



Title	打込み型枠と横補強材を兼ねた炭素繊維成形管を用いた合成RC柱の耐震性能に関する実験的研究
Author(s)	山川, 哲雄; 仲, 鵬; 渡嘉敷, 貴之
Citation	琉球大学工学部紀要(55): 9-16
Issue Date	1998-03
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/5453
Rights	



打込み型枠と横補強材を兼ねた炭素繊維成形管を用いた 合成RC柱の耐震性能に関する実験的研究

山川 哲雄* 仲 鵬** 渡嘉敷 貴之**

Seismic Performance of Hybrid R/C Columns Laterally Confined
by Carbon Fiber Reinforcing Plastic Tube Which Has
the Dual Function of Stay-in-place Formwork and Transverse Reinforcement

Tetsuo YAMAKAWA*, Peng ZHONG** and Takayuki TOKASHIKI**

Abstract

This paper summarizes test results and discusses the earthquake-resisting performance, such as lateral strength, ductility and energy absorption capacity, of R/C columns laterally confined by carbon fiber reinforcing plastic tube, namely CFRP tube. The CFRP tubes have the dual function of stay-in-place formwork and transverse reinforcement. In addition to above dual function, CFRP tube is light and is hardly likely to corrode, namely its durability is superior. As the transverse bending stiffness of the wall of CFRP square tube is likely to be lack, it must be examine that transverse expansion or deflection happen or do not due to lateral pressure by fresh concrete under construction of test specimens. However, circular CFRP tubes are not concerned with its problem. Although CFRP tubes are not structural members by themselves, they will turn into important seismic resistance member by the combination of CFRP tubes and conventional R/C columns.

Total four column specimens are provided and their column sections are square type only. The specimens whose sizes are 250 mm square and 1000 mm height are about one-third or half scale model. Therefore, shear span to depth ratio is 2.0. Concrete cylinder strength is about 32 MPa and longitudinal reinforcement ratio, namely, ratio of total area of longitudinal reinforcement to gross area of section in columns is 2.44% which is close to the upper limit. These R/C column specimens were tested under the combination of cyclic lateral forces and constant axial load in order to investigate their seismic behavior.

As a result of this study, the advantages of the CFRP tubes were recognized. Therefore, if the cost of the CFRP tube will be degraded in the near future, this proposed method will be widely accepted in the field of hybrid concrete structures.

Key words : carbon fiber, CFRP tube, confined concrete, formwork, hybrid members, R/C columns, seismic behavior, transverse reinforcement

1. 序

航空、船舶などハイテク産業やゴルフ、釣りなどレジャー産業に広く利用されていた炭素繊維またはアラミド繊維など新素材繊維がシート、ワイヤー、棒材などに加工され、建築及び土木構造物、とりわけ既存構造物の耐震補強にかなり利用される世の中になってきた[1][2]。そういう中であって、本研究は従来の鉄筋または新素材で棒状に製品化された主筋と、必要に応

じて帯筋を配筋した柱に打込み型枠（永久型枠）と横補強材を兼ねた連続繊維補強成形管（正方形、円形、長方形）を配置し、その中にコンクリートを打設した合成コンクリート柱の新たな提案である。特に本論ではその手始めとして、正方形の炭素繊維成形管（以後CFRP管と呼称する）を用いて従来の鉄筋コンクリート柱の合成構造化を試みたものである。すなわち、CFRP管は鋼管のようにそれ自身単独では構造部材になりえないが、コンクリート[3]、またはコンクリートと主筋、帯筋を併用することにより、すなわち合成構造化することにより優れた構造部材になりうる。

現在、コンクリート工事では大量消費型の合成ベンヤ板が型枠に利用され、地球温暖化の要因のひとつで

受理：1997年12月1日

* 環境建設工学科

(Dept. of Civil engineering and Architecture, Fac. of Eng.)

** 大学院工学研究科環境建設工学専攻

(Graduate Student, Div. of Graduate School,

Civil engineering and Architecture)

ある森林資源の大量伐採につながっている。その一方、型枠大工など技能を必要とする職人が確実に減少している。これらのことを考慮すると、コンクリート2次製品や連続繊維補強成形管を打込み型枠として利用するアイデアは今後ますます社会のニーズとして高まるものと思われる。さらに、CFRP管には横補強材として高い横拘束効果を期待できるので、高軸力と高せん断力に耐えられる耐震性能に富んだ合成柱の実用化が可能となる。また、これらの新素材は一般に軽いのでCFRP管の自重も軽量になり、それに必要な重機も不用となるので、施工の省力化が期待できる。さらにCFRP管は鋼管と異なり、腐食の心配がないので耐久性に富んでいる。ただし、これらの利点を生かし普及を促進させるためには、新素材のコスト低減も今後考えていかなければならない。

以上のような社会的背景と理由により、打込み型枠と横補強材を兼ねた正方形の炭素繊維補強成形管を用いた合成RC柱の弾塑性挙動に関する一定軸圧縮力下の正負繰り返し水平加力実験を行った。本実験は主に以下の2つの観点から行ったパイロット実験である。

- 1) 供試体製作時にフレッシュコンクリートの側圧で正方形CFRP管の壁面が外部にはらみ出すかどうかを、コンクリートの打設時に確認する。
- 2) 正方形CFRP管がRC柱の横補強材としての役割、すなわち横拘束効果とせん断強度の増大を十分はたしうるかどうかを検証する。

以上の2点が今回のパイロット実験で検証できたら、CFRP正方形および円形成形管で横補強されたRC柱の一定軸圧縮力下の正負繰り返し水平加力実験を中心とした系統的な実験計画を立案する予定である。

2. 柱試験体

柱試験体の一覧表を表一1に示す。柱試験体の正方形断面長さ及び高さは表一1に示すように250×250×1000mmで、せん断スパン比が大きく、主筋量が2.44%と多いわりには、軸力比が0.35と高く、帯筋比が0.43%とやや少ない傾向にあるので、基準RC柱試験体CR97A-S0は曲げせん断破壊しやすい、いわゆるねばりに欠けた柱である。このような基準RC柱試験体に対して、CFRP管で打込み型枠兼横補強材として利用した場合の試験体CC97-SD（帯筋あり）とCC97-SS（帯筋なし）を用意した。そのほかに鋼板で横補強した耐震補強試験体CR97A-DSを参考試験体として本報告に掲載した。これらのCFRP管や鋼板巻きは上下スタブとの間に10mmのクリアランスを設けるために、1000mmの柱の内り高さ（表一1、図一1参照）に対して約980mmの長さを採用した（図一1、表一3参照）。このような設計上の配慮はCFRP管や鋼板に

軸圧縮力を伝達させず、横補強材としての機能を十分確保するためである。

試験体CR97A-S0、CC97-SD、CR97A-DSは帯筋比が同一の試験体である。しかし、コンクリートの打設日と加力実験日の相違により、加力実験時のコンクリート強度（シリンダー強度 σ_H ）に若干の差異がある。しかし、この差異は2MPa程度であるから、加力実験結果に与える影響は無視できるものと思われる。

正方形炭素繊維成形管は、繊維目付300g/m²、設計厚さ0.167mmの炭素繊維シートを1周と1/4ずつずらしながら、5層フープ巻きして、柱高さ方向に200mmのラップをとりエポキシ樹脂で積層して製作された。炭素繊維シート1層当りと鋼板の各力学特性を鉄筋のそれとともに表一2に示す[2]。

表一1 正方形炭素繊維成形管を用いた試験体と鋼板巻き補強試験体一覧

試験体名	正方形断面 (250×250×1000mm)			
	基準RC柱 CR97A-S0	炭素繊維成形管 CC97-SD CC97-SS		鋼板巻き補強 CR97A-DS
試験体				
断面 (単位:mm)				
		炭素繊維 5層巻き		鋼板 (t=3.2)
軸力比	0.35			
主筋	12-D13 (Pg = 2.44%)			
帯筋	D6-@60 (Pw = 0.43%)	なし		D6-@60 (Pw = 0.43%)
せん断スパン比	M/(VD) = 2			
4週コンクリート強度	31.2MPa	31.9MPa		31.2MPa
実験時 コンクリート強度	31.4MPa	33.3MPa		31.4MPa
打設日	1997.6.21	1997.10.1		1997.6.21
実験日	1997.8.30	1997.11.8	1997.11.4	1997.9.4

表一2 炭素繊維シートと鋼板、鉄筋の力学的特性

	厚さまたは 断面積	$s\sigma_y$ (kgf/cm ²)	$s\epsilon_y$ (%)	sE (×10 ⁴ kgf/cm ²)	
炭素繊維シート (1層分)	0.167mm	35,500	1.5	2.35	
鋼板(CR97A-DS)	3.2mm	2,650	0.20	2.22	
鉄筋	D6 (帯筋)	32mm ²	3,960	0.22	1.88
	D13 (主筋)	127mm ²	3,680	0.21	2.07

3. コンクリート打設時のはらみ出しについて

炭素繊維成形管（CFRP管）は正方形で、かつ板としての面外曲げ剛性が鋼板より小さいと考えられるので、コンクリート打設時にフレッシュコンクリートの側圧によって面外にはらみ出す可能性がある。そこ

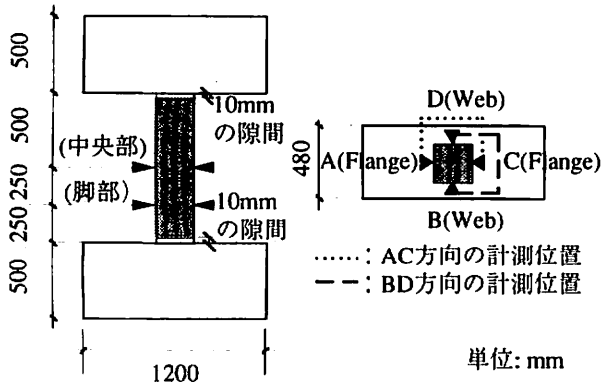


図-1 コンクリート打設時のCFRP管のはらみ出し量計測位置

で、表-1に示すCFRP管を用いた柱試験体CC97-SDとCC97-SSについて、コンクリート打設前と後で正方形CFRP管のはらみ出し量について計測した。その計測位置は図-1を参照されたい。計測結果を表-3に整理する。表-3によれば帯筋が配筋された試験体CC97-SDが、帯筋なしの試験体CC97-SSよりはらみ出し量が一般的に大きい。これらはコンクリート打設の際の木槌によるたたきすぎにより、脚部から150mm高さの位置でCFRP管のフランジ面に水平割れが生じたためと推定される。そのほかにも150から250mmの高さにかけて、CFRP管に同様ないくつかの水平ひび割れが発生している。これらがコンクリート打設の際のはらみ出し量の増大に関与しているものと思われる

表-3 コンクリート打設時における炭素繊維成形管のはらみだし量測定 (mm)

試験体	測定位置		(a)	(b)	(b)-(a)	中央部と脚部の差	外側断面幅	内側断面幅	厚さ	長さ	重量(kg)
			打設前	打設直後	はらみ出し量						
CC97-SD (帯筋あり)	Flange (A-C)	中央部	257.10	262.00	4.90	-	257.9	255.0	2.9	979	3.72
		脚部	257.40	-	-						
	Web (B-D)	中央部	258.50	263.20	4.70	1.90	259.7	257.0	2.7	980	3.92
		脚部	258.50	265.10	6.60						
CC97-SS (帯筋なし)	Flange (A-C)	中央部	259.00	260.80	1.80	2.90	259.7	257.0	2.7	980	3.92
		脚部	259.00	263.70	4.70						
	Web (B-D)	中央部	260.10	262.50	2.40	0.45	259.7	257.0	2.7	980	3.92
		脚部	260.50	263.35	2.85						

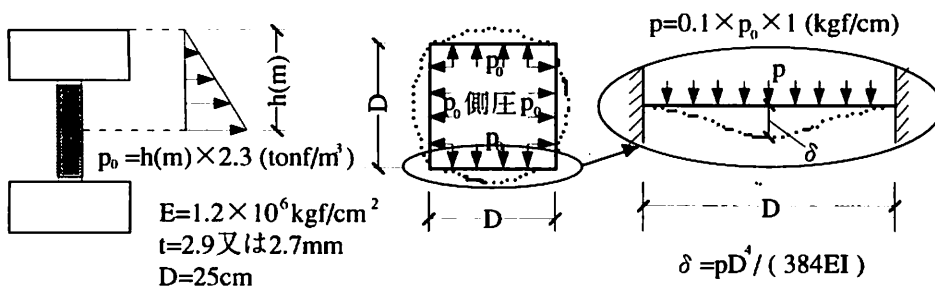


図-2 コンクリート打設時の側圧の仮定と梁理論の適用

る。一方、これらのはらみ出し量を簡単な計算で推測できるかどうかを検討するために、図-2のようにフレッシュコンクリートの側圧を仮定し、フープ方向にCFRP管から単位幅切り出し、等分布荷重を受ける両端固定梁とみなして解析する。CFRP管壁のヤング係数Eはエポキシ樹脂を考慮して $1.2 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$

表-4 はらみだし量の計算値と測定値の比較 (mm)

試験体	側定位置		測定値	計算値	測定値/計算値
CC97-SD (帯筋あり)	Flange (A-C)	中央部	4.90	1.73	2.83
		脚部	-	2.59	-
	Web (B-D)	中央部	4.70	1.26	3.73
		脚部	6.60	1.89	3.49
CC97-SS (帯筋なし)	Flange (A-C)	中央部	1.80	2.43	0.74
		脚部	4.70	3.74	1.26
	Web (B-D)	中央部	2.40	2.49	0.96
		脚部	2.85	3.71	0.77

と仮定し、梁の長さは柱のせいD (25cm) とし、柱せいは2.9と2.7mmを計算に用いた。ただし、反対側の中央のたわみ δ も同様に考えて、2倍の δ をはらみ出し量とする。

このようにして計算したはらみ出し量と計測値の比較を表-4に整理する。表-4より、帯筋なしの試験体CC97-SSに関しては測定値を計算値がほぼとらえている。しかし、帯筋ありの試験体CC97-SDは測定値が計算値より3倍前後大きい。これにはCFRP管の水平割れ等も少し影響しているものと考えられる。

4. 加力実験と考察

図-3に示すような加力載荷プログラムと建研式水平加力装置を用いて、一定軸圧縮応力 ($0.35\sigma_b$) と正負繰り返し水平力を与えた。水平加力はひび割れが発生するまでは荷重制御により行い、ひび割れ発生後は柱の部材角Rを0.5%ずつ、同一振幅で3サイクルずつ正負繰り返しの変形制御で3%まで行った(図-3参照)。ただし、水平耐力が急激に低下した場合などは加力途中でも実験を終了することにした。

純粋なRC柱である基準試験体CR97A-S0の部材角R=0.5,1,2%時で、かつ3サイクル終了後のひび割れ状況を図-4に示す。主筋に沿った付着割裂ひび割れが先行したせん断ひび割れの傾向を示している。この基準試験体は主筋が多い割には横補強が帯筋のみで十分

でないで、R=1%で最大水平耐力に到達した後、部材角がさらに増大するにつれて水平耐力が急激に低下してきたので、R=2%で加力実験を終了した。この試験体はせん断破壊と判断した。加力実験終了後、CFRP管や鋼板を剥いて観察したひび割れ図を残りの3試験体について図-4に示す。図-4より、帯筋が配筋されていないCFRP柱試験体CC97-SSのみが、主筋に沿ったひび割れが大きく生じていた。このことより、主筋の付着すべりが一部生じた恐れがある。しかし、CFRP管または鋼板で横補強した試験体は、図-5に示すように水平耐力の劣化がほとんど見られない。これは図-5に併記した柱試験体材軸上の平均伸縮ひずみ ϵ_v と部材角Rの関係をみても明らかである。基準RC柱試験体CR97A-S0は水平繰り返し回数が増大する

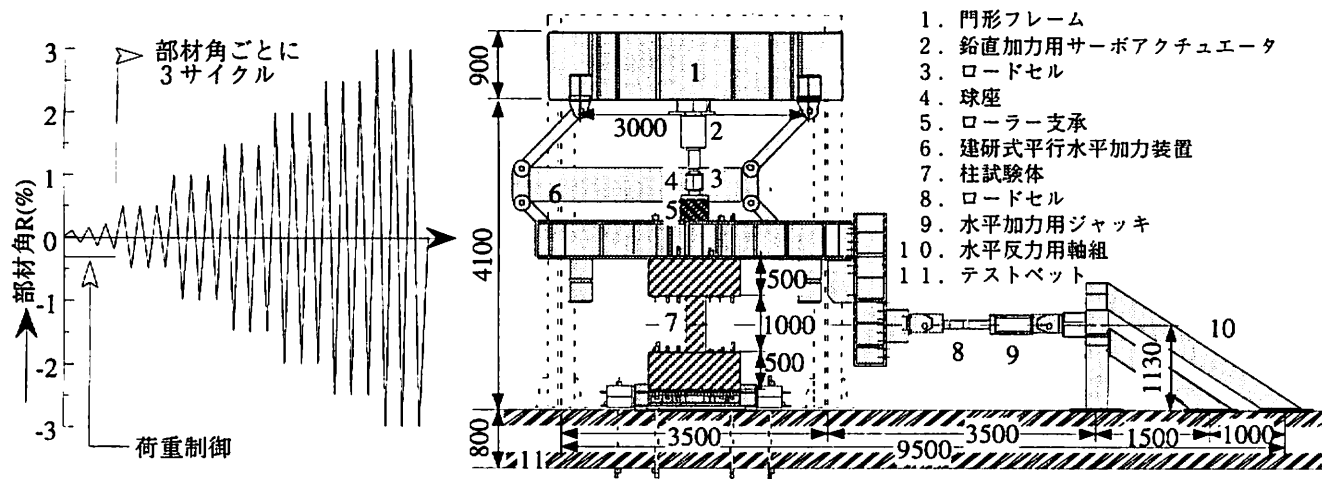
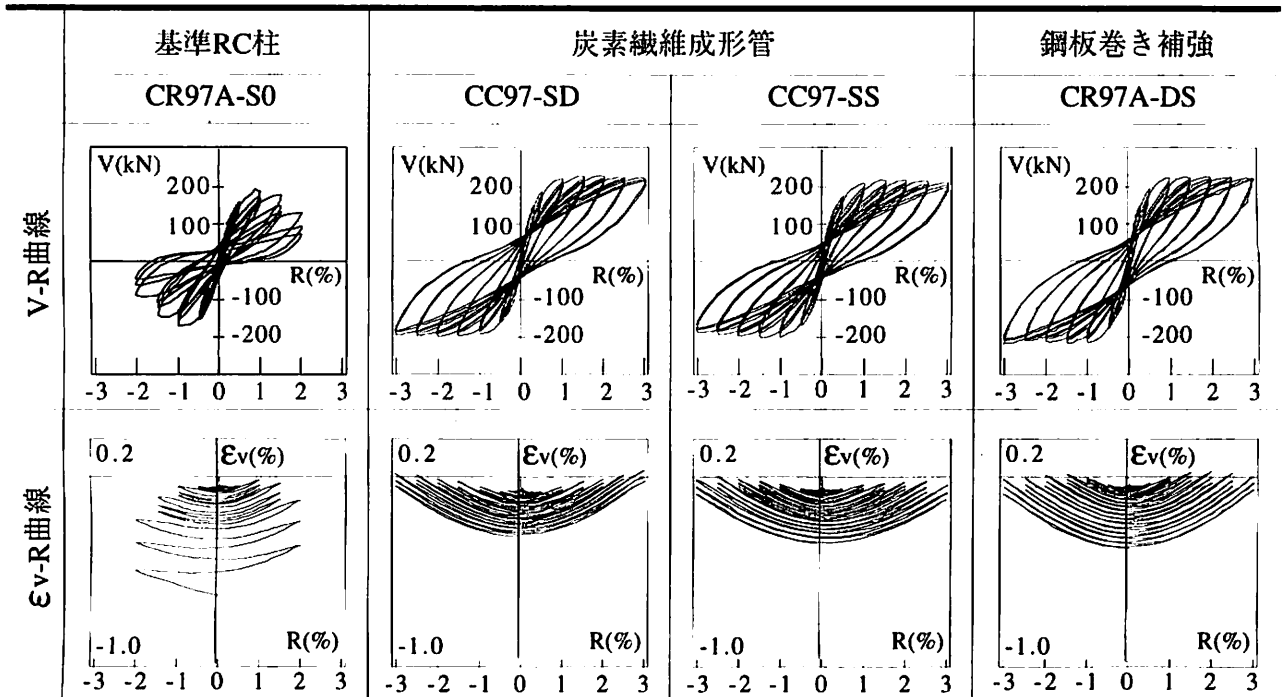


図-3 加力載荷プログラムと建研式加力装置 (単位: mm)

	基準RC柱 CR97A-S0						炭素繊維成形管				鋼板巻き補強	
	R=0.5%		R=1%		R=2%		CC97-SD 実験終了後		CC97-SS 実験終了後		CR97A-DS 実験終了後	
	南	北	南	北	南	北	南	北	南	北	南	北
WEB												
FLANGE												

注) CFRP成形管及び鋼管巻き補強試験体は加力実験終了後CFRP管や鋼板を剥いて観察したひび割れ図である。

図-4 各柱試験体のひび割れ図



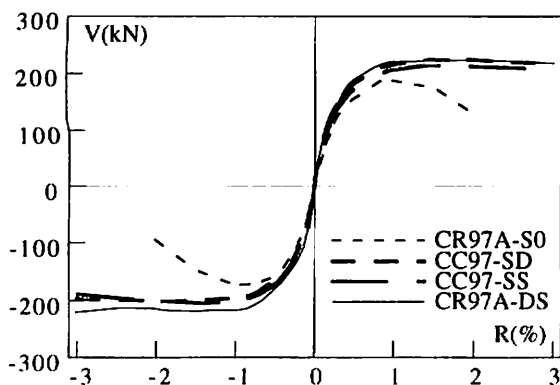
図一五 各試験体のV-R曲線と ϵ_v -R曲線 (実験結果)

とともに、 ϵ_v が圧縮側に増大し、かつ部材角Rが増大しても平均圧縮ひずみ ϵ_v が正側、すなわち引張側におしもどすような現象はあまり見られない。このことは水平耐力の劣化を意味しており、柱が活力を失いつつあることを意味している。その点、CFRP管または鋼板巻きで横補強した柱試験体とは対照的である。

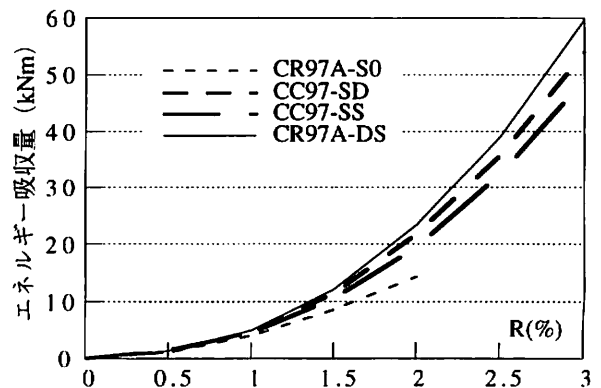
このことの理解をさらに深めるために、図一六にスケルトンカーブの比較と、図一七に累積エネルギー吸収量の比較を実験結果として示す。図一五～七より、基準RC柱試験体CR97A-S0は曲げ降伏後のせん断破壊の様相を示し、ねばりに欠けた状態を示している。また、図一七の累積エネルギー吸収量の比較からも、この基準RC柱試験体のエネルギー吸収量は最低である。さらに、帯筋が配筋されていないCFRP柱CC97-SSのエネルギー吸収量もやや少ない。これは前述したように、図一五の履歴曲線では定量的に把握できなかったが、主筋の付着すべりの若干の影響が図一七で

は表現されたものと思われる。帯筋を配筋した柱試験体CR97A-DSとCC97-SDでは、CR97A-DSが若干耐震性能を上回っているが、これはコンクリートの打設の際に木槌のたたきすぎでCFRP管に水平割れやひび割れを生じさせたためと推定される(3節参照)。

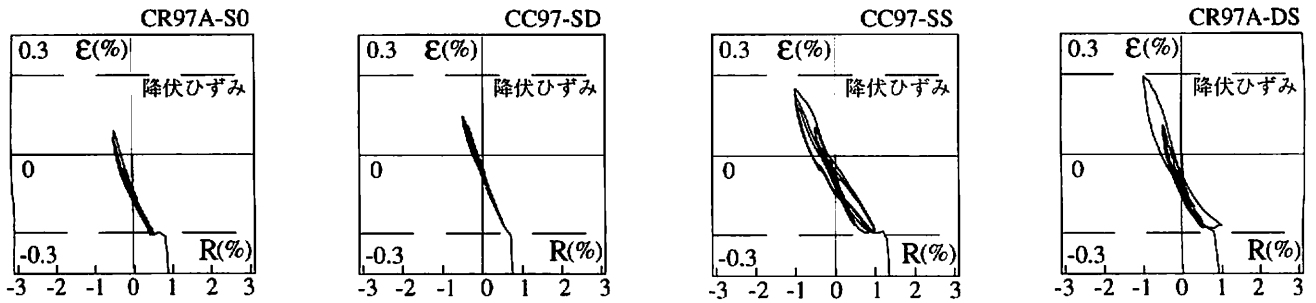
柱端隅角部における主筋のひずみと部材角の関係を図一八に示す。図一八によればいづれの主筋も降伏していることがわかる。このことにより、基準RC柱試験体CR97A-S0は曲げ降伏後のせん断破壊と推定することができる。図一九に柱中央部と端部(材端部から140mm下がった位置)のフランジ中央位置におけるCFRP管とフープ方向のひずみを示す。材端部のひずみが中央部のそれより3倍程度大きく、CFRP管で最大2500 μ 程度引張りひずみが生じているが、鋼板巻きの場合はその1/3にほぼ等しい800~1000 μ 程度である。このことによりCFRP管が横補強材として機能していることがわかる。しかし、この最大ひずみレベルは炭



図一六 スケルトンカーブの比較 (実験結果)



図一七 累積エネルギー吸収量の比較 (実験結果)



図一八 柱端隅角部の主筋のひずみと部材角の関係 (実験結果)

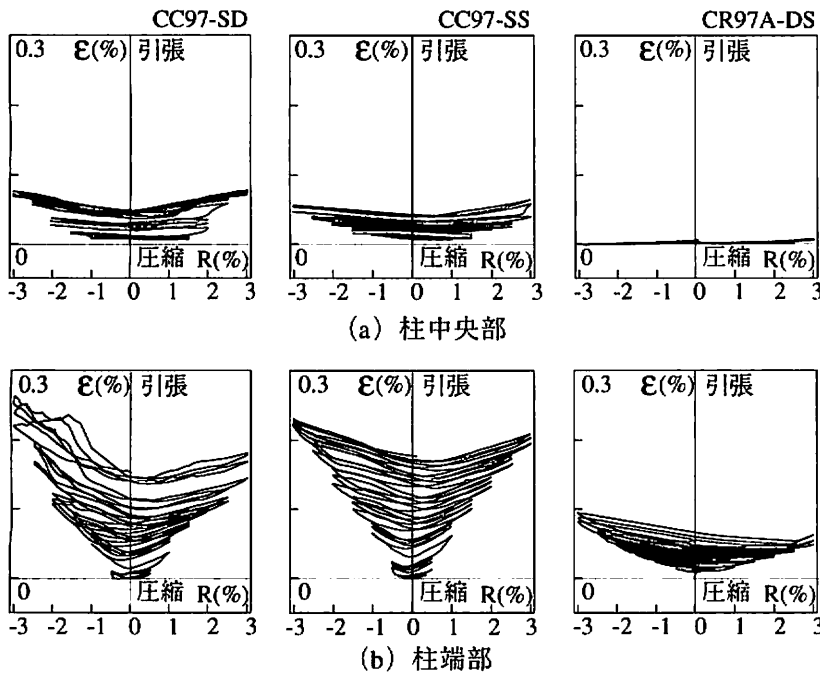
素繊維シートの破断ひずみの約1/6に相当する。参考までに図一10に柱中央部フランジ位置における帯筋のひずみを示す。鋼板やCFRP管のようにコンクリートを包む外皮の剛性が大きいほど、帯筋のひずみが小さいことがわかる。

しかし、CFRP管や鋼板で横補強すると図一12に示すようにせん断耐力が計算上急激に上昇し、曲げ耐力をはるかに上回ることになる。その結果、曲げ破壊が先行し、曲げ圧壊しない限り、ねばりが確保される

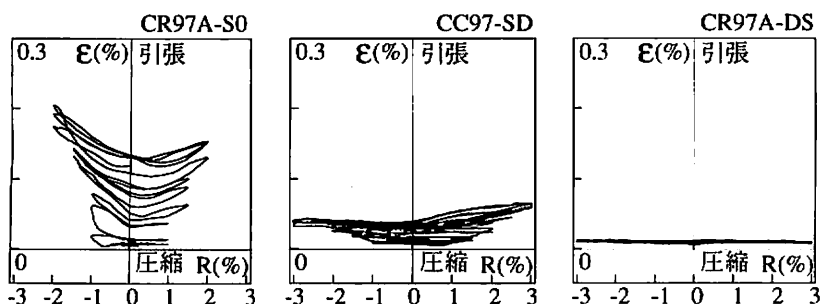
ことになる。このことは図一5に示したV-R曲線や、図一6に示したスケルトンカーブからも明白である。

本実験で用いたCFRP管は炭素繊維シートを5層巻いて、製作されているので、炭素繊維量が多すぎるきらいがある。一方、炭素繊維シートにプレテンションを与えてCFRP管を製作することも考えられる。または、折板シェル構造の力学特性に注目し、蛇腹正方形成形管[4]の開発も考えられる。打込み型枠兼横補強材としてさらに効率のよい、望ましいCFRP管または

CFRP膜の製法に関しては、円形成形管(膜)とともに技術開発を行う必要がある。しかし、今回のパイロット実験でコンクリートの打設時にその側圧によってはらみ出しが正方形CFRP管の場合若干生じる問題が生じたけれども、横拘束効果に関しては鋼管なみに期待でき、その結果せん断耐力とねばりを大幅に増大させることが明らかになった。



図一九 柱中央部と端部(端部から140mmの位置)のフランジ中央位置におけるCFRP管と鋼板のフープ方向ひずみ



図一10 柱中央部フランジ中央位置における帯筋のひずみ

5. 理論的検討

断面の平面保持を仮定したfiberモデルによる柱試験体の弾塑性解析を行い、実験結果と比較する。そのためには、まず横拘束されたコンファインドコンクリートの構成則を求める必要がある。帯筋や鋼板に関しては従来から常用してきたMander[5]や松村[6]らの構成則を利用し、両者を併用する場合には両者の単純累加で求めてきた[7]。しかし、CFRP管に関しては炭素繊維シートに関して定式化された川島らの構成則[1]をそのまま用いる。これらの式をCFRP管に適用するにあたっては、フープ方向に炭素繊維シートが5層巻きされ、かつエポキシ樹脂で成形管化されているが、エポキシ樹脂を無視して、炭

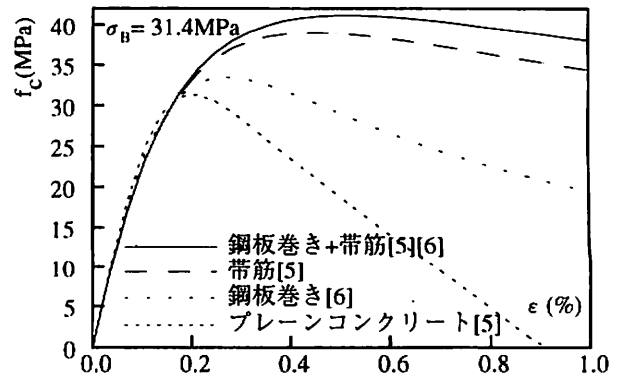
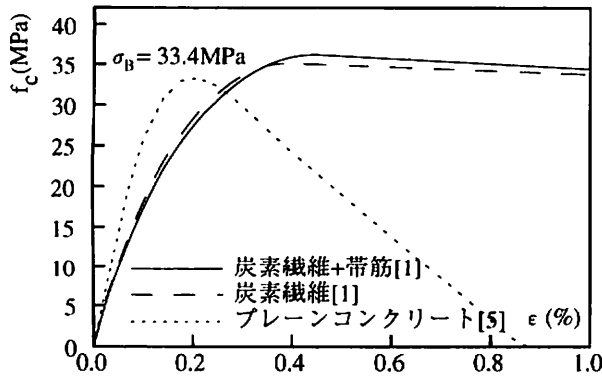


図-1 1 コンファインドコンクリートの $\sigma - \epsilon$ 関係 (計算結果)

素繊維シートの5層巻きとして単純に取り扱う。かつ、計算断面は全試験体とも250×250mmの正方形で計算する。コンクリートの構成則に関する計算結果を図-1 1に示す。CFRP管で横拘束したコンファインドコンクリートの初期剛性と水平強度は、計算上帯筋や鋼板のそれに比較すると小さいが、帯筋や鋼板よりじん性にやや秀でている。CFRP管による初期剛性がプレーンコンクリートの初期剛性より解析モデル上小さいことは、文献[1]と[5]による構成則の相異によるものであるが、これは今後の検討課題である。

CFRP管が柱のせん断強度の増大に及ぼす効果については、鋼板巻き補強と同様にトラス効果として益尾の方法[8][9]で組み入れる。アーチ効果に用いるコンクリート強度に関しては、横拘束効果を考慮していな

いシリンダー強度 σ_b を用いるか、横拘束効果を考慮したコンファインドコンクリートの最大強度を用いるか議論の別れるところである。せん断破壊は通常ひずみレベルが小さいところで起こる破壊現象である。しかし、このひずみレベルをクリアーしても本試験体の場合せん断破壊が生じないとすれば、横拘束効果によりせん断強度が上昇したことになる。したがって、このような場合にはアーチ効果にも横拘束作用によるコンクリート強度上昇効果を組み入れた方が望ましいと考えられるので、本計算ではこれを考慮した。fiberモデルを利用した解析の詳細については文献[10]を参照されたい。図-1 2～1 5より実験結果が計算結果でもほぼ裏づけられ、CFRP成形管で横補強することにより、せん断耐力の増大とじん性の増大を確保できる

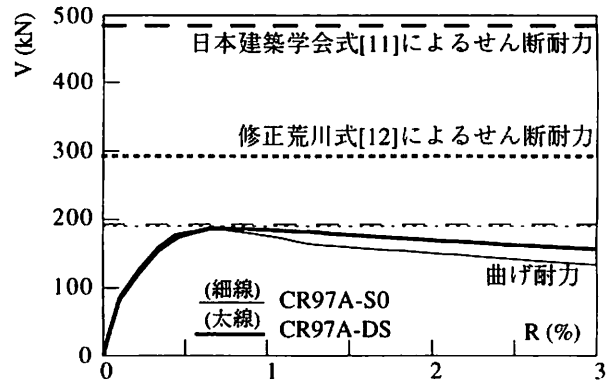
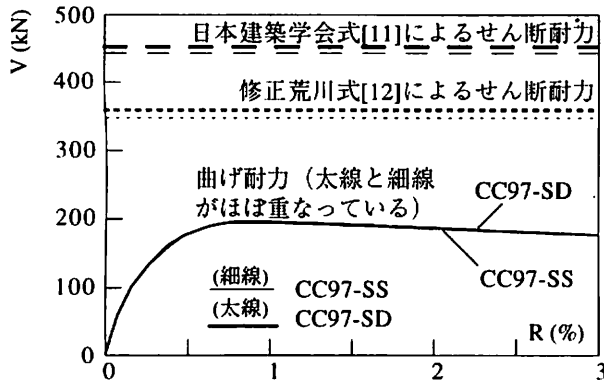


図-1 2 せん断耐力と曲げ耐力に関する計算結果の比較

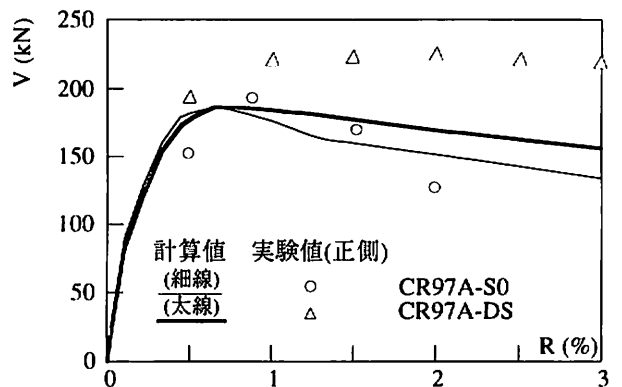
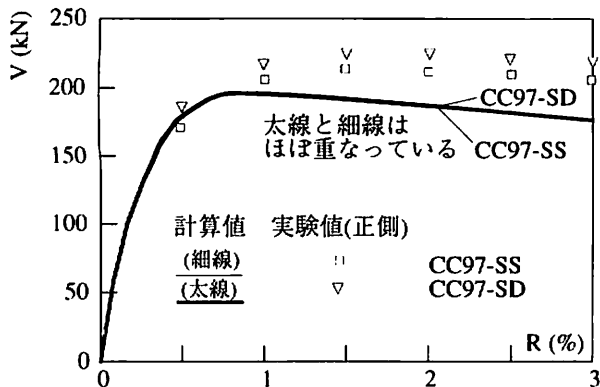
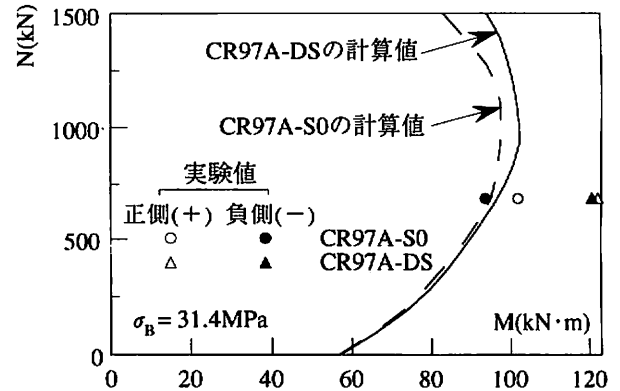
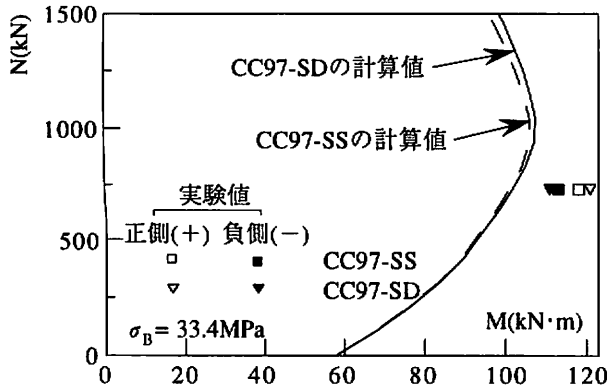
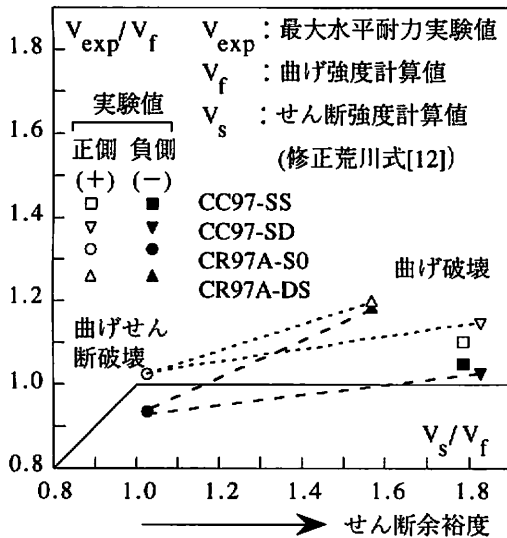


図-1 3 曲げ耐力に関する計算結果と実験結果の比較



図一14 N-M相関曲線に関する計算結果と実験結果の比較



図一15 せん断余裕度と破壊モード

見通しが得られた。

謝辞

CFRP管は著者の1人である山川の提案により、急遽試作していただいたものであり、その労をとられた新日鐵化学(株)に厚くお礼を申し上げます。本研究は本学環境建設工学科4年次宮城佳之君の1997年度卒業研究である。

参考文献

[1] 細谷学, 川島一彦, 星隈順一: 炭素繊維シートで横拘束されたコンクリート柱の応力度-ひずみ関係, 東京工業大学地震工学研究グループ, TIT/EERG 96-2, 1996.8
 [2] 東燃株式会社: トウシート工法技術資料, トウシート事業部, 1996.9
 [3] Seible, F., 他4名: The Carbon Shell System for Modular Short and Medium Span Bridges, International Composites EXPO 97, 1997.1
 [4] 越智英明, 富井政英: 蛇腹鋼管で横補強されたRC柱の高軸力下における繰返し曲げせん断性状に関する実験的研究, 日本建築学会No.105, pp.21-114, 1995.4
 [5] Mander, J.B., Priestley, M.J.N. and Park, R.: Theoretical Stress-Strain Model for Concrete, ASCE Journal of Structural Engineering, Vol.144, No.8, pp.1804-1826, 1988
 [6] 松村弘道, 伊藤茂樹: 角型鋼管に充填されたコンクリートの圧縮強度, 日本建築学会大会学術講演梗概集C(熊本), pp.1627-1628, 1989.10
 [7] 山川哲雄: 正方形鋼管と直線型帯筋で二重に横補強したコンクリートの圧縮性状に関する実験的研究, 日本コンクリート工学年次論文報告集, Vol.15, No.2, pp.537-542, 1993.6
 [8] 益尾清: RC及びSRC柱の耐震補強実験と設計式の検証, コンクリート工学Vol.34, No.10, pp.21-30, 1996.10
 [9] 仲鵬, 山川哲雄: 鋼管または鋼板で耐震補強したRC柱の弾塑性挙動に関する実験的研究, 日本コンクリート工学年次論文報告集, Vol.19, No.2, pp.1635-1640, 1997.6
 [10] 山川哲雄, 他3名: 電食試験により腐食したRC柱の耐震性能に関する実験的研究, 日本コンクリート工学年次論文報告集, Vol.16, No.1, pp.805-810, 1994.6
 [11] 日本建築学会: 鉄筋コンクリート造建物の終局強度型耐震設計指針・同解説, 日本建築学会, pp.106-121, 1990.11
 [12] 日本建築学会: 建築耐震設計における保有耐力と変形性能, 日本建築学会, pp.158-163, 1981.6

6. 結論

打込み型枠と横補強材を兼ねた炭素繊維成形管(CFRP管)を用いた正方形合成RC柱の一定軸圧縮力(軸力比0.35)下の正負繰返し水平加力実験を行った。その結果、コンクリート打設時にフレッシュコンクリートの側圧による若干のはらみ出しが生じたほかは、耐震性能上期待以上の弾塑性挙動を示した。したがって、今後炭素繊維や、アラミド繊維で製作した成形管を打込み型枠兼横補強材として利用する立場から、正方形のみならず円形も含めて力学的に望ましい成形管、又は成形膜の技術開発を行う必要がある。これらの成形管(膜)で横拘束されたコンファインドコンクリートの構成則を検証するとともに、系統的な曲げせん断実験を行い、連続繊維成形管(膜)とコンクリート及び主筋、さらには必要に応じて帯筋を基本に組み合わせた新しいハイブリッド部材の耐震設計法の確立に向けて、さらに研究を展開するに値することが今回のパイロット実験で明らかになった。