

京都大学 学生会員○今井 拓也

学生会員 山本 貴士

正会員 服部 篤史

フェロー会員 宮川 豊章

1. はじめに

本研究では、曲げせん断耐力比が 1 程度の既存柱部材を想定した供試体に、軸方向プレストレスを有するコンクリート巻立て工法を適用し、正負交番曲げ荷重試験をもとに、「緊張材の緊張力」、「補強部緊張材の種類」が、補強部材の曲げ耐荷性状に与える影響を検討した。

2. 実験概要

実験要因は、補強部緊張材の種類として PC 鋼棒($\phi 11\text{mm}$)、CFRP ロッド($\phi 11\text{mm}$)、AFRP ロッド($\phi 11\text{mm}$)を設定し、また、緊張力として PC 鋼棒1本あたり 0、26.5、53.0kN、FRP ロッド1本あたり 26.5、53.0kN を設定した。なお、この緊張力は、PC 鋼棒を用いた場合のプレスト

レス導入率(緊張応力/降伏強度)0、30、60%に相当するものである。

無補強(既存部)供試体は幅×高さ×全長(スパン長)=200×200×2000(1800)mmで主筋

として 8-D16(SD295)を有する RC はりで、横補強筋として異形フープ筋(D6 SD295)を間隔 200mm で配筋した結果、曲げせん断耐力比($V_u \cdot a / M_u$)は 1.15 となった。また、柱部材を想定し、断面中心に配置したアンボンド PC 鋼棒($\phi 17\text{mm}$)により圧縮軸力 108kN(軸力比 $\sigma_c / f_{cr} = 10\%$)を目標に

軸力を導入した。なお、コンクリートの目標強度 f_{cr} は 27N/mm^2 とした。補強供試体は、図1に示すように幅×高さ×全長(スパン長)=300×300×2000(1800)mmで補強厚は 50mm とした。補強部の横拘束筋配置間隔は 44mm、せん断補強筋配置間隔は 100mm であり、既存部を含めたせん断補強筋比は 0.141~0.211%となった。なお、コンクリートの目標強度 f_{cr} は 45N/mm^2 であり、既存部と補強部コンクリートの打継目処理には、既存部材表面への凝結遅延剤使用による骨材洗出しを適用した。供試体一覧および補強部緊張材の機械的性質を、それぞれ表1、表2に示す。

荷重はスパン1800mm に対し、曲げスパン400mm、せん断スパン700mm の対称2点漸増繰返し型($(2n-1) \delta_y \times 3$)とし、 δ_y は各供試体荷重時の荷重-変位曲線の屈曲点から求めた。また、終局は、最大荷重以降の荷重降下領域で荷重が降伏荷重を下回った点として定義した。

3. 実験結果および考察

3.1 終局時破壊原因 荷重実験結果を表3に示す。無補強供試体は、せん断ひび割れが数多く発生したものの、圧縮縁コンクリート

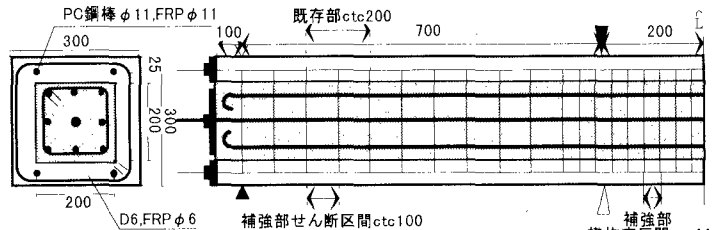


図1 供試体諸元および荷重状況(単位:mm)

表1 供試体一覧

供試体名	荷重時軸力比 (%)	コンクリート圧縮強度 (N/mm^2)		補強部軸方向筋	補強部横方向筋	軸方向プレストレス	
		既存部	補強部			緊張力 (kN)	コンクリート応力 (N/mm^2)
無補強	12.6	45.9	—	—	—	—	—
PC-0.0	10.5	33.1	45.9	PC鋼棒 (4- $\phi 11$)	異形フープ筋 (D6)	0.0	0.00
PC-26.5	10.7	33.1	45.9			26.5	1.03
PC-53.0	11.5	45.1	45.4			53.0	2.60
CF-26.5	10.5	35.5	46.9	CFRPロッド (4- $\phi 11$)	CFRPsパイル筋 ($\phi 6$)	26.5	1.22
CF-53.0	11.1	38.3	45.5			53.0	2.83
AF-26.5	10.9	35.5	46.9	AFRPロッド (4- $\phi 11$)	AFRPsパイル筋 ($\phi 6$)	26.5	0.94
AF-53.0	11.3	38.3	45.5			53.0	3.03

表2 補強部緊張材の機械的性質

種類	降伏強度 (N/mm^2)	引張強度 (N/mm^2)	弾性係数 (N/mm^2)	伸び (%)
B種1号PC鋼棒($\phi 11$)	1347	1410	199900	9.0
CFRPロッド($\phi 11$)	—	2100	156800	1.3 ¹⁾
AFRPロッド($\phi 11$)	—	1493	68600	2.2 ¹⁾

1) 伸び=引張強度/弾性係数

表3 実験結果

供試体名	変位じん性率	終局時破壊原因
無補強	4.2	コンクリート圧潰
PC-0.0	8.7	補強部コンクリート圧潰
PC-26.5	7.8	補強部コンクリート圧潰
PC-53.0	7.0	補強部緊張材破断(7 δ_y)
CF-26.5	4.2	せん断圧縮破壊
CF-53.0	4.6	補強部緊張材破断(5 δ_y)
AF-26.5	6.2	補強部コンクリート圧潰
AF-53.0	4.3	補強部緊張材破断(5 δ_y)

Takuya IMAI, Takashi YAMAMOTO, Atsushi HATTORI and Toyoaki MIYAGAWA

の圧潰により終局に至った。CF-26.5 供試体は、 $3\delta_y$ の繰り返し载荷中に一方のせん断スパン内の曲げせん断ひび割れが進展し、せん断圧縮破壊に至った。このスパンのウェブ領域において既存部と補強部コンクリートの付着が十分でなかったことが考えられる。また、緊張力 53.0kN の供試体は緊張材の破断、緊張力 0.0kN、26.5kN を適用した供試体は補強部コンクリートの圧潰により終局に至った。

3. 2 じん性 各要因が供試体の変位じん性率に与える影響を図2に示す。補強部コンクリートの圧潰により終局に至った AF-26.5 供試体以外の、FRP ロッドを用いた供試体は、無補強供試体とほぼ同程度の変位じん性率となった。せん断圧縮破壊を生じた CF-26.5 供試体以外は、緊張力の増加にともない圧縮縁コンクリートへの負担が増大し、また緊張材破断型の終局となるため変位じん性率が小さくなっている。一方、緊張材の伸び能力が大きいほど変位じん性率も大きくなる傾向にある。

各要因が供試体の累積消散エネルギーに与える影響を図3に示す。 $3\delta_y$ までは、緊張材の緊張力、種類によらずほぼ同程度のエネルギー消散能を有しているが、 $5\delta_y$ 以降では、緊張力の増加にともない圧潰が進行しやすくなるため若干小さくなっている。また、緊張材としてFRPロッドを用いた供試体のエネルギー消散能が、PC鋼棒を用いた供試体に比べて小さくなる傾向が見られる。これは、FRPロッドを用いた供試体では、破壊形式によらず $5\delta_y$ の繰り返し载荷における荷重低下が大きかったのに対し、PC鋼棒を用いた供試体では、 $7\delta_y$ までは荷重を維持していたためである。

3. 3 復元特性 各要因が供試体の残留変位率(各ループの残留変位/そのループの最大変位)および弾性エネルギー(吸収エネルギー-消散エネルギー)に与える影響をそれぞれ図4、図5に示す。いずれの指標もほぼ同様の傾向を示しており、補強による復元特性の改善が見られる。また、緊張力の増加にともない、 $5\delta_y$ 以降の復元特性が低下する傾向にある。一方、 $3\delta_y$ では、緊張材として弾性領域の大きな CFRPロッドを用いた供試体が若干大きな復元特性を有しているのに対し、 $5\delta_y$ 以降では、伸び能力が

大きく最大荷重以降の荷重低下が少ないPC鋼棒を用いた供試体で、復元特性が維持されている。

4. 結論

1. 補強部緊張材として、弾性領域の大きな材料を用いることによって、復元特性の改善が可能である。

2. 補強部緊張材として、伸び能力の大きな材料を用いることによって、補強部材のじん性が増加

するとともに、塑性変形領域での復元特性の維持が可能である。

3. 軸方向プレストレスの導入は、緊張材の破断あるいは圧縮縁コンクリートへの負担増大による補強部材のじん性の低下につながるため、適切な量にとどめる必要がある。

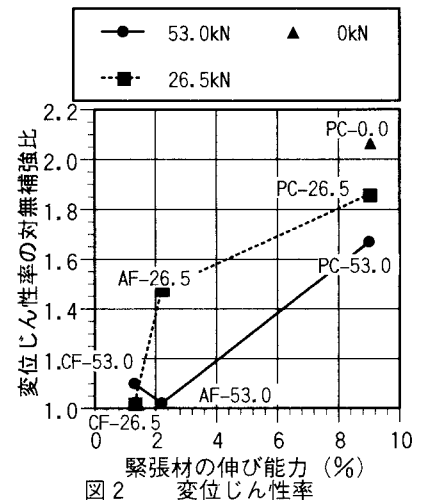


図2

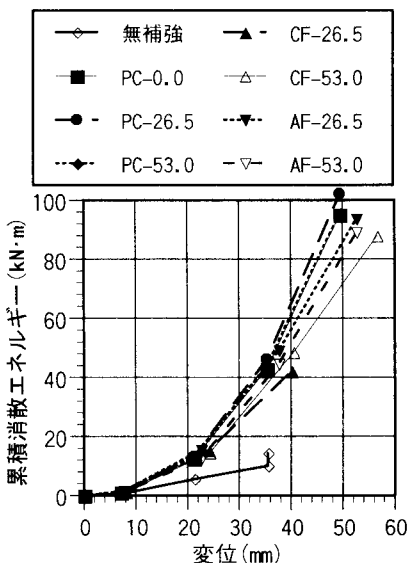


図3 累積消散エネルギー

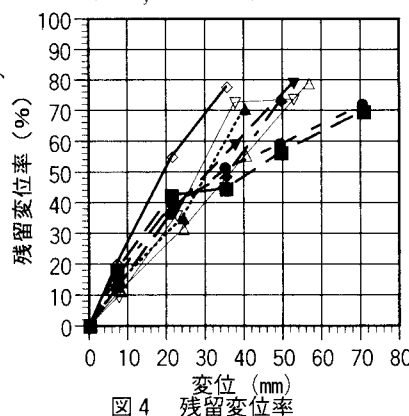


図4 残留変位率

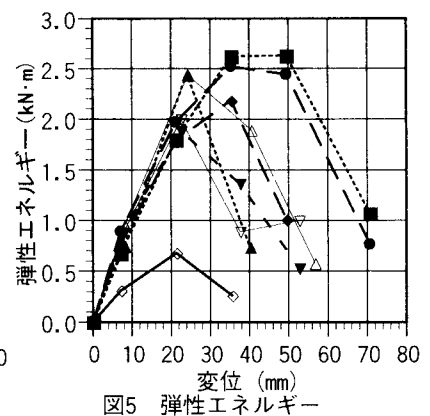


図5 弾性エネルギー