

平成 22 年 6 月 8 日現在

研究種目：若手研究（B）  
 研究期間：2008～2009  
 課題番号：20760299  
 研究課題名（和文） 多方向ひび割れを有する繊維補強コンクリートの疲労構成モデルの構築  
 研究課題名（英文） development of fatigue constitutive model of fiber reinforced cementitious composites with multi-directional cracking  
 研究代表者  
 長井 宏平（NAGAI KOHEI）  
 東京大学・大学院工学系研究科・特任講師  
 研究者番号：00451790

## 研究成果の概要（和文）：

本研究は、繊維補強コンクリートの多方向ひび割れ発生時の力学挙動を解明するものである。まず実験により、多方向ひび割れ時における強度および剛性の低下を確認した。またその低下率を、初期ひび割れ角度と損傷レベルにより整理した。さらに実験結果をもとに空間平均構成モデルを構築し、FEM プログラムに組み込み、構成モデルの検証を行った。その上で、部材レベルでの解析を実施し、構築した構成モデルの適用性を示した。

## 研究成果の概要（英文）：

This research focuses on the mechanics of fiber reinforced cementitious composites especially under multi-directional cracking condition. To clarify the performance, experimental investigation was firstly conducted and the degradation of strength and stiffness were confirmed that were depending on the initial cracking angle and damage level. Based on the experimental result and the previous researches, the constitutive model was developed and verified by FEM. Furthermore, analysis was expanded to structural level especially in shear critical member. Through the results, applicability of the developed model were verified.

## 交付決定額

（金額単位：円）

|         | 直接経費      | 間接経費    | 合計        |
|---------|-----------|---------|-----------|
| 2008 年度 | 1,900,000 | 570,000 | 2,470,000 |
| 2009 年度 | 1,400,000 | 420,000 | 1,820,000 |
| 年度      |           |         |           |
| 年度      |           |         |           |
| 年度      |           |         |           |
| 総計      | 3,300,000 | 990,000 | 4,290,000 |

## 研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学 構造工学・地震工学・維持管理工学

キーワード：コンクリート、繊維補強、多方向ひび割れ、空間平均構成則、FEM

- |                                    |  |
|------------------------------------|--|
| 1. 研究開始当初の背景<br>一軸引張性能が高められた繊維補強コン | クリートの適用が進んでいるが、そのせん断挙動は未解明な部分も多く、特に多方向ひび |
|------------------------------------|--|

割れが発生した場合の挙動は、様々な応力履歴を受ける可能性のある構造部材に適用するためにも、把握が必要である。

## 2. 研究の目的

本研究は、繊維補強コンクリートの多方向ひび割れ発生時の静的及び疲労せん断伝達特性を実験に基づき明らかにし、鉄筋コンクリート構造物ライフスパンシミュレーションが可能な有限要素プログラム COM3 に構成モデルとして組み込むことで、繊維補強コンクリートを用いた構造物の静的耐力及び疲労寿命の予測を可能とすることを目的とした。

## 3. 研究の方法

実験により繊維補強コンクリートに多方向ひび割れが発生した場合の挙動を確認する。そのために新たに考案された試験方法を用いた。強度、剛性の変化とともに、面内の空間平均的な挙動を計測する。

実験結果をもとに空間平均構成モデルを構築する。これを有限要素法プログラムに組み込むことで実験の再現を試みる。材料レベルでの検証の上で、部材レベルでの数値解析へと拡張することで、構造部材の挙動予測を実施する。

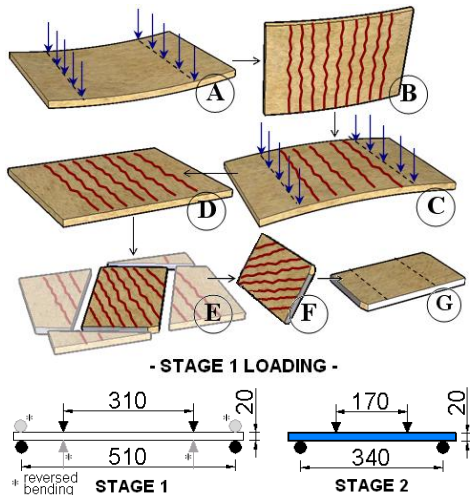


図1 多方向ひび割れ実験方法

## 4. 研究成果

実験より、多方向ひび割れを有する繊維補強コンクリートの強度および剛性の低下率は初期ひび割れの導入角度と材料種類により異なり、初期ひび割れと載荷方向の角度が大きいほど剛性の低下は小さいが強度の低下が大きい傾向が確認された。ひび割れは載荷方向によらず直角に近い角度で発生し、ひび割れ挙動の詳細な把握が必要であることが示された。また、疲労の実験も実施し、繊維配向の影響と共に検討が加えられた。

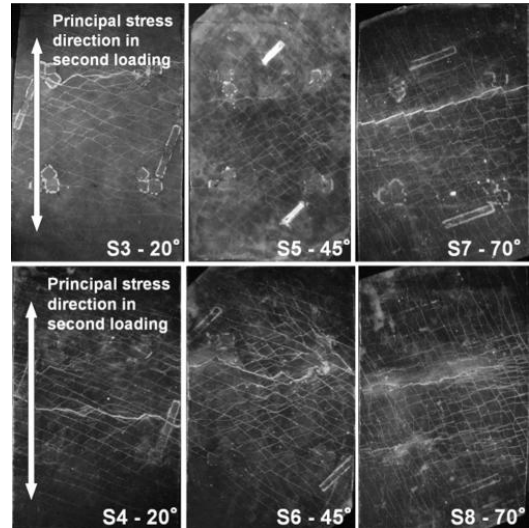


図2 ひび割れパターン

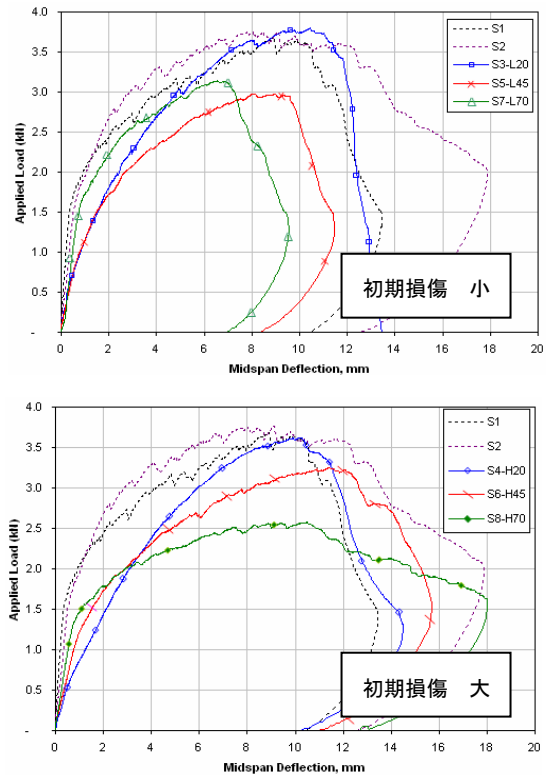


図3 多方向ひび割れ発生時挙動

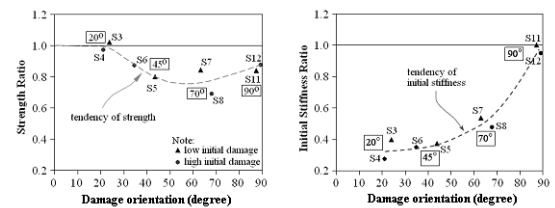


図4 強度と剛性の低下率

実験結果をもとに有限要素数値解析に導入可能な空間平均構成モデルを纏めた。せん断モデルの構築に際しては、実験と検証解析を基に普通コンクリートに比べ低いひび割れ面におけるせん断伝達性能と、その軟化挙動を導入した。構築したモデルを有限要素解析プログラムに組み込み、実験の検証を行った。実験で行った複雑な損傷導入プロセスを忠実に再現すると共に、その過程で導入された二方向ひび割れと、強度及び初期剛性の低下、さらにひび割れの開口およびせん断ずれの空間平均挙動を実験と同様にシミュレーションした。次に構造部材のせん断試験の検証を行った。単調、繰り返し載荷時におけるせん断耐力とひび割れパターンの違いを、普通コンクリートのせん断試験の結果と比較とともに示した。以上により、本研究で構築した HPRCC の空間平均モデルの適用性を示した。

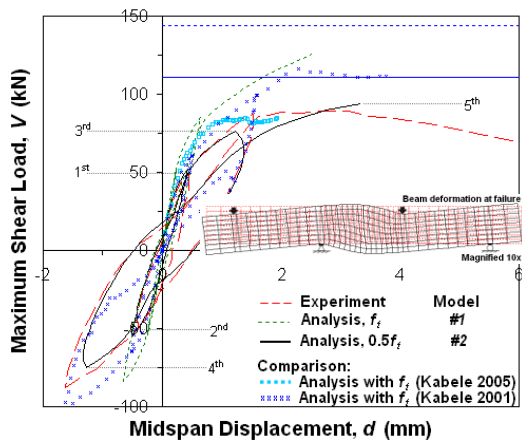


図5 梁のせん断解析

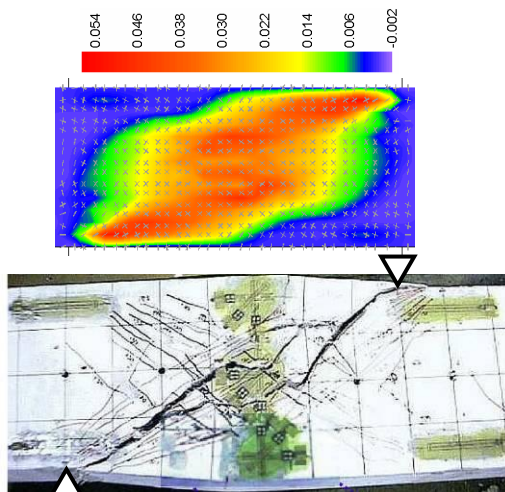


図6 ひび割れパターン

さらに、本研究の実験及び解析により示された、HPRCC の低いせん断特性を改善するた

めの試みとして、従来の HPRCC では引張性能を低下させる要因となるため用いられない骨材を混入させた実験を行った。骨材混入量を変化させることによる引張性能の低下およびせん断性能の向上のバランスについて論じ、適切な混入量を選択すれば、せん断性能が向上すると共に、第二ひび割れが主応力軸直角方向に沿うものに変化し、十分な引張性能を有することを示した。

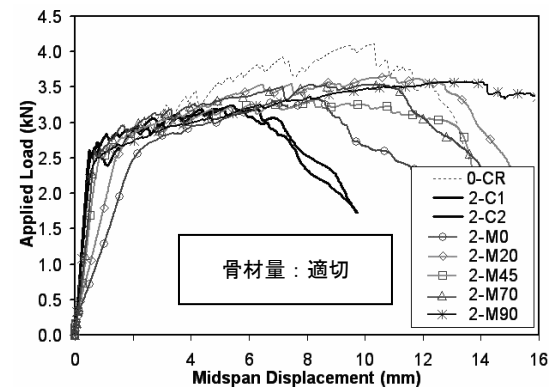
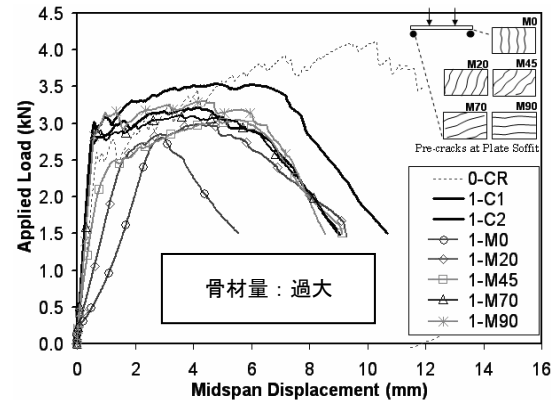


図7 骨材を混入した場合の挙動

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計5件)

- ① Benny SURYANTO, Kohei NAGAI, Koichi MAEKAWA, Bidirectional Multiple Cracking Tests on HPRCC Plates, ACI Materials Journal, 査読有, 2010, 掲載確定印刷中
- ② Benny SURYANTO, Kohei NAGAI, Koichi MAEKAWA, Role of Coarse Aggregate in High Performance Fiber Reinforced Cementitious Composite, コンクリート工学年次論文報告集, 査読有, Vol.31 No.1, 2009, pp.385-390

- ③ Kohei NAGAI, Suryanto Benny, Koichi MAEKAWA, Numerical Analysis of Secondary Rotated Cracking Behavior of Fiber Reinforced Cementitious Composite Plate, Proceedings of CONCREEP8 (CD), 査読なし, 2008
- ④ Suryanto Benny, 長井宏平, 前川宏一, A Bi-directional Cracking Test of High Performance Fiber Reinforced Cementitious Composite, コンクリート工学年次論文報告集, 査読有, Vol. 30 No. 1, 2008, pp. 279-284
- ⑤ 長井宏平, Suryanto Benny, 前川宏一, 二方向ひび割れを有するHPFRCCの空間平均化構成モデルの構築 (Development of Spatially Averaged Constitutive Model of PFRCC with Bi-directional Cracking), コンクリート工学年次論文報告集, 査読有, Vol. 30 No. 1, 2008, pp. 225-230

[学会発表] (計1件)

- ① 長井宏平, 二方向ひび割れを有するHPFRCCの空間平均化構成モデルの構築, コンクリート工学年次大会, 2008年7月, 福岡

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

○取得状況 (計0件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

[その他]  
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

長井 宏平 (NAGAI KOHEI)

東京大学・大学院工学系研究科・特任講師

研究者番号： 00451790

(2) 研究分担者

( )

研究者番号：

(3) 連携研究者

( )

研究者番号：