

V-51

鋼管・コンクリート複合構造橋脚における温度ひび割れ対策について

日本道路公団 いわき工事事務所 法人会員 ○川口 真史
 (株)近代設計 正会員 木賀 茂美
 大木建設(株)・ライト工業(株) J V 非会員 根本 正博

1. はじめに

日本道路公団では、高橋脚工事の省力化・急速施工および耐震性の向上を目的として鋼管を主体とし、帯鉄筋のかわりに高強度鋼より線をを用いた鋼管・コンクリート複合構造橋脚の技術開発に取り組む、近年、多くの高速道路橋に適用されるようになってきている。本工事区間は磐越自動車道いわき J C T から小野 I C 間の山間地に位置し最大脚高 6.6 m と高橋脚になることから鋼管・コンクリート複合構造橋脚を採用している。

この鋼管・コンクリート複合構造橋脚はマスコンクリート構造物となることの他に、躯体内部に中空の大型鋼管があることにより、断面内の温度分布が複雑になることによる、マスコンクリートの水和熱による温度ひび割れの発生が過去の施工事例から予測された。

そのため、本論文では温度ひび割れを制御するためのセメントの選定および施工方法を有限要素法による事前検討を行った。

2. 検討内容

2-1 検討モデル

本橋脚はφ 1.2 m の鋼管が 12 本配置され、断面は 7.5 m × 6.0 m である。解析は 1/4 断面として検討行い図 1 に解析モデルを示す。ここでコンクリート、鋼管および空気層は 8 接点平面要素、型枠は 3 接点梁要素とした。また応力解析は微小宇応力を対象としていることから弾性体としてモデル化し、外部拘束による影響はないものとした。

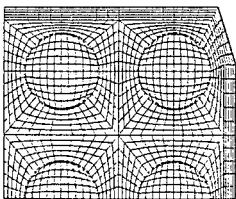


図 1 解析モデル

2-2 温度ひび割れの評価

温度ひび割れの評価は、温度ひび割れ指数解析によって判断し目標値を 1.0 以上とした。以下に評価式を示す。

$$I_{cr} = f_{tk}(t) / \sigma_{t(t)}$$

I_{cr} : 温度ひび割れ指数

$f_{tk}(t)$: 材齢 t における引張強度

$\sigma_{t(t)}$: 材齢 t における発生応力

2-3 検討ケース

検討は、高炉セメント B、中庸熟セメント、低熱セメントの 3 種類によりセメントの違いによる温度ひび割れ指数を比較し、その後、補助工法として F R P 加工された型枠および鋼管を利用したクーリングの実施による効果について検討した。

2-4 温度ひび割れ解析における諸常数

2-4-1 材料パラメータ

温度ひび割れ解析上必要となるパラメータは 1. コンクリート、2. 鋼管、3. 型枠、4. 環境因子となる。それぞれの物性値については文献²⁾に従い、時系列によって変化させた。ここで表 1 に合板型枠と F R P 加工された型枠の熱伝導率を比較する。

表 1

熱伝達率 K J mm ² × h r × ° C	合板型枠	29.3 × 10 ⁻⁶
	F R P 加工 型枠	15.1 × 10 ⁻⁶

熱伝達率は数値が大きいほど熱が伝わり易いことを示しているため、F R P 加工された型枠は約 2 倍、合板型枠に比べ保温性が高い。

2-4-2 水和熱パラメータ

コンクリートの水和熱については、文献²⁾より単位セメント量を 360 kg/m³ と仮定してその値を求め、低熱セメントに関してはセメントメーカーの技術資料を引用した。図 2 に断熱温度上昇グラフ、図 3 に水和熱グラフを示す。

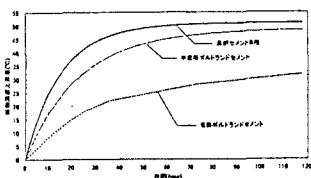


図2 断熱温度上昇グラフ

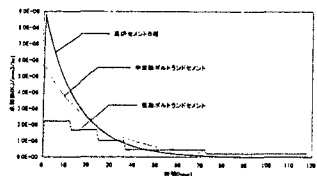


図3 水和熱グラフ

3. 検討結果

3-1 セメントの種別による結果

セメントの種別による結果を表2、図4に示す。

表2

	最小ひび割れ指数
高炉セメントB種	0.924
中熱セメント	1.024
低熱セメント	1.425

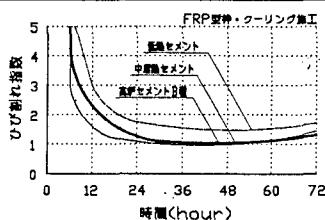


図4 時系列ひび割れ指数グラフ

3-2 施工方法の違いによる結果

施工方法の違いによる結果を表3、図5に示す。

表3

		最小ひび割れ指数	
		合板	FRP
鋼管内養生方法	断熱状態	0.370	—
	クーリング	0.733	1.024

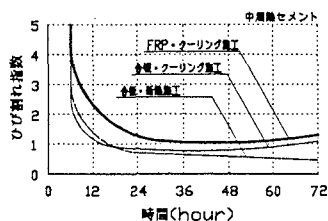


図5 時系列ひび割れ指数グラフ

4. 結論

鋼管・コンクリート複合構造橋脚の温度ひび割れを制御する方法を検討した結果、以下のことが明らかになった。

- ①温度ひび割れを制御するためには、低熱セメントの使用が最も効果的であるとの解析結果であるが、強度発現性の遅延、コスト高等を考慮すると中庸熱セメントの使用が最適である。
- ②鋼管内の養生方法としては断熱性を高めるよりも、圧送空気によるクーリングすることによりコンクリート温度を外気温と同等程度の温度にすることが効果的である。
- ③型枠についてはFRP加工された断熱性の高い型枠を使用し、外気に対して断熱性を高めることが効果的である。
- ④型枠養生期間が長い方がひび割れに対して効果的であるが、急速施工を行う場合はエアキャップ等による保温養生が効果的であることが結果が得られた。

5. 今後の課題

今回の検討は2次元での検討を行っているが、実際の橋脚は立体的に存在することから、解析精度の向上を目的としてコンクリートの打ち継ぎ目や鋼管の外部拘束を考慮した検討を行う必要がある。また、今回の解析の有効性を検証し、今後の施工方法の改善策が提案できるように温度・ひずみ測定を行う予定である。

6. おわりに

三和橋（下部工）工事において、橋脚施工が進んでいるが温度ひび割れの発生を抑えられているため、今回提案したひび割れ抑止方法は有効な対策工法といえる。また、今回の報告が今後の工事の参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) 日本道路公団：設計要領第二集
- 2) 土木学会 コンクリート標準示方書
- 3) 佐藤和憲・合田歩・佐々木隆三：鋼管・コンクリート橋脚複合構造橋脚施工における一考察、土木学会東北支部技術研究発表会講演概要集、2001、3