

非硬化型連続炭素繊維を補強材として用いたエコセメントはりの力学特性

九州大学大学院 正会員 ○ 山口浩平 フェロー 太田俊昭
九州大学大学院 正会員 日野伸一 学生会員 R Djameluddin

1. 目的

近年、地球温暖化防止のための世界規模の対話や、廃棄物の適正処理、リサイクルなどの環境負荷への関心など有限な資源への認識が高まっており、建設業においても省エネ、省資源、環境保全が重要となっている。

著者らは、これらの問題を解決する一手法として、UCAS 工法(Unresin Carbon-fibers Assembly System)を提案している。UCAS 工法とは、非硬化型連続炭素繊維(UCCF)をコンクリート部材の補強材として用いる新しい工法であり、UCCF の高耐食性、高耐久性を活かすことで、かぶり厚の減少による構造物の軽量化、コンクリート量の減少による CO₂ 排出量の減少などの特色を有する。また、高耐食性部材である UCCF とエコセメントとの併用は、より環境に適合した構造物の創生が可能となるものと考えられる。そこで本研究では、UCCF のコンクリート補強材への適用を目的として、UCCF の引張試験を行いその力学特性を把握し、さらに UCCF とエコセメントとを組合せたコンクリートはりを作成して、その力学特性や有用性についての検討を行った。

2. 試験概要

本試験では、(1)エコセメントコンクリートの適用、(2)UCCF の補強材への適用、の 2 点に着目して、表-1 に示す 3 種類のはり試験体を作成した。Type A はエコセメントと UCCF、Type B は普通セメントと UCCF、Type C は普通セメントと鉄筋の組合せであり、Type A と Type B がコンクリート種類、Type B と Type C が補強材種類による比較である。なお、せん断補強筋は、全試験体とも硬化型連続炭素繊維(CFRP)を用いた。

図-1 に試験体概略図を示す。試験体の作成に先立ち、2 種類の補強材(各 20 体)の引張試験およびエコセメントコンクリートの配合選定試験を行った。表-2 に補強材の引張特性を、表-3 にコンクリートの材料特性を示す。表-3 に示すように、2 種類のコンクリートの圧縮、引張、曲げ強度が等しくなるような配合を選定した。また、鉄筋は SD395 であり、各タイプの最大耐力を等しくするように、主筋(UCCF および鉄筋)の量を調整している。

試験体の作成手順は、まず主筋を型枠に設置して、その後せん断補強筋を所定の位置に配置して、それらの交点にエポキシ樹脂を含浸させて節(グリッド)を作成した。UCCF は平行弦集合材であるため、コンクリートとの付着力はほとんど期待できないが、このグリッドシステムを付加することにより付着力を確保することが可能となる。なお、このことは昨年度、実験的に検証済みである。

荷重は、スパン 1400mm、荷重幅 500mm の 2 点線荷重である。測定項目は、荷重、たわみ、主筋のひずみ、主筋の引き込み量およびひび割れ状況である。

表-1: 試験体諸元

Type	コンクリート	主筋			せん断補強筋		試験体数
		種類	断面積 [mm ²]	補強筋比 [%]	種類	断面積 [mm ²]	
A	エコセメント	UCCF	62.6	0.54	CFRP	2.76	2
B	普通セメント	UCCF	62.6	0.60			2
C	普通セメント	鉄筋	220.4	2.10			2

表-2: 補強材の引張特性

	引張強度 [N/mm ²]	保証引張強度 [N/mm ²]	ヤング率 [N/mm ²]	最大ひずみ
UCCF	1676	1294	1.56×10 ⁵	1.12
CFRP	2320	2030	1.46×10 ⁵	---

*炭素繊維、エポキシ樹脂は、東レ(株)製のTorayca T700S、TSプライマーを使用

表-3: コンクリートの材料特性

セメント	W/C [%]	単位量 [kg/m ³]				添加率(Cx%)		スランブ [cm]	空気量 [%]	材料試験結果 [N/mm ²]			
		W	C	S	G	SP	AE			圧縮	引張	曲げ	ヤング率
エコセメント	45	168	373	784	970	0.75	0.2A	20.6	8.2	39.2	2.5	4.2	3.24×10 ⁴
							0.1A	21.4	8.2				
普通セメント	37	178	481	655	1023	-	-	18.7	5.6	37.5	3.0	4.7	2.86×10 ⁴

1A=C×0.003%

キーワード 非硬化型連続炭素繊維、エコセメント、グリッドシステム

連絡先 〒812-8581 福岡市東区箱崎 6-10-1 九州大学大学院 工学研究院 建設デザイン部門 Tel 092-642-3309

3. 試験結果および考察

(1) ひび割れ性状

図-2 にひび割れ図を示す。これより、全試験体ともせん断補強筋位置(図中の点線)にひび割れが発生しており、また同様のひび割れ性状を示していることがわかる。なお、破壊形態はコンクリート上縁の圧壊であった。また、Type A, B と Type C とを比較すると、前者の方が荷重点の外側にもひび割れが発生している。これは、UCCF は鉄筋と違い、それ自体の付着力は小さくグリッドにより機械的付着を与えていること、また前者の方の変形量が多いことが原因であると考えられる。

(2) 変形状

図-3 に荷重-変位(スパン中央位置)関係を示す。これより、補強材に UCCF を用いた Type A, B は初期ひび割れ発生後に剛性が低下し、その後も直線的に増加した。また、Type C の RC はりは鉄筋降伏先行型の破壊形態を呈した。昨年度の実験より、はりの破壊に至る前にグリッドが破壊した場合、主筋の引込みが発生し変位の増加にともない荷重が低下する現象が数回繰返されて、はりの破壊に至ったが、本試験では主筋の引込みも起こらず直線的に荷重、たわみともに増加した。これは、グリッドによるコンクリートと UCCF との付着特性が良好であったためであると考えられる。

(3) 耐力評価

表-4 に最大荷重、ひび割れ発生荷重を示している。同表中の設計値は、表-2、表-3 に示す値を用いて算定した。これより、最大荷重の実験値と設計値の比は 1 程度であり、補強材に UCCF を用いたコンクリートはりも主筋に十分な付着力を確保すれば、耐力を評価できることがわかった。また、本試験では最大荷重時に UCCF は破断していないが、設計荷重に対して十分な安全率を確保すれば、最適な UCCF 補強筋量を決定することが可能となると考えられる。

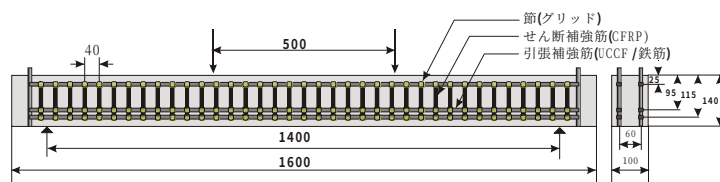


図-1：試験体概略図

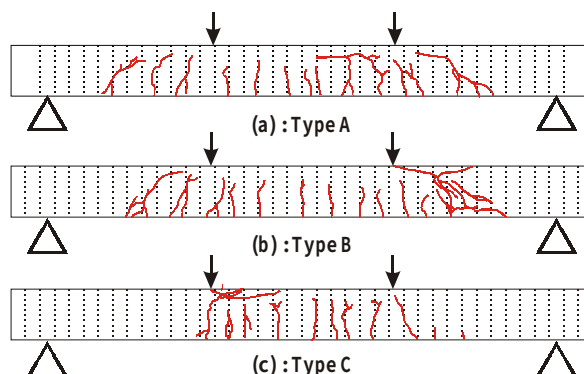


図-2：ひび割れ図

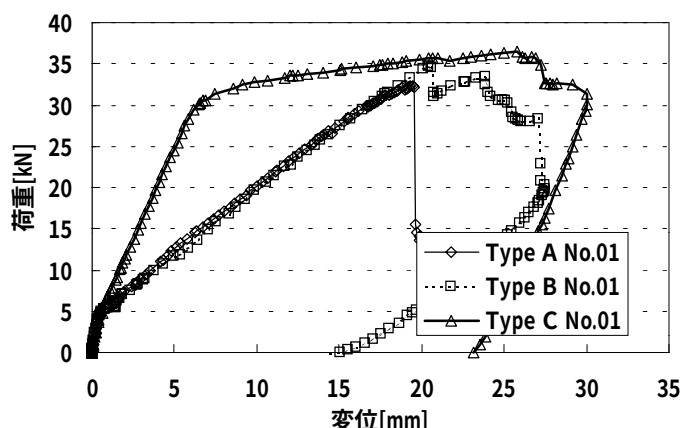


図-3：荷重-変位関係

表-4：耐力評価

Type	No.	設計値		実験値 最大 Pu' [kN]	Pu'/Pcr	Pu'/Pu	破壊形態
		ひび割れ Pcr [kN]	最大 Pu [kN]				
A	1	3.7	33.4	32.4	8.76	0.97	コンクリート圧壊
	2			38.3	10.35	1.15	
B	1	4.5	32.2	34.7	7.71	1.08	
	2			36.3	8.07	1.13	
C	1	4.9	30.6	36.5	7.45	1.19	
	2			36.0	7.35	1.18	

4. まとめ

本研究では、(1)エコセメントコンクリートの適用、(2)UCCF の補強材への適用、の 2 点に着目した種々の試験を行った。それらの結果は、以下のようにまとめられる。

- UCCF, CFRP の引張試験により、その引張特性を明らかにした。
- エコセメントの配合選定試験により、良好なフレッシュ性状および普通セメントを用いたコンクリートと同等の力学特性を有する配合を選定した。
- はり試験により、コンクリートにエコセメントを、補強材に UCCF を用いた場合とも、RC はりの力学性状に比べて大きな差は見られず、両者を組合せたコンクリート部材は適用可能であることがわかった。