

広幅員を有するPC中空床版橋のひび割れ抑制対策について

ピーシー橋梁株式会社 正会員 ○ 仲住 明展
 国土交通省 近畿地方整備局 中村 広重
 ピーシー橋梁株式会社 倉田 孝司
 同 上 正会員 城代 和行

1. はじめに

三宅高架橋は、奈良県磯城郡三宅町伴堂地先に位置し、京都から大和平野を南北に縦貫して和歌山までを結ぶ延長約120kmの高規格幹線道路の京奈和自動車道「大和御所道路」の一環である。構造形式はPC7径間連続中空床版橋であり、上下線一体の主桁断面を有する広幅員構造である。施工方法は接地式支保工を採用しており2径間を1BLとした分割施工としている。本橋では分割施工目地付近の橋軸方向ひび割れが懸念されたため、コンクリートの単位セメント量の低減および横締め鋼材・補強鉄筋を配置し、ひび割れ抑制を図っている。本稿では、その抑制方法および効果の確認について論ずるものである。

2. 橋梁概要

図-1に本橋の橋梁概要を示す。

道路規格	第1種第2級
橋長	209.000 m
桁長	208.400 m
支間	26.200+5@31.000+26.200 m
幅員	22.650 m
活荷重	B活荷重
設計基準強度	36N/mm ²

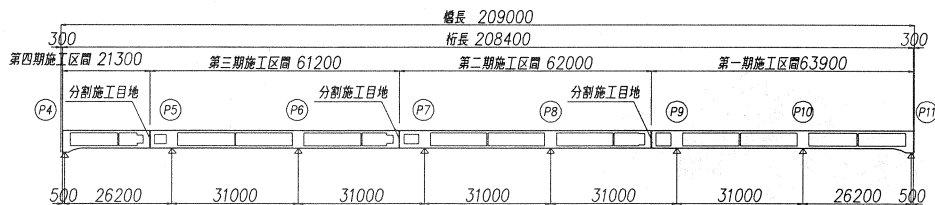
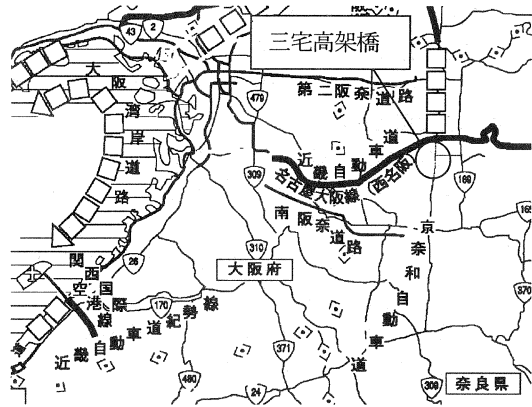
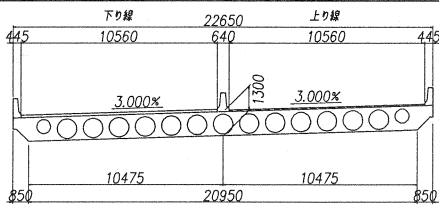


図-1 橋梁概要

3. 分割施工目地部のひび割れについて

本橋のような広幅員の橋梁において、分割施工目地付近に橋軸方向のひび割れが発生する事例が見受けられ、事前検討のもと補強鉄筋を配置する等の対策が講じられている。このひび割れは、コンクリートの水和熱により新コンクリートが膨張し、熱降下に伴う新コンクリートの体積収縮を旧コンクリートが拘束することにより発生する引張応力度によるものである。ひび割れ発生に対する概念図を図-2に示す。

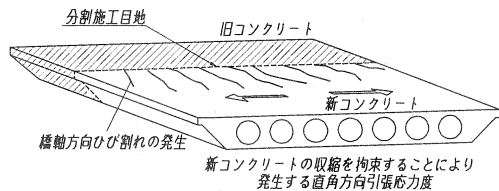


図-2 ひび割れ発生概念

4. ひび割れ抑制方法

本橋のように広幅員を有する場合、施工目地横桁部の体積が大きくなりマスコンクリートの適用を受ける。そのためコンクリートの水和熱が高くなるとともに、旧コンクリートの拘束による引張応力度が大きくなり、施工目地部のひび割れの発生確率が高くなるものと想定できた。そこでひび割れ抑制として、①引張応力度の低減②引張応力度に対する補強が有効であると考えた。その具体的手法は以下の通りである。図-3に本橋のひび割れ抑制フローを示す。

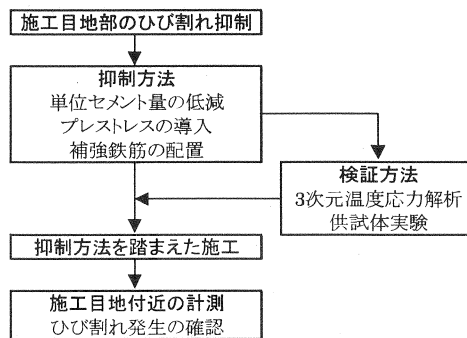


図-3 ひび割れ抑制フロー

4.1 引張応力度の低減

発生引張応力度の低減に対し、コンクリートの水和熱を抑制することが効果的であると考え、試験配合によるコンクリートの品質確認の上、コンクリートの単位セメント量を当初計画の 478kg/m³ から 400kg/m³ へ低減させたものを採用した。単位セメント量の低減による水和熱温度・引張応力度の低減効果については3次元温度応力解析および供試体による確認試験により検証を行った。

4.2 引張応力度に対する補強

発生引張応力度に対する補強は、分割施工目地に横締め鋼材 1S28.6mm を配置し、プレストレスによる圧縮応力度の導入・ひび割れ抑制のための補強鉄筋の配置を採用した。

5. 3次元温度応力解析

単位セメント量の低減による水和熱温度・引張応力度の低減効果の事前確認に、マスコンクリートの3次元温度応力解析専用プログラムである「ASTEAMACCS」を使用した。モデルの範囲は、旧コンクリート側を中間支点部までとし、新コンクリート側は中間横桁付近までとした(図-4)。検討ケースは単位セメント量を 478kg/m³ としたケースと 400kg/m³ へ低減させたケース、打設時期を春・夏としたケース、補強鋼材にてプレストレスを導入したケースとした(表-1)。プレストレスは所定の強度を得られる、材令4日にて導入した。断熱温度上昇式・圧縮強度・引張強度・弾性係数の式は、コンクリート標準示方書(以下、標準示方書)に準じた。なお、旧コンクリートは非発熱体としコンクリートの弾性係数は29800N/mm²の一定とした。

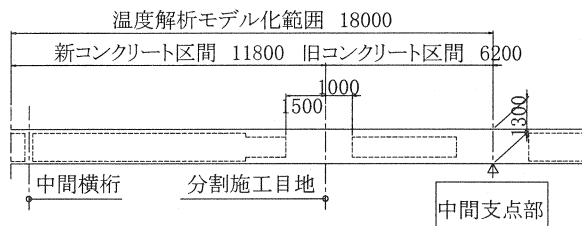
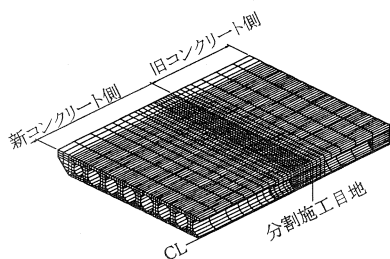


図-4 解析モデル

表-1 検討ケース

	セメント量	打設時期	横締め
CASE1	478kg/m ³	夏	なし
CASE2	400kg/m ³	春	なし
CASE3	400kg/m ³	春	あり
CASE4	400kg/m ³	夏	なし
CASE5	400kg/m ³	夏	あり

表-2 検討結果

	発生温度	ひび割れ指数	応力度
CASE1	92.0℃	0.79	3.39N/mm ²
CASE2	72.7℃	0.94	2.86N/mm ²
CASE3		1.22	2.30N/mm ²
CASE4	82.5℃	0.92	2.93N/mm ²
CASE5		1.18	2.37N/mm ²

温度履歴・ひび割れ指数・橋軸直角方向応力度を表-2および図-5に示す。発生温度は新コンクリートの材令1日にピークに達しCASE1では92.0℃となった。一方、CASE1同様打設時期を夏場に想定し、セメント量を低減させたCASE4ではコンクリート温度が82.5℃であり約10℃低下していることがわかる。また、引張応力度は0.46N/mm²改善されている。

横締め鋼材による補強効果はCASE2・3、CASE4・5の比較により、0.56N/mm²改善されていることがわかる。またひび割れ指数は0.26改善できていることがわかる。

この結果より、単位セメント量の低減・補強鋼材の追加は、分割施工目地のひび割れに対する抑制効果として有効であると考えられる。しかし、ひび割れ発生に対し重要となるひび割れ指数は1.18となっており、この値は標準示方書によると約60%の確率でひび割れが発生するとされている。そこで、分割施工目地部のひび割れ発生の抑制対策として、発生引張応力度に対する必要鉄筋量を配置するとともに、表面鉄筋にはエポキシ塗装鉄筋を配置することとした。必要鉄筋量は発生引張応力度を積分し、鉄筋の許容引張応力度 180N/mm^2 で除して算出した。各ケースの引張力および継ぎ目付近の補強鉄筋・補強鋼材配置を表-3および図-6に示す。

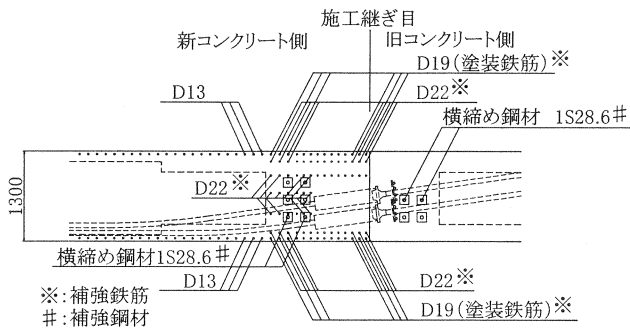


図-6 鉄筋・鋼材配置

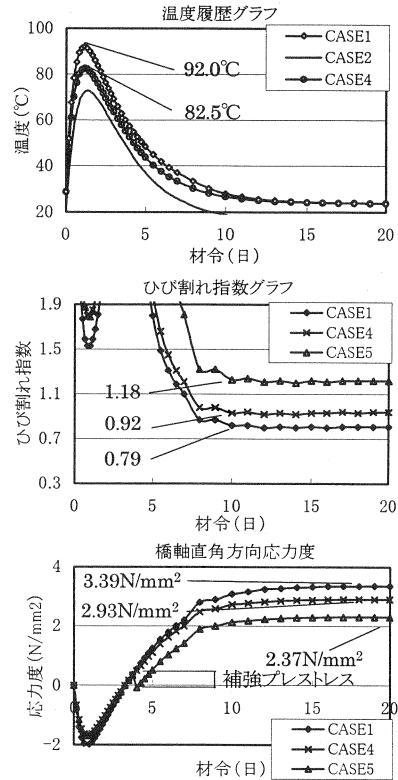


図-5 解析結果

表-3 必要鉄筋量の算出

	春期打設		夏期打設	
	横締めなし	横締めあり	横締めなし	横締めあり
	CASE2	CASE3	CASE4	CASE5
引張力(kN)	7212	4989	7357	5159
必要鉄筋量(cm^2)	400.7	277.2	408.7	286.6
配置鉄筋量(cm^2)	-	D19-28本(表面) D22-54本(中) 289.3	-	D19-28本(表面) D22-54本(中) 289.3

6. 供試体による確認試験

打継目部の性状確認および補強効果の確認試験として、図-7に示す $2\text{m} \times 1\text{m} \times 1\text{m}$ の供試体を2回に分けてコンクリート打設を行い打継目を形成した。試験はセメント量の違いが及ぼす効果と横締め鋼材・鉄筋の有効性を確認するため表-4に示す4ケースとした。また、この試験に先立ち供試体モデルの3次元温度応力解析も行った。

表-4 試験ケース

	種類	スランブ(cm)	W/C(%)	単位量(kg/m^3)				
				水	セメント	粗骨材	細骨材	混和剤
当初コンクリート	早強	12	36	172	478	594	1035	1.195
採用コンクリート	早強	12	39	156	400	694	1081	3.000

	セメント量	鉄筋	横締め
CASE1	478kg/m^3	なし	なし
CASE2	400kg/m^3	あり	なし
CASE3			あり
CASE4			あり

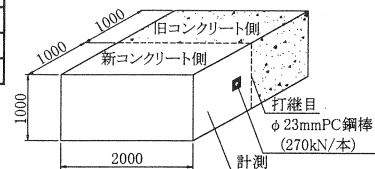


図-7 供試体

計測結果と解析結果の比較を表-5および図-8に示す。発生温度は解析値とほぼ同様な結果となり今回のケースでは、78kg/m³のセメント量の低減で約8℃発生温度を抑えられることがわかった。コンクリートの温度上昇が終了し下降へ転じるとコンクリートの圧縮ひずみが変動し、小さくなっている。これは、旧コンクリートが新コンクリートの収縮を拘束しているものと考えられる。このひずみ差にヤング係数を乗じたものを熱降下に伴う引張応力度と考えた。なお、本試験での旧コンクリートの材令は15日であった。各ケースの計測結果より単位セメント量を低減し横締め鋼材ありのケース4が最も引張応力度が小さくなっており、今回採用の抑制効果は確認できたと言える。よって、実構造物においても同様な抑制効果が期待できると考え、実橋へ適用することとした。

表-5 比較表

	発生温度		コンクリート応力度	
	計測値	解析値	計測値	解析値
CASE1	68.0℃	67.6℃	3.7N/mm ²	2.0N/mm ²
CASE2	60.0℃	59.5℃	2.8N/mm ²	1.7N/mm ²
CASE3	59.3℃		2.7N/mm ²	
CASE4	59.0℃		2.2N/mm ²	1.5N/mm ²

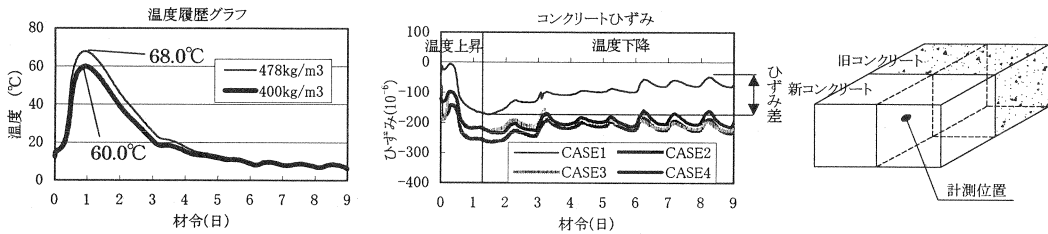


図-8 計測結果

7. 実橋の計測結果

実橋での補強効果の確認として、5月打設の2BLと8月打設予定の4BLの計測を行うことにした。ここでは、2BLの計測結果について記述する。なお、旧コンクリートとなる1BLの材令は40日であった。解析結果との比較を行うため計測項目はコンクリート温度、鉄筋・コンクリートひずみとした(図-9)。

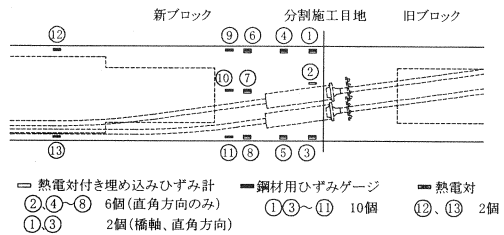


図-9 計測位置

計測結果よりコンクリートの最高温度は材令1日で

82.4℃となった。最外縁の上床版側は62.5℃、下床版は69.4℃となった。鉄筋応力度は材令9日の施工目地中心で179N/mm²、ひび割れ発生に最も関係のある最外縁の上床版側で95N/mm²、下床版側で147N/mm²となった。

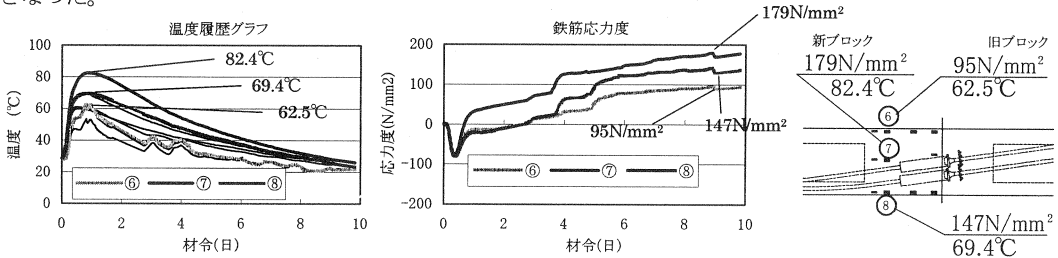


図-10 計測結果

8. まとめ

本橋では、広幅員であることより分割施工目地付近に橋軸方向のひび割れが懸念されていた。事前解析からわかるように、ひび割れ抑制対策を講じない場合、発生引張応力度は3.39N/mm²、ひび割れ指数は0.79で、標準示方書ではひび割れ発生確率95%となっていた。これに対し、単位セメント量の低減と補強鋼材および補強鉄筋の追加による抑制対策を採った結果、実橋ではひび割れの発生を防ぐことができた。このことから、本橋で採用したひび割れ抑制対策は有効であったと考えている。この抑制対策が今後の同種橋梁の参考になれば幸いである。