

京都大学大学院 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、従来の「曲げ補強」「せん断補強」に加え「復元力補強」を目的とした、補強部軸方向プレストレスを有する PC 巻立て補強において、補強部軸方向プレストレスがひび割れ性状および補強部材の復元特性に与える影響を検討するとともに、補強部の耐久性、環境遮断性を考慮して補強部補強筋に高耐久性材料の連続繊維補強材を使用した FRP PC 巻立て補強部材の耐荷性状を検討した。さらに、既存部と巻立て補強部コンクリートの付着の有無が RC 巻立て補強部材の耐荷性状に与える影響も検討した。

2.実験概要 既存部供試体は幅×高さ×スパン長=200×200×1800mm(8-D16)の RC はりで、横補強筋として D6 フープ筋を間隔 200mm で配筋した($V_u \cdot a/M_u=1.15$)。なお、柱部材を想定し、断面中心に配置したアンボンド PC 鋼棒($\phi 17$ mm)を用いて圧縮軸力(軸力比 $\eta = \sigma_c / f_{ck} = 10\%$)を導入した。

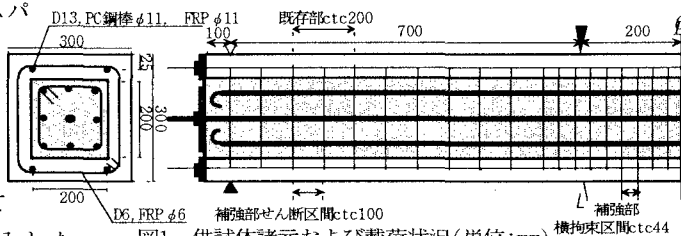


図1 供試体諸元および荷重状況(単位:mm)

(FRP)PC および

RC 巻立て補強

供試体は図 1 に

示すように幅×

高さ×スパン長

=300 × 300 ×

1800mm(巻立て

補強厚 50mm)

で、補強部軸方

向プレストレスは実補強を考慮し補強部断面のみに

口型定着板を用いて与えた。炭素繊維シート巻立て

補強供試体(CS)の軸方向補強量は、FRP PC 巻立て

補強供試体の引張側補強繊維断面積比($p_r = A_r / (b \cdot d_r)$)

A_r :繊維断面積、 b :はり幅、 d_r :引張側補強繊維の有

効高さ)と同一の 2.5 層を貼付け、横方向には FRP PC

巻立て補強供試体のせん断補強筋比と等しくなる配

筋量でスパイラル状に巻

付けた。また、既存部と

巻立て補強部コンクリー

トの付着の有無は、それ

ぞれ既存部材表面への凝

結遅延剤使用による骨材

洗出し、および既存部材

表面へのビニルシート(厚さ 0.2mm)巻付けにより確保した。実験要因および補強部補強筋の機械的性質をそ

表1 実験要因

供試体名	軸力比 (%) ¹⁾		既存部				補強部						付着	軸方向プレストレス		
	n ₀	n	軸方向筋	横補強筋	f' _{ck} N/mm ²	f' _{ct} N/mm ²	軸方向 ²⁾		せん断補強		f' _{ck} N/mm ²	f' _{ct} N/mm ²		緊張力 (kN)	P ⁴⁾ (%)	プレストレス (N/mm ²)
							種類	種類 間隔	種類	種類 間隔						
0(無補強)	10	12.6	8-D16	D6 c/c 200	27	45.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
CS		12.1				44.8	CFS	CFS	197	CFS	197	—	—	—	—	—
U-DD1-0		9.2				40.7	D13	D6 ³⁾	—	D6 ³⁾	—	52.4	無	0.0	0	—
B-CC1-2		11.1				38.3	CFRP	CFRP	c/c 44	CFRP	c/c 100	45	45.5	53.0	30	2.83
B-DD1-0		9.7				40.3	D13	D6 ³⁾	—	D6 ³⁾	—	50.0	有	0.0	0	—
B-PD1-2		11.5				45.1	PC鋼棒	—	—	—	45.4	53.0	60	2.60		

1)設計時: n_0 載荷時: n 2)4-D13or4-D11の対称複配筋 3)135°フック付き

4)プレストレス導入率 P_r =緊張力/降伏or引張荷重

表2 巻立て補強部用補強筋の機械的性質

種類	公称直径 (mm)	公称断面積 (mm ²)	降伏強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	弾性係数 (N/mm ²)	伸び ¹⁾ (%)
CFRP $\phi 11$	10.4	84.00	—	2100	156800	1.3 ¹⁾
AFRP $\phi 11$	10.4	84.00	—	1493	68600	2.2 ¹⁾
PC鋼棒 $\phi 11$	11.0	95.03	1347	1410	199900	9.0
D13	12.7	126.70	356	517	21000	26.8
CFS	250 ²⁾	27.75	—	3479	230300	1.5 ¹⁾
CFRP $\phi 6$	5.2	21.00	—	2100	156800	1.3 ¹⁾
AFRP $\phi 6$	5.2	21.00	—	1493	68600	2.2 ¹⁾
D67-ブ筋	6.35	31.67	310	533	181400	29.4

1)伸び=引張強度/弾性係数 2)シート幅

表3 実験結果(値はすべて正方向荷重時のもの)

供試体名	P_{cr}			P_v			P_m (最大荷重)			終局時破壊原因
	計 (kN)	実 (kN)	実/計	計 (kN)	実 (kN)	実/計	計 (kN)	実(kN)	実/計	
0(無補強)	42.6	27.0	0.63	114.0	115.5	1.01	135.7	160.0	1.18	コンクリート圧潰
CS	44.4	—	—	127.8	142.4	1.11	197.2	208.3	1.06	補強部コンクリート圧潰
U-DD1-0	96.2	25.8	0.27	247.9	209.3	0.84	297.4	281.2	0.95	せん断破壊
B-CC1-2	107.1	98.6	0.92	264.1	295.3	1.12	393.1	426.2	1.08	補強部引張側緊張材破断
B-DD1-0	98.4	49.6	0.50	246.3	230.6	0.94	293.6	300.5	1.02	補強部横拘束筋フック破断
B-PD1-2	127.5	93.7	0.73	281.3	283.1	1.01	361.7	402.4	1.11	補強部引張側PC鋼材破断

表面へのビニルシート(厚さ 0.2mm)巻付けにより確保した。実験要因および補強部補強筋の機械的性質をそ

Takashi Yamamoto, Atsushi Hattori, Toyooki Miyagawa

れぞれ表 1、表 2 に示す。載荷はスパン 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 $((2n-1)\delta_y \times 3)$ 正負交番載荷試験とし、 δ_y は各供試体載荷時の荷重-変位曲線の屈曲点から求めた。なお、終局時は最大荷重以降、荷重が降伏荷重を下回った点とした。

3. 実験結果および考察 表 3 に載荷実験結果を示す。なお、諸荷重の計算値はファイバー法による一方向載荷の $M-\phi$ 解析によって求めたものである。図 2 にプレストレスがひび割れ発生荷重に与える影響を示す。計算値より小さい値となっているものの、プレストレスによりひび割れ発生荷重が増加している。図 3 に無次元化消散エネルギー $E_d' (=E_d/(P_{ycal} \cdot \delta_{ycal}))$ と変位の関係を示す。RC 巻立ては圧縮側軸方向筋の座屈による横拘束筋フック破損、炭素繊維シート巻立ては横方向シートの破断が生じ、有効な横拘束効果が持続しなかったため、エネルギー消散能の PC

巻立てに対する優位性は認められなかった。また、FRP PC 巻立ては $3\delta_y$ までは PC 巻立てと同程度のエネルギー消散能を示しているが、 $+5\delta_y$ 1 回目載荷時に引張側補強部軸方向筋が破断し、エネルギー消散能が顕著に低下している。本研究では復元特性指標として弾性エネルギー(=吸収エネルギー-消散エネルギー)を用いた。図 4 に無次元化弾性エネルギー $E_e' (=E_e/(P_{ycal} \cdot \delta_{ycal}))$ と変位の関係を示す。 $1\delta_y$ での復元特性に差は見られないが、PC 巻立ておよび FRP PC 巻立ては、 $3\delta_y$ 以降の同変位での復元特性に優れている。図 5 に示すように補強部軸方向筋破断で終局を迎えた PC 巻立ておよび FRP PC 巻立てでは巻立て補強部軸方向筋の伸び能力に比例して変位靱性率が大きくなっている。次に、図 6 に示すように、破壊形式の相違からひずみの大きさは異なるが、RC 巻立て補強部と既存部コンクリートの付着が無い場合、補強部せん断補強筋の負担が大きくなり、またコンクリート部分に関しても同様の傾向であった可能性がある。このように、せん断破壊を生じた原因としては、付着面を介してせん断力の伝達が行われにくくなったことが考えられる。

4. まとめ (1)「曲げ補強」「せん断補強」に加え「復元力補強」を考慮した場合、補強部軸方向プレストレスを有する PC 巻立て工法は、有効な補強工法であると同時に、補強部軸方向筋として伸び能力の大きな材料を用いることによって靱性を確保することができる。(2)既存部材に表面処理を行わず巻立てた場合でもある程度の付着が存在するため、今回の完全付着無のような諸断面耐力の低下や破壊形式の移行は考えにくいものの、既存部と補強部の均等な応力負担を実現する上で既存部と補強部コンクリートの付着は重要である。

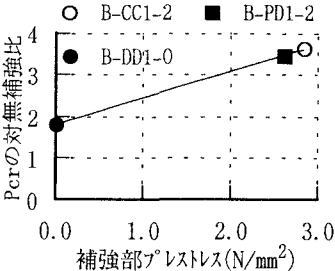


図2 プレストレスがPcrに与える影響

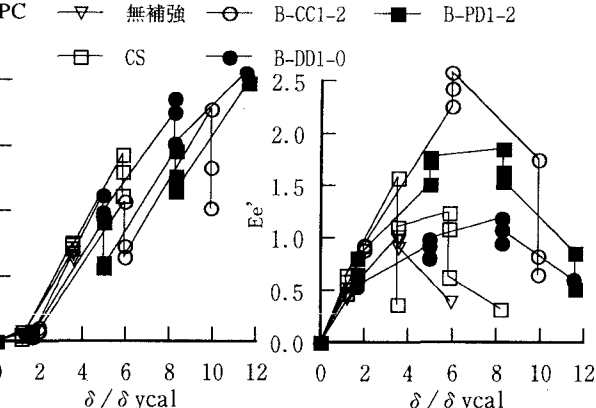


図3 E_d' と変位の関係

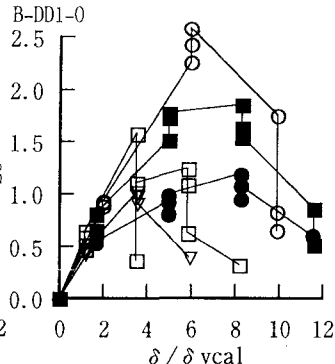


図4 E_e' と変位の関係

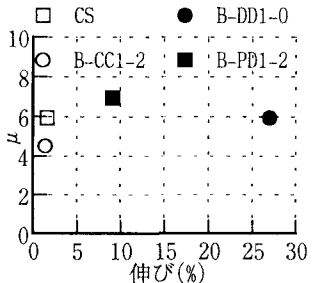


図5 補強部軸方向筋種類が μ に与える影響

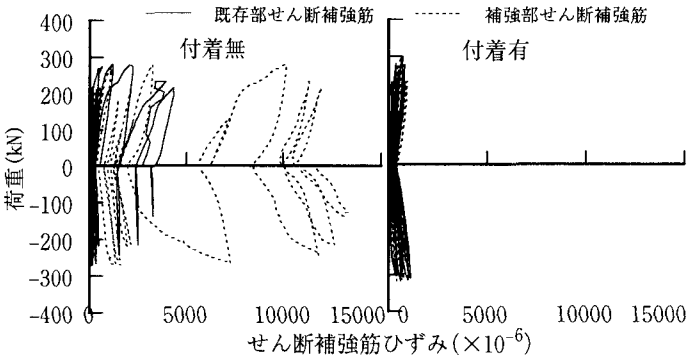


図6 荷重-せん断補強筋ひずみ