コンクリートの熱膨張係数測定による水門堰柱の温度ひび割れ抑制

鹿島建設(株) 正会員 〇関 健吾 加藤優典 荒渡光貴 工藤匡貴 川畑 勝 岩手県沿岸広域振興局 土木部宮古土木センター 阿曽沼崇 畠山俊彦

1. はじめに

品質の高いコンクリート構造物を構築するには、温度ひ び割れに代表される初期欠陥の抑制が重要である。そのた め温度応力解析による温度ひび割れの照査手法が2017年制 定コンクリート標準示方書【設計編】¹⁾やマスコンクリート のひび割れ制御指針2016²⁾などに具体的な数値とともに示 されている。また、温度ひび割れをより確実に抑制するた めの一手法として、照査に用いた解析条件が適切であった かどうかを施工中においても都度検証し、PDCA サイクルに 基づいたより精度の高い解析を行う手法も既往の研究にお いて示されており³⁾、特にコンクリートの熱膨張係数を測定 することで応力解析の精度を著しく向上できることが示さ れている³⁾.

ここで、コンクリートの熱膨張係数を測定する手法はい くつか提案されているものの²⁾、まだまだ事例が少ないのが 現状である。そこで本論文では、施工中の水門工事におい て、現場内に設置した蒸気養生設備を用いて、実際に使用 するコンクリートの熱膨張係数を測定し、3次元温度応力 解析に反映することで水門堰柱のひび割れ抑制を図った事 例について報告する。

2. 試験概要

コンクリートの使用材料および配合を表-1および表-2 にそれぞれ示す.当該配合は粗骨材に石灰石を使用してい る.ここで,石灰石骨材を用いたコンクリートは,他の岩 種を用いたコンクリートと比較して熱膨張係数が小さいこ とが知られているものの,その値は4.3~10.3×10⁶/C²⁾と広 範となっている.そこで,現場内に設置したプレキャスト 製造用の蒸気養生設備を用いて温度履歴を与え,当該配合 の熱膨張係数を実際に測定することとした.

測定にあたっては、直径約 292mm、高さ 266mm の高密
度ポリエチレン製容器内に、無応力容器 (φ114mm×
202mm)およびひずみ計 (φ17mm×100mm)を固定し (図

表-1 使用材料

項目	記号	摘要
水	W	地下水
セメント	С	普通ポルトランドセメント,密度:3.15g/cm ³
膨張材	EX	石灰系膨張材,密度:3.05g/cm ³
細骨材	S	石灰砕砂,青森県東通村尻屋産,2.5mm以下
		F.M.: 2.70, 表乾密度: 2.67g/cm ³
粗骨材	G	石灰砕石 2005, 八戸市大字松館産, 2.5~20.0mm
		実積率: 62.0%, 表乾密度: 2.69g/cm ³
混和剤	Ad	AE 減水剤(標準形I種),リグニンスルホン酸
		化合物とポリカルボン酸エーテルの複合体

表-2 コンクリートの配合(33 12 20N)

W/B	s/a	単位量(kg/m ³)					
(%)	(%)	W	С	EX	S	G	Ad
44.0	48.0	161	346	20	868	947	2.928



-1),堰柱工の前工程である床版工のコンクリートを採取して供試体を作製した.その後,蒸気養生用設備を用いて温度
履歴(昇温5℃/時間,最高温度 60℃,降温5℃/時間)を与え,その際のコンクリート温度および実ひずみを測定した(図
-2).

キーワード : マスコンクリート,温度ひび割れ,3次元温度応力解析,熱膨張係数,石灰石,水門 連絡先 〒980-0802 仙台市青葉区二日町1-27 鹿島建設(株)東北支店土木部 TEL.022-261-7111

3. 試験結果および考察

3.1 コンクリートの熱膨張係数

熱膨張係数の測定結果を図-3に示す. コンクリートの熱膨張係 数は時間依存性を有し,材齢経過とともに変化することが示され ている⁴⁾. そこで,温度履歴の最高点を境として温度上昇時および 温度下降時に分けて熱膨張係数を算出することとした.図より, 温度上昇時の熱膨張係数は6.05×10⁶/℃であり,温度下降時の熱膨 張係数は6.64×10⁶/℃であった.これらの値は,指針²に示される 値の範囲にあるものの,指針中の平均値7.3×10⁶/℃よりは小さい 結果であった.これは,本論文における配合は,粗骨材だけでな く細骨材も石灰石であったことが影響している可能性がある.な お,3次元温度応力解析に用いる入力値には,温度上昇時と温度 下降時の平均値である6.3×10⁶/℃を採用することとした.

3.2 3次元温度応力解析および実構造物のひび割れ発生状況

当該水門堰柱は延長40.5m,幅5.0m,高さ39.5mの大規模なマスコンクリート部材であり,幅1.5~3.5mとなる戸当りを有する. このうち,夏期に施工したP1~P3堰柱の1リフト目(H=3.45m)を対象に,3次元温度応力解析を行った(図-4).なお,熱膨張係数以外の入力値は指針²⁾に基づいて設定した.

まず,指針²に示される熱膨張係数の平均値(7.3×10⁶℃)を用いた場合の最大応力分布図を図-5に示す.図より,断面変化点である戸当り部に応力集中が生じ,最大応力は4.30N/mm²,最小ひび割れ指数はIcr=0.89であった.次に,現場にて測定した熱膨張係数を用いた場合の最大応力分布図を図-6に示す.図より,最大応力の発生箇所は図-5と変わらないものの,その値は3.67N/mm²と小さい結果となり,最小ひび割れ指数もIcr=1.05に改善された.現場目標であるIcr=1.0を満足したため,施工に臨んだ.

打込み後に実施したひび割れ調査結果を表-3に示す.実構造物の応力を測定していないため検証は困難であるが,既往の研究³⁾に も示したとおり,熱膨張係数の実測値を用いたことで解析精度が 向上し,温度ひび割れ抑制に繋がったものと考えている.

4. まとめ

温度ひび割れの発生が予想される大規模な水門堰柱を対象に, 実際に使用するコンクリートの熱膨張係数を測定して解析に反映 することで,3次元温度応力解析の精度向上を試みた.その結果, 温度ひび割れを抑制することができた.

参考文献

- 1) 土木学会:2017 年制定コンクリート標準示方書【設計編】, pp. 465-466 (2017).
- 2) 日本コンクリート工学会:マスコンクリートのひび割れ制御指針 2016, p. 33.
- 3) 関ほか:実構造物の計測結果に基づく温度応力解析の精度向上方法, pp. 1492~1497, コンクリート工学年次論文集, Vol. 36, No. 1, 2014.
- 4) 溝渕利明:温度変化, コンクリート工学, Vol. 43, No. 5, 2005. 5, pp. 34-42.



図-3 熱膨張係数の測定結果



図-4 解析対象範囲(堰柱下部)





図-6 最大応力分布図(熱膨張係数:実測)

表-3 ひび割れ調査結果(1リフト目)

堰柱 No	部位	結果	
D1 师社	戸当り部	ひび割れなし	
P1 地社	それ以外	0.10mmが1本	
D2 恒井子	戸当り部	ひび割れなし	
P2 地	それ以外		
12 111十十	戸当り部		
P3 墙社	それ以外		