載荷材齢を変数としたRCはり部材の初期応力を考慮した耐荷力解析

中部大学　学生会員　○橋本　圭右
中部大学　正会員　　伊藤　　睦

1. 目的

単位水量が多めのコンクリートを用いて，せん断補強筋を有するRCはり部材を作製し，収縮と載荷材齢がRCはり部材の挙動に及ぼす影響を検討するための載荷実験を実施した。本研究では，このRCはり部材の実験を対象に，材齢依存型コンクリート構成モデルを使用すると共に，湿気移動解析を併用した初期応力解析と耐荷力解析との連成解析を実施することで，解析手法の妥当性の検討と初期応力や載荷材齢がRCはり部材の挙動に及ぼす影響について検討を行った。

2. 実験概要

実験供試体諸元を**図－1**に示す。また，供試体作製に使用したコンクリートの配合を**表－1**に示す。供試体には，材齢経過時に曲げ破壊するように，十分なせん断補強鉄筋（D6）を配置している。同一のコンクリートで6体の供試体と圧縮試験用のテストピースを作製し，打込み後1日で脱型し，脱型後は5体の供試体を気温約15℃，湿度50%程度の環境下で気中養生し，1体については水中養生した。載荷実験を材齢2日，4日，7日，14日および28日に実施し，水中養生した供試体については，材齢28日で載荷実験を実施した。各材齢で圧縮試験を実施した結果，**図－2**に示す結果が得られた。なお，主筋の引張試験の結果，降伏強度は375N/mm^{2}であった。気中養生中の等曲げ区間内の鉄筋ひずみを計測した結果，材齢2日，4日，7日，14日および28日で，それぞれ約50μ，75μ，100μ，120μおよび250μ程度の圧縮ひずみが計測され，水中養生供試体については，80μ程度の圧縮ひずみが計測された。

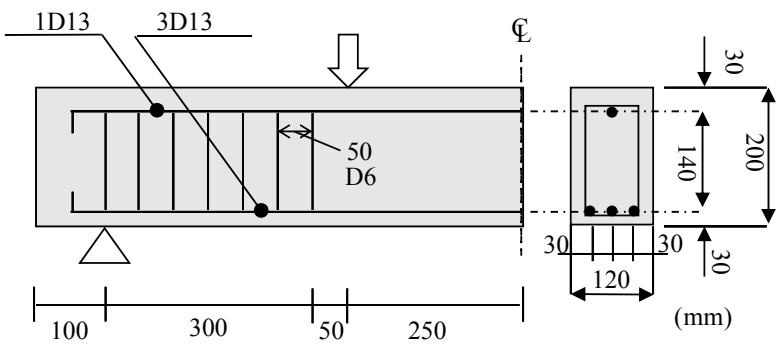
3. 解析概要

コンクリートの構成モデルには，硬化コンクリート用に開発された3次元格子連続体モデルにSolidification conceptを導入した材齢依存型構成モデル[1)]を使用した。本モデルでは，水和により応力が負担できる硬化体が徐々に生成されるとともに，ある時刻までに生成しているいくつかの硬化体に対して，ある時間および載荷step内で生じる応力依存性ひずみ増分は等しいとするKinematic的な制約条件を仮定している。なお，材齢と生成される硬化体の関数には，**図－2**に示す実線を仮定した。

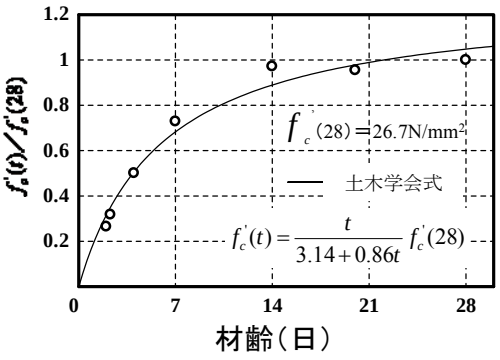
所定の載荷材齢まで，既存の汎用ソフト[2)]による湿気移動解析結果から算出される初期ひずみを外力とした初期応力解析を実施した後，荷重作用による耐荷力解析を実施した。気中養生した供試体の載荷解析における入力データの違いは，載荷材齢のみであり，自己収縮およびクリープの影響は考慮していない。

表－1　コンクリートの配合

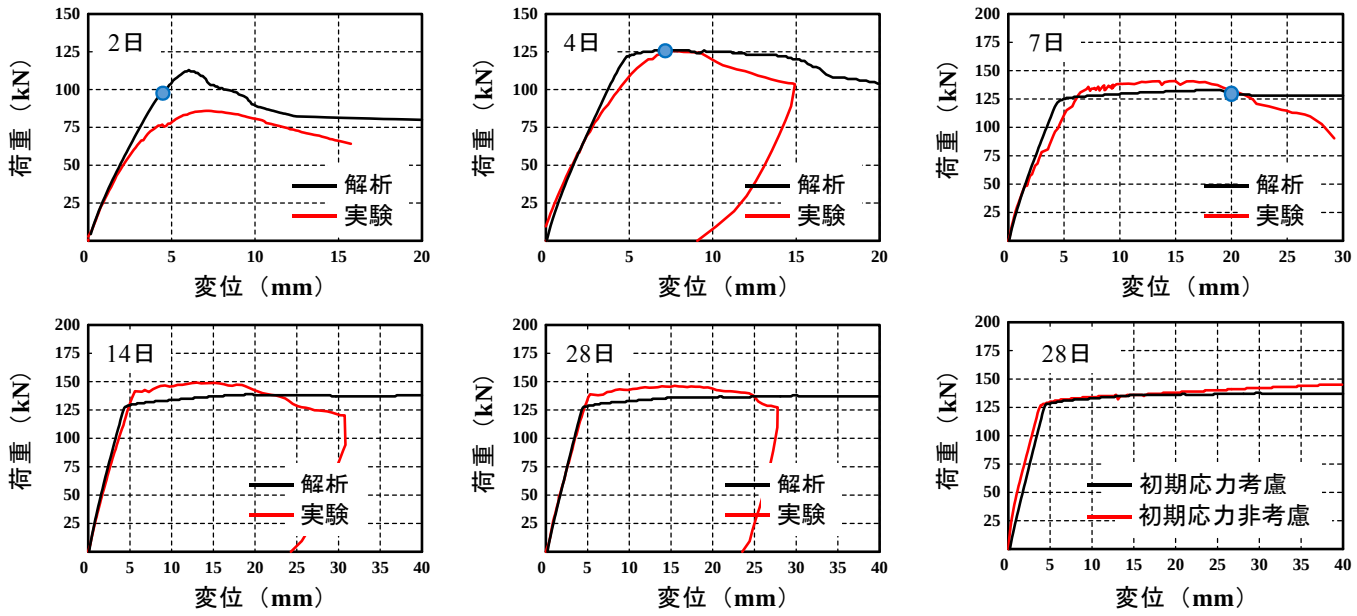
W/C	s/a	単位量(kg/m^3)			
(%)	(%)	W	C	s	G
63	43	203	322	749	1020



図－1　供試体諸元



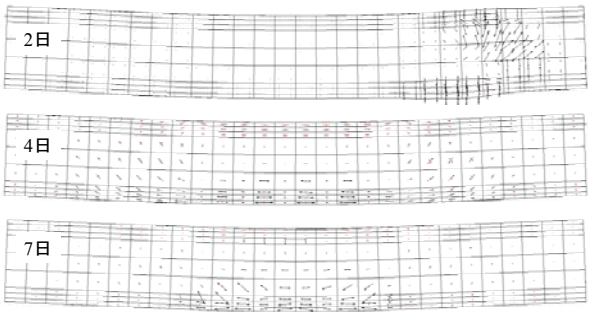
図－2　圧縮強度と材齢の関係



図－3　実験と解析による荷重－変位関係の比較

4.　解析結果

図－3 に実験による荷重－変位関係と解析値との比較を示す。なお，変位は，スパン中央断面下端位置でのたわみであり，材齢 28 日の耐荷力解析については，初期応力の考慮の有無の解析結果の比較を示す。図－4 に荷重－変位関係中の〇印点の変形図と主ひずみ方向の計算結果を示す。実験および解析とも，載荷材齢 4 日まではせん断破壊し，載荷材齢 7 日以降では曲げ破壊した。載荷材齢 7 日以降の曲げ耐力には顕著な差異は確認されなかった。また，いずれの実験・解析結果においても，養生期間中に収縮で発生したひび割れの影響により，明確な曲げひび割れ発生点が確認されないが，材齢 28 日の初期応力非考慮の解析では，曲げひび割れの発生による剛性の変化が確認できる。材齢 2 日載荷において，解析値は実験値の耐力を過大評価している。これは，図－4 に示す変形図からも，耐力に到達する以前からひび割れ損傷が局所化していることが確認できるが，圧縮を受けるコンクリートモデルに，ひび割れ直行方向のひずみによる圧縮応力の低下を考慮していないためであると考えられる。また，曲げ破壊時の軟化挙動を解析は予測できていない傾向にある。これは，湿気移動解析の精度向上のため，外気に接する部分のメッシュを薄くしていることにより，等価長さを適切に設定できていないためと考えられる。なお，本解析では等価長さを要素体積の 3 乗根としている。



図－4　変形図と主ひずみ方向の比較

5.　まとめ

本研究では，載荷材齢を変化させた RC はり部材の載荷実験と初期応力解析と耐荷力解析との連成解析を実施した。載荷実験では，材齢 28 日で収縮により引張鉄筋に約 250μ の圧縮ひずみが生じたが，1 ヶ月程度の期間内のコンクリートの収縮による損傷は，部材の曲げ耐力や変形性能に大きな影響を及ぼさない結果が得られた。解析は，実験結果を概ね予測可能であることが確認されたが，更なる精度向上のためには，構成モデルの改良が必要となる。

参考文献

1) 伊藤　睦，石川靖晃，上田尚史・田辺忠顕：初期応力を考慮した RC 構造物の耐荷力解析手法の構築，コンクリート工学年次論文集，Vol.34，No.2，pp.19-24，2012

2) JCMAC3（3 次元温度応力解析プログラム）：http://www.hoctsystem.co.jp/product/jcmac3/