コンクリートスラブ上に後打ちされる壁体の温度ひび割れに関する一考察

復建エンジニヤリング　正会員　○岩城　賢治
復建エンジニヤリング　正会員　　吉村　　剛

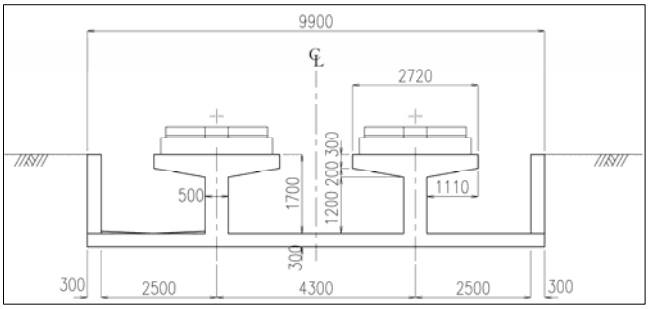
１．はじめに

コンクリートスラブ上に長延長の壁体を後から打設する構造物は、セメント水和熱による温度応力と外部拘束によって、ひび割れの発生する可能性がある。ひび割れは、水の浸透による凍結融解の繰り返し作用を誘発し、構造物の耐久性および安全性に重大な悪影響を与えかねない。

スラブ上に鉄道軌道を受ける 60m のＴ字形壁体を後打ちする構造物は、上述の特徴を有する。このため、３次元ＦＥＭによる水和熱温度応力解析を行い、ひび割れ検討を行った。ここに検討結果を報告する。

２．構造物概要

本構造物の横断構成は、図－１に示すとおり、スラブ（厚さ 300mm）とＴ字形壁体（高さ 1700mm、厚さ 500mm）から成る。延長は最大 60m である。Ｔ字形壁体は、スラブ硬化後に打設される計画である。

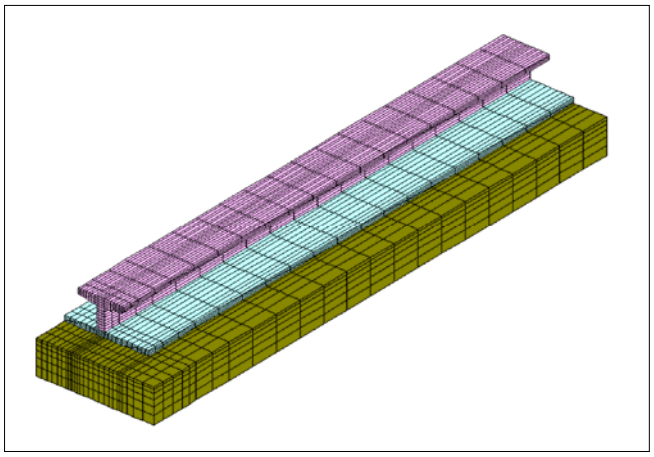


図－１．構造物横断図

３．検討条件

①解析モデル

解析モデルは図－２に示す３次元ＦＥＭモデルとする。水和熱の拡散および構造物拘束効果を考慮するため、地盤もモデル化した。また、構造物軸方向および軸直角方向に対する対象条件を適用し、1/4 対象モデルとした。


図－２．ＦＥＭモデル図

②施工段階

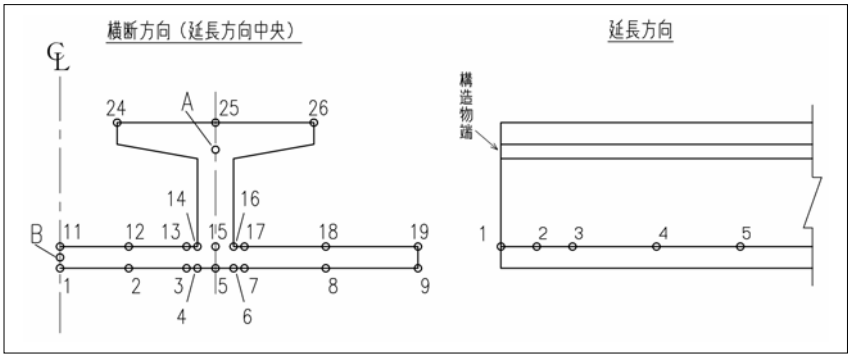
スラブ打設を第１フェーズ、Ｔ字形壁体打設を第２フェーズとした。なお、スラブ打設から７日後にＴ字形壁体の打設を行う設定とした。

③材料特性

コンクリートの材料特性は、呼び強度＝24(N/mm^2)、単位セメント量＝330(kg/m^3)とし、力学特性は「コンクリート標準示方書 施工編[2002 年]」に基づいて設定した。

④温度条件

外気温＝地盤上面＝23℃、地盤下面＝10℃、打設コンクリート＝26℃（外気温＋３℃）に設定した。断熱温度特性についても、「コンクリート標準示方書 施工編[2002 年]」に基づいて設定した。



図－３．照査点位置図

４．解析結果

解析より得られた結果をまとめると、次の通りである。

①温度の変化

キーワード：コンクリート、温度応力、ＦＥＭ解析

連絡先：〒103-0012　東京都中央区日本橋掘留町 1-11-12TK 掘留ビル　㈱復建エンジニヤリング　TEL:03-5652-8563

温度の変化は、図－３の点Ａ、Ｂの２個所をピックアップした。Ａ点、Ｂ点は、共に打設後１日内に最高温度［Ａ点：47.2℃、Ｂ点：37.3℃］に達し、その後、急速に低下して平衡温度に到った。

②横断方向の応力度とひび割れ指数

横断方向（地盤に平行な面）の発生応力とひび割れ指数の変化は、図－３の横断方向各点でピックアップした。応力度およびひび割れ指数は、共に地盤との接点［点２，８］においてピーク値［応力度：1.00(N/mm²)、ひび割れ指数：1.83≒ひび割れ発生確率 5%］を示した。

③延長方向の応力度とひび割れ指数

延長方向（地盤に垂直な面）の発生応力とひび割れ指数の変化は、図－３の延長方向各点でピックアップした。応力度およびひび割れ指数は、点２においてピーク値［応力度：1.25(N/mm²)、ひび割れ指数：1.41≒ひび割れ発生確率 30%］を示した。

５．考察と今後の課題

本検討において、スラブ上に鉄道軌道を受ける延長 60m のＴ字形壁体を後打ちする構造の水和熱温度応力解析を行った。解析ではスラブ打設（フェーズ１）、Ｔ字形壁体打設（フェーズ２）の段階施工を考慮した解析とした。

検討によって得られた事項を以下にまとめる。

①ひび割れ発生確率

本構造物の、ひび割れ指数の最小値は、延長方向端部の 1.41 であった。この時のひび割れ発生確率は約 30%である。これは、コンクリート標準示方書によると、「ひび割れの発生を許容するが、ひび割れ幅が過大とならないように制限したい場合」に該当する。

②解析の妥当性

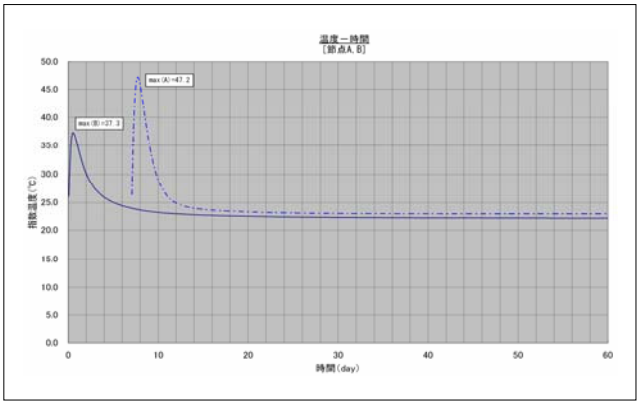
比較的薄い構造物であるにもかかわらず、温度応力によるひび割れ発生確率が 30%となった。延長方向端部でのひび割れ指数が最も小さくなっていたことから、水和熱発生時の外部拘束状態が再現できているものと考えられ、解析の妥当性が評価できると考えられる。

③構造物設計での対応

温度ひび割れへの対応策は、低熱セメント利用やクーリング等が考えられるが、当該構造物の場合、指数が 1.41（≒ひび割れ発生確率 30%）であるので、該当部位の鉄筋比を上げることで対応できるものとした。

④今後の課題

本検討のモデルが水和熱発生時の外部拘束状態を再現していることを確認できたので、今後は、壁幅、壁高、気温等のパラメータを変化させた時のひび割れ発生確率の推移、および、合理的な対策工の選択手法について検証を進めていきたい。



図－４．温度変化図

表－１．温度変化一覧表

点名	Max 時		最終ステップ時
	温度（℃）	時刻（day）	温度（℃）
A	47.2	7.75	23.0
B	37.3	0.50	22.2

表－２．横断方向　応力度・ひび割れ指数一覧表

節点	引張応力度最大値 (N/mm²)	ひび割れ指数 最小値	節点	引張応力度最大値 (N/mm²)	ひび割れ指数 最小値	節点	引張応力度最大値 (N/mm²)	ひび割れ指数 最小値
1	0.98	1.85	11	0.69	2.65			
2	1.00	1.84	12	0.68	2.69			
3	0.89	2.00	13	0.59	3.05			
4	0.83	2.18	14	0.50	3.63	24	0.17	7.73
5	0.78	2.31	15	0.50	3.63	25	0.63	3.16
6	0.83	2.17	16	0.49	3.64	26	0.17	7.73
7	0.88	2.04	17	0.49	3.59			
8	0.99	1.83	18	0.67	2.67			
9	0.44	4.21	19	0.41	4.43			

表－３．延長方向　応力度・ひび割れ指数一覧表

列	内側			外側		
	引張応力		ひび割れ指数※ 最小値	引張応力		ひび割れ指数※ 最小値
	主応力 最大値 (N/mm²)	鉛直応力 最大値 (N/mm²)		主応力 最大値 (N/mm²)	鉛直応力 最大値 (N/mm²)	
1	1.04	0.61	1.60	1.01	0.57	1.65
2	1.23	0.55	1.44	1.25	0.54	1.41
3	0.92	0.36	1.92	0.99	0.38	1.80
4	0.52	0.14	3.07	0.64	0.14	2.81
5	0.34	0.20	2.43	0.47	0.19	2.54