

指針(案)及び手引書(案)の主な改訂点

(1) 指針(案) [平成 20 年 4 月] の改訂点

耐久性照査（中性化）において参考図として示している「かぶり算定図等」について、関連する安全係数等の最新知見に基づく算定図に変更。

- ・ p. 2-7 「解説表 2. 2. 1」「解説図 2. 2. 1」について、中性化速度係数の予測値の精度に関する安全係数 γ_p を 1.3 から 1.0 に変更した算定図に差し替え。

(2) 手引書(案) [平成 23 年 3 月] の改訂点

手引書(案) [本編・照査実務事例編] において、最新知見に基づき算定条件である安全係数を見直すことにより、耐久性の照査（中性化、塩害）記述について修正・補完。

○中性化照査関連での変更項目

- ・ 構造物係数
- ・ 中性化残り
- ・ 中性化速度係数の予測値 α_p の精度に関する安全係数
- ・ 環境作用の程度を表す係数
- ・ コンクリートの材料係数

○塩害照査関連での変更項目

- ・ 構造物係数
- ・ 拡散係数の予測値 D_p の精度に関する安全係数
- ・ コンクリートの材料係数

新 旧 対 照 表

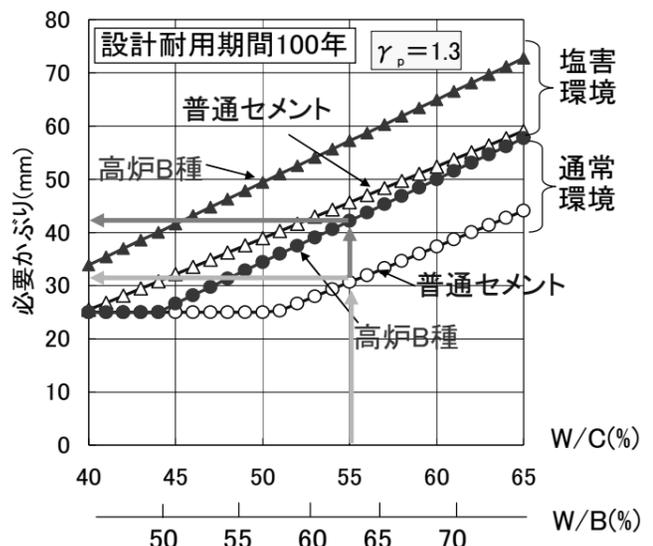
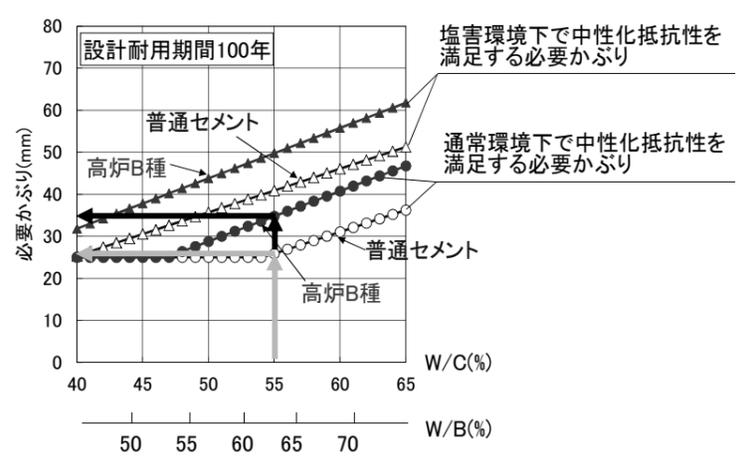
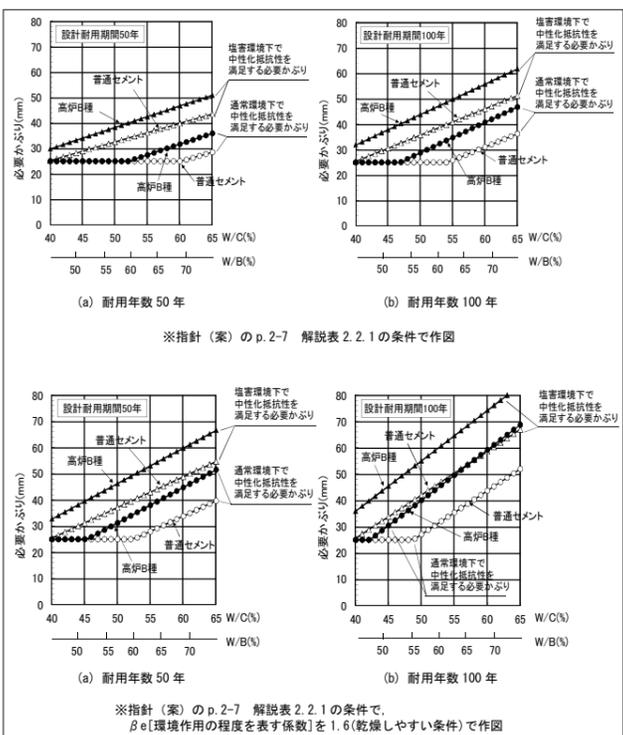
1. 九州地区における土木コンクリート構造物設計・施工指針(案) [平成20年4月→平成23年10月(改訂版)] 1
2. 九州地区における土木コンクリート構造物設計・施工指針(案) 手引書(案) (本編) [平成23年3月→平成23年10月(改訂版)] 2
3. 九州地区における土木コンクリート構造物設計・施工指針(案) 手引書(案) (照査実務事例編) [平成23年3月→平成23年10月(改訂版)] .. 4

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）新旧対照表

項目	平成 20 年 4 月	平成 23 年 10 月（改訂版）	備考																																																																		
2章 2.2.4 構造物の耐久性照査 (1)中性化に伴う鋼材腐食に対する照査	<p style="text-align: center;">解説表 2.2.1 必要かぶり算定に使用した数値</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>記号</th> <th>名称</th> <th>数値</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>γ_i</td> <td>構造物係数</td> <td>1.0</td> </tr> <tr> <td>c_k</td> <td>中性化残り</td> <td>・通常環境下：10mm ・塩分環境下：25mm</td> </tr> <tr> <td>Δc_e</td> <td>施工誤差</td> <td>0mm</td> </tr> <tr> <td>t</td> <td>年数（耐用年数）</td> <td>50年，100年</td> </tr> <tr> <td>γ_p</td> <td>α_pの精度に関する安全係数</td> <td>$\gamma_p = 1.3$ $\alpha_k = \gamma_p \cdot \alpha_p$</td> </tr> <tr> <td>W/C</td> <td>水セメント比</td> <td>0.40~0.65（40%~65%）</td> </tr> <tr> <td>—</td> <td>使用セメント</td> <td>・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。）</td> </tr> <tr> <td>β_e</td> <td>環境作用の程度を表す係数</td> <td>1.0（乾燥しにくい環境）</td> </tr> <tr> <td>γ_{cb}</td> <td>γ_dのばらつきを考慮した安全係数</td> <td>1.15</td> </tr> <tr> <td>γ_c</td> <td>コンクリートの材料係数</td> <td>1.0</td> </tr> </tbody> </table>	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	$\gamma_p = 1.3$ $\alpha_k = \gamma_p \cdot \alpha_p$	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}	γ_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	<p style="text-align: center;">解説表 2.2.1 必要かぶり算定に使用した数値</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>記号</th> <th>名称</th> <th>数値</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>γ_i</td> <td>構造物係数</td> <td>1.0</td> </tr> <tr> <td>c_k</td> <td>中性化残り</td> <td>・通常環境下：10mm ・塩分環境下：25mm</td> </tr> <tr> <td>Δc_e</td> <td>施工誤差</td> <td>0mm</td> </tr> <tr> <td>t</td> <td>年数（耐用年数）</td> <td>50年，100年</td> </tr> <tr> <td>γ_p</td> <td>α_pの精度に関する安全係数</td> <td>$\gamma_p = 1.0$ $\alpha_k = \gamma_p \cdot \alpha_p$</td> </tr> <tr> <td>W/C</td> <td>水セメント比</td> <td>0.40~0.65（40%~65%）</td> </tr> <tr> <td>—</td> <td>使用セメント</td> <td>・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。）</td> </tr> <tr> <td>β_e</td> <td>環境作用の程度を表す係数</td> <td>1.0（乾燥しにくい環境）</td> </tr> <tr> <td>γ_{cb}</td> <td>γ_dのばらつきを考慮した安全係数</td> <td>1.15</td> </tr> <tr> <td>γ_c</td> <td>コンクリートの材料係数</td> <td>1.0</td> </tr> </tbody> </table>	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}	γ_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	
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	$\gamma_p = 1.3$ $\alpha_k = \gamma_p \cdot \alpha_p$																																																																			
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}	γ_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																																																																			
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}	γ_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																																																																			
解説表 2.2.1 必要かぶりに算定に使用した数値)																																																																					
解説図 2.2.1 中性化抵抗を満足する必要かぶり算定結果図	<p style="text-align: center;">(a) 耐用年数 50年 (b) 耐用年数 100年</p> <p style="text-align: center;">解説図 2.2.1 中性化抵抗を満足する必要かぶり算定結果</p>	<p style="text-align: center;">(a) 耐用年数 50年 (b) 耐用年数 100年</p> <p style="text-align: center;">解説図 2.2.1 中性化抵抗を満足する必要かぶり算定結果</p>																																																																			
	(p2-7)	(p2-7)																																																																			

2. 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） 新旧対照表（本編）

・改定版の欄の強調アンダーライン表示は旧版からの変更箇所を示す

項目	平成 23 年 3 月	平成 23 年 10 月（改訂版）	備考
<p>1. 耐久性の照査</p> <p>1.1 中性化に伴う鋼材腐食に対する照査</p> <p>【中性化に対する照査実務】</p> <p>【簡易ノモグラムの活用例】</p>	<p>【簡易ノモグラムの活用例】</p> <p>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 1.3 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。</p> <p>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 31mm 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 42mm のかぶりが必要であることが読み取れる。</p>  <p>図 1.2 必要かぶり算定結果 [指針(案)] の活用法</p> <p>(p. 4)</p>	<p>【簡易ノモグラムの活用例】</p> <p>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 <u>1.0</u> 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。</p> <p>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。</p>  <p>(p. 4)</p>  <p>※指針（案）の p. 2-7 解説表 2.2.1 の条件で作図</p> <p>※指針（案）の p. 2-7 解説表 2.2.1 の条件で、β_e [環境作用の程度を表す係数] を 1.6 (乾燥しやすい条件) で作図</p> <p>(p. 5)</p>	<p>備考</p>

項目	平成 23 年 3 月	平成 23 年 10 月 (改訂版)	備考
<p>1.2 塩害に対する照査</p> <p>【塩害に対する照査実務】</p> <p>【簡易ノモグラムの活用例】</p>	<p>【簡易ノモグラムの活用例】</p> <p>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</p> <p>①塩化物イオン拡散係数の予測値【D_p】 (図 1.3)</p> <p>W/C=53%より $D_p=0.660$ (高炉セメント B 種)</p> <p>②塩化物イオンに対する設計拡散係数【D_d】</p> <p>D_pの安全係数 γ_p (ここでは 1.0)，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 $D_d=0.660$</p> <p>③最小かぶり【c】 (図 1.4[※])</p> <p>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_p が 0.660 のときの最小かぶりは，$c=58\text{mm}$</p> <p>以上より，かぶりが 58mm 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。</p> <p>※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。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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) 	<p>【簡易ノモグラムの活用例】</p> <p>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</p> <p>①塩化物イオン拡散係数の予測値【D_p】 (図 1.3)</p> <p>W/C=53%より $D_p=0.660$ (高炉セメント B 種)</p> <p>②塩化物イオンに対する設計拡散係数【D_d】</p> <p>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 $D_d=0.792$</p> <p>③最小かぶり【c】 (図 1.4[※])</p> <p>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_p が 0.792 のときの最小かぶりは，$c=63\text{mm}$</p> <p>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。</p> <p>※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。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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) 	
	(p. 7)	(p. 8)	
	<p>図 1.3 水セメント比と塩化物イオン拡散係数の関係</p>	<p>図 1.3 水セメント比と塩化物イオン拡散係数の関係</p>	
	<p>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</p>	<p>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</p>	
	(p. 8)	(p. 9)	

3. 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） 新旧対照表（照査実務事例編）

・改定版の欄の強調アンダーライン表示は旧版からの変更箇所を示す

項目	平成 23 年 3 月	平成 23 年 10 月（改訂版）	備考																																						
橋梁下部工 照査例①：A 橋脚（壁式橋脚） 1.5 耐久性照査 表 1.5.1	<p style="text-align: center;">表 1.5.1 道路橋示方書によるかぶりと A 橋脚のかぶり</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">環境</th> <th colspan="3">部材</th> </tr> <tr> <th>はり</th> <th>柱、壁</th> <th>フーチング</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>大気中</td> <td>35</td> <td>40</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>水中及び土中</td> <td>-</td> <td>70</td> <td>70</td> </tr> <tr> <td>A 橋脚</td> <td>39 (大気中)</td> <td>96 (大気中)</td> <td>102.5 (土中)</td> </tr> </tbody> </table> <p>(p 例-5)</p>	環境	部材			はり	柱、壁	フーチング	大気中	35	40	-	水中及び土中	-	70	70	A 橋脚	39 (大気中)	96 (大気中)	102.5 (土中)	<p style="text-align: center;">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)</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">環境</th> <th colspan="3">部材</th> </tr> <tr> <th>はり</th> <th>柱、壁</th> <th>フーチング</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>大気中</td> <td>35</td> <td>40</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>水中及び土中</td> <td>-</td> <td>70</td> <td>70</td> </tr> <tr> <td>A 橋脚</td> <td>側面：39 上面：115 (大気中)</td> <td>96 (大気中)</td> <td>102.5 (土中)</td> </tr> </tbody> </table> <p>(p 例-5)</p>	環境	部材			はり	柱、壁	フーチング	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)	
環境	部材																																								
	はり	柱、壁	フーチング																																						
大気中	35	40	-																																						
水中及び土中	-	70	70																																						
A 橋脚	39 (大気中)	96 (大気中)	102.5 (土中)																																						
環境	部材																																								
	はり	柱、壁	フーチング																																						
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	<p style="text-align: center;">【Ⅲ】中性化速度係数の特性値算出【α_k】</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px auto; width: fit-content;"> $\alpha_k = \gamma_p \cdot \alpha_p \quad \text{(式 1.5.3)}$ <p>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 1.0 とする。</p> </div> <p>[Ⅱ] で得られた結果と係数 γ_p を (式 1.5.3) に代入すると、</p> $\alpha_k = 1.0 \times 1.947 = 1.947 \text{ (mm/}\sqrt{\text{年)}}$ <p style="text-align: center;">【Ⅳ】中性化速度係数の設計値算出【α_d】</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px auto; width: fit-content;"> $\alpha_d = \alpha_k \cdot \beta_e \cdot \gamma_c \quad \text{(式 1.5.4)}$ <p>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 1.0 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。</p> </div> <p>[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、</p> $\alpha_d = 1.947 \times 1.0 \times 1.0 = 1.947 \text{ (mm/}\sqrt{\text{年)}}$ <p style="text-align: center;">【Ⅴ】中性化深さの設計値算出【y_d】</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px auto; width: fit-content;"> $y_d = \gamma_{cb} \cdot \alpha_d \sqrt{t} \quad \text{(式 1.5.5)}$ <p>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。</p> </div> <p>[Ⅳ] で得られた結果と係数 γ_{cb}, 耐用年数 t を (式 1.5.5) に代入すると、</p> $y_d = 1.15 \times 1.947 \times \sqrt{100} = 22.39 \approx 23 \text{ (mm)}$ <p>(p 例-7)</p>	<p style="text-align: center;">【Ⅲ】中性化速度係数の特性値算出【α_k】</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px auto; width: fit-content;"> $\alpha_k = \gamma_p \cdot \alpha_p \quad \text{(式 1.5.3)}$ <p>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。</p> </div> <p>[Ⅱ] で得られた結果と係数 γ_p を (式 1.5.3) に代入すると、</p> $\alpha_k = 1.0 \times 1.947 = 1.947 \text{ (mm/}\sqrt{\text{年)}}$ <p style="text-align: center;">【Ⅳ】中性化速度係数の設計値算出【α_d】</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px auto; width: fit-content;"> $\alpha_d = \alpha_k \cdot \beta_e \cdot \gamma_c \quad \text{(式 1.5.4)}$ <p>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。</p> </div> <p>[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、</p> $\alpha_d = 1.947 \times 1.6 \times 1.0 = 3.115 \text{ (mm/}\sqrt{\text{年)}}$ <p style="text-align: center;">…はり側面, 柱</p> $\alpha_d = 1.947 \times 1.6 \times 1.3 = 4.050 \text{ (mm/}\sqrt{\text{年)}}$ <p style="text-align: center;">…はり上面</p> $\alpha_d = 1.947 \times 1.0 \times 1.0 = 1.947 \text{ (mm/}\sqrt{\text{年)}}$ <p style="text-align: center;">…フーチング</p> <p style="text-align: center;">【Ⅴ】中性化深さの設計値算出【y_d】</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px auto; width: fit-content;"> $y_d = \gamma_{cb} \cdot \alpha_d \sqrt{t} \quad \text{(式 1.5.5)}$ <p>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。</p> </div> <p>(p 例-7)</p>																																							

項目	平成 23 年 3 月	平成 23 年 10 月 (改定版)	備考
	<p style="text-align: center;">○限界深さの算出【y_{lim}】</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px 0;"> $y_{lim} = c_d - c_k \quad (\text{式 1.5.6})$ <p>c_d : 耐久性に関する照査に用いるかぶりの設計値 (mm)</p> $c_d = c - \Delta c_e$ <p>c : かぶり (mm) 図 1.1.3~1.1.5 鉄筋詳細図より</p> <p>Δc_e : 施工誤差 (mm) コンクリート標準示方書 設計編によれば、橋脚の施工誤差は±15mm とあるが、土木工事施工管理の手引 出来形管理によると、施工誤差を含めたかぶりは設計値以上とされているため、施工誤差は考慮しないもの (0 ゼロ) とした。</p> <p>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 10mm とする。</p> </div> <p>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。</p> <p>【はり】 $y_{lim1} = 39 - 0 - 10 = \underline{29}$ (mm)</p> <p>【柱】 $y_{lim2} = 96 - 0 - 10 = \underline{86}$ (mm)</p> <p>【フーチング】 $y_{lim3} = 102.5 - 0 - 10 = \underline{92.5}$ (mm)</p> <p style="text-align: center;">○中性化深さ【y_e】と限界深さ【y_{lim}】の対比</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px 0;"> $\gamma_i \frac{y_d}{y_{lim}} \leq 1.0 \quad (\text{式 1.5.7})$ <p>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。</p> </div> <p>(p 例-8)</p>	<p>[IV]で得られた結果と係数γ_{cb}、耐用年数tを(式 1.5.5)に代入すると、</p> $y_d = 1.15 \times 3.115 \times \sqrt{100} = 35.82 \approx 36 \text{ (mm)} \dots \text{はり側面, 柱}$ $y_d = 1.15 \times 4.050 \times \sqrt{100} = 46.58 \approx 47 \text{ (mm)} \dots \text{はり上面}$ $y_d = 1.15 \times 1.947 \times \sqrt{100} = 22.39 \approx 23 \text{ (mm)} \dots \text{フーチング}$ <p style="text-align: center;">○限界深さの算出【y_{lim}】</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px 0;"> $y_{lim} = c_d - c_k \quad (\text{式 1.5.6})$ <p>c_d : 耐久性に関する照査に用いるかぶりの設計値 (mm)</p> $c_d = c - \Delta c_e$ <p>c : かぶり (mm) 図 1.1.3~1.1.5 鉄筋詳細図より</p> <p>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。</p> <p>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。</p> </div> <p>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。</p> <p>【はり】 $y_{lim1} = 39 - 0 - 25 = \underline{14}$ (mm) <u>側面</u></p> $y_{lim1} = 115 - 0 - 25 = \underline{90}$ (mm) <u>上面</u> <p>【柱】 $y_{lim2} = 96 - 0 - 25 = \underline{71}$ (mm)</p> <p>【フーチング】 $y_{lim3} = 102.5 - 0 - 25 = \underline{77.5}$ (mm)</p> <p style="text-align: center;">○中性化深さ【y_e】と限界深さ【y_{lim}】の対比</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px 0;"> $\gamma_i \frac{y_d}{y_{lim}} \leq 1.0 \quad (\text{式 1.5.7})$ <p>γ_i : 構造物係数。一般に 1.0 としてよいが、<u>特殊な構造物</u>に対しては 1.1 とする<u>場合もある</u>。ここでは 1.0 とする。</p> </div> <p>(p 例-8)</p>	

項目	平成 23 年 3 月	平成 23 年 10 月 (改定版)	備考																																																																																																														
	<p>(式 1.5.7)によりそれぞれの部位で算出，確認を行う。</p> <p>【はり】 $\gamma_i \frac{y_d}{y_{lim1}} = 1.0 \times \frac{23}{29} = 0.793 \leq 1.0$ (OK)</p> <p>【柱】 $\gamma_i \frac{y_d}{y_{lim2}} = 1.0 \times \frac{23}{86} = 0.267 \leq 1.0$ (OK)</p> <p>【フーチング】 $\gamma_i \frac{y_d}{y_{lim3}} = 1.0 \times \frac{23}{92.5} = 0.249 \leq 1.0$ (OK)</p> <p>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，はり，柱およびフーチングの全ての部材において，耐用年数 100 年を満足していることが確認された。</p> <p style="text-align: center;">表 1.5.2 中性化に関する照査結果</p> <table border="1" data-bbox="617 911 1492 1369"> <thead> <tr> <th>照査部材</th> <th>かぶり c (mm)</th> <th>施工誤差 Δc_e (mm)</th> <th>照査に用いるかぶり c_d (mm)</th> <th>中性化残り c_k (mm)</th> <th>限界深さ y_{lim} (mm)</th> <th>構造物係数 γ_i</th> <th>中性化深さ y_d (mm)</th> <th>$\gamma_i \frac{y_d}{y_{lim}}$</th> <th>結果 ≤ 1.0</th> </tr> <tr> <td></td> <td>【イ】</td> <td>【ロ】</td> <td>【ハ】 =イ-ロ</td> <td>【ニ】</td> <td>【ホ】 =ハ-ニ</td> <td>【ヘ】</td> <td>【ト】</td> <td>【チ】 =ヘ*ト/ホ</td> <td></td> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>はり</td> <td>39</td> <td>0</td> <td>39</td> <td>10</td> <td>29</td> <td>1.0</td> <td>23</td> <td>0.793</td> <td>OK</td> </tr> <tr> <td>柱</td> <td>96</td> <td>0</td> <td>96</td> <td>10</td> <td>86</td> <td>1.0</td> <td>23</td> <td>0.267</td> <td>OK</td> </tr> <tr> <td>フーチング</td> <td>102.5</td> <td>0</td> <td>102.5</td> <td>10</td> <td>92.5</td> <td>1.0</td> <td>23</td> <td>0.249</td> <td>OK</td> </tr> </tbody> </table> <p>(p 例-9)</p>	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	39	0	39	10	29	1.0	23	0.793	OK	柱	96	0	96	10	86	1.0	23	0.267	OK	フーチング	102.5	0	102.5	10	92.5	1.0	23	0.249	OK	<p>(式 1.5.7)によりそれぞれの部位で算出，確認を行う。</p> <p>【はり】 $\gamma_i \frac{y_d}{y_{lim1}} = 1.0 \times \frac{36}{14} = 2.57 \geq 1.0$ ……側面 (NG)</p> <p>$\gamma_i \frac{y_d}{y_{lim1}} = 1.0 \times \frac{47}{90} = 0.52 \leq 1.0$ ……上面 (OK)</p> <p>【柱】 $\gamma_i \frac{y_d}{y_{lim2}} = 1.0 \times \frac{36}{71} = 0.51 \leq 1.0$ (OK)</p> <p>【フーチング】 $\gamma_i \frac{y_d}{y_{lim3}} = 1.0 \times \frac{23}{77.5} = 0.30 \leq 1.0$ (OK)</p> <p>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。</p> <p style="text-align: center;">表 1.5.2 中性化に関する照査結果</p> <table border="1" data-bbox="1605 1010 2481 1463"> <thead> <tr> <th>照査部材</th> <th>かぶり c (mm)</th> <th>施工誤差 Δc_e (mm)</th> <th>照査に用いるかぶり c_d (mm)</th> <th>中性化残り c_k (mm)</th> <th>限界深さ y_{lim} (mm)</th> <th>構造物係数 γ_i</th> <th>中性化深さ y_d (mm)</th> <th>$\gamma_i \frac{y_d}{y_{lim}}$</th> <th>結果 ≤ 1.0</th> </tr> <tr> <td></td> <td>【イ】</td> <td>【ロ】</td> <td>【ハ】 =イ-ロ</td> <td>【ニ】</td> <td>【ホ】 =ハ-ニ</td> <td>【ヘ】</td> <td>【ト】</td> <td>【チ】 =ヘ*ト/ホ</td> <td></td> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>はり(側面)</td> <td>39</td> <td>0</td> <td>39</td> <td>25</td> <td>14</td> <td>1.0</td> <td>36</td> <td>2.57</td> <td>NO</td> </tr> <tr> <td>はり(上面)</td> <td>115</td> <td>0</td> <td>115</td> <td>25</td> <td>90</td> <td>1.0</td> <td>47</td> <td>0.52</td> <td>OK</td> </tr> <tr> <td>柱</td> <td>96</td> <td>0</td> <td>96</td> <td>25</td> <td>71</td> <td>1.0</td> <td>36</td> <td>0.51</td> <td>OK</td> </tr> <tr> <td>フーチング</td> <td>102.5</td> <td>0</td> <td>102.5</td> <td>25</td> <td>77.5</td> <td>1.0</td> <td>23</td> <td>0.30</td> <td>OK</td> </tr> </tbody> </table> <p>(p 例-9)</p>	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	NO	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	
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	39	0	39	10	29	1.0	23	0.793	OK																																																																																																								
柱	96	0	96	10	86	1.0	23	0.267	OK																																																																																																								
フーチング	102.5	0	102.5	10	92.5	1.0	23	0.249	OK																																																																																																								
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	NO																																																																																																								
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																																																																																																								

項目	平成 23 年 3 月	平成 23 年 10 月 (改定版)	備考
(2) 塩害に対する照査	<p data-bbox="667 247 1154 275">【Ⅱ】 塩化物イオン拡散係数の特性値算出【D_k】</p> <div data-bbox="709 289 1406 464" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> $D_k = \gamma_p D_p \quad (\text{式 1.5.9})$ <p>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 1.0 とする</p> </div> <p data-bbox="635 537 1175 564">[Ⅰ] で得られた結果と係数 γ_p を (式 1.5.9) に代入すると、</p> $D_k = 1.0 \times 0.660 = 0.660 \text{ (cm}^2/\text{年)}$ <p data-bbox="614 659 712 686">(p 例-10)</p> <p data-bbox="667 781 1264 808">【Ⅲ】 塩化物イオンに対する設計拡散係数の算出【D_d】</p> <div data-bbox="685 831 1507 1205" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> $D_d = \gamma_c \cdot D_k + \left(\frac{w}{l}\right) \cdot \left(\frac{w}{w_a}\right)^2 \cdot D_0 \quad (\text{式 1.5.10})$ <p>γ_c : コンクリートの材料係数。一般に 1.0 としよ。 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、200cm²/年としよ。 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</p> </div> <p data-bbox="614 1230 1501 1293">ここではひび割れについては考慮しないものとし、[Ⅱ] で得られた結果と係数 γ_c を (式 1.5.10) に代入すると、</p> $D_d = 1.0 \times 0.660 = 0.660 \text{ (cm}^2/\text{年)}$ <p data-bbox="614 1409 1501 1503">なお、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。</p> $D_d = D_k \cdot \gamma_c \cdot \beta_{cl}$ <p data-bbox="724 1583 1412 1646">ここに β_{cl}: 初期ひび割れの影響を考慮した係数で、1.5 としよ。</p> <p data-bbox="614 1881 712 1908">(p 例-11)</p>	<p data-bbox="1605 247 2092 275">【Ⅱ】 塩化物イオン拡散係数の特性値算出【D_k】</p> <div data-bbox="1635 289 2368 464" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> $D_k = \gamma_p D_p \quad (\text{式 1.5.9})$ <p>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。 <u>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。</u></p> </div> <p data-bbox="1567 525 2133 552">[Ⅰ] で得られた結果と係数 γ_p を (式 1.5.9) に代入すると、</p> $D_k = 1.2 \times 0.660 = 0.792 \text{ (cm}^2/\text{年)}$ <p data-bbox="1581 659 1679 686">(p 例-10)</p> <p data-bbox="1617 781 2228 808">【Ⅲ】 塩化物イオンに対する設計拡散係数の算出【D_d】</p> <div data-bbox="1641 831 2481 1566" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p data-bbox="1670 867 2451 930"><u>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。</u></p> $D_d = \gamma_c \cdot D_k + \left(\frac{w}{l}\right) \cdot \left(\frac{w}{w_a}\right)^2 \cdot D_0 \quad (\text{式 1.5.10})$ <p>γ_c : コンクリートの材料係数。一般に 1.0 としよ。 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、200cm²/年としよ。 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</p> <p data-bbox="1715 1272 2472 1392"><u>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。</u></p> $D_d = D_k \cdot \gamma_c \cdot \beta_{cl} \quad (\text{式 1.5.11})$ <p data-bbox="1715 1461 2407 1524">ここに β_{cl}: 初期ひび割れの影響を考慮した係数で、1.5 としよ。</p> </div> <p data-bbox="1590 1604 2157 1631"><u>柱、はり側面、フーチングの D_d は式 1.5.11 より</u></p> $D_d = 0.792 \times 1.0 \times 1.5 = 1.188 \text{ (cm}^2/\text{年)}$ <p data-bbox="1590 1730 2472 1793"><u>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</u></p> $D_d = 1.3 \times 0.792 + 0.002 \times 1^2 \times 200 = 1.430 \text{ (cm}^2/\text{年)}$ <p data-bbox="1599 1881 1697 1908">(p 例-11)</p>	

項目	平成23年3月	平成23年10月(改定版)	備考
	<p style="text-align: center;">$C_d = \gamma_{cl} \cdot C_0 \left(1 - \operatorname{erf} \left(\frac{0.1 \cdot c_d}{2\sqrt{D_d \cdot t}} \right)\right)$ (式 1.5.11)</p> <p>(p例-12)</p> <p>・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</p> <p>【はり】 $c_{d1} = 39 - 0 = 39$ (mm)</p> <p>【柱】 $c_{d2} = 96 - 0 = 96$ (mm)</p> <p>【フーチング】 $c_{d3} = 102.5 - 0 = 102.5$ (mm)</p> <p>[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 1.5.11)に代入すると、</p> <p>【はり】</p> $C_{d1} = 1.3 \times 1.5 \times \left(1 - \operatorname{erf} \left(\frac{0.1 \times 39}{2\sqrt{0.660 \times 100}} \right)\right) = 1.433 \text{ (kg/m}^3\text{)}$ <p>【柱】</p> $C_{d2} = 1.3 \times 1.5 \times \left(1 - \operatorname{erf} \left(\frac{0.1 \times 96}{2\sqrt{0.660 \times 100}} \right)\right) = 0.786 \text{ (kg/m}^3\text{)}$ <p>【フーチング】</p> $C_{d3} = 1.3 \times 1.5 \times \left(1 - \operatorname{erf} \left(\frac{0.1 \times 102.5}{2\sqrt{0.660 \times 100}} \right)\right) = 0.725 \text{ (kg/m}^3\text{)}$ <p>○鋼材腐食発生限界濃度の算出【C_{lim}】</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <p>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。</p> </div> <p>○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</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> $\gamma_i \frac{C_d}{C_{lim}} \leq 1.0 \quad \text{(式 1.5.12)}$ <p>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。</p> </div> <p>(p例-13)</p>	<p style="text-align: center;">$C_d = \gamma_{cl} \cdot C_0 \left(1 - \operatorname{erf} \left(\frac{0.1 \cdot c_d}{2\sqrt{D_d \cdot t}} \right)\right)$ (式 1.5.12)</p> <p>(p例-12)</p> <p>・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</p> <p>【はり】 $c_{d1} = 39 - 0 = 39$ (mm)・・・側面 $c_{d1} = 115 - 0 = 115$ (mm)・・・上面</p> <p>【柱】 $c_{d2} = 96 - 0 = 96$ (mm)</p> <p>【フーチング】 $c_{d3} = 102.5 - 0 = 102.5$ (mm)</p> <p>[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、</p> <p>【はり】</p> $C_{d1} = 1.3 \times 1.5 \times \left(1 - \operatorname{erf} \left(\frac{0.1 \times 39}{2\sqrt{1.188 \times 100}} \right)\right) = 1.561 \text{ (kg/m}^3\text{)} \dots \text{側面}$ $C_{d1} = 1.3 \times 1.5 \times \left(1 - \operatorname{erf} \left(\frac{0.1 \times 115}{2\sqrt{1.430 \times 100}} \right)\right) = 0.968 \text{ (kg/m}^3\text{)} \dots \text{上面}$ <p>【柱】</p> $C_{d2} = 1.3 \times 1.5 \times \left(1 - \operatorname{erf} \left(\frac{0.1 \times 96}{2\sqrt{1.188 \times 100}} \right)\right) = 1.040 \text{ (kg/m}^3\text{)}$ <p>【フーチング】</p> $C_{d3} = 1.3 \times 1.5 \times \left(1 - \operatorname{erf} \left(\frac{0.1 \times 102.5}{2\sqrt{1.188 \times 100}} \right)\right) = 0.987 \text{ (kg/m}^3\text{)}$ <p>○鋼材腐食発生限界濃度の算出【C_{lim}】</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <p>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。</p> </div> <p>○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</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> $\gamma_i \frac{C_d}{C_{lim}} \leq 1.0 \quad \text{(式 1.5.13)}$ <p>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。</p> </div> <p>(p例-13)</p>	

項目	平成23年3月	平成23年10月(改定版)																																																																			
	<p>(式 1.5.12)によりそれぞれの部位で算出, 確認を行う。</p> <p>【はり】 $\gamma_i \frac{C_d}{C_{lim}} = 1.0 \times \frac{1.433}{1.2} = 1.194 \geq 1.0$ (NG)</p> <p>【柱】 $\gamma_i \frac{C_d}{C_{lim}} = 1.0 \times \frac{0.786}{1.2} = 0.655 \leq 1.0$ (OK)</p> <p>【フーチング】 $\gamma_i \frac{C_d}{C_{lim}} = 1.0 \times \frac{0.725}{1.2} = 0.604 \leq 1.0$ (OK)</p> <p>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, はりについては満足していないことが確認された。</p> <p>はり部においては以下に示すような対策が必要となる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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 <p style="text-align: center;">表 1.5.4 塩害に対する照査結果</p> <table border="1" data-bbox="658 1050 1519 1335"> <thead> <tr> <th>照査部材</th> <th>設計値 C_d (kg/m³)</th> <th>限界濃度 C_{lim} (kg/m³)</th> <th>構造物係数 γ_i</th> <th>$\gamma_i \frac{C_d}{C_{lim}}$</th> <th>結果 ≤1.0</th> </tr> <tr> <td></td> <td>【7】</td> <td>【1】</td> <td>【9】</td> <td>【1】 = 9*7/1</td> <td></td> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>はり</td> <td>1.433</td> <td>1.2</td> <td>1.0</td> <td>1.194</td> <td>NG</td> </tr> <tr> <td>柱</td> <td>0.786</td> <td>1.2</td> <td>1.0</td> <td>0.655</td> <td>OK</td> </tr> <tr> <td>フーチング</td> <td>0.725</td> <td>1.2</td> <td>1.0</td> <td>0.604</td> <td>OK</td> </tr> </tbody> </table> <p>(p 例-14)</p>	照査部材	設計値 C_d (kg/m ³)	限界濃度 C_{lim} (kg/m ³)	構造物係数 γ_i	$\gamma_i \frac{C_d}{C_{lim}}$	結果 ≤1.0		【7】	【1】	【9】	【1】 = 9*7/1		はり	1.433	1.2	1.0	1.194	NG	柱	0.786	1.2	1.0	0.655	OK	フーチング	0.725	1.2	1.0	0.604	OK	<p>(式 1.5.12)によりそれぞれの部位で算出, 確認を行う。</p> <p>【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)</p> <p>$\gamma_i \frac{C_d}{C_{lim}} = 1.0 \times \frac{0.968}{1.2} = 0.81 \leq 1.0$ 上面 (OK)</p> <p>【柱】 $\gamma_i \frac{C_d}{C_{lim}} = 1.0 \times \frac{1.040}{1.2} = 0.87 \leq 1.0$ (OK)</p> <p>【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)</p> <p>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。</p> <p>はり部においては以下に示すような対策が必要となる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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 <p style="text-align: center;">表 1.5.4 塩害に対する照査結果</p> <table border="1" data-bbox="1605 1136 2484 1453"> <thead> <tr> <th>照査部材</th> <th>設計値 C_d (kg/m³)</th> <th>限界濃度 C_{lim} (kg/m³)</th> <th>構造物係数 γ_i</th> <th>$\gamma_i \frac{C_d}{C_{lim}}$</th> <th>結果 ≤1.0</th> </tr> <tr> <td></td> <td>【7】</td> <td>【1】</td> <td>【9】</td> <td>【1】 = 9*7/1</td> <td></td> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>はり(側面)</td> <td>1.561</td> <td>1.2</td> <td>1.0</td> <td>1.30</td> <td>NG</td> </tr> <tr> <td>はり(上面)</td> <td>0.968</td> <td>1.2</td> <td>1.0</td> <td>0.81</td> <td>OK</td> </tr> <tr> <td>柱</td> <td>1.040</td> <td>1.2</td> <td>1.0</td> <td>0.87</td> <td>OK</td> </tr> <tr> <td>フーチング</td> <td>0.987</td> <td>1.2</td> <td>1.0</td> <td>0.82</td> <td>OK</td> </tr> </tbody> </table> <p>(p 例-14)</p>	照査部材	設計値 C_d (kg/m ³)	限界濃度 C_{lim} (kg/m ³)	構造物係数 γ_i	$\gamma_i \frac{C_d}{C_{lim}}$	結果 ≤1.0		【7】	【1】	【9】	【1】 = 9*7/1		はり(側面)	1.561	1.2	1.0	1.30	NG	はり(上面)	0.968	1.2	1.0	0.81	OK	柱	1.040	1.2	1.0	0.87	OK	フーチング	0.987	1.2	1.0	0.82	OK	
照査部材	設計値 C_d (kg/m ³)	限界濃度 C_{lim} (kg/m ³)	構造物係数 γ_i	$\gamma_i \frac{C_d}{C_{lim}}$	結果 ≤1.0																																																																
	【7】	【1】	【9】	【1】 = 9*7/1																																																																	
はり	1.433	1.2	1.0	1.194	NG																																																																
柱	0.786	1.2	1.0	0.655	OK																																																																
フーチング	0.725	1.2	1.0	0.604	OK																																																																
照査部材	設計値 C_d (kg/m ³)	限界濃度 C_{lim} (kg/m ³)	構造物係数 γ_i	$\gamma_i \frac{C_d}{C_{lim}}$	結果 ≤1.0																																																																
	【7】	【1】	【9】	【1】 = 9*7/1																																																																	
はり(側面)	1.561	1.2	1.0	1.30	NG																																																																
はり(上面)	0.968	1.2	1.0	0.81	OK																																																																
柱	1.040	1.2	1.0	0.87	OK																																																																
フーチング	0.987	1.2	1.0	0.82	OK																																																																

項目	平成23年3月	平成23年10月(改訂版)	備考
----	---------	---------------	----

[参考]

【参考】

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。

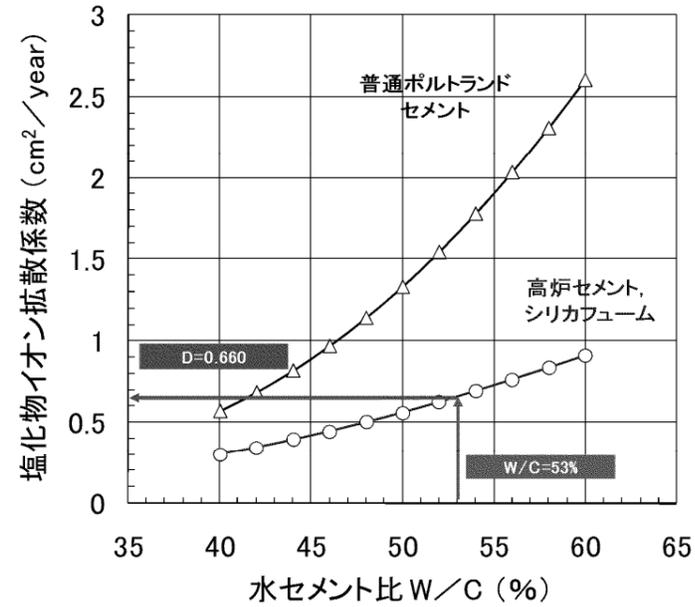


図 1.5.1 水セメント比と塩化物イオン拡散係数の関係

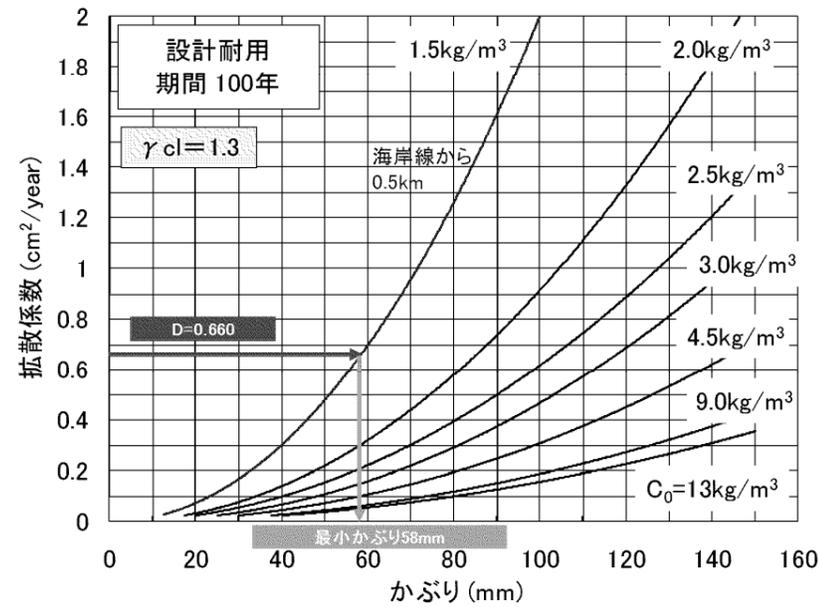


図 1.5.2 塩害に対する照査を満足する拡散係数およびかぶり

(p例-15)

【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。

D_p

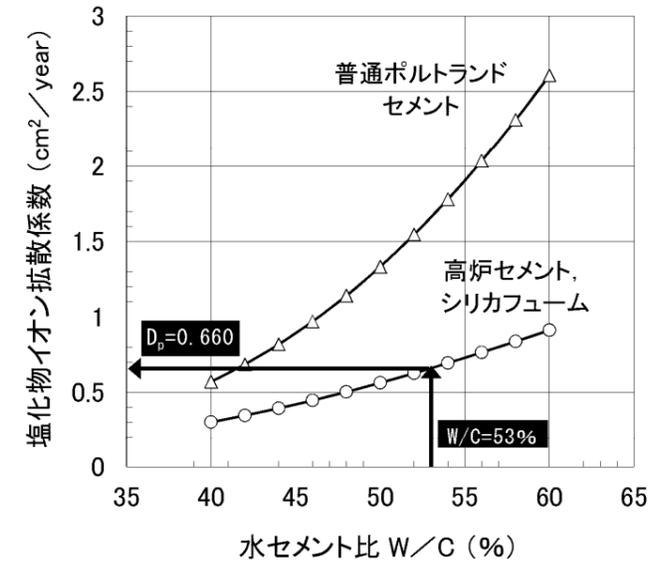


図 1.5.1 水セメント比と塩化物イオン拡散係数の関係

D_d

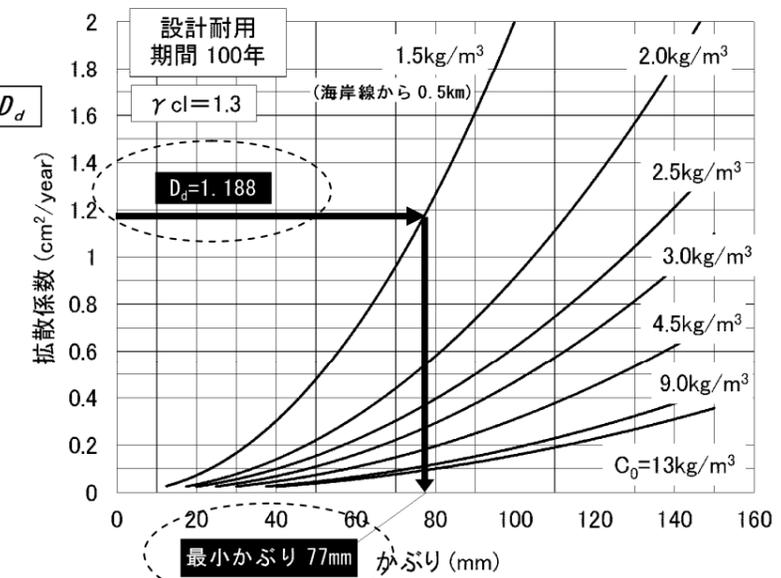


図 1.5.2 塩害に対する照査を満足する拡散係数およびかぶり判定図

(p例-15)

項目	平成 23 年 3 月	平成 23 年 10 月 (改定版)	備考
ボックスカルバート 照査例① 4.5 耐久性の照査 (1) 中性化に対する照査	<p>【Ⅱ】中性化速度係数の予測値算出【a_p】</p> <p>(式 1.5.2) より $a_p = -3.57 + 0.9 \times 0.613 = \underline{1.947} \quad (\text{mm}/\sqrt{\text{年}})$</p> <p>【Ⅲ】中性化速度係数の特性値算出【a_k】</p> <p>(式 1.5.3) より, $a_k = 1.0 \times 1.947 = \underline{1.947} \quad (\text{mm}/\sqrt{\text{年}})$</p> <p>【Ⅳ】中性化速度係数の設計値算出【a_d】</p> <p>(式 1.5.4) より, $a_d = 1.947 \times 1.0 \times 1.0 = \underline{1.947} \quad (\text{mm}/\sqrt{\text{年}})$</p> <p>【Ⅴ】中性化深さの設計値算出【y_d】</p> <p>耐用年数を 50 年とし, (式 1.5.5) より, $y_d = 1.15 \times 1.947 \times \sqrt{50} = 15.83 \approx \underline{16} \quad (\text{mm})$</p> <p>○限界深さの算出【$y_{lim}$】</p> <p>(式 1.5.6) により, 【底版部】 $y_{lim} = 78 - 0 - 10 = \underline{68} \quad (\text{mm})$ 【側壁部】 $y_{lim} = 61.5 - 0 - 10 = \underline{51.5} \quad (\text{mm})$ 【頂版部】 $y_{lim} = 69.5 - 0 - 10 = \underline{59.5} \quad (\text{mm})$</p> <p>○中性化深さ【$y_d$】と限界深さ【$y_{lim}$】の対比</p> <p>限界深さ y_{lim} が最も小さい側壁部に着目すると(式 1.5.7)により, 【側壁部】 $\gamma_i \frac{y_d}{y_{lim}} = 1.0 \times \frac{16}{51.5} = 0.31 \leq 1.0 \quad (\text{OK})$</p> <p>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。</p> <p>(p 例-70)</p>	<p>【Ⅱ】中性化速度係数の予測値算出【a_p】</p> <p>(式 1.5.2) より $a_p = -3.57 + 0.9 \times 0.613 = \underline{1.947} \quad (\text{mm}/\sqrt{\text{年}})$</p> <p>【Ⅲ】中性化速度係数の特性値算出【a_k】</p> <p>(式 1.5.3) より, $a_k = 1.0 \times 1.947 = \underline{1.947} \quad (\text{mm}/\sqrt{\text{年}})$</p> <p>【Ⅳ】中性化速度係数の設計値算出【a_d】</p> <p>(式 1.5.4) より, $a_d = 1.947 \times \underline{1.6} \times 1.0 = \underline{3.115} \quad (\text{mm}/\sqrt{\text{年}}) \cdots \text{側壁, 頂版部}$ $a_d = 1.947 \times \underline{1.0} \times \underline{1.3} = \underline{2.531} \quad (\text{mm}/\sqrt{\text{年}}) \cdots \text{底版部}$</p> <p>【Ⅴ】中性化深さの設計値算出【y_d】</p> <p>耐用年数を 50 年とし, (式 1.5.5) より, $y_d = 1.15 \times \underline{3.115} \times \sqrt{50} = \underline{25.33} \approx 26 \quad (\text{mm}) \cdots \text{側壁, 頂版部}$ $y_d = 1.15 \times \underline{2.531} \times \sqrt{50} = \underline{20.58} \approx 21 \quad (\text{mm}) \cdots \text{底版部}$</p> <p>○限界深さの算出【$y_{lim}$】</p> <p>(式 1.5.6) により, 【底版部】 $y_{lim} = 78 - 0 - 10 = \underline{68} \quad (\text{mm})$ 【側壁部】 $y_{lim} = 61.5 - 0 - 10 = \underline{51.5} \quad (\text{mm})$ 【頂版部】 $y_{lim} = 69.5 - 0 - 10 = \underline{59.5} \quad (\text{mm})$</p> <p>○中性化深さ【$y_d$】と限界深さ【$y_{lim}$】の対比</p> <p>(式 1.5.7) により, 【側壁部】 $\gamma_i \frac{y_d}{y_{lim}} = 1.0 \times \frac{26}{51.5} = \underline{0.50} \leq 1.0 \quad (\text{OK})$ 【頂版部】 $\gamma_i \frac{y_d}{y_{lim}} = 1.0 \times \frac{26}{59.5} = \underline{0.44} \leq 1.0 \quad (\text{OK})$</p> <p>(p 例-70)</p>	