

高靱性繊維補強セメント複合材料を用いた超小型模型試験体による簡易震動実験手法の開発
(その3) 実験結果

鉄筋コンクリート 振動台実験 HPRCC
縮小模型 復元力特性

正会員 徳井紀子*1 準会員 山内成人*2
正会員 真田靖士*3 正会員 境有紀*4
正会員 中埜良昭*5 正会員 諏訪田晴彦*6
正会員 福山洋*7

1. はじめに

(その3)では、震動実験および静的実験から得られた結果について報告する。

2. 震動実験の結果

震動実験結果より得られた各試験体のベースシア係数 - 変形角関係を図1に示す。全試験体に共通して降伏後の耐力低下がない曲げ降伏型の履歴特性を示し、主筋にネジ鋼を用いた試験体 10M および 05M 試験体についてはエネルギー吸収能力に優れた紡錘型の履歴を得ることができた。試験体パラメータによる履歴の違いに着目すると、繊維混入率による顕著な違いは見られなかったが、付着低減型 10S 試験体は若干のスリップ性状がみられた。図2に 10S 試験体のピーク時変形角がおよそ 1/400, 1/200, 1/100, 1/50, 1/25 となるサイクルにおける除荷剛性の 10M 試験体に対する比の推移を示す。大変形になるほど、10M試験体に対して 10S 試験体の剛性が低下しており、スリップの程度が大きくなっていることがわかる。

図1に示す水平線および垂直線は、それぞれ降伏耐力と降伏変形の計算値 ($Q_y=2569N$, $d_y=1.01mm$) である。降伏耐力、降伏変形の算出には、平面保持の仮定に基づく曲げ解析を行った。ただし、主筋および HPRCC の応力 - ひずみ関係は図3に示すような完全弾塑性と仮定し、降伏点は、主筋が材料試験 ((その1)の表4) による降伏強度と降伏時歪、HPRCC が圧縮強度と圧縮強度時歪 ((その1)の表3) とした。降伏時の材軸方向の曲率分布は線形と仮定した。

試験体ごとにややばらつきが見られるが、10M, 05M 試験体では降伏耐力の計算値が実験値と概ね対応する。しかし、降伏変形の実験値は解析値の 2~3 倍と非常に大きな値とな

っている。これは後述する試験体端部抜け出しの問題から変位が増大しているためと考えられる。

試験体 10M の最終ひび割れ状況を図4に示す。いずれの試験体も曲げひび割れが危険断面位置に集中して生じ、試験区間中央部にはほとんど損傷は見られなかった。また、スタブ部分にも曲げひび割れが見られた。これは、鉄柱が試験体の加振方向に関しては拘束するものの、軸方向には拘束しないためと考えられ、試験体がスタブから抜け出している可能性がある。そこで静的加力実験を行ない、端部抜け出しの有無の確認およびその場合の抜け出し量の計測を行った。

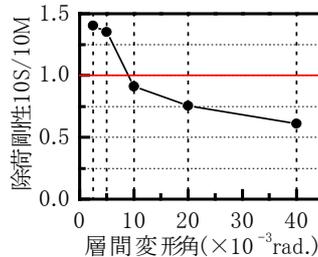
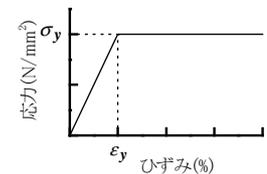
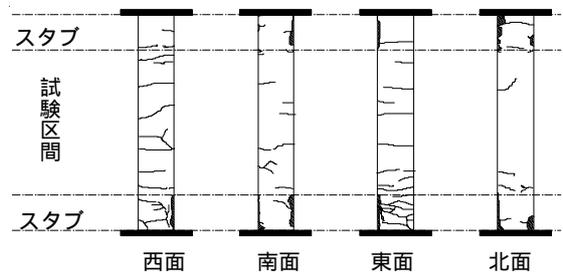


図2 除荷剛性の比較



HPRCC(1.0%) : $\sigma_y = 52.40$, $\epsilon_y = 0.39$
HPRCC(0.5%) : $\sigma_y = 61.23$, $\epsilon_y = 0.43$
鉄筋 : $\sigma_y = 426.1$, $\epsilon_y = 0.53$

図3 材料モデル



東西南北の位置関係については(その2)の図1参照

図4 最終ひび割れ状況 (10M 試験体)

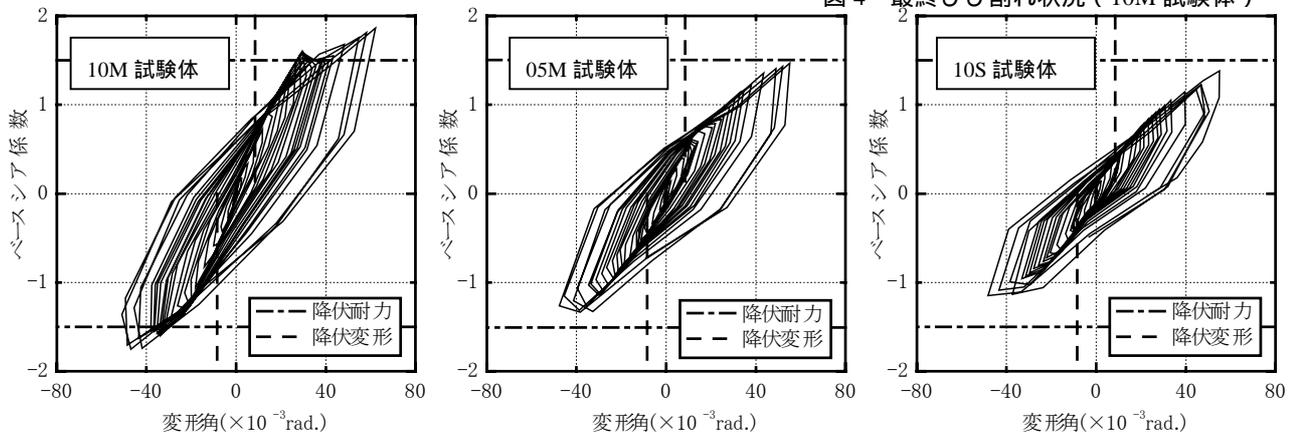


図1 震動実験における履歴特性

3. 静的加力実験の結果

静的加力実験における試験体 10M のベースシア係数 - 変形角関係を図 5 に示す。また、同図には図 1 と同様に降伏耐力と降伏変形の計算値を示した。履歴特性、破壊性状はともに、震動実験結果とほぼ対応する結果となった。よって、急増サイン波を用いた簡易震動実験で静的加力実験の代用が可能となるのがわかる。また、試験体端部抜け出し（図 6）の影響について検討するため、図 7 に示すように危険断面から 5mm 上方の位置に長さ 50mm のプラスチック棒(A)を取り付け、荷重が 2126N（実験時の降伏耐力の予測値であった荷重レベル）に達した時、計測値 および計測値 をクラックゲージで計測した。この時、計測値 および計測値 は、ともに 0.3mm であった。両者から、プラスチック棒設置位置（B）における回転角を算出すると $\theta = 0.012\text{rad}$ となる。これは、前述した曲げ解析において算出した降伏時の位置（B）における回転角 0.002rad を大幅に上回る値である。計測値から算出された回転角から曲げの計算値による回転角を差し引いた値を試験体のスタブからの抜け出しによる回転角と考え、抜け出し変形を考慮した変形を算定すると、曲げによる変形角 ($8.4 \times 10^{-3}\text{rad}$) + 抜け出しによる剛体回転 ($10 \times 10^{-3}\text{rad}$) = $18.4 \times 10^{-3}\text{rad}$ となり、ほぼ実験値と対応する値が得られることがわかる。以上より危険断面位置における抜け出しによる回転が、降伏変形が計算値を大きく上回って原因であり、これを取り除けば降伏変形の実験値はほぼ解析値となることが確認できた。今後は、試験体端部の抜け出しが生じないように、加力治具および試験体作成方法を改良していく予定である。

4. まとめ

試験体製作に伴う経費および労力を節減し、多数あるいは多層多スパン構造の震動実験が可能となる、高靱性繊維補強セメント複合材料を用いた超縮小模型試験体による簡易震動実験手法について検討した。本報では、鉄筋コンクリート構造物の応答を模擬する縮小試験体の製作方法を提案し、その妥当性を確認するため震動実験および静的加力実験を行った。その結果、曲げが卓越する RC 部材の履歴特性を概ね模擬できることを確認した。今後は以下の点を課題として挙げ、さらに開発を進める。

- (1) 様々な復元力特性を試験体で再現するための試験体パラメータの再検討。
- (2) 端部抜け出しを防ぐスタブの取り付け方法あるいは試験体製作方法の再開発。

謝辞 本研究は、科学研究費補助金基盤研究(C)(2)「入力地震動をパラメータとした簡易震動実験手法の開発に関する研究」(研究代表者：境有紀)を用いて行った。

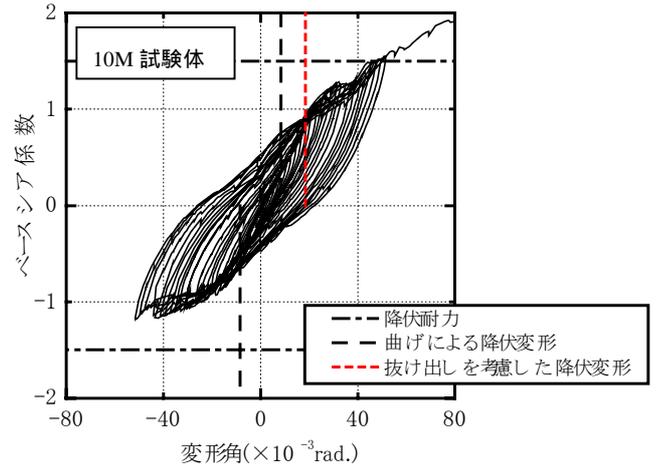


図 5 静的加力実験における履歴特性(10M 試験体)

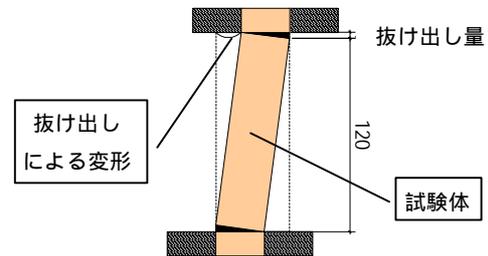


図 6 抜け出しによる変形

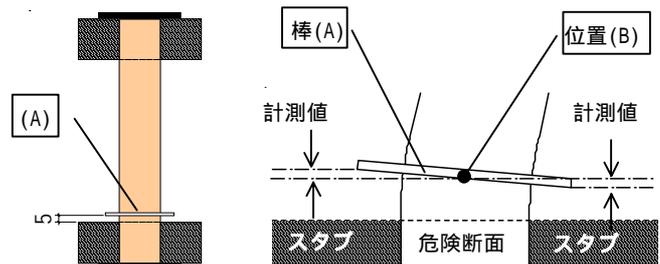


図 7 抜け出し量の計測

参考文献

- 1) 関田徳志：高性能繊維補強セメント材料の設計技術の現状，コンクリート工学，Vol.38，No.6，pp.9-16，2000.6.
- 2) 福山洋，倉本洋：スマートコンクリート - 高靱性コンクリート - ，コンクリート工学，Vol.39，No.1，pp.104-109，2001.1.
- 3) 諏訪田晴彦，福山洋，梁一承，：セメント系部材の履歴コントロールに関する基礎研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.24，No.2，pp.1597-1602，2002.
- 4) 諏訪田晴彦，福山洋，磯雅人：構造物の高性能化に向けた高靱性セメント系複合材料の開発，コンクリート工学年次論文集，Vol.23，No.3，pp.133-138，2001.
- 5) 佐藤幸博，福山洋，諏訪田晴彦：高靱性型セメント系複合材料の一軸引張 圧縮繰り返し試験方法の提案，日本建築学会構造系論文集，No.539，pp.7-12，2001.1.

*1 東京大学 工学系研究科 大学院生
 *2 東京大学 生産技術研究所 技術官
 *3 東京大学 生産技術研究所 助手 博(工)
 *4 筑波大学 機能工学系 助教授 工博
 *5 東京大学 生産技術研究所 助教授 工博
 *6 国土交通省 国土技術政策総合研究所 研究官
 *7 独立行政法人 建築研究所 上席研究員 工博

Graduate School of Engineering, University of Tokyo
 Institute of Industrial Science, University of Tokyo
 Institute of Industrial Science, University of Tokyo, Dr. Eng.
 Institute of Engineering Mechanics and Systems, University of Tsukuba, Dr. Eng.
 Institute of Industrial Science, University of Tokyo, Dr. Eng.
 National Institute for Land and Infrastructure Management, Ministry of Land, Infrastructure and Transport
 Building Research Institute, Dr. Eng.