることを確かめることにより行う。以下に照査フローを示す。



※具体的な手法は、照査例を参照 (p 例-10)

表 1.5 塩害に対する照査に関する安全係数等の目安

項 目		係数の考え方
γ_i	構造物係数	1.0
γ_{cl}	鋼材位置における塩化物イオン濃度の設計値 Cd のばらつきを考慮した安全係数	一般 : 1.3 高流動コンクリート : 1.1
γ_c	コンクリートの材料係数	一般 : 1.0 部材の上面 (打設上面) : 1.3 ※材料分離や養生の影響を受けやすい上面 (橋脚梁部材の上面) では 1.3 を用いて照査する。

指針(案)には 2.2.4 の解説(2)において、塩害に対する照査を簡易的に行う際に役立つノモグラムを示している。これは、水セメント比から ~~コンクリートの塩化物イオン拡散係数を算定し、これを基に~~設計耐用期間 50 年および 100 年の場合の必要かぶりを照査することができる。

このノモグラムの活用例を以下に示す。

照査の結果、非常に大きなかぶりが必要になる場合や、指針(案)に示されている対策のみでは構造物に所要の耐久性を付与することが困難と判断される場合は、専門評価機関を交えて協議しなければならない。

なお、耐久性の照査では施工誤差を考慮しないものとする。これは、出来形管理基準にて最小かぶり以上を確保することが原則とされていることによる。

【簡易ノモグラムの活用例】

使用セメント：高炉セメント B 種，W/C=53%，設計耐用年数 100 年および海岸線からの距離を 0.5km と仮定した場合

①塩化物イオン拡散係数の予測値【 D_p 】 (図 1.3)

W/C=53%より $D_p=0.660$ (高炉セメント B 種)

②塩化物イオンに対する設計拡散係数【 D_d 】

D_p の安全係数 $\gamma_p=1.2$ ，コンクリートの材料係数 γ_c (ここでは 1.0) およびひび割れ幅による影響 (ここではひび割れなし) 等により $D_d=0.792$

③最小かぶり【 c 】 (図 1.4*)

九州地方における海岸から 0.5km の距離のコンクリート表面における塩化物イオン濃度 C_0 は 1.5kg/m^3 であるので、 D_d が 0.792 のときの最小かぶりは、 $c=63\text{mm}$

以上より、かぶりが 63mm 以上の場合は、塩害に関する耐久性を満足することがわかる。

※図 1.4 は、以下の条件によるものであり、条件が異なる場合は使用できない。

- ・ C_0 のばらつきを考慮した安全係数 γ_{cl} : 1.3
- ・ 耐用年数 t : 100(年)

指針(案)には 2.2.4 の解説(2)において、塩害に対する照査を簡易的に行う際に役立つノモグラムを示している。これにより、水セメント比から設計耐用期間 50 年および 100 年の場合の必要かぶりを照査することができる。

このノモグラムの活用例を以下に示す。

照査の結果、非常に大きなかぶりが必要になる場合や、指針(案)に示されている対策のみでは構造物に所要の耐久性を付与することが困難と判断される場合は、専門評価機関を交えて協議しなければならない。

なお、耐久性の照査では施工誤差を考慮しないものとする。これは、出来形管理基準にて最小かぶり以上を確保することが原則とされていることによる。

【簡易ノモグラムの活用例】

使用セメント：高炉セメント B 種，W/C : 53%，設計耐用年数 100 年および海岸線からの距離を 0.1km とした場合

・九州地方における、海岸から 0.1km の距離のコンクリート表面における塩化物イオン濃度 C_0 は、表 1.6 より 2.5kg/m^3 である。

W/C=53%における必要かぶりは図 1.3 より 60mm 以上となる。

・よって、かぶりが 60mm 以上の場合は、塩害に関する耐久性を満足することがわかる。

※本例の条件では、中性化抵抗性を満足する必要かぶりが 61mm 以上となる。

したがって、耐久性上の必要かぶりは 61mm 以上になる点に注意を要す。

※表 1.7 に示す適用条件に該当しない場合は使用できない。

表 1.6 コンクリート表面における塩化物イオン濃度 C_0 (kg/m³)

	飛沫帯	海岸からの距離 (km)							
		汀線付近	(10m)	(20m)	0.1	0.25	0.5	1.0	
飛来塩分が多い地域	北海道, 東北 北陸, 沖縄	13.0	9.0	-	-	4.5	3.0	2.0	1.5
飛来塩分が少ない地域	関東, 東海, 近畿 中国, 四国	13.0	4.5	-	-	2.5	2.0	1.5	1.0
	九州	13.0	9.0	9.0	4.5	2.5	2.0	1.5	1.0

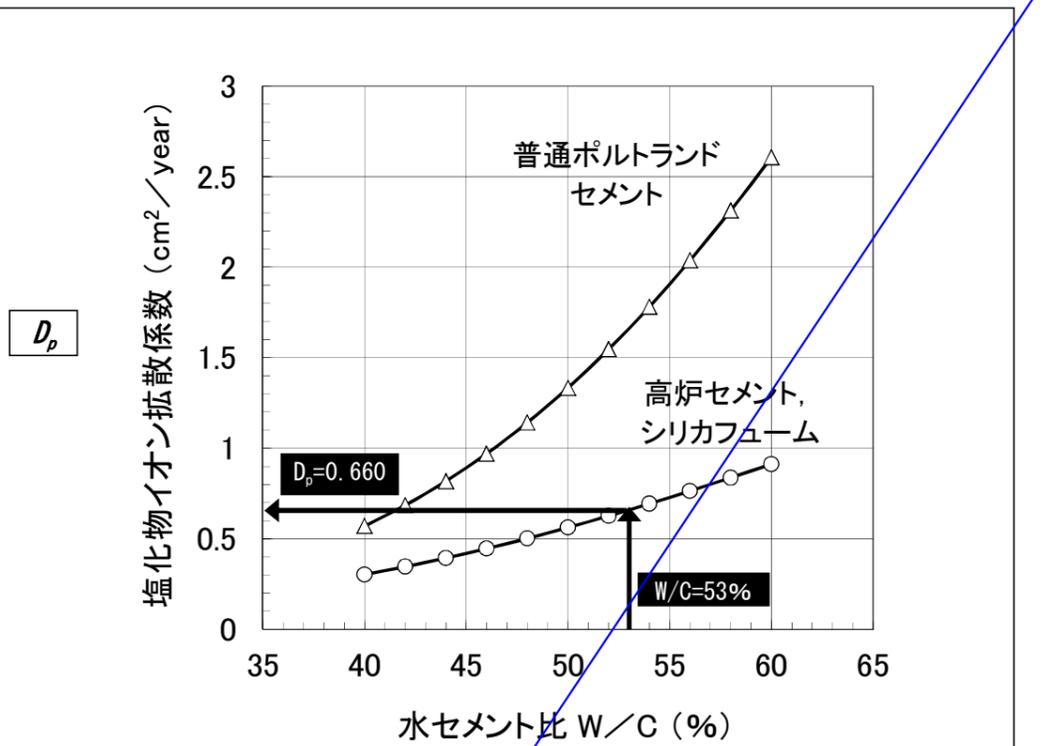


図 1.3 水セメント比と塩化物イオン拡散係数の関係

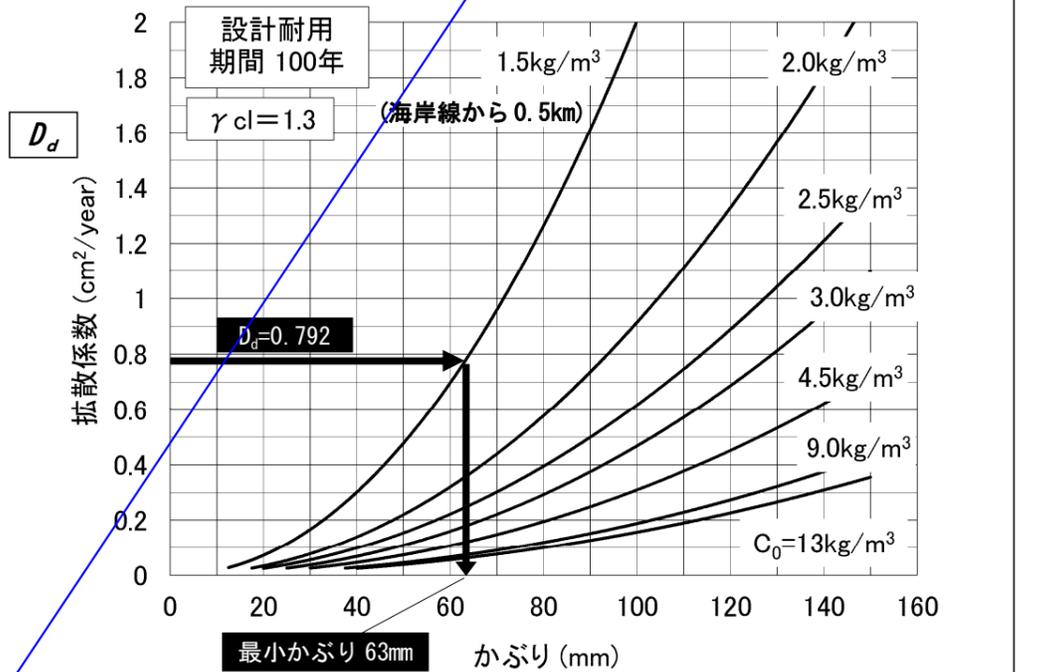


図 1.4 塩害に対する照査を満足する拡散係数およびかぶり判定図

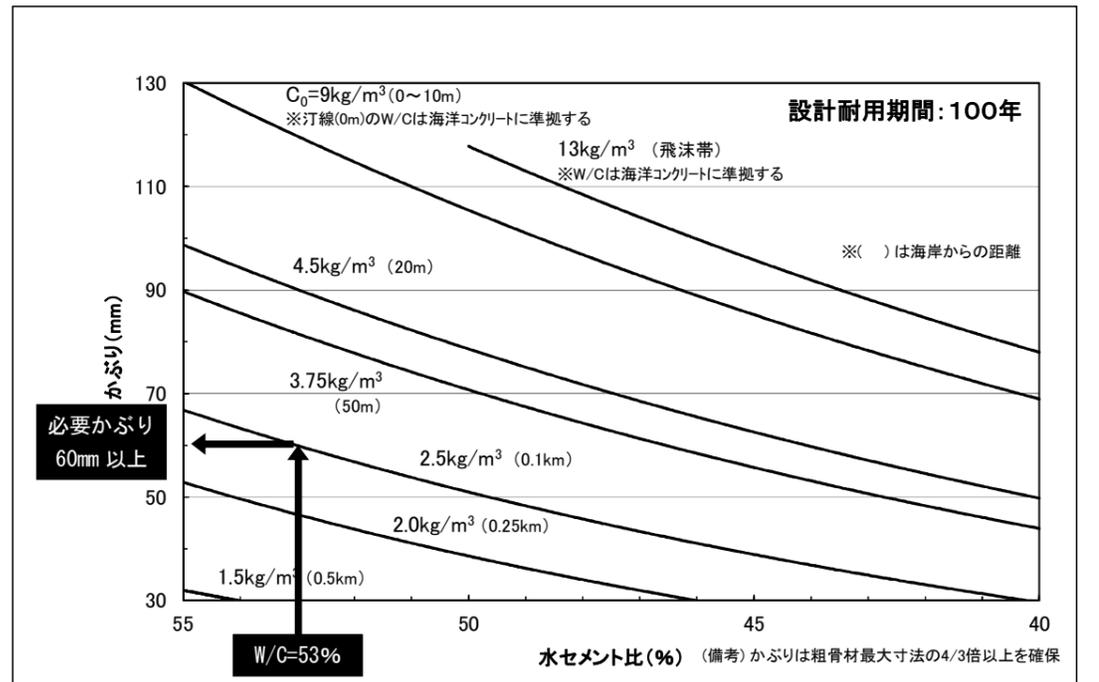


図 1.3 塩害に対する照査を満足する水セメント比およびかぶり判定図

表 1.7 判定図 (図 1.3) の適用条件

記号	名称	数値
γ_i	構造物係数	1.0
-	使用セメント	高炉セメント B 種相当
W/C	水セメント比	0.40~0.55 (40%~55%)
Δc_e	施工誤差	0mm
t	年数 (耐用年数)	100 年
γ_{cl}	鋼材位置における塩化物イオン濃度の設計値 C_d のばらつきを考慮した安全係数	1.3
C_i	初期塩化物イオン濃度	0.30kg/m³
D_d	塩化物イオンに対する設計拡散係数	$\gamma_c \cdot D_k \cdot \beta_{cl}$
γ_c	コンクリートの材料係数	1.0
β_{cl}	初期ひび割れの影響を考慮した係数	1.5

1.3 アルカリ骨材反応に対する照査（留意点）

コンクリートに使用する骨材が反応性か否かを判断するためには、施工段階で使用するコンクリートに用いられる骨材が特定されていなければならない、反応性骨材と判断された場合は、適切なアルカリ骨材反応抑制対策を施さなければならない。

九州地区の既設構造物においてはアルカリ骨材反応による劣化事例が散見され、指針(案)では、施工段階において使用する骨材が反応性骨材であると判断された場合の対策検討・実施のみならず、設計段階から構造物の建設予定地の環境条件、アルカリの供給の有無および周囲の既存の構造物等を調査し、アルカリ骨材反応による劣化が懸念される場合は、事前に抑制対策を検討することとしている。

またこれらは施工着手時に行われる三者連絡会（工事監理連絡会）において、設計者から施工者へ留意を促すことが重要である。

アルカリ骨材反応の照査の参考資料として、図 1.5 に九州地方における反応性骨材の分布推定図を示す。

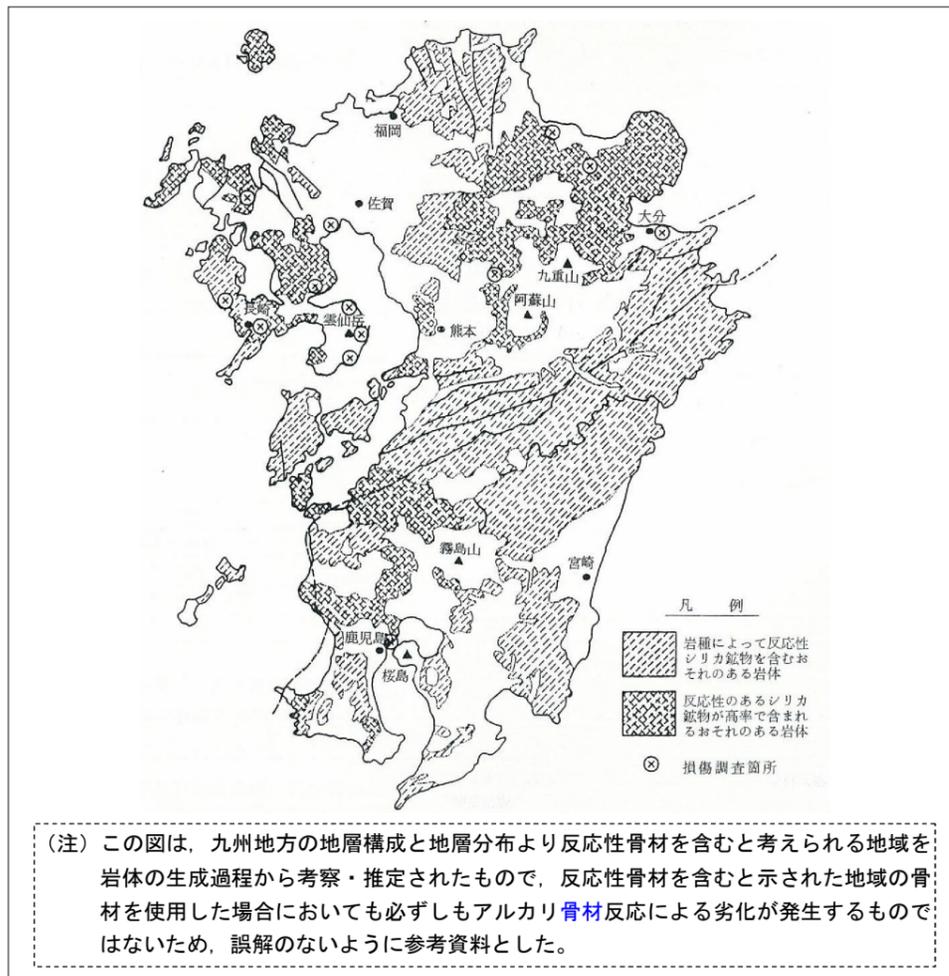


図 1.5 九州地方における反応性骨材の分布推定図
(出典：九州技報第 8 号)

1.3 アルカリシリカ反応に対する照査（留意点）

コンクリートに使用する骨材が反応性か否かを判断するためには、施工段階で使用するコンクリートに用いられる骨材が特定されていなければならない、反応性骨材と判断された場合は、適切なアルカリシリカ反応抑制対策を施さなければならない。

九州地区の既設構造物においてはアルカリシリカ反応による劣化事例が散見され、指針(案)では、施工段階において使用する骨材が反応性骨材であると判断された場合の対策検討・実施のみならず、設計段階から構造物の建設予定地の環境条件、アルカリの供給の有無および周囲の既存の構造物等を調査し、アルカリシリカ反応による劣化が懸念される場合は、事前に抑制対策を検討することとしている。

またこれらは施工着手時に行われる三者連絡会（工事監理連絡会）において、設計者から施工者へ留意を促すことが重要である。

アルカリシリカ反応の照査の参考資料として、図 1.4 に九州地方における反応性骨材の分布推定図を示す。



図 1.4 九州地方における反応性骨材の分布推定図
(出典：九州技報第 8 号)

2.1 配筋状態を考慮した打込みの最小スランプの設定

前述の通り土木構造物に用いられるコンクリートのスランプは、一般に8cmが標準とされており、これまでは特殊な場合を除き設計段階において適切なスランプが考慮されることはほとんどなかった。

そのため、耐震性能の要求水準が高くなり鋼材量が増加した現在において、明らかに打込みが困難と推測される過小なスランプによって工事が発注され、施工段階において苦慮するケースが散見される。

このような問題を解決するためには、どの部材が高密度な配筋状態になっているのかを最も理解できる設計段階において、打込みの最小スランプを考慮し、最適なスランプを選定することが効率的である。

設計の段階から配筋状態や作業条件を考慮して打込みの最小スランプおよび荷卸し箇所の目標スランプを設定する際のフローを図 2.1、部材毎の打込みの最小スランプ設定フローを図 2.2 に示す。

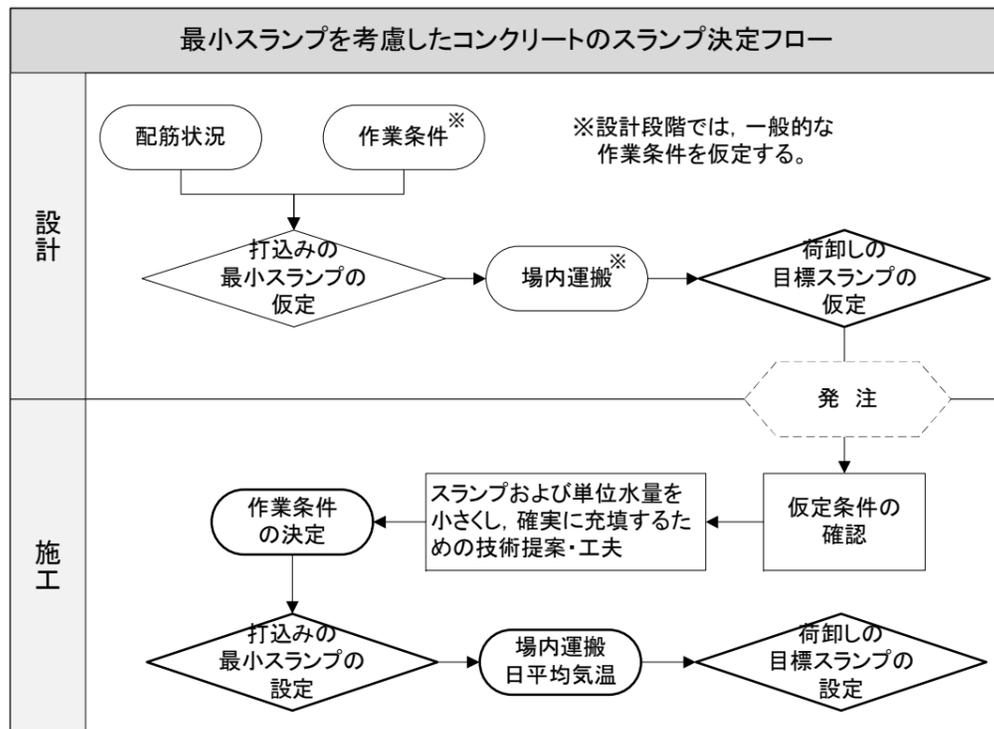


図 2.1 打込みの最小スランプを考慮したスランプ決定フロー

2.1 配筋状態を考慮した打込みの最小スランプの設定

前述の通り土木構造物に用いられるコンクリートのスランプは、一般に8cmが標準とされており、これまでは特殊な場合を除き設計段階において適切なスランプが考慮されることはほとんどなかった。

そのため、耐震性能の要求水準が高くなり鋼材量が増加した現在において、明らかに打込みが困難と推測される過小なスランプによって工事が発注され、施工段階において苦慮するケースが散見される。

このような問題を解決するためには、どの部材が高密度な配筋状態になっているのかを最も理解できる設計段階において、打込みの最小スランプを考慮し、最適なスランプを選定することが効率的である。

設計の段階から配筋状態や作業条件を考慮して打込みの最小スランプおよび荷卸し箇所の目標スランプを設定する際のフローを図 2.1、部材毎の打込みの最小スランプ設定フローを図 2.2 に示す。

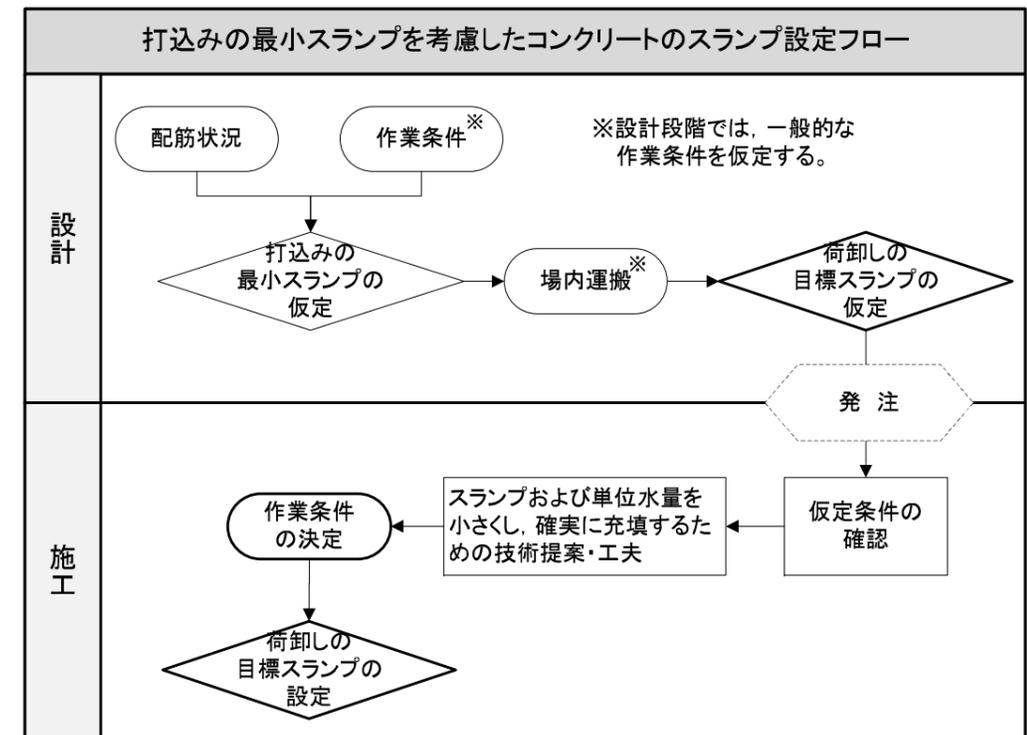


図 2.1 打込みの最小スランプを考慮したスランプ設定フロー

部材毎の打込みの最小スランプ設定フロー

部材毎の打込みの最小スランプ設定フロー

I. 部材の種類を選択

I. 部材の種類を選択

II. 締固め高さ、鋼材の最小あき、鋼材量等を算出し、最小スランプを設定

II. 締固め高さ、鋼材の最小あき、鋼材量等を算出し、**打込みの最小スランプ**を設定

スラブ部材

ボックスカルバートの頂底版
橋台・橋脚のフーチング
高架橋の床版（部材厚 20～200cm 程度）
地下タンク、たて坑の床版（厚さ数 m 程度）
鋼材で補強されたトンネルインバート
等、スラブ状構造物（平面的に広い面積を有する部材）

コンクリート投入間隔の検討

締固め作業高さの検討

最小スランプの設定

柱部材

橋梁や高架橋の橋脚
等、柱状構造物（部材断面寸法に比べ高さが大きい構造物）

有効換算鉄筋量の算出

鋼材の最小あきの算出

締固め作業高さの検討

最小スランプの設定

はり部材

主に矩形断面の RC はり部材

鋼材の最小あきの算出

締固め作業高さの検討

最小スランプの設定

壁部材

ボックスカルバートの側壁、橋台、壁高欄、
タンクなどの建屋の側壁
等、壁状構造物（部材厚さに比べ壁高・延長ともに大きく、せき板の面積が大きいコンクリート）

鋼材量の算出

鋼材の最小あきの算出

締固め作業高さの検討

最小スランプの設定

III. 施工計画段階に打込みの最小スランプ及び各種条件の伝達

スラブ部材

ボックスカルバートの頂底版
橋台・橋脚のフーチング
高架橋の床版（部材厚 20～200cm 程度）
地下タンク、たて坑の床版（厚さ数 m 程度）
鋼材で補強されたトンネルインバート
等、スラブ状構造物（平面的に広い面積を有する部材）

コンクリート打込み箇所間隔の検討

締固め作業高さの検討

打込みの最小スランプの設定

柱部材

橋梁や高架橋の橋脚
等、柱状構造物（部材断面寸法に比べ高さが大きい構造物）

有効換算鉄筋量の算出

かぶりあるいは軸方向鉄筋の
最小あきの算出

締固め作業高さの検討

打込みの最小スランプの設定

はり部材

主に矩形断面の RC はり部材

鋼材の最小水平あきの算出

締固め作業高さの検討

打込みの最小スランプの設定

壁部材

ボックスカルバートの側壁、橋台、壁高欄、
タンクなどの建屋の側壁
等、壁状構造物（部材厚さに比べ壁高・延長ともに大きく、せき板の面積が大きいコンクリート）

鋼材量の算出

軸方向鉄筋の最小あきの算出

締固め作業高さの検討

打込みの最小スランプの設定

III. 施工計画段階に打込みの最小スランプ及び各種条件の伝達

※荷卸しの目標スランプを設定する根拠

※具体的な手法は、照査例を参照（p 例-17, p 例-41, p 例-62, p 例-72）

※具体的な手法は、照査例を参照（p 例-17, p 例-41, p 例-62, p 例-72）

図 2.2 部材毎の打込みの最小スランプ設定フロー

図 2.2 部材毎の打込みの最小スランプ設定フロー

2.2 最小スランブを考慮したスランブ設定の考え方

最小スランブを考慮したスランブの設定については図 2.3 を参考に以下の通りとする。

【スランブ設定の考え方】

(1) 設計段階

- 【手順 1】指針(案) (p4-15~4-17 の解説表 4.5.2~4.5.6) に記載されている打込みの最小スランブの目安に基づき、筒先での打込みの最小スランブ①を選定する。
- 【手順 2】打込みの最小スランブ①に、ポンプ圧送等の現場内運搬を想定したスランブロス (解説表 4.5.7 施工条件に応じたスランブの低下の目安) を加えた値を②とする。
- 【手順 3】荷卸し箇所の目標スランブ③は、②にコンクリート製造時の品質管理幅 (+1.5cm) を加えた値とする。この値が JIS A 5308 に該当しない場合は、直近の JIS 規格のスランブ (8, 10, 12, 15cm) とする。

(2) 施工計画段階

施工者が製造者に指定する荷卸し地点のスランブは、発注者、施工者、設計者による工事監理連絡会 (三者連絡会) において協議・確認をする。協議するにあたっては以下の事項に考慮するとよい。

- ・設計段階で設定されたスランブを、施工計画 (打込み計画) で施工環境 (鉄筋量や配置、場内運搬距離および時間当たりの打設量等) を考慮して決定すること。
- ・施工者は、できるだけ小さいスランブとするために、締固め作業高さを小さくすることや打設方法を工夫すること。
- ・工事監理連絡会において判断ができない場合は、専門評価機関による技術的な判断を得ること。

2.2 打込みの最小スランブを考慮したスランブ設定の考え方

打込みの最小スランブを考慮したスランブの設定については図 2.3 を参考に以下の通りとする。

【スランブ設定の考え方】

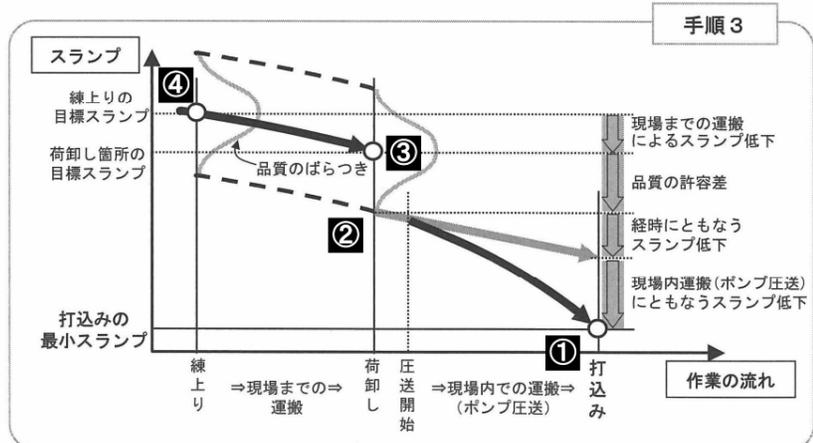
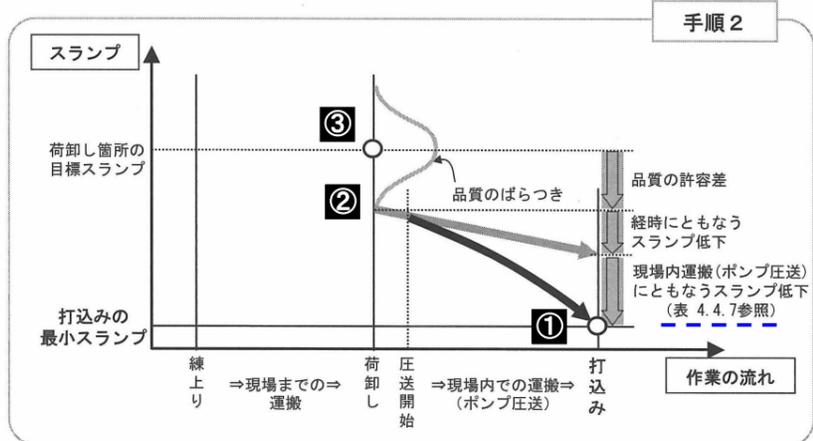
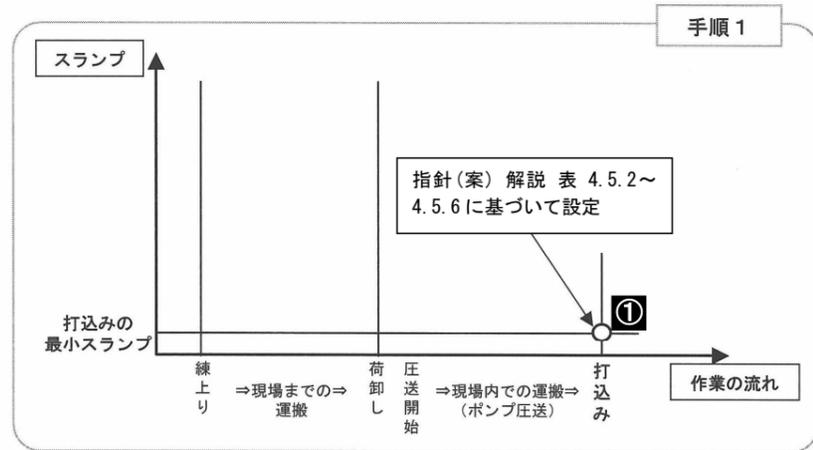
(1) 設計段階

- 【手順 1】指針(案) (p4-15~4-17 の解説表 4.5.2~4.5.6) に記載されている打込みの最小スランブの目安に基づき、筒先での打込みの最小スランブ①を選定する。
- 【手順 2】打込みの最小スランブ①に、ポンプ圧送等の現場内運搬を想定したスランブロス (解説表 4.5.7 施工条件に応じたスランブの低下の目安) を加えた値を②とする。
- 【手順 3】荷卸し箇所の目標スランブ③は、②にコンクリート製造時の品質管理幅 (+1.5cm) を加えた値とする。この値が JIS A 5308 に該当しない場合は、直近の JIS 規格のスランブ (8, 10, 12, 15cm) とする。

(2) 施工計画段階

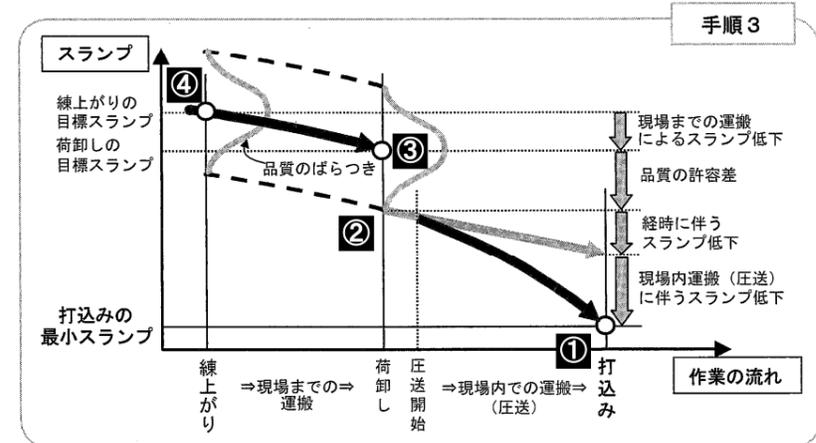
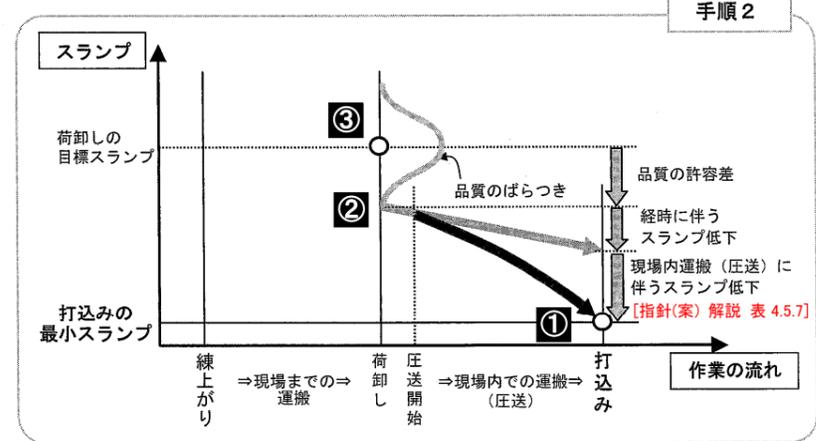
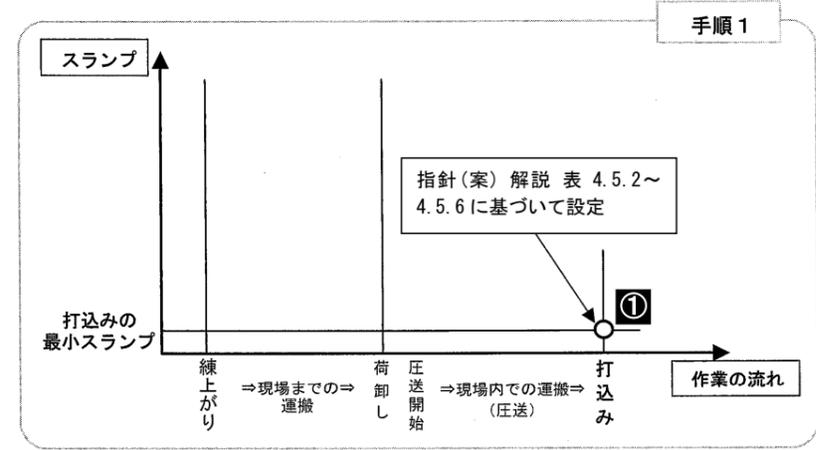
施工者が製造者に指定する荷卸し地点のスランブは、発注者、施工者、設計者による工事監理連絡会 (三者連絡会) において協議・確認をする。協議するにあたっては以下の事項に考慮するとよい。

- ・設計段階で設定されたスランブを、施工計画 (打込み計画) で施工環境 (鉄筋量や配置、場内運搬距離および時間当たりの打設量等) を考慮して決定すること。
- ・施工者は、できるだけ小さいスランブとするために、締固め作業高さを小さくすることや打設方法を工夫すること。
- ・工事監理連絡会において判断ができない場合は、専門評価機関による技術的な判断を得ること。



- ①打込みの最小スランプ：円滑かつ密実に型枠内に打込みをするために必要な最小スランプ
- ③荷卸し箇所の目標スランプ：トラックアジテータ車などによる場外運搬機械から現場のポンプ車のホッパー等に荷卸される時点での目標スランプ（打込みの最小スランプ①に場内運搬等によるスランプの低下を加えたスランプが②）
- ④練上りの目標スランプ：コンクリートの配合設計および製造において目標とするスランプ

図 2.3 打込みの最小スランプを考慮した荷卸し箇所の目標スランプ等の設定の考え方
 ※出典：2007年制定土木学会コンクリート標準示方書(施工編)，p80 に一部加筆



- ①打込みの最小スランプ：円滑かつ密実に型枠内に打込みをするために必要な最小スランプ
- ③荷卸し箇所の目標スランプ：トラックアジテータ車などによる場外運搬機械から現場のポンプ車のホッパー等に荷卸される時点での目標スランプ（打込みの最小スランプ①に場内運搬等によるスランプの低下を加えたスランプが②）
- ④練上りの目標スランプ：コンクリートの配合設計および製造において目標とするスランプ

図 2.3 打込みの最小スランプを考慮した荷卸し箇所の目標スランプ等の設定の考え方
 ※出典：土木学会 2012年制定コンクリート標準示方書[施工編]，p78 に一部加筆

2.3 スランプの設定における留意事項

2.3.1 設計段階

- 1) 設計段階においては、打設リフト等の打設条件が不明確であるため、標準的な施工条件を仮定し設定してよい。
- 2) コンクリート打込みの最小スランプは部材ごとに設定することを標準とする。
- 3) 打込みの最小スランプを求める目安表（指針(案)の解説表 4.5.2~4.5.5）の締固め作業高さの例を図 2.4 に示す。締固め作業高さとは、コンクリートの締め固めを行う作業員の足元の位置から型枠下端（またはそのリフトの下端）までの最大の高さをいう。
- 4) 高密度配筋となっている部材および打込みの最小スランプを選定した条件等を施工計画段階に伝達する。

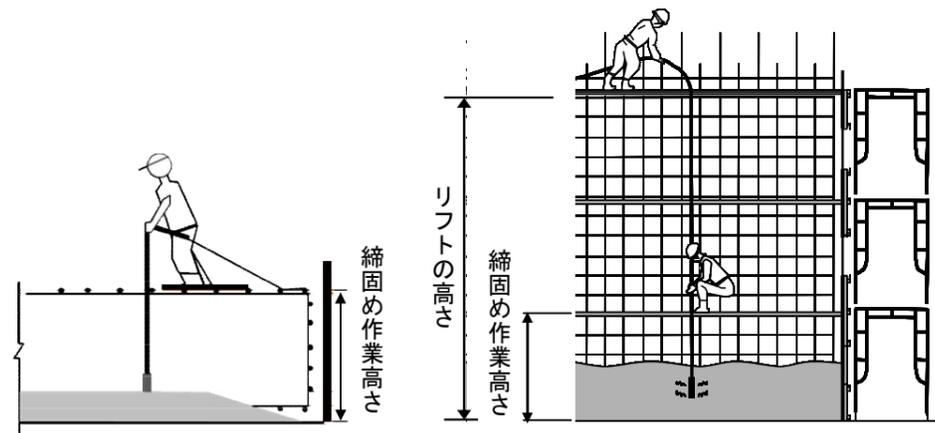


図 2.4 締固め作業高さの例

2.3.2 施工計画・施工段階

- 1) 施工計画（打込み計画）を基に、設計段階で仮定された打設条件との相違点の確認および設計段階においてどのような考えのもとに最小スランプ等が仮定されたのかを確認・検証する。
- 2) スランプは、材料分離抵抗性の低下や単位水量の増加による品質低下を抑制するために、施工可能な範囲でできるだけ小さくすることが原則である。
したがって、最小スランプを選定する場合は、事前に締固め高さを小さくする工夫や入念な締固め方法など、施工面での十分な検討が肝要である。
- 3) 荷卸しの目標スランプが、JIS に規定されるスランプと一致しない場合には、JIS に規定されるスランプの中から最も近いものを選ぶ。
なお、施工者は荷卸し地点にて受け入れ検査を実施するものとするが、検査時の管理幅は、九州地方整備局制定の品質管理基準及び規格値に定められる通り、スランプ 8cm 以上 18cm 未満のコンクリートにおいては±2.5cm とする。
- 4) 施工者は、荷卸し時において、定められた時期および回数 of スランプの受入れ検査

2.3 スランプの設定における留意事項

2.3.1 設計段階

- 1) 設計段階においては、打設リフト等の打設条件が不明確であるため、標準的な施工条件を仮定し設定してよい。
- 2) コンクリート打込みの最小スランプは部材ごとに設定することを標準とする。
- 3) 打込みの最小スランプを求める目安表（指針(案)の解説表 4.5.2~4.5.5）の締固め作業高さの例を図 2.4 に示す。締固め作業高さとは、コンクリートの締め固めを行う作業員の足元の位置から型枠下端（またはそのリフトの下端）までの最大の高さをいう。
- 4) 高密度配筋となっている部材および打込みの最小スランプを選定した条件等を施工計画段階に伝達する。

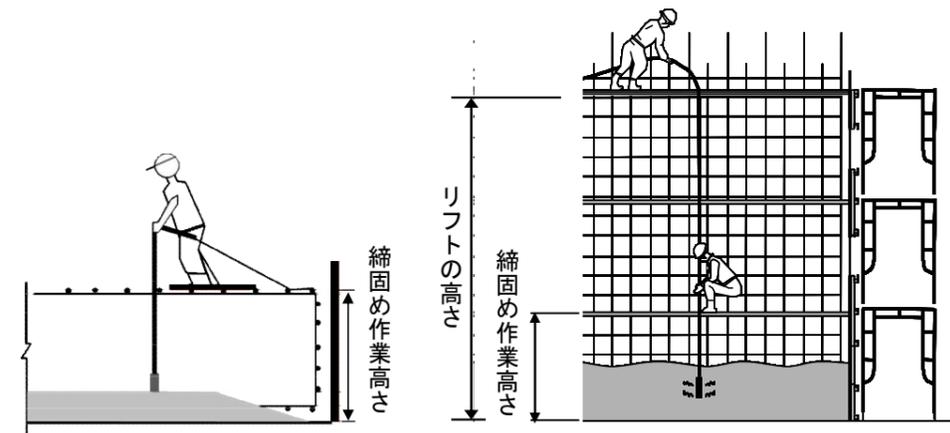


図 2.4 締固め作業高さの例

2.3.2 施工計画・施工段階

- 1) 施工計画（打込み計画）を基に、設計段階で仮定された打設条件との相違点の確認および設計段階においてどのような考えのもとに**打込みの**最小スランプ等が仮定されたのかを確認・検証する。
- 2) スランプは、材料分離抵抗性の低下や単位水量の増加による品質低下を抑制するために、施工可能な範囲でできるだけ小さくすることが原則である。
したがって、**打込みの**最小スランプを選定する場合は、事前に締固め高さを小さくする工夫や入念な締固め方法など、施工面での十分な検討が肝要である。
- 3) 荷卸しの目標スランプが、JIS に規定されるスランプと一致しない場合には、JIS に規定されるスランプの中から最も近いものを選ぶ。
なお、施工者は荷卸し地点にて受け入れ検査を実施するものとするが、検査時の管理幅は、九州地方整備局制定の品質管理基準及び規格値に定められる通り、スランプ 8cm 以上 18cm 未満のコンクリートにおいては±2.5cm とする。
- 4) 施工者は、荷卸し時において、定められた時期および回数 of スランプの受入れ検査

3. 温度ひび割れの照査

3.1 温度ひび割れ照査について

水和熱に起因するひび割れが発生することが懸念される場合は、事前に照査を行うことが「土木学会 コンクリート標準示方書」等で示されている。この温度ひび割れ照査は、コンクリート標準示方書では、従来施工段階で実施することになっていたが2007年版より「設計編」で示されるようになり、材料や施工面だけでなく設計面も併せた総合的な対応が必要であることから、より上流側での対応が求められるようになった。

指針(案)においても同様に設計段階での照査を基本に位置づけている(施工計画段階で、設計段階で想定した条件等が大きく異なる場合は、施工計画段階でも再度照査を行う)。

温度ひび割れ照査を行うべき「セメントの水和熱が大きくなる構造物」として、指針(案)2.3.2では下記の構造部材を位置づけているが、すべての適用には膨大な費用や労力を要する側面もあり、指針(案)2.3.1においては「既往の施工実績例からの照査の省略」にも触れている。

これらの点を考慮した具体的な照査の運用については、次項3.2での基本的考え方を参考とされたい。

- ①広がりのあるスラブ状で、厚さが80～100cm以上の部材
- ②下端が拘束された壁状で、厚さが50cm以上の部材
- ③比較的断面が大きく柱状で、短辺が80～100cm以上の部材で
施工上水平打継目が設けられる構造物

また指針(案)では、温度ひび割れ照査は「ひび割れ指数に基づいたひび割れ発生確率により照査を行うことを原則」としており、また同時に、「ひび割れ幅は、適切な方法で照査しなければならない」としている。

しかし、現状において温度ひび割れ幅を高い精度で計算できる実用的な方法は得られていないことから、現状では温度ひび割れ照査はひび割れ指数による照査をもって運用することとする。

3.2 温度ひび割れ照査の基本的考え方

指針(案)では温度ひび割れ照査を設計段階で行い、施工計画段階では施工条件との相違点等を確認し、必要に応じ再照査を行うこととしている。

設計段階の照査は、上流側での設計思想を含め広範な温度ひび割れ対策の検討をはじめ、適切な発注仕様の策定、施工段階での大きな変更等のトラブル要因の除去等のメリットがある。しかし、具体の施工環境や諸条件が確定できないことから施工計画段階で条件等が異なれば再度照査を行う必要も生じ、費用や労力を要することにもなる。

一方、施工計画段階においては、各種条件が明確になっており高い解析精度が期待できるが、下流での対応になるために対策が限定されるとともに、施工段階における

3. 温度ひび割れの照査

3.1 温度ひび割れ照査について

水和熱に起因するひび割れが発生することが懸念される場合は、事前に照査を行うことが「土木学会 コンクリート標準示方書」等で示されている。この温度ひび割れ照査は、コンクリート標準示方書では、従来施工段階で実施することになっていたが2007年版より「設計編」で示されるようになり、材料や施工面だけでなく設計面も併せた総合的な対応が必要であることから、より上流側での対応が求められるようになった。

指針(案)においても同様に設計段階での照査を基本に位置づけている(施工計画段階で、設計段階で想定した条件等が大きく異なる場合は、施工計画段階でも再度照査を行う)。

温度ひび割れ照査を行うべき「セメントの水和熱が大きくなる構造物」として、指針(案)2.3.2では下記の構造部材を位置づけているが、すべての適用には膨大な費用や労力を要する側面もあり、指針(案)2.3.1においては「既往の施工実績例からの照査の省略」にも触れている。

これらの点を考慮した具体的な照査の運用については、次項3.2での基本的考え方を参考とされたい。

- ①広がりのあるスラブ状の部材で、厚さが80～100cm以上のもの
- ②下端が拘束された壁状の部材で、厚さが50cm以上のもの
- ③比較的断面が大きく柱状で、短辺が80～100cm以上の部材で施
工上水平打継目が設けられる構造物

また指針(案)では、「温度ひび割れに対する照査は、ひび割れ発生確率の限界値から定められるひび割れ指数により行うことを原則とする」としており、また同時に、「ひび割れ幅は、ひび割れ幅の限界値を設定し、適切な方法で照査しなければならない」としている。しかし、現状において温度ひび割れ幅を高い精度で計算できる実用的な方法までには至っていないことから、現状では温度ひび割れ照査はひび割れ指数による照査をもって運用することとする。

3.2 温度ひび割れ照査の基本的考え方

指針(案)では温度ひび割れ照査を設計段階で行い、施工計画段階では施工条件との相違点等を確認し、必要に応じ再照査を行うこととしている。

設計段階の照査は、上流側での設計思想を含め広範な温度ひび割れ対策の検討をはじめ、適切な発注仕様の策定、施工段階での大きな変更等のトラブル要因の除去等のメリットがある。しかし、具体の施工環境や諸条件が確定できないことから施工計画段階で条件等が異なれば再度照査を行う必要も生じ、費用や労力を要することにもなる。

一方、施工計画段階においては、各種条件が明確になっており高い解析精度が期待できるが、下流での対応になるために対策が限定されるとともに、施工段階における

設計変更等の手間が増えることが考えられる。

そこで本手引書では、橋台、橋脚、ボックスカルバートについて九州地方整備局管内の直轄工事における既往施工事例等を分析し、指針(案)2.3.1 に規定する照査省略の判断参考資料を提供することとした。また、「資料編 資料-2」に示すモデル構造解析から作成した各種の構造形態を考慮した「ひび割れ指数簡易推定資料」を提供することにより「簡易な照査」手法の活用についても位置づけ、設計段階から施工計画段階における照査の運用を図ることとした。

これらを踏まえた照査フローを図 3.2.1 に示す。

なお、「資料編」に添付する施工事例分析やモデル構造でのひび割れ指数簡易推定資料は、今後の施工事例や解析データ等を蓄積し充実していく予定である。

運用の参考として、設計段階や施工計画段階における温度ひび割れ照査での留意点、目標とするひび割れ指数の考え方等を以下に示す。

なお、温度ひび割れ対策の検討は「3.6 温度ひび割れ対策」に示す主要な対策を参考にするとよいが、合理的かつ効果的な対策とするため、専門評価機関を活用し、専門家の知識や意見等もふまえて検討することが望ましい。

【設計段階での留意点】

- ・ 施工事例の分析結果や温度ひび割れ指数簡易推定資料等も活用し、設計計画の段階から温度ひび割れ特性を意識しつつ設計方針を確立する。
- ・ 通常可能な対策の範囲でひび割れの**抑止**が困難と想定される場合は、二次製品の活用を含め設計計画にもフィードバックし検討を行う。

【施工計画段階での留意点】

- ・ 施工計画策定時に、三者連絡会（工事監理連絡会）を開催し、設計段階で仮定した条件、温度ひび割れ対策や留意事項等の照査結果について設計者から施工者へ伝達する。
- ・ 施工条件等が設計段階の検討条件と乖離し再照査が必要な場合は、簡易推定資料等の活用も含め検討を行う。

【目標とするひび割れ指数】

ひび割れの**抑止**は長期にわたる構造物の耐久性確保のうえで重要な事項である。しかし、経済性あるいは現地情勢、工程等の面で現実性に乏しい場合も多々あるため、発生するひび割れを構造物の性能に悪影響を及ぼさないように制御する視点が重要である。

本手引書における運用においては、一般的な構造物では**目標とするひび割れ指数を「ひび割れの発生を許容するがひび割れ幅が過大とならないように制限したい場合の 1.0」としている**。ただし、構造物の重要性や周辺環境等に特に留意が必要な場合は、専門評価機関の活用も考慮し適切に定めなければならない。

設計変更等の手間が増えることが考えられる。

そこで本手引書(案)では、橋台、橋脚、ボックスカルバートについて九州地方整備局管内の直轄工事における既往施工事例等を分析し、指針(案)2.3.1 に規定する照査省略の判断参考資料を提供することとした。また、「資料編 資料-2」に示すモデル構造解析から作成した各種の構造形態を考慮した「ひび割れ指数簡易推定資料」を提供することにより「簡易な照査」手法の活用についても位置づけ、設計段階から施工計画段階における照査の運用を図ることとした。

これらを踏まえた照査フローを図 3.2.1 に示す。

なお、「資料編」に添付する施工事例分析やモデル構造でのひび割れ指数簡易推定資料は、今後の施工事例や解析データ等を蓄積し充実していく予定である。

運用の参考として、設計段階や施工計画段階における温度ひび割れ照査での留意点、目標とするひび割れ指数の考え方等を以下に示す。

なお、温度ひび割れ対策の検討は、**指針(案)および本手引書(案)の「3.6 温度ひび割れ対策」**に示す主要な対策を参考にするとよいが、合理的かつ効果的な対策とするため、専門評価機関を活用し、専門家の知識や意見等もふまえて検討することが望ましい。

【設計段階での留意点】

- ・ 施工事例の分析結果や温度ひび割れ指数簡易推定資料等も活用し、設計計画の段階から温度ひび割れ特性を意識しつつ設計方針を確立する。
- ・ 通常可能な対策の範囲でひび割れの**抑制**が困難と想定される場合は、二次製品の活用を含め設計計画にもフィードバックし検討を行う。

【施工計画段階での留意点】

- ・ 施工計画策定時に、三者連絡会（工事監理連絡会）を開催し、設計段階で仮定した条件、温度ひび割れ対策や留意事項等の照査結果について設計者から施工者へ伝達する。
- ・ 施工条件等が設計段階の検討条件と乖離し再照査が必要な場合は、簡易推定資料等の活用も含め検討を行う。

【目標とするひび割れ指数】

ひび割れの**抑制**は長期にわたる構造物の耐久性確保のうえで重要な事項である。しかし、経済性あるいは現地情勢、工程等の面で現実性に乏しい場合も多々あるため、発生するひび割れを構造物の性能に悪影響を及ぼさないように制御する視点が重要である。

本手引書(案)における運用においては、一般的な構造物では**目標とするひび割れ指数を「ひび割れの発生を許容するがひび割れ幅が過大とならないように制限したい場合の 1.0」としている**。ただし、構造物の重要性や周辺環境等に特に留意が必要な場合は、専門評価機関の活用も考慮し適切に定めなければならない。

3.4 簡易照査

3.4.1 ひび割れ指数簡易推定資料等の活用

指針(案)2.3.2(2)において「温度ひび割れ照査はひび割れ指数に基づいたひび割れ発生確率により行うことを原則」としている。

ひび割れ指数は2次元または3次元有限要素法(FEM)等による温度応力解析により求めることとなるが、個々のケースで設計または施工計画段階において詳細な解析を行うことが好ましいものの、多くの費用や労力、時間を要するといった負の課題も存在する。

このため、あらかじめ一般的な構造や各種の設計・施工条件を想定・設定し、ひび割れ指数の算出結果を図表化した簡易な推定資料を作成することにより、一般的な構造物(形状・寸法、設計・施工条件等)における概略のひび割れ指数の推定や各種対策とその効果の把握も含めた温度ひび割れの概略照査が可能となる。

よって、このような目的から、橋台・橋脚等における壁・柱部材及びスラブ(フーチング)に焦点をあて、ひび割れ指数の簡易推定資料を作成・提供することとした。

簡易照査フローを図3.4.1、活用にあたっての留意事項を「3.4.2 温度ひび割れ簡易推定資料[要約資料]」に示す。

3.4 簡易照査

3.4.1 ひび割れ指数簡易推定資料等の活用

指針(案)2.3.2(3)において「温度ひび割れに対する照査は、ひび割れ発生確率の限界値から定められるひび割れ指数により行うことを原則」としている。

ひび割れ指数は2次元(CP法等)または3次元有限要素法(FEM)等による温度応力解析により求めることとなるが、個々のケースで設計または施工計画段階において詳細な解析を行うことが好ましいものの、多くの費用や労力、時間を要するといった負の課題も存在する。

このため、あらかじめ一般的な構造や各種の設計・施工条件を想定・設定し、ひび割れ指数の算出結果を図表化した簡易な推定資料を作成することにより、一般的な構造物(形状・寸法、設計・施工条件等)における概略のひび割れ指数の推定や各種対策とその効果の把握も含めた温度ひび割れの概略照査が可能となる。

よって、このような目的から、橋台・橋脚等における壁・柱部材及びスラブ(フーチング)に焦点をあて、ひび割れ指数の簡易推定資料を作成・提供することとした。

簡易照査フローを図3.4.1、活用にあたっての留意事項を「3.4.2 温度ひび割れ簡易推定資料[要約資料]」に示す。

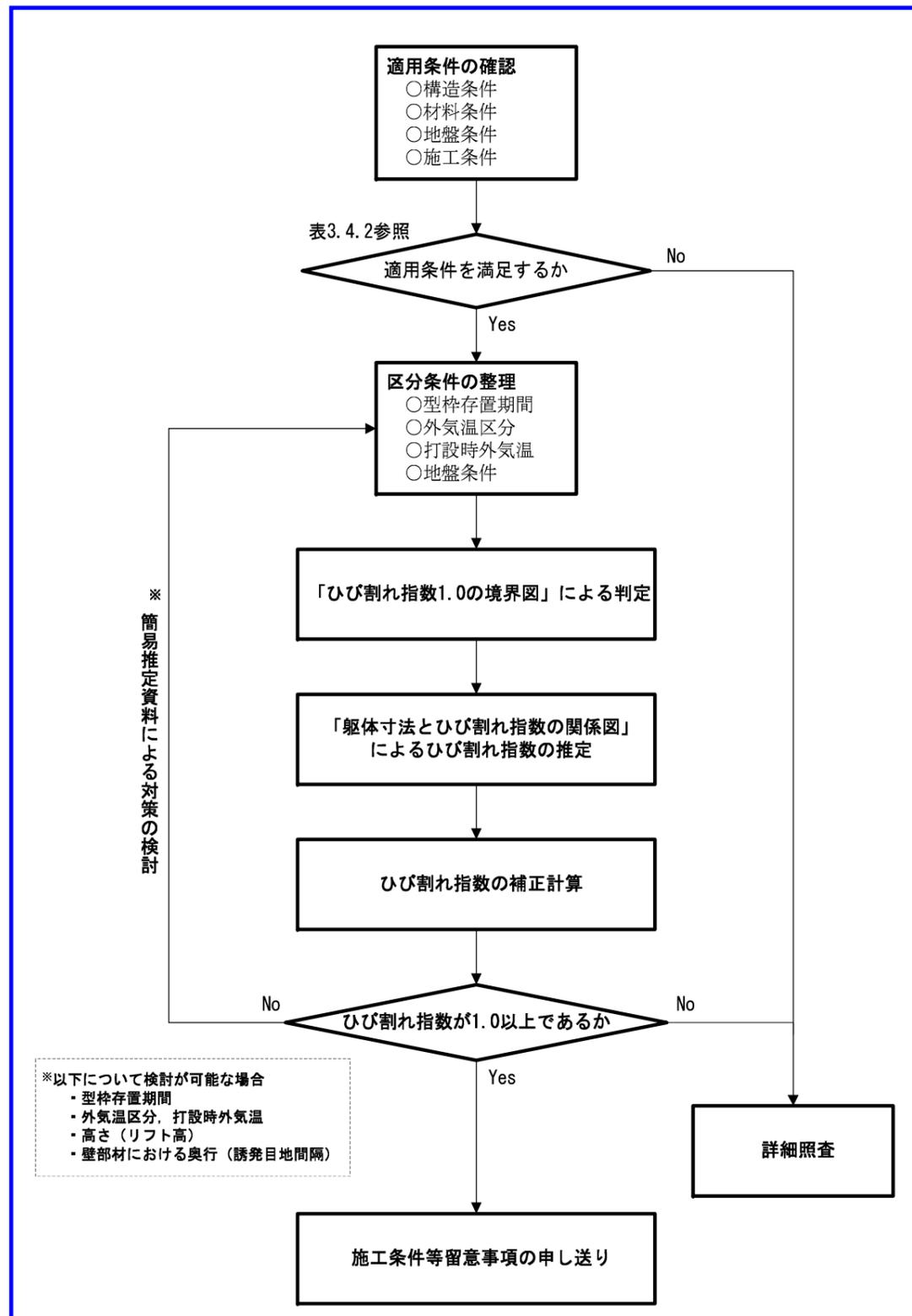


図 3.4.1 簡易照査フロー

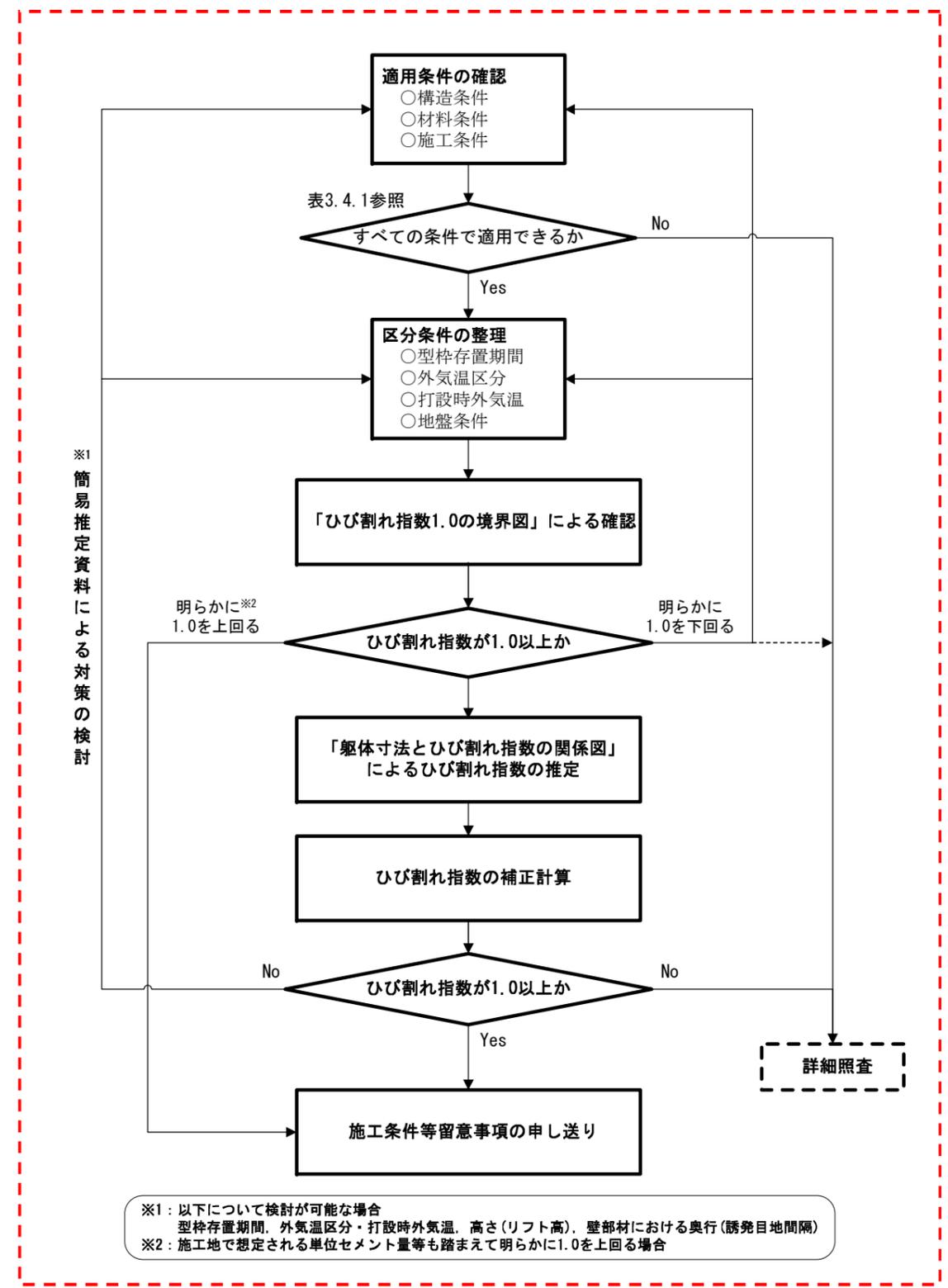


図 3.4.1 簡易照査フロー

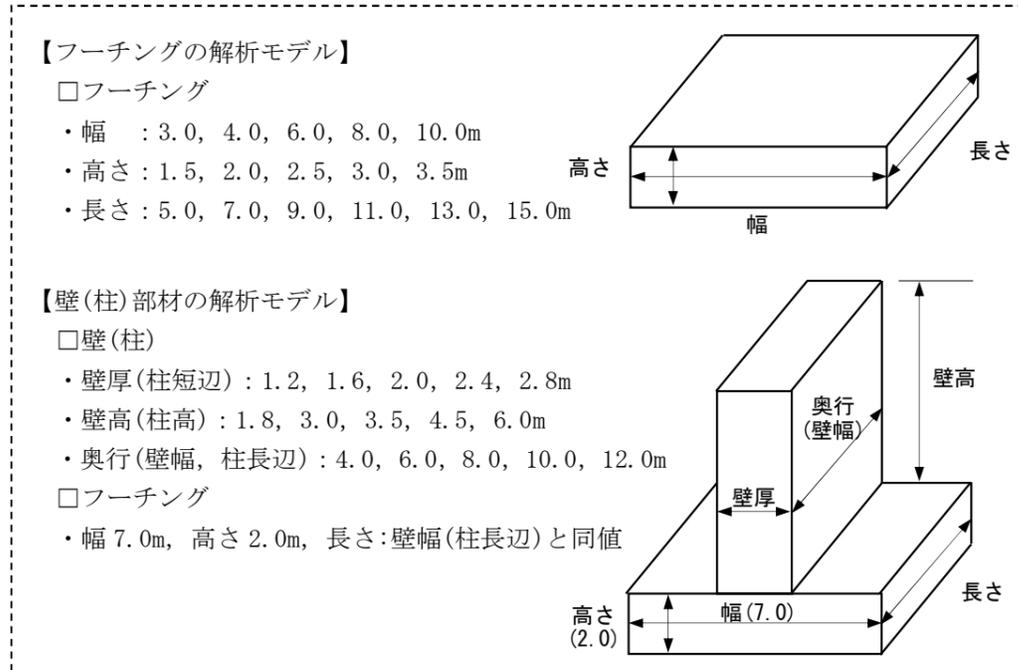


図 3.4.2 フーチング・壁(柱)部材の解析モデル

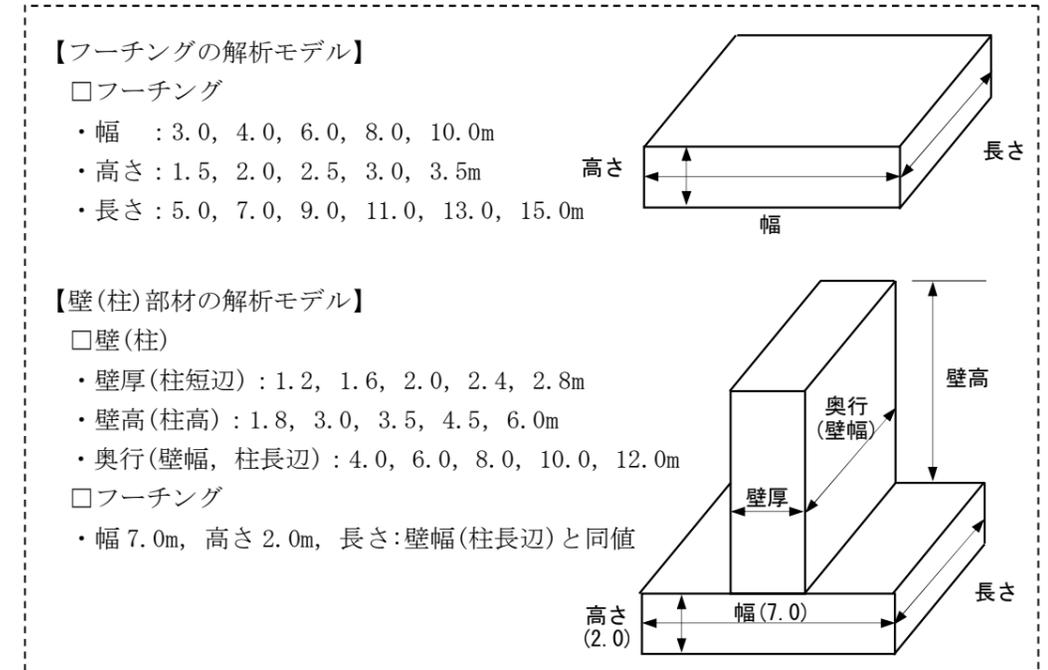


図 3.4.2 フーチング・壁(柱)部材の解析モデル

表 3.4.1 簡易推定資料作成に当たっての解析条件

解析ソフト	JCMAC1 Ver1.17 (温度解析:2次元有限要素法, 応力解析:CP法)			
材料条件	セメント	セメントの種類		単位セメント量
		高炉セメントB種		295 kg/m ³
	熱物性値	密度	熱伝導率	比熱
		2,350 kg/m ³	2.7 W/m ² °C	1.155 kJ/kg°C
		熱膨張係数	10×10 ⁻⁶ /°C	
設計基準強度	24 N/mm ² (材齢28日)			
地盤条件	種別	岩盤 (①CH級, ②N値換算の2タイプでヤング係数を変更) ※②: CP法での外部拘束係数算出時のヤング係数比を50とする		
	熱物性値	密度	熱伝導率	比熱
		2,650 kg/m ³	3.45 W/m ² °C	0.795 kJ/kg°C
		力学物性値 (ヤング係数)	①CH級 4,000 N/mm ² ②N値換算 ヤング係数比 Ec/Er を50で固定	
施工条件	打設工程	<ul style="list-style-type: none"> フーチング打設後15日目に壁を打設 型枠存置期間: ①7日, ②14日の2ケース 養生期間 打設面: 初日(露出)→2~8日(7日間:養生マット)→9日~(露出) 側面: 初日~7日(7日間:合板)→8日~(露出) ※②の場合は, 14日間 		
		型枠・養生 (熱伝達率)	露出 14 W/m ² °C, 養生マット 5 W/m ² °C, 合板 8 W/m ² °C	
	初期温度	コンクリート打込み温度 (外気温+5°C), 地盤 (15°C)		
	環境条件(外気温)	JCMAC1 組込み値 (福岡)		
解析式	2007年制定 コンクリート標準示方書[設計編]より			
その他	<ul style="list-style-type: none"> 各物性値はコンクリート標準示方書等に示される一般的な数値とした 壁(柱), フーチングとも各部材の1ロット目を対象に作成 			

表 3.4.1 簡易推定資料作成に当たっての解析条件

解析ソフト	JCMAC1 Ver1.17 (温度解析:2次元有限要素法, 応力解析:CP法)			
材料条件	セメント	セメントの種類		単位セメント量
		高炉セメントB種		295 kg/m ³
	熱物性値	密度	熱伝導率	比熱
		2,350 kg/m ³	2.7 W/m ² °C	1.155 kJ/kg°C
		熱膨張係数	10×10 ⁻⁶ /°C	
設計基準強度	24 N/mm ² (材齢28日)			
地盤条件	種別	岩盤 (①CH級, ②N値換算の2タイプでヤング係数を変更) ※②: CP法での外部拘束係数算出時のヤング係数比を50とする		
	熱物性値	密度	熱伝導率	比熱
		2,650 kg/m ³	3.45 W/m ² °C	0.795 kJ/kg°C
		力学物性値 (ヤング係数 Er)	①CH級 4,000 N/mm ² ②N値換算 ヤング係数比 Ec/Er を50で固定	
施工条件	打設工程	<ul style="list-style-type: none"> フーチング打設後15日目に壁を打設 型枠存置期間: ①7日, ②14日の2ケース 養生期間 打設面: 初日(露出)→2~8日(7日間:養生マット)→9日~(露出) 側面: 初日~7日(7日間:合板)→8日~(露出) ※②の場合は, 14日間 		
		型枠・養生 (熱伝達率)	露出 14 W/m ² °C, 養生マット 5 W/m ² °C, 合板 8 W/m ² °C	
	初期温度	コンクリート打込み温度 (外気温+5°C), 地盤 (15°C)		
	環境条件(外気温)	JCMAC1 組込み値 (福岡)		
解析式	土木学会 2007年制定コンクリート標準示方書[設計編]より			
その他	<ul style="list-style-type: none"> 各物性値はコンクリート標準示方書等に示される一般的な数値とした 壁(柱), フーチングとも各部材の1ロット目を対象に作成 			

(2) 簡易推定資料の適用条件

簡易推定資料を利用する際の適用条件を表 3.4.2 に示す。なお、適用に当たっては、コンクリート標準示方書等の各種基準類を遵守しなければならない(例えば、暑中・寒中コンクリートの適用など)。

表 3.4.2 簡易推定資料の適用条件および利用時の留意事項

構造条件	フーチング 構造寸法(m)	幅 3.0~10.0	高さ 1.8~3.5	長さ 5.0~15.0
	壁(柱) 構造寸法(m)	壁厚(柱短辺) 1.2~2.8	壁高(柱高) 1.8~6.0	奥行(壁幅, 柱長辺) 4.0~12.0
材料条件	セメント	セメントの種類	単位セメント量 (kg/m ³)	
		高炉セメント B 種	275~310	
	熱物性値	密度	熱伝導率	比熱
		2,350 kg/m ³	2.7 W/m ² °C	1.155 kJ/kg°C
熱膨張係数	10×10 ⁻⁶ /°C			
設計基準強度	24 N/mm ² (材齢 28 日)			
地盤条件	種別・力学物性値 (ヤング係数: Er)	①CH 級: 4,000 N/mm ² ②N 値換算 (N 値の場合, ヤング係数比 E _c /E _r を 50 で固定)		
	熱物性値	密度 2,650 kg/m ³	熱伝導率 3.45 W/m ² °C	比熱 0.795 kJ/kg°C
施工条件	型枠存置期間	7 日, 14 日		
	打設工程	【側面】①材齢 7(or14) 日目まで合板, ②以降は露出		
		【打設面】 ①打設初日は露出, ②材齢 2~8(or2~15) 日目まで養生マット, ③以降は露出 フーチング打設後 15 日目に壁を打設		
	型枠・養生(熱伝達率)	露出 14 W/m ² °C, 養生マット 5 W/m ² °C, 合板 8 W/m ² °C		
コンクリート打込み時 の外気温	5~29(°C) ※25°C以上の条件では, 簡易推定資料は, あくまで参考として 用いることとし, 施工等に際しては, コンクリート標準示方書 等に準拠すること			

【簡易推定資料を利用する際の留意事項】

- 解析手法: 温度解析: 2次元有限要素法, 応力解析: CP 法
- 材料条件
 - 単位セメント量は 295kg/m³ を基本としているが, 275~310kg/m³ の範囲は補正係数を使用し試算することができる。
 - 熱物性値はコンクリート標準示方書等に示される一般的な数値を用いている。
- 地盤条件
 - 熱物性値はコンクリート標準示方書等に示される一般的な数値を用いている。
 - 力学物性値(ヤング係数)は, 岩(CH 級), N 値換算の 2 種類を選択できる。
- 施工条件: 型枠存置期間は, 7 日, 14 日を選択できる。
- 使用図の選定
 - 打設時期と設定外気温により使用する図を選択する。
 - (例)JCMAC1 では 2 月 1 日~7 月 31 日が気温上昇期, 8 月 1 日~1 月 31 日が気温下降期と設定されている。このため簡易推定図の利用に際しては, 打設時期及び外気温を想定し, 気温上昇期もしくは下降期の簡易推定図より適合するものを選択する必要がある。

(2) 簡易推定資料の適用条件

簡易推定資料を利用する際の適用条件を表 3.4.2 に示す。なお、適用に当たっては、コンクリート標準示方書等の各種基準類を遵守しなければならない(例えば、暑中・寒中コンクリートの適用など)。

表 3.4.2 簡易推定資料の適用条件および利用時の留意事項

構造条件	フーチング 構造寸法(m)	幅 3.0~10.0	高さ 1.8~3.5	長さ 5.0~15.0
	壁(柱) 構造寸法(m)	壁厚(柱短辺) 1.2~2.8	壁高(柱高) 1.8~6.0	奥行(壁幅, 柱長辺) 4.0~12.0
材料条件	セメント	セメントの種類	単位セメント量 (kg/m ³)	
		高炉セメント B 種	275~310	
	熱物性値	密度	熱伝導率	比熱
		2,350 kg/m ³	2.7 W/m ² °C	1.155 kJ/kg°C
熱膨張係数	10×10 ⁻⁶ /°C			
設計基準強度	24 N/mm ² (材齢 28 日)			
地盤条件	種別・力学物性値 (ヤング係数: Er)	①岩 盤 (CH 級: 4,000 N/mm ²) ②N 値換算 (N 値の場合, ヤング係数比 E _c /E _r を 50 で固定)		
	熱物性値	密度 2,650 kg/m ³	熱伝導率 3.45 W/m ² °C	比熱 0.795 kJ/kg°C
施工条件	型枠存置期間	7 日, 14 日		
	打設工程	【側面】①材齢 7(or14) 日目まで合板, ②以降は露出		
		【打設面】 ①打設初日は露出, ②材齢 2~8(or2~15) 日目まで養生マット, ③以降は露出 フーチング打設後 15 日目に壁を打設		
	型枠・養生(熱伝達率)	露出 14 W/m ² °C, 養生マット 5 W/m ² °C, 合板 8 W/m ² °C		
コンクリート打込み時 の外気温	5~29(°C) ※25°C以上の条件では, 簡易推定資料は, あくまで参考として 用いることとし, 施工等に際しては, コンクリート標準示方書 等に準拠すること			

【簡易推定資料を利用する際の留意事項】

- 解析手法: 温度解析 (2次元有限要素法), 応力解析 (CP 法)
- 材料条件
 - 単位セメント量は 295kg/m³ を基本としているが, 275~310kg/m³ の範囲は補正係数を使用し試算することができる。
 - 熱物性値は, 土木学会 2007 年制定コンクリート標準示方書等に示される一般的な数値を用いている。
- 地盤条件
 - 熱物性値はコンクリート標準示方書等に示される一般的な数値を用いている。
 - 力学物性値(ヤング係数)は, 岩盤(CH 級), N 値換算の 2 種類を選択できる。
- 施工条件: 型枠存置期間は, 7 日, 14 日を選択できる。
- 使用図の選定
 - 打設時期と設定外気温により使用する図を選択する。
 - (例)JCMAC1 では 2 月 1 日~7 月 31 日が気温上昇期, 8 月 1 日~1 月 31 日が気温下降期と設定されている。このため簡易推定図の利用に際しては, 打設時期及び外気温を想定し, 気温上昇期もしくは下降期の簡易推定図より適合するものを選択する必要がある。

3.5 詳細照査

3.5.1 温度応力解析

指針(案)では、温度ひび割れに対する照査をひび割れ指数に基づいたひび割れ発生確率により行うことが原則とされ、このひび割れ指数は、一般に温度応力解析によって求められる。

近年では、温度応力解析技術が進歩しており、3次元有限要素法によって解析されるケースも増えている。しかし、初期投資費用等の問題や「2007年制定土木学会コンクリート標準示方書(設計編 12章 初期ひび割れに対する照査)」に示されるひび割れ発生確率曲線(安全係数とひび割れ発生確率の関係)が、温度解析を2次元有限要素法で行い、応力解析にCP法を用いたものに適用可能であることから、本手引書では2次元による解析を対象に説明する。

温度応力解析の全体の流れを図.3.5.1に示し、各種条件の設定等について概説する。

【注】本手引書における温度応力解析には、社団法人日本コンクリート工学協会の2次元温度応力解析ソフト(JCMAC1)を用いている。
他のソフトウェアを用いて解析する場合は、それらに応じた条件等を適切に定めなければならない。

3.5 詳細照査

3.5.1 温度応力解析

指針(案)では、温度ひび割れに対する照査は、ひび割れ指数がひび割れ発生確率の限界値により設定する安全係数(目標とするひび割れ指数)以上であることを確認することで行う。このひび割れ指数は、一般に温度応力解析によって求められ、「土木学会 コンクリート標準示方書[設計編]」に以下の解析手法等が示されている。

①2007年制定コンクリート標準示方書[設計編]

2次元解析(温度解析:2次元有限要素法,応力解析:CP法)

※以下,CP法 と称す。

②2012年制定コンクリート標準示方書[設計編]

3次元解析(温度解析・応力解析:3次元有限要素法)

※以下,3次元有限要素法 と称す。

CP法は、長手方向の断面形状が変化しない比較的単純な構造物形状を持つスラブ状構造物や壁状構造物に適用可能である。これに対して3次元有限要素法は断面形状が変化したり、複雑な形状を有する構造物にも適用可能である。

CP法と3次元有限要素法を比較すると、応力解析手法や各種物性値の予測式が異なり、3次元有限要素法の方がより詳細な条件設定が可能でひび割れ発生の予測精度が高いことが知られている。しかし、断面形状が単純なスラブ状構造物、壁状構造物については、温度応力解析手法による最小ひび割れ指数の相違はさほど見られないことが確認されており(土木学会 コンクリートライブラリー-138 2012年制定コンクリート標準示方書 改訂資料[基本原則編・設計編・施工編])、解析労力や計算負荷の小さいCP法でも対応が十分に可能である。

よって、本手引書(案)の運用では、比較的単純な形状の構造物はCP法による温度応力解析によりひび割れ指数を算定し、複雑な形状の構造物は3次元有限要素法によることを基本とした。

本手引書(案)では、CP法による温度応力解析を対象に説明する。

なお、3次元有限要素法による場合は「土木学会 2012年制定コンクリート標準示方書[設計編]」の解析手法や各種物性値の予測式を使用しなければならない。参考資料としては、「土木学会 コンクリートライブラリー-138 2012年制定コンクリート標準示方書 改訂資料(基本原則編・設計編・施工編)」や「日本コンクリート工学会 マスコンクリートのひび割れ制御指針2008」がある。

CP法による温度応力解析の全体の流れを図.3.5.1に示し、各種条件の設定等について概説する。

【注】本手引書(案)における温度応力解析には、日本コンクリート工学会の2次元温度応力解析ソフト(JCMAC1)を用いている。
他のソフトウェアを用いて解析する場合は、それらに応じた条件等を適切に定めなければならない。

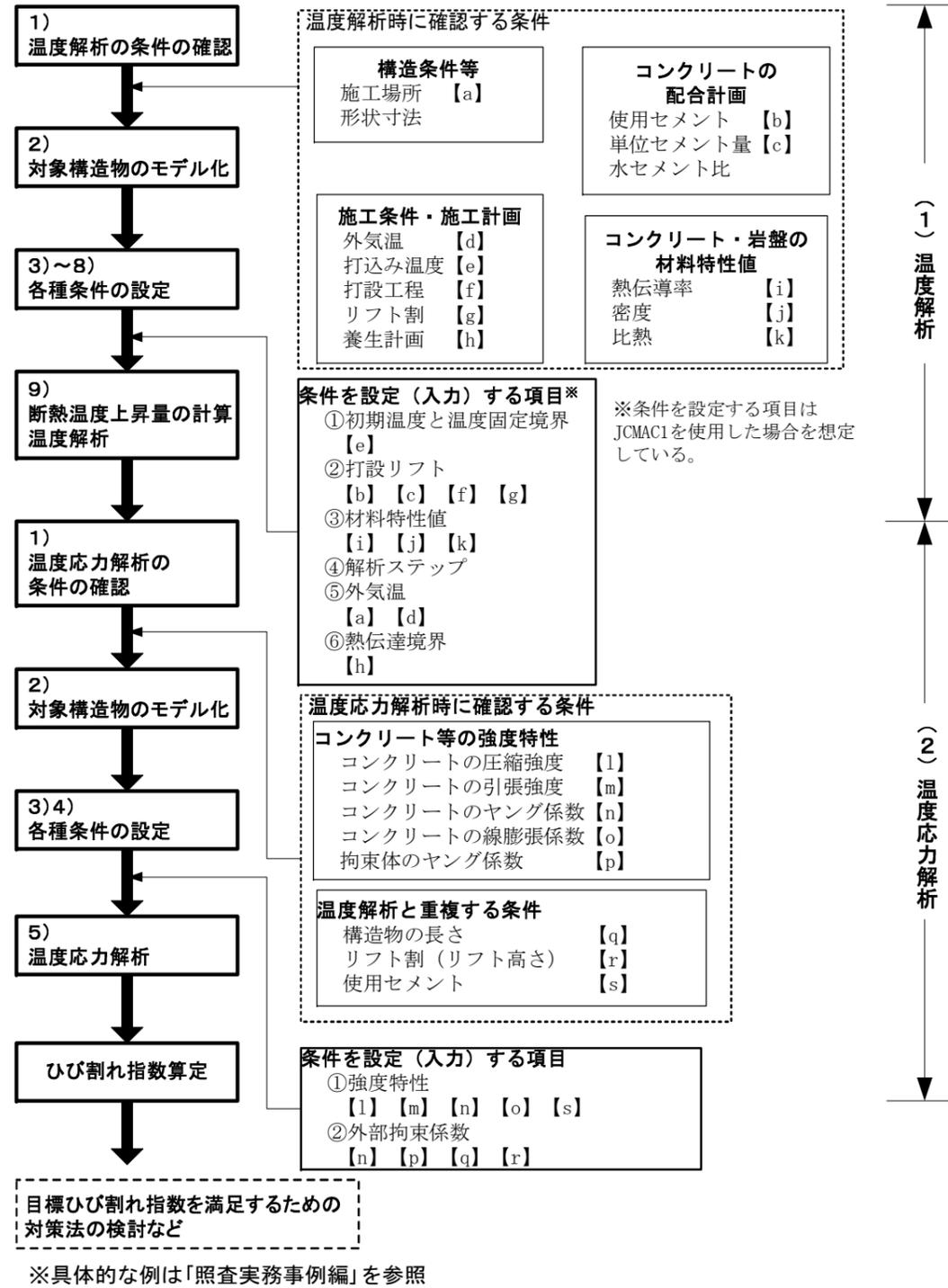


図 3.5.1 温度応力解析フロー (JCMAC1 を例として)

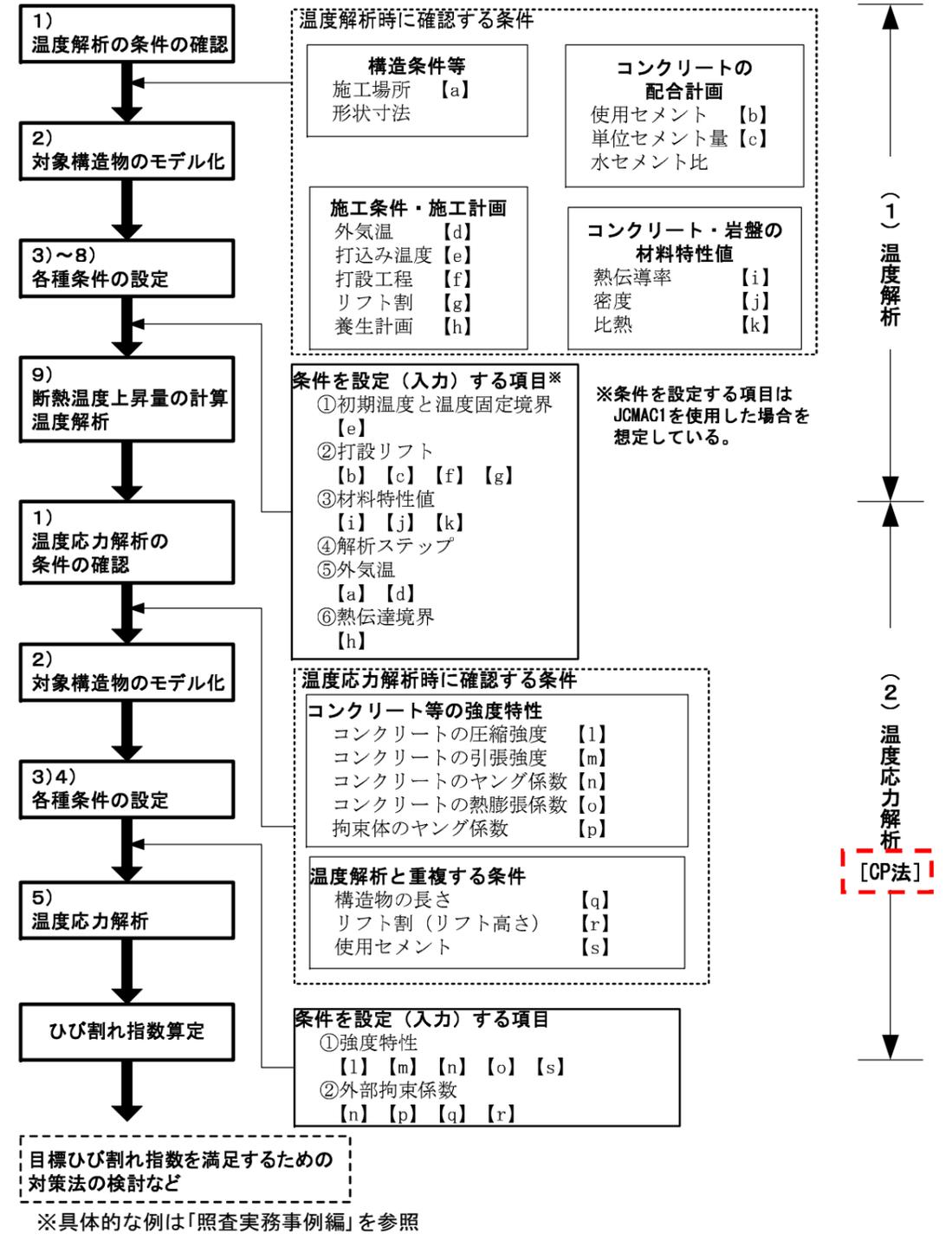


図 3.5.1 温度応力解析フロー (CP法 : JCMAC1 の例)

(1) 温度解析

1) 温度解析に必要となる条件

温度解析を行うにあたり、コンクリートや地盤の物性値や打設環境等の以下の項目について事前に定めておく必要がある。

なお、設計段階では使用するコンクリートの配合は未定であるため、**近隣地区の同種構造物に用いられたコンクリートの配合を参考とし**仮定する必要がある。

- ・打設工程 ・リフト割 ・養生計画
- ・コンクリート配合（使用セメント、単位セメント量、水セメント比）

2) 対象構造物のモデル化

温度解析における対象構造物のモデル化は、熱の伝達や放熱等の影響を考慮して適切に定める必要がある。対象とする構造物が左右対称の場合は、一般に 1/2 モデルとする場合が多い。

なお、要素の分割が大き過ぎると正しい解析結果を得ることができない場合があり、小さすぎると算出に時間を要す場合がある。~~したがって、3次元有限要素法の解析手法を参考にし、以下を要素分割の目安とするとよい。~~

- ・全断面 500mm 以下とし、重要な断面や放熱面近傍の 600mm 程度は 200mm 以下とする。ただし、解析モデルの 1 断面は 6 分割以上とする。
- なお、地盤の要素分割についてはこの限りではない。
- ・モデル化する地盤の深さは 10m 以上**が適切とされているが、ここでは節点数を考慮して 5m 以上**、幅は構造物の 2 倍以上とする。
- ・~~JCMACI の特性として、三角形要素を作成することはできない。このため、節点が T 字となるような要素分割を行うと、適切な解析が行えないので避ける。~~
- ・施工後に解析値と実測値を比較するために、温度計測器具の設置予定位置と解析時の節点位置を同じとするのが望ましい。

なお、施工時にコンクリート温度の測定を実施する場合は、後述する温度測定要領を参考にするとよい。

3) 初期温度と温度固定境界

コンクリートの初期温度は、打込み温度とし、練混ぜや運搬に伴う温度上昇を考慮する。

打込み温度は、過去の実績等により**決定**するとよいが、一般に、打込み日の平均気温に 5℃程度加えた値としてもよい。

地盤の初期温度は、対象地域に適切な温度を設定し、モデル化した最下端を固定温度境界とする。適切な温度として、対象地域の年平均気温等を参考とするとよい。

(1) 温度解析

1) 温度解析に必要となる条件

温度解析を行うにあたり、コンクリートや地盤の物性値や打設環境等の以下の項目について事前に定めておく必要がある。

なお、設計段階では使用するコンクリートの配合は未定であるため、**①近隣地区の同種構造物に用いられたコンクリートの配合を参考にする、②当該地区の生コンクリート協同組合に標準配合等を確認する、などにより**仮定する必要がある。

- ・打設工程 ・リフト割 ・養生計画
- ・コンクリート配合（使用セメント、単位セメント量、水セメント比）

2) 対象構造物のモデル化

温度解析における対象構造物のモデル化は、熱の伝達や放熱等の影響を考慮して適切に定める必要がある。対象とする構造物が左右対称の場合は、一般に 1/2 モデル（**3次元有限要素法の場合は 1/4 モデルなど**）とする場合が多い。

なお、要素の分割が大き過ぎると正しい解析結果を得ることができない場合があり、小さすぎると算出に時間を要す場合がある。**要素分割においては以下を**目安とするとよい。

- ・全断面 500mm 以下とし、重要な断面や放熱面近傍の 600mm 程度は 200mm 以下とする。ただし、解析モデルの 1 断面は 6 分割以上とする。
- なお、地盤の要素分割についてはこの限りではない。
- ・モデル化する地盤の深さは 10m 以上、幅は構造物の 2 倍以上とする。
- なお、CP 法では地盤の深さを 5m 程度としてよい。ただし、対象構造物が非常に大きいために、深さ方向の温度が 5m 近傍まで定常状態にならない（温度が変化する）ような場合は、地盤の深さを大きくする必要がある。**
- ・節点が T 字となるような要素分割を行うと、適切な解析が行えないので避ける。
- ・施工後に解析値と実測値を比較するために、温度計測器具の設置予定位置と解析時の節点位置を同じとするのが望ましい。

なお、施工時にコンクリート温度の測定を実施する場合は、後述する温度測定要領を参考にするとよい。

3) 初期温度と温度固定境界

コンクリートの初期温度は、打込み温度とし、練混ぜや運搬に伴う温度上昇を考慮する。

打込み温度は、**レディーミクストコンクリート工場の実績（練混ぜ時、現着時など）**や過去の実績等により**設定**するとよいが、一般に、打込み日の平均気温に 5℃程度加えた値としてもよい。

地盤の初期温度は、対象地域に適切な温度を設定し、モデル化した最下端を固定温度境界とする。適切な温度として、対象地域の年平均気温等を参考とするとよい。

なお、既設部位（構造物と複雑に入り組んでいる地盤や既設コンクリート）については、既設部のみの非定常温度解析を実施することで求める方法（最初にコンク

4) 打設リフトの設定

設計段階における打設リフトは、施工時の工程を想定し、施工性を考慮して設定しなければならない。この際、地盤や既設コンクリートなどの既設部位は、非発熱体として取り扱う。

また、各リフトに使用するコンクリートの断熱温度上昇特性は、使用するセメントの種類および単位セメント量、打込み時の温度によって定まる終局断熱温度上昇量と温度上昇速度によって求められ、実験によって適切に定めなければならない。なお、コンクリート標準示方書には、これらの標準的な値が示されている。

5) 材料特性値

一般のコンクリートの熱伝導率は 2.6~2.8W/m°C、比熱は 1.05~1.26kJ/kg°C、熱拡散率は (0.83~1.1) × 10⁻⁶m²/s 程度である。

また、地盤や岩盤の特性は既往のデータや表 3.5.1などを参考に定めるとよい。

表 3.5.1 岩盤・地盤の熱特性の目安

種類	N 値の目安	密度 (kg/m ³)	比熱 (kJ/kg°C)	熱伝導率 (W/m°C)
岩盤	—	2600~2700	0.71~0.88	1.7~5.2
軟弱な地盤	0~20	1800	2.6	1.0
普通の地盤	50 以上	2100	1.4	1.7

6) 解析ステップ

解析期間は、コンクリートの内部温度が低下し、外気温と平衡となるまでを目安として適切に定める。これは、部材の厚さや打設時期によって異なるが、

温度ひび割れの発生時期を考慮すると最低でも 1 カ月以上は必要であり、標準としては最終打設後 2 ヶ月程度が目安となる。

また、解析ステップ（時間間隔）は、セメントの水和発熱が著しい初期材齢では短くし、その後徐々に間隔を大きくするとよい。

7) 外気温の設定

外気温は、構造物が設置される場所や標高等を考慮して適切に定める。ソフトウエアに組み込まれていない場合は、構造物が設置される場所に最も近い気象台等の測定データを参考とし、過去 3 年間の日平均気温を使用するとよい。なお、外気温は気象庁のホームページで調べることも可能である。

リフトを打ち込む日より少なくとも 3 ヶ月前を起点に、既設部位のみを解析し、その結果を初期温度とする)もある。なお、地盤の温度は地表面から約 5m 以深は当該地の年平均気温と変わらないといわれているので、これを参考に設定する方法もある。

4) 打設リフトの設定

設計段階における打設リフトは、施工時の工程を想定し、施工性を考慮して設定しなければならない。この際、地盤や既設コンクリートなどの既設部位は、非発熱体として取り扱う。

また、各リフトに使用するコンクリートの断熱温度上昇特性は、使用するセメントの種類および単位セメント量、打込み時の温度によって定まる終局断熱温度上昇量と温度上昇速度によって求められ、実験によって適切に定めなければならない。なお、コンクリート標準示方書には、これらの標準的な値が示されている。

5) 材料特性値

一般のコンクリートの熱伝導率は 2.6~2.8W/m°C、比熱は 1.05~1.26kJ/kg°C、熱拡散率は (0.83~1.1) × 10⁻⁶m²/s 程度である。

また、地盤や岩盤の特性は既往のデータや表 3.5.1などを参考に定めるとよい。

表 3.5.1 岩盤・地盤の熱特性の目安

種類	N 値の目安	密度 (kg/m ³)	比熱 (kJ/kg°C)	熱伝導率 (W/m°C)
岩盤	—	2600~2700	0.71~0.88	1.7~5.2
軟弱な地盤	0~20	1800	2.6	1.0
普通の地盤	50 以上	2100	1.4	1.7

6) 解析ステップ

解析期間は、コンクリートの内部温度が低下し、外気温と平衡となるまでを目安として適切に定める。これは、部材の厚さや打設時期によって異なるが、**部材厚さが 2m 以内の場合でおよそ 1 ヶ月、2m を超える場合は 3 ヶ月程度といわれているので、**温度ひび割れの発生時期を考慮すると最低でも 1 カ月以上は必要であり、標準としては最終打設後 2 ヶ月程度が目安となる。

また、解析ステップ（時間間隔）は、セメントの水和発熱が著しい初期材齢では短くし、その後徐々に間隔を大きくするとよい。

7) 外気温の設定

外気温は、構造物が設置される場所や標高等を考慮して適切に定める。**設定にあたっては、**構造物が設置される場所に最も近い気象台等の測定データを参考とし、**最低でも過去 3 年間、できるだけ最新の**日平均気温を使用するとよい。**外気温等の気象情報は気象庁のホームページで調べることも可能である。**

8) 熱伝達境界の設定

熱伝達境界を設定するためには、**脱枠**までの期間や養生方法およびその期間に関する養生計画を事前に定めなければならない。また、熱伝達境界の特性は、熱伝達率で表すものとし、養生方法や材質等によって相違するため適切に設定しなければならない。コンクリート表面の熱伝達率は表 3.5.2 を参考にするとよい。

表 3.5.2 熱伝達率の参考値

No.	養生方法	熱伝達率 (W/m ² °C)
1	メタルフォーム、散水 (湛水深さ10mm未満)	14
2	湛水 (湛水深さ10mm以上50mm未満)、むしろ養生を含む	8
3	湛水 (湛水深さ50mm以上100mm未満)、むしろ養生を含む	8
4	合板	8
5	シート	6
6	養生マット、湛水+養生マット、湛水シートを含む	5
7	発泡スチロール (厚さ50mm) +シート	2
8	エアバッグ (シート付き) ; 2枚、3枚、4枚	6、4、2
9	コンクリート・地盤・岩盤の露出面	14

9) 温度解析

上記各条件等を設定した後に、断熱温度上昇量を計算し、温度解析を実施する。

(2) 温度応力解析

1) 温度応力解析に必要となる条件

温度ひび割れの発生を予測するための温度応力解析では、コンクリートおよび地盤・岩盤の材料特性値を事前に調査し、適切に定めなければならない。

2) 対象構造物のモデル化 (応力解析)

温度応力解析における対象構造物のモデル化は、適切に要素分割を行う必要がある。~~ただし、JCMAC1 に関しては、作業性を考慮して温度解析に用いたモデルを利用してよい。~~

3) 強度特性の設定

ひび割れ指数の算定に用いるコンクリートの引張強度は、割裂引張強度試験により定め、材齢に伴う変化は、その圧縮強度から推定してよい。任意の材齢におけるコンクリートの圧縮強度、引張強度およびヤング係数は使用するセメントによって異なることが知られており、これらの設定については、**コンクリート標準示方書等**を参考にするとよい。なお、配合強度や試験等によって実際の強度が分かっている場合は、これを用いることでより実態に近い解析結果を得ることができる。

なお、ソフトウェアに外気温が組み込まれている場合は、これを利用してもよい。

8) 熱伝達境界の設定

熱伝達境界を設定するためには、**脱型**までの期間や養生方法およびその期間に関する養生計画を事前に定めなければならない。また、熱伝達境界の特性は、熱伝達率で表すものとし、養生方法や材質等によって相違するため適切に設定しなければならない。コンクリート表面の熱伝達率は表 3.5.2 を参考にするとよい。

表 3.5.2 熱伝達率の参考値

No.	養生方法	熱伝達率 (W/m ² °C)
1	メタルフォーム、散水 (湛水深さ10mm未満)	14
2	湛水 (湛水深さ10mm以上50mm未満)、むしろ養生を含む	8
3	湛水 (湛水深さ50mm以上100mm未満)、むしろ養生を含む	8
4	合板	8
5	シート	6
6	養生マット、湛水+養生マット、湛水シートを含む	5
7	発泡スチロール (厚さ50mm) +シート	2
8	エアバッグ (シート付き) ; 2枚、3枚、4枚	6、4、2
9	コンクリート・地盤・岩盤の露出面	14

9) 温度解析

上記各条件等を設定した後に、断熱温度上昇量を計算し、温度解析を実施する。

(2) 温度応力解析

1) 温度応力解析に必要となる条件

温度ひび割れの発生を予測するための温度応力解析では、コンクリートおよび地盤・岩盤の材料特性値を事前に調査し、適切に定めなければならない。

2) 対象構造物のモデル化 (応力解析)

温度応力解析における対象構造物のモデル化は、適切に要素分割を行う必要がある。一般に、温度応力解析のソフトウェアを用いる場合は、温度解析に用いたモデルを使用する。

3) 強度特性の設定

ひび割れ指数の算定に用いるコンクリートの引張強度は、割裂引張強度試験により定め、材齢に伴う変化は、その圧縮強度から推定してよい。任意の材齢におけるコンクリートの圧縮強度、引張強度およびヤング係数は使用するセメントによって異なることが知られており、これらの設定については、**CP 法による場合は「土木学会 2007 年制定コンクリート標準示方書[設計編]」、3次元有限要素法による場合は「土木学会 2012 年制定コンクリート標準示方書[設計編]」**を参考にするとよい。な

また、一般的なコンクリートの熱膨張係数は、 $10 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ としてよい。

4) 外部拘束係数の設定

外部拘束係数は、材齢 28 日におけるコンクリートと拘束体のヤング係数比 E_c/E_r およびコンクリートブロックの底面の長さ L と拘束体からの高さ H (図 3.5.2)の比 L/H によって求めることができる。ここで、拘束体のヤング係数 E_r は地盤が拘束体になっている場合は地盤のヤング係数を、既設構造物が拘束体になっている場合は、既設構造物のヤング係数を用いる。また、高さ H に関しては、図 3.5.2(b)に示すように拘束体より上のリフトの高さを累積したものを用いる。

地盤・岩盤の力学物性値は、信頼できる資料あるいは実験により定めることが基本であるが、情報の入手が困難な場合は、地盤のヤング係数 E_b は N 値が分かっている場合は式 3.1 より算出し、岩盤のヤング係数は表 3.5.3 を参考にするとよい。

$$E_b = 2.8 \times N \text{ 値} \quad (\text{N/mm}^2) \quad \text{式 3.1}$$

表 3.5.3 岩盤のヤング係数の参考値

岩盤の種類	A 級	B 級	CH 級	CM 級	CL 級
ヤング係数 (N/mm ²)	10000	6000	4000	3000	1000

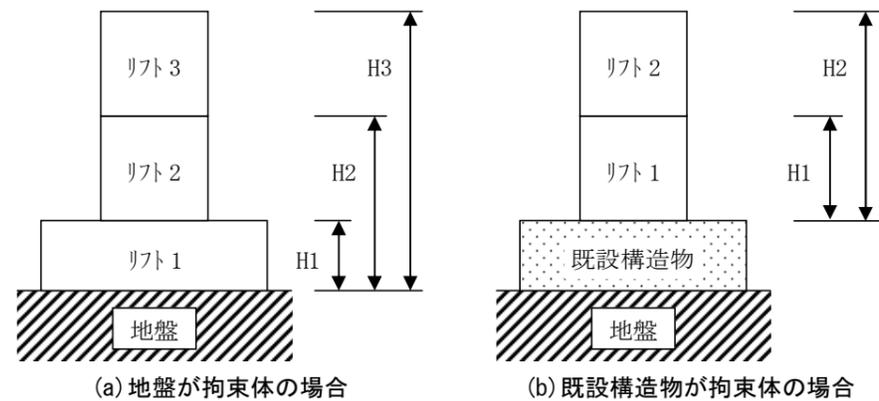


図 3.5.2 構造物のリフト高さの考え方

お、配合強度や試験等によって実際の強度が分かっている場合は、これを用いることにより実態に近い解析結果を得ることができる。

熱膨張係数も実績あるいは既往のデータに基づき定めるとよい。これによらない場合は、CP 法は $10 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 、3 次元有限要素法は、ポルトランドセメントは $10 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 、高炉セメント B 種は $12 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ を用いてもよい。

4) 外部拘束係数の設定

CP 法では、外部拘束係数を用いて温度応力を算定する。外部拘束係数は、材齢 28 日におけるコンクリートと拘束体のヤング係数比 E_c/E_r およびコンクリートブロックの底面の長さ L と拘束体からの高さ H (図 3.5.2)の比 L/H によって求めることができる。ここで、拘束体のヤング係数 E_r は地盤が拘束体になっている場合は地盤のヤング係数を、既設構造物が拘束体になっている場合は、既設構造物のヤング係数を用いる。また、高さ H に関しては、図 3.5.2(b)に示すように拘束体より上のリフトの高さを累積したものを用いる。

※3 次元有限要素法では、外部拘束係数は用いない。

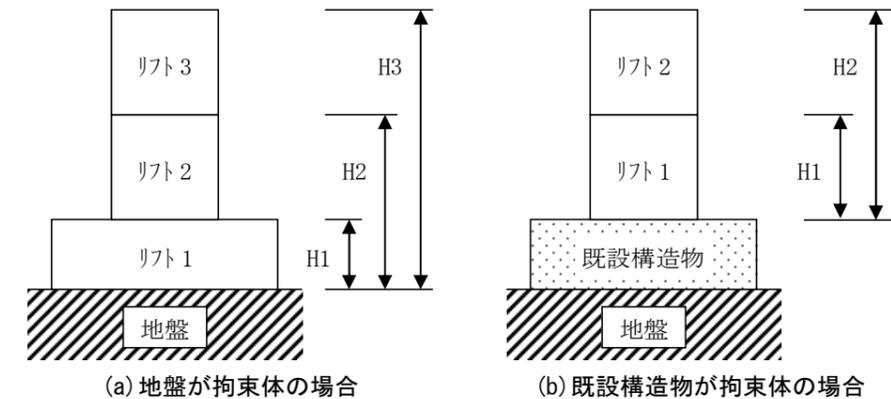


図 3.5.2 構造物のリフト高さの考え方

地盤・岩盤の力学物性値は、信頼できる資料あるいは実験により定めることが基本であるが、情報の入手が困難な場合は、地盤のヤング係数 E_b は N 値が分かっている場合は式 3.1 より算出し、岩盤のヤング係数は表 3.5.3 を参考にするとよい。

$$E_b = 2.8 \times N \text{ 値} \quad (\text{N/mm}^2) \quad \text{式 3.1}$$

表 3.5.3 岩盤のヤング係数の参考値

岩盤の種類	A 級	B 級	CH 級	CM 級	CL 級
ヤング係数 (N/mm ²)	10000	6000	4000	3000	1000

5) 温度応力解析

上記の各条件等を設定した後に、温度応力解析を実施する。

3.5.2 解析結果の評価

(1) 解析結果の出力

解析結果を評価するために、「材齢と温度の関係のグラフ」「温度分布図」「材齢とひび割れ指数の関係のグラフ」「ひび割れ指数分布図」等を出力することで、理解を容易にすることができる。

なお、これらの出力には、温度（応力）解析の目的や検討に必要な材齢および断面等を十分に考慮し、着目する節点や時期について適切に選定しなければならない。

5) 温度応力解析

上記の各条件等を設定した後に、温度応力解析を実施する。

3.5.2 解析結果の評価

(1) 解析結果の出力

解析結果を評価するために、「材齢と温度の関係のグラフ」「温度分布図」「材齢とひび割れ指数の関係のグラフ」「ひび割れ指数分布図」等を出力することで、理解を容易にすることができる。

なお、これらの出力には、温度（応力）解析の目的や検討に必要な材齢および断面等を十分に考慮し、着目する節点や時期について適切に選定しなければならない。

参考として、CP 法による「1) 温度解析結果の出力例」「2) 温度応力解析結果の出力例」を次頁に示す。

1) 温度解析結果の出力例

ここでは、温度解析結果の評価を行うために最低限必要な情報の出力例として以下の項目を図 3.5.3 に示す。

- ・「材齢と温度の関係のグラフ」では、それぞれのリフトにおける最高温度を示す節点（一般的に部材中央断面）とその表面（側面）位置に当たる節点を選択するとよい。この 2 点を検討することにより、コンクリート構造物の内部温度と表面温度の差を求めることができ、内部拘束による影響を評価することができる。この際、各リフトにおいて最高温度となる材齢を求めておくことも重要である。
- ・「温度分布図」では、それぞれの節点における温度履歴の中での最大温度を示すことで、視覚的に評価が可能となる。

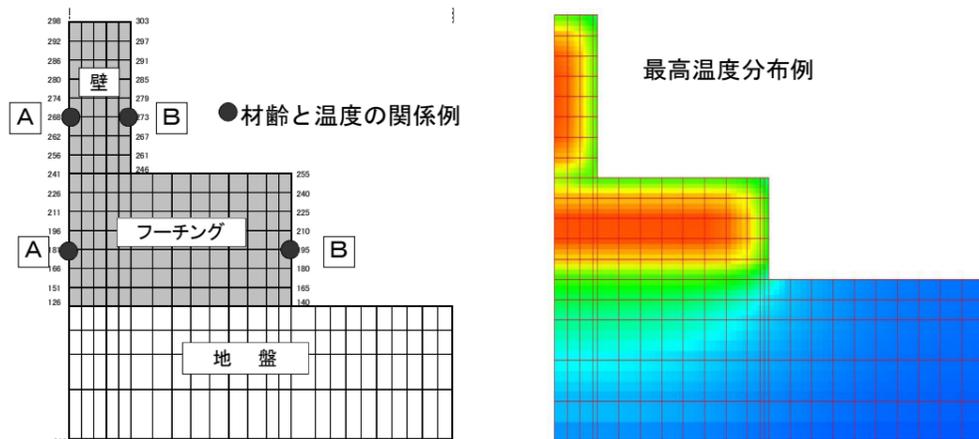


図 3.5.3 温度解析結果の出力例

1) 温度解析結果の出力例

ここでは、温度解析結果の評価を行うために最低限必要な情報の出力例として以下の項目を図 3.5.3 に示す。

- ・「材齢と温度の関係のグラフ」では、それぞれのリフトにおける最高温度を示す節点 A（一般的に部材中央断面）とその表面（側面）位置に当たる節点 B を選択するとよい。この 2 点を検討することにより、コンクリート構造物の内部温度と表面温度の差を求めることができ、内部拘束による影響を評価することができる。この際、各リフトにおいて最高温度となる材齢を求めておくことも重要である。
- ・「最高温度分布図」では、それぞれの節点における温度履歴の中での最大温度を示すことで、視覚的に評価が可能となる。

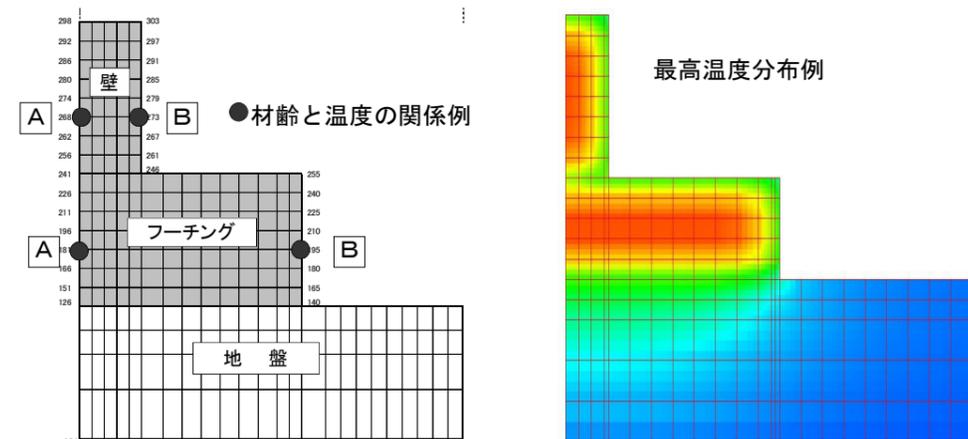


図 3.5.3 温度解析結果の出力例

2) 温度応力解析結果の出力例

ここでは、温度応力解析結果の評価を行うために最低限必要な情報の出力例として以下の項目を図 3.5.4 に示す。

「材齢とひび割れ指数の関係のグラフ」では、それぞれのリフトの表面（側面）と内部の両者において、ひび割れ指数が最小となる節点を選択するとよい。これは、一般に内部拘束が卓越する場合は部材表面のひび割れ指数が小さくなり、外部拘束が卓越する場合は部材内部のひび割れ指数が小さくなる傾向にあり、両者を選定することにより、内部拘束による影響と外部拘束による影響を評価することができる。

「ひび割れ指数分布図」では、それぞれの節点におけるひび割れ指数のうち最小値を示すことが一般的ではあるが、本手引書の運用においては後述する次リフト打設時にひび割れ指数が低下する影響（図 3.5.6）を考慮しないため、参考程度として扱うとよい。

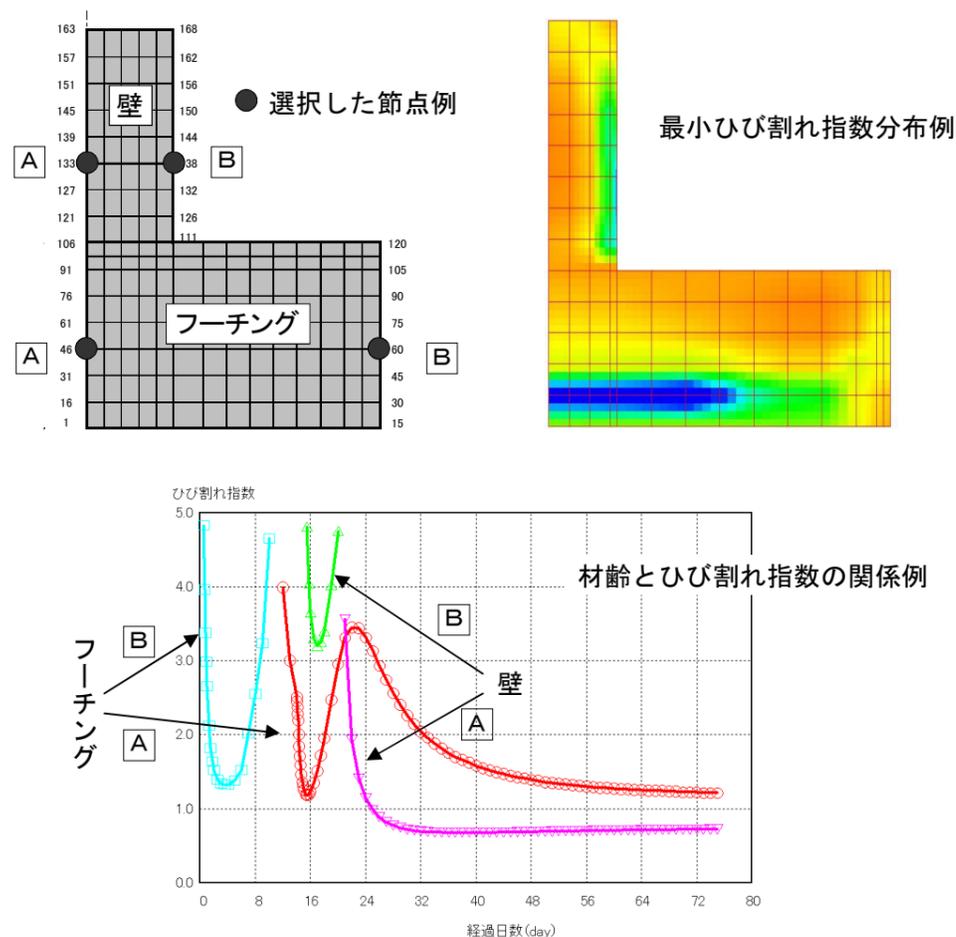


図 3.5.4 温度応力解析結果の出力例

2) 温度応力解析結果の出力例

ここでは、温度応力解析結果の評価を行うために最低限必要な情報の出力例として以下の項目を図 3.5.4 に示す。

「材齢とひび割れ指数の関係のグラフ」では、それぞれのリフトの表面（側面）と内部の両者において、ひび割れ指数が最小となる節点 A と B を選択するとよい。これは、一般に内部拘束が卓越する場合は部材表面のひび割れ指数が小さくなり、外部拘束が卓越する場合は部材内部のひび割れ指数が小さくなる傾向にあり、両者を選定することにより、内部拘束による影響と外部拘束による影響を評価することができる。

「最小ひび割れ指数分布図」では、各節点におけるひび割れ指数のうち最小値を示すことが一般的ではあるが、本手引書(案)の運用においては後述する次リフト打設時にひび割れ指数が低下する影響（図 3.5.6）を考慮しないため、参考程度として扱うとよい。

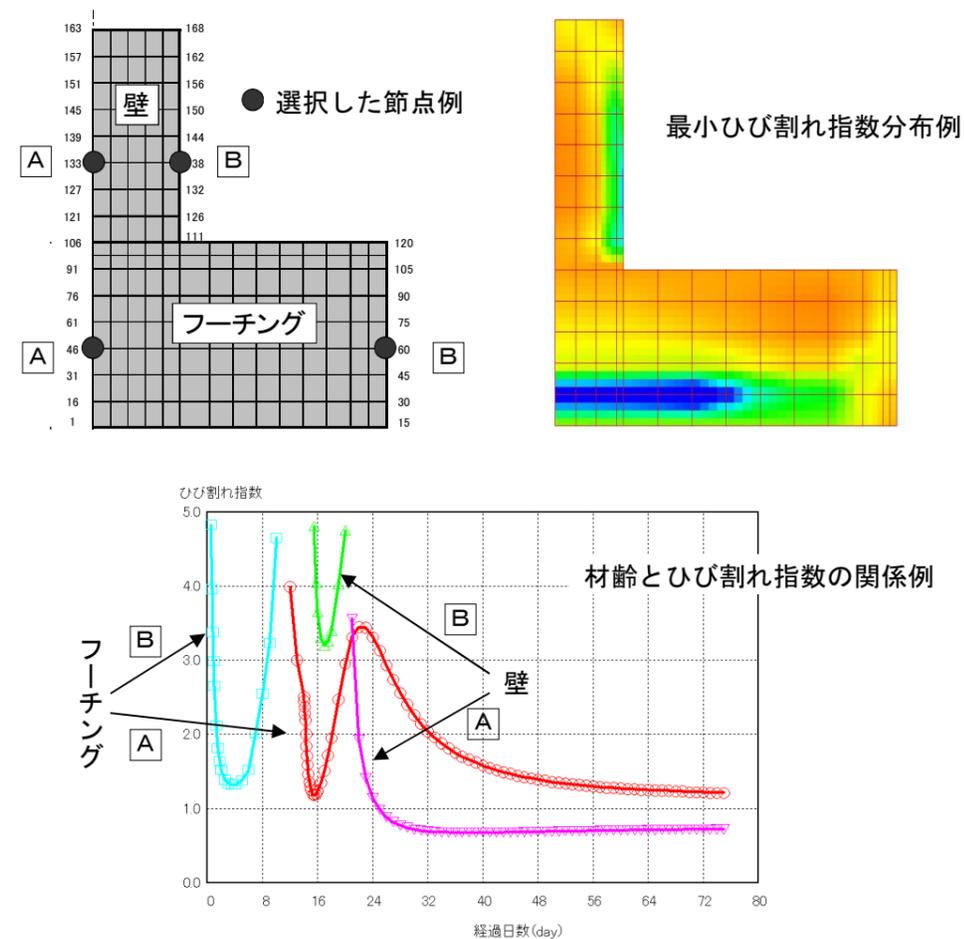


図 3.5.4 温度応力解析結果の出力例

(2) 解析結果の評価

水和熱に起因するひび割れは、内部拘束によるひび割れと外部拘束によるひび割れに区分される。これは、部材において最小ひび割れ指数が確認された節点の位置および部材の最高温度を迎える時期と最小ひび割れ指数を示す時期の関係により判断することができる。

図 3.5.5 に内部拘束卓越型と外部拘束卓越型の材齢とひび割れ指数の関係のモデルを示す。

図 3.5.5 の内部拘束卓越型のように、部材が最高温度となる辺りもしくは部材内部と表面の温度差が最高となる辺りでひび割れ指数が最小となり、部材の内部と表面の温度差が小さくなるにつれてひび割れ指数も大きくなるような傾向（下向凸型）を示す場合は、内部拘束が卓越した状態であり、フーチング等のスラブ構造物に見られることが多い。この影響によって生じるひび割れは、規則性がなく表面に発生することが多い。

一方、外部拘束卓越型のように、部材が最高温度を迎えた後徐々に冷却される過程において、急激にひび割れ指数が小さくなり、材齢 1~2 週間程度でひび割れ指数が最小となった後は緩やかに変化する傾向（L 型）を示す場合は、外部拘束が卓越した状態であり、壁部材等で見られることが多い。このひび割れ指数の緩やかな変化は、外気温による影響を強く受ける。この影響によって生じるひび割れのパターンは、拘束部材に対して垂直方向に等間隔に生じ、その多くは部材を貫通するひび割れである。

なお、外部拘束卓越型の壁部材等をリフト割りして打設する際は、図 3.5.6 に示すように、**ほぼ最小値に収束した**前リフト部のひび割れ指数**解析値**が次リフト打設直後に急低下する。これは指針(案)「3.15.3 打込み」の[解説](1)に述べたように、ほぼ外気温まで温度降下した前リフト部が次リフト部の水和熱膨張を拘束する現象を一部反映したものである。しかし、本手引書「資料編」のひび割れ指数は、壁部材を 1 リフトで打設する構造モデルに基づいて解析されているため、次リフト打設による指数低下は考慮されていない。九州地方整備局管内の直轄施工事例におけるひび割れ実態調査結果によれば、本構造モデルの最小ひび割れ指数が目標値 1.0 を超えれば壁部材に有害なひび割れがほぼ発生していないことから、本手引書の運用においては、次リフト打設前の最小値を前リフト部の最小ひび割れ指数としてよいこととする。

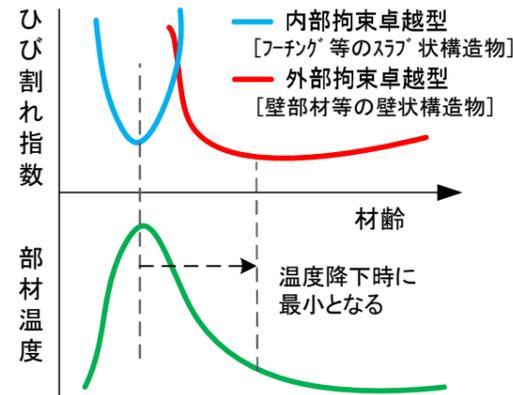


図 3.5.5 ひび割れ指数と温度のモデル

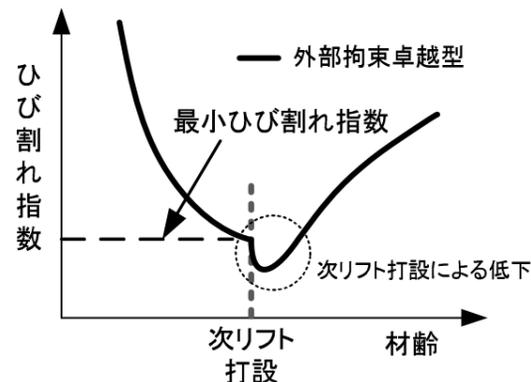


図 3.5.6 連続打設を行った場合のひび割れ指数のモデル

(2) 解析結果の評価

水和熱に起因するひび割れは、内部拘束によるひび割れと外部拘束によるひび割れに区分される。これは、部材において最小ひび割れ指数が確認された節点の位置および部材の最高温度を迎える時期と最小ひび割れ指数を示す時期の関係により判断することができる。

図 3.5.5 に内部拘束卓越型と外部拘束卓越型の材齢とひび割れ指数の関係のモデルを示す。

図 3.5.5 の内部拘束卓越型のように、部材が最高温度となる辺りもしくは部材内部と表面の温度差が最高となる辺りでひび割れ指数が最小となり、部材の内部と表面の温度差が小さくなるにつれてひび割れ指数も大きくなるような傾向（下向凸型）を示す場合は、内部拘束が卓越した状態であり、フーチング等のスラブ構造物に見られることが多い。この影響によって生じるひび割れは、規則性がなく表面に発生することが多い。

一方、外部拘束卓越型のように、部材が最高温度を迎えた後徐々に冷却される過程において、急激にひび割れ指数が小さくなり、材齢 1~2 週間程度でひび割れ指数が最小となった後は緩やかに変化する傾向（L 型）を示す場合は、外部拘束が卓越した状態であり、壁部材等で見られることが多い。このひび割れ指数の緩やかな変化は、外気温による影響を強く受ける。この影響によって生じるひび割れのパターンは、拘束部材に対して垂直方向に等間隔に生じ、その多くは部材を貫通するひび割れである。

なお、外部拘束卓越型の壁部材等をリフト割りして打設する際は、図 3.5.6 に示すように、前リフト部のひび割れ指数が次リフト打設直後に急低下する。これは指針(案)「3.15.3 打込み」の[解説](1)に述べたように、ほぼ外気温まで温度降下した前リフト部が次リフト部の水和熱膨張を拘束する現象を一部反映したものである。しかし、本手引書「資料編」のひび割れ指数は、壁部材を 1 リフトで打設する構造モデルに基づいて解析されているため、次リフト打設による指数低下は考慮されていない。九州地方整備局管内の直轄施工事例におけるひび割れ実態調査結果によれば、本構造モデルの最小ひび割れ指数が目標値 1.0 を超えれば壁部材に有害なひび割れがほぼ発生していないことから、本手引書の運用においては、次リフト打設前の最小値を前リフト部の最小ひび割れ指数としてよいこととする。

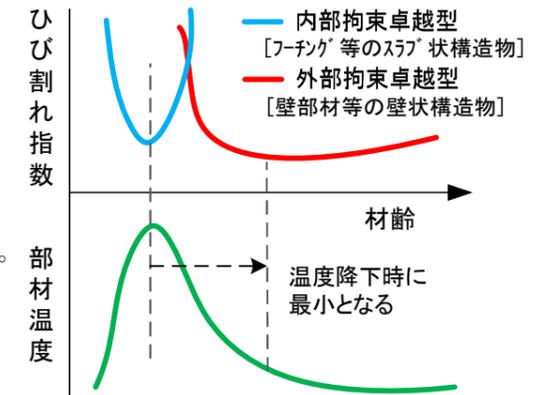


図 3.5.5 ひび割れ指数と温度のモデル

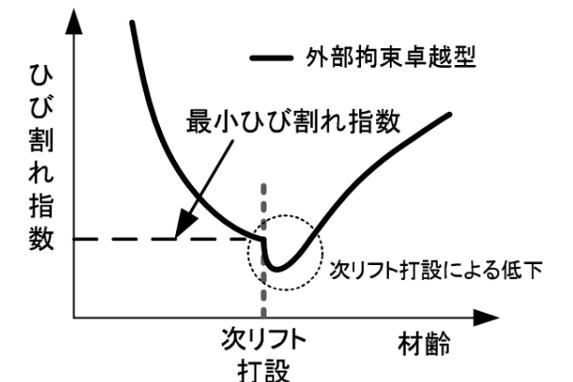


図 3.5.6 連続打設を行った場合のひび割れ指数のモデル

3.6 温度ひび割れ対策

指針(案)では、内部拘束が卓越した場合および外部拘束が卓越した場合のそれぞれにおいて効果が期待できる温度ひび割れ抑制対策の例(解説 表 2.3.1)を示している。一般に、温度ひび割れを抑制するための対策の考え方は、次の3つに要約でき、これらの対策方法を単独もしくは併用して抑制する。

- a) 温度変化を小さくして、コンクリートの体積変化を抑制する方法
- b) 収縮ひずみを低減して、コンクリートの体積変化を抑制する方法
- c) 発生する温度応力を低減する方法

この中でも、a)の温度変化を小さくすることが温度ひび割れ抑制の基本であり、最初に検討すべき項目である。その手法としては、プレクーリングによる材料温度の低減、打込みの時間や時期の工夫、打込み量の低減、単位セメント量の低減、急冷を防止する養生、水和発熱の小さいセメントの使用などがあげられ、比較的容易に対応できるものが多い。

一般に、単位セメント量が $10\text{kg}/\text{m}^3$ 小さくなると最高温度が 1°C 低下し、プレクーリングによりセメント 8°C 、骨材 2°C 、練混ぜ水 4°C 低下させるとコンクリートの温度が 1°C 低下する。

温度ひび割れ抑制対策を検討するには、1つもしくは複数の対策パターンを抽出し、対策効果の程度および施工性や経済性等について総合的に比較し、最も適切な対策工法を選定する必要がある。

また、使用する材料の変更を検討する場合は、材料の流通状況やコンクリートプラントの制限等について事前に調査し、実現可能な対策について検討しなければならない。

指針(案)2.3.2の解説表 2.3.1において温度ひび割れ抑制対策の例を示しているが、以下に、主要な温度ひび割れ対策における留意事項等を参考に示す。

低発熱型セメント

- ・材料の入手が可能か、どのくらいコスト増となるか事前に把握しておく。
- ・強度発現までの期間が長く必要なことを許容できる必要がある(28日強度を56日強度へ、など)
 ※設計基準強度を確保するための材齢は一般的に28日であるが、これを満足させる場合は水セメント比を小さくする必要があるため、単位セメント量が大きくなり、結果的に温度低減効果が十分に発揮できなくなる場合がある。
- ・高密度鉄筋対策としてスランプを大きくする必要がある場合、硬化速度が緩やかになると共にブリーディングが大きくなる傾向になり、水みちや砂すじが発生する場合がある。
- ・品質管理を適切に行うために、事前に試し練りを行い材齢と強度の関係を求めておく。

3.6 温度ひび割れ対策

指針(案)では、内部拘束が卓越した場合および外部拘束が卓越した場合のそれぞれにおいて効果が期待できる温度ひび割れ抑制対策の例(解説 表 2.3.1)を示している。一般に、温度ひび割れを抑制するための対策の考え方は、次の3つに要約でき、これらの対策方法を単独もしくは併用して抑制する。

- a) 温度変化を小さくして、コンクリートの体積変化を抑制する方法
- b) **温度降下による**収縮ひずみを低減して、コンクリートの体積変化を抑制する方法
- c) 発生する温度応力を低減する方法

この中でも、a)の温度変化を小さくすることが温度ひび割れ抑制の基本であり、最初に検討すべき項目である。その手法としては、プレクーリングによる材料温度の低減、打込みの時間や時期の工夫、打込み量の低減、単位セメント量の低減、急冷を防止する養生、水和発熱の小さいセメントの使用などがあげられ、比較的容易に対応できるものもある。

一般に、単位セメント量が $10\text{kg}/\text{m}^3$ 小さくなると最高温度が 1°C 低下し、プレクーリングによりセメント 8°C 、骨材 2°C 、練混ぜ水 4°C 低下させるとコンクリートの温度が 1°C 低下する。

温度ひび割れ抑制対策を検討するには、1つもしくは複数の対策パターンを抽出し、対策効果の程度および施工性や経済性等について総合的に比較し、最も適切な対策工法を選定する必要がある。

また、使用する材料の変更を検討する場合は、材料の流通状況やコンクリートプラントの制限等について事前に調査し、実現可能な対策について検討しなければならない。

指針(案)2.3.2の解説表 2.3.1において温度ひび割れ抑制対策の例を示しているが、以下に、主要な温度ひび割れ対策における留意事項等を参考に示す。

低発熱型セメント

- ・材料の入手が可能か、どのくらいコスト増となるか事前に把握しておく。
- ・強度発現までの期間が長く必要なことを許容できる必要がある(28日強度を56日強度へ、など)
 ※設計基準強度を確保するための材齢は一般的に28日であるが、これを満足させる場合は水セメント比を小さくする必要があるため、単位セメント量が大きくなり、結果的に温度低減効果が十分に発揮できなくなる場合がある。
- ・高密度鉄筋対策としてスランプを大きくする必要がある場合、硬化速度が緩やかになると共にブリーディングが大きくなる傾向になり、水みちや砂すじが発生する場合がある。
- ・品質管理を適切に行うために、事前に試し練りを行い材齢と強度の関係を求めておく。

九州地区における土木コンクリート構造物設計・施工指針（案）

手引書（案）：照査実務事例編

新 旧 比 較 表

平成26年4月

国 土 交 通 省
九州地方整備局

橋梁下部工 照査例①：A 橋脚（壁式橋脚）

1.1 構造物の諸元

表 1.1.1 下部工諸元

橋梁構造形式	鋼 6 径間連続非合成鈹桁橋	
橋長	L=213.000m	
下部工形式（躯体）	張出式橋脚	
塩害に対する地域区分	C 地域	
凍害に関する事項	九州地区 平地（山間地ではない）	
化学的侵食に関する事項	温泉地域および旧産炭地域等ではない	
使用材料	コンクリート	$\sigma_{ck}=24\text{N/mm}^2$
	鉄筋	SD345

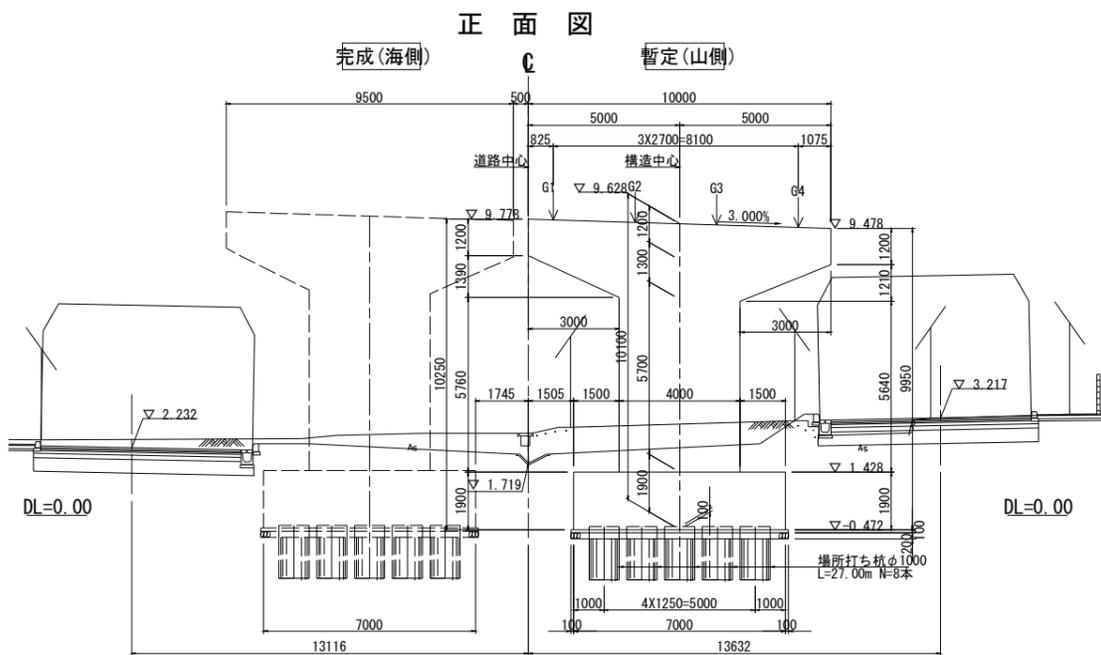


図 1.1.1 下部工一般図

橋梁下部工 照査例①：A 橋脚（壁式橋脚）

1.1 構造物の諸元

表 1.1.1 下部工諸元

橋梁構造形式	鋼 6 径間連続非合成鈹桁橋	
橋長	L=213.000m	
下部工形式（躯体）	張出式橋脚	
塩害に対する地域区分	C 地域 ※道路橋示方書の塩害の地域区分による	
凍害に関する事項	九州地区 平地（山間地ではない）	
化学的侵食に関する事項	温泉地域および旧産炭地域等ではない	
使用材料	コンクリート	$\sigma_{ck}=24\text{N/mm}^2$
	鉄筋	SD345

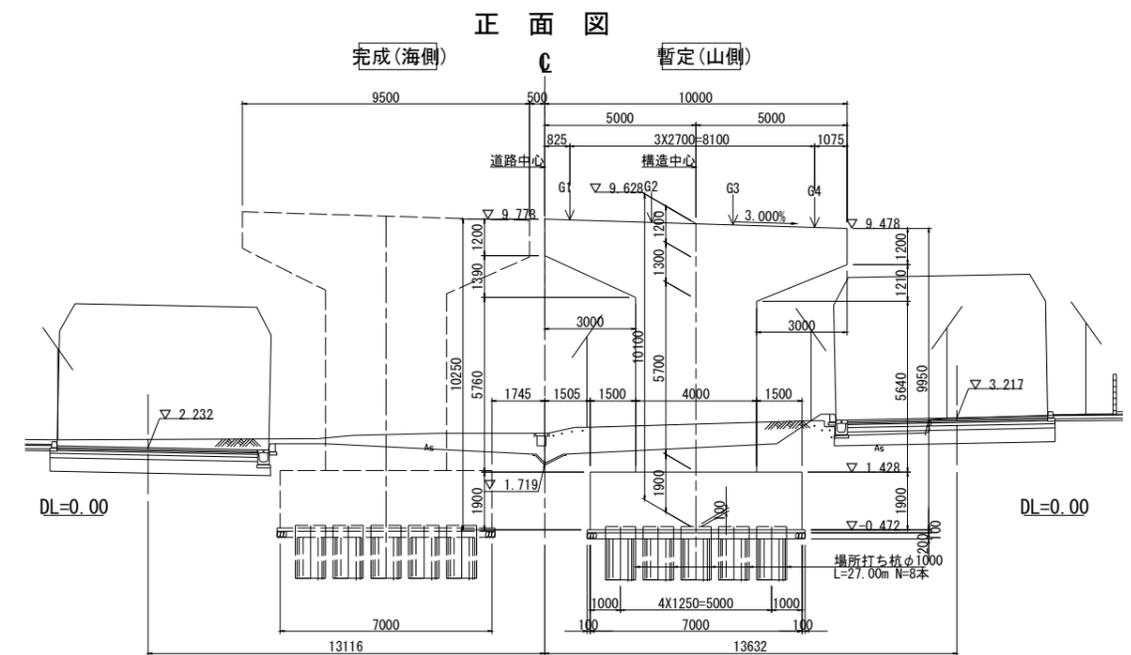


図 1.1.1 下部工一般図

1.2 構造物の設計耐用期間と要求性能

本事例構造物(以下 A 橋脚)は橋梁下部工であり，求められる設計耐用期間および要求性能は，表 1.2.1 (太枠内)に示す通りである。

表 1.2.1 橋梁部材の設計耐用期間と要求性能の目安

部材	設計耐用期間(年)	安全性				使用性		耐久性					ひび割れ抵抗性	第三者影響度に関する性能	美観・景観
		耐荷性能	耐震性能	耐疲労性能	耐衝撃性能	構造物の使用性	機能性	中性化	塩害	アル骨反応	凍害	化学的侵食			
橋梁基礎工	100	○	○						○	○		○			
橋梁下部工	100	○	○			○		○	○	○		○	○	○	○
橋梁上部工(主桁)	100	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○
橋梁上部工(床版)	50*	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○
地覆・壁高欄	50				○			○	○	○	○	○	○	○	○

※箱桁などのように打ち換えが困難なものは，100 年とする。

1.3 安全性の照査

耐荷性能，耐震性能に関する照査については，「道路橋示方書・同解説/日本道路協会」，「土木工事設計要領/九州地方整備局」の基準を満足するように部材設計を実施することで，性能は満足するものとして照査にかえる。

1.4 使用性の照査

使用性に関する照査については，指針(案)では，「現在，[道路橋示方書](#)や国土交通省の各種指針類では，一般に許容応力度設計法で設計されているため，その場合には使用性に対する照査は省略してもよいものとする」[指針(案)2.2.3]としている。よってここでは照査を省略する。

1.2 構造物の設計耐用期間と要求性能

本事例構造物(以下 A 橋脚)は橋梁下部工であり，求められる設計耐用期間および要求性能は，表 1.2.1 (太枠内)に示す通りである。

表 1.2.1 橋梁部材の設計耐用期間と要求性能の目安

部材	設計耐用期間(年)	安全性				使用性		耐久性					ひび割れ抵抗性	第三者影響度に関する性能	美観・景観
		耐荷性能	耐震性能	耐疲労性能	耐衝撃性能	構造物の使用性	機能性	中性化	塩害	アル骨反応	凍害	化学的侵食			
橋梁基礎工	100	○	○						○	○		○			
橋梁下部工	100	○	○			○		○	○	○		○	○	○	○
橋梁上部工(主桁)	100	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○
橋梁上部工(床版)	50*	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○
地覆・壁高欄	50				○			○	○	○	○	○	○	○	○

※箱桁などのように打ち換えが困難なものは，100 年とする。

1.3 安全性の照査

耐荷性能，耐震性能に関する照査については，「道路橋示方書・同解説/日本道路協会」，「土木工事設計要領/九州地方整備局」の基準を満足するように部材設計を実施することで，性能は満足するものとして照査にかえる。

1.4 使用性の照査

使用性に関する照査については，指針(案)では，「現在，国土交通省の各種指針類では，一般に許容応力度設計法で設計されているため，その場合には使用性に対する照査は省略してもよいものとする」[指針(案)2.2.3]としている。よってここでは照査を省略する。

1.5 耐久性の照査

指針(案)では、「通常的环境下に建設され、セメントに普通ポルトランドセメントを用いたコンクリート構造物については、道路橋示方書に示される最小かぶりの規定（鉄筋の直径以上、かつ、表 1.5.1 に示す値以上）を遵守することで、中性化に対する照査を省略することができる。」[指針(案)2.2.4]としている。

A 橋脚におけるそれぞれの部位の最小かぶりは表 1.5.1 に示す通り、道路橋示方書に示される最小かぶりの規定を満足している。しかし、同橋脚にはセメントに高炉セメント B 種を用いるため特にはり部材において中性化に伴う鋼材腐食が懸念されることから、中性化に対する照査を行う。

また、同橋脚は、塩害に対しては影響を受けない地域に建設されており、塩害に対する照査は省略できるが、ここでは、海岸から比較的近い位置に建設される構造物と想定し、塩害に対する照査を行う。さらに、アルカリ骨材反応に対する照査、化学的侵食に対する照査も行う。

なお、設計段階では、使用するコンクリートの配合は未定なため、近隣地区における同種構造物に用いられたコンクリートの配合を参考にするなどして仮定する必要がある、ここでは、水セメント比 53%、使用セメントを高炉セメント B 種（高炉スラグ混入量 45%）とした。

表 1.5.1 道路橋示方書によるかぶりと A 橋脚のかぶり (mm)

	部材		はり	柱, 壁	フーチング
	環境				
道路橋示方書	大気中		35	40	-
	水中及び土中		-	70	70
A 橋脚	-		側面 : 39 上面 : 115 (大気中)	96 (大気中)	102.5 (土中)

(1) 中性化に対する照査

中性化に対する照査は、設計耐用年数に応じた中性化深さの設計値 y_d の鋼材腐食発生限界深さ y_{lim} に対する比に構造物係数 γ_i を乗じた値が、1.0 以下であることを確かめることにより行う。

以下に照査の具体例を示す。

1.5 耐久性の照査

指針(案)では、「通常的环境下に建設され、セメントに普通ポルトランドセメントを用いたコンクリート構造物については、道路橋示方書に示される最小かぶりの規定（鉄筋の直径以上、かつ、表 1.5.1 に示す値以上）を遵守することで、中性化に対する照査を省略することができる。」[指針(案)2.2.4]としている。

A 橋脚におけるそれぞれの部位の最小かぶりは表 1.5.1 に示す通り、道路橋示方書に示される最小かぶりの規定を満足している。しかし、同橋脚にはセメントに高炉セメント B 種を用いるため特にはり部材において中性化に伴う鋼材腐食が懸念されることから、中性化に対する照査を行う。

また、同橋脚は、塩害に対しては影響を受けない地域に建設されており、塩害に対する照査は省略できるが、ここでは、海岸から比較的近い位置に建設される構造物と想定し、塩害に対する照査を行う。さらに、アルカリシリカ反応に対する照査、化学的侵食に対する照査も行う。

なお、設計段階では、使用するコンクリートの配合は未定なため、近隣地区における同種構造物に用いられたコンクリートの配合を参考にするなどして仮定する必要がある、ここでは、水セメント比 53%、使用セメントを高炉セメント B 種（高炉スラグ混入量 45%）とした。

表 1.5.1 道路橋示方書によるかぶりと A 橋脚のかぶり (mm)

	部材		はり	柱, 壁	フーチング
	環境				
道路橋示方書	大気中		35	40	-
	水中及び土中		-	70	70
A 橋脚	-		側面 : 39 上面 : 115 (大気中)	96 (大気中)	102.5 (土中)

(1) 中性化に対する照査

中性化に対する照査は、設計耐用年数に応じた中性化深さの設計値 y_d の鋼材腐食発生限界深さ y_{lim} に対する比に構造物係数 γ_i を乗じた値が、1.0 以下であることを確かめることにより行う。

以下に照査の具体例を示す。

○中性化深さの算出【 y_d 】

[I]有効水結合材比の算出【 W/B 】

$$W/B = W / (C_p + k \cdot A_d) \quad (\text{式 1.5.1})$$

W : 単位体積あたりの水の質量
 B : 単位体積あたりの有効結合材の質量
 C_p : 単位体積あたりのポルトランドセメントの質量
 A_d : 単位体積あたりの混和材の質量
 k : 混和材の種類により定まる定数
 (フライアッシュ=0, 高炉スラグ微粉末=0.7)

- ・水セメント比：53%より,
 $W/C=0.53 \Rightarrow$ (全セメント量) $C=W/0.53$
 - ・高炉セメント B 種の高炉スラグ混入量：45%より,
 (高炉スラグ混入量はセメント試験成績表により確認できる)
 ポルトランドセメント質量：混合材質量 = 55%：45%
 $C_p = W/0.53 \times 0.55, \quad A_d = W/0.53 \times 0.45, \quad k=0.7$
- (式 1.5.1) に代入すると,
 $W/B = W / (W/0.53 \times 0.55 + 0.7 \times W/0.53 \times 0.45) = \underline{0.613}$

[II]中性化速度係数の予測値算出【 α_p 】

$$\alpha_p = a + b \cdot (W/B)$$

a, b : セメントの種類に応じて、実績から定まる値
 コンクリート標準示方書によると、「係数 a および b は、厳密には環境条件にも依存するので、特に中性化に関して厳しい環境と考えられる場合には、環境条件の影響を適切に考慮しなければならない。」とされている。また、土木学会フライアッシュ研究小委員会が、普通ポルトランドセメントあるいは中庸熱ポルトランドセメントを用いた 17 種類の実験データに基づいて求めた回帰式として以下の式 1.5.2 が示されている。

$$\alpha_p = -3.57 + 9.0 \cdot W/B \quad (\text{式 1.5.2})$$

[I] で得られた結果を(式 1.5.2) に代入すると、

$$\alpha_p = -3.57 + 9.0 \times 0.613 = \underline{1.947} \quad (\text{mm}/\sqrt{\text{年}})$$

○中性化深さの算出【 y_d 】

[I]有効水結合材比の算出【 W/B 】

$$W/B = W / (c_p + k \cdot A_d) \quad (\text{式 1.5.1})$$

W : 単位体積あたりの水の質量
 B : 単位体積あたりの有効結合材の質量
 C_p : 単位体積あたりのポルトランドセメントの質量
 A_d : 単位体積あたりの混和材の質量
 k : 混和材の種類により定まる定数
 (フライアッシュ=0, 高炉スラグ微粉末=0.7)

- ・水セメント比：53%より,
 $W/C=0.53 \Rightarrow$ (全セメント量) $C=W/0.53$
 - ・高炉セメント B 種の高炉スラグ混入量：45%より,
 (高炉スラグ混入量はセメント試験成績表により確認できる)
 ポルトランドセメント質量：混合材質量 = 55%：45%
 $C_p = W/0.53 \times 0.55, \quad A_d = W/0.53 \times 0.45, \quad k=0.7$
- (式 1.5.1) に代入すると,
 $W/B = W / (W/0.53 \times 0.55 + 0.7 \times W/0.53 \times 0.45) = \underline{0.613}$

[II]中性化速度係数の特性値算出【 α_k 】

$$\alpha_k = a + b \cdot (W/B)$$

a, b : セメントの種類に応じて、実績から定まる値
 2012 年制定コンクリート標準示方書[設計編：標準]では、「係数 a および b は、厳密には環境条件にも依存するので、特に中性化に関して厳しい環境と考えられる場合には、環境条件の影響を適切に考慮しなければならない。」とされている。また、コンクリートライブラリー 64「フライアッシュを混和したコンクリートの中性化と鉄筋の発錆に関する長期研究(最終報告)」に示された普通ポルトランドセメントあるいは中庸熱ポルトランドセメントを用いた 17 種類の実験データに基づいて求めた回帰式として以下の式 1.5.2 が示されている。

$$\alpha_k = -3.57 + 9.0 \cdot W/B \quad (\text{式 1.5.2})$$

[I] で得られた結果を(式 1.5.2) に代入すると、

$$\alpha_k = -3.57 + 9.0 \times 0.613 = \underline{1.947} \quad (\text{mm}/\sqrt{\text{年}})$$

[III] 中性化速度係数の特性値算出【 α_k 】

$$\alpha_k = \gamma_p \cdot \alpha_p \quad (\text{式 1.5.3})$$

γ_p : α_p の精度に関する安全係数。一般に 1.0~1.3 としてよい。
ここでは土木学会フライアッシュ小委員会の式 1.5.2 を用いるとして 1.0 とする。

[II] で得られた結果と係数 γ_p を(式 1.5.3) に代入すると、

$$\alpha_k = 1.0 \times 1.947 = 1.947 \text{ (mm/}\sqrt{\text{年)}}$$

[IV] 中性化速度係数の設計値算出【 α_d 】

$$\alpha_d = \alpha_k \cdot \beta_e \cdot \gamma_c \quad (\text{式 1.5.4})$$

β_e : 環境作用の程度を表す係数(乾燥しにくい=1.0, 乾燥しやすい=1.6) ここでは土中にあるフーチングは 1.0, その他の部材は 1.6 とする。
 γ_c : コンクリートの材料係数。一般に 1.0 としてよいが材料分離や養生の影響を受けやすい上面(ここでははりの上面)は 1.3 とする。

[III] で得られた結果と係数 β_e, γ_c を(式 1.5.4) に代入すると、
 $\alpha_d = 1.947 \times 1.6 \times 1.0 = 3.115 \text{ (mm/}\sqrt{\text{年)}} \cdots$ はり側面, 柱
 $\alpha_d = 1.947 \times 1.6 \times 1.3 = 4.050 \text{ (mm/}\sqrt{\text{年)}} \cdots$ はり上面
 $\alpha_d = 1.947 \times 1.0 \times 1.0 = 1.947 \text{ (mm/}\sqrt{\text{年)}} \cdots$ フーチング

[V] 中性化深さの設計値算出【 y_d 】

$$y_d = \gamma_{cb} \cdot \alpha_d \sqrt{t} \quad (\text{式 1.5.5})$$

γ_{cb} : 中性化深さのばらつきを考慮した安全係数。一般に 1.15 としてよい。
 t : 中性化に対する耐用年数(年) ここでは 100 年とする。

[IV] で得られた結果と係数 $\gamma_{cb},$ 耐用年数 t を(式 1.5.5) に代入すると、
 $y_d = 1.15 \times 3.115 \times \sqrt{100} = 35.82 \approx 36 \text{ (mm)} \cdots$ はり側面, 柱
 $y_d = 1.15 \times 4.050 \times \sqrt{100} = 46.58 \approx 47 \text{ (mm)} \cdots$ はり上面
 $y_d = 1.15 \times 1.947 \times \sqrt{100} = 22.39 \approx 23 \text{ (mm)} \cdots$ フーチング

[III] 中性化速度係数の設計値算出【 α_d 】

$$\alpha_d = \alpha_k \cdot \beta_e \cdot \gamma_c \quad (\text{式 1.5.3})$$

β_e : 環境作用の程度を表す係数(乾燥しにくい=1.0, 乾燥しやすい=1.6) ここでは土中にあるフーチングは 1.0, その他の部材は 1.6 とする。
 γ_c : コンクリートの材料係数。一般に 1.0 としてよい。材料分離や養生の影響を受けやすい上面(橋脚梁部材の上面)は 1.3 とする。

[II] で得られた結果と係数 β_e, γ_c を(式 1.5.3) に代入すると、
 $\alpha_d = 1.947 \times 1.6 \times 1.0 = 3.115 \text{ (mm/}\sqrt{\text{年)}} \cdots$ はり側面, 柱
 $\alpha_d = 1.947 \times 1.6 \times 1.3 = 4.050 \text{ (mm/}\sqrt{\text{年)}} \cdots$ はり上面
 $\alpha_d = 1.947 \times 1.0 \times 1.0 = 1.947 \text{ (mm/}\sqrt{\text{年)}} \cdots$ フーチング

[IV] 中性化深さの設計値算出【 y_d 】

$$y_d = \gamma_{cb} \cdot \alpha_d \sqrt{t} \quad (\text{式 1.5.4})$$

γ_{cb} : 中性化深さのばらつきを考慮した安全係数。一般に 1.15 としてよい。
 t : 中性化に対する耐用年数(年) ここでは 100 年とする。

[III] で得られた結果と係数 $\gamma_{cb},$ 耐用年数 t を(式 1.5.4) に代入すると、
 $y_d = 1.15 \times 3.115 \times \sqrt{100} = 35.82 = 36 \text{ (mm)} \cdots$ はり側面, 柱
 $y_d = 1.15 \times 4.050 \times \sqrt{100} = 46.58 = 47 \text{ (mm)} \cdots$ はり上面
 $y_d = 1.15 \times 1.947 \times \sqrt{100} = 22.39 = 22 \text{ (mm)} \cdots$ フーチング

○限界深さの算出【 y_{lim} 】

$$y_{lim} = c_d - c_k \quad (\text{式 1.5.6})$$

- c_d ：耐久性に関する照査に用いるかぶりの設計値(mm)
 $c_d = c - \Delta c_e$
- c ：かぶり(mm) 図 1.1.3~1.1.5 鉄筋詳細図より
- Δc_e ：施工誤差(mm) 出来形管理基準にて最小かぶり以上を確保することが原則とされているため、施工誤差は考慮しないもの(0ゼロ)とした。
- c_k ：中性化残り(mm) 一般に、通常環境下では 10mm としてよい。また塩害環境下では 10~25mm とするのがよい。ここでは塩害環境下で 25mm とする。

はり、柱、フーチングで鉄筋かぶりが異なるため、(式 1.5.6)によりそれぞれの部位で限界深さの算出を行う。

【はり】 $y_{lim1} = 39 - 0 - 25 = 14 \text{ (mm)} \cdots \text{側面}$

$y_{lim1} = 115 - 0 - 25 = 90 \text{ (mm)} \cdots \text{上面}$

【柱】 $y_{lim2} = 96 - 0 - 25 = 71 \text{ (mm)}$

【フーチング】 $y_{lim3} = 102.5 - 0 - 25 = 77.5 \text{ (mm)}$

○中性化深さ【 y_d 】と限界深さ【 y_{lim} 】の対比

$$\gamma_i \frac{y_d}{y_{lim}} \leq 1.0 \quad (\text{式 1.5.7})$$

γ_i ：構造物係数。一般に 1.0 としてよいが、特殊な構造物に対しては 1.1 とする場合もある。ここでは 1.0 とする。

(式 1.5.7)によりそれぞれの部位で算出、確認を行う。

【はり】 $\gamma_i \frac{y_d}{y_{lim1}} = 1.0 \times \frac{36}{14} = 2.57 \geq 1.0 \cdots \text{側面} \quad (\text{NG})$

○限界深さの算出【 y_{lim} 】

$$y_{lim} = c_d - c_k \quad (\text{式 1.5.5})$$

- c_d ：耐久性に関する照査に用いるかぶりの設計値(mm)
 $c_d = c - \Delta c_e$
- c ：かぶり(mm) 図 1.1.3~1.1.5 鉄筋詳細図より
- Δc_e ：施工誤差(mm) 出来形管理基準にて最小かぶり以上を確保することが原則とされているため、施工誤差は考慮しないもの(0ゼロ)とした。
- c_k ：中性化残り(mm) 一般に、通常環境下では 10mm としてよい。また塩害環境下では 10~25mm とするのがよい。ここでは塩害環境下で 25mm とする。

はり、柱、フーチングで鉄筋かぶりが異なるため、(式 1.5.5)によりそれぞれの部位で限界深さの算出を行う。

【はり】 $y_{lim1} = 39 - 0 - 25 = 14.0 \text{ (mm)} \cdots \text{側面}$

$y_{lim1} = 115 - 0 - 25 = 90.0 \text{ (mm)} \cdots \text{上面}$

【柱】 $y_{lim2} = 96 - 0 - 25 = 71.0 \text{ (mm)}$

【フーチング】 $y_{lim3} = 102.5 - 0 - 25 = 77.5 \text{ (mm)}$

○中性化深さ【 y_d 】と限界深さ【 y_{lim} 】の対比

$$\gamma_i \frac{y_d}{y_{lim}} \leq 1.0 \quad (\text{式 1.5.6})$$

γ_i ：構造物係数。一般に 1.0 としてよいが、特殊な構造物に対しては 1.1 とする場合もある。ここでは 1.0 とする。

(式 1.5.6)によりそれぞれの部位で算出、確認を行う。

【はり】 $\gamma_i \frac{y_d}{y_{lim}} = 1.0 \times \frac{36}{14} = 2.57 \geq 1.0 \cdots \text{側面} \quad (\text{NG})$

$$\gamma_i \frac{y_d}{y_{lim1}} = 1.0 \times \frac{47}{90} = 0.52 \leq 1.0 \quad \dots \text{上面} \quad (\text{OK})$$

【柱】 $\gamma_i \frac{y_d}{y_{lim2}} = 1.0 \times \frac{36}{71} = 0.51 \leq 1.0 \quad (\text{OK})$

【フーチング】 $\gamma_i \frac{y_d}{y_{lim3}} = 1.0 \times \frac{23}{77.5} = 0.30 \leq 1.0 \quad (\text{OK})$

はり、柱、フーチングにおける照査結果を表 1.5.2 に示す。

本事例では、中性化に伴う鋼材腐食に対しては、柱およびフーチングにおいて、耐用年数 100 年を満足しているがはり側面については満足していないことが確認された。

はり部に対して以下のような対策が必要となる。

- ・鉄筋かぶりを大きくする
- ・水セメント比を小さくする

表 1.5.2 中性化に関する照査結果

照査部材	かぶり c (mm)	施工 誤差 Δc _e (mm)	照査に 用いる かぶり c _d (mm)	中性 化残 り c _k (mm)	限界 深さ y _{lim} (mm)	構造物 係数 γ _i	中性 化深 さ y _d (mm)	$\gamma_i \frac{y_d}{y_{lim}}$	結 果 ≤1.0
	【イ】	【ロ】	【ハ】 =イ-ロ	【ニ】	【ホ】 =ハ-ニ	【ヘ】	【ト】	【チ】 =ヘ*ト/ホ	
はり(側面)	39	0	39	25	14	1.0	36	2.57	NG
はり(上面)	115	0	115	25	90	1.0	47	0.52	OK
柱	96	0	96	25	71	1.0	36	0.51	OK
フーチング	102.5	0	102.5	25	77.5	1.0	23	0.30	OK

$$\gamma_i \frac{y_d}{y_{lim}} = 1.0 \times \frac{47}{90} = 0.52 \leq 1.0 \quad \dots \text{上面} \quad (\text{OK})$$

【柱】

$$\gamma_i \frac{y_d}{y_{lim}} = 1.0 \times \frac{36}{71} = 0.51 \leq 1.0 \quad (\text{OK})$$

【フーチング】

$$\gamma_i \frac{y_d}{y_{lim}} = 1.0 \times \frac{22}{77.5} = 0.28 \leq 1.0 \quad (\text{OK})$$

はり、柱、フーチングにおける照査結果を表 1.5.2 に示す。

本事例では、中性化に伴う鋼材腐食に対しては、柱およびフーチングにおいて、耐用年数 100 年を満足しているがはり側面については満足していないことが確認された。

はり部に対して以下のような対策が必要となる。

- ・鉄筋かぶりを大きくする
- ・水セメント比を小さくする

表 1.5.2 中性化に関する照査結果

照査部材	かぶり c (mm)	施工 誤差 Δc _e (mm)	照査に 用いる かぶり c _d (mm)	中性 化残 り c _k (mm)	限界 深さ y _{lim} (mm)	構造物 係数 γ _i	中性 化深 さ y _d (mm)	$\gamma_i \frac{y_d}{y_{lim}}$	結 果 ≤1.0
	【イ】	【ロ】	【ハ】 =イ-ロ	【ニ】	【ホ】 =ハ-ニ	【ヘ】	【ト】	【チ】 =ヘ*ト/ホ	
はり(側面)	39	0	39	25	14	1.0	36	2.57	NG
はり(上面)	115	0	115	25	90	1.0	47	0.52	OK
柱	96	0	96	25	71	1.0	36	0.51	OK
フーチング	102.5	0	102.5	25	77.5	1.0	22	0.28	OK

(2) 塩害に対する照査

塩害に対する照査は、鋼材位置における塩化物イオン濃度の設計値 C_d の鋼材腐食発生限界濃度 C_{lim} に対する比に構造物係数 γ_i を乗じた値が、1.0 以下であることを確かめることにより行う。以下に照査の具体例を示す。

○塩化物イオン濃度の設計値算出【 C_d 】

【I】塩化物イオン拡散係数の予測値算出【 D_p 】

コンクリート標準示方書によると、『コンクリートの使用材料、配合より拡散係数を予測する式としては、既往のコンクリート構造物中の塩化物量分布調査結果をもとに作成した幾つかの回帰式が導かれている。』とあり、次式が示されている。

$$\log_{10} D_p = -3.0 (W/C)^2 + 5.4 (W/C) - 2.2 \quad (\text{式 1.5.8})$$

[高炉セメントやシリカフェームの場合]

- ・水セメント比：53%より
 $W/C=0.53$
- ・(式 1.5.8)に代入すると

$$\log_{10} D_p = -3.0 \times 0.53^2 + 5.4 \times 0.53 - 2.2 = -0.181$$

$$D_p = 0.660 \quad (\text{cm}^2/\text{年})$$

【II】塩化物イオン拡散係数の特性値算出【 D_k 】

$$D_k = \gamma_p D_p \quad (\text{式 1.5.9})$$

γ_p : D_p の精度に関する安全係数。一般に 1.0~1.3 としよ。ここでは土木学会の回帰式 1.5.8 を用いるものとして 1.2 とする。

【I】で得られた結果と係数 γ_p を(式 1.5.9)に代入すると、

$$D_k = 1.2 \times 0.660 = 0.792 (\text{cm}^2/\text{年})$$

(2) 塩害に対する照査

塩害に対する照査は、鋼材位置における塩化物イオン濃度の設計値 C_d の鋼材腐食発生限界濃度 C_{lim} に対する比に構造物係数 γ_i を乗じた値が、1.0 以下であることを確かめることにより行う。以下に照査の具体例を示す。

○塩化物イオン濃度の設計値算出【 C_d 】

【I】塩化物イオン拡散係数の特性値算出【 D_k 】

2012 年制定コンクリート標準示方書によると、『コンクリートの使用材料、配合より拡散係数の特性値を予測する式としては、既往の実験結果をもとに作成した幾つかの回帰式が導かれている。室内実験や自然暴露実験などの結果が無い場合には、既往のデータに基づく以下の予測式を用いて良い』とあり、次式が示されている。

$$\log_{10} D_k = 3.2 (W/C) - 2.4 \quad (\text{式 1.5.7})$$

[高炉セメント B 種相当、シリカフェームを使用する場合]

- ・水セメント比：53%より
 $W/C=0.53$

- ・(式 1.5.7)に代入すると

$$\log_{10} D_k = 3.2 \times 0.53 - 2.4 = -0.704$$

$$D_k = 0.198 \quad (\text{cm}^2/\text{年})$$

【Ⅲ】塩化物イオンに対する設計拡散係数の算出【 D_d 】

梁部材など曲げひび割れが考えられる部材では、下記の式 1.5.10 を用いて照査を行う。

$$D_d = \gamma_c \cdot D_k + \left(\frac{w}{l}\right) \cdot \left(\frac{w}{w_a}\right)^2 \cdot D_0 \quad (\text{式 1.5.10})$$

- γ_c : コンクリートの材料係数。一般に 1.0 としてよい。
- D_0 : コンクリート中の塩化物イオンの移動に及ぼすひび割れの影響を表す定数。一般に、 $200\text{cm}^2/\text{年}$ としてよい。
- w : ひび割れ幅(mm)
- w_a : ひび割れ幅の限界値(mm)
- w/l : ひび割れ幅とひび割れ間隔の比。算出については、**コンクリート標準示方書 設計編 8.3.7 および 7.4.4**を参照

マスコンクリートなど曲げひび割れが考えにくい部材において、初期収縮ひび割れ間隔を求めることが困難な場合で、ひび割れ幅が**コンクリート標準示方書 設計編 8.3.2**のひび割れ幅の限界値以下であれば次式を用いてよい。

$$D_d = D_k \cdot \gamma_c \cdot \beta_{cl} \quad (\text{式 1.5.11})$$

- ここに
- β_{cl} : 初期ひび割れの影響を考慮した係数で、1.5 としてよい。

柱、はり側面、フーチングの D_d は式 1.5.11 より

$$D_d = 0.792 \times 1.0 \times 1.5 = 1.188 (\text{cm}^2/\text{年})$$

はり上面の D_d は**限界ひび割れ幅近くまでひびが生じると仮定すると**

式 1.5.10 より

$$D_d = 1.3 \times 0.792 + 0.002 \times 1^2 \times 200 = 1.430 (\text{cm}^2/\text{年})$$

【Ⅱ】塩化物イオンに対する設計拡散係数の算出【 D_d 】

梁部材など曲げひび割れが考えられる部材では、下記の式 1.5.8 を用いて照査を行う。

$$D_d = \gamma_c \cdot D_k + \lambda \cdot w/l \cdot D_0 \quad (\text{式 1.5.8})$$

- γ_c : コンクリートの材料係数。一般に 1.0 としてよい。
ただし、橋脚梁部材の上面は 1.3 とする。
- D_0 : コンクリート中の塩化物イオンの移動に及ぼすひび割れの影響を表す定数。一般に、 $400\text{cm}^2/\text{年}$ としてよい。
- λ : ひび割れの存在が拡散係数に及ぼす影響を表す係数
一般に 1.5 としてよい。
- w/l : ひび割れ幅とひび割れ間隔の比。算出法については、**指針(案)の「2.2.4 構造物の耐久性照査」の(2.2.12)式**を参照

マスコンクリートなど曲げひび割れが考えにくい部材において、初期収縮ひび割れ間隔を求めることが困難な場合で、ひび割れ幅が**2012年制定コンクリート標準示方書 [設計編：標準] 2編 2.1.2**のひび割れ幅の限界値以下であれば次式を用いてよい。

$$D_d = D_k \cdot \gamma_c \cdot \beta_{cl} \quad (\text{式 1.5.9})$$

- ここに
- β_{cl} : 初期ひび割れの影響を考慮した係数で、1.5 としてよい。

柱、はり側面、フーチングの D_d は(式 1.5.9)より

$$D_d = 0.198 \times 1.0 \times 1.5 = 0.297 (\text{cm}^2/\text{年})$$

はり上面の D_d は(式 1.5.8)より

$$D_d = 1.3 \times 0.198 + 1.5 \times 0.002^* \times 400 = 1.457 (\text{cm}^2/\text{年})$$

※ここでの w/l は仮定値である (基本的な解法を参考までに次ページに示す)

【参考】照査例①の梁部材におけるひび割れ幅とひび割れ間隔の比 (w/l)

w/l (ひび割れ幅とひび割れ間隔の比)

一般に、次式にて求めてよい。

$$\frac{w}{l} = \left(\frac{\sigma_{se}}{E_s} \left(\text{または} \frac{\sigma_{pe}}{E_p} \right) + \varepsilon'_{csd} \right)$$

ここに、 σ_{se} 、 σ_{pe} 、 ε'_{csd} の定義は、2012年制定コンクリート標準示方書〔設計編：標準〕4編に準ずる。

本照査例については以下の算出法による。

σ_{se} : 鋼材位置のコンクリートの応力度が0の状態からの鉄筋応力度の増加量(N/mm²)

$$\sigma_{se} = \frac{M_d}{A_s j d}$$

ここに、

M_d : 曲げモーメント

(許容応力度法に基づく設計では「死荷重+活荷重」による値)

j : $1-k/3$

k : 中立軸比 ($=\sqrt{2np_w + (np_w)^2} - np_w$)

n : ヤング係数比 ($=E_s/E_c$)

p_w : 鉄筋比 ($=A_s/(bwd)$) ※ bw : 部材幅, d : 有効高

ε'_{csd} : コンクリートの収縮およびクリープ等によるひび割れ幅の増加を考慮するための数値で、標準的な値として下表に示す値としてよい。

収縮およびクリープ等の影響によるひび割れ幅の増加を考慮する数値

環境条件	常時乾燥環境 (雨水の影響を受けない桁下面など)	乾湿繰り返し環境 (桁上面、海岸や川の水面に近く温度が高い環境など)	常時湿潤環境 (土中部材など)
自重でひび割れが発生 (材齢30日を想定)する部材	450×10 ⁻⁶	250×10 ⁻⁶	100×10 ⁻⁶
永続作用時にひび割れが発生 (材齢100日を想定)する部材	350×10 ⁻⁶	200×10 ⁻⁶	100×10 ⁻⁶
変動作用時にひび割れが発生 (材齢200日を想定)する部材	300×10 ⁻⁶	150×10 ⁻⁶	100×10 ⁻⁶

※2012年制定コンクリート標準示方書〔設計編：標準〕2.3.4より

【IV】 塩化物イオン濃度の設計値算出【 C_d 】

$$C_d = \gamma_{cl} \cdot C_0 \left(1 - \operatorname{erf} \left(\frac{0.1 \cdot c_d}{2\sqrt{D_d \cdot t}} \right)\right) \quad (\text{式 1.5.12})$$

- C_0 ：コンクリート表面における**想定**塩化物イオン濃度 (kg/m³)
- c_d ：耐久性に関する照査に用いるかぶりの設計値 (mm)
 $c_d = c - \Delta c_e$
- c ：かぶり (mm) 図 1.1.3~1.1.5 鉄筋詳細図より
- Δc_e ：施工誤差 (mm) 出来形管理基準にて最小かぶり以上を確保することが原則とされているため、施工誤差は考慮しないもの(0ゼロ)とした。
- t ：塩化物イオンの侵入に対する耐用年数(年)。ここでは 100 年とする
- γ_{cl} ：鋼材位置における塩化物イオン濃度の設計値 C_d のばらつきを考慮した安全係数。一般に 1.3 としてよい。

・コンクリート表面における**想定**塩化物イオン濃度 C_0
表 1.5.3 より求める。建造物の立地する地域は九州で、海岸からの距離は約 0.5km 程度とすると

$$C_0 = 1.5$$

表 1.5.3 コンクリート表面における塩化物イオン濃度 C_0 (kg/m³)

	飛沫帯	海岸からの距離 (km)				
		汀線付近	0.1	0.25	0.5	1.0
飛来塩分が多い地域 北海道, 東北, 北陸, 沖縄	13.0	9.0	4.5	3.0	2.0	1.5
飛来塩分が少ない地域 関東, 東海, 近畿, 中国, 四国, 九州		4.5	2.5	2.0	1.5	1.0

・部位ごとの耐久性に関する照査に用いるかぶりの設計値 c_d

- 【はり】 $c_{d1} = 39 - 0 = \underline{39}$ (mm)・・・側面
 $c_{d1} = 115 - 0 = \underline{115}$ (mm)・・・上面
- 【柱】 $c_{d2} = 96 - 0 = \underline{96}$ (mm)
- 【フーチング】 $c_{d3} = 102.5 - 0 = \underline{102.5}$ (mm)

【III】 塩化物イオン濃度の設計値算出【 C_d 】

$$C_d = \gamma_{cl} \cdot C_0 \left(1 - \operatorname{erf} \left(\frac{0.1 \cdot c_d}{2\sqrt{D_d \cdot t}} \right)\right) + C_i \quad (\text{式 1.5.10})$$

- C_0 ：コンクリート表面における塩化物イオン濃度 (kg/m³)
- c_d ：耐久性に関する照査に用いるかぶりの設計値 (mm)
 $c_d = c - \Delta c_e$
- c ：かぶり (mm) 図 1.1.3~1.1.5 鉄筋詳細図より
- Δc_e ：施工誤差 (mm) 出来形管理基準にて最小かぶり以上を確保することが原則とされているため、施工誤差は考慮しないもの(0ゼロ)とした。
- t ：塩化物イオンの侵入に対する耐用年数(年)。ここでは 100 年とする
- C_i ：初期塩化物イオン濃度 (kg/m³)。一般に 0.30kg/m³ としてよい。
- γ_{cl} ：鋼材位置における塩化物イオン濃度の設計値 C_d のばらつきを考慮した安全係数。一般に 1.3 としてよい。

・コンクリート表面における塩化物イオン濃度 C_0
表 1.5.3 より求める。
建造物の立地する地域は九州で、海岸からの距離は約 0.5km 程度とすると
 $C_0 = 1.5$ (kg/m³)

表 1.5.3 コンクリート表面における塩化物イオン濃度： C_0 (kg/m³)

	飛沫帯	海岸からの距離 (km)						
		汀線付近	(10m)	(20m)	0.1	0.25	0.5	1.0
飛来塩分が多い地域 北海道, 東北, 北陸, 沖縄	13.0	9.0	-	-	4.5	3.0	2.0	1.5
飛来塩分が少ない地域 関東, 東海, 近畿, 中国, 四国	13.0	4.5	-	-	2.5	2.0	1.5	1.0
	九州	13.0	9.0	9.0	4.5	2.5	2.0	1.5

・部位ごとの耐久性に関する照査に用いるかぶりの設計値 c_d

- 【はり】 $c_{d1} = 39 - 0 = \underline{39}$ (mm)・・・側面
 $c_{d1} = 115 - 0 = \underline{115}$ (mm)・・・上面
- 【柱】 $c_{d2} = 96 - 0 = \underline{96}$ (mm)
- 【フーチング】 $c_{d3} = 102.5 - 0 = \underline{102.5}$ (mm)

[III]で得られた結果とイオン濃度 C_0 , かぶりの設計値 c_d , 耐用年数 t , 係数 γ_{cl} を, 部位ごとに(式 1.5.12)に代入すると,

【はり】

$$C_{d1} = 1.3 \times 1.5 \times \left(1 - \operatorname{erf} \left(\frac{0.1 \times 39}{2\sqrt{1.188 \times 100}} \right)\right) = \underline{1.561} \text{ (kg/m}^3\text{)} \cdots \text{側面}$$

$$C_{d1} = 1.3 \times 1.5 \times \left(1 - \operatorname{erf} \left(\frac{0.1 \times 115}{2\sqrt{1.430 \times 100}} \right)\right) = \underline{0.968} \text{ (kg/m}^3\text{)} \cdots \text{上面}$$

【柱】

$$C_{d2} = 1.3 \times 1.5 \times \left(1 - \operatorname{erf} \left(\frac{0.1 \times 96}{2\sqrt{1.188 \times 100}} \right)\right) = \underline{1.04} \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

【フーチング】

$$C_{d3} = 1.3 \times 1.5 \times \left(1 - \operatorname{erf} \left(\frac{0.1 \times 102.5}{2\sqrt{0.188 \times 100}} \right)\right) = \underline{0.987} \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

○鋼材腐食発生限界濃度の算出【 C_{lim} 】

鋼材腐食発生限界濃度。類似の構造物の実測結果や試験結果を参考に定めてよい。それらによらない場合, 1.2kg/m^3 としてよい。

[II]で得られた結果とイオン濃度 C_0 , かぶりの設計値 c_d , 耐用年数 t , 係数 γ_{cl} を, 部位ごとに(式 1.5.10)に代入すると,

【はり】

$$C_{d1} = 1.3 \times 1.5 \times \left(1 - \operatorname{erf} \left(\frac{0.1 \times 39}{2\sqrt{0.297 \times 100}} \right)\right) + 0.3 = \underline{1.50} \text{ (kg/m}^3\text{)} \cdots \text{側面}$$

$$C_{d1} = 1.3 \times 1.5 \times \left(1 - \operatorname{erf} \left(\frac{0.1 \times 115}{2\sqrt{1.457 \times 100}} \right)\right) + 0.3 = \underline{1.28} \text{ (kg/m}^3\text{)} \cdots \text{上面}$$

【柱】

$$C_{d2} = 1.3 \times 1.5 \times \left(1 - \operatorname{erf} \left(\frac{0.1 \times 96}{2\sqrt{0.297 \times 100}} \right)\right) + 0.3 = \underline{0.715} \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

【フーチング】

$$C_{d3} = 1.3 \times 1.5 \times \left(1 - \operatorname{erf} \left(\frac{0.1 \times 102.5}{2\sqrt{0.297 \times 100}} \right)\right) + 0.3 = \underline{0.658} \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

○鋼材腐食発生限界濃度の算出【 C_{lim} 】

鋼材腐食発生限界濃度。類似の構造物の実測結果や試験結果を参考に定めてよい。それらによらない場合は, (式 1.5.11)~(式 1.5.14)を用いて定めてよい。ただし W/C の範囲は, $0.30 \sim 0.55$ とする。

(普通ポルトランドセメントを用いた場合)

$$C_{lim} = -3.0(W/C) + 3.4 \quad \text{(式 1.5.11)}$$

(高炉セメントB種相当, フライアッシュセメントB種相当を用いた場合)

$$C_{lim} = -2.6(W/C) + 3.1 \quad \text{(式 1.5.12)}$$

(低熱ポルトランドセメント, 早強ポルトランドセメントを用いた場合)

$$C_{lim} = -2.2(W/C) + 2.6 \quad \text{(式 1.5.13)}$$

(シリカフェームを用いた場合)

$$C_{lim} = 1.20 \quad \text{(式 1.5.14)}$$

○塩化物イオン濃度設計値【 C_d 】と鋼材腐食発生限界濃度【 C_{lim} 】の対比

$$\gamma_i \frac{C_d}{C_{lim}} \leq 1.0 \quad (\text{式 1.5.13})$$

γ_i ：構造物係数。一般に 1.0 としてよいが、重要構造物に対しては 1.1 とするのがよい。ここでは 1.0 とする。

(式 1.5.12)によりそれぞれの部位で算出，確認を行う。

【はり】 $\gamma_i \frac{C_d}{C_{lim}} = 1.0 \times \frac{1.561}{1.2} = 1.30 \geq 1.0$ 側面 (NG)

$\gamma_i \frac{C_d}{C_{lim}} = 1.0 \times \frac{0.968}{1.2} = 0.81 \leq 1.0$ 上面 (OK)

【柱】 $\gamma_i \frac{C_d}{C_{lim}} = 1.0 \times \frac{1.040}{1.2} = 0.87 \leq 1.0$ (OK)

【フーチング】 $\gamma_i \frac{C_d}{C_{lim}} = 1.0 \times \frac{0.987}{1.2} = 0.82 \leq 1.0$ (OK)

はり，柱，フーチングにおけるそれぞれの数値，照査結果を表 1.5.4 に示す。本事例では，塩化物イオンの侵入に伴う鋼材腐食に対しては，柱およびフーチングについては耐用年数 100 年を満足し，はり側面については満足していないことが確認された。

はり部においては以下に示すような対策が必要となる。

- ・鉄筋かぶりを大きくする
- ・水セメント比を小さくする
- ・エポキシ鉄筋の採用

表 1.5.4 塩害に対する照査結果

照査部材	設計値	限界濃度	構造物係数	$\gamma_i \frac{C_d}{C_{lim}}$	結果 ≤ 1.0
	C_d (kg/m ³)	C_{lim} (kg/m ³)	γ_i		
	【7】	【1】	【ウ】	【I】 =ウ*7/1	
はり(側面)	1.561	1.2	1.0	1.30	NG
(上面)	0.968			0.81	OK
柱	1.04	1.2	1.0	0.87	OK
フーチング	0.987	1.2	1.0	0.82	OK

○塩化物イオン濃度設計値【 C_d 】と鋼材腐食発生限界濃度【 C_{lim} 】の対比

$$\gamma_i \frac{C_d}{C_{lim}} \leq 1.0 \quad (\text{式 1.5.15})$$

γ_i ：構造物係数。一般に 1.0 としてよいが，特殊な構造物に対しては 1.1 とするのがよい。ここでは 1.0 とする。

(式 1.5.15)によりそれぞれの部位で算出，確認を行う。

【はり】

$\gamma_i \frac{C_d}{C_{lim}} = 1.0 \times \frac{1.50}{1.72} = 0.87 \leq 1.0$ ……側面 (OK)

$\gamma_i \frac{C_d}{C_{lim}} = 1.0 \times \frac{1.28}{1.72} = 0.74 \leq 1.0$ ……上面 (OK)

【柱】

$\gamma_i \frac{C_d}{C_{lim}} = 1.0 \times \frac{0.715}{1.72} = 0.42 \leq 1.0$ (OK)

【フーチング】

$\gamma_i \frac{C_d}{C_{lim}} = 1.0 \times \frac{0.658}{1.72} = 0.38 \leq 1.0$ (OK)

はり，柱，フーチングにおけるそれぞれの数値，照査結果を表 1.5.4 に示す。本事例では，塩化物イオンの侵入に伴う鋼材腐食に対しては，はり・柱およびフーチングの全部材において耐用年数 100 年を満足する。

表 1.5.4 塩害に対する照査結果

照査部材	設計値	限界濃度	構造物係数	$\gamma_i \frac{C_d}{C_{lim}}$	結果 ≤ 1.0
	C_d (kg/m ³)	C_{lim} (kg/m ³)	γ_i		
	【7】	【1】	【ウ】	【I】 =ウ*7/1	
はり(側面)	1.50	1.72	1.0	0.87	OK
(上面)	1.28			0.74	OK
柱	0.715	1.72	1.0	0.42	OK
フーチング	0.658	1.72	1.0	0.38	OK

【参考】※柱を例として

図 1.5.1 と図 1.5.2 を用いて、塩化物イオン拡散係数およびコンクリート表面における塩化物イオン濃度ごとに必要なかぶりを算定することができる。

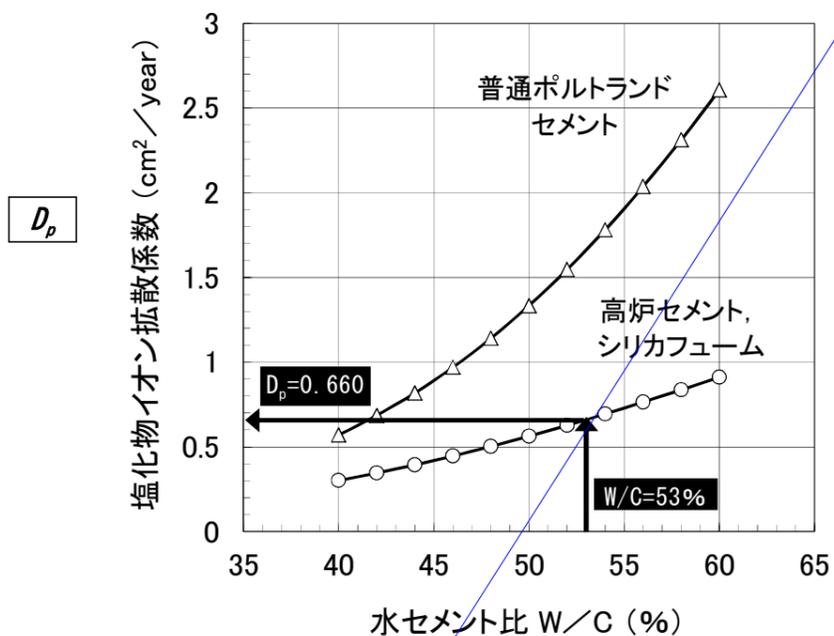


図 1.5.1 水セメント比と塩化物イオン拡散係数の関係

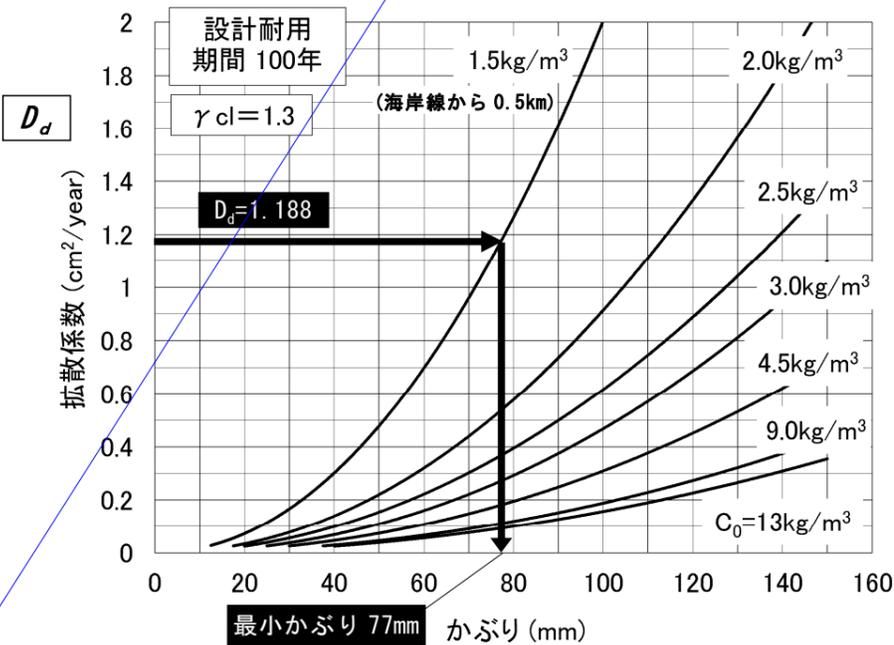


図 1.5.2 塩害に対する照査を満足する拡散係数およびかぶり判定図

(3) アルカリシリカ反応に対する照査

本事例の構造物建設予定地周辺の既設構造物調査を行ったところ、アルカリシリカ反応による劣化はみられなかった。

(4) 凍害に対する照査

本事例の構造物建設予定地は、平地である（山間地ではない）ため、照査の対象外である。

なお、指針(案)では、「九州地区においては、一部の山間地を除いて凍結するおそれがないので、凍害に対する照査を省略することができる」[指針(案)2.2.4]としている。

(5) 化学的侵食に対する照査

本事例の構造物建設予定地は、温泉地域および旧産炭地域等ではなく、酸性劣化や硫酸塩劣化等は想定されない。

指針(案)には、塩害等それぞれの項目について対策が示されているが、それらの対策のみでは構造物に所要の耐久性能を付与することが困難と判断される場合は、専門評価機関を交えて協議しなければならない。

~~なお、水セメント比を用い、図 1.5.1 から算出されるのは塩化物イオン拡散係数の予測値 D_p である。図 1.5.2 にプロットする拡散係数は、安全係数 γ_p およびひび割れ幅等を考慮し、設計拡散係数 D_d である必要がある。~~

~~また図 1.5.2 は、以下の条件によるものであり、条件が異なる場合は使用できない。~~

~~・ C_m のばらつきを考慮した安全係数 $\gamma_{ef} = 1.3$~~

~~・ 耐用年数 $t = 100$ (年)~~

(3) アルカリ骨材反応に対する照査

本事例の構造物建設予定地周辺の既設構造物調査を行ったところ、アルカリ骨材反応による劣化はみられなかった。

(4) 凍害に対する照査

本事例の構造物建設予定地は、平地である（山間地ではない）ため、照査の対象外である。

なお、指針(案)では、「九州地区においては、一部の山間地を除いて凍結するおそれがないので、凍害に対する照査を省略することができる」[指針(案)2.2.4]としている。

(5) 化学的侵食に対する照査

本事例の構造物建設予定地は、温泉地域および旧産炭地域等ではなく、酸性劣化や硫酸塩劣化等は想定されない。

指針(案)には、塩害等それぞれの項目について対策が示されているが、それらの対策のみでは構造物に所要の耐久性能を付与することが困難と判断される場合は、専門評価機関を交えて協議しなければならない。

1.6 最小スランプの設定

スランプは、施工できる範囲内でできるだけ小さくなるようにすることが基本である。施工性を重視し過ぎ、スランプを過大にすると、多量のブリーディング発生や材料分離傾向が顕著になることなどが危惧される。よって施工条件や施工方法等を適切に選定し、必要に応じ施工方法等に工夫を施し、適正な最小スランプを設定することが重要である。

以下に、最小スランプおよび荷卸し地点の目標スランプ設定の具体例を示す。

(1) フーチング<スラブ部材>

○コンクリートの投入間隔の検討

上筋の配筋条件は、D25@250mm であるが、図 1.6.1 に示す通りフーチング中央部には柱主筋 (D32@125mm) があり、任意の位置からの投入は行い難い。

したがって、コンクリートの投入間隔は 2~3m とした。

○締固め作業高さの検討

図 1.6.2 に示す通り締固め作業高さは 1.9m 程度とした。

○最小スランプの設定

以上の結果と表 1.6.1 よりフーチングの最小スランプは 10cm となる。

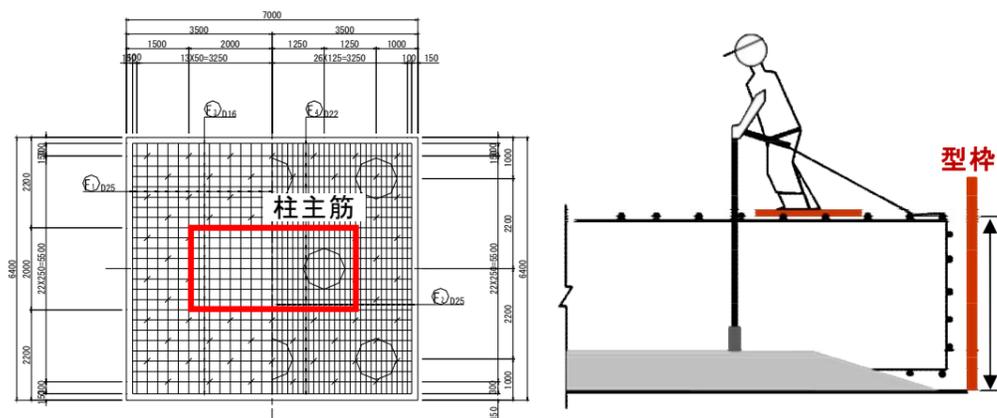


図 1.6.1 柱主筋位置

図 1.6.2 締固め作業高さ

締固め作業高さ 1.9m

1.6 打込みの最小スランプの設定

スランプは、施工できる範囲内でできるだけ小さくなるようにすることが基本である。施工性を重視し過ぎ、スランプを過大にすると、多量のブリーディング発生や材料分離傾向が顕著になることなどが危惧される。よって施工条件や施工方法等を適切に選定し、必要に応じ施工方法等に工夫を施し、適正な最小スランプを設定することが重要である。

以下に、**打込み**の最小スランプおよび荷卸し地点の目標スランプ設定の具体例を示す。

(1) フーチング<スラブ部材>

○コンクリートの打込み箇所間隔の検討

上筋の配筋条件は、D25@250mm であるが、図 1.6.1 に示す通りフーチング中央部には柱主筋 (D32@125mm) があり、任意の位置からの**打込み**は行い難い。

したがって、コンクリートの投入間隔は 2~3m とした。

○締固め作業高さの検討

図 1.6.2 に示す通り締固め作業高さは 1.9m 程度とした。

○**打込み**の最小スランプの設定

以上の結果と表 1.6.1 よりフーチングの**打込み**の最小スランプは 10cm となる。

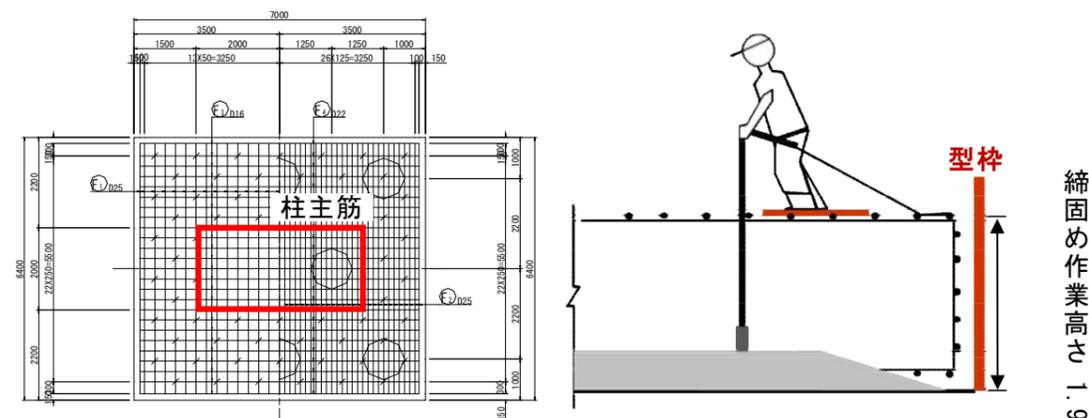


図 1.6.1 柱主筋位置

図 1.6.2 締固め作業高さ

締固め作業高さ 1.9m

表 1.6.1 スラブ部材における打込みの最小スランプの目安 (cm) i) ii)

コンクリートの投入間隔	締固め作業高さ		
	0.5m 未満	0.5m 以上 1.5m 未満	3m 以下
任意の箇所から投入可能	5	7	-
2~3m	-	-	10
3~4m	-	-	12

i) 鋼材量は 100~150kg/m³，鉄筋の最小あきは 100~150mm を標準とする。

ii) コンクリートの落下高さは 1.5m 以下を標準とする。

(2) 柱 (柱部材)

○有効換算鉄筋量の算出

表 1.6.2 i) に従い下記の方法にて有効換算鉄筋量を算出した。

・有効断面積

$$S = (2.0 \times 4.0) - (1.5 \times 3.7) = 2.450 \text{ m}^2$$

・鉄筋の本数

(1 断面積あたり)

$$N1 = 31 \times 2 = 62 \text{ 本 (C}_1 \text{ D32)}$$

$$N2 = 31 \times 2 = 62 \text{ 本 (C}_2 \text{ D32)}$$

$$N3 = 5 \times 2 = 10 \text{ 本 (C}_3 \text{ D32)}$$

(1 段あたり)

$$N4 = 2 \text{ 本 (C}_4 \text{ D19)}$$

$$N5 = 2 \text{ 本 (C}_7 \text{ D16)}$$

・鉄筋の重量 (高さ 1m あたり)

$$W1 = (62 \text{ 本} + 62 \text{ 本} + 10 \text{ 本}) \times 1\text{m/本} \times 6.23\text{kg/m} = 834.82\text{kg}$$

$$W2 = 2 \text{ 本/段} \times 7 \text{ 段} \times 7.0\text{m/本} \times 2.25\text{kg/m} = 220.50\text{kg (@150)}$$

$$W3 = 2 \text{ 本/段} \times 4 \text{ 段} \times 4.23\text{m/本} \times 1.56\text{kg/m} = 52.79\text{kg (@300)}$$

・かぶり近傍の有効換算鉄筋量

$$W = (834.82\text{kg} + 220.50\text{kg} + 52.79\text{kg}) / 2.45\text{m}^3 = 452.29\text{kg/m}^3$$

○鋼材の最小あきの算出

鋼材の最小あきは

$$B = 100 - 32 = 68\text{mm}$$

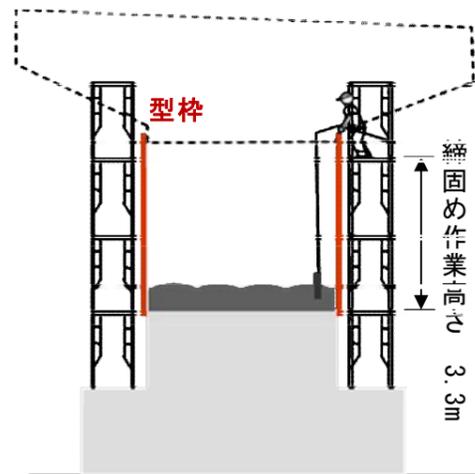


図 1.6.3 締固め作業高さ

表 1.6.1 スラブ部材における打込みの最小スランプの目安 (cm) i) ii)

コンクリートの打込み箇所間隔	締固め作業高さ		
	0.5m 未満	0.5m 以上 1.5m 以下	3m 以下
任意の箇所から打込み可能	5	7	-
2~3m	-	-	10
3~4m	-	-	12

i) 鋼材量は 100~150kg/m³，鉄筋の最小あきは 100~150mm を標準とする。

ii) コンクリートの落下高さは 1.5m 以下を標準とする。

(2) 柱 (柱部材)

○有効換算鉄筋量の算出

表 1.6.2 i) に従い下記の方法にて有効換算鉄筋量を算出した。

・有効断面積

$$S = (2.0 \times 4.0) - (1.5 \times 3.7) = 2.450 \text{ m}^2$$

・鉄筋の本数

(1 断面積あたり)

$$N1 = 31 \times 2 = 62 \text{ 本 (C}_1 \text{ D32)}$$

$$N2 = 31 \times 2 = 62 \text{ 本 (C}_2 \text{ D32)}$$

$$N3 = 5 \times 2 = 10 \text{ 本 (C}_3 \text{ D32)}$$

(1 段あたり)

$$N4 = 2 \text{ 本 (C}_4 \text{ D19)}$$

$$N5 = 2 \text{ 本 (C}_7 \text{ D16)}$$

・鉄筋の重量 (高さ 1m あたり)

$$W1 = (62 \text{ 本} + 62 \text{ 本} + 10 \text{ 本}) \times 1\text{m/本} \times 6.23\text{kg/m} = 834.82\text{kg}$$

$$W2 = 2 \text{ 本/段} \times 7 \text{ 段} \times 7.0\text{m/本} \times 2.25\text{kg/m} = 220.50\text{kg (@150)}$$

$$W3 = 2 \text{ 本/段} \times 4 \text{ 段} \times 4.23\text{m/本} \times 1.56\text{kg/m} = 52.79\text{kg (@300)}$$

・かぶり近傍の有効換算鉄筋量

$$W = (834.82\text{kg} + 220.50\text{kg} + 52.79\text{kg}) / 2.45\text{m}^3 = 452.29\text{kg/m}^3$$

○かぶりあるいは軸方向鉄筋の最小あきの算出

軸方向鉄筋の最小あきは

$$B = 100 - 32 = 68\text{mm}$$

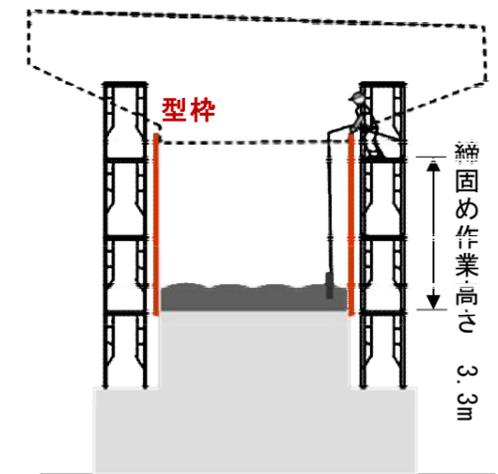


図 1.6.3 締固め作業高さ

○締固め作業高さの検討

図 1.6.3 に示す通り締固め作業高さは 3.3m とした。

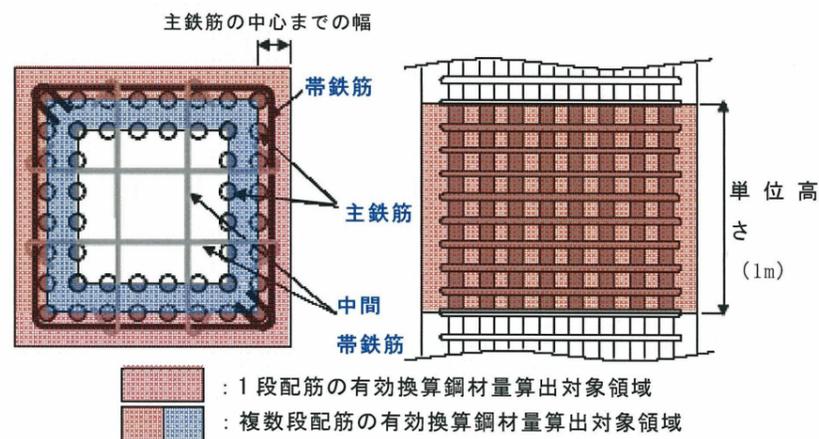
○最小スランプの設定

以上の結果と表 1.6.2 より柱の最小スランプは 7cm となる。

表 1.6.2 柱部材における打込みの最小スランプの目安 (cm)

かぶり近傍の有効換算鋼材量 ⁱ⁾	鋼材の最小あき	締固め作業高さ		
		3m 未満	3m 以上 5m 未満	5m 以上
700kg/m ³ 未満	50mm 以上	5	7	12
	50mm 未満	7	9	15
700kg/m ³ 以上	50mm 以上	7	9	15
	50mm 未満	9	12	15

i) かぶり近傍の有効換算鋼材量は、下図に示す領域内の単位容積あたりの鋼材量を表す。



(3) はり (はり部材)

○鋼材の最小あきの検討

鋼材の最小あきは

$$B=115-32=83\text{mm}$$

○締固め作業高さの検討

図 1.6.4 に示す通り締固め作業高さは 2.8m とした。

○最小スランプの設定

以上の結果と表 1.6.3 よりはりの最小スランプは 12cm となる。

○締固め作業高さの検討

図 1.6.3 に示す通り締固め作業高さは 3.3m とした。

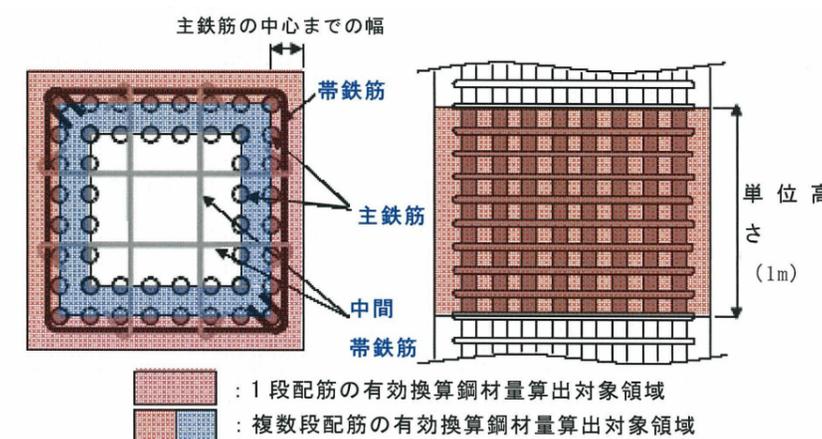
○打込みの最小スランプの設定

以上の結果と表 1.6.2 より柱における打込みの最小スランプは 7cm となる。

表 1.6.2 柱部材における打込みの最小スランプの目安 (cm)

かぶり近傍の有効換算鋼材量 ⁱ⁾	かぶりあるいは軸方向鉄筋の最小あき	締固め作業高さ		
		3m 未満	3m 以上 5m 未満	5m 以上
700kg/m ³ 未満	50mm 以上	5	7	12
	50mm 未満	7	9	15
700kg/m ³ 以上	50mm 以上	7	9	15
	50mm 未満	9	12	15

i) かぶり近傍の有効換算鋼材量は、下図に示す領域内の単位容積あたりの鋼材量をいう。



(3) はり (はり部材)

○鉄筋の最小水平あきの検討

鉄筋の最小水平あきは

$$B=115-32=83\text{mm}$$

○締固め作業高さの検討

図 1.6.4 に示す通り締固め作業高さは 2.8m とした。

○打込みの最小スランプの設定

以上の結果と表 1.6.3 よりはりの最小スランプは 12cm となる。

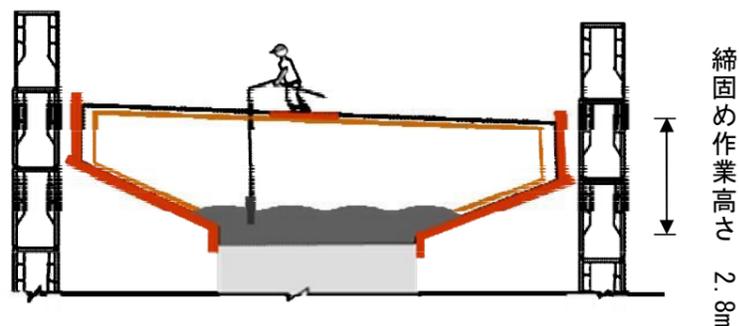


図 1.6.4 締固め作業高さ

表 1.6.3 はり部材における打込みの最小スランプの目安 (cm)

鋼材の最小あき	締固め作業高さ		
	0.5m 未満	0.5m 以上 1.5m 未満	1.5m 以上
150mm 以上	5	6	8
100mm 以上 150mm 未満	6	8	10
80mm 以上 100mm 未満	8	10	12
60mm 以上 80mm 未満	10	12	14
60mm 未満	12	14	16

(4) 場内運搬(ポンプ圧送)によるスランプ低下の検討
 ポンプ圧送距離(水平換算距離)が 150m 未満のため、表 1.6.4 よりスランプの低下量は 0cm とした。

表 1.6.4 施工条件に応じたスランプの低下の目安 (cm)

施工条件	スランプの低下量	
	最小スランプが 12cm 未満の場合	最小スランプが 12cm 以上の場合
150m 未満 (バケツ運搬を含む)	—	—
150m 以上 300m 未満	1	—
300m 以上 500m 未満	2~3	1
500m 以上	既往の実績または試験施工の結果に基づき設定する	

参考として、日平均気温が 25℃ を超えるとき(暑中コンクリートとしての取扱いが必要なとき)は、上記の値にさらに 1cm を加えたスランプの低下を見込むとよい。

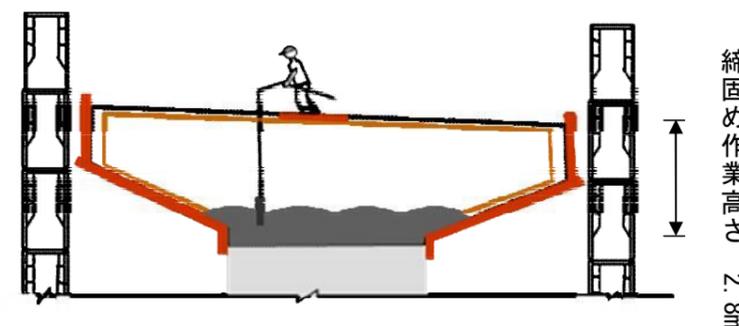


図 1.6.4 締固め作業高さ

表 1.6.3 はり部材における打込みの最小スランプの目安 (cm)

鉄筋の最小水平あき	締固め作業高さ		
	0.5m 未満	0.5m 以上 1.5m 未満	1.5m 以上
150mm 以上	5	6	8
100mm 以上 150mm 未満	6	8	10
80mm 以上 100mm 未満	8	10	12
60mm 以上 80mm 未満	10	12	14
60mm 未満	12	14	16

(4) 場内運搬(ポンプ圧送)によるスランプ低下の検討
 ポンプ圧送距離(水平換算距離)が 50m 未満のため、表 1.6.4 よりスランプの低下量は 0cm とした。

表 1.6.4 施工条件に応じたスランプの低下の目安 (cm)

圧送条件		スランプの低下量	
水平換算距離	輸送管の接続条件	打込みの最小スランプが 12cm 未満の場合	打込みの最小スランプが 12cm 以上の場合
50m 未満 (バケツ運搬を含む)		補正なし	補正なし
50m 以上 150m 未満	—	補正なし	補正なし
	テーパ管を使用し 100A(4B) 以下の配管を接続	0.5~1cm	0.5~1cm
150m 以上 300m 未満	—	1~1.5cm	1cm
	テーパ管を使用し 100A(4B) 以下の配管を接続	1.5~2cm	1.5cm
その他特殊条件以下		既往の実績や試験圧送による	

注) 日平均気温が 25℃ を超える場合は、上記の値に 1cm を加える。
 連続した上方、あるいは下方の圧送距離が 20m 以上の場合は、上記の値に 1cm を加える。

(5) 荷卸し箇所の目標スランプの設定

手引書(案)本編の「2.2 最小スランプを考慮したスランプ設定の考え方」に基づき、部材ごとに荷卸し箇所の目標スランプを設定すると以下の通りである。

フーチング：12cm，柱：8cm，はり：12cm

表 1.6.5 荷卸し箇所の目標スランプ(cm)

	打込みの 最小スランプ	場内運搬の 補正	製造時の 品質管理幅	荷卸し箇所の 目標スランプ*
フーチング	10	0	1.5	12(11.5)
柱	7	0	1.5	8(8.5)
はり	12	0	1.5	12(13.5)

※荷卸し箇所の目標スランプは、JIS A 5308 に規定されるスランプのうち、()の計算値に最も近いスランプを選定。

(注)本編「2.2 最小スランプを考慮したスランプ設定の考え方」に基づき設定

(5) 荷卸し箇所の目標スランプの設定

手引書(案)本編の「2.2 **打込み**の最小スランプを考慮したスランプ設定の考え方」に基づき、部材ごとに荷卸し箇所の目標スランプを設定すると以下の通りである。

フーチング：12cm，柱：8cm，はり：12cm

表 1.6.5 荷卸し箇所の目標スランプ(cm)

	打込みの 最小スランプ	場内運搬の 補正	製造時の 品質管理幅	荷卸し箇所の 目標スランプ*
フーチング	10	0	1.5	12(11.5)
柱	7	0	1.5	8(8.5)
はり	12	0	1.5	12(13.5)

※荷卸し箇所の目標スランプは、JIS A 5308 に規定されるスランプのうち、()の計算値に最も近いスランプを選定。

(注)本編「2.2 打込みの最小スランプを考慮したスランプ設定の考え方」に基づき設定

表 1.7.10 圧縮強度発現式の各係数

セメントの種類	管理材齢 t_n (日)	$a = \alpha_1 + \beta_1(C/W)^*$		$b = \alpha_2 + \beta_2(C/W)^*$		S_f
		α_1	β_1	α_2	β_2	
普通 ポルトランド セメント	28	6.31	-1.36	0.771	0.0494	0.37
	56	6.94	-1.54	0.875	0.0278	
	91	7.37	-1.67	0.946	0.0138	
中庸熱 ポルトランド セメント	28	15.8	-3.44	0.428	0.125	0.42
	56	20.2	-4.79	0.637	0.0862	
	91	24.3	-6.09	0.844	0.0399	
低熱 ポルトランド セメント	28	21.9	-3.94	0.203	0.143	0.50
	56	32.8	-6.92	0.410	0.125	
	91	42.0	-9.72	0.612	0.086	
早強 ポルトランド セメント	7	3.27	-0.816	0.512	0.122	0.30
	14	3.96	-1.04	0.711	0.0759	
	28	4.39	-1.19	0.841	0.0428	
	91	4.79	-1.32	0.966	0.0096	
高炉 セメントB種	28	14.4	-3.86	0.477	0.140	0.42
	56	17.4	-4.88	0.687	0.0877	
	91	19.2	-5.44	0.787	0.0757	
フライアッシュ セメントB種	28	13.4	-3.20	0.514	0.116	0.47
	56	16.2	-4.12	0.708	0.0739	
	91	18.4	-4.80	0.850	0.0456	

*C/W:セメント水比

4) 外部拘束係数の設定

地盤特性および構造物の長さは変わらないため標準パターンと同様とした。

5) 温度応力解析結果

表 1.7.6 に示すパターンの対策を施した場合の温度応力解析によって得られた各部材における最小ひび割れ指数の一覧を表 1.7.11 に示す。また、材齢とひび割れ指数の関係を図 1.7.10, 最小ひび割れ指数分布を図 1.7.11 に示す。

表 1.7.11 温度応力解析結果 最小ひび割れ指数 (対策パターン)

	第1リフト フーチング	第2リフト 柱1	第3リフト 柱2	第4リフト 梁
最小ひび割れ指数 (材齢)	1.18 (3.5日)	1.58 (20日)	1.36 (25日)	0.98 (19日)

表 1.7.10 圧縮強度発現式の各係数

セメントの種類	基準材齢 i (日)	$a = \alpha_1 + \beta_1(C/W)^*$		$b = \alpha_2 + \beta_2(C/W)^*$		S_f
		α_1	β_1	α_2	β_2	
普通 ポルトランド セメント	28	6.31	-1.36	0.771	0.0494	0.37
	56	6.94	-1.54	0.875	0.0278	
	91	7.37	-1.67	0.946	0.0138	
中庸熱 ポルトランド セメント	28	15.8	-3.44	0.428	0.125	0.42
	56	20.2	-4.79	0.637	0.0862	
	91	24.3	-6.09	0.844	0.0399	
低熱 ポルトランド セメント	28	21.9	-3.94	0.203	0.143	0.50
	56	32.8	-6.92	0.410	0.125	
	91	42.0	-9.72	0.612	0.086	
早強 ポルトランド セメント	7	3.27	-0.816	0.512	0.122	0.30
	14	3.96	-1.04	0.711	0.0759	
	28	4.39	-1.19	0.841	0.0428	
	91	4.79	-1.32	0.966	0.0096	
高炉 セメント B種	28	14.4	-3.86	0.477	0.140	0.42
	56	17.4	-4.88	0.687	0.0877	
	91	19.2	-5.44	0.787	0.0757	
フライアッシュ セメントB種	28	13.4	-3.20	0.514	0.116	0.47
	56	16.2	-4.12	0.708	0.0739	
	91	18.4	-4.80	0.850	0.0456	

*C/W:セメント水比

4) 外部拘束係数の設定

地盤特性および構造物の長さは変わらないため標準パターンと同様とした。

5) 温度応力解析結果

表 1.7.6 に示すパターンの対策を施した場合の温度応力解析によって得られた各部材における最小ひび割れ指数の一覧を表 1.7.11 に示す。また、材齢とひび割れ指数の関係を図 1.7.10, 最小ひび割れ指数分布を図 1.7.11 に示す。

表 1.7.11 温度応力解析結果 最小ひび割れ指数 (対策パターン)

	第1リフト フーチング	第2リフト 柱1	第3リフト 柱2	第4リフト 梁
最小ひび割れ指数 (材齢)	1.18 (3.5日)	1.58 (20日)	1.36 (25日)	0.98 (19日)

2.2 最小スランプの設定

(1) フーチング (スラブ部材)

○コンクリートの投入間隔の検討

上筋の配筋条件は、図 2.2.1 に示す通り、F₁D32 と F₂D32 が重なる場所 (赤枠内) および縦壁等の鉄筋がある場所 (青枠内) は、コンクリート投入ができない部分もあるため、任意の位置からの投入は行い難い。
よって投入間隔は 2~3m とした。

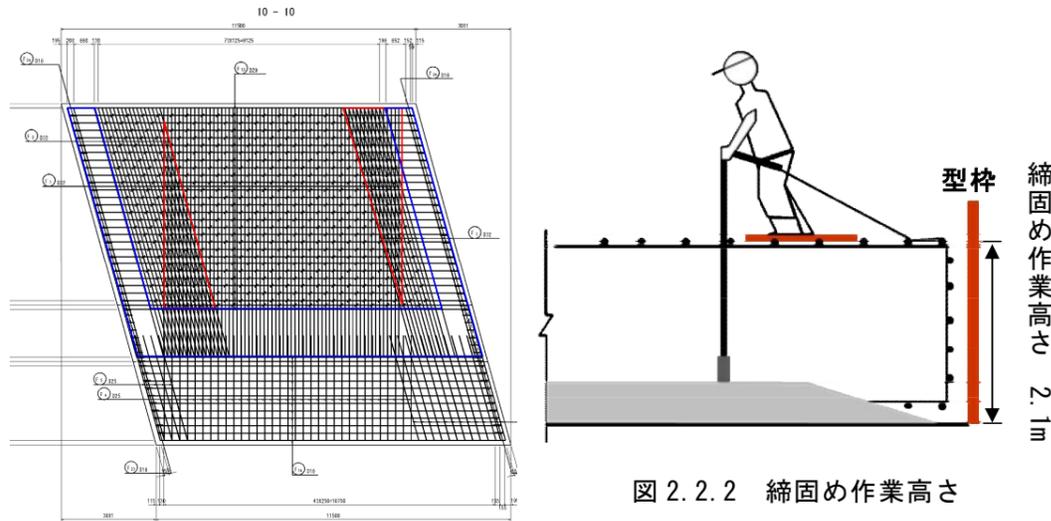


図 2.2.1 上筋の配筋条件

○締固め作業高さの検討

図 2.2.2 に示す通り締固め作業高さは 2.1m 程度とした。

○最小スランプの設定

以上の結果と 表 2.2.1 よりフーチングの最小スランプは 10cm となる。

表 2.2.1 スラブ部材における打込みの最小スランプの目安 (cm)

コンクリートの投入間隔	締固め作業高さ		
	0.5m 未満	0.5m 以上 1.5m 未満	3m 以下
任意の箇所から投入可能	5	7	-
2~3m	-	-	10
3~4m	-	-	12

- i) 鋼材量は 100~150kg/m³、鉄筋の最小あきは 100~150mm を標準とする。
- ii) コンクリートの落下高さは 1.5m 以下を標準とする。

2.2 打込みの最小スランプの設定

(1) フーチング (スラブ部材)

○コンクリートの打込み箇所間隔の検討

上筋の配筋条件は、図 2.2.1 に示す通り、F₁D32 と F₂D32 が重なる場所 (赤枠内) および縦壁等の鉄筋がある場所 (青枠内) は、コンクリートの打込みができない部分もあるため、任意の位置からの打込みは行い難い。
よって投入間隔は 2~3m とした。

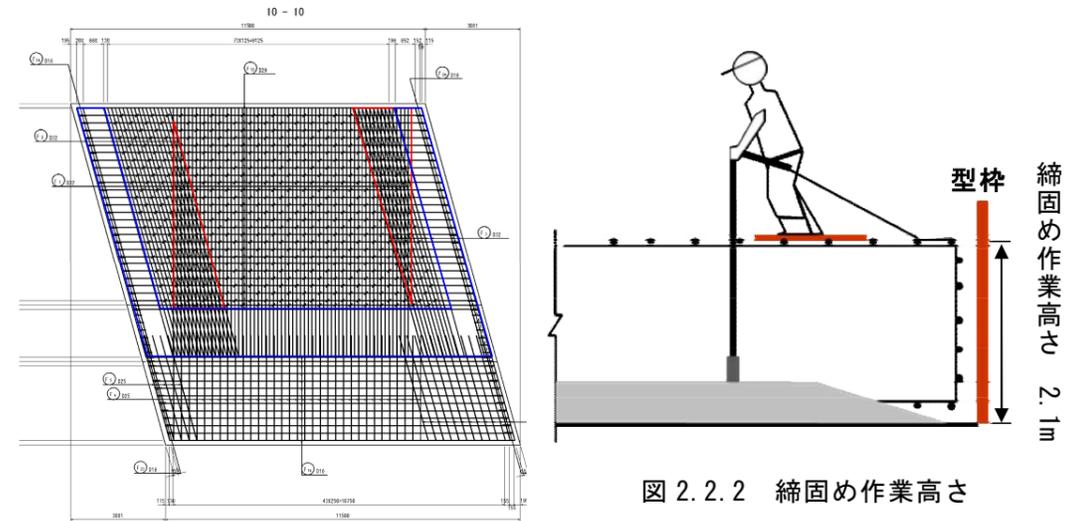


図 2.2.1 上筋の配筋条件

○締固め作業高さの検討

図 2.2.2 に示す通り締固め作業高さは 2.1m 程度とした。

○打込みの最小スランプの設定

以上の結果と 表 2.2.1 よりフーチングの打込みの最小スランプは 10cm となる。

表 2.2.1 スラブ部材における打込みの最小スランプの目安 (cm)

コンクリートの打込み箇所間隔	締固め作業高さ		
	0.5m 未満	0.5m 以上 1.5m 以下	3m 以下
任意の箇所から打込み可能	5	7	-
2~3m	-	-	10
3~4m	-	-	12

- i) 鋼材量は 100~150kg/m³、鉄筋の最小あきは 100~150mm を標準とする。
- ii) コンクリートの落下高さは 1.5m 以下を標準とする。

(2) 堅壁 (壁部材)

○鋼材量の算出

鋼材量については、図 2.2.3 の赤線で示す部分で算出をおこなった。

・断面積

$$S=1.0 \times 1.9=1.9\text{m}^2$$

・鉄筋の重量 (壁長 1m あたり)

(A₁D29)

$$W1=4 \text{ 本} \times 1\text{m/本} \times 5.04\text{kg/m}=20.16\text{kg}$$

(A₂D29)

$$W2=4 \text{ 本} \times 1\text{m/本} \times 5.04\text{kg/m}=20.16\text{kg}$$

(A₃D19)

$$W3=4 \text{ 本} \times 1\text{m/本} \times 2.25\text{kg/m}=9.00\text{kg}$$

(A₅D19)

$$W4=4 \text{ 本} \times 1\text{m/本} \times 2.25\text{kg/m}=9.00\text{kg}$$

(A₉D19)

$$W5=2 \text{ 本} \times 2.25\text{m/本} \times 2.25\text{kg/m}=10.13\text{kg}$$

・鋼材量

$$W=(20.16\text{kg}+20.16\text{kg}+9.00\text{kg}+9.00\text{kg}+10.13\text{kg}) / (1.9\text{m}^2 \times 1\text{m})=36.03\text{kg/m}^3$$

○鋼材の最小あきの算出

$$B=250-29=221\text{mm}$$

○締固め作業高さの検討

図 2.2.4 に示す通り締固め作業高さは 3.3m とした。

○最小スランプの設定

以上の結果と表 2.2.2 より堅壁の最小スランプは 10cm となる。

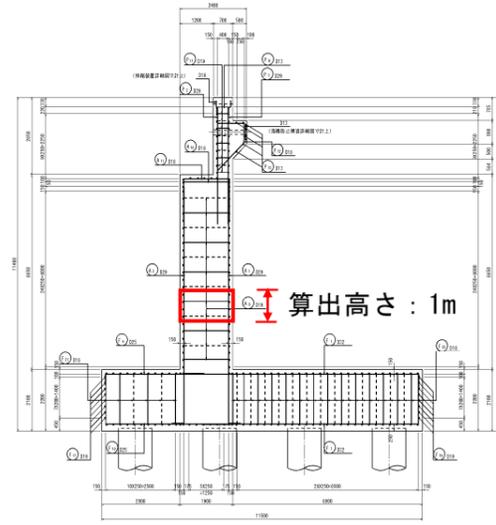


図 2.2.3 算出範囲

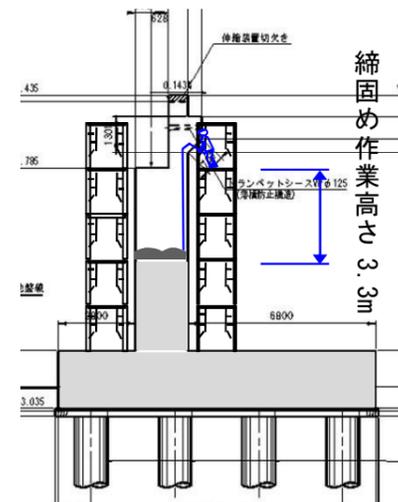


図 2.2.4 締固め作業高さ

表 2.2.2 壁部材における打込みの最小スランプの目安 (cm)

鋼材量	鋼材の最小あき	締固め作業高さ		
		3m 未満	3m 以上 5m 未満	5m 以上
200kg/m ³ 未満	100mm 以上	8	10	15
	100mm 未満	10	12	15
200kg/m ³ 以上	100mm 以上	10	12	15
350kg/m ³ 未満	100mm 未満	12	12	15
350kg/m ³ 以上	—	15	15	15

(2) 堅壁 (壁部材)

○鋼材量の算出

鋼材量については、図 2.2.3 の赤線で示す部分で算出をおこなった。

・断面積

$$S=1.0 \times 1.9=1.9\text{m}^2$$

・鉄筋の重量 (壁長 1m あたり)

(A₁D29)

$$W1=4 \text{ 本} \times 1\text{m/本} \times 5.04\text{kg/m}=20.16\text{kg}$$

(A₂D29)

$$W2=4 \text{ 本} \times 1\text{m/本} \times 5.04\text{kg/m}=20.16\text{kg}$$

(A₃D19)

$$W3=4 \text{ 本} \times 1\text{m/本} \times 2.25\text{kg/m}=9.00\text{kg}$$

(A₅D19)

$$W4=4 \text{ 本} \times 1\text{m/本} \times 2.25\text{kg/m}=9.00\text{kg}$$

(A₉D19)

$$W5=2 \text{ 本} \times 2.25\text{m/本} \times 2.25\text{kg/m}=10.13\text{kg}$$

・鋼材量

$$W=(20.16\text{kg}+20.16\text{kg}+9.00\text{kg}+9.00\text{kg}+10.13\text{kg}) / (1.9\text{m}^2 \times 1\text{m})=36.03\text{kg/m}^3$$

○軸方向鉄筋の最小あきの算出

$$B=250-29=221\text{mm}$$

○締固め作業高さの検討

図 2.2.4 に示す通り締固め作業高さは 3.3m とした。

○最小スランプの設定

以上の結果と表 2.2.2 より堅壁の最小スランプは 10cm となる。

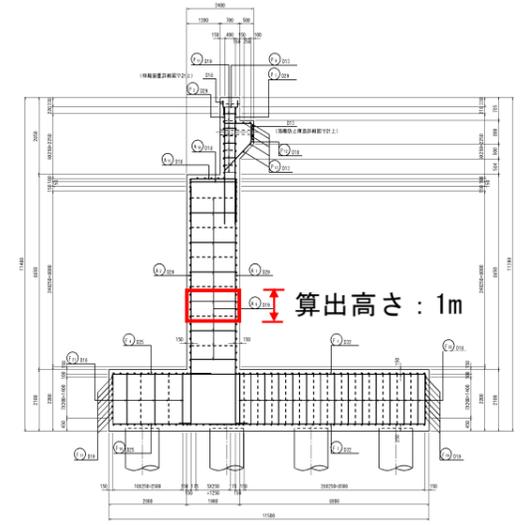


図 2.2.3 算出範囲

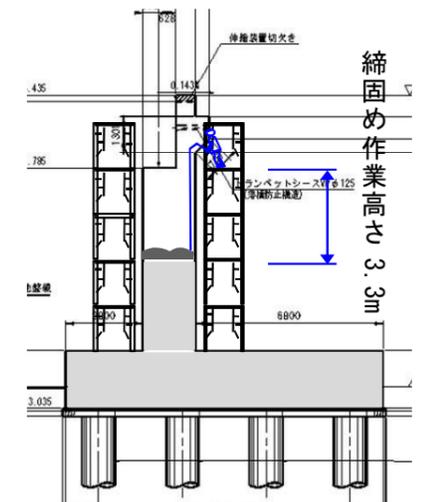


図 2.2.4 締固め作業高さ

表 2.2.2 壁部材における打込みの最小スランプの目安 (cm)

鋼材量	軸方向鉄筋の最小あき	締固め作業高さ		
		3m 未満	3m 以上 5m 未満	5m 以上
200kg/m ³ 未満	100mm 以上	8	10	15
	100mm 未満	10	12	15
200kg/m ³ 以上	100mm 以上	10	12	15
350kg/m ³ 未満	100mm 未満	12	12	15
350kg/m ³ 以上	—	15	15	15

○鋼材の最小あきの算出

$$B=125-29=96\text{mm}$$

○締固め作業高さの検討

図 2.2.6 に示す通り締固め作業高さは 2.6m とした。

○最小スランプの設定

以上の結果と表 2.2.2 よりパラペットの最小スランプは 10cm となる。

(4) 場内運搬(ポンプ圧送)によるスランプ低下の検討

ポンプ圧送距離(水平換算距離)が 150m 未満のため、表 2.2.3 よりスランプの低下量は 0cm とした。

表 2.2.3 施工条件に応じたスランプの低下の目安 (cm)

施工条件	スランプの低下量	
	最小スランプが 12cm 未満の場合	最小スランプが 12cm 以上の場合
150m 未満 (バケツ運搬を含む)	—	—
150m 以上 300m 未満	1	—
300m 以上 500m 未満	2~3	1
500m 以上	既往の実績または試験施工の結果に基づき設定する	

参考として、日平均気温が 25℃を超えるとき(暑中コンクリートとしての取扱いが必要なとき)は、上記の値にさらに 1cm を加えたスランプの低下を見込むとよい。

(5) 荷卸し箇所の目標スランプの設定

手引書(案)本編の「2.2 最小スランプを考慮したスランプ設定の考え方」に基づき、部材ごとに荷卸し箇所の目標スランプを設定すると以下の通りである。

フーチング：12cm, 堅壁：12cm, パラペット：12cm

○軸方向鉄筋の最小あきの算出

$$B=125-29=96\text{mm}$$

○締固め作業高さの検討

図 2.2.6 に示す通り締固め作業高さは 2.6m とした。

○打込みの最小スランプの設定

以上の結果と表 2.2.2 よりパラペットの打込みの最小スランプは 10cm となる。

(4) 場内運搬(ポンプ圧送)によるスランプ低下の検討

ポンプ圧送距離(水平換算距離)が 50m 未満のため、表 2.2.3 よりスランプの低下量は 0cm とした。

表 2.2.3 施工条件に応じたスランプの低下の目安 (cm)

圧送条件		スランプの低下量	
水平換算 距離	輸送管の接続条件	打込みの最小スランプ が 12cm 未満の場合	打込みの最小スランプ が 12cm 以上の場合
50m 未満 (バケツ運搬を含む)		補正なし	補正なし
50m 以上 150m 未満	—	補正なし	補正なし
	テーパ管を使用し 100A(4B)以下の配管を接続	0.5~1cm	0.5~1cm
150m 以上 300m 未満	—	1~1.5cm	1cm
	テーパ管を使用し 100A(4B)以下の配管を接続	1.5~2cm	1.5cm
その他特殊条件以下		既往の実績や試験圧送による	

注) 日平均気温が 25℃を超える場合は、上記の値に 1cm を加える。
連続した上方、あるいは下方の圧送距離が 20m 以上の場合は、上記の値に 1cm を加える。

(5) 荷卸し箇所の目標スランプの設定

手引書(案)本編の「2.2 打込みの最小スランプを考慮したスランプ設定の考え方」に基づき、部材ごとに荷卸し箇所の目標スランプを設定すると以下の通りである。

フーチング：12cm, 堅壁：12cm, パラペット：12cm

表 2.2.4 荷卸し箇所の目標スランプ (cm)

	打込みの 最小スランプ	場内運搬の 補正	製造時の 品質管理幅	荷卸し箇所の 目標スランプ※
フーチング	10	0	1.5	12(11.5)
縦壁	10	0	1.5	12(11.5)
パラペット	10	0	1.5	12(11.5)

※荷卸し箇所の目標スランプは、JIS A 5308 に規定されるスランプのうち、()の計算値に最も近いスランプを選定。

(注)本編「2.2 最小スランプを考慮したスランプ設定の考え方」に基づき設定

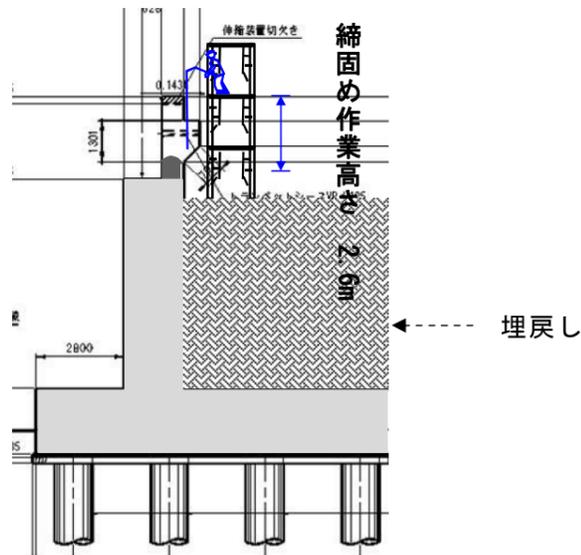


図 2.2.6 締めめ作業高さ

表 2.2.4 荷卸し箇所の目標スランプ (cm)

	打込みの 最小スランプ	場内運搬の 補正	製造時の 品質管理幅	荷卸し箇所の 目標スランプ※
フーチング	10	0	1.5	12(11.5)
縦壁	10	0	1.5	12(11.5)
パラペット	10	0	1.5	12(11.5)

※荷卸し箇所の目標スランプは、JIS A 5308 に規定されるスランプのうち、()の計算値に最も近いスランプを選定。

(注)本編「2.2 **打込みの**最小スランプを考慮したスランプ設定の考え方」に基づき設定

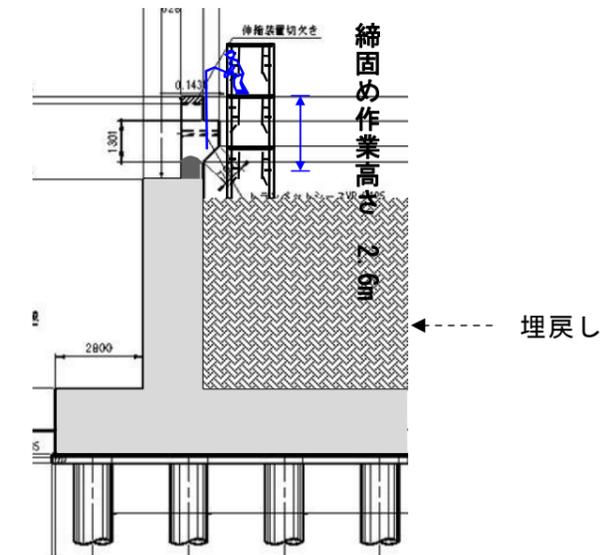


図 2.2.6 締めめ作業高さ

3.2 最小スランプの設定

○鋼材量の算出
鋼材量については、図 3.1.4 の赤線で示す部分で算出を行った。

・断面積

$$S=4.0 \times 6.5 - \{ (0.8 \times 0.8 - 0.8 \times 0.8 \times \pi \times 1/4) \times 4 + (2.4 \times 4.9 - 0.2 \times 0.2 \times 1/2 \times 4) \}$$

$$=13.77\text{m}^2$$

・鉄筋の本数

(1 断面積あたり)

$$N1=31 \times 2=62 \text{ 本 } (C_1 \text{ D32})$$

$$N2=30 \times 2=60 \text{ 本 } (C_2 \text{ D32})$$

$$N3=3 \times 2=6 \text{ 本 } (C_3 \text{ D32})$$

$$N4=4 \times 2=8 \text{ 本 } (C_4 \text{ D32})$$

$$N5=16 \times 2=32 \text{ 本 } (C_5 \text{ D22})$$

$$N6=15 \times 2=30 \text{ 本 } (C_6 \text{ D22})$$

$$N7=1 \times 2=2 \text{ 本 } (C_7 \text{ D22})$$

$$N8=2 \times 2=4 \text{ 本 } (C_8 \text{ D22})$$

(1 段あたり)

$$N9=4 \text{ 本 } (C_{14} \text{ D22}) \quad N10=2 \text{ 本 } (C_1^0 \text{ D22})$$

$$N11=4 \text{ 本 } (C_2^0 \text{ D22}) \quad N12=4 \text{ 本 } (C_3^0 \text{ D22})$$

$$N13=20 \text{ 本 } (C_4^0 \text{ D22})$$

・鉄筋の重量 (高さ 1m あたり)

$$W1=(62 \text{ 本}+60 \text{ 本}+6 \text{ 本}+8 \text{ 本}) \times 1.0\text{m}/\text{本} \times 6.23\text{kg}/\text{m}=847.28\text{kg}$$

$$W2=(32 \text{ 本}+30 \text{ 本}+2 \text{ 本}+4 \text{ 本}) \times 1.0\text{m}/\text{本} \times 3.04\text{kg}/\text{m}=206.72\text{kg}$$

$$W3=4 \text{ 本}/\text{段} \times 4 \text{ 段} \times 2.56\text{m}/\text{本} \times 3.04\text{kg}/\text{m}=124.52\text{kg} \quad (@300)$$

$$W4=2 \text{ 本}/\text{段} \times 7 \text{ 段} \times 11.14\text{m}/\text{本} \times 3.04\text{kg}/\text{m}=474.12\text{kg} \quad (@150)$$

$$W5=4 \text{ 本}/\text{段} \times 7 \text{ 段} \times 4.23\text{m}/\text{本} \times 3.04\text{kg}/\text{m}=360.06\text{kg} \quad (@150)$$

$$W6=4 \text{ 本}/\text{段} \times 7 \text{ 段} \times 2.98\text{m}/\text{本} \times 3.04\text{kg}/\text{m}=253.66\text{kg} \quad (@150)$$

$$W7=20 \text{ 本}/\text{段} \times 7 \text{ 段} \times 1.24\text{m}/\text{本} \times 3.04\text{kg}/\text{m}=527.74\text{kg} \quad (@150)$$

・鋼材量

$$W=(847.28\text{kg}+206.72\text{kg}+124.52\text{kg}+474.12\text{kg}+360.06\text{kg}+253.66\text{kg}+527.74\text{kg}) / (13.77\text{m}^2 \times 1\text{m})=202.91\text{kg}/\text{m}^3$$

○鋼材の最小あきの算出

鋼材の最小あきは

$$B=100-32=68\text{mm}$$

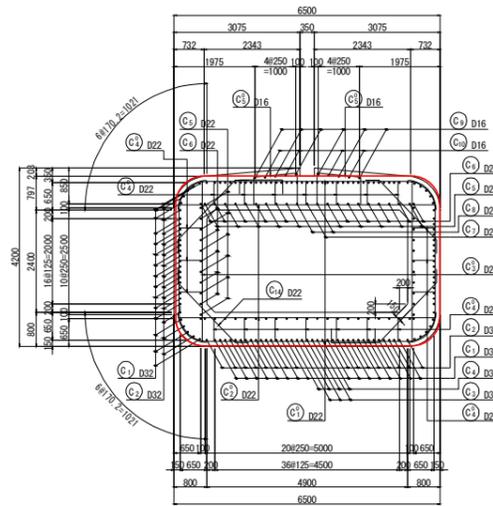


図 3.1.4 算出範囲

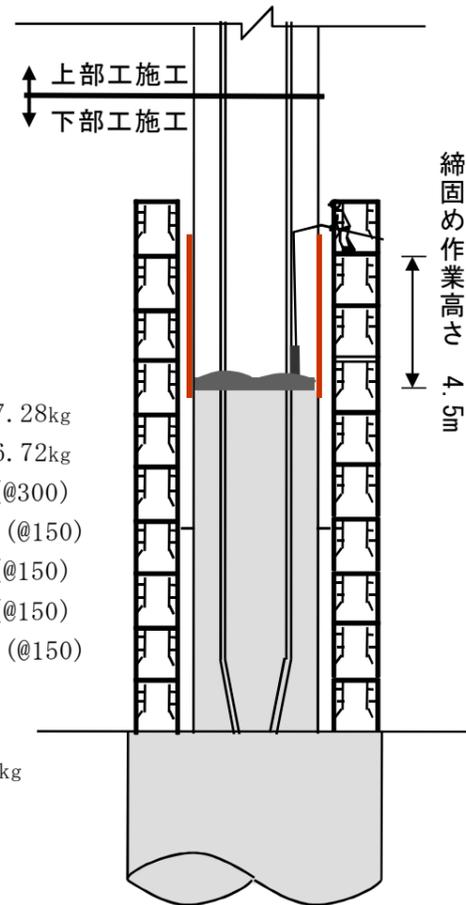


図 3.1.5 締固め作業高さ

3.2 打込みの最小スランプの設定

○鋼材量の算出
鋼材量については、図 3.1.4 の赤線で示す部分で算出を行った。

・断面積

$$S=4.0 \times 6.5 - \{ (0.8 \times 0.8 - 0.8 \times 0.8 \times \pi \times 1/4) \times 4 + (2.4 \times 4.9 - 0.2 \times 0.2 \times 1/2 \times 4) \}$$

$$=13.77\text{m}^2$$

・鉄筋の本数

(1 断面積あたり)

$$N1=31 \times 2=62 \text{ 本 } (C_1 \text{ D32})$$

$$N2=30 \times 2=60 \text{ 本 } (C_2 \text{ D32})$$

$$N3=3 \times 2=6 \text{ 本 } (C_3 \text{ D32})$$

$$N4=4 \times 2=8 \text{ 本 } (C_4 \text{ D32})$$

$$N5=16 \times 2=32 \text{ 本 } (C_5 \text{ D22})$$

$$N6=15 \times 2=30 \text{ 本 } (C_6 \text{ D22})$$

$$N7=1 \times 2=2 \text{ 本 } (C_7 \text{ D22})$$

$$N8=2 \times 2=4 \text{ 本 } (C_8 \text{ D22})$$

(1 段あたり)

$$N9=4 \text{ 本 } (C_{14} \text{ D22}) \quad N10=2 \text{ 本 } (C_1^0 \text{ D22})$$

$$N11=4 \text{ 本 } (C_2^0 \text{ D22}) \quad N12=4 \text{ 本 } (C_3^0 \text{ D22})$$

$$N13=20 \text{ 本 } (C_4^0 \text{ D22})$$

・鉄筋の重量 (高さ 1m あたり)

$$W1=(62 \text{ 本}+60 \text{ 本}+6 \text{ 本}+8 \text{ 本}) \times 1.0\text{m}/\text{本} \times 6.23\text{kg}/\text{m}=847.28\text{kg}$$

$$W2=(32 \text{ 本}+30 \text{ 本}+2 \text{ 本}+4 \text{ 本}) \times 1.0\text{m}/\text{本} \times 3.04\text{kg}/\text{m}=206.72\text{kg}$$

$$W3=4 \text{ 本}/\text{段} \times 4 \text{ 段} \times 2.56\text{m}/\text{本} \times 3.04\text{kg}/\text{m}=124.52\text{kg} \quad (@300)$$

$$W4=2 \text{ 本}/\text{段} \times 7 \text{ 段} \times 11.14\text{m}/\text{本} \times 3.04\text{kg}/\text{m}=474.12\text{kg} \quad (@150)$$

$$W5=4 \text{ 本}/\text{段} \times 7 \text{ 段} \times 4.23\text{m}/\text{本} \times 3.04\text{kg}/\text{m}=360.06\text{kg} \quad (@150)$$

$$W6=4 \text{ 本}/\text{段} \times 7 \text{ 段} \times 2.98\text{m}/\text{本} \times 3.04\text{kg}/\text{m}=253.66\text{kg} \quad (@150)$$

$$W7=20 \text{ 本}/\text{段} \times 7 \text{ 段} \times 1.24\text{m}/\text{本} \times 3.04\text{kg}/\text{m}=527.74\text{kg} \quad (@150)$$

・鋼材量

$$W=(847.28\text{kg}+206.72\text{kg}+124.52\text{kg}+474.12\text{kg}+360.06\text{kg}+253.66\text{kg}+527.74\text{kg}) / (13.77\text{m}^2 \times 1\text{m})=202.91\text{kg}/\text{m}^3$$

○軸方向鉄筋の最小あきの算出

$$B=100-32=68\text{mm}$$

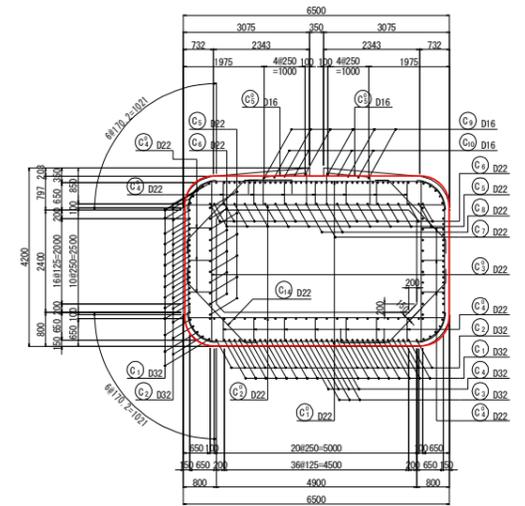


図 3.1.4 算出範囲

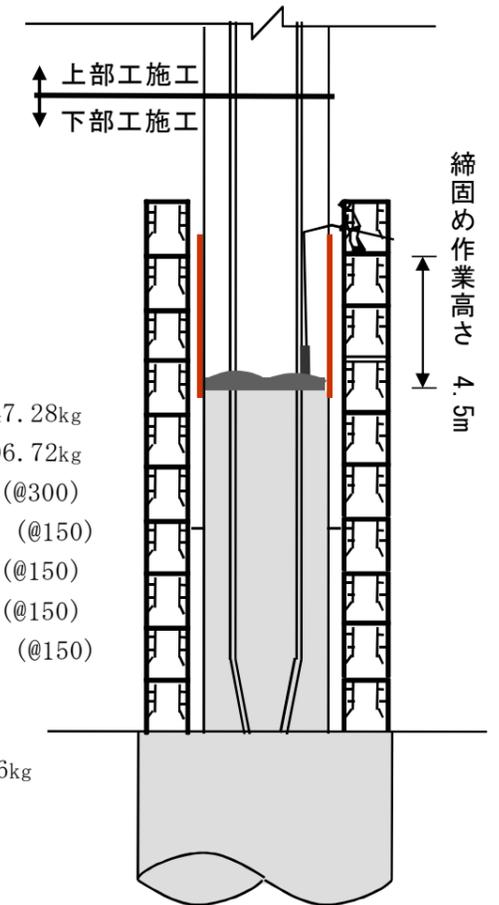


図 3.1.5 締固め作業高さ

○締固め作業高さの検討

図 3.1.5 に示す通り締固め作業高さは 4.5m とした。

○最小スランプの設定

以上の結果と表 3.1.2 よりはりの最小スランプは 12cm となる。

表 3.1.2 壁部材における打込みの最小スランプの目安 (cm)

鋼材量	鋼材の 最小あき	締固め作業高さ		
		3m 未満	3m 以上 5m 未満	5m 以上
200kg/m ³ 未満	100mm 以上	8	10	15
	100mm 未満	10	12	15
200kg/m ³ 以上	100mm 以上	10	12	15
350kg/m ³ 未満	100mm 未満	12	12	15
350kg/m ³ 以上	-	15	15	15

○場内運搬(ポンプ圧送)によるスランプ低下の検討

ポンプ圧送距離(水平換算距離)が 150m 未満であり、モデルとなった実例では日平均気温が 25℃を超えるため、表 3.1.3 よりスランプの低下量は 1cm とした。

表 3.1.3 施工条件に応じたスランプの低下の目安 (cm)

施工条件	スランプの低下量	
ポンプ圧送距離 (水平換算距離)	最小スランプが 12cm 未満の場合	最小スランプが 12cm 以上の場合
150m 未満 (バケット運搬を含む)	-	-
150m 以上 300m 未満	1	-
300m 以上 500m 未満	2~3	1
500m 以上	既往の実績または試験施工の結果に基づき設定する	

参考として、日平均気温が 25℃を超えるとき(暑中コンクリートとしての取扱いが必要なとき)は、上記の値にさらに 1cm を加えたスランプの低下を見込むとよい。

○締固め作業高さの検討

図 3.1.5 に示す通り締固め作業高さは 4.5m とした。

○打込みの最小スランプの設定

以上の結果と表 3.1.2 よりはりの打込みの最小スランプは 12cm となる。

表 3.1.2 壁部材における打込みの最小スランプの目安 (cm)

鋼材量	軸方向鉄筋の 最小あき	締固め作業高さ		
		3m 未満	3m 以上 5m 未満	5m 以上
200kg/m ³ 未満	100mm 以上	8	10	15
	100mm 未満	10	12	15
200kg/m ³ 以上	100mm 以上	10	12	15
350kg/m ³ 未満	100mm 未満	12	12	15
350kg/m ³ 以上	-	15	15	15

○場内運搬(ポンプ圧送)によるスランプ低下の検討

ポンプ圧送距離(水平換算距離)が 50m 未満であり、モデルとなった実例では日平均気温が 25℃を超えるため、表 3.1.3 よりスランプの低下量は 1cm とした。

表 3.1.3 施工条件に応じたスランプの低下の目安 (cm)

圧送条件		スランプの低下量	
水平換算 距離	輸送管の接続条件	打込みの最小スランプ が 12cm 未満の場合	打込みの最小スランプ が 12cm 以上の場合
50m 未満 (バケット運搬を含む)		補正なし	補正なし
50m 以上 150m 未満	-	補正なし	補正なし
	テーパ管を使用し 100A(4B)以下の配管を接続	0.5~1cm	0.5~1cm
150m 以上 300m 未満	-	1~1.5cm	1cm
	テーパ管を使用し 100A(4B)以下の配管を接続	1.5~2cm	1.5cm
その他特殊条件以下		既往の実績や試験圧送による	

注) 日平均気温が 25℃を超える場合は、上記の値に 1cm を加える。
連続した上方、あるいは下方の圧送距離が 20m 以上の場合は、上記の値に 1cm を加え

○荷卸し箇所の目標スランプの設定

手引書(案)本編の「2.2 最小スランプを考慮したスランプ設定の考え方」に基づき、荷卸し箇所の目標スランプを設定すると **15cm** となる。

表 3.1.4 荷卸し箇所の目標スランプ(cm)

	打込みの 最小スランプ	場内運搬の 補正	製造時の 品質管理幅	荷卸し箇所の 目標スランプ*
壁	12	1	1.5	15(14.5)

※荷卸し箇所の目標スランプは、JIS A 5308 に規定されるスランプのうち、() の計算値に最も近いスランプを選定。

(注)本編「2.2 最小スランプを考慮したスランプ設定の考え方」に基づき設定

◎荷卸し箇所の目標スランプの選定

以上の照査結果より、荷卸し箇所の目標スランプとして以下の 2 案を提案する。

【提案①】

上記照査を重視する。 荷卸し箇所の目標スランプ：15cm

【提案②】

スランプが大きくなると単位水量が大きくなり、材料分離抵抗性の低減や乾燥収縮量の増大が懸念される。

そこで、型枠内に作業員が入ることで締固め作業高さが 3m 未満になるように施工の工夫を行う。また、上記照査より壁部材の鋼材量は、202.91kg/m³ であり表 3.1.2 の鋼材量のしきい値 (200kg/m³) にほぼ等しいことから、入念な締固めを行うことにより最小スランプを 10cm にランクを下げる。

荷卸し箇所の目標スランプ：12cm

○荷卸し箇所の目標スランプの設定

手引書(案)本編の「2.2 **打込みの**最小スランプを考慮したスランプ設定の考え方」に基づき、荷卸し箇所の目標スランプを設定すると **15cm** となる。

表 3.1.4 荷卸し箇所の目標スランプ(cm)

	打込みの 最小スランプ	場内運搬の 補正	製造時の 品質管理幅	荷卸し箇所の 目標スランプ*
壁	12	1	1.5	15(14.5)

※荷卸し箇所の目標スランプは、JIS A 5308 に規定されるスランプのうち、() の計算値に最も近いスランプを選定。

(注)本編「2.2 **打込みの**最小スランプを考慮したスランプ設定の考え方」に基づき設定

◎荷卸し箇所の目標スランプの選定

以上の照査結果より、荷卸し箇所の目標スランプとして以下の 2 案を提案する。

【提案①】

上記照査を重視する。 荷卸し箇所の目標スランプ：15cm

【提案②】

スランプが大きくなると単位水量が大きくなり、材料分離抵抗性の低減や乾燥収縮量の増大が懸念される。

そこで、型枠内に作業員が入ることで締固め作業高さが 3m 未満になるように施工の工夫を行う。また、上記照査より壁部材の鋼材量は、202.91kg/m³ であり表 3.1.2 の鋼材量のしきい値 (200kg/m³) にほぼ等しいことから、入念な締固めを行うことにより **打込みの**最小スランプを 10cm にランクを下げる。

荷卸し箇所の目標スランプ：12cm

ボックスカルバート 照査例①

4.1 構造物の諸元

表 4.1.1 下部工諸元

ブロック長	L=13.400m	
塩害に対する地域区分	C 地域	
凍害に関する事項	九州地区 平地（山間地ではない）	
化学的侵食に関する事項	温泉地域および旧産炭地域等ではない	
使用材料	コンクリート	$\sigma_{ck}=24\text{N/mm}^2$
	鉄筋	SD345

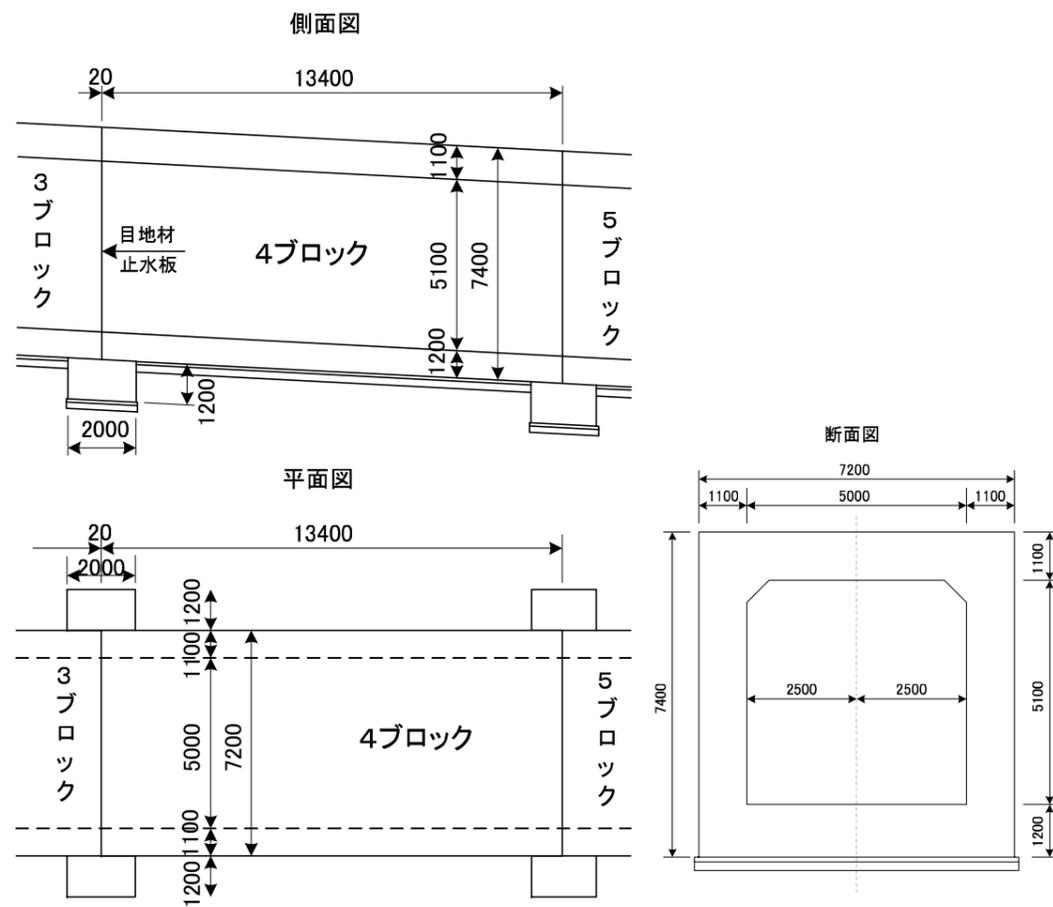


図 4.1.1 ボックスカルバート一般図

ボックスカルバート 照査例①

4.1 構造物の諸元

表 4.1.1 下部工諸元

ブロック長	L=13.400m	
塩害に対する地域区分	C 地域 ※道路土工カルバート工指針の「塩害の地域区分」による	
凍害に関する事項	九州地区 平地（山間地ではない）	
化学的侵食に関する事項	温泉地域および旧産炭地域等ではない	
使用材料	コンクリート	$\sigma_{ck}=24\text{N/mm}^2$
	鉄筋	SD345

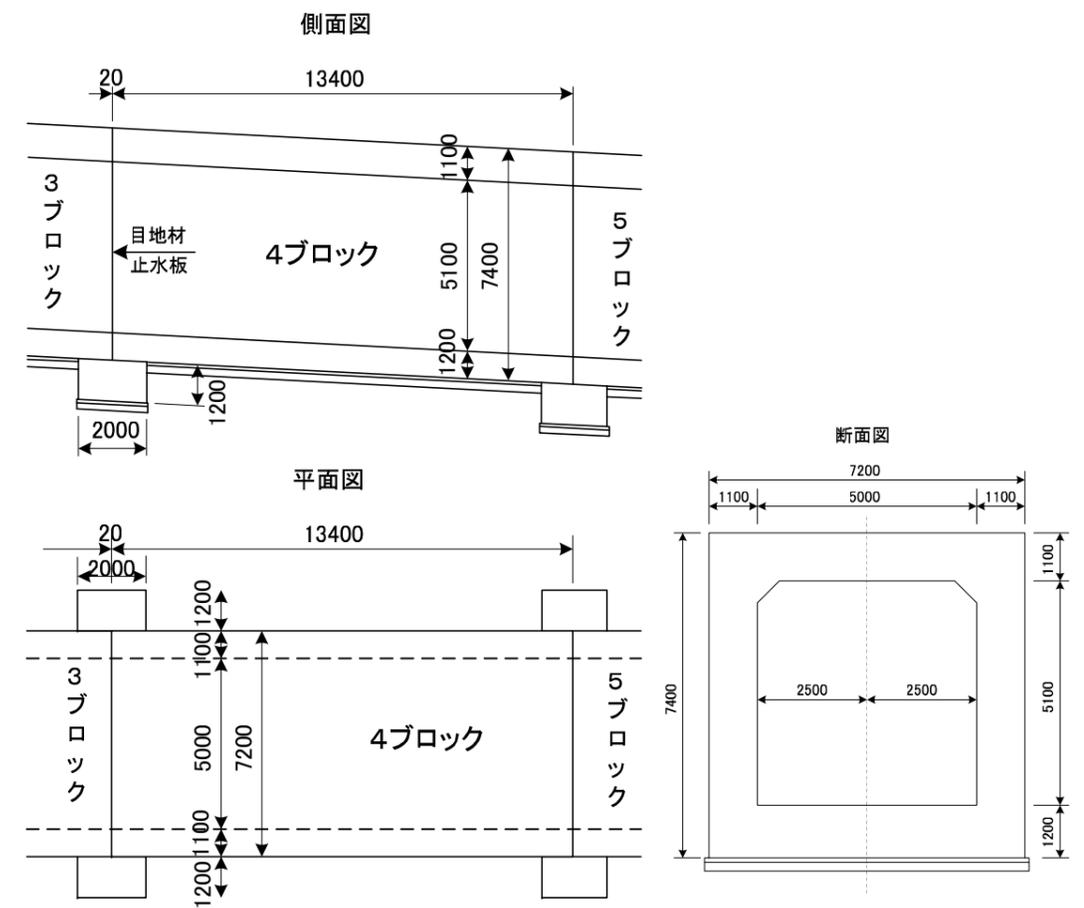


図 4.1.1 ボックスカルバート一般図

4.4 使用性の照査

使用性に関する照査については、指針(案)では、「現在、道路橋示方書や国土交通省の各種指針類では、一般に許容応力度設計法で設計されているため、その場合には使用性に対する照査は省略してもよいものとする」[指針(案)2.2.3]としている。よってここでは照査を省略する。

4.5 耐久性の照査

対象構造物は、周面が埋め戻されるため中性化の影響は構造物の外側よりも内空面の方が大きくなることが予測される。したがって、中性化の照査は、**内空面側で行う**。また、当該構造物は、塩害に対しては影響を受けない地域に建設されるため塩害に対する照査は省略するが、アルカリ骨材反応に対する照査、化学的侵食に対する照査は行うこととする。

対象構造物におけるそれぞれの部位の**内空面**の最小かぶりは表 4.5.1 に示す。
 なお、設計段階では、使用するコンクリートの配合は未定なため、近隣地区における同種構造物に用いられたコンクリートの配合を参考にするなどして仮定する必要がある、ここでは、水セメント比 53%、使用セメントを高炉セメント B 種（高炉スラグ混入量 45%）とした。

表 4.5.1 ボックスカルバート内空面のかぶり

部材	底版部	側壁部	頂版部
内空面のかぶり (mm)	78	61.5	69.5

(1) 中性化に対する照査

中性化に対する照査は、設計耐用年数に応じた中性化深さの設計値 y_d の鋼材腐食発生限界深さ y_{lim} に対する比に構造物係数 γ_i を乗じた値が、1.0 以下であることを確かめることにより行う。

以下に照査の具体例を示す。ただし、詳細な計算手法等については照査例①と同様であるため、ここでは、各項目の計算結果のみを示す。

○中性化深さの算出【 y_d 】

[I]有効水結合材比の算出【 W/B 】

4.4 使用性の照査

使用性に関する照査については、指針(案)では、「現在、国土交通省の各種指針類では、一般に許容応力度設計法で設計されているため、その場合には使用性に対する照査は省略してもよいものとする」[指針(案)2.2.3]としている。よってここでは照査を省略する。

4.5 耐久性の照査

対象構造物は、周面が埋め戻されるため中性化の影響は構造物の外側よりも内空面の方が大きくなることが予測される。したがって、中性化の照査は**内空側と外面側のかぶりが同じである底版は内空側で行い、かぶりが異なる側壁と頂版は内空側と外面側の両面で照査する**。また、当該構造物は、塩害に対しては影響を受けない地域に建設されるため塩害に対する照査は省略するが、アルカリシリカ反応に対する照査、化学的侵食に対する照査は行うこととする。

対象構造物におけるそれぞれの部位の最小かぶりは表 4.5.1 に示す。
 なお、設計段階では、使用するコンクリートの配合は未定なため、近隣地区における同種構造物に用いられたコンクリートの配合を参考にするなどして仮定する必要がある、ここでは、水セメント比 53%、使用セメントを高炉セメント B 種（高炉スラグ混入量 45%）とした。

表 4.5.1 ボックスカルバート内空面のかぶり

部材	底版部	側壁部	頂版部
内空面側のかぶり (mm)	78	61.5	69.5
外面側のかぶり (mm)	78	55	68.0

(1) 中性化に対する照査

中性化に対する照査は、設計耐用年数に応じた中性化深さの設計値 y_d の鋼材腐食発生限界深さ y_{lim} に対する比に構造物係数 γ_i を乗じた値が、1.0 以下であることを確かめることにより行う。

以下に照査の具体例を示す。ただし、詳細な計算手法等については照査例①と同様であるため、ここでは、各項目の計算結果のみを示す。

○中性化深さの算出【 y_d 】

[I]有効水結合材比の算出【 W/B 】

(式 1.5.1)より,

$$W/B = W / (W/0.53 \times 0.55 + 0.7 \times W/0.53 \times 0.45) = 0.613$$

【Ⅱ】中性化速度係数の予測値算出【 α_p 】

(式 1.5.2)より

$$\alpha_p = -3.57 + 0.9 \times 0.613 = 1.947 \quad (\text{mm}/\sqrt{\text{年}})$$

【Ⅲ】中性化速度係数の特性値算出【 α_k 】

(式 1.5.3)より,

$$\alpha_k = 1.0 \times 1.947 = 1.947 \quad (\text{mm}/\sqrt{\text{年}})$$

【Ⅳ】中性化速度係数の設計値算出【 α_d 】

(式 1.5.4)より,

$$\alpha_d = 1.947 \times 1.6 \times 1.0 = 3.115 \quad (\text{mm}/\sqrt{\text{年}}) \cdots \text{側壁, 頂版部}$$

$$\alpha_d = 1.947 \times 1.0 \times 1.3 = 2.531 \quad (\text{mm}/\sqrt{\text{年}}) \cdots \text{底版部}$$

【Ⅴ】中性化深さの設計値算出【 y_d 】

耐用年数を 50 年とし, (式 1.5.5)より,

$$y_d = 1.15 \times 3.115 \times \sqrt{50} = 25.33 \approx 26 \quad (\text{mm}) \cdots \text{側壁, 頂版部}$$

$$y_d = 1.15 \times 2.531 \times \sqrt{50} = 20.58 \approx 21 \quad (\text{mm}) \cdots \text{底版部}$$

○限界深さの算出【 y_{lim} 】

(式 1.5.6)により,

【底版部】 $y_{lim} = 78 - 0 - 10 = 68 \quad (\text{mm})$

【側壁部】 $y_{lim} = 61.5 - 0 - 10 = 51.5 \quad (\text{mm})$

【頂版部】 $y_{lim} = 69.5 - 0 - 10 = 59.5 \quad (\text{mm})$

○中性化深さ【 y_d 】と限界深さ【 y_{lim} 】の対比

(式 1.5.7)により,

【側壁部】 $\gamma_i \frac{y_d}{y_{lim}} = 1.0 \times \frac{26}{51.5} = 0.50 \leq 1.0 \quad (\text{OK})$

【頂版部】 $\gamma_i \frac{y_d}{y_{lim}} = 1.0 \times \frac{26}{59.5} = 0.44 \leq 1.0 \quad (\text{OK})$

(式 1.5.1)より,

$$W/B = W / (W/0.53 \times 0.55 + 0.7 \times W/0.53 \times 0.45) = 0.613$$

【Ⅱ】中性化速度係数の特性値算出【 α_k 】

(式 1.5.2)より

$$\alpha_k = -3.57 + 0.9 \times 0.613 = 1.947 \quad (\text{mm}/\sqrt{\text{年}})$$

【Ⅲ】中性化速度係数の設計値算出【 α_d 】

(式 1.5.3)より,

$$\alpha_d = 1.947 \times 1.6 \times 1.0 = 3.115 \quad (\text{mm}/\sqrt{\text{年}}) \cdots \text{側壁 (内空側), 頂版部 (内空側)}$$

$$\alpha_d = 1.947 \times 1.0 \times 1.0 = 1.947 \quad (\text{mm}/\sqrt{\text{年}}) \cdots \text{底版部, 側壁・頂版部 (外面側)}$$

【Ⅳ】中性化深さの設計値算出【 y_d 】

耐用年数を 50 年とし, (式 1.5.4)より,

$$y_d = 1.15 \times 3.115 \times \sqrt{50} = 25.33 = 25 \quad (\text{mm}) \cdots \text{側壁 (内空側), 頂版部 (内空側)}$$

$$y_d = 1.15 \times 1.947 \times \sqrt{50} = 15.83 = 16 \quad (\text{mm}) \cdots \text{底版部, 側壁・頂版部 (外面側)}$$

○限界深さの算出【 y_{lim} 】

(式 1.5.5)により,

【底版部】 $y_{lim} = 78 - 0 - 10 = 68 \quad (\text{mm})$

【側壁部 (内空側)】 $y_{lim} = 61.5 - 0 - 10 = 51.5 \quad (\text{mm})$

【側壁部 (外面側)】 $y_{lim} = 55 - 0 - 10 = 45 \quad (\text{mm})$

【頂版部 (内空側)】 $y_{lim} = 69.5 - 0 - 10 = 59.5 \quad (\text{mm})$

【頂版部 (外面側)】 $y_{lim} = 68 - 0 - 10 = 58 \quad (\text{mm})$

○中性化深さ【 y_d 】と限界深さ【 y_{lim} 】の対比

(式 1.5.6)により,

【底版部】 $\gamma_i \frac{y_d}{y_{lim}} = 1.0 \times \frac{16}{68.0} = 0.24 \leq 1.0 \quad (\text{OK})$

【側壁部 (内空側)】 $\gamma_i \frac{y_d}{y_{lim}} = 1.0 \times \frac{25}{51.5} = 0.49 \leq 1.0 \quad (\text{OK})$

【側壁部 (外面側)】 $\gamma_i \frac{y_d}{y_{lim}} = 1.0 \times \frac{16}{45.0} = 0.36 \leq 1.0 \quad (\text{OK})$

【頂版部 (内空側)】 $\gamma_i \frac{y_d}{y_{lim}} = 1.0 \times \frac{25}{59.5} = 0.42 \leq 1.0 \quad (\text{OK})$

【頂版部 (外面側)】 $\gamma_i \frac{y_d}{y_{lim}} = 1.0 \times \frac{16}{58.0} = 0.28 \leq 1.0 \quad (\text{OK})$

【底版部】 $\gamma_i \frac{y_d}{y_{lim}} = 1.0 \times \frac{21}{68} = 0.31 \leq 1.0$ (OK)

本事例では、中性化に伴う鋼材腐食に対しては、全ての部材において耐用年数 50 年を満足していることが確認された。

(2) 塩害に対する照査

先に示した通り、当該構造物は塩害の影響を受けない地域に建設されるため照査を省略する。

(3) アルカリ骨材反応に対する照査

当該構造物建設予定地周辺の既設構造物調査を行ったところ、アルカリ骨材反応による劣化はみられなかった。

(4) 凍害に対する照査

当該構造物建設予定地は、九州地区の平地である（山間地ではない）ため、照査の対象外である。

なお、指針(案)では、「九州地区においては、一部の山間地を除いて凍結するおそれがないので、凍害に対する照査を省略することができる」[指針(案)2.2.4]としている。

(5) 化学的侵食に対する照査

当該構造物建設予定地は、温泉地域および旧産炭地域等ではなく、酸性劣化や硫酸塩劣化等は想定されない。

本事例では、中性化に伴う鋼材腐食に対しては、全ての部材において耐用年数 50 年を満足していることが確認された。

(2) 塩害に対する照査

先に示した通り、当該構造物は塩害の影響を受けない地域に建設されるため照査を省略する。

(3) アルカリシリカ反応に対する照査

当該構造物建設予定地周辺の既設構造物調査を行ったところ、アルカリシリカ反応による劣化はみられなかった。

(4) 凍害に対する照査

当該構造物建設予定地は、九州地区の平地である（山間地ではない）ため、照査の対象外である。

なお、指針(案)では、「九州地区においては、一部の山間地を除いて凍結するおそれがないので、凍害に対する照査を省略することができる」[指針(案)2.2.4]としている。

(5) 化学的侵食に対する照査

当該構造物建設予定地は、温泉地域および旧産炭地域等ではなく、酸性劣化や硫酸塩劣化等は想定されない。

4.6 最小スランプの設定

(1) 底版および頂版<スラブ部材>

○コンクリートの投入間隔の検討

底版および頂版は、コンクリートの投入は任意の箇所から可能である。

○締固め作業高さの検討

図 4.1.4 より部材厚を締固め作業高さと同等とみなし、底版の締固め作業高さは 1.2m 程度、頂版の締固め作業高さは 1.1m 程度とした。

○最小スランプの設定

以上の結果と表 4.6.1 より底版および頂版の最小スランプは 7cm となる。

表 4.6.1 スラブ部材における打込みの最小スランプの目安 (cm) i) ii)

コンクリートの投入間隔	締固め作業高さ		
	0.5m 未満	0.5m 以上 1.5m 未満	3m 以下
任意の箇所から投入可能	5	7	-
2~3m	-	-	10
3~4m	-	-	12

i) 鋼材量は 100~150kg/m³、鉄筋の最小あきは 100~150mm を標準とする。

ii) コンクリートの落下高さは 1.5m 以下を標準とする。

(2) 壁部材

○鋼材量の算出

鋼材量は、図 4.6.1 の赤枠に示す領域で算出した。

・容積

$$S=1.1 \times 5.1 \times 13.4=75.174\text{m}^3$$

・鉄筋の本数

(側壁外面)

$$N1=55 \text{ 本 } (S_1 \text{ D}32), N2=20 \text{ 本 } (W_2 \text{ D}16)$$

(側壁内面)

$$N3=55 \text{ 本 } (W_1 \text{ D}19), N4=20 \text{ 本 } (W_2 \text{ D}16)$$

$$N5=303 \text{ 本 } (W_3 \text{ D}13)$$

・鉄筋の重量

$$W1=55 \text{ 本} \times 5.1\text{m/本} \times 6.23\text{kg/m}=1747.52\text{kg}$$

$$W2=20 \text{ 本} \times 13.2\text{m/本} \times 1.56\text{kg/m}=411.84\text{kg}$$

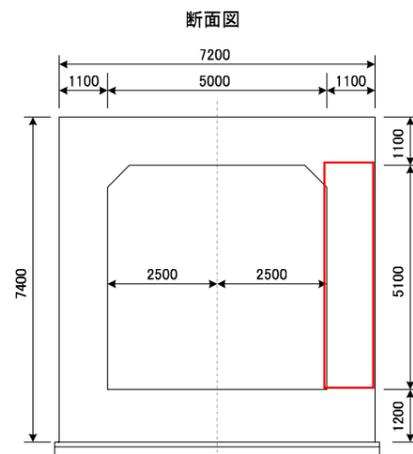


図 4.6.1 算出範囲

4.6 打込みの最小スランプの設定

(1) 底版および頂版<スラブ部材>

○コンクリートの打込み箇所間隔の検討

底版および頂版は、コンクリートの打込みは任意の箇所から可能である。

○締固め作業高さの検討

図 4.1.4 より部材厚を締固め作業高さと同等とみなし、底版の締固め作業高さは 1.2m 程度、頂版の締固め作業高さは 1.1m 程度とした。

○打込みの最小スランプの設定

以上の結果と表 4.6.1 より底版および頂版の打込みの最小スランプは 7cm となる。

表 4.6.1 スラブ部材における打込みの最小スランプの目安 (cm) i) ii)

コンクリートの打込み箇所間隔	締固め作業高さ		
	0.5m 未満	0.5m 以上 1.5m 以下	3m 以下
任意の箇所から打込み可能	5	7	-
2~3m	-	-	10
3~4m	-	-	12

i) 鋼材量は 100~150kg/m³、鉄筋の最小あきは 100~150mm を標準とする。

ii) コンクリートの落下高さは 1.5m 以下を標準とする。

(2) 壁部材

○鋼材量の算出

鋼材量は、図 4.6.1 の赤枠に示す領域で算出した。

・容積

$$S=1.1 \times 5.1 \times 13.4=75.174\text{m}^3$$

・鉄筋の本数

(側壁外面)

$$N1=55 \text{ 本 } (S_1 \text{ D}32), N2=20 \text{ 本 } (W_2 \text{ D}16)$$

(側壁内面)

$$N3=55 \text{ 本 } (W_1 \text{ D}19), N4=20 \text{ 本 } (W_2 \text{ D}16)$$

$$N5=303 \text{ 本 } (W_3 \text{ D}13)$$

・鉄筋の重量

$$W1=55 \text{ 本} \times 5.1\text{m/本} \times 6.23\text{kg/m}=1747.52\text{kg}$$

$$W2=20 \text{ 本} \times 13.2\text{m/本} \times 1.56\text{kg/m}=411.84\text{kg}$$

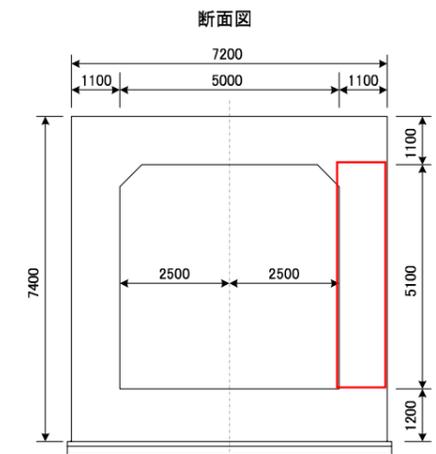


図 4.6.1 算出範囲

W3=55 本×5.1m/本×2.25kg/m=631.13kg
 W4=20 本×13.2m/本×1.56kg/m=411.84kg
 W5=303 本×1.17m/本×0.995kg/m=352.74kg

・鋼材量

$$W=(1747.52\text{kg}+411.84\text{kg}+631.13\text{kg}+411.84\text{kg}+352.74\text{kg})/75.174\text{m}^3=47.3\text{kg/m}^3$$

○鋼材の最小のあきの算出

鋼材の最小のあきは

$$B=250-32=218\text{mm}$$

○締固め作業高さの検討

締固め作業高さは打設高さである 3.6m とした。

○最小スランプの設定

以上の結果と表 4.6.2 より側壁の最小スランプは 10cm となる。

表 4.6.2 壁部材における打込みの最小スランプの目安 (cm)

鋼材量	鋼材の 最小あき	締固め作業高さ		
		3m 未満	3m 以上 5m 未満	5m 以上
200kg/m ³ 未満	100mm 以上	8	10	15
	100mm 未満	10	12	15
200kg/m ³ 以上	100mm 以上	10	12	15
350kg/m ³ 未満	100mm 未満	12	12	15
350kg/m ³ 以上	-	15	15	15

(3) 場内運搬(ポンプ圧送)によるスランプ低下の検討

ポンプ圧送距離(水平換算距離)が 150m 未満であり、表 4.6.3 よりスランプの低下量は 0cm であるが、打設時の日平均気温が 25℃を超えるためスランプの低下量は 1cm とした。

W3=55 本×5.1m/本×2.25kg/m=631.13kg
 W4=20 本×13.2m/本×1.56kg/m=411.84kg
 W5=303 本×1.17m/本×0.995kg/m=352.74kg

・鋼材量

$$W=(1747.52\text{kg}+411.84\text{kg}+631.13\text{kg}+411.84\text{kg}+352.74\text{kg})/75.174\text{m}^3=47.3\text{kg/m}^3$$

○軸方向鉄筋の最小のあきの算出

$$B=250-32=218\text{mm}$$

○締固め作業高さの検討

締固め作業高さは打設高さである 3.6m とした。

○打込みの最小スランプの設定

以上の結果と表 4.6.2 より側壁の打込みの最小スランプは 10cm となる。

表 4.6.2 壁部材における打込みの最小スランプの目安 (cm)

鋼材量	軸方向鉄筋 の最小あき	締固め作業高さ		
		3m 未満	3m 以上 5m 未満	5m 以上
200kg/m ³ 未満	100mm 以上	8	10	15
	100mm 未満	10	12	15
200kg/m ³ 以上	100mm 以上	10	12	15
350kg/m ³ 未満	100mm 未満	12	12	15
350kg/m ³ 以上	-	15	15	15

(3) 場内運搬(ポンプ圧送)によるスランプ低下の検討

ポンプ圧送距離(水平換算距離)が 50m 未満であり、表 4.6.3 よりスランプの低下量は 0cm であるが、打設時の日平均気温が 25℃を超えるためスランプの低下量は 1cm とした。

表 4.6.3 施工条件に応じたスランプの低下の目安 (cm)

施工条件	スランプの低下量	
	最小スランプが 12cm 未満の場合	最小スランプが 12cm 以上の場合
150m 未満 (バケツ運搬を含む)	—	—
150m 以上 300m 未満	1	—
300m 以上 500m 未満	2~3	1
500m 以上	既往の実績または試験施工の結果に基づき設定する	

参考として、日平均気温が 25℃を超えるとき(暑中コンクリートとしての取扱いが必要なとき)は、上記の値にさらに 1cm を加えたスランプの低下を見込むとよい。

(4) 荷卸し箇所の目標スランプの設定

手引書(案)本編の「2.2 最小スランプを考慮したスランプ設定の考え方」に基づき、部材ごとに荷卸し箇所の目標スランプを設定すると以下の通りである。

底版・頂版：8cm，側壁：12cm

表 4.6.4 荷卸し箇所の目標スランプ (cm)

	打込みの 最小スランプ	場内運搬の 補正	製造時の 品質管理幅	荷卸し箇所の 目標スランプ*
底版・頂版	7	1	1.5	10(9.5)
側壁	10	1	1.5	12(12.5)

※荷卸し箇所の目標スランプは、JIS A 5308 に規定されるスランプのうち、() の計算値に最も近いスランプを選定。

(注)本編「2.2 最小スランプを考慮したスランプ設定の考え方」に基づき設定

表 4.6.3 施工条件に応じたスランプの低下の目安 (cm)

圧送条件		スランプの低下量	
水平換算 距離	輸送管の接続条件	打込みの最小スランプ が 12cm 未満の場合	打込みの最小スランプ が 12cm 以上の場合
50m 未満 (バケツ運搬を含む)		補正なし	補正なし
50m 以上 150m 未満	—	補正なし	補正なし
	テーパ管を使用し 100A(4B)以下の配管を接続	0.5~1cm	0.5~1cm
150m 以上 300m 未満	—	1~1.5cm	1cm
	テーパ管を使用し 100A(4B)以下の配管を接続	1.5~2cm	1.5cm
その他特殊条件以下		既往の実績や試験圧送による	

注) 日平均気温が 25℃を超える場合は、上記の値に 1cm を加える。
連続した上方、あるいは下方の圧送距離が 20m 以上の場合は、上記の値に 1cm を加える。

(4) 荷卸し箇所の目標スランプの設定

手引書(案)本編の「2.2 打込みの最小スランプを考慮したスランプ設定の考え方」に基づき、部材ごとに荷卸し箇所の目標スランプを設定すると以下の通りである。

底版・頂版：8cm，側壁：12cm

表 4.6.4 荷卸し箇所の目標スランプ (cm)

	打込みの 最小スランプ	場内運搬の 補正	製造時の 品質管理幅	荷卸し箇所の 目標スランプ*
底版・頂版	7	1	1.5	10(9.5)
側壁	10	1	1.5	12(12.5)

※荷卸し箇所の目標スランプは、JIS A 5308 に規定されるスランプのうち、() の計算値に最も近いスランプを選定。

(注)本編「2.2 打込みの最小スランプを考慮したスランプ設定の考え方」に基づき設定

4.7.3 対策パターンの解析

ここでは、温度ひび割れ対策としてひび割れ誘発目地を設置することとし表 4.7.6 に示すようにひび割れ誘発目地の設置間隔を変えて解析を行う。ただし、解析手法や検討内容は、標準パターン（無対策時）と同様であるため詳細な解析の説明を省略する。

1) ひび割れ誘発目地を設置した場合の解析例

ひび割れ誘発目地を設置した場合、誘発目地設置断面に応力が集中することでその断面にひび割れが発生しやすい状態にある。ひび割れが発生した後は、その断面に働く荷重を鉄筋が負担する。また、ひび割れ誘発目地の断面欠損率が十分でない場合には、設置断面以外にひび割れが発生することも考えられる。

しかし、CP 法による解析では、上述の現象を忠実にモデル化することは極めて困難であるため、ここでは簡易な検討手法によって行うこととし、解析にあたり以下の条件を定めることにする。

- ・ひび割れは必ずひび割れ誘発目地を設置した断面に発生する。
- ・ひび割れ発生後は、ひび割れ発生断面の応力は解放される。

また、ひび割れをひび割れ誘発目地に確実に発生させるために、日本コンクリート工学協会の「マスコンクリートのひび割れ制御指針 2008」に示される図 4.7.8 を参考として断面欠損率を 37.5%以上と仮定する。

なお、断面欠損率とは、部材両表面の溝状欠損部の深さと断面内に埋設して付着を切った部分の壁厚方向の幅の合計を元の壁厚で除した値である。断面欠損率の算定例を図 4.7.9 および以下に示す。

【断面欠損率の算定例】

部材両表面の溝状欠損部：15mm×2=30mm

付着欠損部：200mm×2=400mm

元の壁厚：1,000mm

$$\begin{aligned} \text{断面欠損率} &= \text{欠損部の合計} \div \text{元の壁厚} \\ &= (30 + 400) \div 1,000 \\ &= 0.43 \text{ (43.0\%)} \end{aligned}$$

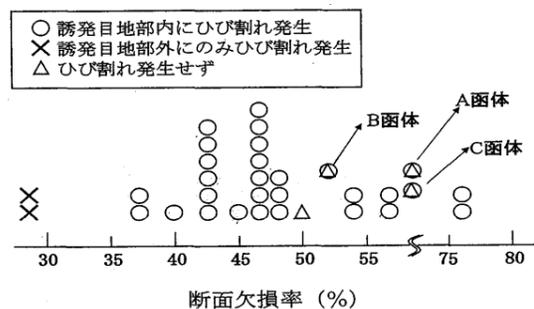


図 4.7.8 断面欠損率と温度ひび割れの関係

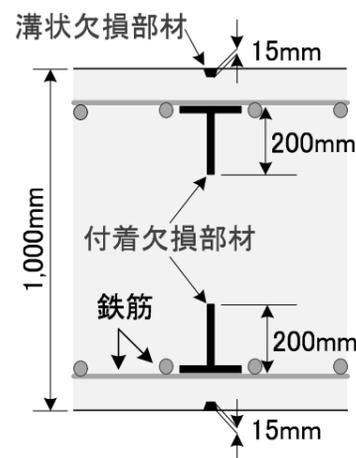


図 4.7.9 誘発目地の設置例

4.7.3 対策パターンの解析

ここでは、温度ひび割れ対策としてひび割れ誘発目地を設置することとし表 4.7.6 に示すようにひび割れ誘発目地の設置間隔を変えて解析を行う。ただし、解析手法や検討内容は、標準パターン（無対策時）と同様であるため詳細な解析の説明を省略する。

1) ひび割れ誘発目地を設置した場合の解析例

ひび割れ誘発目地を設置した場合、誘発目地設置断面に応力が集中することでその断面にひび割れが発生しやすい状態にある。ひび割れが発生した後は、その断面に働く荷重を鉄筋が負担する。また、ひび割れ誘発目地の断面欠損率が十分でない場合には、設置断面以外にひび割れが発生することも考えられる。

しかし、CP 法による解析では、上述の現象を忠実にモデル化することは極めて困難であるため、ここでは簡易な検討手法によって行うこととし、解析にあたり以下の条件を定めることにする。

- ・ひび割れは必ずひび割れ誘発目地を設置した断面に発生する。
- ・ひび割れ発生後は、ひび割れ発生断面の応力は解放される。

なお、ひび割れをひび割れ誘発目地に確実に発生させるためには、「土木学会 2012 年制定コンクリート標準示方書」では、断面欠損率を 50%程度とする必要があるとされている。また、「日本コンクリート工学協会 マスコンクリートのひび割れ制御指針 2008」の参考資料では、図 4.7.8 に示す断面欠損率と温度ひび割れの関係から断面欠損率を 37.5%以上とした場合には誘発目地以外にはひび割れが発生していない結果が示されている。よって、断面欠損率は 50%程度を確保する。

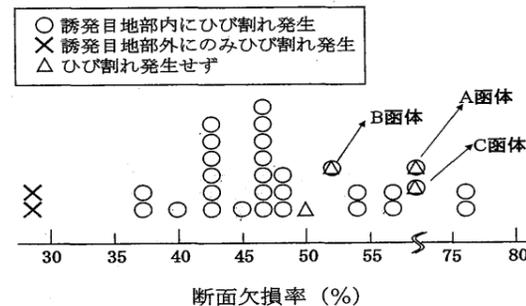


図 4.7.8 断面欠損率と温度ひび割れの関係

なお、断面欠損率とは、部材両表面の溝状欠損部の深さと断面内に埋設して付着を切った部分の壁厚方向の幅の合計を元の壁厚で除した値である。断面欠損率の算定例を図 4.7.9 および以下に示す。

【断面欠損率の算定例】

部材両表面の溝状欠損部：15mm×2=30mm

付着欠損部：235mm×2=470mm

元の壁厚：1,000mm

$$\begin{aligned} \text{断面欠損率} &= \text{欠損部の合計} \div \text{元の壁厚} \\ &= (30 + 470) \div 1,000 \\ &= 0.5 \text{ (50\%)} \end{aligned}$$

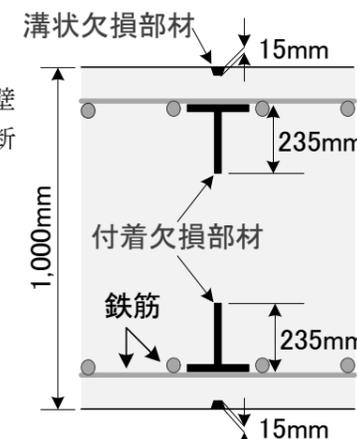


図 4.7.9 誘発目地の設置例

九州地区における土木コンクリート構造物設計・施工指針（案）

手引書（案）：資料編

新 旧 比 較 表

平成26年4月

国 土 交 通 省
九州地方整備局

① スランブを小さくするための施工方法の工夫例

ここでは、最小スランブを考慮して算出したスランブが表 3-1.1 に示すような構造物を想定する。

スランブは、施工できる範囲内でできる限り小さくなるようにすることが基本である。

表 3-1.1 のように、それぞれの部材によって目標スランブが異なる場合、作業や管理が煩雑となり、円滑な施工に支障をきたす場合もあることから、2007 年制定 土木学会コンクリート標準示方書では、各部材の打込みの最小スランブのうちの大きい値を用いることを標準としている。

表 3-1.1 を例にすると、柱部材では 10cm のスランブで十分に充填性が確保できると算定されたものに対し、全部材で統一するために目標スランブを 15cm とすることになる。このような場合、施工性や充填性は向上すると考えられるが、スランブ増大に伴う単位水量の増加によりブリーディング量や乾燥収縮量の増加が懸念されるため、できるだけ小さいスランブが採用できるよう施工方法の工夫を行うことが考えられる。

以下に、施工方法の工夫を行い、最小スランブを小さくする例を示す。

表 3-1.1 荷卸し箇所の目標スランブ(cm)

	打込みの 最小スランブ	場内運搬の 補正	製造時の 品質管理幅	荷卸し箇所の 目標スランブ*
フーチング	10	1	1.5	12(12.5)
柱	7	1	1.5	10(9.5)
はり	12	1	1.5	15(14.5)

※ 表 3-1.3 参照

<工夫例 1>

図 3-1.1 は工夫前の締固め作業状況である。

図 3-1.2 に示す通り、はりの鉄筋内部に入り締固め作業を行うことで、締固め作業高さが 1.4m となり、表 3-1.2 より最小スランブは 10cm となる。(鋼材の最小のあきは 80mm 以上 100mm 未満のまま)

表 3-1.3 に示す通り、工夫して施工を行うことで、荷卸し箇所の目標スランブは 15cm から 12cm になり、小さくすることができる。

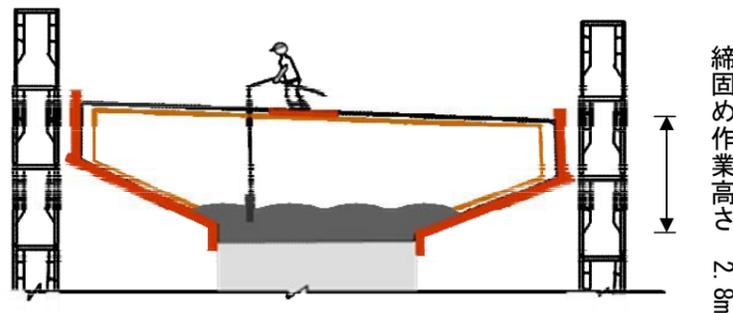


図 3-1.1 締固め作業高さ (工夫前)

① スランブを小さくするための施工方法の工夫例

ここでは、打込みの最小スランブを考慮して算出したスランブが表 3-1.1 に示すような構造物を想定する。

スランブは、施工できる範囲内でできる限り小さくなるようにすることが基本である。

表 3-1.1 のように、それぞれの部材によって目標スランブが異なる場合、作業や管理が煩雑となり、円滑な施工に支障をきたす場合もあることから、土木学会 2012 年制定コンクリート標準示方書[施工編]では、各部材の打込みの最小スランブのうちの大きい値を用いることが合理的と示されている。

表 3-1.1 を例にすると、柱部材では 10cm のスランブで十分に充填性が確保できると算定されたものに対し、全部材で統一するために目標スランブを 15cm とすることになる。このような場合、施工性や充填性は向上すると考えられるが、スランブ増大に伴う単位水量の増加によりブリーディング量や乾燥収縮量の増加が懸念されるため、できるだけ小さいスランブが採用できるよう施工方法の工夫を行うことが考えられる。

以下に、施工方法の工夫を行い、打込みの最小スランブを小さくする例を示す。

表 3-1.1 荷卸し箇所の目標スランブ(cm)

	打込みの 最小スランブ	場内運搬の 補正	製造時の 品質管理幅	荷卸し箇所の 目標スランブ*
フーチング	10	1	1.5	12(12.5)
柱	7	1	1.5	10(9.5)
はり	12	1	1.5	15(14.5)

※ 表 3-1.3 参照

<工夫例 1>

図 3-1.1 は工夫前の締固め作業状況である。

図 3-1.2 に示す通り、はりの鉄筋内部に入り締固め作業を行うことで、締固め作業高さが 1.4m となり、表 3-1.2 より打込みの最小スランブは 10cm となる。(鋼材の最小のあきは 80mm 以上 100mm 未満のまま)

表 3-1.3 に示す通り、工夫して施工を行うことで、荷卸し箇所の目標スランブは 15cm から 12cm になり、小さくすることができる。

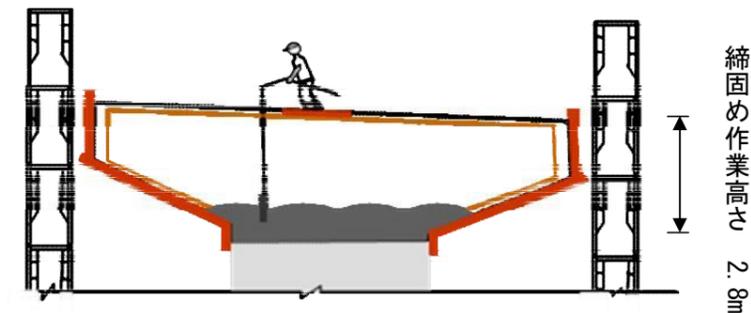


図 3-1.1 締固め作業高さ (工夫前)

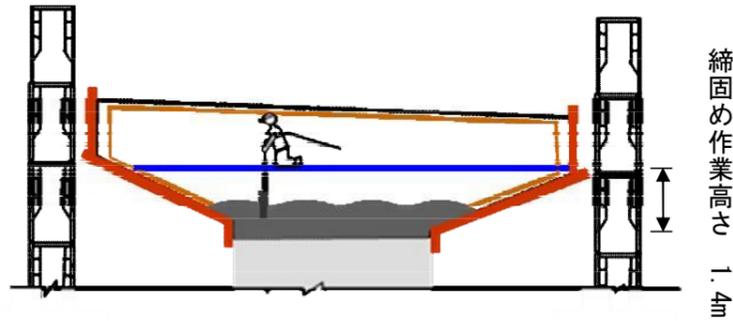


図 3-1.2 締固め作業高さ

表 3-1.2 はり部材における打込みの最小スランプの目安 (cm)

鋼材の最小あき	締固め作業高さ		
	0.5m 未満	0.5m 以上 1.5m 未満	1.5m 以上
150mm 以上	5	6	8
100mm 以上 150mm 未満	6	8	10
80mm 以上 100mm 未満	8	10	12
60mm 以上 80mm 未満	10	12	14
60mm 未満	12	14	16

表 3-1.3 荷卸し箇所の目標スランプ (cm)

		打込みの 最小スランプ	場内運搬の 補正	製造時の 品質管理幅	荷卸し箇所の 目標スランプ [※]
フーチング		10	1	1.5	12 (12.5)
柱		7	1	1.5	10 (9.5)
はり	天端より 締固め	12	1	1.5	15 (14.5)
	工夫例 内部より 締固め	10	1	1.5	12 (12.5)

※荷卸し箇所の目標スランプは、JIS A 5308 に規定されるスランプのうち、()の計算値に最も近いスランプを選定。

(注)本編「2.2 最小スランプを考慮したスランプ設定の考え方」に基づき設定

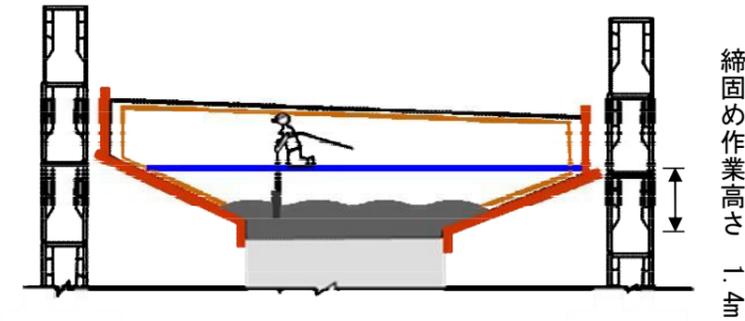


図 3-1.2 締固め作業高さ

表 3-1.2 はり部材における打込みの最小スランプの目安 (cm)

鋼材の最小水平あき	締固め作業高さ		
	0.5m 未満	0.5m 以上 1.5m 未満	1.5m 以上
150mm 以上	5	6	8
100mm 以上 150mm 未満	6	8	10
80mm 以上 100mm 未満	8	10	12
60mm 以上 80mm 未満	10	12	14
60mm 未満	12	14	16

表 3-1.3 荷卸し箇所の目標スランプ (cm)

		打込みの 最小スランプ	場内運搬の 補正	製造時の 品質管理幅	荷卸し箇所の 目標スランプ [※]
フーチング		10	1	1.5	12 (12.5)
柱		7	1	1.5	10 (9.5)
はり	天端より 締固め	12	1	1.5	15 (14.5)
	工夫例 内部より 締固め	10	1	1.5	12 (12.5)

※荷卸し箇所の目標スランプは、JIS A 5308 に規定されるスランプのうち、()の計算値に最も近いスランプを選定。

(注)本編「2.2 打込みの最小スランプを考慮したスランプ設定の考え方」に基づき設定

<工夫例 2>

一般的な壁部材においては、鉄筋や型枠締付け具等の配置により狭隘なことから部材内部に作業員が入り込んで締固め作業を行うことが想定されていない。したがって、他部材と比較すると鋼材量が小さい場合でも打込みの最小スランブを大きくするように定めてあり、表 3-1.4 に示すように締固め高さが 5m 以上の場合には、鋼材量に関係なく打込みの最小スランブは 15cm となり、品質の許容差を考慮した荷卸しの目標スランブは最低でも 18cm となる。これは、一般的な土木コンクリートとしてはめったに用いられることのないものであり、このような高スランブのコンクリートの打設に携わった経験を有する技術者も少なく、十分な品質を確保するための作業が可能か疑問である。

内空断面が 5m 以上の大規模なボックスカルバート等では、一般に鋼材量は 200kg/m³ 未満かつ鋼材の最小あきが 100mm 以上の場合が多く、側壁を一度に打設する場合には打込み高さも 5m 以上となり、表 3-1.4 に太枠で示すように打込みの最小スランブは 15cm となる。このような場合、工夫例 1 で示したように、部材内部に作業員が入り込むことで締固め作業高さを 5m 未満にすることが考えられる。ただし、先に示したように鉄筋や型枠締付け具が複雑に入り組んでいるため作業は非常に困難となる場合がある。

部材内部に作業員が入り込むことができない場合の対策として、図 3-1.3 の例に示すように型枠に作業窓を設け、作業窓から側壁下部へのコンクリートの投入、締固め作業、打込み状況の確認を行うことで、打込みの最小スランブを 8cm~10cm と小さくすることができる。なお、作業窓の大きさは作業のために人間が通れる程度の大きさ(45×45cm)以上とすることが望ましく、設置位置や数は適切に判断しなければならない。また、作業窓による断面欠損部を考慮して型枠の必要強度を確保しなければならない。

表 3-1.4 壁部材における打込みの最小スランブの目安 (cm)

鋼材量	鋼材の 最小あき	締固め作業高さ		
		3m 未満	3m 以上 5m 未満	5m 以上
200kg/m ³ 未満	100mm 以上	8	10	15
	100mm 未満	10	12	15

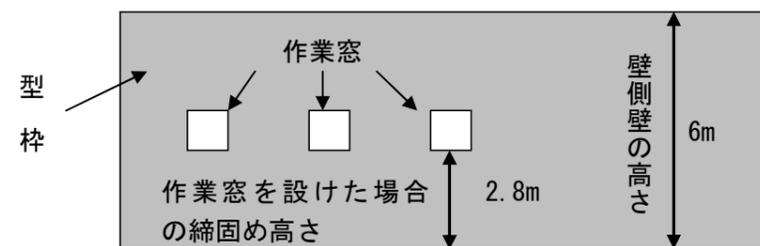


図 3-1.3 作業窓を設けた場合の締固め高さの例

<工夫例 2>

一般的な壁部材においては、鉄筋や型枠締付け具等の配置により狭隘なことから部材内部に作業員が入り込んで締固め作業を行うことが想定されていない。したがって、他部材と比較すると鋼材量が小さい場合でも打込みの最小スランブを大きくするように定めてあり、表 3-1.4 に示すように締固め高さが 5m 以上の場合には、鋼材量に関係なく打込みの最小スランブは 15cm となり、品質の許容差を考慮した荷卸しの目標スランブは最低でも 18cm となる。これは、一般的な土木コンクリートとしてはめったに用いられることのないものであり、このような高スランブのコンクリートの打設に携わった経験を有する技術者も少なく、十分な品質を確保するための作業が可能か疑問である。

内空断面が 5m 以上の大規模なボックスカルバート等では、一般に鋼材量は 200kg/m³ 未満かつ鋼材の最小あきが 100mm 以上の場合が多く、側壁を一度に打設する場合には打込み高さも 5m 以上となり、表 3-1.4 に太枠で示すように打込みの最小スランブは 15cm となる。このような場合、工夫例 1 で示したように、部材内部に作業員が入り込むことで締固め作業高さを 5m 未満にすることが考えられる。ただし、先に示したように鉄筋や型枠締付け具が複雑に入り組んでいるため作業は非常に困難となる場合がある。

部材内部に作業員が入り込むことができない場合の対策として、図 3-1.3 の例に示すように型枠に作業窓を設け、作業窓から側壁下部へのコンクリートの投入、締固め作業、打込み状況の確認を行うことで、打込みの最小スランブを 8cm~10cm と小さくすることができる。なお、作業窓の大きさは作業のために人間が通れる程度の大きさ(45×45cm)以上とすることが望ましく、設置位置や数は適切に判断しなければならない。また、作業窓による断面欠損部を考慮して型枠の必要強度を確保しなければならない。

表 3-1.4 壁部材における打込みの最小スランブの目安 (cm)

鋼材量	軸方向鉄筋の 最小あき	締固め作業高さ		
		3m 未満	3m 以上 5m 未満	5m 以上
200kg/m ³ 未満	100mm 以上	8	10	15
	100mm 未満	10	12	15

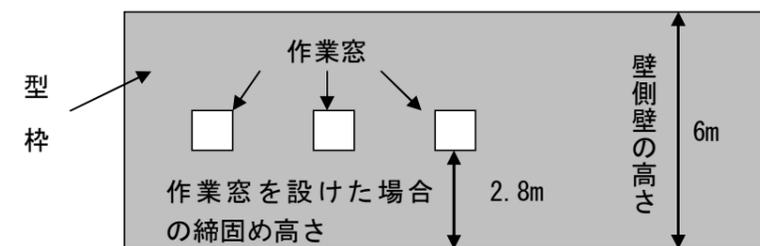


図 3-1.3 作業窓を設けた場合の締固め高さの例

乾燥収縮を抑制するためには、一般に単位水量の少ないコンクリートを使用し、特に初期材齢の十分な養生が必要とされている。また近年では、使用する粗骨材の品質が大きく影響すると考えられており、使用するコンクリートの乾燥収縮特性への留意および周辺構造物の調査が重要である。これ以外に、収縮低減剤や膨張材の使用も有効である。

【ひび割れパターン②】

部材の下端あるいは打継ぎ面から上部に向かって発生することが多く、施工段階の要因としては、主に外部拘束による温度応力や乾燥収縮が考えられる。温度ひび割れ対策に関しては、指針(案)2.3.2 を、乾燥収縮に関しては上記ひび割れパターン①を参考にするとよい。

【ひび割れパターン③】

部材に対して水平もしくは斜めに発生するひび割れであり、施工段階における要因として、水平に一直線に発生する場合は打継ぎ不良、それ以外の場合は打重ね不良によるコールドジョイントもしくは沈下ひび割れであると考えられる。

打継ぎ不良の対策としては、コンクリートの表面のレイタンス、ゆるんだ骨材等を完全に除去した後打継ぎを行うことである。下層コンクリートの硬化前であれば、高圧の空気や水で表層を取り除き骨材を露出させる方法がある。下層コンクリートの硬化が進んでいる場合は、ワイヤブラシで表面を削るなどの方法がある(詳細は指針(案)3.9を参照)。

コールドジョイントを防止するためには、綿密な打設計画と施工管理が重要である。まず打設計画については、適切な打重ね時間間隔を定め、場内外の運搬、打設方法や人員等に不備がないかを確認する。施工管理に関しては、打設計画通りに作業が行われているかを確認し、打込みの中断を避け、上下層のコンクリートが一体となるようにバイブレータを下層まで貫入させる必要がある。また、予期せぬトラブルで打重ね時間間隔が長くなった場合は、表面の乾燥を防ぐなど状況に応じて適切に対応する必要がある。

沈下ひび割れは、打設速度が速すぎると上層コンクリートの沈下が型枠や鉄筋などにより拘束され、相対的に下層コンクリートの沈下量が多い場合には沈下ひび割れとして発生する。対策として、拘束物の上層のコンクリート打設は、下層コンクリートの沈下が落ち着くのを待って行うことや、沈下ひび割れが発生した場合速やかに再振動を行うことが有効である。なお、ブリーディングを少なくすることも有効である。

【ひび割れパターン④】

亀甲状あるいは網目状に発生するひび割れであり、代表的な原因はアルカリ骨材反応が考えられる。また、施工段階における要因として、長時間の練混ぜを行ったコンクリートの使用が考えられる。

アルカリ骨材反応の対策は、指針(案)4.3.2を参考にするとよい。

乾燥収縮を抑制するためには、一般に単位水量の少ないコンクリートを使用し、特に初期材齢の十分な養生が必要とされている。また近年では、使用する粗骨材の品質が大きく影響すると考えられており、使用するコンクリートの乾燥収縮特性への留意および周辺構造物の調査が重要である。これ以外に、収縮低減剤や膨張材の使用も有効である。

【ひび割れパターン②】

部材の下端あるいは打継ぎ面から上部に向かって発生することが多く、施工段階の要因としては、主に外部拘束による温度応力や乾燥収縮が考えられる。温度ひび割れ対策に関しては、指針(案)2.3.2 を、乾燥収縮に関しては上記ひび割れパターン①を参考にするとよい。

【ひび割れパターン③】

部材に対して水平もしくは斜めに発生するひび割れであり、施工段階における要因として、水平に一直線に発生する場合は打継ぎ不良、それ以外の場合は打重ね不良によるコールドジョイントもしくは沈みひび割れであると考えられる。

打継ぎ不良の対策としては、コンクリートの表面のレイタンス、ゆるんだ骨材等を完全に除去した後打継ぎを行うことである。下層コンクリートの硬化前であれば、高圧の空気や水で表層を取り除き骨材を露出させる方法がある。下層コンクリートの硬化が進んでいる場合は、ワイヤブラシで表面を削るなどの方法がある(詳細は指針(案)3.9を参照)。

コールドジョイントを防止するためには、綿密な打設計画と施工管理が重要である。まず打設計画については、適切な打重ね時間間隔を定め、場内外の運搬、打設方法や人員等に不備がないかを確認する。施工管理に関しては、打設計画通りに作業が行われているかを確認し、打込みの中断を避け、上下層のコンクリートが一体となるようにバイブレータを下層まで貫入させる必要がある。また、予期せぬトラブルで打重ね時間間隔が長くなった場合は、表面の乾燥を防ぐなど状況に応じて適切に対応する必要がある。

沈みひび割れは、打設速度が速すぎると上層コンクリートの沈下が型枠や鉄筋などにより拘束され、相対的に下層コンクリートの沈下量が多い場合には沈みひび割れとして発生する。対策として、拘束物の上層のコンクリート打設は、下層コンクリートの沈下が落ち着くのを待って行うことや、沈みひび割れが発生した場合速やかに再振動を行うことが有効である。なお、ブリーディングを少なくすることも有効である。

【ひび割れパターン④】

亀甲状あるいは網目状に発生するひび割れであり、代表的な原因はアルカリシリカ反応が考えられる。また、施工段階における要因として、長時間の練混ぜを行ったコンクリートの使用が考えられる。

アルカリシリカ反応の対策は、指針(案)4.3.2を参考にするとよい。

⑤ ひび割れ誘発目地の使用上の留意点

温度収縮や乾燥収縮によるひび割れの対策は、事前に照査を行い比較的成本をかけて対策を施しても、施工時期の気温等にも左右されるため、完全にひび割れを防止あるいは抑制することは困難である。

こうしたことを考えると、下端が拘束され外部拘束が卓越するような壁部材等においては、あらかじめひび割れ誘発目地を設置することで、ひび割れを特定した場所に直線に誘発し補修を行いやすいように細工しておくことは、耐久性や見た目の観点からも有効な対策の一つである。

5.1 ひび割れ誘発目地の設置

指針(案)では、3.10 ひび割れ誘発目地の計画において「構造物の所要の性能が損なわれないように位置、構造、施工方法および処理方法などについて適切に定めなければならない。」と示されており、温度ひび割れの場合は、誘発目地の間隔を部材の高さの1~2倍程度、断面欠損率を30%以上、乾燥収縮ひび割れの場合は、誘発目地の間隔を3~5m程度とするとよいとされている。ただしこれらは、使用材料、施工環境および部材寸法によって異なることから、過去の実績を考慮する必要がある。

そこで、以下にひび割れ誘発目地の設置を計画するための一助となるべく検討例を示す。

①設置間隔の検討例

図3-5.1は、壁厚1.1m、壁高5.1m、長さ13.4mの壁状構造物にひび割れ誘発目地を数か所設置した場合の温度ひび割れに対する解析結果であり、目地間隔とひび割れ指数の関係について表したものである。ただし、高炉セメントB種を使用し、外気温が25℃以上の夏季の打設を想定している。また、解析は2次元のJCMAC1にて行っており、確実に誘発目地設置位置にひび割れが誘発されることを前提としている。

図に示される結果からも分かるように、誘発目地を設置しない場合(目地間隔13.4m)は、ひび割れ指数(以下Icr)は0.58であるが、目地間隔が小さくなるにしたがってIcrが大きくなっており、ひび割れ間隔がおおよそ7m以下ではIcrが1.0以上、おおよそ5m以下ではIcrが1.4以上となっている。

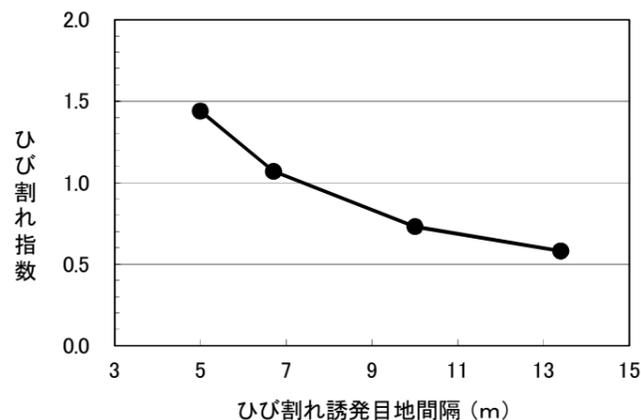


図3-5.1 誘発目地間隔とひび割れ指数の例

⑤ ひび割れ誘発目地の使用上の留意点

温度収縮や乾燥収縮によるひび割れの対策は、事前に照査を行い比較的成本をかけて対策を施しても、施工時期の気温等にも左右されるため、完全にひび割れを防止あるいは抑制することは困難である。

こうしたことを考えると、下端が拘束され外部拘束が卓越するような壁部材等においては、あらかじめひび割れ誘発目地を設置することで、ひび割れを特定した場所に直線に誘発し補修を行いやすいように細工しておくことは、耐久性や見た目の観点からも有効な対策の一つである。

5.1 ひび割れ誘発目地の設置

指針(案)では、3.10 ひび割れ誘発目地の計画において「構造物の所要の性能が損なわれないように位置、構造、施工方法および処理方法などについて適切に定めなければならない。」と示されており、温度ひび割れの場合は、誘発目地の間隔を部材の高さの1~2倍程度、断面欠損率を50%程度以上、乾燥収縮ひび割れの場合は、誘発目地の間隔を3~5m程度とするとよいとされている。ただしこれらは、使用材料、施工環境および部材寸法によって異なることから、過去の実績を考慮する必要がある。

そこで、以下にひび割れ誘発目地の設置を計画するための一助となるべく検討例を示す。

①設置間隔の検討例

図3-5.1は、壁厚1.1m、壁高5.1m、長さ13.4mの壁状構造物にひび割れ誘発目地を数か所設置した場合の温度ひび割れに対する解析結果であり、目地間隔とひび割れ指数の関係について表したものである。ただし、高炉セメントB種を使用し、外気温が25℃以上の夏季の打設を想定している。また、解析は2次元(CP法)のJCMAC1にて行っており、確実に誘発目地設置位置にひび割れが誘発されることを前提としている。

図に示される結果からも分かるように、誘発目地を設置しない場合(目地間隔13.4m)は、ひび割れ指数(以下Icr)は0.58であるが、目地間隔が小さくなるにしたがってIcrが大きくなっており、ひび割れ間隔がおおよそ7m以下ではIcrが1.0以上、おおよそ5m以下ではIcrが1.4以上となっている。

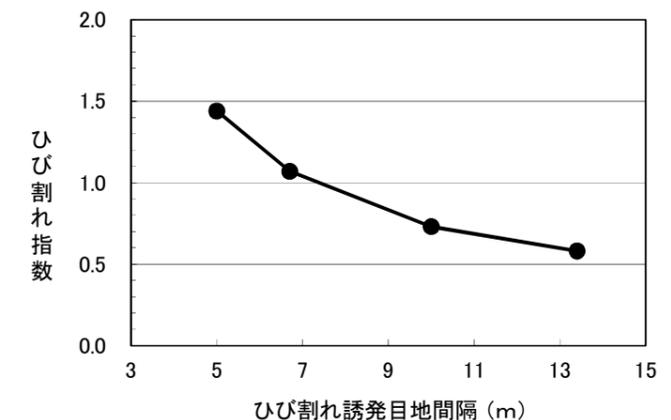


図3-5.1 誘発目地間隔とひび割れ指数の例

ひび割れ誘発目地を設置する目的は、計画した位置にひび割れを誘発することであり、壁部材に垂直に発生するひび割れの要因は、温度応力のみではなく乾燥収縮も影響することを考慮すると、仮定した構造物におけるひび割れ誘発目地の設置間隔は 5m 以下とすることが望ましいと考えられる。

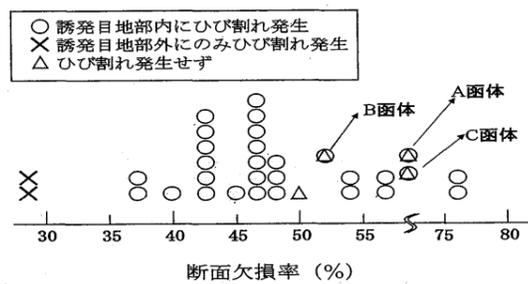


図 3-5.2 断面欠損率とひび割れの関係

②断面欠損率の検討例

ひび割れ誘発目地には様々な種類があり、断面欠損率も使用する複数の材料を組み合わせることで目標とする欠損率を満足できるようになっている。

この断面欠損率は、2002 年制定 **土木学会**コンクリート標準示方書(施工編)では、20%以上とするのがよいと示されていたが、2007 年制定 **土木学会**コンクリート標準示方書(施工編)においては、確実にひび割れを誘発するために 30~50%と改定されている。

そこで、断面欠損率の違いによるひび割れ発生への影響が調査された結果(出典：マスコンクリートのひび割れ制御指針 2008：日本コンクリート工学協会)を図 3-5.2 に示す。これは、構造物延長：9.0~24.7m、構造物高さ：3.0~9.8m、側壁部材厚さ：0.3~1.25m のボックスカルバートを対象とした実態調査である。

この実態調査では、断面欠損率を 37.5%以上とした場合に、ひび割れ誘発目地位置以外のひび割れが発生していない結果となっている。

5.2 ひび割れ誘発目地の後処理

指針(案)では、誘発目地にひび割れを誘導した後は、ひび割れから鉄筋腐食因子などが内部に侵入しないように処理することが示されており、詳細は「3.10 ひび割れ誘発目地の計画」および「3.15.7 ひび割れの補修」に示してある。

近年では、技術開発によりひび割れ誘発目地の後処理や止水版を省略できるタイプも見られるようになっている。ただし、これらについては相当数の実績はあるものの、その効果が十分検証されているわけではないため、特に高い水密性が要求される場合は止水版を設置することが望ましい。

ひび割れ誘発目地を設置する目的は、計画した位置にひび割れを誘発することであり、壁部材に垂直に発生するひび割れの要因は、温度応力のみではなく乾燥収縮も影響することを考慮すると、仮定した構造物におけるひび割れ誘発目地の設置間隔は 5m 以下とすることが望ましいと考えられる。

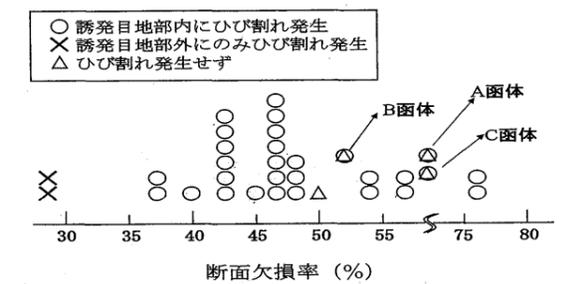


図 3-5.2 断面欠損率とひび割れの関係

②断面欠損率の検討例

ひび割れ誘発目地には様々な種類があり、断面欠損率も使用する複数の材料を組み合わせることで目標とする欠損率を満足できるようになっている。

この断面欠損率は、土木学会 2002 年制定コンクリート標準示方書[施工編]では、20%以上とするのがよいと示されていたが、**確実にひび割れを誘発するために** 2007 年制定コンクリート標準示方書[施工編]においては 30~50%、**2012 年制定コンクリート標準示方書[設計編]においては 50%程度**と改定されている。

なお、**参考までに**断面欠損率の違いによるひび割れ発生への影響が調査された結果(出典：マスコンクリートのひび割れ制御指針 2008：日本コンクリート工学協会)を図 3-5.2 に示す。これは、構造物延長：9.0~24.7m、構造物高さ：3.0~9.8m、側壁部材厚さ：0.3~1.25m のボックスカルバートを対象とした実態調査である。

この実態調査では、断面欠損率を 37.5%以上とした場合に、ひび割れ誘発目地位置以外のひび割れが発生しておらず、**50%以上であればひび割れが発生しない場合も見られる。よって、断面欠損率を 50%程度とすればより確実であると考えられる。**

5.2 ひび割れ誘発目地の後処理

指針(案)では、誘発目地にひび割れを誘導した後は、ひび割れから鉄筋腐食因子などが内部に侵入しないように処理することが示されており、詳細は「3.10 ひび割れ誘発目地の計画」および「3.15.7 ひび割れの補修」に示してある。

近年では、技術開発によりひび割れ誘発目地の後処理や止水版を省略できるタイプも見られるようになっている。ただし、これらについては相当数の実績はあるものの、その効果が十分検証されているわけではないため、特に高い水密性が要求される場合は止水版を設置することが望ましい。