

河口部橋梁工事におけるコンクリートのひび割れ抑制対策について

西日本高速道路(株) 正会員 橋本 啓 山下恭敬 永久直樹
鹿島建設(株) 正会員 ○上田峻也 梶本恵太 山口統央 十河 浩 青山達彦

1. 目的

四国横断自動車道の一部として、吉野川大橋（仮称）は、徳島県を東西に流れる 1 級河川吉野川の河口部に架橋される。本橋の橋脚および柱頭部は、河口に位置することから、塩害の影響を大きく受けるため、長期耐久性向上の観点からひび割れの発生を抑制することが要求される。そこで本報では温度ひび割れ対策としてセメントの種類と骨材の種類の変更および膨張材の採用による効果について照査した結果を報告する。

2. 検討配合

橋脚の検討要因を表－1 に、柱頭部の検討要因を表－2 に示す。標準案のセメントは、橋脚が、高炉セメント B 種であり、柱頭部が、普通ポルトランドセメントである。粗骨材の種類はいずれも砕石である。橋脚および柱頭部の 1, 2 リフト目については、早期の強度発現が不要なため低熱ポルトランドセメントの採用を検討した。なお、柱頭部の 3 リフト目（上床版）では、早期に横締めケーブルの緊張作業を行う必要があるため、材齢 3 日程度で強度が 30N/mm² 発現するセメントの使用が求められた。また、骨材の種類は、温度ひび割れの抑制に有効な石灰砕石の採用を検討した。さらに、柱頭部は橋脚と比べ、形状が複雑でよりひび割れ発生リスクが高いため膨張材の採用も検討した。

3. 温度応力解析による照査

3.1 橋脚と柱頭部の解析モデルと拘束条件

橋脚と柱頭部の解析モデルと拘束条件を図－1 に示す。本橋は対称構造物であるため 1/4 断面をモデル化した。なお、本橋の柱頭部は支承構造とラーメン構造の 2 種類あるが、拘束条件がより厳しいラーメン構造を対象として検討を行った。

3.2 コンクリート物性値

コンクリート物性値¹⁾を表－3 に示す。膨張材の効果は膨張ひずみにより考慮した。また、石灰砕石の熱膨張係数は 7.0 μ/℃¹⁾とした。

3.3 解析結果

橋脚と柱頭部の各リフトにおける最小ひび割れ指数を表－4 および表－5 に示す。また、橋脚の最小ひび割れ指数分布を図－2 に、柱頭部を図－3 に示す。

① 橋脚について

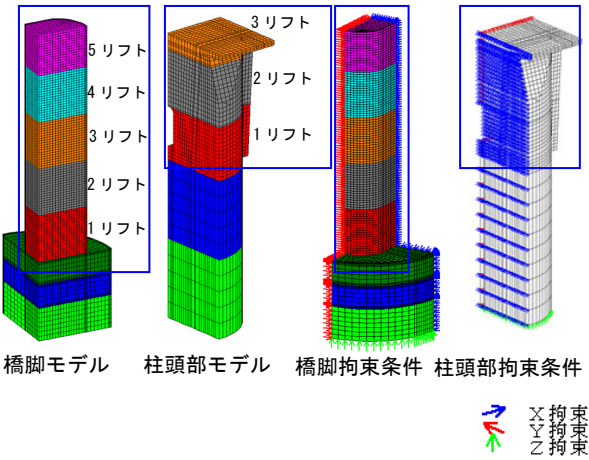
標準案では、橋脚表面部の最小ひび割れ指数がすべて 0.4 を下回っており、有害なひび割れの発生が予想された。

表－1 橋脚検討

	適用リフト	セメント種	粗骨材
標準案	1～5リフト	高炉セメントB種	砕石
CaseA	1～5リフト	高炉セメントB種	石灰砕石
CaseB	1～5リフト	低熱ポルトランドセメント	砕石
CaseC	1～5リフト	低熱ポルトランドセメント	石灰砕石

表－2 柱頭部検討

	適用リフト	セメント種	粗骨材	膨張材
標準案	1～3リフト	普通ポルトランドセメント	砕石	－
CaseD	1～3リフト	普通ポルトランドセメント	砕石	有
CaseE	1～3リフト	普通ポルトランドセメント	石灰砕石	－
CaseF	1～2リフト	低熱ポルトランドセメント	石灰砕石	－
	3リフト	普通ポルトランドセメント	石灰砕石	有



図－1 解析モデルと拘束条件

表－3 コンクリート物性値

項目	単位	材料定数
熱伝導率	W/m℃	2.7
密度	kg/m ³	2400
比熱	kJ/kg℃	1.15
温度上昇	℃	$Q(t)=Q_{\infty} \cdot [1-\exp\{-r(t-t_0,q)\}]$
ヤング率	N/mm ²	$E_c(t_0)=C_3 \times f'_{c,0}(t_0)^{0.4}$
圧縮強度	N/mm ²	$f'_{c,0}(t_0)=(t_0-S_T) \div \{a+b \times (t_0-S_T)\} \times f'_{c,0}(t_0)$
引張強度	N/mm ²	$f'_{t,0}(t_0)=C_1 \times f'_{c,0}(t_0)^{0.2}$
ポアソン比		0.2
熱膨張係数	μ/℃	10
クリープ	N/mm ²	$E_c(t_0)=\Phi(t_0) \times E_c(t_0)$
自己収縮・乾燥収縮		$\epsilon_{sh}(t_0)=\epsilon_{sh,\infty} \times \beta_{sh}(t_0)$
膨張ひずみ	μ	$\epsilon_{ex}(t_0)=\epsilon_{ex,\infty} \cdot [1-\exp\{-a_{ex}(t_0-t_{ex,0})^{b_{ex}}\}]$
打込み温度	℃	外気温+5℃
管理材齢日	日	28

キーワード：温度ひび割れ，温度応力解析，低熱ポルトランドセメント，石灰砕石

連絡先 〒760-0050 香川県高松市亀井町 1 丁目 3 番 鹿島建設(株)四国支店土木部 TEL 087-839-3055

CaseA では、骨材の種類を石灰碎石とすることで最小ひび割れ指数が 0.8 以上に改善した。CaseB では、セメントの種類を低熱ポルトランドセメントに変更することでセメントの水和熱を低減でき、最小ひび割れ指数は 0.7 以上に改善した。いずれも最小ひび割れ指数の改善がみられたが、最小ひび割れ指数は 1.0 以下となりひび割れの発生が懸念された。それに対し、低熱ポルトランドセメントと石灰碎石を両者採用した CaseC では、表-4 の赤枠内のように最小ひび割れ指数は 1.0 以上となった。施工上、これ以上の対策は困難であったため、発生応力に準じた補強鉄筋を配置し、ひび割れ幅を制御することとした。

② 柱頭部について

標準案では、全てのリフトで最小ひび割れ指数が 1.0 を下回っており、ひび割れの発生が懸念された。

CaseD では、標準案と比較して最小ひび割れ指数は改善されなかった。特に、1, 2 リフトではほとんど改善がみられず、1, 2 リフトに膨張材を使用することは有効でないと判断された。CaseE では、標準案と比較して最小ひび割れ指数は大きく改善しており、石灰碎石の有効性を確認した。しかし、最小ひび割れ指数は 1.0 以下となった。そこで CaseF では、1~2 リフトに対しては、石灰碎石に加え低熱ポルトランドセメントを適用し、3 リフト目に対しては、石灰碎石と膨張材を適用し照査を行った結果、1~2 リフトにおいて最小ひび割れ指数を 1.0 以上とすることができた。3 リフト目においても改善はみられたが依然として 1.0 以下となった。そのため、橋脚と同様に補強鉄筋によってひび割れ幅の制御を行うこととした。

4. まとめ

採用した配合にて施工を行った結果、0.2mm 以上のひび割れは確認されなかった。本橋のマスコンクリートに低熱ポルトランドセメントと石灰碎石を適用することで構造物の耐久性上有害なひび割れを抑制することが確認された。今回の事例が今後の工事の施工の一助になれば幸いである。

参考文献

- 1) 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 2016 P. 180

表-4 橋脚の最小ひび割れ指数

リフト	標準案	CaseA (石灰碎石)	CaseB (低熱)	CaseC (低熱+石灰碎石)
	指数	指数	指数	指数
1	0.35	0.90	0.82	1.22
2	0.32	0.98	0.85	1.24
3	0.32	0.86	0.72	1.05
4	0.32	0.82	0.72	1.06
5	0.32	0.81	0.73	1.07

表-5 柱頭部の最小ひび割れ指数

リフト	標準案	CaseD (膨張材)	CaseE (石灰碎石)	CaseF (低熱+石灰碎石+ 膨張材)
	指数	指数	指数	指数
1	0.45	0.47	0.60	1.13
2	0.72	0.81	0.93	1.97
3	0.57	0.66	0.72	0.88

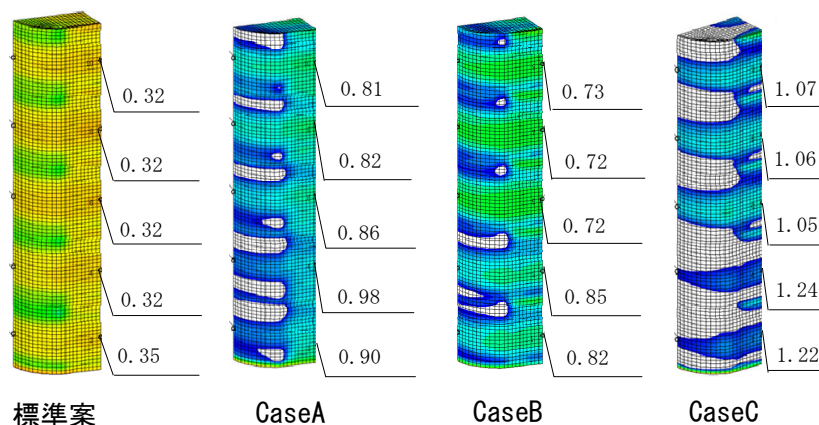


図-2 橋脚の最小ひび割れ指数分布

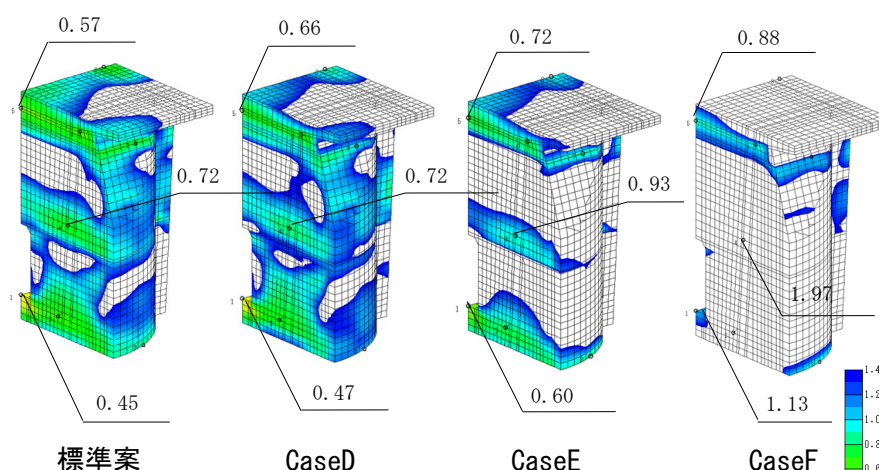


図-3 柱頭部の最小ひび割れ指数分布