

GFRP ロッドの付着強度および曲げ成形部強度に関する実験的検討

三井住友建設（株） 正会員 ○狩野 武
 三井住友建設（株） 正会員 三加 崇
 西日本高速道路（株） 正会員 藤井 雄介
 西日本高速道路（株） 正会員 和田 圭仙

1. はじめに

高速道路などのコンクリート橋は、凍結防止剤の散布や沿岸部の飛来塩分により、鋼材の腐食による劣化が進行しており、この課題に対し著者らは鉄筋やPC 鋼材などの鋼材を一切用いない超高耐久の橋梁（以下、Dura-Bridge）や超高耐久なプレキャスト壁高欄（以下、Dura-Barrier）などを開発した。図-1 は Dura-Barrier の構造概要を示す。プレキャスト壁高欄本体の補強材および床版との接合部材に、鉄筋の代替として、腐食しない材料である GFRP（Glass Fiber Reinforced Plastics）ロッドを用いている。本稿では、GFRP ロッドについて、付着強度と曲げ成形部強度の検証結果について報告する。

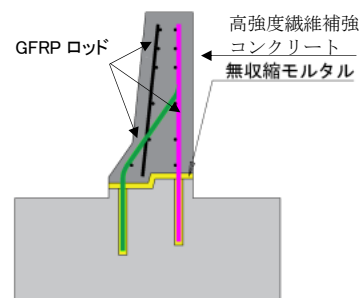


図-1 Dura-Barrier 構造概要



写真-1 GFRP ロッド タイプ1（ナット取付可能）



写真-2 GFRP ロッド タイプ2

2. GFRP ロッドの種類

表-1 GFRP ロッドの寸法・引張強度など

ロッド	単位	タイプ1-1 ナットなし	タイプ1-2 ナット付き	タイプ2-1 標準径	タイプ2-2 太径
最大外径a	mm	22		20.5	26.2
最小外径b	mm	19.7		19.4	24.8
ピッチ	mm	10		9	11.5
破断荷重	kN	250		254.5	415
有効断面積	mm ²	250		254	415
引張強度	Mpa	1000		1000	1000
弾性係数	Gpa	60		60	60

2種類のGFRP ロッドについて付着強度および曲げ成形部強度に関する試験を実施した。1種類目は、写真-1に示す表面を樹脂によりねじ節形状に加工され、ナット

の取付けが可能なロッド（タイプ1）である。2種類目が、写真-2のようにナット取付けタイプではない通常の鉄筋のように使用するロッド（タイプ2）である。表-1に各GFRP ロッドの寸法や破断強度などを示す。この2種類のタイプはガラス繊維の密度が異なるため、表-1に示すように有効断面積が同程度の場合でもタイプ1の方が、外径が大きくなっている。なお、写真-1のタイプ1のロッドに取付けたナットもGFRP 製である。

3. 付着強度

GFRP ロッドの定着性能を把握するため、付着強度が分かるように埋込み長を直径の5倍にして引抜試験を行った。図-2に示すようにコンクリートブロックに設けた鉛直孔に無収縮モルタルを充填し、その後にGFRP ロッドを埋込み、無収縮モルタルが所定の強度が発現した後に引抜試験を実施した。試験は、2種類のGFRP ロッド（タイプ1,2）について実施した。タイプ2についてはモルタル強度およびGFRP ロッドの径による影響を把握する目的で3ケースの試験を実施した。試験条件と結果を表-2に示す。

無収縮モルタルの強度が同じ場合、GFRP ロッドのタイプによる付着強度による明確な差は確認できなかった。さらに、タイプ2-1と2-2を比較すると径の大きさに関わらず付着強度が同等であることが確認できた。

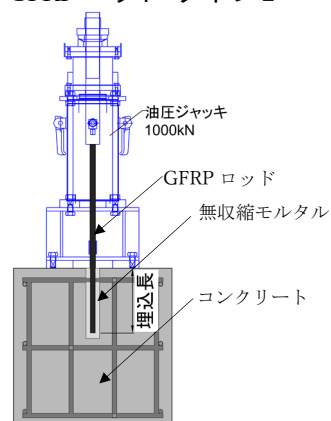


図-2 引抜試験概要図

キーワード GFRP ロッド, 付着強度, 曲げ成形部強度, 引抜試験, 超高耐久プレキャスト壁高欄,

連絡先 〒104-0051 東京都中央区佃 2-1-6 TEL : 03-4582-3121

一方、タイプ 2-1 による試験において、無収縮モルタルの強度の影響については、無収縮モルタルの圧縮強度が高い方が、付着強度が大きいことが確認できた。

表-2 に示す試験結果から、保証引張荷重まで引き抜けないように必要定着長を定めた場合、最大外形と埋込長から算出した表面積から算出した付着強度を使って必要定着長を算出したところ、8φ〜11φ となった。本稿では、割愛したが、埋込長 12φ で同様に引抜試験をした結果、最大荷重が保証引張荷重以上となり、定着できていることを確認した。

表-2 GFRP ロッドの付着強度・必要定着長

ロッド	単位	タイプ1-1 ナットなし	タイプ2-1 標準径	タイプ2-2 太径
最大外径a	mm	22	20.5	20.5
埋込長		5φ	5φ	5φ
	mm	110	103	131
最大荷重※	kN	136	122	162
保証引張荷重	kN	250	254.5	415
付着強度	Mpa	17.9	18.5	24.5
モルタル強度	Mpa	67.4	67.4	107.0
コンクリート強度	Mpa	54.8	54.8	54.8
状態		付着切れ	付着切れ	付着切れ
埋込長表面積	mm ²	7603	6601	6601
必要定着長		9.2	10.4	7.9

※表-2, 3 の最大荷重は、3 試験体の平均値である

表-3 GFRP 製のナットの機械的定着の効果

ロッド	単位	タイプ1-1 ナットなし	タイプ1-2 ナット付き
最大外径a	mm	22	22
埋込長		8φ	8φ
	mm	176	176
最大荷重※	kN	281	256
保証引張荷重	kN	250	250
モルタル強度	Mpa	96.9	96.9
コンクリート強度	Mpa	94.6	94.6
破壊形状		母材破断	コンクリート ブロック破壊

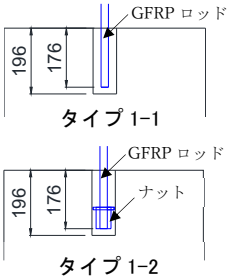


図-3 埋込状態

次に、GFRP 製のナットの機械的定着の効果を確認した。埋込状態を図-3 に示す。タイプ 1-2 でロッドとナットはエポキシ樹脂によって固定した。表-3 に示すように、タイプ 1-2 のナット付きの GFRP ロッドは母材破断せず、コンクリートブロックが破壊する結果となった。これは、タイプ 1-2 のナット表面が平滑であったため、ナット部の付着強度が十分に見込めず、機械的定着効果が付着強度を下回ったため、引抜強度が低下し母材破断せずロッドが抜出てきたと考えられる。

4. 曲げ成形部の強度

Dura-Barrier では、GFRP ロッドを曲げ成形しており、曲げ成形による影響の把握のために曲げ成形部の強度を検証した。試験方法および試験体の大きさはコンクリート工学会の試験法に準拠した。試験方法を図-4 に、曲げ加工した GFRP ロッドを写真-3 に示す。なお、GFRP ロッドは曲げ内半径を最大外径の 4.5 倍とした。試験結果を表-4 に示す。荷重保持率は、タイプ 1 で 41%、タイプ 2 で 66〜69% となった。2 種類とも「連続繊維補強材を用いたコンクリート構造物の設計・施工指針（案）」¹⁾に示される曲げ成型部の設計引張強度式で算出される 40% より大きい結果となった。

5. まとめ

GFRP ロッドを鉄筋の代替として使用するための、定着性能と曲げ成型部の強度について確認した。今後これらの成果を活用し、環境が厳しい場所におけるコンクリート構造物などへの適用を目指す。

参考文献

1) 連続繊維補強材を用いたコンクリート構造物の設計・施工指針（案），土木学会コンクリートライブラリー-88，1996.9

表-4 GFRP ロッド曲げ成形部 荷重保持率

ロッド	単位	タイプ1-1 ナットなし	タイプ2-1 標準径	タイプ2-2 太径
最大外径a	mm	22	20.5	26.2
最大荷重※	kN	103	167	285
保証引張荷重	kN	250	254.5	415
荷重保持率(実験)	%	41.2	65.6	68.7
荷重保持率(設計)	%	40.0	40.0	40.0
モルタル強度	Mpa	67.4	67.4	67.4
コンクリート強度	Mpa	54.8	54.8	54.8
破壊位置		曲げ成形部	曲げ成形部	曲げ成形部

※表-4 の最大荷重は、3 試験体の平均値である

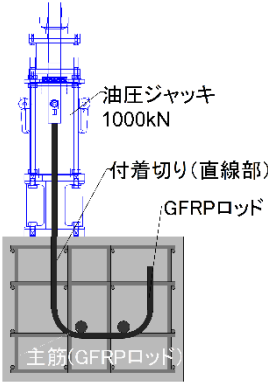


図-4 試験方法



写真-3 GFRP ロッド曲げ成形部 試験体