

鋼コンクリート合成構造のひび割れ原因に関する解析的検討

川田建設(株) 正会員 ○陳内 真央
川田建設(株) 正会員 北野 勇一

1. 目的

鋼コンクリート合成構造（以下、合成構造）は、鋼とコンクリートの異種材料の組合せで部材断面を構成したものであり、鋼桁と鉄筋コンクリート(RC)床版を組み合わせた合成桁などとして古くより活用されている。その合成構造の設計は自由度が高く構造物の合理化を図れるが、一方で RC 構造に比べコンクリート断面に対する鋼材比率が過大になるとコンクリートの乾燥収縮を鋼材が拘束することでひび割れ発生が懸念される。このため、拘束応力を考慮した設計手法が採用されているものの、乾燥収縮ひずみがコンクリート中の水分移動の影響を受けて部材断面で一様でないことまでは反映されていない。そこで本研究では、コンクリート中の水分移動の影響を考慮した解析を実施し、合成構造のひび割れ原因について検討した。

2. 解析方法

図-1に解析モデルを、表-1に解析ケースを示す。
解析モデルは、藤林ら¹⁾が実施した乾燥収縮試験の試験体を参考に、断面寸法700×250mm、長さ1500mmのコンクリート中に鋼材を部材軸 (Y) 方向のみに配置した鋼合成構造を基本とした。解析モデルは、試験体の1/4とし、コンクリートを一辺25mm以下のソリッド要素、鋼材をトラス要素で構築した。

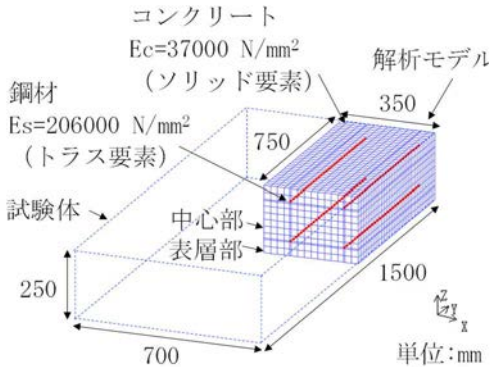


図-1 解析モデル

表-1 解析ケース

ケース名	断面寸法 (mm)	鋼材面積 (mm ²)	鋼材比 (%)	水分移動 の有無
25N0	700×250	0	0	無
25M0				有
25N1		1589	0.9	無
25M1				有
25N6		9530	5.8	無
25M6				有
20N6	700×200	9530	7.3	無
20M6	700×200	9530	7.3	有
30N6	700×300	9530	4.8	無
30M6				有

注) 鋼材比はコンクリート純断面積に対する鋼材面積の比。

水分移動に関する計算方法は竈橋らの研究³⁾を踏襲し、外部蒸気圧を $P=10.52\text{mmHg}$ (外気温 20°C 、湿度 60%) 一定とし、空気流動に関する係数 f_w を材齢 3 日まで $f_w=0$ (型枠あり)、それ以降を $f_w=0.5$ (型枠なし) に設定した。乾燥収縮ひずみは既往の提案式³⁾を適用し、各パラメータは実験値¹⁾を代入した。外気温と構造体の温度は常に 20°C とし、コンクリートのポアソン比は 0.2 とした。

キーワード：合成構造，鋼材比率，コンクリートの収縮，水分移動，湿気解析
連絡先：〒114-8505 東京都北区滝野川 6-3-1 川田建設株式会社 TEL 03-3915-5384

3. 解析結果および考察

図-2と図-3に25N0と25M0の相対湿度と乾燥収縮ひずみの経時変化を示す。水分移動を考慮した25M0の相対湿度は材齢とともに低下し、表層部に比べ中心部の変化は緩やかである。ただし、材齢800日までには中心部の相対湿度も外部湿度60%に漸近する。25M0の乾燥収縮ひずみは相対湿度との関係式より算出するため、必然的に表層部に比べ中心部のひずみ変化は緩やかとなり、材齢800日までには表層部とのひずみ差が解消される。図-4にコンクリート応力(部材軸方向)の経時変化を示す。a図によると、25N0は乾燥収縮ひずみが部材断面で一様であり常に無応力にある。一方、25M0は表層部で引張応力(材齢30日で最大 7.4N/mm^2)、中心部で圧縮応力(材齢100日で最大 -7.1N/mm^2)が発生する。b図によると、水分移動の影響を受けない25N6でも鋼材の拘束による引張応力(材齢800日で最大 4.7N/mm^2)が発生した。この鋼材拘束の影響を受け、25M6の表層部と中心部のコンクリート応力は25M0に比べ引張側にシフトする。

図-5は表層部に生じるコンクリート引張応力の最大値を整理した結果である。鋼材比や部材厚が増えると水分移動を考慮した場合の引張応力の最大値も増大する。ところが、水分移動を未考慮の場合との差異は、鋼材比が増すと小さくなり、一方で部材厚が増すと大きくなる。つまり、拘束応力を考慮した設計手法が採用される合成構造において、鋼材比を増すことはひび割れリスクを高めず、一方で断面寸法を増すことはひび割れリスクを高める要因につながる。図-6に部材断面の応力分布を示す。鋼材比が増すと引張応力が生じる領域がわずかに拡大するものの、部材厚250mmの場合で深さ40~45mmとかぶり程度の範囲であることがわかる。

4. まとめ

コンクリート中の水分移動が合成構造のひび割れリスクを高める要因になり、とくに、合成構造の断面寸法を増す場合は、材齢30~100日の間にかぶり程度の領域でひび割れリスクが高まることを示した。

参考文献

- 1) 藤林ら：プレフレックスビームの下フランジコンクリートにおける経時挙動に関する研究，第30回鋼構造年次論文報告集，2022.11
- 2) 竜橋ら：コンクリートの乾燥収縮によるひずみと応力の解析，コンクリート工学年次論文集，vol. 24, No. 1, pp. 441-446, 2002
- 3) 日本コンクリート工学協会：コンクリート構造物のクリープおよび収縮による時間依存変形研究委員会報告書，pp. 101-121, 2001

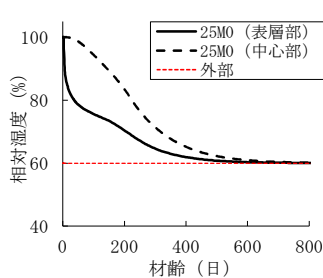


図-2 相対湿度変化

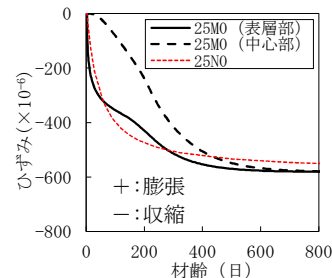
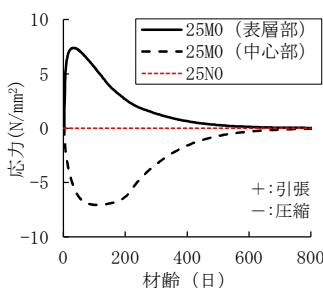
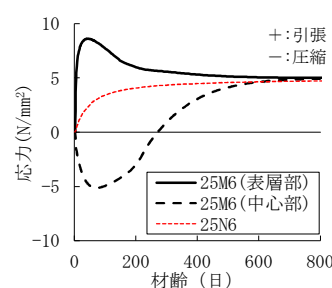


図-3 乾燥収縮ひずみ変化

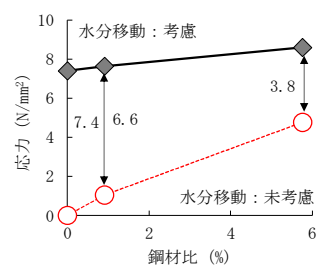


(a) 無筋のケース

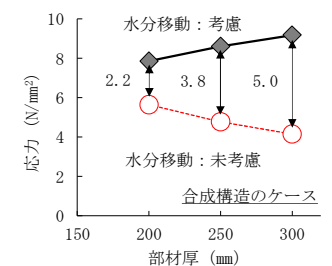


(b) 合成構造のケース

図-4 コンクリート応力変化



(a) 鋼材比の影響



(b) 断面寸法の影響

図-5 コンクリート引張応力の最大値

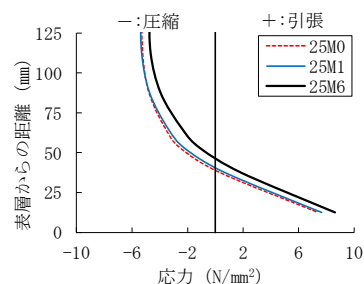


図-6 部材断面の応力分布