

蒸気養生を行ったプレキャストコンクリート部材の初期応力に関する研究

丸栄コンクリート工業株式会社 正会員 ○阪口 裕紀
 岐阜大学 非会員 齋藤 寛泰
 岐阜大学 正会員 小澤 満津雄
 岐阜大学 正会員 森本 博昭

1. はじめに

プレキャストコンクリート部材（以下 PCa 部材）の製造には、生産効率の向上を目的に蒸気養生が一般的に実施されている。しかし、蒸気養生時の PCa 部材の初期応力やひび割れ性状に関する報告はなされているが、必ずしも十分とは言えないのが現状である¹⁾⁻³⁾。そこで本研究では、蒸気養生した PCa 部材のひび割れ制御方法を検討する基礎資料を得ることを目的に、ボックスカルバートを対象とし、蒸気養生した際の部材内の温度と相対湿度を計測した。また、得られた計測結果を用いて FEM による初期応力解析を実施し、温度応力と乾燥収縮応力の発現性状について検討した。

2. 実験概要

本研究で使用した配合を表-1に示す。材齢 19 日における圧縮強度は 46.5MPa となった。実験対象はボックスカルバート(2.5×2.5×

表-1 コンクリートの配合

水セメント比 %	細骨材率 %	単位量(kg/m ³)				
		水	セメント	細骨材	粗骨材	混和剤
44	43	170	386	760	1007	3.088

1.5m)とした。供試体の形状寸法を図-1に示す。部材内部の温度と相対湿度を計測するため、熱電対と湿度センサーを図-2のように配置した。センサー類の配置は右側壁の上部から 1250mm、長手方向端部から 750mm とした。熱電対は側壁外側から 30, 125, 220mm、湿度センサーは側壁外側から 0, 5, 10, 30mm とした。蒸気養生の温度パターンを図-3に示す。蒸気養生は、外気温 10℃として、前養生時間 3hr. とした。その後、10℃から 40℃まで 3hr. で上昇させ、40℃を 2hr. 保持した。その後、自然冷却を行い脱型した。脱型後はストックヤードに移動し自然養生を行いながら内部温度と湿度の計測を行った。

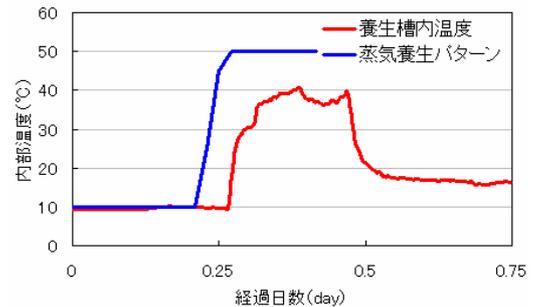


図-3 蒸気養生パターン

3. 初期応力解析概要

解析には初期応力解析ソフト JCMAC3 を使用した。本解析ソフトは、従来の温度応力解析に加えて、コンクリートの湿気移動解析より乾燥収縮応力解析を実施できる特徴がある。解析対象のボックスカルバートの 1/4 モデルを図-4に示す。

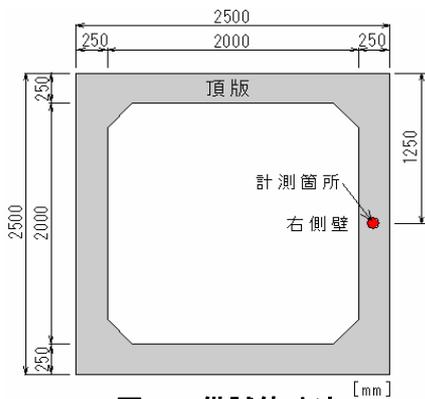


図-1 供試体寸法

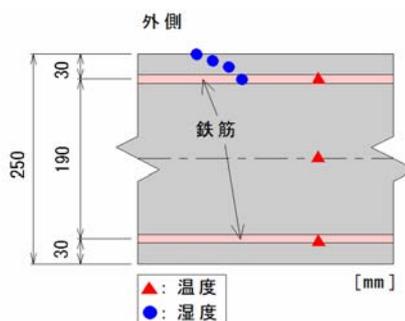


図-2 計測断面図

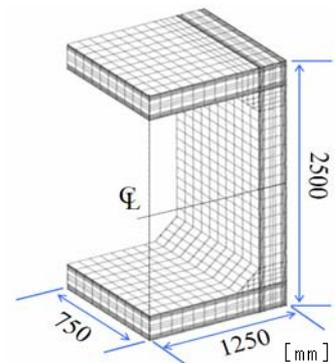


図-4 解析モデル (1/4)

キーワード プレキャストコンクリート, 蒸気養生, 内部相対湿度, 乾燥収縮応力, 温度応力

連絡先 〒501-6293 岐阜県羽島市福寿町間島 1518 丸栄コンクリート工業(株) TEL 058-393-0215

4. 実験結果と解析結果の比較

図-5に材齢2日までの部材の内部温度の経時変化を示す。図より125mm位置での最高温度は実験値と解析値ともに46℃となり、解析でほぼ定量的に評価できた。しかし、解析値は実験値よりも若干早く温度が上昇し始めている。これは、解析で使用した断熱温度上昇式が影響していると考えられる。蒸気養生時の断熱温度上昇特性の評価については今後の検討課題としたい。

図-6に材齢2日までの部材の内部相対湿度の経時変化を示す。図より0mm(供試体表面)の湿度の実験値は、脱型直後から急激に低下し始め、材齢1日で72%まで低下した。解析値も同様に低下し、1.5日で77%まで低下している。次に10mm位置の実験値は蒸気養生終了後から90%程度まで低下しているのに対し、解析値は1日まで低下していない。実験値は、温度の上昇により飽和蒸気圧が急増するため相対湿度が低下した可能性があるが、更なる検討が必要である。30mm位置では実験値と解析値ともに高い湿度を保持している。以上より、表面から30mmまでの範囲で非常に大きな湿度勾配が生じていることが実験と解析より確認できた。

図-7に初期応力解析の温度応力と乾燥収縮応力の合応力の解析結果を示す。図より、部材表面において材齢1.6日で引張応力が4.0MPa生じている。しかし、内部の30mm, 125mm位置では大きな応力は発生していない。以上より、解析の検討からも脱型直後から乾燥に伴う大きな湿度勾配が発生し、部材表面に大きな引張応力が生じ、ひび割れ発生の危険性があることが確認された。

5. まとめ

本研究では、蒸気養生を施したPCa部材内部の温度と相対湿度を計測するとともに、FEMによる初期応力解析を実施した。本研究の範囲内で得られた知見を以下に示す。

- 1) 内部温度に関しては、実験値と解析値はよく対応した。しかし、蒸気養生時の断熱温度上昇特性における諸定数や熱伝達率の設定については状況に応じて設定する必要がある。
- 2) 相対湿度に関しては、表面から30mmの範囲において非常に大きな湿度勾配が生じていることが確認された。
- 3) 初期応力解析の結果より、脱型直後から部材表面に大きな引張応力が生じ、ひび割れ発生の危険性があることが確認された。

参考文献

- 1) 阿波稔, 大塚浩二, 諸橋克敏: 蒸気養生過程で発生する鉄筋コンクリート部材の微細ひび割れ, コンクリート工学年次論文報告集, pp. 567-572, 1310, Vol. 15, No. 1, 1993
- 2) 武井一夫: 蒸気養生中における薄肉部材の乾燥水量に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文報告集, pp. 667-672, Vol. 19, No. 1, 1997
- 3) 小田部裕一, 寺野宜成, 鈴木康範: 膨張コンクリートの蒸気養生製品への適用性, コンクリート工学年次論文報告集, pp. 145-150, Vol. 20, No. 2, 1998

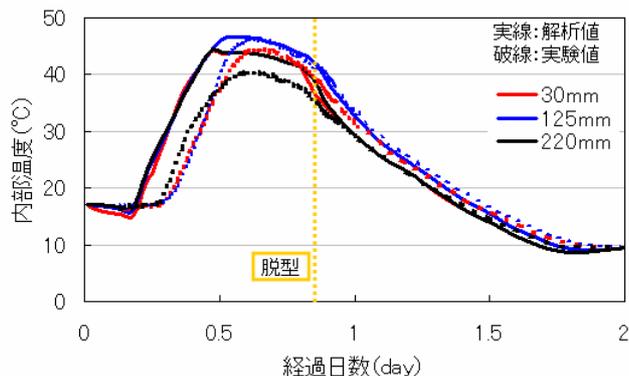


図-5 内部温度の経時変化

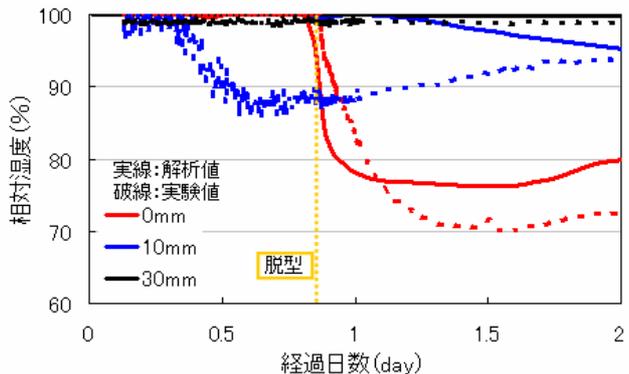


図-6 相対湿度の経時変化

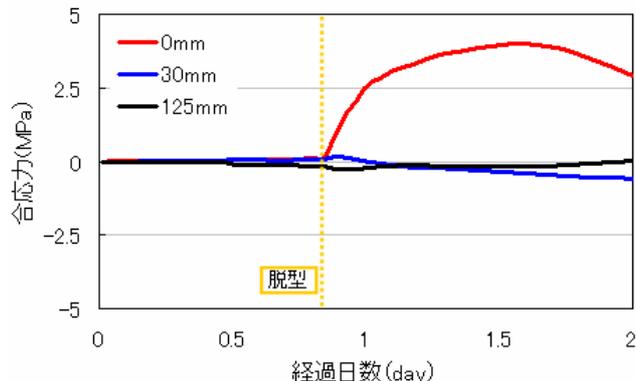


図-7 合応力の解析値