

低発熱・収縮抑制型高炉セメントを用いた大断面 RC 下床梁の暑中施工

レー アンユーン* 和田 格*
 Le Anh Dung Kaku Wada
 松永 健** 椎名 貴快***
 Ken Matsunaga Takayoshi Shiina

1. はじめに

地下歩道工事における地下二階部分の RC 下床梁は、梁高 1.5 ~ 2.0 m × 梁幅 1.8 m, 延長 20 m (図-1) のマスコン部材であり、温度ひび割れの発生が懸念された。またスランプ 8 cm の硬練り配合で夏期に運搬時間を要する暑中施工が計画されていた。そこで、低発熱・収縮抑制型高炉セメント (以下、MKC) と高機能タイプの AE 減水剤 (遅延形) を用いた暑中コン配合を選定し施工した。

本工事では、施工に先立ち、現場内で模擬試験体を作製し、測定温度から逆解析で同定した熱伝達率を用いて実構造物の温度ひび割れ発生確率を事前評価した。

本報では、MKC 夏期配合を用いた模擬試験結果と実施工の状況について報告する。

2. コンクリートの使用材料と配合

表-1 にコンクリートの使用材料、表-2 に配合 (30-8-20MKC) を示す。当初配合 (高炉 B 種) の条件で事前に温度ひび割れ解析を実施した結果、最小ひび割れ指数 1.01 でひび割れ発生確率が極めて高かった。そこで温度ひび割れおよび水和収縮ひび割れ対策のため、セメントは断熱温度上昇量が小さく自己収縮量の小さい MKC に変更した。また化学混和剤には暑中施工でも所要の性状を安定確保できるように高機能タイプの AE 減水剤 (遅延形) を使用する配合にした。

3. 模擬試験体を用いた熱伝達率の推定

事前解析で温度ひび割れの発生確率を精度良く予測するには、適切な熱特性値を用いる必要がある。特に、熱伝達率の値は現場の施工条件に影響を受けるため、現場での模擬試験から同条件に則した妥当な値を求めた。

* 関東土木(支)虎ノ門(出)
 ** 本社土木設計部
 *** 技術研究所土木技術グループ

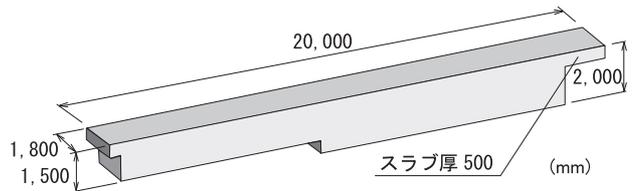


図-1 地下歩道地下二階部 RC 下床梁

表-1 使用材料

分類	記号	材料仕様
セメント	C	低発熱・収縮抑制型高炉セメント (MKC) 密度 2.98g/cm ³ , 比表面積 3,250cm ² /g
細骨材	S1	細目陸砂, 表乾密度 2.58g/cm ³ , 吸水率 1.69%, FM2.37
	S2	粗目砕砂, 表乾密度 2.63g/cm ³ , 吸水率 1.06%, FM2.95
粗骨材	G	石灰砕石 2005, 表乾密度 2.69g/cm ³ , 吸水率 0.32%, FM6.83
水	W	工業用水・上澄水
混和剤	Ad	AE 減水剤 (高機能タイプ) 遅延形 (I 種)

表-2 コンクリート配合 (夏期) 30-8-20MKC

W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)					
		W	C	S1	S2	G	Ad
47.5	40.8	169	356	352	358	1067	3.56

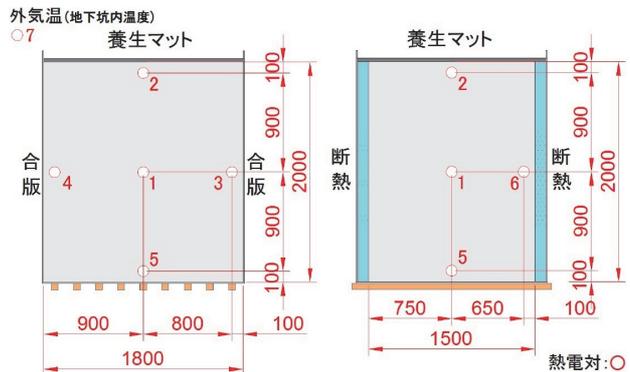


図-2 模擬試験体

表-3 解析条件

打込温度 (°C)	熱伝達率 (W/m ² °C)	比熱 (kJ/kg°C)	断熱温度上昇特性値			養生期間 (日)
			Q _∞ (°C)	r	t0 (日)	
32.4	2.7	1.15	40.4	1.145	0.084	14

試験では下床梁で最も断面の大きい箇所を再現した模擬試験体 (H2,000 × W1,800 × D1,500 mm, 軸方向断熱状態) (図-2) を現場内で作製し、測定温度から熱伝達率を逆解析で求めた。なお実施工と同じ条件にするため、上面は養生マット、側面は塗装合板型枠 (t = 12 mm) で覆い、軸方向は断熱材 (t = 100 mm) を用いて温度勾配のない断熱状態とした。温度の測定位置は図中丸記号部の全 7 箇所 (内、1 点は外気温 (地下坑内温度)) で、外気温は平均 26°C であった。解析条件は表-3 のとおりである。

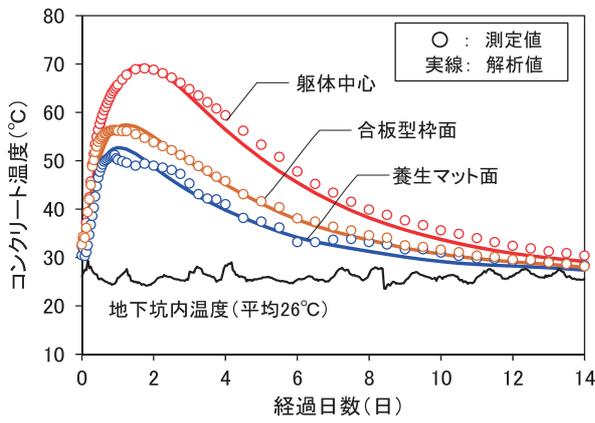


図-3 解析値と測定値の比較

図-3にコンクリート温度の測定値(図-2中の測点1, 2, 3)と解析値を示す。表-4に逆解析で同定した熱伝達率の値を示す。同図表より、全ての測点で解析値は測定値の傾向を概ね再現できた。また同定された熱伝達率の値は、合板型枠面で示方書¹⁾の8 W/m²℃よりも小さい5 W/m²℃、養生マット面では示方書の5 W/m²℃よりも大きい9 W/m²℃であった。養生方法の違いで熱伝達率が増減した理由として、示方書の値が風速2~3 m/sでの値を基準としており、本現場は地下坑内で無風に近い条件のため、合板型枠の値が小さくなったと考える。一方、養生マット面ではマット上に散水を行ったため、気化熱の影響で値が大きくなったと推定される。

4. 実構造物の温度ひび割れ発生確率の事前評価

逆解析で求めた熱伝達率を用いて実構造物の温度ひび割れ発生確率を事前評価した。なお打込み温度は20~40℃の範囲で5℃間隔に複数ケースを解析した。解析の結果、打込み温度が最高40℃の時(図-4, 表-5)、梁高2.0mの断面内において最大温度74.8℃、最小温度ひび割れ指数2.17で、ひび割れ発生確率は5%未満と極めて小さくMKCの効果が確認された。なお、示方書¹⁾では打込み温度35℃以下に規定されており、実施工でも同規定に準じて打込み温度35℃(気温の目安29℃)を上限とする施工計画を立てた。

5. 実施工の結果

コンクリートの現場受入れ試験結果を表-6、現場施工状況を写真-1に示す。施工は9月で気温26℃、運搬に約1時間を要したが、コンクリート温度は30℃で、スランプおよび空気量ともに所要の性状範囲内に収まり、目標品質を確保できた。また施工後、下床梁コンクリートに温度ひび割れの発生は確認されていない。

以上より、セメントにMKC、混和剤に高機能タイプの遅延形を採用した今回の暑中対策により、良好な施工性を確保でき、温度ひび割れの発生を防ぐことができた。

表-4 逆解析による熱伝達率の同定結果

養生方法	当初設定(W/m ² ℃) (JSCE示方書)	同定結果(W/m ² ℃) (逆解析で推定)
合板型枠	8	5 (当初×0.63)
養生マット	5	9 (当初×1.80)

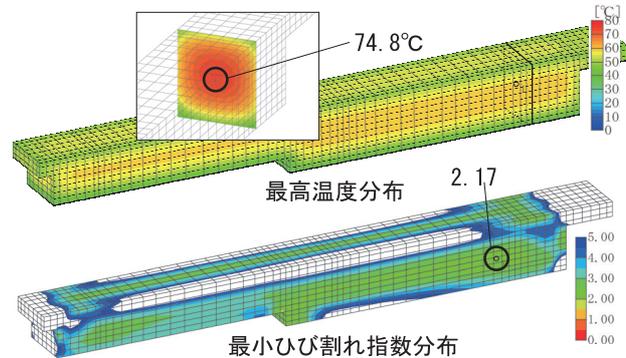


図-4 温度ひび割れ解析結果(打込み温度40℃の時)

表-5 躯体最高温度と最小温度ひび割れ指数の結果

打込み温度(℃)	気温(℃)	躯体最高温度(℃)	最小温度ひび割れ指数	ひび割れ発生確率
40	34	74.8	2.17	5%未満
35	29	69.1	2.19	
30	24	63.2	2.20	
25	19	57.1	2.24	
20	14	50.7	2.30	

表-6 コンクリート受入れ試験結果

	気温(℃)	コン温度(℃)	スランプ(cm)	空気量(%)	単位水量(kg/m ³)
管理目標	29以下	35以下	8±2.5	4.5±1.5	169±15
試験結果	26	30	7.0	4.9	162.7



写真-1 下床梁コンクリートの施工状況

謝辞：本施工にご指導ご協力を頂いた国土交通省関東地方整備局東京国道事務所殿をはじめ、本社および関東土木支社の関係各位に対して心より謝意を表します。

参考文献

1) 土木学会コンクリート標準示方書(設計編), 2012.