

場所打ちPC床版施工時の温度応力に関するパラメータ解析

石川島播磨重工業(株) 正会員 ○塩永 亮介 (社)日本橋梁建設協会 正会員 倉田 幸宏
 日立造船(株) 正会員 嶽下 裕一 住友建設(株) 室田 敬
 (株)栗本鐵工所 正会員 津田 久嗣 日本道路公団関西支社 安川 義行

1. はじめに

連続合成桁の橋梁床版に発生するひび割れは、主にコンクリートの乾燥収縮ひずみや鋼とコンクリートの温度差ひずみが大きな外部拘束（鋼桁の拘束や打継ぎの拘束）を受けることによって発生すると考えられている。さらに近年、打設時の温度応力の影響も無視できないと考えられ、そこで JH 関西管内の5橋ではこの温度応力低減を目的に冬季に給熱養生の対策を取り、同時に温度計測実験を実施した^{*1)}。これより通年にわたる床版の内部温度履歴を把握できたが、実際の内部発生応力や養生対策による応力低減効果については解析的な評価が必要となる。そこで本稿では、温度計測データをもとにした再現解析により発生応力を算定し、さらに温度上昇時の勾配や下降時の勾配に着目したパラメータ解析の検討結果を示す。

2. 解析概要

2.1 発生応力の推定

解析モデルとしては、図-1に示す連続径間(支間60m)の中央に打設する1ブロック(ブロック長15m)の1/2モデルとした。冬季および夏季の温度計測データに対して、それぞれ平均の温度履歴となるように熱物性条件を変化させ逆解析的に温度履歴を算出した(図-2、図-3)。この時の応力算定結果を図-4に示す。なお、温度および応力の照査点は床版厚さ中心(主桁上)とした。冬季と夏季では最高温度が15～20℃異なるが、発生する引張応力度としては 0.57N/mm^2 、 0.65N/mm^2 といった値であった。一般的に冬季の方が温度応力的には厳しいと言われるが、ここでの冬季計測データは給熱養生を施しているため、夏季より緩やかに内部温度が冷えており小さな発生応力であったと推察される。そこで、これら養生の程度と発生応力の関係についてはパラメータ解析により検討した。

2.2 パラメータ解析

温度履歴に影響を及ぼす因子として、発熱速度・熱伝達率・雰囲気(養生)温度・単位セメント量を取り上げ、冬季/夏季の基本ケースに対して発生する引張応力度にどの程度の影響があるかを解析的に検証した。検討項目一覧を表-1に示す。なかでも養生方法に関わるのは熱伝達率と雰囲気温度である。また解析因子を変えることにより、温度勾配(上昇時・下降時)にも大きく影響するため、これらと応力度の関係も検討した。

キーワード：場所打ちPC床版、温度応力解析、パラメータ解析、温度勾配

連絡先：〒235-8501 横浜市磯子区新中原町1 TEL：045-759-2864 FAX：045-759-2208

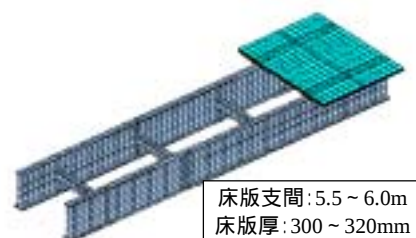


図-1. 床版解析モデル

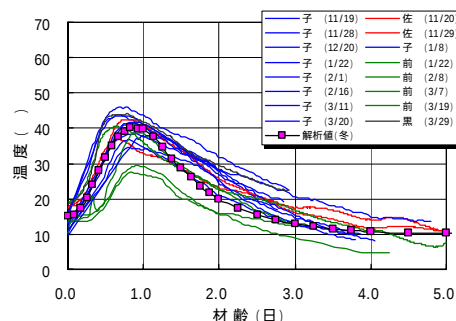
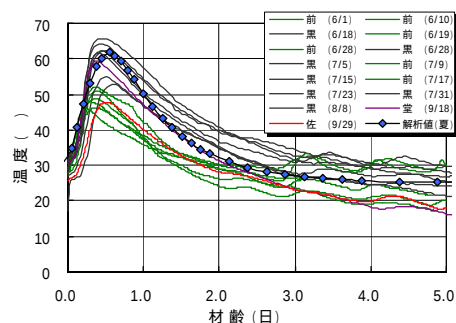
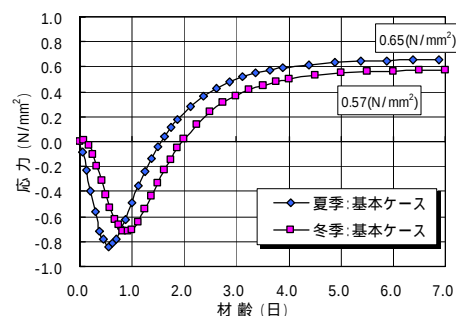
図-2. 冬季計測データと温度解析結果
(給熱養生期間:11～3月)図-3. 夏季計測データと温度解析結果
(通常養生期間:6～9月)

図-4. 応力解析結果(夏季・冬季)

表-1. 温度応力解析のパラメータ因子と解析結果

	検討項目		解析のパラメータ					解析結果			
			発熱速度 係数	表面の 熱伝達率	養生 温度	単位 セメント量	膨張 ひずみ	温度上昇 勾配 ¹	温度下降 勾配 ²	最高 温度	引張 応力度
			γ	(W/m ²)	()	(kg/m ³)	(×10 ⁻⁶)	(/hr)	(/hr)	()	(N/mm ²)
冬期 打設時	冬期基本ケース		2.2	12	10	345	0	1.27	-0.57	40.3	0.57
	発熱速度を変化	遅	1.0	12	10	345	0	0.72	-0.45	34.6	0.51
		早	4.0	12	10	345	0	1.84	-0.63	44.7	0.63
	熱伝達率を変化 (温度ピーク後)	小	2.2	3	10	345	0	1.27	-0.45	40.3	0.43
		大	2.2	30	10	345	0	1.27	-0.65	40.3	0.61
	養生温度を変化 (温度ピーク後)	高	2.2	12	15	345	0	1.27	-0.48	40.3	0.34
		低	2.2	12	5	345	0	1.27	-0.67	40.3	0.81
	熱伝達率 / 養生 温度を変化	小/高	2.2	3	15	345	0	1.27	-0.37	40.3	0.19
		大/低	2.2	30	5	345	0	1.27	-0.73	40.3	0.85
	単位セメント量 を変化	+30	2.5	12	10	375	0	1.46	-0.65	44.1	0.62
+60		2.8	12	10	405	0	1.65	-0.73	48.0	0.66	
	膨張材の効果 を考慮	普	2.2	12	10	345	+80	1.27	-0.57	40.3	0.21
		大	2.2	12	10	345	+150	1.27	-0.57	40.3	-0.11
夏期 打設時	夏期基本ケース		4.6	12	25	345	0	1.98	-0.67	61.9	0.65
	発熱速度を変化	遅	1.5	12	25	345	0	1.00	-0.53	54.0	0.54
		早	8.0	12	25	345	0	2.97	-0.77	65.6	0.76
	熱伝達率を変化 (温度ピーク後)	小	4.6	3	25	345	0	1.98	-0.54	61.9	0.44
		大	4.6	30	25	345	0	1.98	-0.72	61.9	0.73
	単位セメント量 を変化	+30	5.3	12	25	375	0	2.24	-0.75	66.0	0.70
		+60	6.1	12	25	405	0	2.49	-0.83	70.1	0.75
	膨張材の効果 を考慮	普	4.6	12	25	345	+80	1.98	-0.67	61.9	0.29
		大	4.6	12	25	345	+150	1.98	-0.67	61.9	-0.03

*1:「温度上昇勾配」= (最高温度 - 打込温度) / 最高温度までの時間 *2:「温度下降勾配」= (最高温度後 48hr 後の温度 - 最高温度) / 48

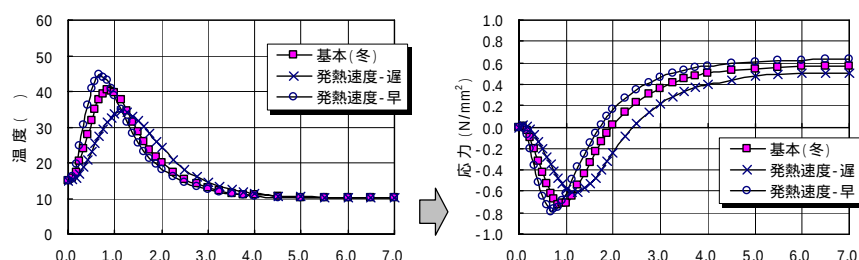


図-5. 温度上昇勾配を変化させた場合の応力解析結果の一例(冬季)

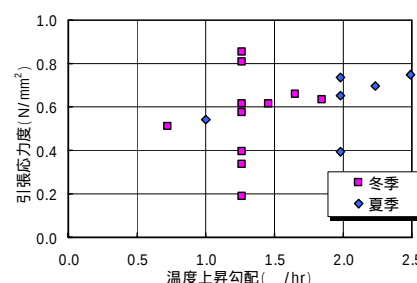


図-6. 温度上昇勾配 - 引張応力度

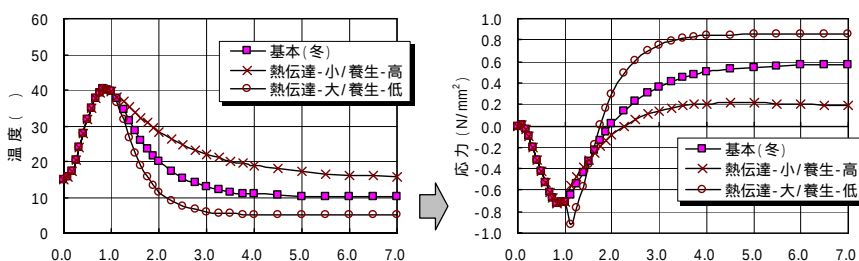


図-7. 温度下降勾配を変化させた場合の応力解析結果の一例(冬季)

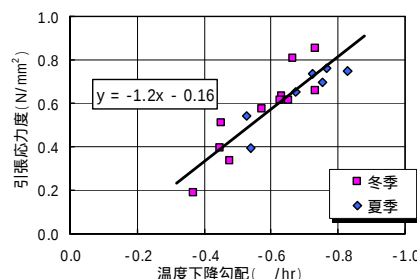


図-8. 温度下降勾配 - 引張応力度

パラメータ解析結果より得られた知見を以下に示す。

- 図-5 に示すように、最高温度までの温度上昇勾配の差による引張応力度への影響はさほどなく(約 $\pm 0.1N/mm^2$)、全ケースの解析結果をみても強い相関関係はない(図-6)。
- 図-7 に示すように、最高温度到達後の温度下降勾配の差による引張応力度への影響は比較的大きく、両者の相関関係も強い(図-8)。熱伝達率の小さな養生材の適用、雰囲気温度の高温確保の両方の対策をとることは温度応力の低減に非常に効果的であると考えられる(表-1 参照)。

3. まとめ

配合や養生条件を変えたパラメータ解析より、温度下降時の勾配は発生する引張応力度に大きな影響をあたえ、両者の強い相関関係があることを示した。さらに解析検討ケースを蓄積すれば、同種工事において現場での温度履歴管理のみでおおよその発生応力度の予測も可能になると考えられる。

本検討は JH 関西支社を中心とした舞鶴工事事務所管内の施工業者らによる場所打ち P C 床版技術検討会の活動成果であり、ご協力をいただいた関係各位へここに感謝の意を表す。

【参考文献】1)中村、大浴ほか:場所打ち PC 床版施工時の温度履歴推定と養生対策の効果、第 58 回年次学術講演会、2003.9