

補強鉄筋の配置方法による温度ひび割れ抑制に関する解析的検討

東洋大学 学生会員 ○山本 翔太
 東洋大学 正会員 横関 康祐
 日本コンクリート技術 正会員 篠田 佳男
 日本コンクリート技術 正会員 河野 一徳

1. はじめに

マスコンクリートは、セメントの水和反応に伴う部材内部の温度上昇により生じる温度応力が原因でひび割れを引き起こす。各種対策が長年研究されているが、現代においても温度ひび割れの制御は重要な課題である。温度ひび割れ制御方法の一つとして、田村らは補強鉄筋をひび割れ幅が最大となる高さに集中配置することで、効果的にひび割れ幅を制御できることを確認している¹⁾。本研究ではひび割れ制御鉄筋の配置方法をパラメータとしたひび割れ幅解析によりひび割れ幅の抑制手法に関する検討を行った。

2. 解析モデル

2.1 解析概要

解析モデルおよび物性値を図1に示す。解析モデルは逆T字擁壁を想定し、対称性を考慮した1/4モデルとした。コンクリートはW/B=52.2%、セメントは高炉セメントB種、単位セメント量322kg/m³、打込み温度25.3℃である。コンクリートと地盤の物性値は「マスコンクリートのひび割れ制御指針²⁾」を参考にした。鉄筋はすべてSD345、ヤング係数210kN/mm²、熱膨張係数13μ/℃とした。表面熱伝達係数は材齢2日まで8W/m²℃、材齢2日以降は14W/m²℃とし、拘束条件は対称面では法線方向、地盤底面では全方向とした。なお、本論文では壁1リフトについてのみを解析対象とし、解析ソフトは日本コンクリート工学会「JCMAC-3U」を使用した。

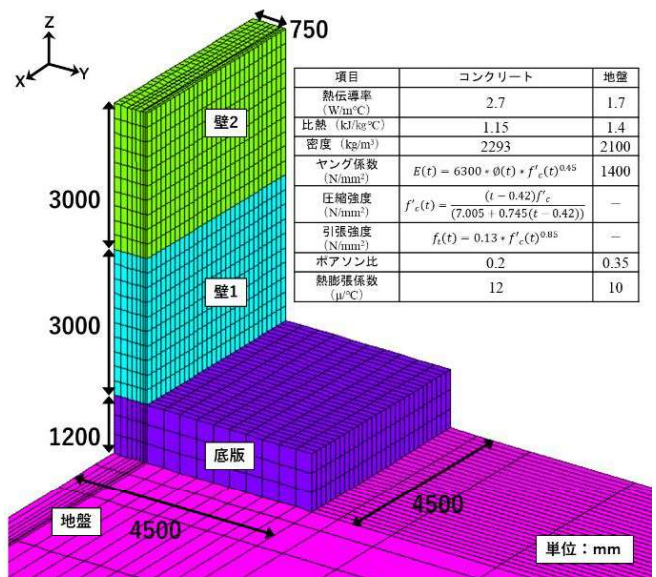


図1 解析モデルおよび物性値

2.2 鉄筋配置

配筋は、主筋250mmピッチ(D32)、配力筋250mmピッチ(D16)、せん断補強筋500mmピッチ(D16)を①基準(鉄筋比0.106%)とした。図2に示すとおり、7パターンの鉄筋配置での解析を実施した。他のパターンは基準配筋から鉄筋比を変化させた3水準(0.132%、0.156%、0.212%)、かつひび割れ制御鉄筋の位置を変化させた(部材表面から1/4の深さ、1/2.5の深さ)。ひび割れ制御鉄筋はすべてD16とした。

の鉄筋配置での解析を実施した。他のパターンは基準配筋から鉄筋比を変化させた3水準(0.132%、0.156%、0.212%)、かつひび割れ制御鉄筋の位置を変化させた(部材表面から1/4の深さ、1/2.5の深さ)。ひび割れ制御鉄筋はすべてD16とした。

3. 解析結果

3.1 温度応力解析

温度解析の結果、壁1の最高温度

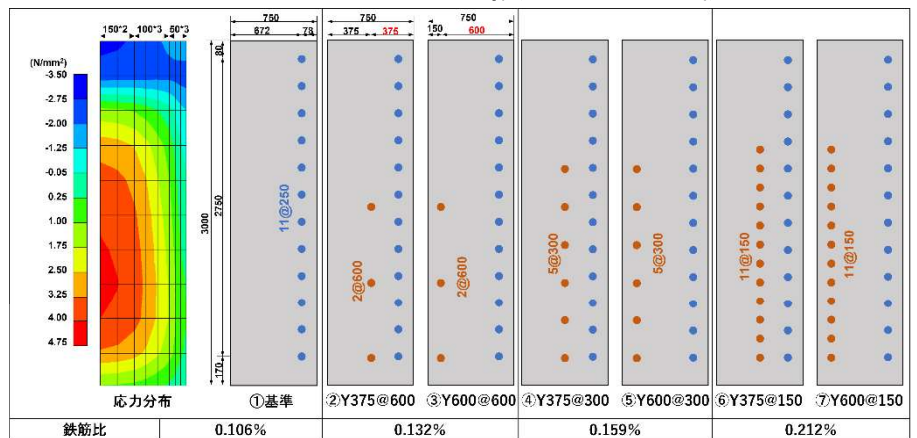


図2 応力分布図および鉄筋配置図

キーワード 温度応力解析, ひび割れ幅解析, 補強鉄筋, 鉄筋配置, 鉄筋比
 連絡先 〒350-8585 埼玉県川越市鯨井2100 東洋大学理工学研究科 TEL049-239-1826

は高さ 1500mm の中心部で 67.7°C となった。応力解析の結果、図 2 に示すように最大応力は部材中心部の高さ 900mm 付近、材齢 45 日時点で 4.17N/mm²、ひび割れ指数は 0.77 となった。この最大引張応力時の断面応力分布を参考に、引張応力が大きい範囲にひび割れ制御鉄筋が配置されるように配筋パターンを決定した。

3.2 ひび割れ幅解析

「JCMAC-3U」のひび割れ幅は、式(1)のクラック相当ひずみより求められる。ひび割れ幅への換算はひび割れが想定される対象長さのひずみを積分して求める³⁾。

$$\varepsilon = \varepsilon_e + \varepsilon_{crack} + \varepsilon_{creep} + \varepsilon_t + \varepsilon_{sh} \quad (1)$$

ここに、 ε : コンクリートの全ひずみ、 ε_e : 弾性ひずみ、 ε_{crack} : クラック相当ひずみ、 ε_{creep} : クリープひずみ、 ε_t : 温度ひずみ、 ε_{sh} : 収縮ひずみ

ひび割れ幅解析の結果、部材表面にひび割れが発生したのは、①基準、②Y375@600 のみであった。他のケースでは、補強鉄筋を配置することにより表面へのひび割れの進展を防ぐことができたと考えられる。図 3 に部材中心面でのクラック相当ひずみ(最大ひび割れ幅発生高さでの壁延長方向分布)を示す。一般的に鉄筋比が大きくと最大ひび割れ幅は小さくなることが知られており、今回のケースでも同様の傾向が確認できる。

次に、式(2)に示すひび割れ予測式²⁾より本解析モデル(適用鉄筋比の範囲外)における各鉄筋比でのひび割れ幅を算出し、解析での最大ひび割れ幅(部材中心部)との関係を図 4 に示す。

$$w_{cal} = \gamma_a \left(\frac{-0.141}{p} + 0.0938 \right) \times (I_{cr} - 1.965) \quad (2)$$

ここに、 p : 鉄筋比(適用範囲 0.25%~0.93%)、 I_{cr} : 最小ひび割れ指数(適用は 1.85 以下)、 γ_a : 安全係数(一般に 1.0)

図 4 より、JCI の予測式は 3 次元 FEM 解析よりも大きなひび割れ幅を算出することが分かった。また、JCI の予測式では鉄筋比の増減によるひび割れ幅への影響は考慮しているが、鉄筋の位置によるひび割れ幅への影響は考慮できない。本解析では、同一鉄筋比において、表面から 375mm の位置に補強鉄筋を配置したパターン(375系)に比べて、表面から 600mm の位置に補強鉄筋を配置したパターン(600系)の方が全体的に最大ひび割れを抑制できていることが分かった。これより、鉄筋比を過大にせずとも、応力の大きい部分に少量配置することで効果的にひび割れ幅を抑制できることが分かった。

4. まとめ

本研究から以下の結論が得られた。

- 1) 同一鉄筋比であっても、より引張応力の大きい部材中心付近に補強鉄筋を配置することで最大ひび割れ幅を抑制できる
- 2) JCI のひび割れ幅予測式は、3 次元 FEM 解析よりも大きなひび割れ幅を算出する

参考文献：1) 田村隆弘、林宏次郎、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、pp.1486-1491 (2014) 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) 3) 中村秀明、小野定：コンクリートの収縮ひび割れ対策②解析プログラムによるひび割れ幅の検証、コンクリート工学、Vol.50、No.3、pp.290-296 (2014)

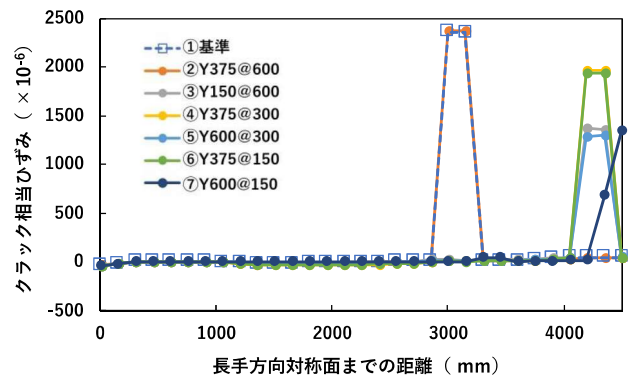


図 3 中心面におけるクラック相当ひずみ

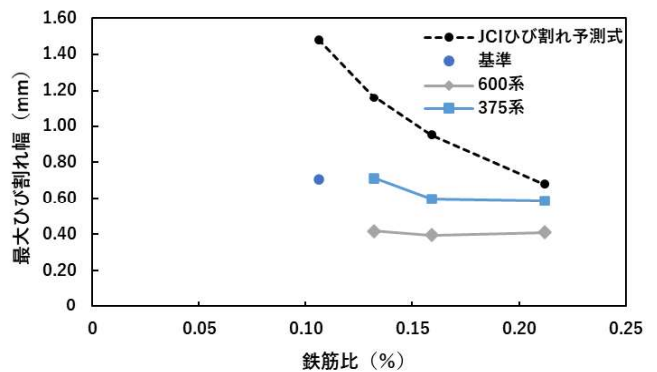


図 4 鉄筋比と最大ひび割れ幅の関係