

V-464 CFRPロッドを用いたRCはりのせん断耐力と せん断変形に関する一考察

長岡技術科学大学大学院 学生員 趙 唯堅
長岡技術科学大学工学部 正会員 丸山 久一
長岡技術科学大学大学院 学生員 鈴木 秀門
株式会社 間組 正会員 金倉 正三

1. はじめに

FRPロッドを主筋およびスターラップに用いたRCはりのせん断耐力について、近年比較的多数の実験および解析的研究がなされており、FRPロッドと鉄筋の弾性係数比を考慮するなど、既往の鉄筋コンクリートの算定式（主に力の釣合条件のみを満足した実験式）を修正する形でいくつかの算定式が提案されているが、まだ満足の結果は得られていない。それは、弾性係数が小さいほかに、FRPロッドは降伏域を持たないため、終局時におけるせん断領域の変形性状がせん断耐力に影響を及ぼしていると考えられる。本研究は一実験を通じて、その影響について検討を行う。

2. 実験概要

本実験では、主筋に2次元格子状CFRPロッドと異形鉄筋の2種類、スターラップにもループ状CFRPロッドと異形鉄筋を使用した。表-1に材料特性を示す。

図-1に供試体の断面寸法および配筋例を、表-1に供試体一覧および実験結果を示す。供試体名の記号は次のとおりである。F：FRPロッド、S：鉄筋、1および4：主筋比のランク、N：スターラップなし、20：スターラップ間隔。せん断スパン比は2.5に統一した。

試験は単純ばりの対称2点集中载荷とした。主筋、スターラップのひずみ、およびはりのたわみを測定した。また、せん断ひびわれ幅およびずれは、標点間の変位をコンタクトストレインメータにより測定して求めた。

3. 実験結果および考察

表-2にせん断耐力の実測値、および土木学会コンクリート標準示方書の式による算定値を示す。スターラップのない供試体では、実測値は算定値より大きく、CFRPロッドの剛性が小さいものの、弾性係数比以上の効果があると推測される。スターラップのある供試体では、コンクリートの受け持つせん断耐力 V_c の計算値は実測値を下回るが、スターラップの受け持つせん断耐力 V_s の計算値は逆に実測値より大きくなっている。前者は弾性

表-1 材料特性

種別	断面積 (cm^2)	引張強度 (kgf/cm^2)	ヤング係数 (kgf/cm^2)	伸び率 (%)
C6	0.18	13080	0.94×10^6	1.40
C16	1.03	13080	0.94×10^6	1.40
C22	1.98	13080	0.94×10^6	1.40
D6	0.32	4000(fy)	2.00×10^6	—
D22	3.87	4050(fy)	1.85×10^6	—

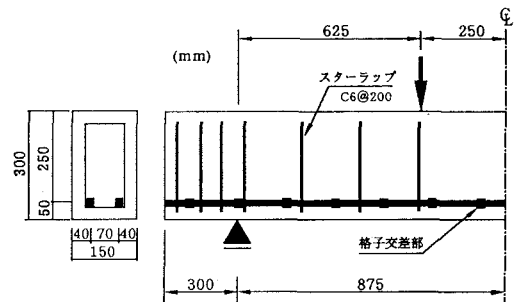


図-1 供試体の形状寸法および配筋例

表-2 供試体一覧および実験結果

供試体名	主筋	スターラップ (s: cm)	Pt (%)	a/d	f_c' (kgf/cm^2)	実測せん断耐力 (tonf)			計算せん断耐力*3 (tonf)		
						V_c *2	V_s *1	V_u	V_c	V_s	V_u
F1-N	2-C16	—	0.55	2.5	275	3.70	—	3.70	1.98	—	1.98
F1-F20	2-C16	2-C6 (20)	0.55	2.5	362	4.11	1.79	5.90	2.17	5.12	7.29
F1-S20	2-C16	2-D6 (20)	0.55	2.5	300	2.32	2.56	4.88	2.06	2.78	4.82
F4-N	4-C22	—	2.11	2.5	349	5.78	—	5.78	3.35	—	3.35
F4-F20	4-C22	2-C6 (20)	2.11	2.5	349	3.24	5.01	8.25	3.35	5.12	8.47
S4-F20	2-D22	2-C6 (20)	2.06	2.5	300	7.42	3.38	10.80	3.16	5.12	8.28

*1：終局寸前の実測スターラップひずみから算出したものである。

*2：実測の V_u から V_s *1を差し引いたものであり、スターラップ以外のせん断抵抗要素のすべてを言う。

*3：土木学会コンクリート標準示方書の式によるものであり、主筋に換算断面積を用い、スターラップに引張強度（鉄筋は降伏強度）を使用した。

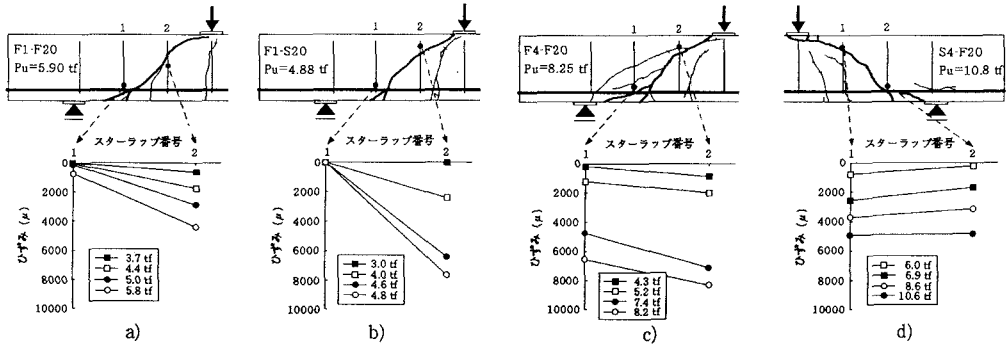


図-2 スターラップひずみの発達状況

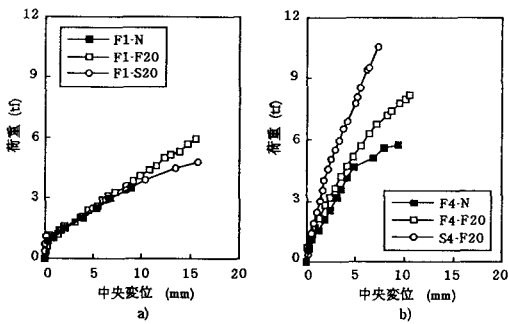


図-3 荷重-変位曲線

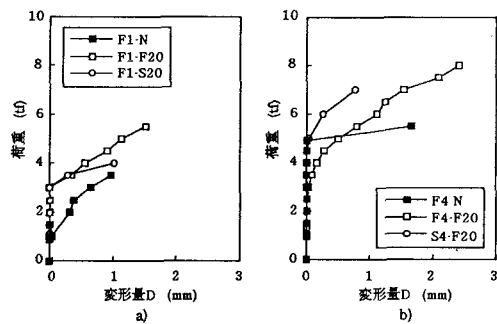


図-4 荷重-変形量Dの関係

係数比の問題、また後者は終局時に破断していないスターラップに破断強度を使用したためと考えられる。

図-2にスターラップのある供試体のクリティカルせん断ひびわれ、ゲージ位置、およびスターラップひずみの発達状況を示す。各供試体の危険断面の位置と方向はほぼ同じであるのに対し、ひずみの発達状況はそれぞれ相違は見られる。供試体F1-S20のゲージ2は、4.0tfの荷重レベルで既に降伏ひずみを超えているが、他の供試体のスターラップは全て弾性状態にあり、破断ひずみには至っていない。また、F1-F20とF1-S20を比べると、後者のひずみは降伏ひずみを超えた後に急激に進展しているが、前者の場合はその傾向が見られず、一定の負担力および拘束力を維持していると考えられる。また、同じCFRPスターラップを有する3体の供試体を比較すると、終局時のひずみはそれぞれ違い、主筋剛性の増大につれスターラップのひずみは増加の傾向から減少へ移るように見える。本研究では供試体の数が少ないため、この傾向についてさらに実験確認する必要がある。

図-3に荷重-たわみ曲線を示し、図-4に荷重-変形量Dの関係を示す。Dは断面高さの1/2のところのクリティカルせん断ひびわれの幅ベクトルとずれベクトルの和の大きさで、ここで総合変形量として用いる。スターラップがない場合、せん断ひびわれが発生した直後にたわみと変形量Dは急増して破壊に至った。また、鉄筋のスターラップを有する供試体F1-S20では、荷重が3tf~4tfの間（スターラップが降伏し始める）からたわみと変形量D両方も急激な増加が見られる。これに対し、他のCFRPスターラップを有する供試体ではたわみと変形量Dは徐々に増加し、分担力および拘束力の面においてスターラップは有効に働いている様子が伺える。

4. まとめ

FRPロッドが降伏しないため、Vc、特にVsの貢献はVcとリンクして主筋剛性およびスターラップの材質に影響される。せん断変形条件を考慮せずに、VcとVsの関係を切り離した既往の鉄筋コンクリートの式を簡単に修正するだけでは、FRPロッドを用いたRCはりのせん断耐力の予測に適用することは難しいと思われる。

謝辞：本研究は文部省科学研究費補助金（総合研究(A)、課題番号04302040、代表者：角田典史雄 北海道大学教授）の一部を受けて行ったものである。また、材料は清水建設から提供して頂いた。ここに謝意を表する。