

連続繊維補強筋を用いたはり部材の
繰返し曲げせん断応力下の曲げ性状
(その2:実験結果と検討)

正会員○米丸 啓介*⁴
同 園部 泰寿*¹
同 藤沢 正視*²
同 福山 洋*³同 金久保利之*⁴

1. はじめに

本報では前報に引き続き連続繊維補強筋を用いたはり部材の曲げ性状について実験結果とその検討を述べる。

2. 実験結果と検討

表-1に主な計算値と実験結果を示す。

表-1 実験結果

1) 最大荷重と曲げ強度計算値 試験体 No. 1, 2については付着割裂破壊のため若干計算値より小さな値になっているが、横補強筋量の増加による最大荷重の上昇はみられた。試験体 No. 3~8 についてはコンクリートの圧壊による曲げ破壊を計画していたこともあって計算値と良い対応がみられた。このことより連続繊維補強筋を用いたはり部材の曲げ強度については従来の方法で評価できることが確認できた。

名称	曲げ強度計算値		付着割裂強度		実験結果				
	e 関数法 ^{*1}		略算法 ^{*2} (tonf)	計算値 ^{*3}		最大荷重 (tonf)	最大荷重 cQ _{mu} , e	破壊形式	破断時の荷重 (tonf) (cyc.)
	cQ _{mu} , e (tonf)	破壊形式 (時の主筋量)		強度 kgf/cm ²	余裕度				
No. 1	16.91	圧壊 (7590)	27.01	45.08	1.28	12.56	0.74	付着割裂	—
No. 2	16.91	圧壊 (7590)	27.01	51.10	1.45	13.96	0.83	付着割裂	—
No. 3	14.94	圧壊 (5650)	37.18	46.58	1.71	16.34	1.09	主筋破断	-10.94(1/33)
No. 4	17.17	圧壊 (6380)	37.18	54.29	1.74	20.08	1.17	主筋破断	-2.63(1/20)
No. 5	20.10	圧壊 (7320)	37.18	63.89	1.81	21.79	1.08	主筋破断	2.25(1/33)
No. 6	8.58	圧壊 (8860)	24.74	41.81	2.90	8.75	1.02	主筋破断	-8.61(1/33)
No. 7	10.10	圧壊 (10340)	24.74	48.74	2.81	10.86	1.08	主筋破断	-9.94(1/33)
No. 8	12.03	圧壊 (12070)	24.74	57.36	2.84	12.13	1.01	主筋破断	13.45(1/33)

*1: $e_v=0.35\%$ *2: $M_u=0.9\Sigma A_s \cdot \sigma_y \cdot d$ より算出 ($\sigma_y=\sigma_u$: 破断強度)

*3: 付着割裂強度 $c\tau_{bu}=c\tau_{coo}+c\tau_{st}$, $c\tau_{coo}=K(0.4b_i+0.5)\sqrt{\sigma_s}$ (カーボン: $K=1$, アラミド: $K=0.65$)

$c\tau_{st}=(2K_s/Nt+K_n/Nt)PW \cdot b/\sigma_s/d_b$ (アラミド: $K_s=5.96$, $K_n=4.32$, カーボン: $K_s=5.69$, $K_n=4.31$)

付着余裕度 $c\tau_{bu}/c\tau_{st} = c\tau_{coo}/c\tau_{st} = d_b \cdot \Delta\sigma / (4(L-D))$ ($\Delta\sigma$: 実験値による曲げ終局強度時の主筋応力差)

2) 付着割裂破壊の検討 図-1に付着余裕度と最大荷重比の関係を昨年度の試験体を○で、本年度の試験体(No. 1, 2)を●で示す。昨年度の研究で得られた図中の式の線上に乗せるべく計画した試験体であるが、付着割裂破壊はしたものの、直線より若干右よりの結果となった。この原因としては横補強筋量の増加に伴う付着強度の増加には頭打ちがあることがあげられ、本実験の試験体の横補強筋量は従来のものよりかなり高いにもかかわらず計算値を従来の方法で算出したために実際よりも高めに評価されたものと思われる。また、付着余裕度1.45は付着割裂破壊と曲げ破壊の境界の値という推測であったが、試験体 No. 1 (付着余裕度1.28), No. 2 (同1.45)とも、最大荷重後の耐力の低下が緩慢で典型的な付着割裂破壊とはいいがたく、No. 2については実験値が曲げ強度計算値の83%であることからしても付着余裕度1.45付近に曲げ破壊と付着割裂破壊の境界点があることを確認できたと思われる。

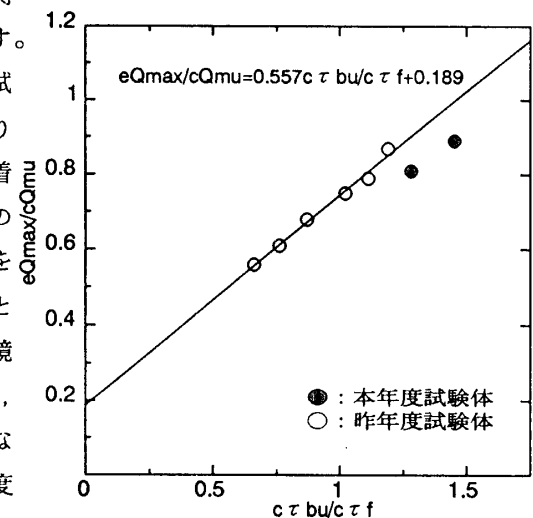


図-1 付着余裕度と最大荷重比

3) コンクリート圧壊後の性状 試験体 No. 3~8 についてはその1でも述べたように圧縮縁コンクリートの圧壊後圧壊部分で圧縮された主筋が逆方向加力中に破断し耐力低下の直接の原因となった。破断時期の一番早いもので-1/33の1回目の加力中であつた。図-2に破断がみられた主筋の端部の破断時までの荷重-歪関係を各繊維筋1体ずつ対応するものを示す。なお、TOPとは上端筋、BOTTOMとは下端筋のことである。図中の点線はe関数法による終局強度時の歪及び荷重を表している。歪のデータがうまく得られた主筋の範囲では、二段目の主筋に破断は認められなかった。カーボン繊維筋で3000μ前後、アラミド繊維筋で2000μ前後の圧縮を受けた後にカーボン

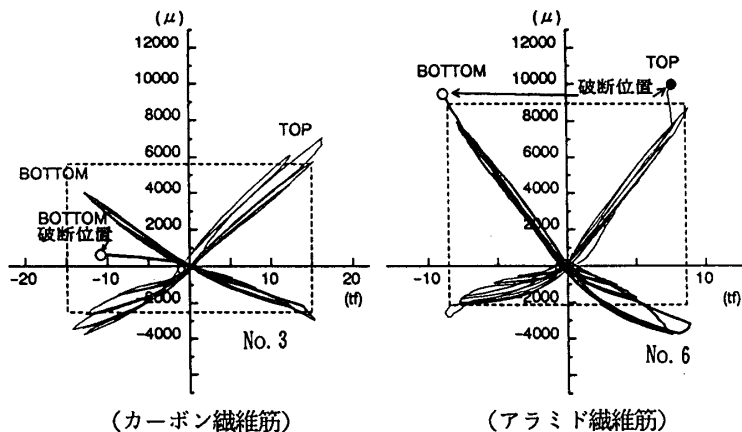


図-2 主筋端部の荷重とひずみ($F_c=240\text{kgf/cm}^2$)

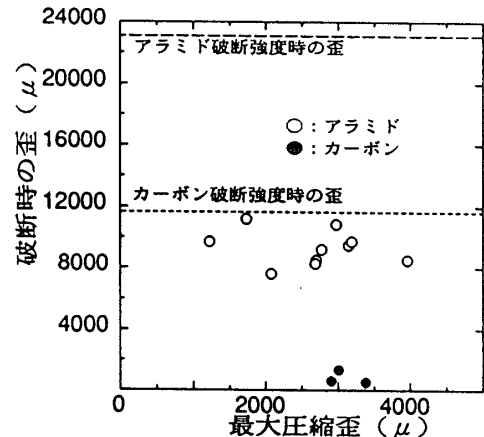


図-3 経験最大圧縮ひずみと破断時のひずみ

繊維筋で引張強さ時の歪の1/10以下、アラミド繊維筋で1/3～1/2程度で破断しており、連続繊維補強筋は圧縮履歴を受けることで引張強さも低下することがわかる。破断までに経験した最大の圧縮歪と破断時の歪の関係を図-3に示す。カーボン繊維筋は破断箇所が少なかったため3点しかとれなかった。アラミド繊維筋についてはかなりばらついており、両者の相関性はみられない。本研究では同じ部材角は二回しか繰り返していないが、この傾向を解析するに当たっては圧縮歪の大きさだけでなく、それを受けた回数も重要なファクターになるものと推測されるので、これら全てを考慮した評価方法の確立が必要であると思われる。

4) 剛性について 表-

2に弾性剛性実験値、剛性低下率、各ピーク時及び破断時の剛性を示す。なお、剛性の後ろの括弧内の数字はその剛性値を弾性剛性の計算値で除した値(剛性低下率の実験値)の剛性低下率の計算値との比である。

3. まとめ

1) 連続繊維補強筋を用い

たはり部材の曲げ強度は従来の方で評価できる。

2) 昨年度の実験で得られた付着割裂破壊に関する評価には、横補強筋量過多による若干のずれは生じたものの妥当性がみられた。

3) 主筋の破断は主筋が圧縮されることで強度が低下するために生ずると思われる。

[謝辞]本研究は、建設省新素材総プロ長繊維補強コンクリートWG(委員長園部泰寿筑波大学教授)の一環として行ったものである。資料及び御協力をいただいた関係各位に感謝をいたします。

[文献]1)園部、藤沢、金久保：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)日本建築学会大会学術講演梗概集、1990.10、pp.983～984 2)園部、藤沢、本田、金久保、米丸：連続繊維による補強コンクリート部材の付着性状(その2～6)日本建築学会大会学術講演梗概集、1991.9、pp.839～848 3)日本建築学会：鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説、1991 4)野村、平尾、衣笠：組紐状アラミド繊維で補強されたコンクリート梁の繰返し挙動に関する研究 日本建築学会大会学術講演梗概集、1990.10、pp.985～986

*1筑波大学教授 工博 *2筑波技術短期大学助教授 *3建設省建築研究所 *4筑波大学大学院

表-2 各種剛性値

試験体	弾性剛性 計算値 tonf/cm	弾性剛性 実験値 tonf/cm	α_y 計算値	各ピーク時(1回目)の剛性 (tonf/cm)						破断時の 剛性 (tonf/cm)
				1/200	1/100	1/50	1/33	1/20	1/15	
No.1	26.4	16.5	0.218	正 7.00(1.22)	5.52(0.96)	4.24(0.74)	3.07(0.53)	1.65(0.29)	1.02(0.18)	—
				負 7.69(1.34)	6.10(1.06)	4.47(0.78)	2.88(0.50)	1.44(0.25)	—	—
No.2	26.4	15.6	0.218	正 6.78(1.18)	5.45(0.95)	4.35(0.76)	3.44(0.60)	2.07(0.36)	1.33(0.23)	—
				負 7.54(1.31)	5.90(1.03)	4.48(0.78)	3.42(0.59)	1.76(0.31)	—	—
No.3	24.8	15.7	0.248	正 7.53(1.22)	5.92(0.96)	4.58(0.74)	3.69(0.60)	2.41(0.39)	1.36(0.22)	2.69(0.44)
				負 8.21(1.33)	6.49(1.06)	4.74(0.77)	3.52(0.57)	1.91(0.31)	—	4.10(0.67)
No.4	26.8	11.0	0.234	正 7.78(1.24)	6.38(1.02)	5.06(0.81)	3.44(0.55)	2.97(0.47)	1.92(0.31)	—
				負 8.69(1.39)	6.98(1.11)	5.47(0.87)	4.41(0.70)	2.32(0.37)	—	-4.29(-0.68)
No.5	30.2	14.8	0.216	正 8.24(1.26)	6.24(0.96)	5.58(0.86)	4.64(0.71)	3.23(0.50)	2.03(0.31)	3.61(0.55)
				負 9.14(1.40)	7.70(1.18)	6.05(0.93)	4.83(0.74)	2.68(0.41)	—	-3.46(-0.53)
No.6	21.4	14.9	0.152	正 5.16(1.50)	3.67(1.13)	2.76(0.85)	2.16(0.66)	0.86(0.26)	0.51(0.16)	1.92(0.59)
				負 5.44(1.67)	4.00(1.23)	2.93(0.90)	2.13(0.65)	0.87(0.27)	—	2.15(0.66)
No.7	23.4	13.7	0.147	正 5.20(1.51)	3.87(1.13)	2.89(0.84)	2.40(0.70)	0.95(0.28)	0.74(0.22)	2.03(0.59)
				負 5.84(1.70)	4.36(1.27)	3.30(0.96)	2.68(0.78)	0.94(0.27)	—	2.55(0.74)
No.8	26.9	8.18	0.141	正 5.60(1.48)	4.23(1.12)	3.27(0.86)	2.80(0.74)	1.78(0.47)	1.12(0.30)	2.44(0.64)
				負 6.48(1.71)	4.72(1.24)	3.61(0.95)	3.00(0.79)	1.36(0.36)	—	2.90(0.76)