

鋼管・コンクリート複合構造橋脚における温度ひび割れ事前検討

大木建設(株) ○正会員 金澤 勝治
大木建設(株) 正会員 平澤 雅己

1. はじめに

鋼管・コンクリート複合構造橋脚は、従来の中空断面を有する鉄筋コンクリート橋脚に較べて、鋼管をコンクリート断面内に配置することにより、施工の省力化・急速化を実現する優れた構造である。しかしこの構造は通常のRC橋脚に較べ断面が複雑となり、マスコンクリートの水和熱による温度ひび割れが過去の施工例からいくつか確認され問題となっている。

本文では磐越自動車道三和橋(下部工)における温度ひび割れを抑制する施工法の事前検討結果を述べる。

2. 解析モデル

本橋脚は直径：1200mm、厚さ：16mmの鋼管が12本配置され、断面寸法は7500×6000mmである。

解析は断面が対称であることから1/4断面として検討を行った。図1に解析モデルを示す。このモデルはコンクリート・鋼管および空気を8節点平面要素、型枠を3節点梁要素とした。また応力解析は微小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て解析を行った。

3. 材料パラメータ

コンクリートは文献¹⁾²⁾⁴⁾を参考に $f_c=30\text{N/mm}^2$ 、セメント量を 360kg/m^3 と仮定して材料パラメータを設定した。表1、図2および図3に各パラメータを示す。また解析の初期状態としては暑中コンクリートを想定し、外気温 30°C 、コンクリート打設時の温度 30°C と仮定した。ただしcase6に関してはブリーキングを想定し、コンクリート打設時の温度を 15°C として計算を行った。

4. ひび割れ評価方法

ひび割れの評価方法は、文献²⁾等々に示されるひび割れ指数によって判断し、管理目標値は1.0以上とした。

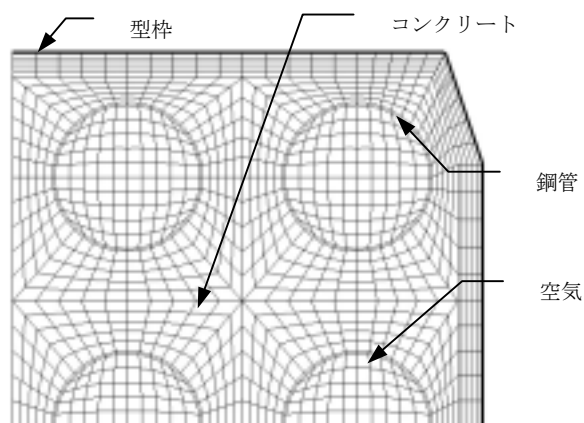


図1 解析モデル

5. 比較検討ケース

検討はセメント・型枠・養生方法の種別によるケースについて行った。表2に検討ケースを示す。

表1 材料パラメータ

熱伝導率 [KJ/mm×hr×°C]	コンクリート	9.36×10^{-3}
	鋼管	1.92×10^{-1}
	空気	7.92×10^{-5}
熱伝達率 [KJ/mm²/hr/°C]	型枠(合板)	2.93×10^{-5}
	型枠(FRP)	1.51×10^{-5}
密度 [kg/mm³]	コンクリート	2.30×10^{-6}
	鋼管	7.85×10^{-6}
	空気	1.30×10^{-9}
比熱 [KJ/kg/°C]	コンクリート	1.16
	鋼管	4.65×10^{-1}
	空気	1.00
線膨張係数 [ℓ/°C]	コンクリート	1.00×10^{-5}
	鋼管	1.20×10^{-5}
弾性係数 [N/mm²]	鋼管	2.06×10^5

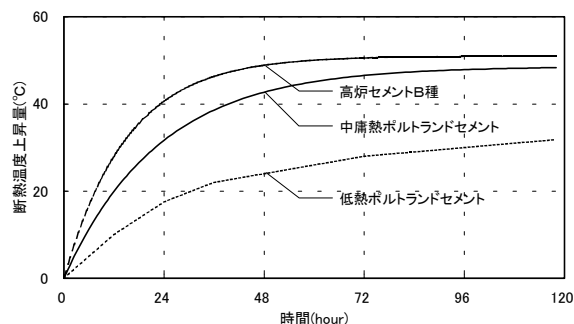


図2 各セメントの断熱温度上昇量

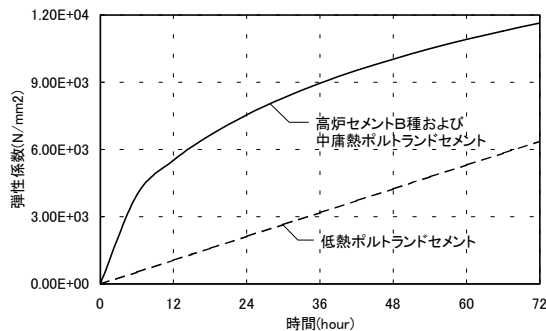


図3 コンクリートの弾性係数

キーワード：鋼管・コンクリート複合構造、温度ひび割れ、ひび割れ指数、温度応力解析

連絡先 〒270-1402 千葉県白井市平塚 2668-3 大木建設(株) 技術研究所 TEL047-492-5362

6. 解析結果と考察

- a) 図4よりセメント種別では低熱セメントが最も効果的であるが、セメント種別のみの変更ではいずれのケースにおいてもひび割れ指数は1を下回る結果となった。
- b) 図5の case2,5 の比較により、FRP型枠で断熱性を高めることによって温度ひび割れを抑制する効果がある。
- c) 図5、6より鋼管内の養生方法としては、断熱性を高めるよりも外気を圧送するクーリングが効果的であり、またその圧送温度は低いほど良い結果となった。しかしクーリング温度を低くした場合、鋼管周辺でのひび割れ指数が低下するためモデル全体のバランスを考慮して温度を調整する必要がある。
- d) プレクーリングを想定した case6 は、case10 と同程度の効果が得られ、また鋼管周辺でのひび割れ指数も低下しないため鋼管内クーリングよりも効果的である。
- e) 図7より型枠養生期間は温度ひび割れを防止するため4日以上残置することが望ましい。しかし急速施工を行う場合は脱型後エアキャップなどによるコンクリート表面の養生が効果的である。

7. おわりに

今回の事前検討を考慮し、case11 の方法で施工を行ったが、温度ひび割れは確認されていない。そのことから本検討での施工方法の有効性が確認されたと判断される。

またシミュレーションの事後評価として、今後施工時に各種計測を行いその計測データと解析結果の比較、また3次元へ解析モデルを拡張するなど更に詳細な検討を予定している。

表2 検討ケース

case	セメント種別	鋼管内の養生状態	型枠種類
1	高炉B種	—	合板
2	中庸熱	—	合板
3	低熱	—	合板
4	中庸熱	断熱養生	合板
5	中庸熱	—	FRP型枠
6	中庸熱 (温度 15℃)	30℃でクーリング	FRP型枠
7	中庸熱	30℃でクーリング	FRP型枠
8	中庸熱	25℃でクーリング	FRP型枠
9	中庸熱	20℃でクーリング	FRP型枠
10	中庸熱	15℃でクーリング	FRP型枠
11	中庸熱	30℃でクーリング	FRP型枠 3日後脱型 脱型後エアキャップ養生
12	中庸熱	30℃でクーリング	FRP型枠 3日後脱型 脱型後養生なし
13	中庸熱	30℃でクーリング	FRP型枠 4日後脱型 脱型後養生なし

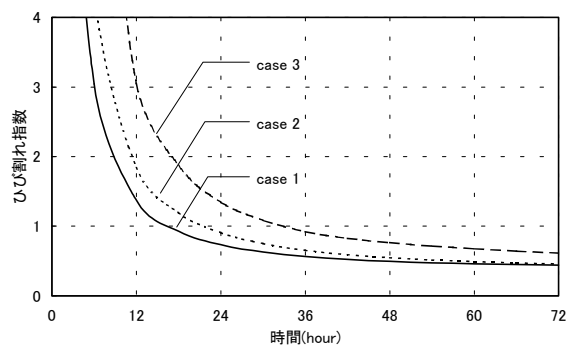


図4 セメント種別による比較(case1~3)

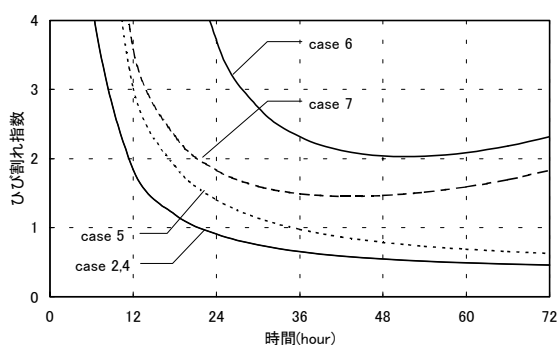


図5 施工方法の違いによる比較(case2,4~7)

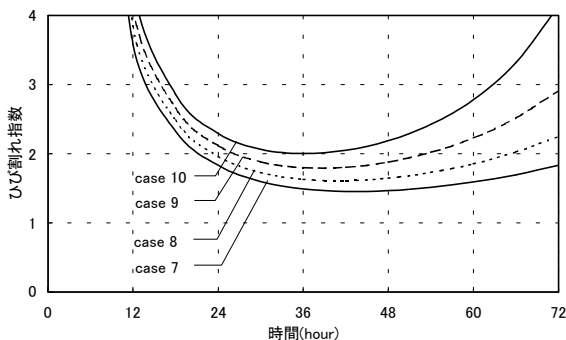


図6 クーリング温度の違いによる比較(case7~10)

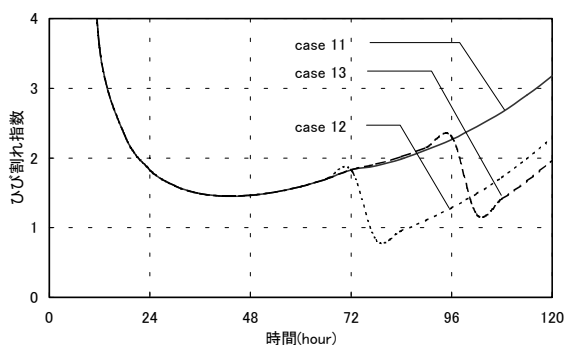


図7 型枠脱型後の養生方法の違いによる比較(case11~13)

【参考文献】

- 1) 日本コンクリート工学協会：コンクリート技術の要点 2000
- 2) 土木学会：平成11年版コンクリート標準示方書[施工編]-耐久性照査型-
- 3) マクロボード(株)：マクロボードの技術資料
- 4) 太平洋セメント(株)：【技術資料】低熱ポルトランドセメントの概要
- 5) 川口ほか：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、平成13年度土木学会東北支部技術研究発表会、pp596~597