

平成 22 年 3 月 31 日現在

研究種目：若手研究（B）
 研究期間：2008～2009
 課題番号：20760305
 研究課題名（和文）コンクリートリサイクル材とFRPを活用した次世代の低環境負荷構造材の創生
 研究課題名（英文）Low environmental structure members of the next generation with recycling concrete and FRP
 研究代表者
 山口 浩平（Kohei YAMAGUCHI）
 九州大学・大学院工学研究院・助教
 研究者番号：60336013

研究成果の概要（和文）：CFRP せん断補強筋を RC 部材に適用することで高強度かつ腐食に強い部材の開発が可能となる。これまで著者らは、CFRP ロッドの材料特性や曲げ性能について解明している。しかし、CFRP せん断補強筋を用いた場合のせん断耐力評価方法および破壊メカニズムについては十分な検討がなされていない。そこで本研究では、CFRP せん断補強筋の曲げ成形部強度試験および CFRP せん断補強筋を用いた RC はりのせん断試験を行い、CFRP せん断補強筋のせん断耐力評価方法および破壊メカニズムを検討した。

研究成果の概要（英文）：This CFRP rods were manufactured by using this method has U-shaped anchors in both side of CFRP rod. It is possible to strain the rods easily by passing the steel pin through the anchor. Then, in this research, it pays attention to these advantages of the anchor, and the purpose of this study is to examine the applicability as PC material of rods. So to clarify the material properties of CFRP rods and U-shaped anchors, a series of experimental programs were carried out.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	2,100,000	630,000	2,730,000
2009 年度	1,300,000	390,000	1,690,000
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：土木工学

科研費の分科・細目：構造工学・地震工学・維持管理工学

キーワード：新素材，コンクリート構造

1. 研究開始当初の背景

近年我が国では、主に高度成長期建設された社会基盤構造物が老朽化し、それらの維持管理が重要となっている。例えば橋梁であれば、交通供用下での架け替えは実際上難しいため、補強・補修などの研究開発が精力的に行われているのが現状である。また、従来の主要材料であった鉄に替わって、FRP などの革新的な材料を用いることも盛んに検討さ

れている。そこで本課題では、構造物を構成する材料の中でも使用量が格段に多いコンクリートにターゲットをおいて、高耐久性でかつ低環境負荷型構造材の創生とその適用性について研究するものである。

本課題では、コンクリートリサイクル材（軽量化も含む）と革新的材料である FRP 短繊維の組み合わせにより、新しい高強度軽量コンクリート材の創生を検討する。さらに、

その高強度軽量コンクリート材の鉄筋に替わる補強部材として、H17 - 18 年度科学研究費「定着機構を有する連続炭素繊維補強材を用いたプレストレストコンクリート部材の開発 代表者山口浩平」の研究成果である連続炭素繊維補強材 (CFRP 材) を用いることにより、高強度・軽量・高耐久性の低環境負荷型構造材の創生が可能となる。

本課題のキーワードは、エコセメント、人工軽量骨材、ピニロン短繊維、CFRP 材であり、それらの組み合わせにより新しい構造材を創生することである。現在、～を個々に評価する研究は、国内外でも実施されている。これらの～を組み合わせた低環境負荷型コンクリート材の創生が実現されれば、環境に優しく地球と共存し、長寿命の社会基盤構造物の創生が実現し得ると考え、本課題の着想に至った。

研究代表者はこれまでに、と の組み合わせたコンクリート材の構造材への適用を過去に行い、「既往の算定式を組み合わせた評価法により、一定の範囲内でせん断耐力を評価可能」という新たな知見を見出して、有用な設計法を提案している。また については、安価でかつ付加価値 (付加機能) をつけて、従来品と差別化し得る CFRP ロッドの開発を目標に、H17 - 18 年度に本大学の知能機械工学科と共同で「CFRP ロッド作成 (自動配筋) ロボット」の開発研究を行い、並行して同ロボットで作成した CFRP ロッドを用いたコンクリート部材の開発研究を行っている。

2. 研究の目的

ゼロエミッション社会を目指して、10 年程前から産業廃棄物を主原料とするセメントの研究開発が盛んになり、我が国でも数種類のセメント (例えば、エコセメント) が生産されている。また、自然界からの骨材採取を少しでも減らし構造物の軽量化を目指して、人工軽量骨材が開発されてきた。さらに、コンクリートの弱点である引張および曲げ強度を改善するために、短繊維 (FRP) 補強コンクリートも存在する。

本課題で提案するコンクリート材の特徴を以下に示す。

- (1) セメントは、都市ごみ焼却灰のリサイクル材であるエコセメントを用いる。エコセメントは、通常のセメントよりも塩分含有量が多いため、鉄筋コンクリート部材に用いる場合は鉄筋腐食などの懸念があり、あまり普及していない。
- (2) 骨材は、低環境負荷型の人工軽量骨材 (軽量 2 種、比重 1.5 以下) を用いる。普通コンクリートに比べて、引張・曲げ強度は 3 割ほど低下する

ため、土木構造物へはあまり普及していない。

- (3) 短繊維は、耐腐食性材料であるピニロン繊維 (VFRP) を用いる。コンクリートのひび割れ発生後の繊維架橋効果により、引張および曲げ強度は 3-4 割増大する。
- (4) 補強材は、腐食の懸念がある鉄筋に替えて、耐腐食性材料である CFRP 材を用いる。前述の H17 - 18 年度科学研究費において、腐食の心配の要らないオールノンメタリック PC 定着具および緊張材を開発した。また、本工法は定着面であるコンクリート面に大規模な定着具が不要でシンプルにでき、自由度の高いかつ施工性にも優れるという特色・独創的な点を有する。

3. 研究の方法

- (1) 現有装置の改造 (H21 年 4 月 ~ 6 月)
U 型アンカーを定着できるように改造する。
- (2) 緊張装置の性能試験 (H21 年 6 月 ~ 7 月)
3-5m 程度の CFRP ロッドの引張試験、定着試験を行い、プレストレス導入について検証する。
- (3) エコセメントの材料特性の把握 (H21 年 4 月 ~ 5 月)
- (4) エコセメントと人工軽量骨材の適合性 (H21 年 5 月 ~ 6 月)
- (5) ピニロン短繊維により補強されたエコセメントを用いた軽量コンクリート部材のせん断耐力評価 (H21 年 7 月 ~ 12 月)
- (6) U 型アンカー継手の性能試験 (H22 年 4 月 ~ 8 月)
CFRP ロッドを用いたコンクリート部材同士を接合する際の継手の性能を検証する。
- (7) 実物大相当の PC はりの破壊試験 (H21 年 7 月 ~ 11 月)
3-5m 程度の PC はりの破壊試験を行い、破壊メカニズムについて検証する。
- (8) 数値解析および設計法の確立、報告書作成 (H21 年 11 月 ~ 3 月)
数値解析を行い、CFRP 材を用いた軽量コンクリート部材の力学特性の検討について詳細な考察を行う。その後、設計法を取りまとめて、報告書を作成する。

4. 研究成果

研究成果の詳細は、5. の発表論文を参照されたいが、本報告書ではその一部を示す。

「CFRP の曲げ成形部強度」

- (1) 供試体および試験方法

図 - 1 に CFRP 曲げ成形部強度試験の供試

体概略図を示す。供試体は断面積 11.2mm² の RC はりのせん断補強筋と同じ規格の矩形 CFRP を 180×180×100mm のコンクリート塊で覆い、両方のコンクリートブロックを開くように荷重を与えた。着目部である供試体の片側はアクリル管を曲げ成形部付近まで配置し、コンクリートとの付着を無くした。曲げ成形部付近のコンクリートとの付着を無くすことで、CFRP は曲げ成形部で荷重に抵抗するため、曲げ成形部から破断すると予想される。曲げ成形部にはりの主筋を模擬した鉄筋 (D22) を配置した。コンクリートブロックは格子状の鉄筋 (D6) により補強を行い、コンクリートブロックの破壊を防いだ。なお、供試体数は 3 体とした。

(2) 結果および考察

試験結果を表 - 1 に示す。曲げ成形部強度の理論値は式 (1) により算出した値であり、直線部強度の 52% である。引張耐力の平均値は 24.9kN であり、実験値と理論値の比は 0.93 であった。図 - 2 に、CFRP 破断状況を示す。全供試体は、アクリル管によって付着を無くした側の両曲げ成形部で破断した。これらの結果より CFRP の曲げ成形部強度は、式 (1) による値よりもやや小さいものの、概ね評価できると判断される。

$$f_{bk} = (0.05r/h + 0.3) f_{fuk} \quad (1)$$

(3) まとめ

CFRP 曲げ成形部強度は理論値の 0.93 であり、破断箇所は曲げ成形部であった。九州大学で製作される CFRP せん断補強筋の曲げ成形部強度は、式 (1) によって評価可能である。

CFRP せん断補強筋を用いた RC はりのせん断耐力評価はヤング係数比を考慮した場合、実験値と理論値の比は 1.02 および 1.19、指針では 1.17 および 1.35 と安全側で実験値をよく評価できた。ヤング係数比による評価と指針によりせん断耐力評価は可能である。

CFRP せん断補強筋の破断箇所は曲げ成形部であり、直線部は破断していなかった。よって、CFRP せん断補強筋を用いた RC はりのせん断耐力評価を行う場合は、CFRP の曲げ成形部強度を基にせん断耐力を評価できる。

CFRP 曲げ成形部強度は、式 (1) で評価可能であること、CFRP せん断補強筋を用いた RC はり試験において CFRP せん断補強筋は曲げ成形部で破断したことおよび指針によりせん断耐力評価が可能であることから、指針により CFRP せん断補強筋を用いた RC はりのせん断耐力を評価するのが適切である。

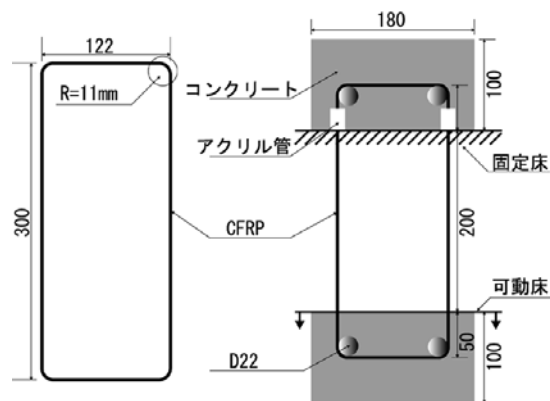


図 - 1 CFRP 曲げ成形部強度供試体

表 - 1 CFRP 曲げ成形部強度試験結果

No.	理論値 (kN)	実験値 (kN)		実験値/理論値	破断箇所
		23.3	平均値		
1	26.6	23.3	24.9	0.93	曲げ成形部
2		25.2			曲げ成形部
3		26.1			曲げ成形部

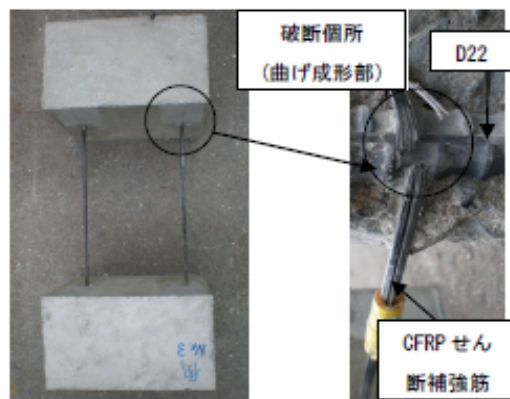


図 - 2 CFRP 破断状況

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)

鳥巢陽平, 山口浩平, 日野伸一, 今井富士夫: CFRP せん断補強筋を用いた RC はりのせん断耐力の評価, コンクリート工学年次論文集, Vol.31, pp.1645-1650, 平成 21 年 7 月

山口浩平, 日野伸一, 園田崇智, 崔智宣: 鋼繊維補強された軽量 2 種コンクリートの繊維混入率を考慮した強度評価式および RC 版の押抜きせん断耐力評価, コンクリート工学年次論文集, Vol.31, pp.1321-1326, 平成 21 年 7 月

崔智宣, 山口浩平, 日野伸一, 園田崇智: 鋼繊維補強軽量 2 種コンクリート RC はりのせん断耐力評価に関する一考察, コンクリート工学年次論文集, Vol.32, 印刷中, 平成 22 年 7 月

[学会発表](計4件)

山口浩平他: CFRP せん断補強筋を用いた RC はりのせん断耐力評価, 第 3 回 FRP 複合構造・橋梁に関するシンポジウム論文報告集, pp.77-84, 平成 21 年 7 月

山口浩平他: CFRP をせん断補強筋に用いた RC はりのせん断耐力評価, 平成 20 年度土木学会西部支部研究発表会講演論文集, pp.779-780, 2009 年 3 月

[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

山口 浩平 (Kohei YAMAGUCHI)
九州大学・大学院工学研究院・助教
研究者番号: 60336013