

組紐状 GFRP ロッドを用いたコンクリートはりの重ね継手性能

西松建設株式会社

正会員 ○椎名 貴快

西松建設株式会社

フェロー会員

小林 正典

1. はじめに

組紐状 GFRP ロッド(図-1)¹⁾を引張主筋として最小鉄筋量相当配置したコンクリートはりにおいて、はり中央部曲げ区間での重ね継手性能を曲げ載荷実験により確認した。なお、重ね継手長は、限界状態設計法による基本定着長の他、仮設構造物を想定した短期許容応力度設計法による基本定着長の2種類とした。

本論では、GFRP ロッドの重ね継手を有するはりの曲げ挙動について報告する。

2. 実験概要

図-2 に供試体寸法、表-1 に供試体一覧を示す。

供試体は幅 20cm×高さ 25cm の長方形断面で、スパン長 2.4m、せん断スパン比(a/d)4.0 である。

軸方向引張筋には組紐状 GFRP ロッド(FG11)を最小鉄筋量相当の 0.22%配置し、せん断筋には異形棒鋼 D6(SD295A)を試験区間に 100mm 間隔で配置した。表-2 に補強材の材料特性を示す。

供試体は全 3 体であり、No.1 は FG11 を引張側全長に 1 本配置した基準体である。No.2 は限界状態設計法による基本定着長 785mm を重ね継手長としてはり中央曲げ区間に配置した。No.3 は仮設設計(短期許容応力度設計法：安全率 2.0、短期割増 1.5)による基本定着長 570mm を重ね継手長として配置した。載荷方法は一方向中央 2 点静的曲げ載荷とした。

3. 実験結果

表-3 に各供試体の曲げひび割れ発生荷重、破壊荷重、最終破壊形態を示す。すべての供試体の破壊形態は GFRP 破断による曲げ引張破壊であった。

(1) ひび割れ発生荷重と破壊荷重

曲げひび割れ発生荷重は、計算値と同等の結果であった。また破壊荷重は、終局強度理論による計算値に対して 15～20%高い結果であったものの概ね等しい結果であった。このため、GFRP ロッドを最小引張筋量相当配置したはりにおいても終局状態まで平面保持の仮定が成立するものと考えられる。

(2) ひび割れ状況

図-3 に各供試体のひび割れ発生状況を示す。なお図中の赤線で示したひび割れは終局破壊断面である。同図より、ひび割れ分散性はすべての供試体で概ね同等であり、重ね継手の有無による違いはなく、ロッドに沿った付着ひび割れも確認されなかった。なお、実験終了後、破壊面の GFRP ロッドは一部の繊維束や含浸樹脂で局部的に結合しているものの、引張補強性能は完全に喪失していた(写真-1)。

(3) 荷重とひび割れ幅の関係

図-4 に初期曲げひび割れ発生後における荷重とスパン中央部のひ

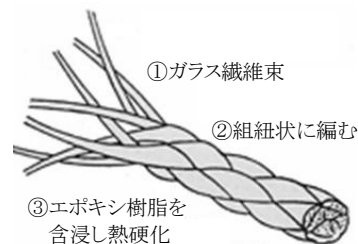


図-1 組紐状ロッド概念図

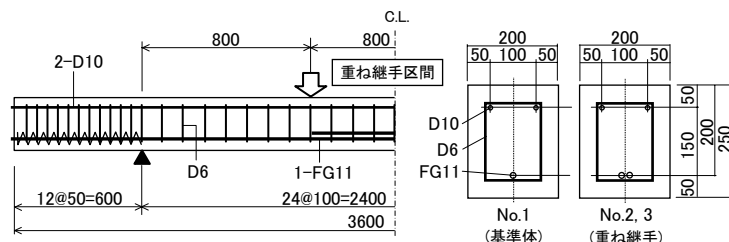


図-2 供試体寸法

表-1 供試体一覧

No.	コンクリート		軸方向 引張筋	せん断 補強筋	重ね継手	
	f'_c (N/mm ²)	E_c (kN/mm ²)			継手長 (mm)	算出根拠
1	25.8	19.8	1-FG11 (0.22%)	D6@100 (0.32%)	—	(基準体)
2					785	限界状態設計法
3					570	短期許容応力度

(備考) コンクリートは現場気中養生 3 体平均

表-2 補強材の材料特性

種類	公称径 (mm)	断面積 (mm ²)	降伏強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (kN/mm ²)	伸び (%)
GFRP	FG11	10.5	86	—	886	56
鉄筋	D 6	6.35	31.67	348	517	195
	D10	9.53	71.33	351	492	193

表-3 実験結果

No.	ひび割れ荷重 (kN)		破壊荷重 (kN)			最終破壊形態	
	実験値	計算値	実/計	実験値	計算値		
1	11.4	10.5	1.09	43.4	36.4	1.19	曲げ引張 (FRP 破断)
2	12.0		1.14	42.6		1.17	曲げ引張 (FRP 破断)
3	10.6		1.01	41.8		1.15	曲げ引張 (FRP 破断)

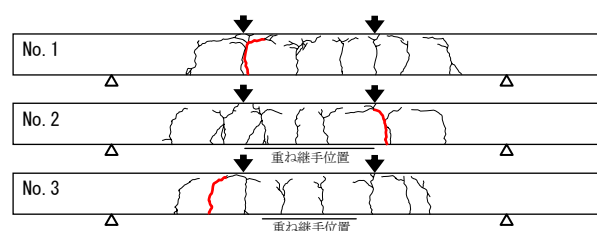


図-3 ひび割れ図

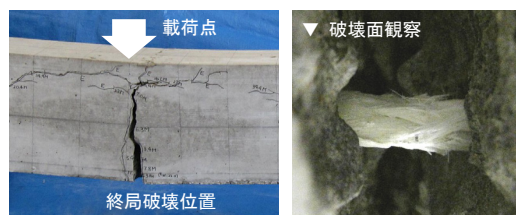


写真-1 GFRP ロッド破断状況(供試体 No. 1)

キーワード ガラス繊維, 組紐状 GFRP ロッド, 最小鉄筋量, 重ね継手, 曲げ挙動

連絡先 〒105-8401 東京都港区虎ノ門 1-20-10 西松建設(株) TEL. 03-3502-0247

び割れ幅との関係を示す。同図より、重ね継手によっては中央部で補強筋量が No.1 の 2 倍の 0.44% 配置されている No.2 と No.3 は、No.1 と比較して、同じひび割れ幅に達した時の荷重も概ね 2 倍となり、引張剛性の増大効果が現れている。なお、重ね継手長の違いによる差は小さく、概ね一致した挙動であった。

(4) 荷重と中央変位の関係

図-5 に荷重とスパン中央変位との関係を示す。同図より、いずれの供試体も局所的に荷重の低下が生じているが、これはひび割れの発生や進展に伴うものであり、曲げ挙動は重ね継手の有無によらず、3 体とも概ね等しい結果であった。また、終局たわみも計算値 53.7mm 相当の結果であった。なお、継手長の違いによる明確な差はなかった。

GFRP ロッド自体のヤング係数が小さく、はりの引張補強筋量も最小筋量相当と小さいため、曲げ区間での重ね継手による見掛け上の補強筋量の増加は、はり曲げ剛性の増加にそれ程寄与していない。

(5) 変形性能

図-6 に終局破壊荷重付近 (40kN 作用時) におけるスパン長間の変位分布を示す。同図より、いずれの供試体も左右対称の変位分布をしており、重ね継手端部の剛性変化点における角折れ状の局所的な変形は確認されなかった。また、引張筋の剛性が極めて小さいことにより、変位量が 60mm 付近まで達する過大な変形となったが、圧縮縁コンクリートは終局時まで圧壊することなく、曲げ引張破壊となった。

(6) GFRP ロッドの引張応力分布

図-7 に荷重 40kN 作用時での GFRP ロッドの引張応力分布を示す。なお、図(a)は各ロッドに作用する引張応力を示し、図(b)は重ね継手部位において同位置でのロッド引張応力を合算したものである。図(a)より、ひび割れによるひずみ変動の影響が含まれているものの、引張応力の値は概ねはり中央で左右対称の分布傾向を示した。また図(b)より、等曲げモーメント区間全長で破断強度 886N/mm² 相当の引張応力が均等に作用しており、重ね継手供試体は No.1 と同等の補強材性能を発揮した。

(7) 重ね継手部での張力分担率

図-8 に継手長の短い供試体 No.3 での重ね継手部における GFRP ロッドの張力分担率を示す。なおデータは荷重 40kN 作用時の値である。同図より、はり中央部での張力分担率は 0.5 程度であり、継手材同士が等しく引張応力を分担していることが分かる。

4. まとめ

本実験によって得られた結果を以下にまとめた。

- ・ 組紐状 GFRP ロッドを最小引張筋量配置したはりの曲げ耐力は、終局強度理論による計算値を満足し、破壊荷重付近まで平面保持の仮定が成立すると考える。ただし、 a/d の影響は別途検討を要す。
- ・ 耐荷性能や変形性能、ひび割れ分散性能は、重ね継手の有無に係わらず、概ね等しい結果であった。
- ・ 仮設設計による基本定着長を重ね継手長とした場合でも、終局時まで良好な継手性能を発揮した。

謝辞： 本実験に御協力を戴いたファイベックス(株)殿に謝意を表す。

参考文献)

- 1) 小林正典, 椎名貴快: 組紐状 GFRP ロッドの材料特性に関する考察, 土木学会第 66 回年次学術講演会講演概要集, 2011.9.(投稿中)

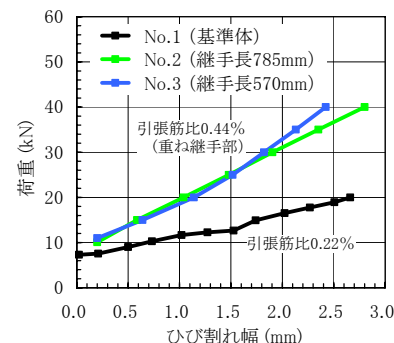


図-4 荷重とひび割れ幅の関係

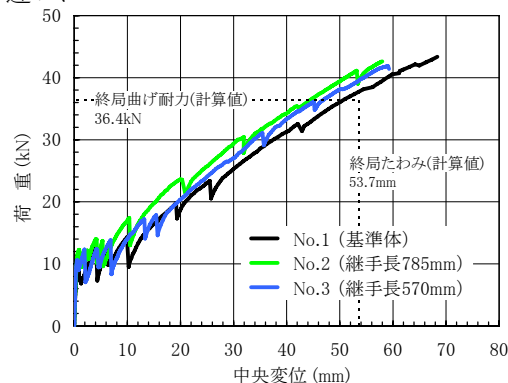


図-5 荷重と中央変位の関係

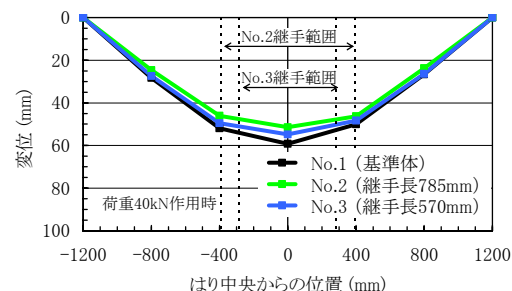


図-6 変位分布

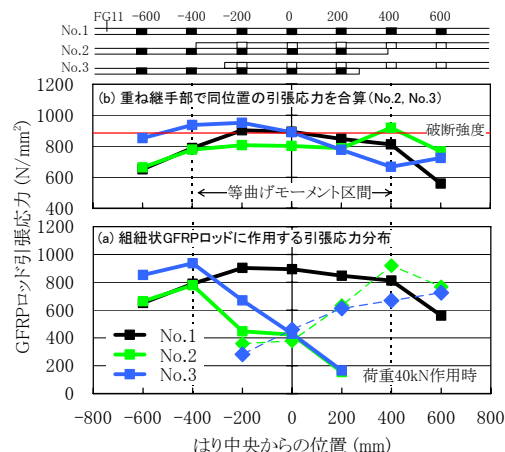


図-7 GFRP ロッドの引張応力分布

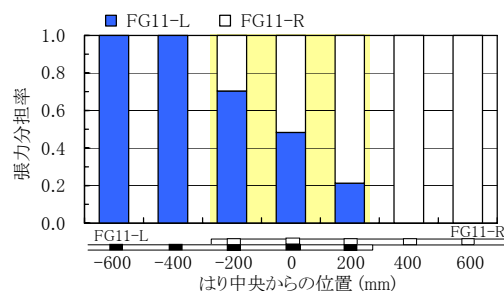


図-8 張力分担率