

V-438

PC 巻立て補強への連続繊維補強材の適用に関する研究

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 $\eta = \sigma_c/f_{cr}=10\%$)を導入した。(FRP)PC お

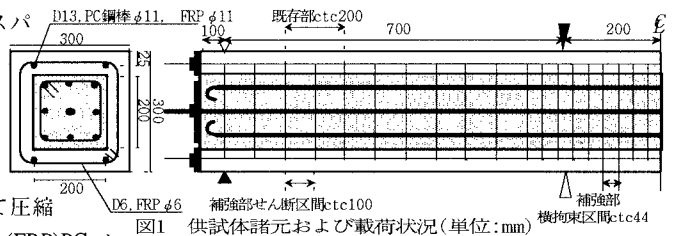


図1 供試体諸元および荷重状況(単位:mm)

表1 実験要因

供試体名	載荷時軸力比 (%)	既存部		補強部				付着	軸方向アレストレス	
		f'_{cr} N/mm ²	f'_c N/mm ²	軸方向 ¹⁾	横拘束およびせん断補強	f'_{cr} N/mm ²	f'_c N/mm ²		緊張力 ³⁾ (kN)	プレストレス (N/mm ²)
無補強	12.6	45.9	—	—	—	—	—	—	—	—
CS	12.1	44.8	CFS	CFS	—	—	—	—	—	—
U-DD1-0	9.2	40.7	D13	D6 ²⁾	—	52.4	無	0.0	—	—
B-CC1-2	11.1	38.3	CERP	CERP	45	45.5	有	53.0	2.83	—
B-AA1-2	11.3	38.3	AERP	AERP	45	45.5	有	53.0	3.03	—
B-DD1-0	9.7	40.3	D13	D6 ²⁾	—	50.0	有	0.0	—	—
B-PD1-2	11.5	45.1	PC鋼棒	—	—	45.4	有	53.0	2.60	—

1) 4-D13 or 4- $\phi 11$ の対称複配筋 2) 135° フック付き 3) 緊張材一本あたり

FRP PC 巻立て補強供試体の引張側補強繊維断面積比($p_r=A_r/(b \cdot d_p)$)

A_r :繊維断面積、 b :はり幅、 d_p :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(シート中心線間隔 197mm)でスパイラル状に巻付けた。また、既存部と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れぞれ表 1、表

表2 巻立て補強部用補強筋の機械的性質

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 (%)
CERP $\phi 11$	—	2100	156800	1.3 ¹⁾
AERP $\phi 11$	—	1493	68600	2.2 ¹⁾
PC鋼棒 $\phi 11$	1347	1410	199900	9.0
D13	356	517	21000	26.8
CFS ²⁾	—	3479	230300	1.5 ¹⁾
CERP $\phi 6$	—	2100	156800	1.3 ¹⁾
AERP $\phi 6$	—	1493	68600	2.2 ¹⁾
D67-7 筋	310	533	181400	29.4

1) 伸び=引張強度/弾性係数

2) シート幅250mm 目付量200g/m²

表3 載荷実験結果

供試体名	μ	終局時破壊原因
無補強	4.2	コンクリート圧潰
CS	6.0	コンクリート圧潰
U-DD1-0	6.4	せん断破壊
B-CC1-2	4.6	補強部緊張材破断
B-AA1-2	4.3	補強部緊張材破断
B-DD1-0	6.0	補強部横拘束筋フック破損
B-PD1-2	7.0	補強部PC鋼材破断

キーワード 連続繊維補強材、PC 巻立て、耐震補強、新旧コンクリートの付着

〒606-8501 京都市左京区吉田本町 TEL:075-753-5102 FAX:075-752-1745

2 倍程度増加している。図 3 に補強部軸方向筋種類が最大荷重に与える影響を示す。各工法とも最大荷重の増加が得られ、その増加率は、ほぼ補強部軸方向筋の引張強度 f_u とその断面積 A の積に比例している。図 4 に $(2n-1)\delta_y/1$ サイクル目の消散エネルギー E_d と変位の関係を示す。無補強あるいは炭素繊維シート巻立てに比べ、RC、PC および FRP PC 巻立てでは、補強による曲げ耐力の増加に伴いエネルギーの消散能が向上している。一方、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 巻立ては引張側補強部緊張材の破断により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 5 に $(2n-1)\delta_y/1$ サイクル目正方向載荷時の弾性エネルギー E_e と変位の関係を示す。PC および FRP PC 巻立ては、無補強、炭素繊維シート巻立てと比べると、同変位で 2 倍以上の弾性エネルギーを有している。図 6 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 7 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、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せん断破壊を生じた原因と考えられる。

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、変位靱性率の観点からは、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が望ましい。

(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破壊形式の移行は考えにくいものの、既存部と補強部のひずみの連続性確保あるいは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。

▲ B-DD1-0 □ B-CC1-2
◆ B-PD1-2 ○ B-AA1-2

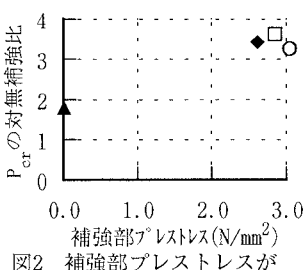


図2 補強部プレストレスがひび割れ発生荷重に与える影響

● CS □ B-CC1-2
▲ B-DD1-0 ○ B-AA1-2

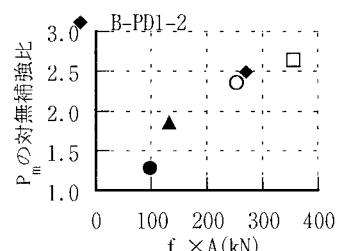


図3 補強部軸方向筋種類が最大荷重に与える影響

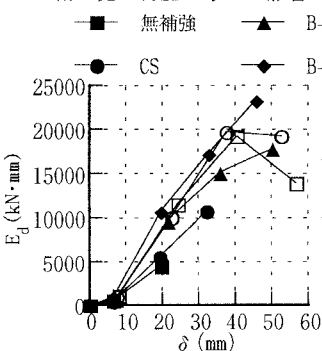


図4 消散エネルギー

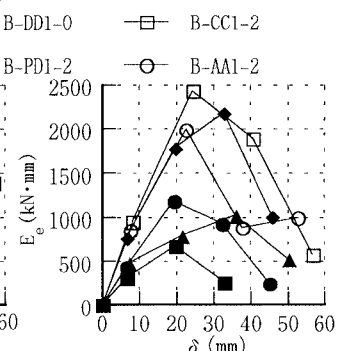


図5 弾性エネルギー

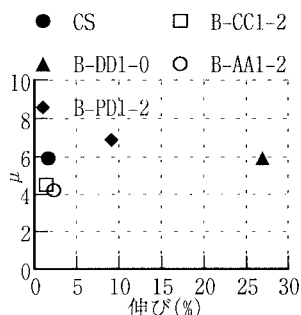


図6 補強部軸方向筋種類が変位靱性率に与える影響

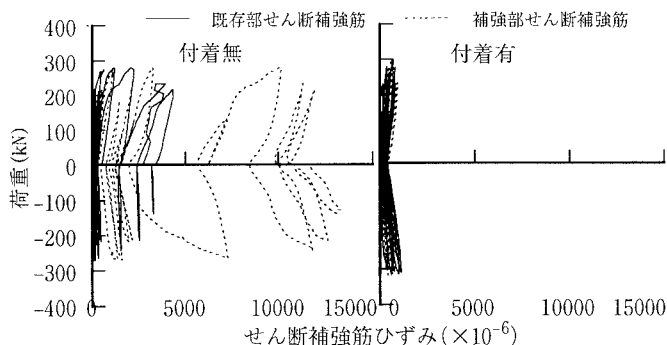


図7 荷重-せん断補強筋ひずみ