

連続繊維による補強コンクリート部材の付着性状 (その1:横補強筋の効果 概要)

正会員○園部 泰寿*¹同 藤沢 正視*²同 金久保利之*³

1. はじめに 連続繊維に樹脂を含浸させた棒材（以下繊維筋と呼ぶ）を鉄筋代替にした補強コンクリート造の実用化に向けて、素材および構造材の段階での基本的な研究が進められている。本研究では、高強度化及び軽量化の点から、高強度軽量コンクリートを用い、繊維筋との付着性状について、主筋の引き抜き試験を行うことにより、主筋本数、横補強筋の種類と量、上端筋と下端筋の相違が及ぼす影響に関する基本的な知見を得ることを目的としている。今回は、主筋には主として異形鉄筋を用い、横補強筋の効果を主として検討している。

2. 試験体 試験体数は13体で、表1に全試験体の諸元を、図1に配筋例を示す。主筋には異形鉄筋D13と一部にアラミド繊維筋（組紐状砂付き、12φ相当）を用いた。主筋は1段配筋で、コンクリートの打ち込み方向により、上端筋と下端筋の別がある。コンクリートは軽量コンクリート一種で設計基準強度は360kgf/cm²であった。横補強筋にはアラミド繊維筋（組紐状、角形スパイラル）と炭素繊維筋（直線状、閉鎖形）を用いた。試験体内訳は、片側主筋が3本及び4本の横補強筋なしのもの（試験体No.1, 2, 7, 8）、主筋が鉄筋4本で横補強筋が4段階（繊維筋の名称と断面積は製造者による）のもの（No. 3~6, 10~13）、主筋がアラミド繊維筋4本、横補強筋もアラミドのもの1体（No.9）となっている。破壊形式は全割裂破壊を想定し、付着長さは主筋の降伏または引張強さ到達前に付着割裂破壊が生ずるように計画した。試験体自由端側の鉛直反力支持面では付着に影響を与えないように主筋とコンクリートを絶縁した。また、試験体の断面中央には図1に示すように異形PC鋼棒SBPD130/145によって十分なせん断補強を施した。

3. 使用材料 表2にコンクリートの配合計画を、表3にコンクリートの試験結果（実験前・後の平均値）及び補強筋の機械的性質を示す。コンクリートに使用した粗骨材は最大径10mmの人工軽量骨材、細骨材には川砂を用いた。鉄筋はSD80相当、アラミド繊維筋はケブラー49

表1 試験体一覧

No	名称	bxDxL(cm)	主筋	補強筋	ρw(%)
1	L36S-3	20x35x30	3-D13	—	—
2	L36S-4		4-D13	—	—
3	L36SA25			2-K32φ100	0.250
4	L36SA50			2-K32φ50	0.500
5	L36SA75			2-K32φ33.3	0.750
6	L36SA100			2-K32φ25	1.000
7	L36A-3		3-K128	—	—
8	L36A-4		4-K128	—	—
9	L36AA50			2-K32φ50	0.500
10	L36SC25		4-D13	2-C8φ100	0.246
11	L36SC50			2-C8φ50	0.492
12	L36SC75			2-C8φ33.3	0.739
13	L36SC100			2-C8φ25	0.984

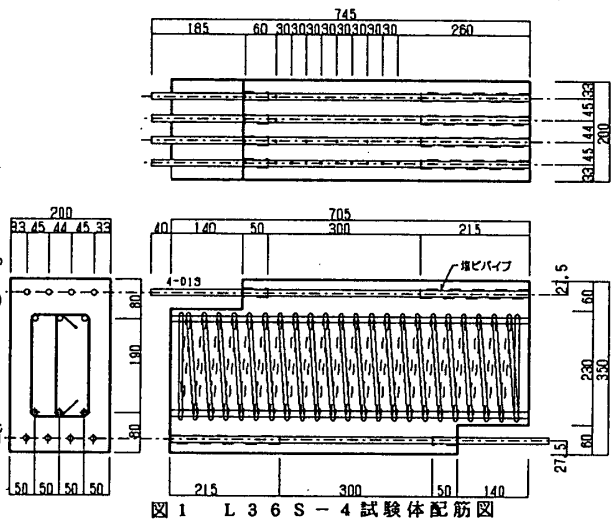


図1 L36S-4 試験体配筋図

表2 コンクリート配合計画

エグリート種別	水セメント比 W/C(%)	細骨材率 s/a(%)	単位量(kg/m ³)				
			C	W	S	G	ボゾリアNo.70
軽量エグリート	50	49	350	175	852	563	3.89

表3 解析用材料強度

エグリート	圧縮強度 (kgf/cm ²)	引張強度 (kgf/cm ²)	静弾性係数 (kgf/cm ²)	備考
軽量1種	435	29.1	2.07 x 10 ⁵	
補強筋 呼び名	降伏点 (kgf/cm ²)	引張強さ (kgf/cm ²)	弾性係数 (kgf/cm ²)	備考
鉄筋 D13	6462	8131	1.94 x 10 ⁶	主筋
アラミド K128	—	13200	0.633x10 ⁶	主筋
K32	—	13520	0.624x10 ⁶	横補強筋
カーボン C8	—	14030	1.00 x 10 ⁶	横補強筋

Bond Performance of Concrete Members Reinforced with FRP Bars.

(Part.1:Outline of effect due to lateral reinforcement)

21324

SONOBE Yasuhisa et al.

にエポキシ樹脂を、炭素繊維筋は炭素繊維K12にビニルエステル樹脂を含浸させたものである。

4. 加力および測定方法 加力は図2に示すように片持ちばり型の引き抜き試験方法を採用し、すべて一方向単調载荷とした。加力の初期段階では主筋の引張力がそれぞれ均等になるように調整した。測定は、全引張荷重はロードセルにより、载荷端（コンクリート面より10mmの位置）及び自由端の滑り量、主筋及び横補強筋の歪量について行った。

5. 実験結果 図3に、横補強なしの場合の最大耐力時の平均付着応力度と、軽量コンクリートを普通コンクリート、繊維筋を鉄筋とみなした場合の終局強度型指針式¹⁾から求めた計算値を示す。図4に、主筋が鉄筋で横補強がある場合の最大耐力時の横補強筋分（コンクリート分は同指針式で差し引く）の平均付着応力度と、同指針式で横補強筋分を鉄筋に対する繊維筋のヤング係数のべき乗数で補正した実験式による計算値を示す。

5. 1 横補強がない場合 横補強なしの場合、上端、下端筋加力の耐力上の差は顕著ではない。主筋が鉄筋の場合に下端筋加力の場合は計算値と良い対応を示している。主筋がアラミド繊維筋の場合は本実験の条件（付着長直径の25倍）下で、主筋鉄筋の場合の約60%となっている。

5. 2 横補強筋による効果（主筋が鉄筋の場合） 横補強筋が増加すると付着耐力は増加し、下端筋加力に対する上端筋加力の場合の耐力比は、補強量の増加の方向へ、アラミド繊維の場合0.94~0.76、炭素繊維の場合0.87~0.80であった。上記のべき数0.62の場合（図4）ばらつきがあるが、下端加力の場合は概して実験値が低めであるが良い対応を示している。

6. まとめ 限られた試験体数と実験変数であるが次のようにまとめられる。

(1) 圧縮強度が400kgf/cm²級の軽量コンクリートの場合、主筋が鉄筋、横補強なしの時の付着強度は普通コンクリート程度であり、上端筋、下端筋の別による差がみられなかった。主筋が繊維筋の場合は、本実験の場合付着強度はみかけ上60%程度となったが、繊維筋の歪測定結果より、低い弾性係数に起因する载荷端からの各個撃破の破壊に起因するものであり、繊維筋の特性に応じた付着長のとり方が問題である。

(2) 主筋が鉄筋、横補強筋が繊維筋の場合、横補強筋の付着耐力上昇に寄与する度合は、鉄筋換算で鉄筋に対する繊維筋のヤング係数比のべき乗の補正を行うことによりまとめられる。本実験ではべき数は0.62であった。

〔謝辞〕本研究は、科学研究費補助金（一般研究（B）課題番号01460189, 研究代表者：園部泰寿筑波大学教授）を受けて行った。繊維筋は三井建設㈱、清水建設㈱より提供を受けた。実験に当たっては元筑波大学大学院生折原信吾君（現清水建設）、卒研究生大賀信宏、岸浩行両君（現大林組）の協力を得た。軽量コンクリート、異形PC鋼棒については、人工軽量骨材協会及び高周波熱錬㈱の協力を得た。

〔参考文献〕1) 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（案）・同解説 1988

*1筑波大学教授 工博 *2筑波技術短大助教授 *3筑波大学大学院生

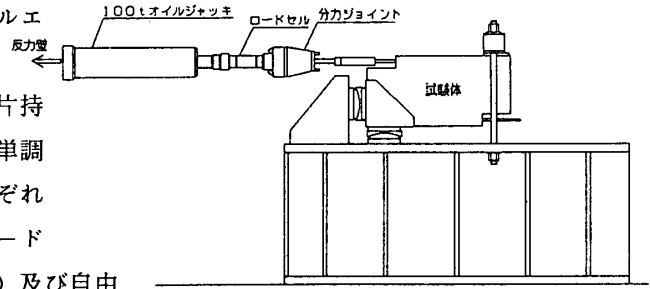


図2 加力装置図

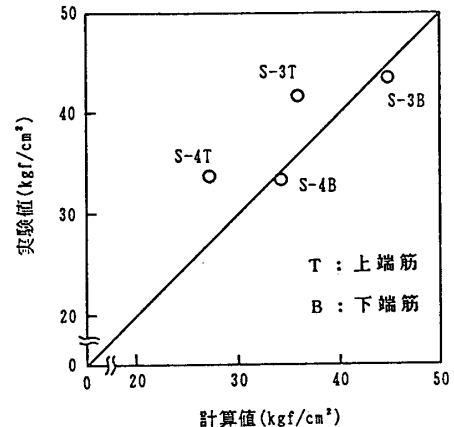


図3 無補強試験体（鉄筋主筋）の実験値と計算値の比較

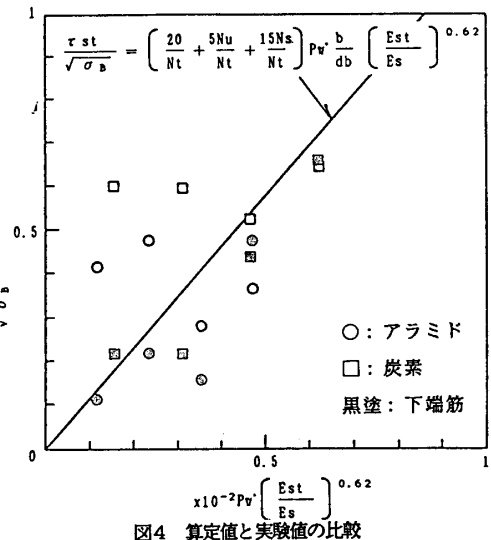


図4 算定値と実験値の比較