UFC合成RC柱部材とRC柱部材の破壊メカニズムと

変形性能に関する実験研究

日大生産工(院) 〇室橋 竜太 日大生産工 水口 和彦 日大生産工 阿部 忠 日大生産工 櫻田 智之 太平洋セメント 川口 哲生

1. はじめに

近年、橋梁建設においては施工の合理化・ 省力化、コストの縮減を図ることが重要な課 題となっている。その対策の一つとして、場 所打ちコンクリート型枠の取り外しの工程を 省略し、型枠とコンクリートを一体化するこ とで型枠施工の省力化を目的とした超高強度 繊維補強コンクリート(UFC)を用いた埋設型 枠(以下 UFCパネル)工法が提案されている^{1,2)}。 UFC は、セメント系材料に鋼繊維を混入した ものであり、圧縮強度が 200N/mm²を有する。 また、通常の高強度コンクリートに比べ、じ ん性にも優れた構造材料³⁾であることから、耐 荷力性能の向上が期待できる。

そこで本研究では、帯鉄筋間隔の異なる同 ー寸法のUFC合成RC柱部材および通常のRC 柱部材を作製し、直下型地震の特徴⁴⁾のひとつ である上下動の揺れ,すなわち軸力に対する 検討を行うことを目的として軸圧縮力載荷実 験を行い、帯鉄筋間隔が変形性状、破壊メカ ニズムおよび圧縮耐荷力に及ぼす影響を考察 するとともに、UFC 合成 RC 柱部材の実用性 に関する検討を行った。

2. 実験概要

2.1 使用材料

(1)RC柱供試体

RC 柱供試体のコンクリートには、ポルトラ ンドセメントと 5mm 以下の砕砂、5mm~20mm の砕石(JIS-A5005) を使用し、コンクリートの 設計基準強度は 36N/mm²とした。

ここで、コンクリートの示方配合⁵⁾を表-1
 に示す。また、鉄筋は主鉄筋に SD345A,D10、
 帯鉄筋に SD345A,D6 を用いた。
 (2)UFC合成RC柱供試体
 UFC 合成 RC 柱供試体のコンクリート部に



Experimental study on failure mechanism and deformation property of UFC-RC composite and RC column members

Ryuta MUROHASHI,Kazuhiko MINAKUCHI,Tadashi ABE, Tomoyuki SAKURADA and Tetuo KAWAGUCHI

表-1 コンクリートの示方配合表

/#+⇒+>/+-	スランプ	空気量	W/C	S/a		水
供訊件	(cm)	(%)	(%)	(%)		(kg/m ³)
RC	18	4.5	49.4	51.7		166
UFC-RC	15	4.5	45.0	47.0		160
	セメント	細骨材	粗骨材		混和剤	
	普通	砕砂	20mm	レオピルド	マイクロエア	SF500S
	(kg/m^3)	(kg/m^3)	(kg/m^3)	(kg)	(ml)	(kg/m ³)
RC	336	953	865	2.18	13	
UFC-RC	356	838	949			3.03

2.85g/cm³)および鋼繊維(密度 7.85g/cm³)とした。鋼繊維は、直径 0.2mm、長さ 15mm を体積比 2.0%使用した。プレミックス材料は、セメント、シリカフューム、硅石粉末などが最密充填されるように配合されており、粗骨材は使用せずに最大粒径 2mm の硅砂を混合した。混和剤使用量は、目標フロー値を 240mm として決定した。ここで、コンクリートの示方配合を表-1 に示す。また、鉄筋は RC 柱供試体と同様とし、主鉄筋に SD345A,D10、帯鉄筋に SD345A,D6 を用いた。

2.2 供試体寸法および鉄筋配置

(1)RC 柱部材

RC柱部材の供試体およびコア寸法は、現行 コンクリート標準示方書の基準⁶に基づき製 作し、それぞれ150×150×600mm、110×110mm とした。公称帯鉄筋間隔は200mm、150mm、 100mm、75mmの4種類とし、各1本ずつ作製 した。供試体名称は、それぞれRC-P200、 RC-P150、RC-P100、RC-P75とする。ここで、 RC柱部材の寸法および鉄筋配置を図-1(1)に

示す。

(2) UFC合成RC柱部材

UFC 合成 RC 柱部材の供試体寸法は、外寸 150×150×600mm の箱型形状とし、UFC パネ ルは厚さ 15mm とした。次に、RC 部は現行 コンクリート標準示方書の基準に基づいて製 作し、RC 部寸法は 120×120×600mm、コア寸 法を 110×110mm とした。また、公称帯鉄筋間 隔は RC 柱部材と同様の4 種類とし、供試体 はそれぞれ2本作製した。供試体名称は、そ れぞれ UFC-P200、UFC-P150、UFC-P100、 UFC-75 とする。ここで、UFC 合成 RC 柱部材 の寸法および鉄筋配置を図-1(2)に示す。

2.3 荷重載荷方法

軸力載荷実験には、載荷能力 5000kN の圧 縮試験機を用いた。載荷方法は、軸力方向に 荷重を 20kN ずつ増加させる段階載荷とした。 また、500kN ごとに荷重を 0kN に減少させる 包絡荷重として供試体が破壊に至るまで荷重

表-2 最大耐荷力および耐荷力比

供試体	最大耐荷力 (kN)	平均最大 耐荷力 (kN)	耐荷力比	
RC-P200	1225.3		_	
RC-P150	1286.6	-	1.05	
RC-P100	1372.2		1.12	
RC-P75	1507.1		1.23	
UFC-P200_1	1419.1	1419 5	—	
UFC-P200_2	1417.9	1410.3		
UFC-P150_1	1425.2	14126	1.00	
UFC-P150_2	1400.1	1412.0		
UFC-P100_1	1425.4	1422.9	1.00	
UFC-P100_2	1420.2	1422.8		
UFC-P75_1	1475.4	1497.6	1.05	
UFC-P75_2	1499.7	1407.0		

の増減を繰り返し行った。

3. 実験結果および考察

3.1 実験最大耐荷力

実験より得られた各供試体の最大耐荷力、 平均最大耐荷力および耐荷力比を表-2 に示す。 同表より、RC 柱部材供試体の最大耐荷力は、 RC-P200 で 1225.3kN、RC-P150 で 1286.67kN、 RC-P100 で 1372.2kN、RC-P75 で 1507.1kN で あった。ここで、RC-P200 を基準として耐荷 力を比較すると、RC-P150、RC-P100、RC-P75 でそれぞれ 1.05、1.12、1.23 倍の耐荷力の増加 がみられた。

次に、UFC 合成 RC 柱供試体の平均最大耐 荷力は、UFC-P200 で 1418.5kN、UFC-P150 で 1412.7kN、UFC-P100 で 1422.8kN、UFC-P75 で 1486.6kN であった。RC 柱部材同様に、 UFC-P200 を基準として耐荷力の比較を行う と、UFC- P150、UFC-P100、UFC-P75 でそれ ぞれ 1.00、1.00、1.05 倍となった。

RC 柱部材では主鉄筋と帯鉄筋の格子効果 によって横拘束を与えることで、より高い耐 荷力に繋がる。しかし、UFC 合成 RC 柱部材 においては、各供試体ともに耐荷力はほぼ一 定の値となっており、本実験の範囲内におい ては、帯鉄筋間隔の違いが耐荷力に及ぼす影 響は見られなかった。

3.2 係数を適用した耐荷力の比較

RC 柱と UFC 合成 RC 柱との耐荷力の比較 を行うに当たっては、コンクリートの圧縮強 度の違いを考慮する必要がある。そこで本実 験では、コンクリートの圧縮強度の違いを補 正係数 γ(γ=UFC 合成 RC 柱の圧縮強度/RC 柱

供試体	コンクリート 圧縮強度 (KN)	平均最大耐荷力 (kN)		補正最大 耐荷力 (KN)	耐荷力比 (UFC/RC)
RC-P200		1225.3		931.2	
RC-P150	55.3	1286.6		977.8	
RC-P100		1372.2		1042.9	
RC-P75		1507.1		1145.4	
UFC-P200_1		1419.1	1418.5	_	1.52
UFC-P200_2	42.3	1417.9			
UFC-P150_1		1425.2	1412.6		1.44
UFC-P150_2		1400.1			
UFC-P100_1		1425.4	1422.8		1.36
UFC-P100_2		1420.2			
UFC-P75_1		1475.4	1487.6	—	1.20
UFC-P75_2		1499.7			1.50

表-3 補正最大耐荷力表

部材の圧縮強度=42.3/55.3=0.76)として算出し、 実験より得られた RC 柱供試体の耐荷力に補 正係数 γ を乗じたものを補正耐荷力と定義し て評価することとした。ここで、算出した結 果を表-3 に示す。同表より、RC 柱供試体よ り得られた補正耐荷力とUFC 合成 RC 柱との 耐荷力を比較すると、合成構造とすることで 耐荷力は 1.30~1.52 倍の向上がみられた。

3.3 破壞形状

本研究では、帯鉄筋間隔の異なる4種類の 供試体に中心軸圧縮実験を行い、帯鉄筋間隔 の違いが破壊様式に及ぼす影響を検討する。 (1)RC 柱供試体

実験より得られた RC 柱部材供試体の破壊 様式を図-3 に示す。同図より、各供試体のか ぶりコンクリートのはく離は、帯鉄筋間隔が 拡くなるにつれて激しくなっており、供試体 RC-P200、RC-P150 では、有効断面が深く欠損 している。最終的な破壊は主鉄筋の座屈によ るコア・コンクリート部分の脆性的な斜めひ び割れ破壊となった。この破壊形状は、せん 断耐力が十分に確保されていない場合に発生 するものである。このことより、座屈した主 鉄筋には帯鉄筋間隔が150mm以上の中間間隔 の場合には帯鉄筋と間のコア・コンクリート の定着がなされておらず側圧が有効に作用し ていないものと考えられる。

次に、供試体 RC-P100、RC-P75 では、かぶ りコンクリート部分のはく落は広範囲にわた って見られるものの、コア・コンクリート部 分での斜めひび割れは生じておらず、終局時 においてもコア内部はかなり密な状態を保っ ている。したがって、帯鉄筋間隔を密にする ことによって横拘束の効果が発揮され、じん 性向上の役割を担わせることができる。

(2)UFC 合成 RC 柱供試体

実験より得られたUFC合成RC柱供試体の 破壊様式を図-4に示す。

同図より、各供試体の破壊モードはRC柱供 試体と同様の傾向となっている。UFC-P200、 UFC-P150では、RC部分の主鉄筋の局部座屈 に伴う脆性的な破壊によりUFCパネルが広範



(1)RC-P200 (2)RC-P150 (3)RC-P100 (4)RC-P75図-3 破壊形状(RC柱)



(1) UFC-P200



 (2) UFC-P150
 (3) UFC-P100

 図-4 破壊形状(UFC 合成 RC 柱)



(4) UFC-P75

囲にわたりはく離している。

次に UFC-P100、UFC-P75 では、コア内部 に斜めひび割れは見られず、終局時における UFC パネルと RC との付着も比較的良好であ る。

3.4 荷重と主鉄筋、帯鉄筋のひずみの関係

荷重と主鉄筋および帯鉄筋のひずみの関係 を図-5(1)、(2)に示す。

(1)主鉄筋ひずみ

図-5(1)より、RC 柱部材および UFC 合成 RC 柱部材の主鉄筋のひずみは、各供試体ともに 荷重の増加に対し線形的なひずみの増加がみ られる。RC 柱部材では、帯鉄筋間隔が拡くな るに伴ってひずみの増加傾向が大きくなって いるが、終局時のひずみは帯鉄筋間隔が密に なるほど大きな値を示している。一方、UFC 合成 RC 柱部材では、帯鉄筋間隔の違いに関 わらず、各供試体ともに同様の変形を示して いるが、RC 柱部材に比してひずみの増加が少 ない。これは、高い圧縮強度を有する UFC 材 による影響と考えられ、UFC 材により軸力に 対する変形が抑制されたためである。 (2)帯鉄筋ひずみ

図-5(2)より、RC 柱部材および UFC 合成 RC 柱部材の帯鉄筋のひずみは、各供試体ともに 荷重の増加に対して線形的なひずみの増加が みられ、帯鉄筋間隔が拡がるにつれてひずみ の増加傾向が大きくなっていることがわかる。 これは、帯鉄筋を密にした場合、荷重増加に よるコア・コンクリートの膨張を複数の帯鉄 筋が共働して抑制することから、分散効果が 発揮されてひずみの増加が抑制されたものと 考えられる。

4. まとめ

- ①耐荷力からは、RC 柱供試体では帯鉄筋間隔の縮小に伴い線形的な増加がみられるが、 UFC 合成 RC 柱供試体では、帯鉄筋間隔の 違いによる耐荷力の差は見られない。
- ②破壊モードでは、RC 柱、UFC 合成 RC 柱 供試体ともに比較的類似した破壊を示して おり、帯鉄筋間隔が大きい場合には、主鉄 筋の座屈に伴う脆性的な破壊が見られた。
- ③荷重と主鉄筋ひずみの関係より、RC 柱供試体では、帯鉄筋間隔が密になるにつれて主鉄筋降伏後も大きな変形を呈していることから、帯鉄筋間隔を小さくすることでじん性能の向上が図れる。一方、UFC 合成 RC



図-5 荷重とひずみの関係

柱供試体では、帯鉄筋間隔の違いに関わら ず同様の変形が見られた。

④コンクリートの圧縮強度の違いを補正係数 として適用した RC 柱の補正耐荷力と UFC 合成 RC 柱との耐荷力を比較した結果、UFC で合成構造とすることで 1.30~1.52 倍の耐 荷力の向上が確認された。

参考文献

- 1) 土木学会: 超高強度繊維補強コンクリートの設計・施工指針(案) (2007)
- 2) 牧隆輝ほか: RPC 製埋設型枠を用いた RC はりの載荷試験、コンクリート工学年次論 文報告集、Vol.22、No.1、pp289-294 (2002)
- 3) 社団法人日本コンクリート工学協会:高靱 性セメント複合材料を知る・作る・使う、 高靱性セメント複合材料の性能評価と構造 利用研究委員会報告書、pp.4-49 (2002)
- 片山恒雄:阪神大震災報告,土木構造物の 被害,第一章 橋梁,土木学会,(1996)
- 5) 日本道路協会:道路橋示方書・同解説 I, IV(2002)
- 6) 土木学会: コンクリート標準示方書 (2007)