

北海道大学大学院 学生員 佐藤 靖彦
 北海道大学工学部 正会員 古内 仁
 北海道大学工学部 正会員 角田与史雄
 北海学園大学工学部 正会員 高橋 義裕

1. まえがき

近年、鉄筋に代わるコンクリート補強材として耐腐食性に優れたFRPロッドを用いた研究が数多く行われている。その研究の多くは、はり部材に関するもので、その基本的問題点は既に明らかにされ、現在はFRPロッドの緊張材としての利用方法が検討されている。しかし、スラブにFRPロッドを用いた場合の研究はあまり行われておらず、その破壊性状の解明が急がれるところである。

そこで本研究は、鉄筋の代わりにFRPロッドで補強したRCスラブにおける押抜きせん断破壊に着目し、その破壊性状を示すとともに、従来のRCスラブ耐力評価式を用い、その耐力の評価を行った結果を報告するものである。

2. 実験概要

スラブの補強材として使用したFRPロッドは、アラミド繊維を組紐状に編み樹脂を含ませたもので、その表面には珪砂を接着している。その特性値を表-1に示す。

表-1 FRPロッドの力学的特性

呼称	公称径 (mm)	公称断面積 (cm ²)	破断強度 (tonf)	破断ひずみ (%)	弾性係数 ×10 ³ (kgf/cm ²)
K64S	8.0	0.50	6.50	2.00	6.46
K96S	10.8	0.75	9.77	2.06	6.34

コンクリートは、早強ポルトランドセメントを用い、粗骨材の最大寸法を25mm、単位水量175kgf/m³、水セメント比53%とした。また、コンクリートの圧縮強度は、300kgf/cm²から360kgf/cm²であった。実験供試体は、辺長120cm×120cm、スパン100cm×100cm、スラブ厚10cm、有効厚を2方向の平均で7.5cmとし、実験変数としては、ロッド径および間隔を変え補強筋比を、0.22%から1.33%としている。

支持方法は、4辺単純支持とし隅角部の浮き上がりは自由としている。また、載荷はすべてスラブ中央点に一点集中載荷とし、載荷板は5cm×5cmおよび10cm×10cmの2種類用いた。測定は、ひずみゲージによる補強筋のひずみ、スラブ中央点およびスパン1/4点での変位について行った。

表-2 供試体諸元

供試体名	ロッド径-間隔 (mm) (cm)	補強筋比ρ* (%)	載荷辺長 (cm)
FST01	10.8-10.0	1.00	5
FST02	10.8-20.0	0.50	5
FST03	10.8-30.0	0.30	5
FST04	10.8-10.0	1.00	10
FST05	10.8-20.0	0.50	10
FST06	8.0- 5.0	1.33	10
FST07	8.0- 8.0	0.83	10
FST08	8.0-30.0	0.22	10

* 二方向の平均値

3. 実験結果

3-1 ひびわれおよび破壊性状

押抜きせん断破壊を起こした8体のRCスラブにおいて、すべて補強筋の破断は見られなかった。破壊後のスラブ下面のひびわれ性状を図-1に示すが、FST06のように補強筋比の大きいものは格子状ひびわれが卓越し、FST08のように補強筋比が小さなものは、放射状ひびわれが卓越していた。また、実験終了後、押抜けたコンクリート

FST06

FST08

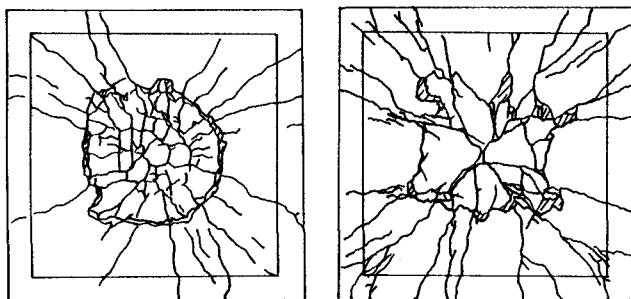


図-1 スラブ下面のひびわれ性状

部分を完全に除去し、その押抜き性状を観察したところ、載荷板周縁直下から約30°の傾きを持つ破壊面がスラブ下面に広がっていた。これは、FRPロッドの弾性係数が小さいことに起因し中立面がかなり上昇していたものと考えられる。実際に中立面位置を計算すると、補強筋比 $p=0.22\%$ のFST08では、圧縮縁から0.75cmであった。

3-2 荷重-たわみ関係

図-2は、FST05、FST06、FST08のスラブ中央点における荷重-たわみ関係を示すものである。また、図中の実線I・II・IIIは、順にFST06、FST05、FST08において引張側コンクリート断面を無視して考えた弾性計算値を示すものであるが、破壊直前におけるたわみにおいて、実験値は計算値を大きく上回っており、その傾向は、補強筋比が小さくなるほど顕著にあらわれている。これは、FRPロッドの剛性が小さいことや、その付着特性が影響しているものとも考えられるが現段階では明確な原因は分かっていない。

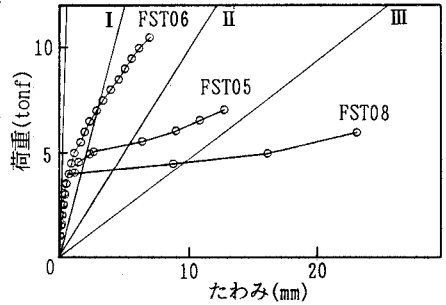


図-2 荷重-たわみ関係

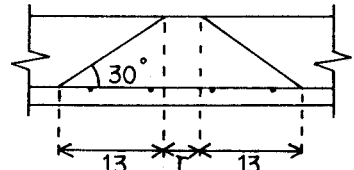


図-3 仮定した押抜き領域

3-3 補強筋のひずみ

ここでは、各供試体における補強筋のひずみ量を比較する為、図-3に示す仮定した押抜き領域内で測定したひずみの平均値を求めたところ、それらは破断ひずみの10%から35%と低い範囲内であった。図-4は、この平均ひずみを補強筋比別に整理したものであるが、補強筋比が大きいほど平均ひずみは減少する傾向にあった。

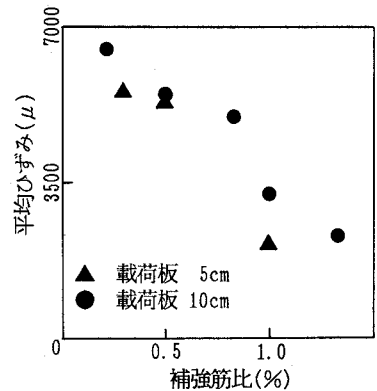


図-4 平均ひずみと補強筋比

3-4 耐力の評価

ここで、コンクリート標準示方書での面部材の押抜きせん断耐力算定式を用い本実験スラブの耐力を評価する。示方書式においては、補強筋の影響を βp において評価しているが、この式では補強材によらず補強筋比が同じであれば、耐力を同等に評価することになる。しかし、示方書式をそのまま用いた場合(表-3の case1)では、平均で実験値は計算値の7割程度にしか評価されていない。

そこで、FRPロッドで補強したはり部材のせん断耐力評価方法と同様に¹⁾、補強筋比にFRPロッドと鉄筋との弾性係数比(E_f/E_s)を考慮した結果(case2)、耐力比は、平均で1.12となり実験値と計算値は、比較的良い対応を示し、はり部材と同様にFRPロッドと鉄筋との弾性係数比を考慮することにより耐力を評価できるようである。

表-3 示方書式による耐力算定結果

供試体名	実験値 (tonf)	示方書式による耐力(耐力比)	
		case1	case2
FST01	7.50	10.3(0.73)	7.1(1.06)
FST02	6.50	8.7(0.75)	5.8(1.12)
FST03	6.00	7.0(0.86)	4.7(1.28)
FST04	11.50	14.8(0.78)	9.9(1.16)
FST05	7.08	10.9(0.65)	7.3(0.97)
FST06	11.00	15.0(0.73)	10.2(1.08)
FST07	10.80	13.0(0.83)	8.8(1.23)
FST08	6.05	8.2(0.74)	5.6(1.08)

4. まとめ

- (1) 破壊後の押抜き領域には、載荷板周縁直下に垂直部分は存在しておらず、圧縮領域が非常に狭かったことが分かる。
- (2) 破壊直前における補強筋の平均ひずみは破断ひずみの10%から35%と低い範囲内にあり、補強筋比が大きいほど平均ひずみは小さくなっていった。
- (3) 示方書式によりその耐力を評価するとき、補強筋比にFRPロッドと鉄筋との弾性係数比(E_f/E_s)を考慮することにより実験値と計算値は比較的良い対応を示した。

[参考文献] 1) 辻他：FRPロッドで補強したコンクリートはりの曲げおよびせん断性状，JCI年次論文報告集，10-3，1988