

第V部門

乾燥収縮による鉄筋コンクリートのひび割れ性状に関する FEM 解析

立命館大学

○学生員 岸 昌宏

立命館大学

正会員 水田 真紀 児島 孝之

1.はじめに

コンクリートには荷重が作用しない状態でも変形すなわち体積変化が起こる。その1つが乾燥収縮である。従来、乾燥収縮によって生じるひび割れが構造物の性能に与える影響は軽微であると考えられてきた。しかし、過大な収縮によるひび割れが部材の剛性やたわみに影響を及ぼす場合もあり、ひび割れ幅や発生箇所によっては構造物に深刻な影響を及ぼすものの中には存在している。このことから乾燥収縮のひび割れの発生要因あるいは発生時期の予測や発生してからの継時的変化を明らかにすることは重要であると考えられる。そこで本研究では、コンクリートの圧縮強度と鉄筋径を要因とした鉄筋コンクリートの FEM 解析を行い、各要因が乾燥収縮によるひび割れ性状に与える影響について検討した。

2.解析概要

2.1 解析モデル

W100mm×D100mm×L500mmのコンクリート断面の中央に1本の鉄筋を埋め込んだ供試体について解析を行った。図-1に立面図を示す。解析要因はコンクリートの圧縮強度、鉄筋径とし、表-1に示す4パターンの供試体を解析した。ここで、コンクリートの圧縮強度は24、30(N/mm²)、鉄筋はD13、D16とした。次に、要素分割図を図-2、解析に使用した各要素タイプを表-2に示す。

2.2 解析方法

解析には汎用有限要素解析プログラム DIANA を用いた。解析方法は、材料非線形性を考えた静的解析とし、乾燥収縮の継時的変化をみるため、CEB-FIP Mode Code 1990 の乾燥収縮ひずみと時間の関係を適用し、1年間収縮ひずみを与え続けた。また、応答解析の設定のための収束計算における求解法には、ニュートン・ラプソン法を用い、1荷重ステップ当たりの最大収束回数を50回と設定した。

2.3 材料のモデル化

引張を受けるコンクリートの特性は図-3に示す引張

軟化曲線を導入し、鉄筋は弾性係数を210kN/mm²とした弾性体で表した。また、付着モデルは図-4に示す関係を用いた。

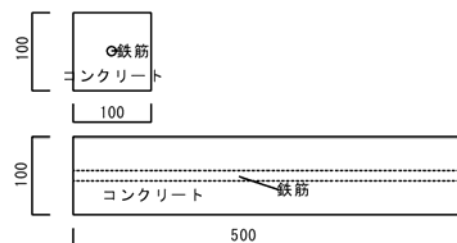


図-1 立面図

表-1 解析要因

供試体名	コンクリート圧縮強度 (N/mm ²)	鉄筋の種類
AD13	24	D13
AD16		D16
BD13	30	D13
BD16		D16

表-2 各要素タイプ

部位	要素タイプ
コンクリート	ソリッド要素 (3 次元)
鉄筋	トラス要素 (3 次元)
付着	インターフェース要素 (2 次元)

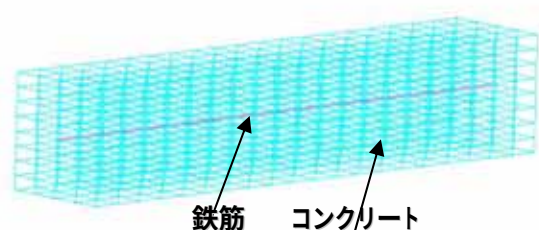


図-2 要素分割図

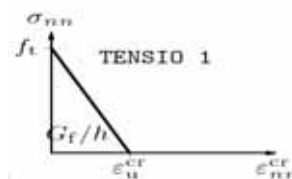


図-3 引張軟化曲線

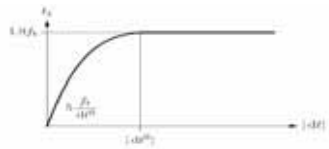


図-4 付着応力 - すべり関係

3. 解析結果

3.1 供試体に発生する乾燥収縮の経時的変化

図-5,6 は AD13 の鉄筋とコンクリートに生じた応力の経時的変化をそれぞれ示したものである。ここで、図-6 は鉄筋軸方向の供試体中央断面のコンクリートの主応力コンター図である。収縮ひずみは経時的に増大していくので図-5 で乾燥収縮が始まってから経過する期間が長いほど鉄筋の圧縮主応力が増大しているのが見て取れる。また、コンクリートは乾燥収縮によって鉄筋との間にずれが生じ、端部から引張応力が発生し、その領域は時間の経過とともに内部へと拡大していることが分かる。

3.2 AD13, AD16 の比較

図-7 は鉄筋径の違いがひび割れ性状に与える影響について比較したものである。鉄筋径が大きいほどコンクリートとの付着面積が大きく、拘束力も大きいと考えられ、本解析でも AD16 の方が広い領域で引張応力が発生した。

3.3 AD13, BD13 の比較

図-8 はコンクリート強度の違いによる比較である。これより、コンクリートの圧縮強度が高い BD13 の方が、引張応力が発生している領域が小さいことが分かる。これは、コンクリートの圧縮強度が小さければ引張強度も小さくなること、また本解析で用いた付着応力-すべり関係がコンクリート強度を反映させたものであることから、AD13 の方がより早くひび割れが生じやすいことを示している。

4. 結論

本研究より、①鉄筋径を大きくすると拘束力が大きいためコンクリート供試体に生じる引張主応力が増大し、ひび割れが生じやすくなること、②コンクリート強度が大きいとコンクリートの引張強度も増大するのでコンクリート強度が小さいものよりひび割れが生じにくいことを FEM 解析により示すことができた。

本研究ではコンクリートに乾燥収縮のみを導入して解析を実施した。しかし実際には乾燥収縮によってひび割れが発生してから乾燥収縮とクリープが同時に作用しひずみが進展していくと考えられる。今後は乾燥

収縮のみではなくクリープも考慮した解析を進めなければならない。また実験結果などからそのコンクリート構造物の条件に最も合う解析を行う必要があると考えられる。

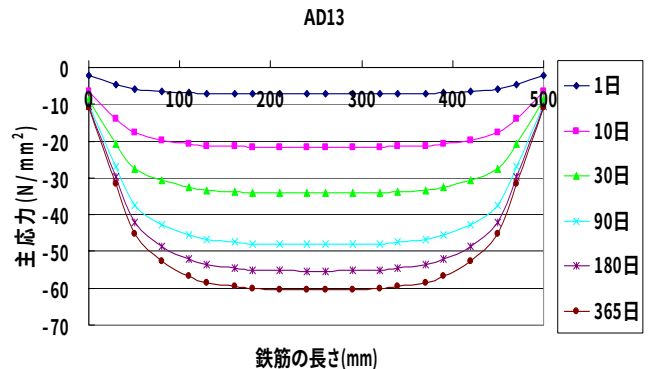


図-5 AD13 の鉄筋に生じる圧縮応力の経時の変化

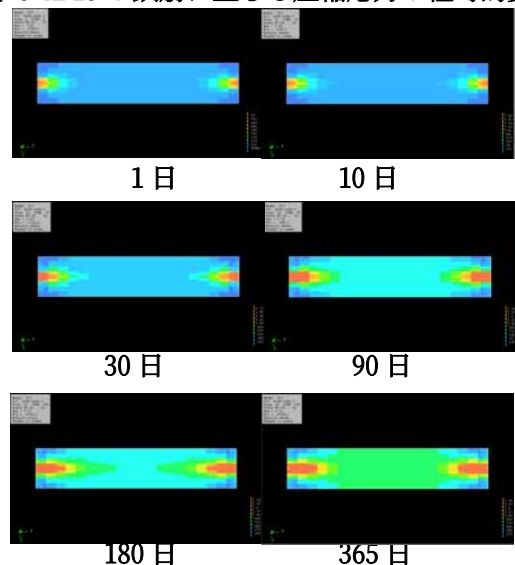


図-6 AD13 のコンクリートに生じる引張応力の経時の変化

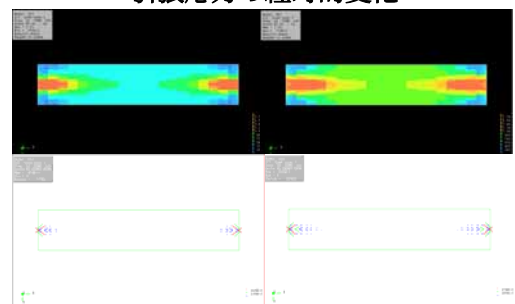


図-7 AD13, AD16 のコンター図, ひび割れ図

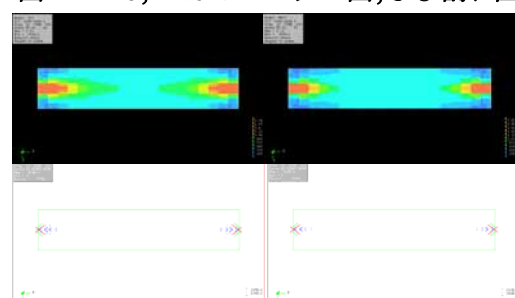


図-8 AD13, BD13 のコンター図, ひび割れ図