

乾燥収縮と持続载荷を受けるコンクリート円筒供試体の引張挙動の実験と解析

長岡技術科学大学大学院 学生会員 ○松岡 泰弘
 長谷工コーポレーション 齋藤 明幸
 長岡技術科学大学 正会員 下村 匠

1. はじめに

著者らは、乾燥収縮が進行中のコンクリート円筒供試体に対し、任意の変位制御および応力制御パターンで外的に一軸持続引張载荷を行うことができる持続引張载荷試験機を作製した。本論文では、この試験機を用いて行ったいくつかの実験を示すとともに、著者らが開発してきた細孔構造に基づくコンクリート中の水分移動と乾燥収縮モデルおよび骨材ペースト複合構成モデルを用いてコンクリート供試体の引張挙動を解析し、実験結果と比較し検討する。

2. 実験概要

開発した持続载荷試験機は、**図-1** に示した外径100mm 内径 32mm 長さ 400mm (うち試験区間 200mm) の円筒型コンクリート供試体に、中心部に設置したネジきり鋼棒をサーボモータにより回転させ押し込み引張力を導入する方式である¹⁾。供試体内の水分の分布が軸対象になり、水分移動解析、応力解析との比較に適している。同形状の無载荷の自由供試体と载荷供試体を同時に試験することで、载荷供試体の有効ひずみを得ることができる。

単位水量 170kg, 水セメント比 50%のコンクリートを用いて供試体を作製し、恒温恒湿室(室温 20±2℃, 相対湿度 60±10%)にて試験開始時まで封緘養生(シリーズ1は21日間, シリーズ2は45日間)し、脱型と同時に乾燥を開始した。供試体は、シリーズ1, 2ともに4体ずつ作製した。

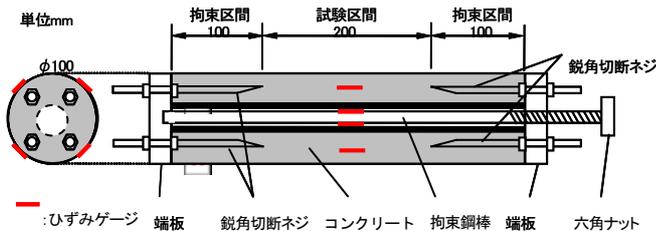


図-1 コンクリート円筒供試体

表-2 シリーズ1 载荷条件

供試体	乾燥条件	操作内容	载荷方法
自由収縮	乾燥	非拘束	—
1-1		完全拘束	試験装置
1-2		引張ひずみを50μ一定	手動
1-3		100μ収縮時点から100μ一定	手動

表-3 シリーズ2 载荷条件

供試体	乾燥条件	操作内容	载荷方法
自由収縮	乾燥	非拘束	—
2-1		応力導入 0.135(MPa/day)	手動
2-2	非乾燥	非拘束	—
2-3		応力導入 0.135(MPa/day)	载荷装置

各シリーズの载荷条件を**表-1** および**表-2** に示す。シリーズ1では、供試体の軸方向のひずみを制御対象とした。シリーズ2では乾燥収縮の外部拘束を想定した0.135(MPa/day)の低速での载荷と、乾燥による内部拘束の有無の影響を検討要因とした。非乾燥供試体は、供試体全体をポリエチレン袋で包み、乾燥させない状態で試験を行った。

3. 解析概要

図-2 は、乾燥と荷重作用を受けるコンクリート供試体の応力と変形の経時変化を解析する際の、各時間ステップにおける計算フローを示している。円筒供試体内の水分の移動は軸対象問題として扱い、半径方向の移動のみ考慮する。応力解析は、軸方向の応力成分、ひずみ成分のみを考慮し、平面保持を仮定して行う。数値計算は差分陰解法を用いる。

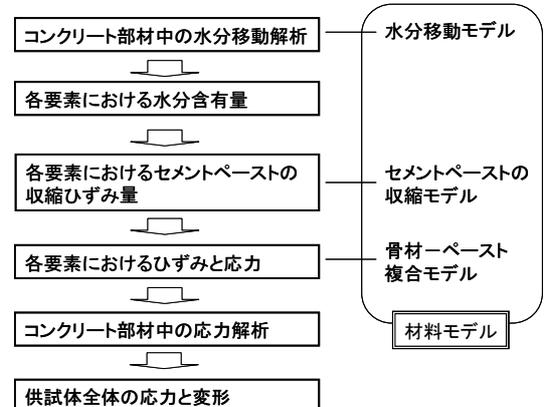


図-2 解析のフロー

キーワード：乾燥収縮, 持続载荷, 有効ひずみ, 拘束応力

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

計算に用いる材料モデルは、セメントペースト中の細孔組織中における水分の微視的挙動に基づく水分移動と乾燥収縮モデル²⁾、コンクリート中の骨材とセメントペーストの複合関係を直並列にモデル化することにより骨材によるセメントペーストの収縮低減を表現した構成モデル³⁾である。モデル中の材料パラメータの値は、過去の実験データに基づき配合と養生条件よりおおよそ定め、各シリーズの自由供試体の収縮の解析結果が実験結果と一致するように修正した。骨材の弾性係数は測定していないが60GPaと仮定した。

4. 実験結果と解析結果

図-3及び図-5に、各シリーズの供試体の(軸方向の平均)ひずみの経時変化を示す。いずれの供試体についても、実験結果の傾向を表現することができた。ただし、解析では破壊条件を考慮していないが、実験では完全拘束供試体(1-1)は貫通ひび割れが早期に発生した。ひび割れの判定は今後の検討課題である。

図-4及び図-6に、各シリーズの荷重供試体の応力-有効ひずみ関係を示す。ここで、荷重供試体の有効ひずみとは、自由供試体と荷重供試体の軸方向平均ひずみの差であり、局所的な有効ひずみではない。

現段階では構成モデルにおいて持続荷重による純粋なクリープは考慮していないが、解析結果の応力-有効ひずみ関係は曲線を描いており持続引張を受けることにより剛性が徐々に低下する傾向が表現されている。これは、乾燥収縮の進行とともに、供試体内部の水分分布の勾配による内部拘束が生じ、表面付近のセメントペーストに引張軟化が生じるためであり、乾燥クリープの一因である。このようなメカニズムが実際のコンクリートでも生じていることが示唆される。

シリーズ1では、供試体1-2の瞬間荷重時の挙動を含め、その後の拘束下での応力、有効ひずみともによく合っている。シリーズ2では、乾燥により持続荷重時の剛性が低下することが実験、解析にも現れている。乾燥させない2-3の実験値には持続荷重により剛性が低下する傾向がわずかに見て取れる。本実験の時間スケールの範囲では、荷重のみによる引張クリープの影響は小さいことがわかる。

参考文献

1) 齋藤明幸, 下村 匠, 田中泰司, 青木優介: 中空円筒供試体を用いたコンクリートの拘束収縮試験装置の開発, コンクリート工学年次論文集, Vol.31, 2009.7

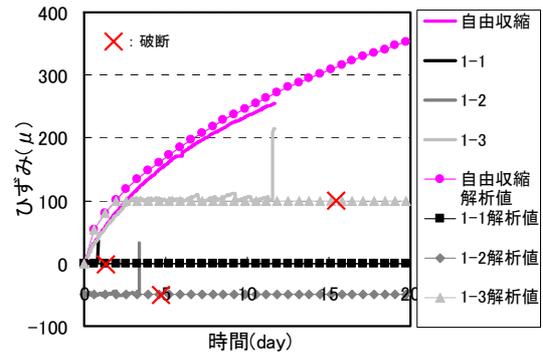


図-3 供試体のひずみの経時変化 (シリーズ1)

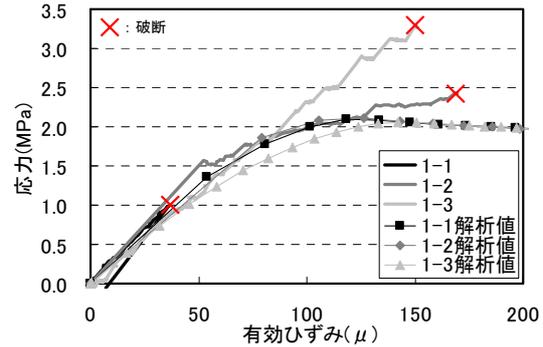


図-4 供試体の応力-有効ひずみ関係 (シリーズ1)

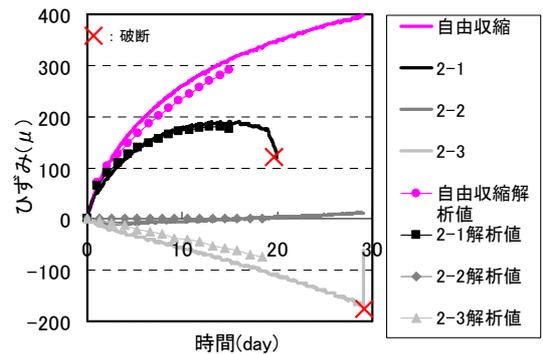


図-5 供試体のひずみの経時変化 (シリーズ2)

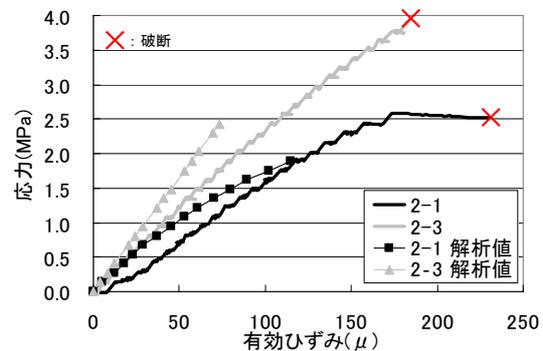


図-6 供試体の応力-有効ひずみ関係 (シリーズ2)

2) 下村 匠, 前川宏一: 微視的機構に基づくコンクリートの乾燥収縮モデル, 土木学会論文集, No.520/V-28, pp.35-45, 1995.8
 3) 小幡浩之, 下村 匠: 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, コンクリート工学年次論文集, Vol.21, No.2, pp.781-786, 1999.6