

## 鉄筋配置による初期ひび割れ幅の低減効果に関する検討

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○藤岡 慶祐 笠 裕一郎 田所 敏弥 岡本 大

### 1. はじめに

鉄筋コンクリート構造物においては、材齢初期に温度応力等に起因するひび割れを生じるおそれがある。このひび割れ幅は、鉄筋により制御可能であり、これまで、施工事例の統計的な分析<sup>1)</sup>や温度応力解析<sup>2)</sup>などにより、鉄筋の効果が検討されてきたが、実構造物の施工を想定した試験による検討<sup>3)</sup>は多くない。そこで、本検討では、鉄筋量とその配置をパラメータとした壁状試験体における温度ひび割れの誘発試験により、鉄筋がひび割れ幅におよぼす影響について検討するとともに、温度応力解析による試験の再現を試みた。

### 2. 試験概要

図1に試験体の形状および計測位置を、表1に試験体諸元を示す。厚さ480mmの底版(24-15-20H, 材齢175日)上に、壁状のコンクリートく体(33-12-20H)を打ち継いだ。なお、打ち継ぎ面はチップング処理を施し、十分な一体性を確保した。試験体の鉛直方向の鉄筋は、コの字型に加工したD13鉄筋を底版に約130mm定着させ、500mm間隔で配置した。また、ひび割れ位置を制御するため、長手方向の中央位置に平鋼板を埋設し、さらに表面にスリットを設け、断面欠損率を60%とした。

おもな計測項目は、試験体の長手方向の中央位置におけるひび割れの幅、鉄筋ひずみおよびコンクリート温度とした。ひび割れ幅は、スリットを跨いで設置したπ型変位計により計測し、底版から高さ100, 500, 900mm位置の各点を測定した。なお、コンクリートの打込みは、温度ひび割れの発生、ひび割れ幅の増大が見込まれる8月の高温期に行い、材齢1日で脱型を行った。

### 3. 試験結果

打込み後32日経過時点における、ひび割れ幅の分布を図2に示す。試験体天端までひび割れが到達したのはNo.1(p=0.00%)のみであり、鉄筋量が大きいほど、また、表面に密に配置するほど、ひび割れ幅が低減される傾向がみられた。ただし、鉄筋量が大きくなると、その効果は徐々に小さくなるのがわかった。また、同時点における同位置の鉄筋ひずみの分布は、図3に示すとおり、鉄筋量によらず概ね一定であった。以上のことから、コンクリートの収縮、つまり強制的な変位に対して、鉄筋1本あたりのひずみ、応力は同等であるが、鉄筋量を増加すると

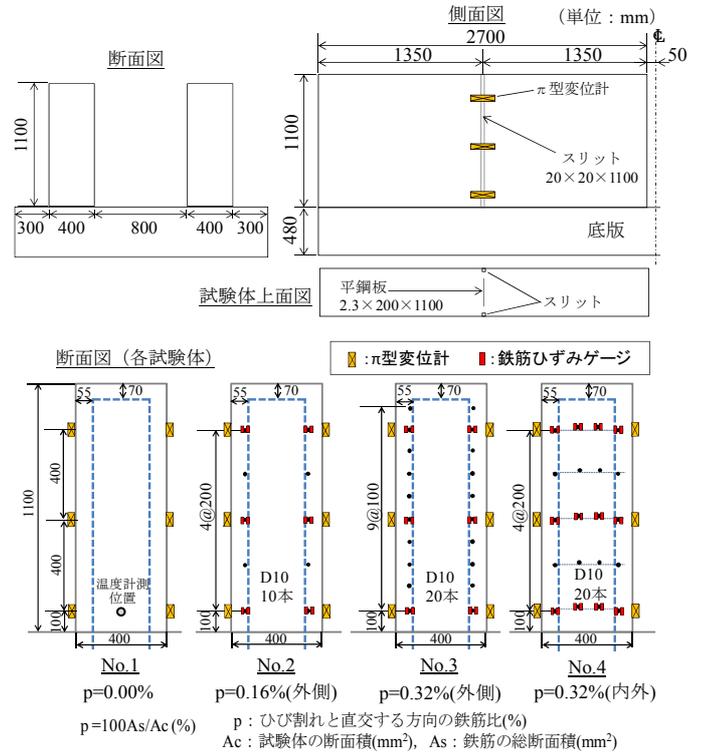


図1 試験体の形状および主な計測位置

表1 試験体諸元

No	コンクリート				初期温度 (°C)	鉄筋		種別
	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	ヤング係数 (kN/mm <sup>2</sup> )	C (kg/m <sup>3</sup> )	W/C (%)		鉄筋比 p (%)	配置方法	
1						0.00	-	
2	39.3 (材齢7日)	31.0 (材齢7日)	380	46	36.0	0.16	外側	D10
3						0.32	外側	SD295A
4						0.32	内外	

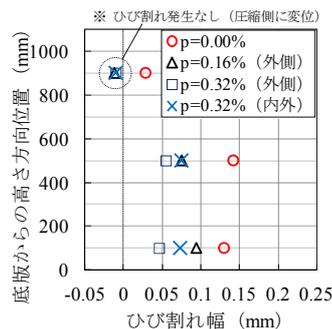


図2 ひび割れ幅分布

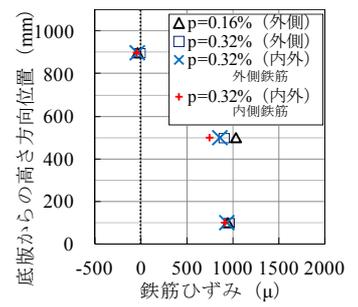


図3 鉄筋ひずみ分布

キーワード 壁状構造物, 温度応力, ひび割れ幅, 鉄筋比, 鉄筋配置, ひび割れ防止鉄筋

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 コンクリート構造 TEL:042-573-7281

鉄筋によるひび割れ開口に対する抵抗力は増加するため、ひび割れ幅の低減効果は高くなるものと考えられる。なお、高さ方向の配置の影響については、全ての試験体で天端付近、底版から900mm位置における鉄筋ひずみは圧縮側であり、引張応力に抵抗していない。本試験体のように、ひび割れ幅が天端まで達しない場合においては、ひび割れ制御のための鉄筋は、打継部に近い位置に配置するのが効果的と考えられる。

4. 解析概要

3次元FEMによる温度応力解析専用ソフト「ASTEAMACS Ver.8」を用いた解析により、試験におけるひび割れ幅の再現を試みた。解析モデル形状を図4(a)に、ひび割れ近傍のモデル化を図4(b)に模式図で示す。ひび割れ近傍において、鉄筋はトラス要素でモデル化し、コンクリート要素の節点に結合した。ひび割れは、ボンドリンク要素でモデル化し、その隣に鉄筋との付着を考慮しない領域を有したコンクリート要素を配置した。なお、付着を無視する領域の設定にあたっては、ボンドリンク要素やコンクリート要素の構成則、付着特性のモデル化、ボンド要素の幅などを考慮する必要があるが、ここでは、ひび割れ幅の定性的な再現を目的に、鉄筋とコンクリートの付着を無視する領域を0mm(0D)(D:鉄筋径)、50mm(5D)としたモデルを用いて解析を行った。解析に用いた各種係数<sup>3)</sup>を表2に示す。なお、外気温は、計測値をある時間において平滑化した値を使用し、熱伝達率は型枠面を8.0W/m<sup>2</sup>C、露出面を14.0W/m<sup>2</sup>Cとした。

5. 解析結果

図5に温度履歴を、図6にひび割れ幅の分布を示す。本検討では、付着喪失領域を50mmとした(a)は、ひび割れ幅を過大評価する結果となったが、0mmとした(b)は、ひび割れ幅分布が概ね一致した。温度応力解析におけるひび割れ幅については、各種構成則とその組み合わせの影響が大きいことから、定量的な評価を行うための解析手法については、さらなる検討が必要であるが、ひび割れ幅の再現性については、本検討において示すことができた。

6. まとめ

本検討の範囲において、得られた知見を以下に示す。

- (1) 壁状構造物におけるひび割れの制御に鉄筋配置は有効であるが、鉄筋量が大きくなるとその効果が低減する傾向であった。
- (2) 鉄筋ひずみ分布より、天端付近の鉄筋はひび割れ幅低減に寄与しないことから、このような場合においては、打継ぎ部近傍を中心に配置するのがよいことがわかった。
- (3) 温度応力解析においては、ひび割れのモデル化やその近傍の付着喪失領域の設定などを適切に行うことで、ひび割れ幅を精度良く再現できる可能性がある。

参考文献

- 1) 山口県土木建築部：コンクリート構造物品質確保ガイド2014
- 2) 田村隆弘, 林宏次朗, 中谷俊晴：マスコンクリートの鉄筋によるひび割れ幅の抑制に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.36, No.1, 2014
- 3) (社)日本コンクリート工学協会：マスコンクリートのひび割れ制御指針2008

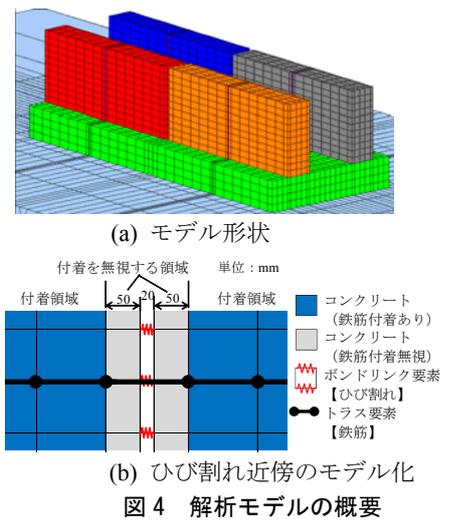


図4 解析モデルの概要

表2 解析に用いた物性値<sup>3)</sup>

項目	コンクリート	地盤
比熱(kJ/kg°C)	1.15	1.4
熱伝導率(W/m°C)	2.7	1.7
密度(kg/m <sup>3</sup> )	2400	2100
断熱温度上昇	$T=63.7(1-e^{-3.20t})$	-
ヤング係数(N/mm <sup>2</sup> )	$6300 \times F_c(t)^{0.45}$	140
ポアソン比	0.2	0.2
引張強度(N/mm <sup>2</sup> )	$0.13 \times F_c(t)^{0.85}$	1.96
線膨張係数( $\mu$ /°C)	10.0	10.0

$F_c(t)$ :圧縮強度(N/mm<sup>2</sup>)

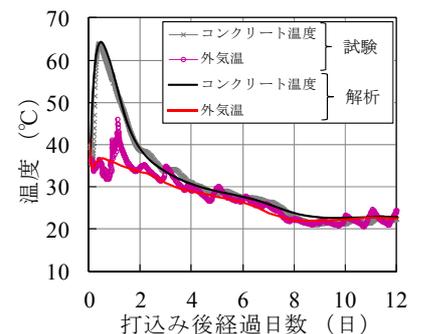
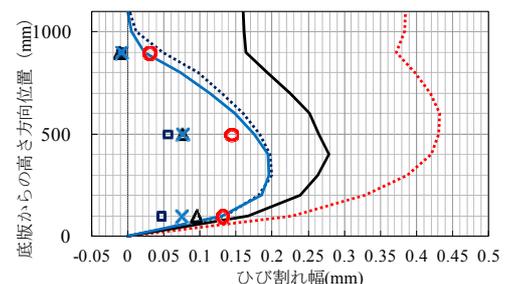
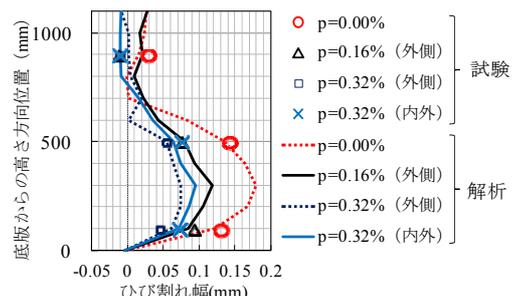


図5 温度履歴



(a) 付着を無視する領域 50mm (5D)



(b) 付着を無視する領域 0mm (0D)

図6 解析によるひび割れ幅の評価