

CFRP ロッド同士の継手を有する RC はりの曲げ挙動に関する検討

九州大学大学院 学生会員 ○甘宇 九州大学大学院 フェロー会員 日野伸一
 (一財)橋梁調査会 正会員 山口浩平
 (株)福山コンサルタント 正会員 渡邊弘史

1. はじめに

近年、鉄筋コンクリート構造物の劣化が問題視されており、劣化の主な原因の一つに鉄筋の腐食が挙げられる。鉄筋に代わる新素材として注目されている炭素繊維(以下、CFRP)は、高強度・軽量・高耐食性などの特徴を有している。本研究で対象とする CFRP ロッド (以下、ロッドと呼ぶ 写真-1)は九州大学で開発した CFRP 製作ロボットを用いて製作されるロッドの両端部に U 型アンカー(写真-2)を有する特徴がある。鉄筋の代替としてコンクリート構造物への適用に関する研究が進められており、これまでに、ロッドの付着試験、引張試験および継手試験などが行われた。

本研究では、このロッドの特徴に着目し、ロッドの RC 部材の引張補強筋としての重ね継手の性能を確認するために曲げ試験を行い、RC はりの曲げ挙動を明らかにすることを目的としている。

2. 試験概要

図-1 に試験体概要、図-2 に断面図、表-1、表-2 に使用材料の特性値を示す。全ての試験体は、引張側にロッドを 3 本、圧縮側に鉄筋 SD345 D22 を 3 本、せん断補強筋 SD345 D13 を 100mm 間隔で配置した。基準試験体 TYPE A は引張側に継手のないロッドを配置した。重ね継手長は道示Ⅲ²⁾「6.6.5 鉄筋の継手」により算出して 300mm とした。TYPE B は重ね継手長 300mm、TYPE C は重ね継手に加えて、U 型アンカーでも定着力が確保し得る重ね継手および機械式継手の併用とした。TYPE D は重ね継手による継手性能を満足しない継手長を 150mm とし、主に U 型アンカーで定着力を期待した試験体である。なお、U 型アンカーのコンクリート中での引抜耐力は、母材(ロッド)の引張耐力以上であることが報告されている³⁾。載荷は、支点間距離 2750mm、載荷スパン 950mm の 2 点載荷とし、たわみ、ひずみ、ひび割れなどを測定した。

3. 結果および考察

ひび割れおよび最大荷重を図-3 に示す。TYPE A と TYPE C の最大荷重はロッドが破断する計算値(120kN)に達したが、他の 2 体 (TYPE B, TYPE D) は計算値の 50~60% 程度で破壊した。図-4 に荷重 - スパン中央変位関係を示す。全ての試験体は荷重 40kN 程度で荷重が一時低下したが、この時に曲げひび割れが発生した。TYPE A と TYPE C の最大荷重は同程度であり、たわみ



写真-1 CFRP ロッド

写真-2 U型アンカー

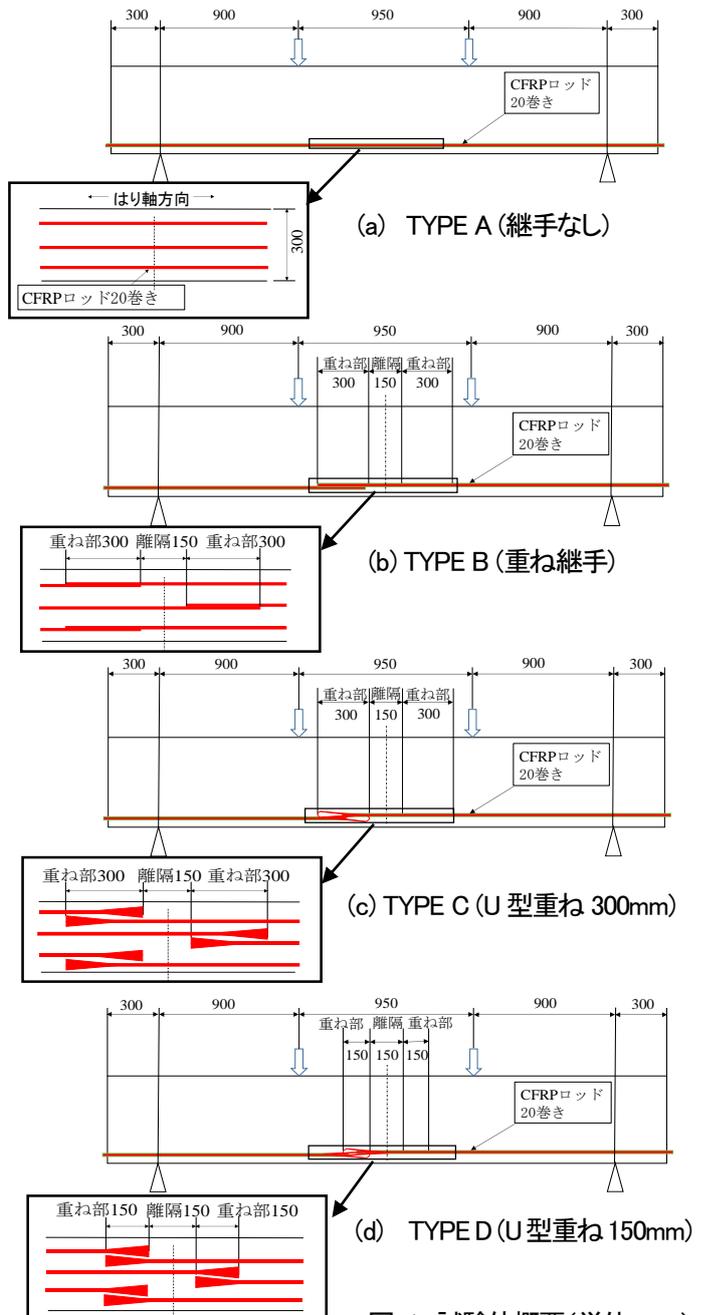


図-1 試験体概要(単位:mm)

表-1 材料特性値

項目	単位	設計値	備考
巻き数	—	20巻	
公称径	mm	6.00	
公称断面積	mm ²	30.2	
引張強度	N/mm ²	2227	保証値
1/3引張強度	N/mm ²	740	許容引張応力度として使用
付着強度	N/mm ²	11.4	保証値
1/3付着強度	N/mm ²	3.80	許容引張応力度として使用
破断ひずみ	μ	15910	保証値から再計算
弾性係数	N/mm ²	1.40×10 ⁵	保証値から再計算

表-2 材料特性値

項目	コンクリート (N/mm ²)	鉄筋 (N/mm ²)
圧縮強度	24.0	—
引張強度	—	490
降伏強度	—	345
弾性係数	2.50×10 ⁴	2.05×10 ⁵

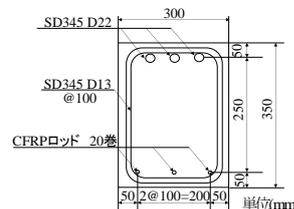


図-2 試験体断面図

は約40mmに達した。同図より、TYPE B, Dは荷重60-80kNで荷重が増加することなく、変位が増加していることがわかる。これは、引張補強筋であるロッドが引張力を負担できなくなったためであり、ロッドの継手性能が不十分でロッドが引き抜けたことを示唆している。これは参考文献⁴⁾と同様の傾向を示し、コンクリート中でのCFRPロッドの重ね継手の性能は、鉄筋の場合よりもやや劣るためであり、継手長が300mmでは重ね継手性能を満足しないことがわかった。一方、併用タイプのTYPE Cは、TYPE Aと同様の挙動で、U型アンカーにより十分な継手性能を有することがわかった。これはU型アンカー内のコンクリートのくさび効果により定着力が確保されたことを示唆している。また、TYPE CとTYPE Dを比較すると、U型アンカーが配置されていても継手長150mmでは不十分となる結果となった。

はりの上縁コンクリートの荷重-ひずみ関係を図-5のマイナス側に、ロッドの荷重-ひずみ関係を同図のプラス側に示す。いずれの試験体もひび割れ発生時にコンクリートが負担する引張力が解放され、ロッドに応力が伝達されたため、ひずみが増加しているのがわかる。また、TYPE AとTYPE Cの最大ひずみは同程度であった。全試験体の中で最も大きいひずみを示したのは、TYPE Aの10640 μ であった。しかし、ロッドの設計上の破断ひずみ15910 μ を超えていないことから、ロッドは破断していないと推察される。また、TYPE BおよびTYPE Dの最大荷重時のひずみは引張側、圧縮側ともに小さいことから、はり上縁のコンクリートは圧縮破壊していないと推察される。

ひび割れ図を図-6に示す。全試験体とも、まず曲げひび割れが等曲げ区間に発生した。その後、荷重の増加に伴い、ひび割れの本数や長さ、幅が増大した。曲げ圧縮破壊を呈したTYPE AとCは引張筋の最大ひずみが10000 μ と破断ひずみに近くなると、はり上縁のコンクリートが圧縮破壊を呈することが確認された。

今後、数値解析によりCFRPロッドの付着特性、U型アンカー一部の挙動、および引き抜けが生じた原因を解明する予定である。

4.まとめ

得られた主な知見は、以下の通りである。

- (1) ロッド継手なしおよび重ね継手が300mmのU型アンカー継手がある試験体の最大荷重は計算値を満足した。ロッドを用いたRCはりの曲げ挙動は、現行のRC理論で設計可能である。
- (2) TYPE Bの重ね継手では、継手長300mmでは不十分であるが、U型アンカーを有するTYPE Cは十分な定着力があり、継手効果が明らかとなった。
- (3) U型アンカーを含むロッドを用いても、重ね継手長150mmでは不十分であることが明らかになった。

参考文献

- 1) 山口浩平, 日野伸一, 太田俊昭: CFRPロッドの引張特性とPCはりへの適用性に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.29, No.3, pp.1465-1470, 2007
- 2) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説, IIIコンクリート橋編 H24, 2012
- 3) 鳥巢陽平: CFRPの強度特性およびCFRPを用いたRCはりのせん断耐力評価に関する研究, 九州大学修士論文, 2009.3
- 4) 椎名貴快, 伊藤忠彦, 潮田和司, 松野繁宏: 鉄筋との重ね継手を有するCFRPコンクリートはりの曲げ挙動, コンクリート工学年次論文集, Vol.22, No.3, pp.253-258, 2000

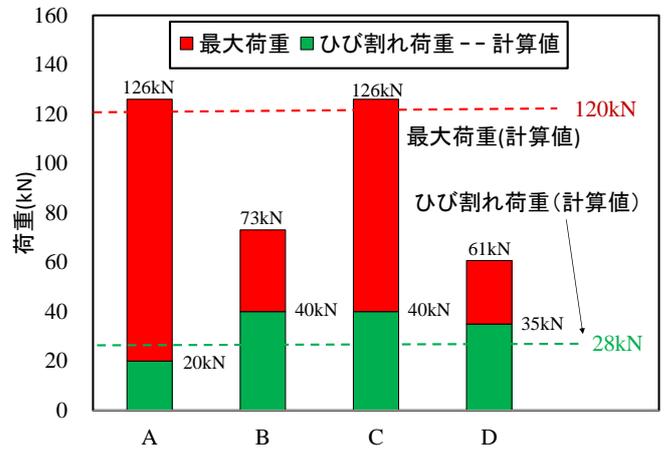


図-3 ひび割れおよび最大荷重

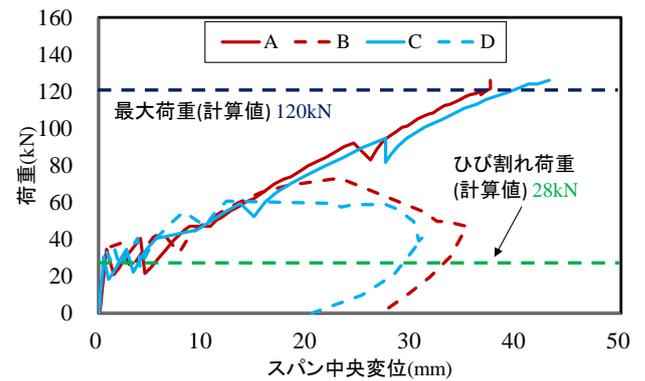


図-4 荷重-スパン中央変位関係

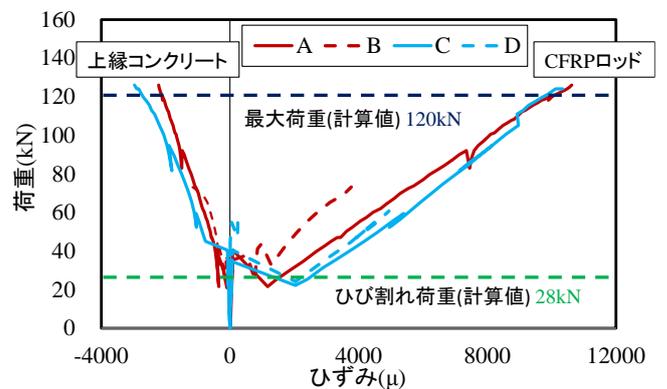


図-5 荷重-ひずみ関係

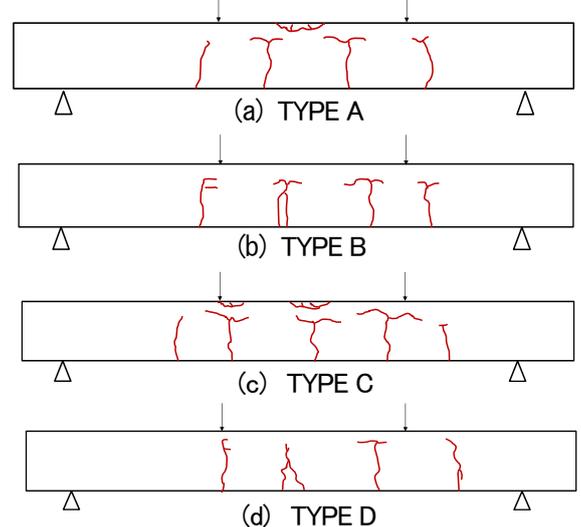


図-6 ひび割れ図(最大荷重時)