

体積変化に伴う収縮ひび割れおよび進展メカニズムに関する研究

法政大学大学院 学生会員 高橋佑典
リテックエンジニアリング 正会員 新井淳一
法政大学 正会員 溝渕利明

1. 研究背景・目的

コンクリート構造物の耐久性を損なう要因の一つに水和発熱によって生じる体積変化に伴う収縮ひび割れがある。若材齢時に生じるひび割れを抑制することは、コンクリートの耐久性の向上につながる。そこで、本研究では体積変化に伴って生じるひび割れの発生に着目し、ひび割れ発生及び発生後のひび割れ挙動について検討することとし、ひび割れ発生および進展メカニズム解明の一環として、温度応力シミュレーション装置(TSTM: Thermal Stress Testing Machine の略称)を用いた検討を行った。本検討では、供試体内部に鉄筋を埋設し、同一配合で鉄筋径を変化させて試験を行い、ひび割れ発生時の応力およびひび割れ幅の変化について計測を行った。

2. 研究概要

2.1 実験方法

本実験では TSTM を用いて行った。TSTM は、図 1 に示す無拘束供試体及び図 2 に示す拘束供試体から構成される一軸拘束試験装置である。これらの供試体に対象とする構造物の温度履歴を与え、拘束供試体において設定した拘束度でひずみ制御を行うことにより、打込みからひび割れ発生後までの部材内部の体積変化に伴う膨張、収縮挙動のシミュレーションを行うことができる。

2.2 検討条件

本検討では、表 1 に示す水準で実験を行った。実験は、同一配合で D13 鉄筋を用いて、拘束度 0.8、1.0 で行うとともに、拘束度 1.0 で鉄筋径を D10、D13、D16 に変化させて行った。また、本実験でのコンクリート配合を表 2 に示す。本実験では、セメントとして高炉セメント B 種を用いた。

2.3 ひび割れ幅解析

本研究では、解析ソフト JCMAC3 を用いて温度解析、応力解析、ひび割れ幅解析を行った。寸法 150×150×500mm の拘束供試体モデルを作成し、解析結果と実験結果との比較を行った。

3. 実験結果及び考察

3.1 無拘束供試体におけるひずみについて

TSTM より得られた無拘束供試体のひずみ履歴を図 3 に示す。図 3 より、鉄筋径に関係なく無拘束供試体のひずみはほぼ同様の膨張、収縮挙動を示す結果となった。

3.2 ひび割れ発生前までの応力挙動について

TSTM より得られたコンクリートの応力履歴及び圧縮強度試験結果から算出した引張強度発現を図 4 に示す。図 4 より、コンクリートの最大圧縮応力が D13 と D16 で約 1.0N/mm² 異なる結果となり、圧縮時の剛性が D13 と D16 で 1.5 倍違う結果となった。これは、鉄筋径が大きいほど鉄筋コンクリートの剛性が大きくなるためと思われる。

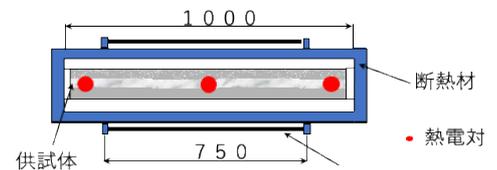


図 1 無拘束供試体

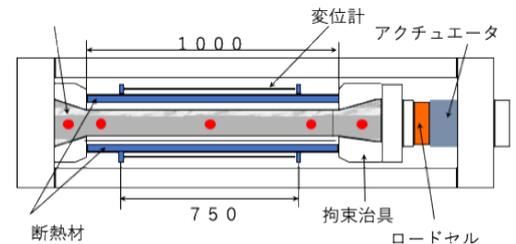


図 2 拘束供試体

表 1 検討ケース

セメント種	水セメント比	拘束度	鉄筋径
高炉セメントB種	50%	0.8	D13
			D10
		1.0	D13
			D16

表 2 コンクリート配合

単位量(kg/m ³)					
水	セメント	細骨材	粗骨材	AE減水剤	AE剤
157	314	771	1057	3.768	0.0204

キーワード 温度応力、ひび割れ幅、温度応力シミュレーション、鉄筋ひずみ

連絡先 〒184-8584 東京都小金井市梶野町 3-7-2 法政大学 コンクリート材料研究室 TEL 042-387-6286

また、破断後の応力は鉄筋が負担することから、鉄筋径により異なる挙動を示す結果となった。

3.3 拘束供試体における鉄筋ひずみについて

TSTM より得られた拘束供試体の鉄筋ひずみの履歴及びコンクリート破断後の鉄筋応力の履歴を図5に示す。図5より、鉄筋ひずみは、コンクリート破断時に大きく変化する結果となった。これは、コンクリート内部にひび割れが生じ、コンクリートが負担していた応力を鉄筋が負担する応力再配分が生じたためと思われる。

3.4 ひび割れ幅の比較

供試体破断時におけるひび割れ幅について、実験値及び解析値の比較を行った。破断時のひび割れ幅については、①コンクリート破断時の鉄筋ひずみの測定結果からの算定、②ひび割れ幅解析結果からの算定の2つの方法から求めた。

算定した各ケースのひび割れ幅を表3に示す。②は、鉄筋とコンクリートの間が完全付着していると仮定して算定している。一方、①については破断位置の鉄筋近傍で付着損失が生じていると思われることから、ひび割れ幅の関係が①の算定結果が②の算定結果よりも大きくなる想定していた。表3より、D13、D16のケースはひび割れ幅が想定した結果となったものの、D10のケースでは解析値の方が実験値よりも大きくなる結果となった。これは、供試体解体時にひび割れが中央部とそれ以外に1箇所計2か所でひび割れが発生したためと思われる。D10については、総ひび割れ幅で実験値の方が大きくなったことを確認している。また、鉄筋径を変化させたことによるひび割れ幅の変化については、鉄筋径が大きいものほどひび割れ幅が小さくなる結果となった。

4. まとめ

本研究では、同一配合で拘束度、鉄筋径を変化させた場合のひび割れ発生時応力、ひび割れ幅についての検討を行うためにTSTMを用いて実験を行った。本検討で得られた結果を以下に示す。

- (1) 同一の温度条件下での無拘束供試体でのひずみ履歴は、鉄筋径にかかわらずほぼ同様の膨張、収縮挙動を示した。
- (2) 拘束供試体の破断時の応力は、鉄筋径に関係なくほぼ同様の値であった。また、鉄筋比が大きいほど鉄筋コンクリート自体の剛性が大きいことから、圧縮時における最大応力が大きくなる結果となった。
- (3) ひび割れ幅の比較では、コンクリート破断時の鉄筋の測定結果から算定したひび割れ幅と解析結果より算定したひび割れ幅は小さくなる結果となった。

5. 参考文献

- 1) 森永 繁：日本建築学会「マスコンクリートにおける技術の現状」，日本建築学会，2001
- 2) 泉 宙希（法政大学）：若材齢時におけるマスコンクリート構造物の体積変化に伴う収縮挙動及び収縮ひび割れ発生メカニズムに関する研究，法政大学，2018

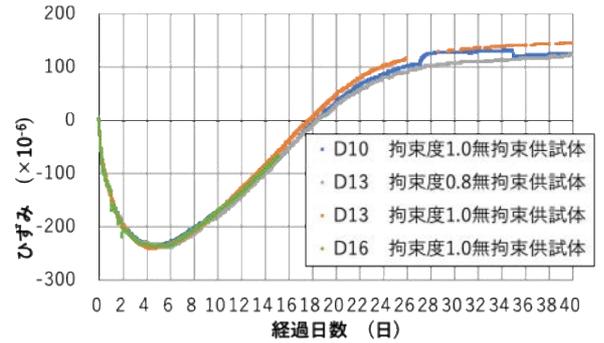


図3 無拘束供試体ひずみ

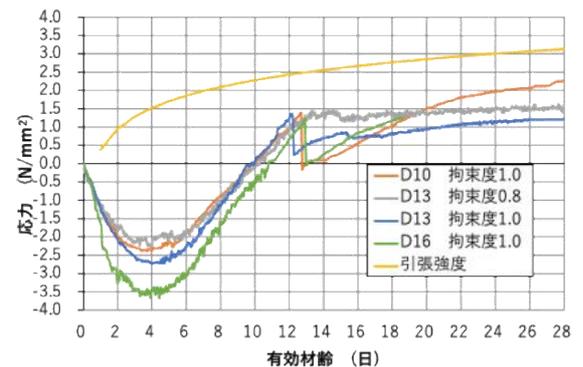


図4 コンクリート応力

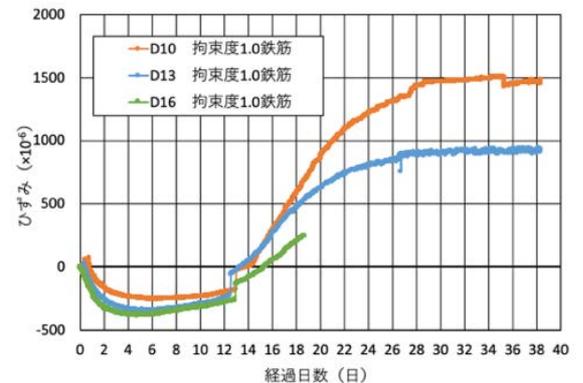


図5 拘束供試体鉄筋ひずみ

表3 ひび割れ幅比較

		鉄筋径		
		D10	D13	D16
ひび割れ幅 (mm)	実験			
	解析 JCMAC3	0.16	0.18	0.13
		0.24	0.15	0.09