

乾燥期間中に水和が進行するコンクリート部材における収縮ひび割れ予測

長岡技術科学大学大学院
北武コンサルタント株式会社
西日本旅客鉄道株式会社
長岡技術科学大学

学生会員
正会員

○名古屋 翼
白井 裕規
松岡 泰弘
下村 匠

1. はじめに

フライアッシュを用いたコンクリートなど、強度発現が緩やかなコンクリートの収縮応力の導入およびひび割れの発生を精度良く予測するためには、乾燥中の水和反応の進行に伴うコンクリート物性の変化を考慮する必要があると考えられる。本研究では、一軸拘束収縮試験とその再現解析を通じて、収縮応力導入に及ぼす水和による物性変化の影響を検討した。

2. 実験概要

一軸拘束試験体の概要を図-1に示す。拘束鋼材にひずみゲージを貼付し、乾燥期間中のひずみの経時変化を測定した。この拘束鋼材ひずみから試験区間のコンクリート断面の応力が算出される。

試験体水準を表-1に示す。養生日数は1,14,28日の3水準とし、単位水量163kg、水セメント比50%のコンクリート供試体を3体作製した。一軸拘束試験と同時に、自由収縮ひずみ測定と強度試験(脱型時、ひび割れ時)も実施した。自由収縮は100×100×400mmの角柱試験体の中心に設置した埋め込み式ひずみゲージにより測定した。拘束供試体の有効ひずみは、拘束供試体のひずみと自由収縮との差により求められる。

3. 解析概要²⁾

図-2は収縮が拘束されたコンクリート供試体の変形挙動の解析フローチャートを示している。

供試体内の水分移動解析は、細孔構造に基づく水分移動モデルを用いて行い、応力解析では、骨材-ペースト複合構成モデルを用いて行う。一連の計算を時間ステップごとに行うことにより供試体の変形と応力の経時変化が算出される。

なお、コンクリートの材料特性を決定するための材料定数は、自由収縮ひずみの実験結果と解析結果が一致するようにNC1,14,28についてそれぞれ修正を行っている。

4. 乾燥期間中の強度発現の影響に関する検討

乾燥期間中の引張強度の変化を、強度試験結果を用いた回帰曲線により表現した(図-3)。14,28日養生は、脱型時とひび割れ時の2点の強度試験結果しかないため直線で表現することとした。材齢56日以降は、強度発現の影響が小さいと仮定し56日強度一定とした。応力解析では、図-4のように、コンクリート中のセメントペーストの

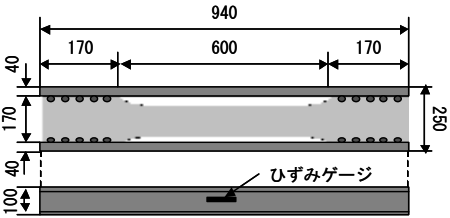


図-1 一軸拘束試験体概要図

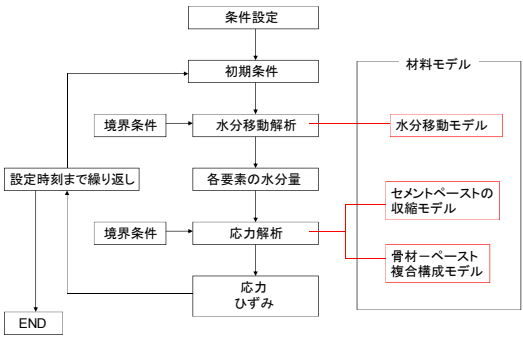


図-2 解析フローチャート

表-1 試験体水準

供試体名	養生条件	W/C
NC1	1日養生	0.5
NC14	14日養生	0.5
NC28	28日養生	0.5

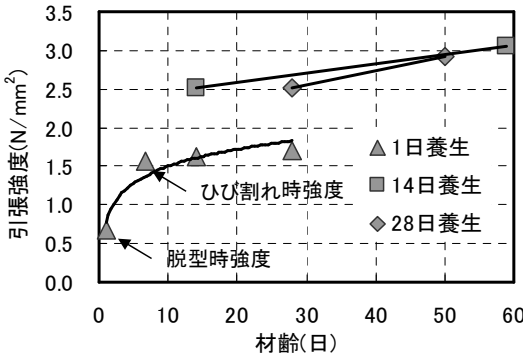


図-3 強度試験結果

キーワード：乾燥収縮，水和反応，強度発現，ひび割れ発生

連絡先：〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1 長岡技術科学大学 TEL 0258-47-1611-6310

引張応力-有効ひずみ曲線を、その材齢における引張強度に応じて応力軸方向に等倍した。

ここで、乾燥期間中の強度発現を考慮することの影響を検討する。解析ケースは表-2に示す。A-1は強度発現を考慮している。A-2,3は引張強度一定で解析を行っている。図-3にA-1～3において使用した引張強度を示す。また、解析では応力が極大となった時点で供試体に貫通ひび割れが発生すると判定し、計算を終了している。

図-5は、NC1の応力の経時変化を示している。A-2を見ると、乾燥初期では実験結果に近い解析結果になるが、乾燥が進むにつれて実験結果から離れていくことがわかる。A-3は逆に、乾燥初期では実験結果と解析結果は離れているが、乾燥が進むにつれて実験結果に近づく。したがって、引張強度を一定とした場合、局部的に実験結果に近づく箇所は見られるが、乾燥初期からひび割れ発生までの応力の経時変化を適切に表現することは難しい。しかし、A-1のように乾燥開始から経時的に引張強度を増加させることで、乾燥初期からひび割れ発生までの応力の経時変化を適切に表現できることがわかる。

図-6は、NC1の応力-ひずみ関係である。A-1が実験結果を最も適切に表現していることがわかる。これは、乾燥期間中の強度発現を取り入れたことで、乾燥に伴う表面からの軟化による剛性の低下が生じにくくなったためである。

5. 実験結果と解析結果の比較

図-7.8は、NC1,28の実験結果と強度発現を考慮した解析結果を比較したものである。

図-7の応力-有効ひずみ関係を見ると、強度発現を取り入れることで、実験結果に近い解析結果が算出されていることが確認できた。しかし、図-8の応力の経時変化を見ると、NC28の応力の解析結果は実験結果よりも全体的に小さい。これは、実験では乾燥初期での収縮量が大きかったことと、解析では乾燥に伴う表面からの軟化の影響による平均応力の低下が過大に評価されてしまっていることによると考えている。

参考文献

- 1) 臼井ら：フライアッシュを用いたコンクリートの収縮ひび割れ抵抗性, JCI, Vol.31, No.1, pp.613-618, 2009.7
- 2) 小幡ら：骨材-ペースト複合モデルによるコンクリート部材の乾燥収縮応力解析, JCI, Vol.21, No.2, pp.781-786, 1999.6

表-2 解析ケース

記号	条件	強度発現	引張強度 (N/mm ²)
A-1	回帰曲線による強度発現	有	経時変化
A-2	脱型時の引張強度	無	0.68
A-3	ひび割れ時の引張強度	無	1.57

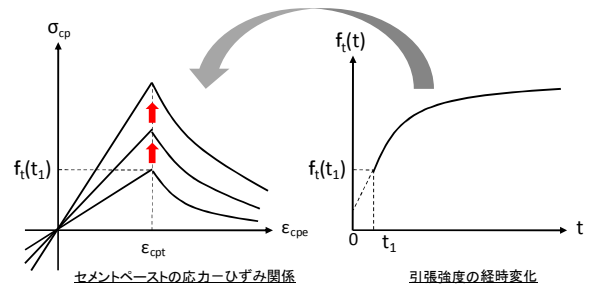


図-4 強度発現の考慮方法

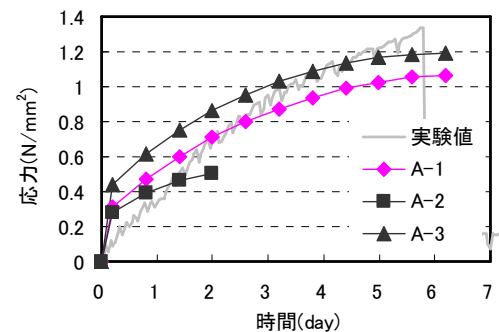


図-5 応力の経時変化 (NC1)

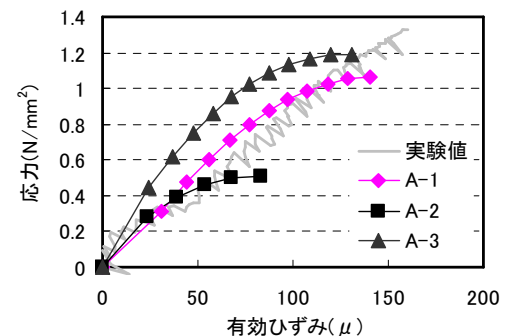


図-6 応力-有効ひずみ関係 (NC1)

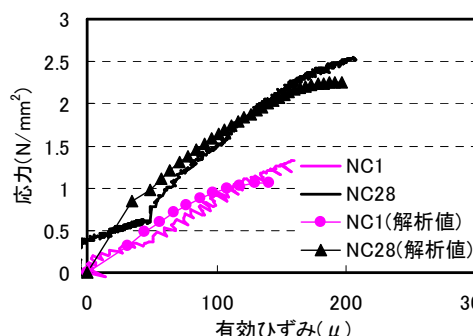


図-7 応力-有効ひずみ関係

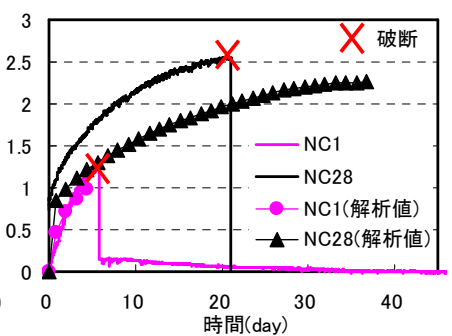


図-8 応力の経時変化