

V-306

異形CFRPロッドを用いたRCはりの曲げ性状

日本コンクリート工業（株） 正会員 丸山武彦 伊東幸雄
日本コンクリート工業（株） 西山啓伸 土田伸治

1. まえがき

コンクリート構造物の耐久性を向上させる方法のひとつとして、高耐久性・高強度・軽量という特長を有する新素材繊維を用いたFRPロッドを、鉄筋に代わる補強材として利用する研究が行われている。FRPロッドをRC構造に応用するためには、特殊な定着方法を用いずに鉄筋と同等以上の付着力が確保されることが必要である。このために、FRPロッドを異形化する方法がいくつか提案されており、その付着性能も向上しつつある。本報告は、異形部と本体部を一体成形したPAN系炭素繊維によるFRPロッドをRCはりに応用し、補強筋量およびコンクリート強度を変えた場合の曲げ性状について検討したものである。

2. 実験概要

実験に用いたPAN系の異形CFRPロッドは、表-1および図-1に示すように、エポキシ系樹脂をマトリクスとした直径5.0mmのロッドに、同一繊維を帯状の綾巻きで一体成形したもので、引張強度178kgf/cm²、弾性係数1.56×10⁴ kgf/mm²の完全弾性体である。このロッドの引抜き試験方法による最大付着強度は、150kgf/cm²以上で異形棒鋼と同程度の付着力が期待できたので、ロッドの定着部は特別な処理を行わず直線配置とした。RCはり試験体は図-2に示すように、幅10cm、高さ15cm、長さ200cmとし、補強筋量の違いによる曲げ性状を検討するために、有効高さ12cmの位置に異形CFRPロッドを1本、2本および3本配置し、その鉄筋比は0.16~0.49%である。コンクリートは最大寸法20mmの砕石を用いてスランプ8±2cmとし、強度レベルを2種類とした。試験体を同一養生したAシリーズのコンクリートは、圧縮強度322kgf/cm²、ヤング係数2.57×10⁵ kgf/cm²、Bシリーズはそれぞれ556kgf/cm²、3.19×10⁵ kgf/cm²であり、湿空養生1週、気中養生3週の後に曲げ試験を行った。本実験では、はりのせん断補強筋を配置してないため、図-2のようにせん断スパンと有効高さの比を約6として曲げ試験を行った。

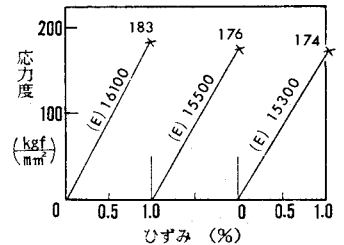


図-1 FRPロッドのS-S曲線

表-1 FRPロッドの物性値

本体部直径 (mm)	5.0
繊維混入率 (%)	50.0
引張強度(kgf/mm ²)	178
弾性係数(kgf/mm ²)	1.56×10 ⁴
破断時伸び (%)	1.02
(異形部)炭素12000フィラメント4本束 25mm 帯状の綾巻き 16°捻	

3. 実験結果および考察

実験結果を表-2に示した。ひびわれ発生荷重は、いずれの試験体とも計算値とほぼ一致している。試験体A-1およびB-1の補強筋量は釣合鉄筋比以下であり、破壊は異形CFRPロッドの破断によるものであった。ロッドは図-1のように完全弾性体であるために、その破断はひびわれ箇所で突然起こり、試験体は極めてぜい性的に2つに分断された。ロッドの定着端部の抜け出し、ロッドのかぶりコンクリート部分の異状等は見られなかった。

表-2 実験結果

は り	鉄 筋 比		ひびわれ荷重 (kgf)			破壊荷重 (kgf)			破壊形式
	ρ_t (本)	ρ (%)	計算値 P _{crd}	実験値 P _{cr}	$\frac{P_{cr}}{P_{crd}}$	計算値 P _{ud}	実験値 P _u	$\frac{P_u}{P_{ud}}$	
A-1	1	0.163	404	400	0.99	1 055	950	0.90	引張
A-2	2	0.326	408	400	0.98	1 740	1 780	1.02	圧縮
A-3	3	0.489	412	450	1.09	2 020	2 420	1.20	圧縮
B-1	1	0.163	494	410	0.83	1 080	1 275	1.18	引張
B-2	2	0.326	498	450	0.90	2 090	1 880	0.90	引張
B-3	3	0.489	502	480	0.96	2 840	2 880	1.01	圧縮

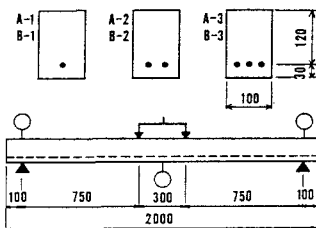


図-2 試験体および試験方法

A-2は鈎合鉄筋比以上、B-2はそれ以下の補強筋量である。圧縮強度が小さいA-2は、曲げスパン内でコンクリートの圧壊が生ずると同時にロッドも破断して破壊した。B-2は斜め引張によるひびわれ幅が増大した後、斜めひびわれ下部のロッドが破断して破壊に到った。両試験体ともロッド破断位置近傍のコンクリートは、荷重の最終状態でロッドの伸びに伴う水平方向の割裂ひびわれが発生した。A-3およびB-3試験体は、載荷荷重が大きくなるとせん断補強筋がないために斜めひびわれが制御されず、斜めひびわれ幅の増加に伴って加力点付近までひびわれが発達した。最終的には圧縮部コンクリートの剝離を起こしてぜい性的に破壊にいたり、その衝撃でロッドも斜めひびわれの下部で切断した。いずれの試験体の破壊荷重も、計算値とほぼ一致しているといえる。以上の結果から、異形CFRPロッドを用いたRCはりの曲げ破壊は、一般の鉄筋コンクリートの理論を用いて推定することが可能であり、はりの破壊性状は引張および圧縮破壊ともに極めてぜい性的であることが示された。

図-3はRCはりの中央点のたわみを示したものである。弾性体であるCFRPロッドを用いた場合は、終局状態で変位のみが増加する鉄筋コンクリートはりのような特長は示さず、荷重と共に変位が増加する途上で突然破壊することがわかる。弾性係数の小さいAシリーズ試験体は、Bシリーズよりも変形が当然大きいことも示されている。図-4は、はり中央点のロッドの引張ひずみを示している。ひびわれ発生後のロッドのひずみは、はりの破壊時までほぼ直線的に増加し、終局状態の引張ひずみは0.8~0.9%であり、引張試験によるロッドの伸び1.0%程度とほぼ一致している。従って、異形CFRPロッドの付着力は試験体の終局状態まで十分に確保されていたと考えられる。図-5は、コンクリートの上縁の圧縮ひずみであり、最大曲げ圧縮ひずみは一般の場合と同様に約0.3%程度であることが示された。Bシリーズのひびわれ状況を図-6に示した。本実験ではせん断補強筋を用いなかったために、ロッド数が多くなって耐力があがると斜めひびわれの影響が大きくなること、かぶり厚さと関連してロッド位置の水平ひびわれが発生することなどが観察される。平均ひびわれ間隔は、A-2、A-3試験体で12cm程度、Bシリーズで15cm程度であり、ひびわれの分散性は比較的良好と思われる。

4. まとめ

異形CFRPロッドを用いたRCはりの静的曲げ実験の結果から次のことが言える。

- 1) 付着力の大きいCFRPロッドを用いれば、特殊な定着方法によることなく、RC構造の補強材として利用することができる。
- 2) 破壊性状は、引張破壊の場合も圧縮破壊の場合も極めてぜい性的である。
- 3) はりの曲げ破壊モーメントは、鉄筋コンクリートの理論によって推定することができる。
- 4) 異形CFRPロッドを用いたはりのひびわれの分散性は、比較的良好と思われる。

【参考文献】1) 武田 他：新素材の構造部材への適用に関する研究 建築学会大会 昭和61年

2) 岡本 他：アラミド繊維による組紐状棒材の研究 建築学会大会 昭和62年

3) 丸山 他：各種異形FRPロッドの付着特性 土木学会年講 昭和63年

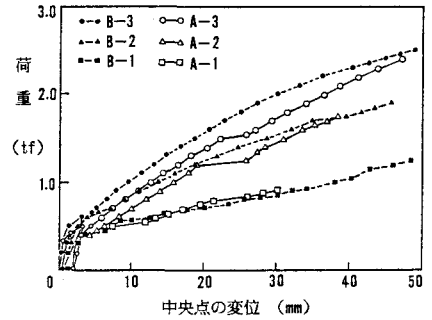


図-3 荷重～変位曲線

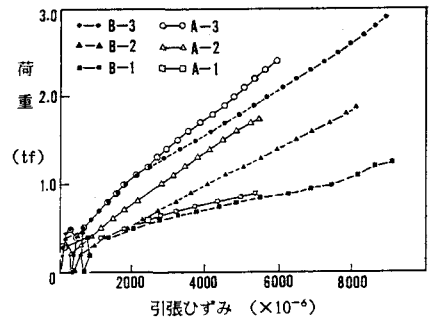


図-4 荷重～FRPロッドのひずみ

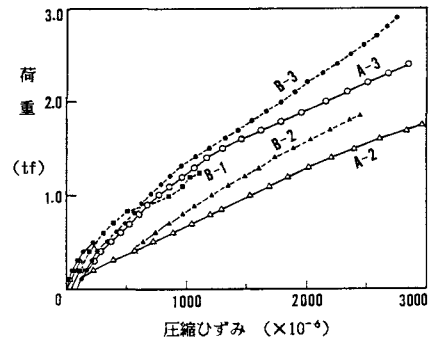


図-5 荷重～コンクリートの上縁ひずみ

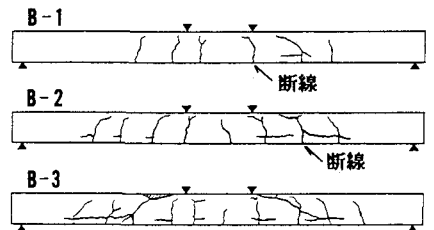


図-6 ひびわれ状況