

国道 57 号 森山拡幅事業 「(仮称)下井牟田赤崎高架橋」における 床版部、地覆部のコンクリート品質向上に向けた 試験施工の経過報告について

横田 健翔・小宮 淳一郎・武田 義徳・佐野 義尚・岩屋 安彦

九州地方整備局 長崎河川国道事務所 工務課 (〒851-0121 長崎市宿町 316 番地 1)

橋梁における床版、地覆および壁高欄の施工にあたっては、伸縮目地等の対策工によってコンクリートに発生するひび割れ防止を図っているが、乾燥収縮を原因とするひび割れが地覆部に発生し、床版部まで影響が広がる場合がある。今回、床版部・地覆部において、複数パターンの補強鉄筋及び、混和材によるひび割れ防止対策に関する試験施工を行ったのでその効果について紹介する。

キーワード 壁高欄、地覆、コンクリート、ひび割れ、試験施工

1. はじめに

(1)本論文の目的

重要構造物である橋梁の劣化・損傷に伴う補修は社会的・経済的に大きな影響を与えることから、100年の耐用年数が求められる¹⁾。しかし、橋梁等のコンクリート構造物の長寿命化を図るうえで問題となるのが「ひび割れ」である。

本論文では、コンクリート構造物の中でもひび割れの生じやすい橋梁の壁高欄および地覆部に焦点を当てる。壁高欄・地覆の位置を図-1の模式図に示す。

橋梁における床版、壁高欄および地覆の施工にあたっては、伸縮目地等の対策工によってコンクリートに発生するひび割れ防止を図っている。しかし、乾燥収縮を原因とするひび割れが壁高欄・地覆部に発生し、床版部まで影響を広げる懸念がある。

そこで、壁高欄・地覆部のひび割れを防止するために、各機関ごとに壁高欄・地覆の設計の考え方が定められて

いるが、現状として、各機関ごとに記載内容が異なっており、ひび割れ防止対策工の確立されていない。

各機関ごとの壁高欄・地覆に関する記載の一部をまとめたものを表-1に示す。

これらを踏まえ、今回、森山拡幅事業の「長崎57号下井牟田赤崎高架橋(P11~P17)床版工外工事」の壁高欄・地覆および床版部において、複数パターンの補強鉄筋及び混和材・骨材の追加変更等によるひび割れ防止対策に関する試験施工を行い、よりひび割れが少ない構造物を構築するためにはどのような目地間隔、鉄筋配置、コンクリート配合が良いか検討を行ったので試験施工内容と結果について紹介する。

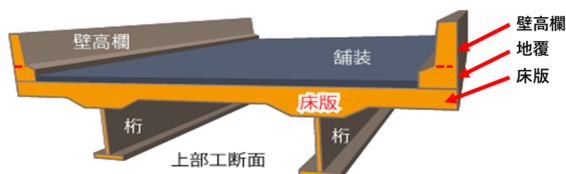


図-1 橋梁模式図

表-1 各機関の考え方 (抜粋)

	目地間隔		地覆部のVカットの有無	添加材の記載について
	伸縮目地	収縮目地		
九州地方整備局	記載なし	10mを標準	設ける	なし
A整備局	8m以下	8m以下	設けない	なし
B整備局	10m程度	記載なし	設けない	なし
A機関	中間支点上	5~10m	設けない	なし
B機関	中間支点上	4m以下	設ける	なし
C機関	10m程度	10m程度	記載なし	なし
D機関	記載なし	記載なし	記載なし	膨張材を添加

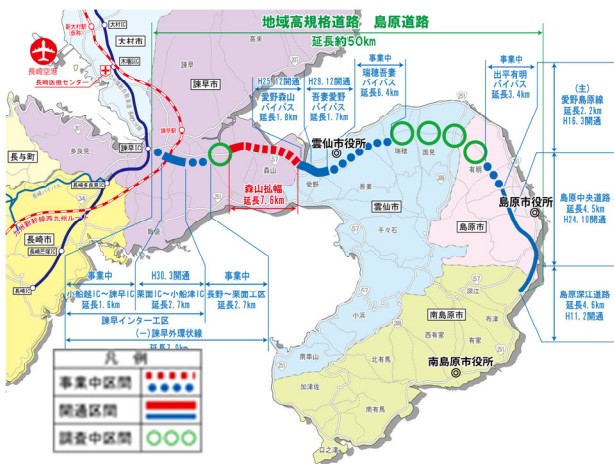


図-2 事業箇所位置図



図-3 本工事航空写真

(2) 森山拓幅事業の概要

当該事業は、長崎県南島原市から諫早市までの延長約50kmの地域高規格道路「島原道路」の一部であり、交通混雑の緩和と交通安全性の向上を目的とした延長約4.8kmの自動車専用道路である。事業箇所を図-2に示す。

(3) 工事概要

本工事は、国道57号森山拓幅事業において、「下井牟田赤崎高架橋（L=1,117.0m, 28径間）」のP11～P17間で鋼6径間連続非合成鋼桁橋にRC床版を施工および壁高欄、地覆を施工するものである。工期は2019.11～2020.12である。施工完了後の航空写真を図-3に示す。

2. 床版及び壁高欄、地覆の品質向上対策内容

(1) ひび割れの要因

コンクリートは圧縮方向の力には非常に強い一方、引張方向の力には非常に弱いという性質を持つ。コンクリートは粗骨材(砂利)、細骨材(砂)、セメント、水の大きく4つの材料で構成されており、コンクリートに水を与えると体積は膨張し、乾燥すると収縮する特性を持つ。コンクリートにひび割れが生じる原因は複数存在するが、今回の試験施工を行うのは施工直後の「乾燥収縮」によるひび

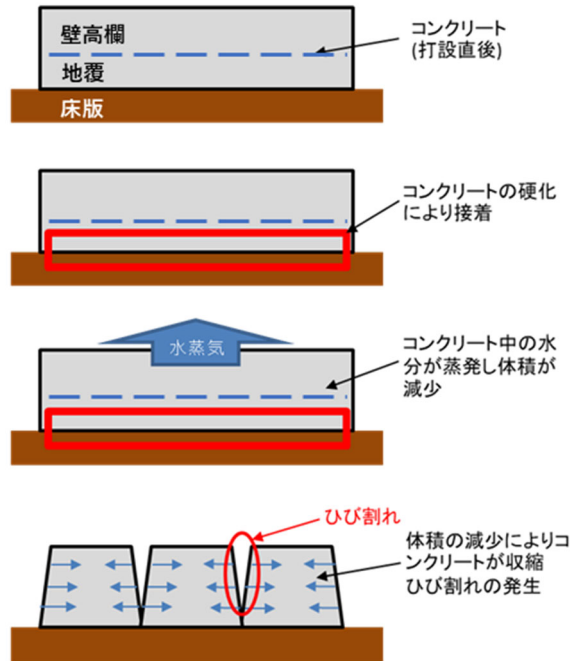


図-4 コンクリートにひび割れが生じるメカニズム

割れ対策である。

「乾燥収縮」とはフレッシュコンクリート(コンクリートが硬化する前の状態)が硬化する際に水分が蒸発し、体積が減少することである。

通常、地覆部分のコンクリートの打設は、すでに硬化した床版コンクリートの上で行う。地覆部分のコンクリート打設後、時間が経つにつれ、地覆部のコンクリートは乾燥収縮するが、床版部はすでに乾燥収縮した後の状態であり、収縮を起こさない。そのため、床版部に近い部分のコンクリートは床版部のコンクリートに拘束され、乾燥収縮による引張力(収縮しようとする変位)を逃がせず、ひび割れが発生する。図-4にこのメカニズムを示す。

コンクリート打設直後のひび割れを防止するためには、乾燥収縮による引張力への対策を講じる必要がある。

(2) 試験施工内容

壁高欄・地覆の乾燥収縮によるひび割れを防止する品質向上対策として、①目地の構造・間隔、②補強鉄筋の配置、③コンクリートの配合の3点、および、床版本体の④コンクリートの配合について条件を変えて試験施工を行った。それぞれの項目の目的と内容について説明する。

①目地の構造・間隔

壁高欄に設置する目地として、伸縮目地と収縮目地の2つがある。図-5に今回施工した伸縮目地と収縮目地の詳細図を、図-6に実際の施工状況を示す。

伸縮目地とは壁高欄中に厚さ 1cm 程度の目地材を入れて、その断面で壁高欄を区切るものである。設置することにより乾燥収縮する際の拘束長を短くする効果がある。

収縮目地は壁高欄に切り欠きを設け、ひび割れ発生する箇所を集約する効果がある。切り欠き部の鉄筋には防錆処理を行うと共に、雨水の侵入を防止するためにシーラ材で覆い、ひび割れが発生しても構造物に影響がないように対策を行う。また、壁高欄部だけでもひび割れの発生箇所を制御できる一方、壁高欄部のひび割れが、地覆を通じて床版に伝わってしまう懸念がある。

今回の試験施工では、伸縮・収縮目地ともに設置間隔を 10m 以内とし、地覆部の収縮目地の有無で比較を行う。

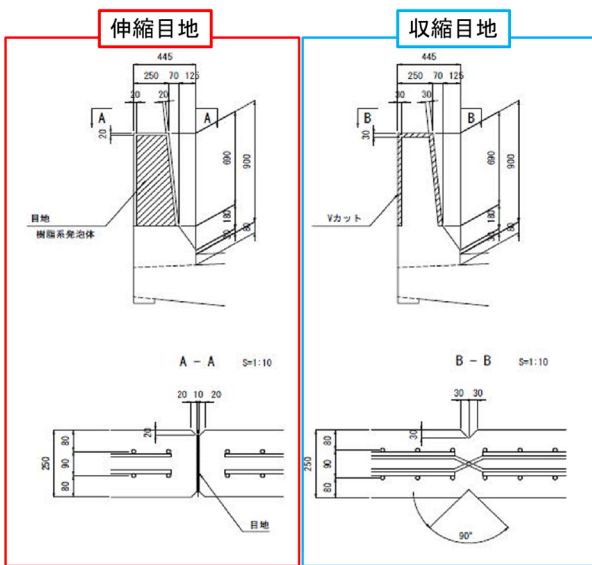


図-5 伸縮・収縮目地一般図

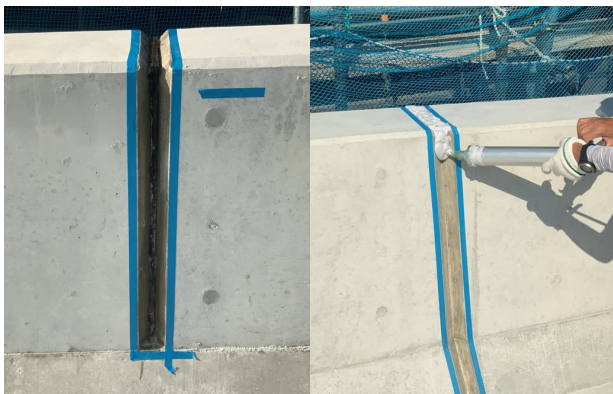


図-6 伸縮目地(左)・収縮目地(右)施工状況

②補強鉄筋の配置

地覆に補強鉄筋を追加し、増やすことによって、引張力に対する抵抗を増やし、ひび割れの床版への進展を抑制する。

今回の試験施工では、以下の4パターンの鉄筋量、鉄筋配置で比較を行う。図-7 にそれぞれの鉄筋配置パターンを、図-8 に実際の施工状況を示す。

- (a) 補強なし (従来の設計どおり)
- (b) D16 × 8本
(鉄筋量：12.48kg/箇所, 断面積：15.89cm²)
- (c) D13 × 8本
(鉄筋量：7.96kg/箇所, 断面積：10.14cm²)
- (d) D13 × 11本
(鉄筋量：10.95kg/箇所, 断面積：13.94cm²)

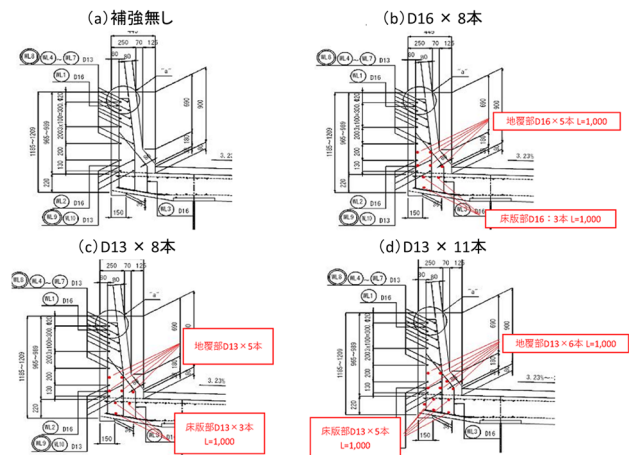


図-7 補強鉄筋配置図



図-8 壁高欄配筋施工状況

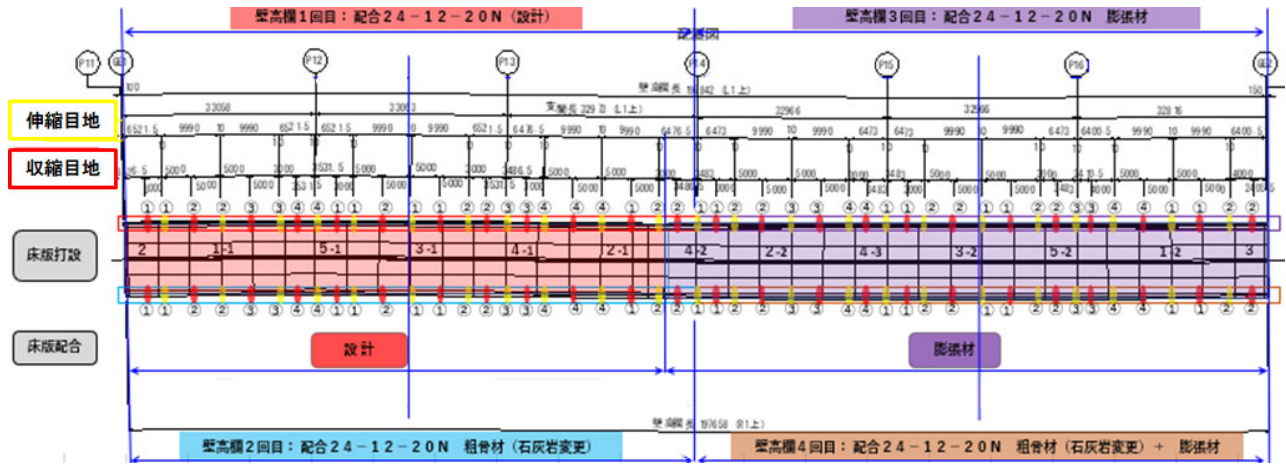


図-9 試験施工内容展開図

③コンクリート配合

壁高欄・地覆部分に使用するコンクリートについて、セメント量を減らすことで、乾燥収縮に対する効果を今回の試験施工で検討し、以下4パターンのコンクリート配合を使用した。

- (a) 設計配合 (24-12-20N/セメント量 319kg/m³)
- (b) 石灰石 (24-12-20N (石灰石)/セメント量 300kg/m³(-19kg/m³減)
- (c) 膨張材 (24-12-20N (膨張材)/セメント量 299kg/m³(-20kg/m³減)
- (d) 石灰石+膨張材 ((24-12-20N (石灰石+膨張材)/セメント量 280kg/m³(-39kg/m³減)

コンクリートの粗骨材を石灰石に変更するメリットは、セメント量を少なくすることで、乾燥収縮量を小さくできる。

また、膨張材は、コンクリートの硬化する過程で膨張する特殊な材料で、乾燥収縮量を小さくできる。

④床版本体

今回の試験施工では、床版部のコンクリート配合についても膨張材を添加したものと、設計配合とで比較を行った。図-9に今回の試験施工内容一覧を示す。

3. 試験施工結果

今回の試験施工結果は壁高欄コンクリート打設後 1.5ヶ月後に計測したものである。

(1) 壁高欄・地覆

①伸縮・収縮目地

伸縮目地間隔を 10m 以内とし、伸縮目地の中間部に収縮目地を設置した結果、目地部以外で壁高欄・地覆部分にひび割れの発生はなかった。

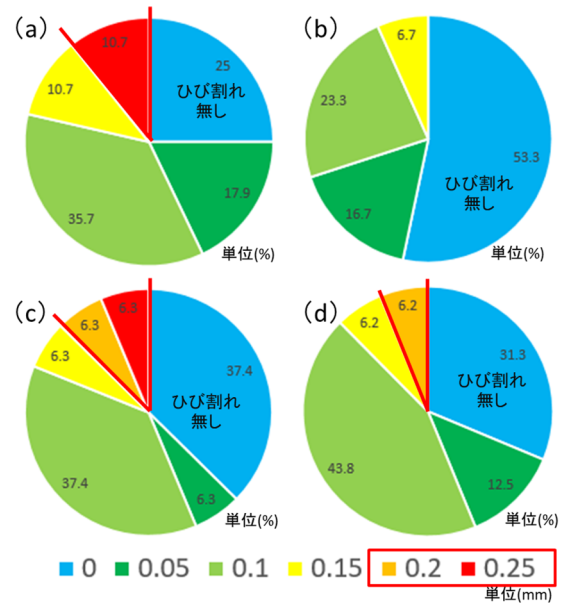


図-10 各鉄筋配置パターンのひび割れ発生率

②補強鉄筋の設置

補強筋の設置により 1カ所当りの補修の必要性の判断基準である 0.2mm以上のひび割れ延長が減少した。また、ひび割れ幅についても 0.2mm以上の発生箇所も減少した。

- (a) 補強なし：3カ所 (うち床版ひび割れ進展1カ所)
- (b) D16×8本：0カ所
- (c) D13×8本：2カ所
- (d) D13×11本：2カ所

(b)ではひび割れ幅 0.2mm以上の発生はなかった。各鉄筋配置パターンと各ひび割れ幅の発生率の関係を図-10に示す。

③コンクリート配合

伸縮目地部のひび割れ幅 0.2mm以上の補修が要となるひび割れ発生数とその発生確率を以下にまとめた。

- (a) 設計配合：6/11箇所 (発生確率 54.4%)
- (b) 石灰石：0/11箇所 (発生確率 0%)

- (c) 膨張材：3/12箇所（発生確率 25%）
- (d) 石灰石+膨張材：0/12箇所（発生確率 0%）
収縮目地部にはひび割れ幅 0.2mm 以上の有害なひび割れは発生しなかった。

(2) 床版本体

④床版部での試験施工結果を以下に示す。

(a) 設計配合

床版上面	ひび割れ総延長 76.4m 0.2mm 幅以上延長 7.0m
床版下面	ひび割れ総延長 205.6m 0.2mm 幅以上延長なし

(b) 膨張材配合

床版上面	ひび割れ総延長 0m 0.2mm 幅以上延長なし
床版下面	ひび割れ総延長 4.0m 0.2mm 幅以上延長なし

膨張材を添加することによって床版上面でのひび割れ低減率が 100%、床版下面でもひび割れ低減率が 98%となった。

(3) まとめ

①伸縮目地・収縮目地間隔

伸縮目地間隔 10m 以下で設置し、中間部に収縮目地を設置することで、目地部以外にひび割れの発生はなく、補修の必要のあるひび割れはなかった。

地覆部の収縮目地の有無による差異は見られなかった。

②補強鉄筋の配置

補強鉄筋は、断面積あたりの鉄筋量が最も大きい

(b)D16×8本（地覆部 5本、床版部 3本）の配置でひび割れ幅 0.2mm 以上は発生せず、1カ所当たりのひび割れ延長も短くなり最も効果的であった。また、補強筋を設置することで床版へのひび割れ進展は見られない。

③コンクリート配合

コンクリートの配合は、粗骨材を石灰石に変更し更に膨張材を添加した配合（セメント量約 20~40kg 減）でひび割れ幅 0.2mm 以上は発生せず、1カ所当たりのひび割れ延長も短くなり、最も効果的であった。

④床版本体

床版本体としては、コンクリートに膨張材を添加すると、上面で 100%、下面で 98%減少し、ほぼひび割れの発生を防止することができ、膨張材添加の効果が非常に高い。

(4) 結論

今回の試験施工の結果最も効果的と言える品質向上

対策を以下に示す。

①地覆・壁高欄に伸縮・収縮目地間隔：10m（地覆部の収縮目地はなし）〈0.4%増：直接工事費約 0.8 百万円〉

②床版・地覆に補強鉄筋：D16×8本（地覆部 5本、床版部 3本）〈0.4%増：直接工事費約 0.7 百万円〉

③地覆・壁高欄のコンクリート配合：粗骨材を石灰石に変更し、膨張材を添加〈0.7%増：直接工事費約 1.2 百万円〉

④床版コンクリートの設計配合 24-12-20Nに膨張材を添加〈2.3%増：直接工事費約 4.4 百万円〉

以上より、床版部と壁高欄・地覆部両方に品質向上対策を行った場合でも、直接工事費に対して 3.8%の増という結果となった。

今回、諫早地区の生コン工場では石灰石が流通していたため、試験施工として粗骨材に採用することができたが、採用にあたっては石灰石の流通に留意する必要がある。

4. おわりに

今回の試験施工として、壁高欄・地覆では①伸縮・収縮目地、②鉄筋配置、③コンクリート配合、床版本体では④コンクリート配合と計 4項目を 1工事で試験施工を行ったため、各項目の結果サンプル数が限られる状況となった。そのため、今回の結果だけで最終的な品質向上対策を決定するにはサンプル数が足りず、数を増やした場合には多少結果が変わる場合も考えられる。しかし今回、品質向上効果の高い鉄筋配置やコンクリート配合等が判明したため、次の試験施工の際により詳細な条件設定を行うための基礎データを得ることができた。

一連の試験施工をとおして、理想的な品質向上対策を確立することができれば、コンクリート構造物の長寿命化を図りながら、維持管理費の低減を同時に追求することができる。と考える。

当初施工時の工事費は品質向上対策を行うことで嵩んでしまうが、床版の打替え費用や通行規制による損失との比較や耐用年数 100 年を越える構造物構築を考えると直接工事費で約 3.8%という増額は許容できると考える。

今回の試験施工が、将来のよりよいインフラ整備につながることを期待したい。

参考文献

1)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）2019.9