

## 科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成25年 5月27日現在

機関番号：32665  
 研究種目：若手研究（B）  
 研究期間：2011～2012  
 課題番号：23760532  
 研究課題名（和文） 高曲げ強度を有するハイブリッド型繊維補強ポーラスコンクリートの開発  
 研究課題名（英文） Development of Hybrid-Type Fiber-Reinforced Porous Concretes with High Flexural Strength  
 研究代表者  
 齋藤俊克（SAITO TOSHIKATSU）  
 日本大学・工学部・助教  
 研究者番号：70547819

研究成果の概要（和文）：本研究では、ポーラスコンクリートに対して、ビニロン短繊維及び微細繊維による複合補強並びに、セメント混和用ポリマーの混入による結合材の改質というハイブリッド型の補強・改質手段を適用することによって、「高曲げ強度を有するハイブリッド型繊維補強ポーラスコンクリート」の開発に成功した。又、ポーラスコンクリートに高曲げ強度を付与するための調合要因の整理と調合設計法を確立することができた。

研究成果の概要（英文）：The hybrid-type fiber-reinforced porous concretes with high flexural strength are successfully developed by applying the reinforcement with the vinylon short- and micro-fibers and the binder modification with cement modifier. The mix-proportioning factors and mix design system for high flexural strengthening of the porous concretes are established.

## 交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	2,100,000	630,000	2,730,000

研究分野：建築材料学

科研費の分科・細目：建築学，建築構造・材料

キーワード：ポーラスコンクリート，繊維補強，ハイブリッド，機械的性質

## 1. 研究開始当初の背景

近年、水や空気を通す連続空隙を有するポーラスコンクリートが透・排水性舗装、緑化用基盤、水質浄化などに利用され、「エコマテリアル」として注目されている。そのような用途においては、連続空隙が多いこと、換言すれば、大きな連続空隙率を持つことが要求される。一般に、大きな連続空隙率を得るためには、最大寸法の大きな粗骨材の使用が有利である。しかし、連続空隙率を大きくすること、並びに最大寸法の大きな粗骨材の使用は、粗骨材間の付着特性を低下させることになり、ポーラスコンクリートの機械的性質及び耐久性の低下を招くことになる。

申請者は、これまで、粗骨材間を架橋する長さのビニロン繊維を用いたビニロン繊維

補強ポーラスコンクリートを開発し、その機械的性質の制御因子を提案すると共に、所要の空隙率を得るための調合設計法の基礎を確立している。

その結果、粗骨材最大寸法 20mm、長さ 40mm のビニロン繊維を用いた繊維補強ポーラスコンクリートについて、水セメント比 20～25%、空隙率 15～25%、繊維混入率 0～1.0% の範囲においては、次のような研究成果が得られている。

(1) ビニロン繊維補強ポーラスコンクリートの機械的性質及び耐久性を明らかにしている。

(2) 圧縮強度、曲げ強度及び曲げタフネス推定のための使用材料の体積分率を用いた材料係数を見出している。

(3) 水セメント比係数及び養生係数を提案すると共に、それらと材料係数を用いた圧縮強度、曲げ強度及び曲げタフネス制御因子を見出している。

(4) 「(2) の材料係数」並びに「(3) の制御因子」を用いたビニロン繊維補強ポーラスコンクリートの圧縮強度、曲げ強度及び曲げタフネス推定式を見出している。

(5) 調合空隙率及び調合繊維混入率という概念を提唱し、複合則を適用した繊維補強ポーラスコンクリートの調合設計の手順を見出している。

なお、これまでの研究においては、粗骨材最大寸法に着目して、その寸法の2倍の長さを持つ短繊維を単独使用して粗骨材間を架橋したことが特徴である。しかし、使用した粗骨材は、寸法5~20mmの粒度範囲を持つものであり、そのような粗骨材の粒度分布を考慮すれば、長さの異なる短繊維の複合使用による更なる補強効果が期待できる。

## 2. 研究の目的

本研究においては、「高曲げ強度を有するハイブリッド型繊維補強ポーラスコンクリートの開発」を目的に、次のことを明らかにする。

(1) 粗骨材の粒度分布を考慮し、長さの異なる短繊維を複合使用して各粒度の粗骨材間を架橋することによる繊維補強ポーラスコンクリートの曲げ補強効果

(2) 結合材としてのセメントモルタルを繊維補強することによる繊維補強ポーラスコンクリートの曲げ補強効果

(3) 結合材としてのセメントモルタルをセメント混和用ポリマーの混入によって改質することによる繊維補強ポーラスコンクリートの曲げ補強効果

(4) 粗骨材間を架橋する長さで微細な短繊維を複合使用した繊維補強ポーラスコンクリートの機械的性質

(5) ハイブリッド型繊維補強ポーラスコンクリートの調合設計法

## 3. 研究の方法

以下に示す研究項目ごとに、繊維補強ポーラスコンクリートの機械的性質（圧縮強度、静弾性係数、曲げ強度及び曲げタフネス）を明らかにして、高曲げ強度を有するハイブリッド型繊維補強ポーラスコンクリートを開発すると共に、その調合設計法を確立する。なお、繊維については例えばF40のように記述し、数値は繊維長さ（mm）を示している。

(1) 粗骨材を架橋する長さの短繊維を複合使用した繊維補強ポーラスコンクリートの機械的性質

調合要因

- ・ 目標空隙率：20%

- ・ 結合材：セメントモルタル
- ・ ビニロン繊維：F30 及び F40 の複合使用 (F30 又は F40 混入率：0.3, 0.5, 1.0%)

(2) 結合材として繊維補強セメントモルタルを使用したポーラスコンクリートの機械的性質

調合要因

- ・ 目標空隙率：20%
- ・ 結合材：繊維補強セメントモルタル
- ・ ビニロン繊維：F12 又は F6 (F12 又は F6 混入率：0.1, 0.16, 0.3, 0.5, 1.0%)

(3) 結合材としてポリマーセメントモルタルを使用した繊維補強ポーラスコンクリートの機械的性質

調合要因

- ・ 目標空隙率：20%
- ・ 結合材：ポリマーセメントモルタル (ポリマーセメント比：2, 4, 6%)
- ・ ビニロン繊維：F40 (F40 混入率：0.3, 0.5, 1.0%)

(4) 結合材として繊維補強ポリマーセメントモルタルを使用したポーラスコンクリートの機械的性質

調合要因

- ・ 目標空隙率：20%
- ・ 結合材：繊維補強ポリマーセメントモルタル (ポリマーセメント比：2, 4, 6%)
- ・ ビニロン繊維：F12 (F12 混入率：0.1, 0.15, 0.3%)

(5) 粗骨材を架橋する長さで微細な短繊維を複合使用した繊維補強ポーラスコンクリートの機械的性質

調合要因

- ・ 目標空隙率：20%
- ・ 結合材：繊維補強セメントモルタル
- ・ ビニロン繊維：F40 及び F12 の複合使用 (F40 混入率：0.3, 0.5, 0.7%, F12 混入率：0.15, 0.2, 0.4%)

## 4. 研究成果

本研究では、ポーラスコンクリートにおけるハイブリッド型繊維補強の有用性の検証を、前述した通り、機械的性質である圧縮強度、静弾性係数、曲げ強度及び曲げタフネスについて行った。なお、本報告においては、紙面の都合上、繊維補強ポーラスコンクリートの曲げ強度に及ぼす影響に焦点を絞り、以下の項目について成果を述べる。

(1) 粗骨材を架橋する長さの短繊維を複合使用した繊維補強ポーラスコンクリートの機械的性質

図-1 には、F30 及び F40 を使用した繊維補強ポーラスコンクリートの曲げ強度と F40 混合率を示す。なお、F40 混合率とは、F30 と F40 の総繊維体積に占める F40 の割合を意味する。繊維混入率 0.5% の繊維補強ポーラスコンクリートの曲げ強度は、F40 混合率の増加

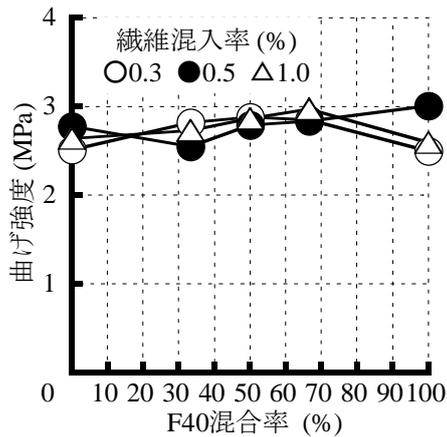


図-1 F30 及び F40 を使用した繊維補強ポーラスコンクリートの曲げ強度と F40 混合率の関係

に伴って増大する傾向にあるが、その他のもののそれは F40 混合率 66.7% まで若干増大し、F40 混合率 100% で減少する。繊維補強ポーラスコンクリートの機械的性質は、F40 の混合割合が大きいものほど優れる傾向にある。

(2) 結合材として繊維補強セメントモルタルを使用したポーラスコンクリートの機械的性質

図-2 には、F12 又は F6 を使用した繊維補強ポーラスコンクリートの曲げ強度と繊維混入率を示す。繊維長さにかかわらず、繊維補強ポーラスコンクリートの曲げ強度は、繊維混入率 0.16% までの増加に伴って増大し、その後、減少する傾向にある。この曲げ強度の増加は、繊維の混入による結合材としてのセメントモルタルの曲げ強度の改善によるものと考えられる。繊維混入率 0.3% 以上の繊維補強ポーラスコンクリートにおいては、良好な結合材組織が形成されにくくなることにより、曲げ強度が減少したのものと考えられ

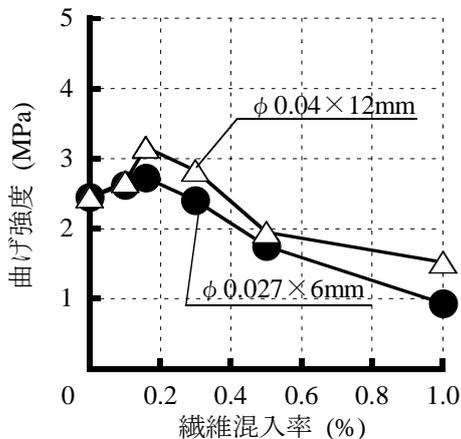


図-2 F12 又は F6 を使用した繊維補強ポーラスコンクリートの曲げ強度と繊維混入率の関係

る。又、F6 を用いた繊維補強ポーラスコンクリートの曲げ強度は、F12 のものに比べて小さい傾向にある。ポーラスコンクリートの結合材を繊維補強セメントモルタルとすることは、一般的な繊維補強コンクリートに用いる繊維量に比べて、少量の繊維の混入で効果的な性能改善ができるため、有用な補強方法である。

(3) 結合材としてポリマーセメントモルタルを使用した繊維補強ポーラスコンクリートの機械的性質

図-3 には、F40 を使用した繊維補強ポーラスコンクリートの曲げ強度とポリマーセメント比の関係を示す。繊維混入率にかかわらず、ポリマーセメント比の増加に伴って、ポリマー混入繊維補強ポーラスコンクリートの曲げ強度は増大する傾向にある。これは、ポリマーセメント比の増加により、結合材としてのポリマーセメントモルタル自体の曲げ強さが増大すると共に、その接着性が向上し、粗骨材と短繊維間の付着性が改善されたためと推察される。

(4) 結合材として繊維補強ポリマーセメントモルタルを使用したポーラスコンクリートの機械的性質

図-4 には、F12 を使用した繊維補強ポーラスコンクリートの曲げ強度とポリマーセメント比の関係を示す。ポリマー混入繊維補強ポーラスコンクリートの曲げ強度は、F12 混入率 0.1 又は 0.15% までの増加に伴って若干増大し、その後、減少する傾向にある。しかし、F12 混入率にかかわらず、ポリマーセメント比の増加に伴って、ポリマー混入繊維補強ポーラスコンクリートの曲げ強度は著しく増大する傾向にあり、ポリマーセメント比 6% においては、ポリマー未混入のもの 1.5~2 倍の曲げ強度を与える。このような曲げ強度の改善は、ポリマーの混入による結合材の接着性改善に伴う F12 繊維間及び粗骨材間

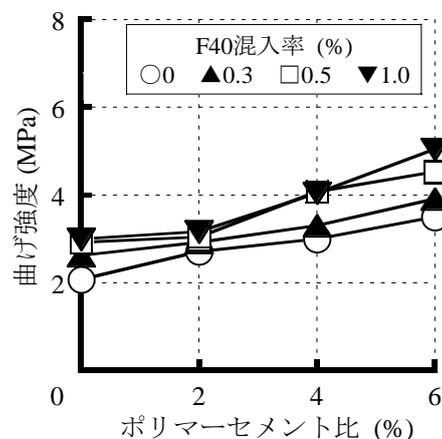


図-3 F40 を使用した繊維補強ポーラスコンクリートの曲げ強度とポリマーセメント比の関係

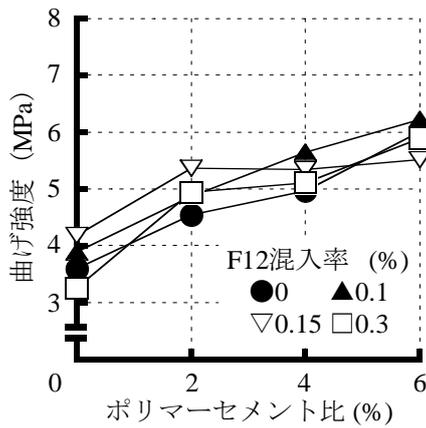


図-4 F12を使用した繊維補強ポーラスコンクリートの曲げ強度とポリマーセメント比の関係

の付着性の向上、ポリマーセメント比の増加に伴う水セメント比の減少の複合効果によるものと推察される。

(5) 粗骨材を架橋する長さで微細な短繊維を複合使用した繊維補強ポーラスコンクリートの機械的性質

図-5には、F40とF12を複合使用した繊維補強ポーラスコンクリートの曲げ強度とF40混入率を示す。粗骨材最大寸法の2倍にあたる長F40を0.5%混入して粗骨材間を架橋すると共に、F12を0.15%混入した繊維補強セメントモルタルを結合材とすることによって、繊維補強ポーラスコンクリートの曲げ性状は著しく改善される。

以上のことから、本研究では、ポーラスコンクリートに対して、ビニロン短繊維及び微細繊維による複合補強並びに、セメント混和用ポリマーの混入による結合材の改質というハイブリッド型の補強・改質手段を適用することによって、「高曲げ強度を有するハイブリッド型繊維補強ポーラスコンクリート」の開発に成功した。又、本研究はこれまでに確立した調合設計法に基づいて行ったもの

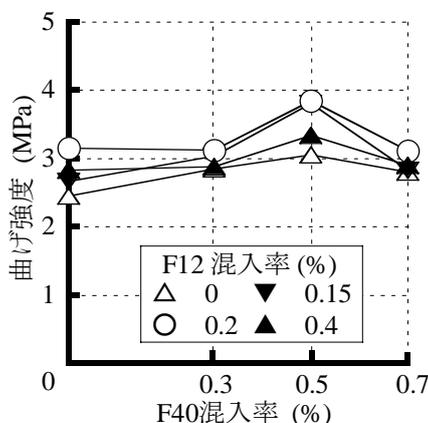


図-5 F40とF12を複合使用した繊維補強ポーラスコンクリートの曲げ強度とF40混入率の関係

であるが、上述のような優れた研究成果を得ることができたことは、ポーラスコンクリートに高曲げ強度を付与する場合でもその概念が適用できることを裏付けるものであり、そのための調合要因の整理と調合設計法を確立することができた。今後は、本研究におけるハイブリッド型繊維補強の知見を基に、ポーラスコンクリートの耐久性の改善を試みる予定である。

## 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4件)

- ① 齋藤俊克, 出村克宣: ポリマー混入繊維補強ポーラスコンクリートの圧縮及び曲げ性状, セメント・コンクリート論文集, 査読有, No. 65, pp. 470-476, 2012. 2
- ② 十文字拓也, 齋藤俊克, 出村克宣: 結合材をビニロン繊維補強セメントモルタルとした繊維補強ポーラスコンクリートの機械的性質, コンクリート工学年次論文集, 査読有, Vol. 34, No. 1, pp. 1462-1467, 2012. 7
- ③ 十文字拓也, 齋藤俊克, 出村克宣: 長さの異なるビニロン短繊維を併用した繊維補強ポーラスコンクリートの圧縮及び曲げ性状, セメント・コンクリート論文集, 査読有, No. 66, pp. 537-544, 2013. 2
- ④ 十文字拓也, 齋藤俊克, 出村克宣: 結合材を繊維補強ポリマーセメントモルタルとした繊維補強ポーラスコンクリートの機械的性質に及ぼすポリマー混入効果, コンクリート工学年次論文集, 査読有, Vol. 35, 2013. 7 (採用決定)

〔学会発表〕(計2件)

- ① 十文字拓也, 齋藤俊克, 出村克宣: 結合材をビニロン繊維補強セメントモルタルとしたポーラスコンクリートの曲げ性状, 第75回日本建築学会東北支部研究報告会, 2012/6/17, 八戸工業大学
- ② 十文字拓也, 齋藤俊克, 出村克宣: ビニロン繊維補強セメントモルタルを結合材とした繊維補強ポーラスコンクリートの曲げ性状, 2012年度日本建築学会大会(東海), 2012/9/14, 名古屋大学

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者

齋藤 俊克 (SAITO TOSHIKATSU)

日本大学・工学部・助教

研究者番号: 70547819