

平成21年6月8日現在

研究種目：若手（スタートアップ）
 研究期間：2007～2008
 課題番号：19860085
 研究課題名（和文） 高強度高靱性セメント複合体の基本特性とその実用化に関する研究
 研究課題名（英文） Experimental Study on Fundamental Properties of High strength High Toughness Mortar and it Applications
 研究代表者
 水越 睦視（MIZUKOSHI MUTSUMI）
 高松工業高等専門学校・建設環境工学科・准教授
 研究者番号：10455165

研究成果の概要：コンクリートの靱性を改善した様々な短繊維補強コンクリートが開発され実用化されている。本研究では、更なる高強度高靱性能を付与するために補強用繊維に高強度・高弾性ポリエチレン繊維を選定した。このポリエチレン繊維補強モルタルは高引張強度と高靱性、優れた変形性能を有していることが基礎物性試験により確認された。次に、ポリエチレン繊維補強モルタルの埋設型枠および断面修復材への適用性について鉄筋コンクリートはり部材を用いた載荷試験により評価した。その結果、ポリエチレン繊維補強モルタルを埋設型枠、断面補修材として RC はり下面（引張部位）に用いた場合、断面形状・寸法および鉄筋量が同一の一体打ちのはりと同等以上の耐荷性能を示し、ひび割れの分散性も良好で優れたひび割れ幅抑制効果が得られることがわかった。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,290,000	0	1,290,000
2008年度	1,180,000	354,000	1,534,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,470,000	354,000	2,824,000

研究分野：コンクリート工学、材料学

科研費の分科・細目：土木工学・土木材料・施工・建設マネジメント

キーワード：繊維補強、ポリエチレン繊維、ひび割れ、引張強度、高強度、靱性、断面修復、埋設型枠

1. 研究開始当初の背景

(1) 2000年のJR新幹線トンネル覆工コンクリートの剥落事故を機にコンクリートに対する一般市民の関心が高まってきている。

(2) コンクリートに混入された短繊維が剥落しかけたコンクリートを繋ぎ止める効果が評価され、繊維補強コンクリートに関する技

術が注目され、進歩してきている。

(3) 最近ではこれら既存の繊維補強コンクリートよりも変形性能を大きく向上させた高靱性繊維補強モルタルがアメリカのミシガン大学リー教授により開発され、2000年にわが国でも紹介され関心を集めた。この材料は引張応力下において、ひび割れ発生後も応

力の低下が無く、みかけのひずみの増加に伴って応力が増加する「ひずみ硬化特性」と、無数の微細ひび割れが分散する「マルチプルクラッキング特性」を有しているところが、従来のコンクリートや繊維補強材料と大きく異なる特性である。一般的なコンクリートの脆性的な性質を克服していることから、コンクリート系構造要素の構造性能や耐久性の大幅な向上が期待でき、また、従来のセメント系材料に代わる高性能な補修用材料、衝撃緩衝材料、鋼材の被覆材等、新しい各種の用途が期待でき、土木・建築のコンクリート工学分野に技術革新をもたらす可能性を有している。

2. 研究の目的

- (1) 一般的な繊維補強コンクリートよりも高引張強度・高引張靱性を有し、かつ変形性能、伸び能力、ひび割れ抑制効果に優れた繊維補強コンクリートをポリエチレン繊維で補強したモルタル材料で実現する。
- (2) ポリエチレン繊維補強モルタルの最適配合を決定し、その実用化を検討する。
- (3) 実用化の対象として、引張応力を受ける部位に埋設型枠、あるいは断面修復材として適用することを当面の目標とする。

3. 研究の方法

- (1) 室内配合試験により、配合設計法、最適配合、および施工性、力学特性などの基本特性を把握する。ポリエチレン繊維補強モルタルは引張性能が普通のモルタルに比べて著しく優れていることから、引張性能の評価は図1に示すような直接引張試験により行うこととした。

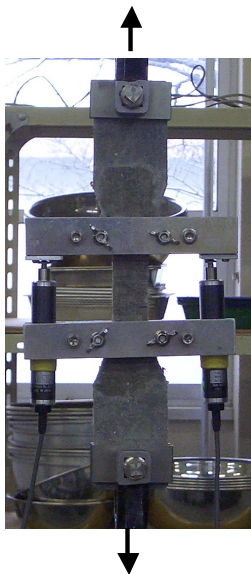


図1 直接引張試験の状況

(2) 実用化に向け、埋設型枠あるいは断面修復材への適用を考え、RCはり供試体の載荷試験により適用性を評価する。

(3) RCはりの下面（載荷試験時に引張応力を受ける部分）にポリエチレン繊維補強モルタル製の埋設型枠を使用、あるいは断面修復を施している。図2に試験に使用した供試体の形状寸法と載荷方法を示す。

図2中の記号は以下を表している。

No.1 NN：普通はり

No.2 ECC-P：埋設型枠はり（斜線部に埋設型枠を使用）

No.3 ECC-R：断面修復はり（斜線部を予め欠損させておき、断面修復を施した）

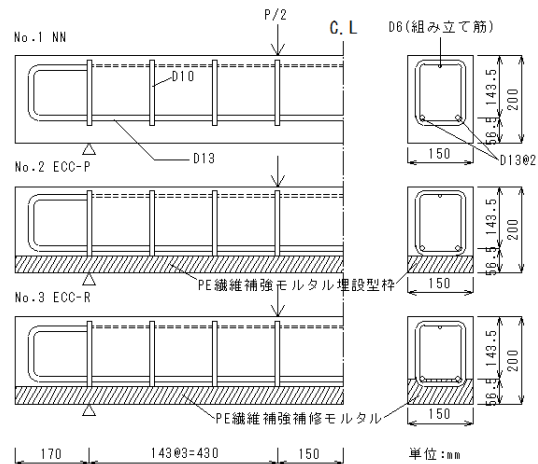


図2 RCはりの載荷試験の状況

4. 研究成果

(1) ポリエチレン繊維補強モルタルは、ビニロン繊維で補強したものに比べ、高強度領域において優れた引張性能を発揮する。しかし、低強度領域になるとビニロン繊維の方が引張性能は優れている（図3）。図3中のPEはポリエチレン繊維補強モルタル、PVAはビニロン繊維補強モルタルである。

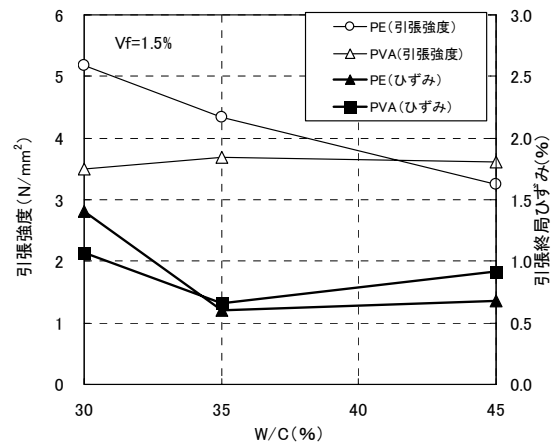


図3 水セメント比と引張性能の関係

(2)水セメント比が 30% (高強度領域) のポリエチレン繊維補強モルタルは、繊維混入率 2.0%でも大きなじん性能を示す。ただし、繊維混入率 1.5%の場合よりじん性能は低下する傾向が窺え、モルタル中の繊維の増加による施工性の低下を考えると繊維混入率は 1.5%の方が適当である。

(3) ポリエチレン繊維補強モルタルは、高強度領域でも図 4 のような複数の微細なひび割れが発生するマルチプルクラッキング現象が確認され、ひび割れ幅は非常に小さく制御される。このことはポリエチレン繊維補強モルタルをコンクリート部材の表面に使用すると外部からの劣化因子の進入を防ぐことができ、耐久性の向上につながることを意味している。また、アルカリ骨材反応を生じた部材の表面補修に使用した場合、アルカリ骨材反応の残存膨張 (遅れ膨張) に対しても追従できるものと考えられる。

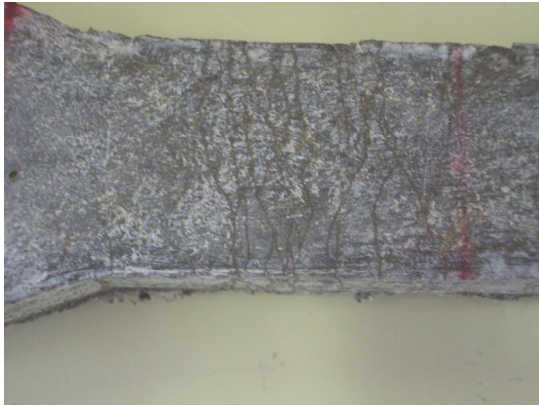


図 4 マルチプルクラックの状況

(4) 環境温度が 5℃まで下がると、材齢 7 日ではポリエチレン繊維補強モルタルの引張性能は 20℃、35℃の場合よりも低下することがわかった。したがって、低温時に施工した場合は、設計材齢を長くする必要がある。

(5) 荷重とスパン中央たわみの関係を図 5 に示す。ECC-P はり、ECC-R はりともに、下面のかぶり部分に使用した埋設型枠、断面補修材が引張応力に抵抗するため、降伏荷重は NN はりに比べ約 1.4 倍、1.6 倍に増加した。しかし、降伏直後に埋設型枠、断面補修材内の 1 本の曲げひび割れ幅が急増し急激な耐力低下を生じた。これは、埋設型枠、断面補修材が引張抵抗材としての機能を瞬時に失ったためである。その後、ECC-P はりは、NN はりと同様の挙動を示したが、ECC-R はりでは耐力低下が小さかった。これは、ECC-R はりの方が ECC-P はりよりもポリエチレン繊維補強

モルタル部分の断面が厚く、さらに図 6 に示したように引張性能が ECC-R はりに用いたポリエチレン繊維補強モルタルの方が優れていたためであると考えられる。これは、接着性を向上させるためにセメント質量の 10% ポリマー混和剤を混入した効果である。

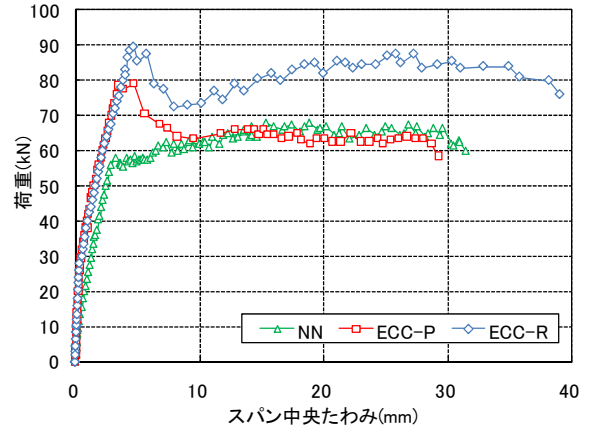


図 5 各種 RC はりの荷重とスパン中央たわみの関係

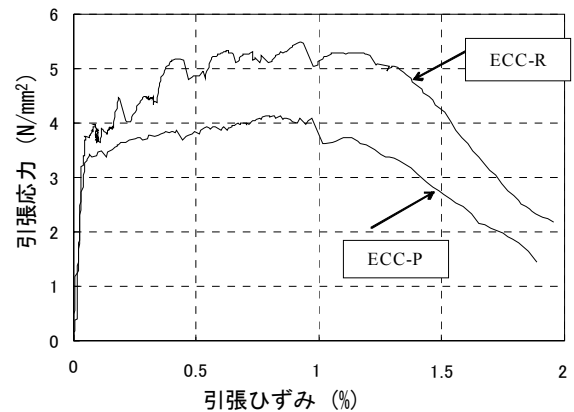


図 6 RC はりに用いたポリエチレン繊維補強モルタルの引張応力-ひずみ曲線

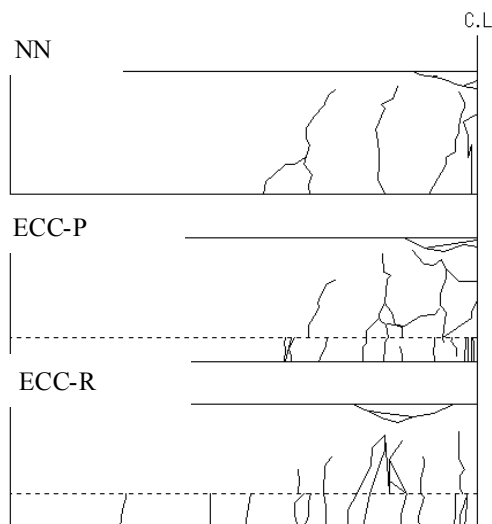
(6) 載荷試験後のはり供試体の破壊状況を図 7 に示す。NN、ECC-P、ECC-R はりともに鉄筋が降伏した後に圧縮側のコンクリートが圧壊し破壊に至った。今回、ECC-P はりおよび ECC-R はりの打継ぎ処理は、比較的簡易な方法によるものであったが、終局時にコンクリートと埋設型枠の界面にひび割れが発生したものの降伏までの使用状態では界面でのずれは認められず、埋設型枠および断面補修材とともに引張抵抗材としての機能を十分に果たしていたものと考えられる。

ひび割れの進展状況は、NN はりと ECC-P はり、ECC-R はりとは異なり、後者では複数

の微細曲げひび割れが埋設型枠、断面補修材に発生し繊維補強モルタル部を貫通した後、連続的にコンクリート部に進展した。

荷重の増加に伴うひび割れ幅の推移を図 8 に示す。図より、ECC-P はり、ECC-R はりともに、NN はりで既に 0.15~0.2mm 程度のひび割れ幅に達している荷重においても、ひび割れの発生は認められなかった。さらに NN はりの降伏に相当する荷重近傍でもわずか 0.05mm 幅のひび割れが確認される程度であり、優れたひび割れ抵抗性を示した。

ポリエチレン繊維補強モルタルを埋設型枠、断面補修材として RC はり下面に用いた場合、一体打ちのはりと同等以上の耐荷性能を示し、ひび割れの分散性も良好で、優れたひび割れ幅抑制効果が得られることがわかった。



- No. 1 NN : 普通はり
 No. 2 ECC-P : 埋設型枠はり (---線より下部に埋設型枠を使用)
 No. 3 ECC-R : 断面修復はり (---線より下部を予め欠損させておき、断面修を施した)

図 7 各種はりの載荷後のひび割れ状況

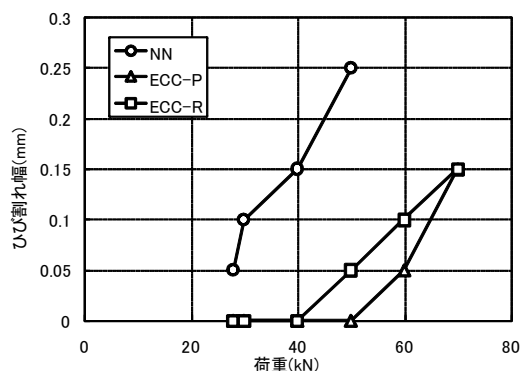


図 8 荷重の増加に伴うひび割れ幅の推移

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)

[学会発表] (計 2 件)

(1) 水越睦視、細川恭平、東山浩士、コンクリート用細骨材を用いたポリエチレン繊維補強高じん性モルタルの基礎的性状、第 62 回セメント技術大会、2008 年 5 月 29 日、ホテルメトロポリタン(東京)

(2) 細川恭平、水越睦視、東山浩士、松原三郎、ポリエチレン繊維補強高じん性モルタルの引張特性、平成 20 年度土木学会四国支部第 14 回技術研究発表会、2008 年 5 月 17 日、高知工科大学(高知)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

水越 睦視 (MIZUKOSHI MUTSUMI)
 高松工業高等専門学校・建設環境工学科・准教授
 研究番号：10455165

(2) 研究分担者

(3) 連携研究者