

基部のボルト配置が GFRP 壁高欄基部の構造性能に及ぼす影響

大阪公立大学大学院 学生員 ○関本 将貴 大阪公立大学大学院 正会員 林 厳

大阪公立大学大学院 正会員 山口 隆司 宮地エンジニアリング(株) 正会員 久保 圭吾

宮地エンジニアリング(株) 正会員 酒井 圭一 宮地エンジニアリング(株) 正会員 青木 海

1. はじめに

昨今，橋梁の老朽化に伴い，壁高欄等の橋梁付属物の維持管理性や取替時の施工性が重要となっている．その中で，軽量かつ高耐食性を有する GFRP（Glass Fiber Reinforced Polymer）材を用いた GFRP 壁高欄が考案された．GFRP 壁高欄基部の接合部に用いられている半剛接合に関しては，建築分野の梁－柱間の接合構造の研究が多く行われている．笠井ら¹⁾は鋼アングル材を用いた試験体の載荷実験を行い，継手耐力には柱側のボルト配置が重要であることを明らかにしている．

本研究では，GFRP 壁高欄基部の接合構造を対象として，基部のボルト配置が構造性能に及ぼす影響を解析的に検討する．

2. 解析手法

解析ソルバーには Abaqus/CAE2020 を用いた．解析モデルは，GFRP 壁高欄から取り出した図-1 に示すモデルとし，GFRP リブの先端は 4 節点低減積分 4 面体 1 次要素，それ以外は 8 節点低減積分 6 面体 1 次要素を用いた．想定される全接触面には，クーロン摩擦モデルによって摩擦係数を付与した．摩擦係数は，地覆部－L 型部材間では 0.5，ボルト軸部－ボルト孔壁間，GFRP リブ－L 型部材間，地覆部－座金間，L 型部材－座金間，GFRP リブ－L 型部材間では 0.2 とした．

表-1 は材料物性値，図-2 は解析に用いた応力－ひずみ関係を示す．L 型部材および地覆部は SS400，構成則は完全弾塑性型とした．ボルトセットは F8T および F10T，構成則は加工硬化係数が E/100 のバイリニア型とした．本研究では，GFRP 壁高欄基部接合構造のボルト配置に着目しており，GFRP は引抜方向の材料試験結果をもとに等方性材料として扱った．

表-2 は解析ケースを示す．解析パラメータは施工誤差を許容するために設けている基部のスロット孔内のボルト配置とし，図-3 に示す地覆側のボルトを GFRP リブ寄りに配置した場合を内側として計 5 ケース設定した．

解析では，ボルトに軸力を導入した後に，載荷板に強

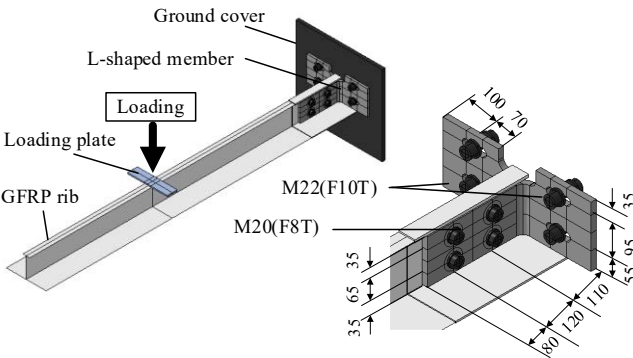


図-1 解析モデルおよび構造諸元（単位：mm）

表-1 材料物性値

Members	Material	Young's Modulus E(MPa)	Poisson's Ratio ν	Yield Stress σ _y (MPa)
L-shaped member	SS400	200,000	0.30	235
Ground cover				
Bolt	F8T	200,000	0.30	640
	F10T	200,000	0.30	900
Rib	GFRP	34,200	0.25	N.A.

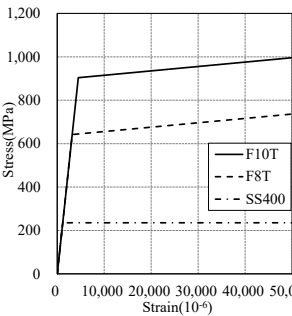


表-2 解析ケース

Case	Bolt arrangement			
	Bolt 1	Bolt 3	Bolt 2	Bolt 4
I-I	Inside		Inside	
O-O	Outside		Outside	
I-O	Inside		Outside	
O-I	Outside		Inside	
C-C	Center		Center	

図-2 応力－ひずみ関係

制変位による荷重を与えた．この際，GFRP リブ側のボルト軸力は M20(F8T) の設計ボルト軸力である 133kN，地覆側のボルトは，手締めのみで軸力を導入しないが，本解析では収束性の観点から 0.1kN 導入した．

3. 解析結果および考察

図-4 は L 型部材位置およびボルト位置の荷重－離間量関係，図-5 は荷重－ボルト軸力関係，図-6 は荷重 16kN 付近の基部における Mises コンター図をそれぞれ示す．

図-4(a)より，荷重－離間量関係の傾きは I-I，I-O，C-C，

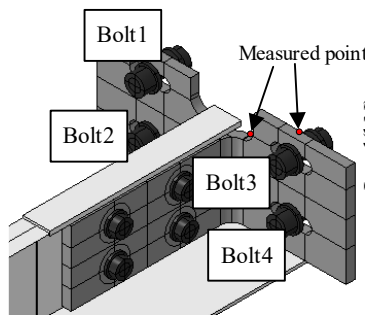
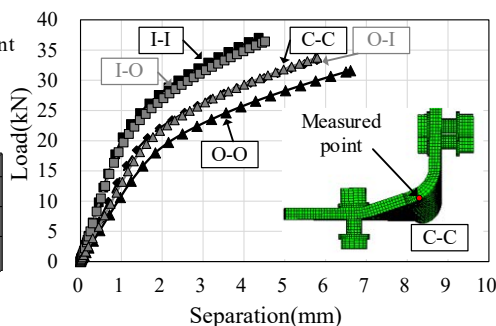
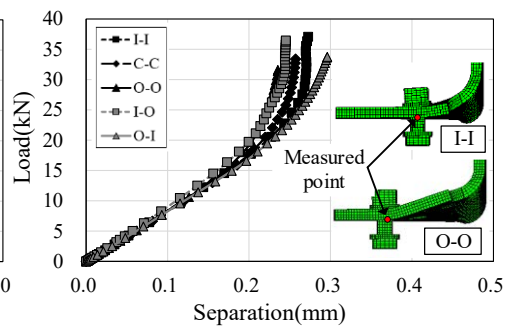


図-3 ボルト名および
離間量計測位置



(a) L型部材位置



(b) ボルト位置

図-4 荷重－離間量関係（変形倍率：5倍）

O-I, O-O の順に大きいことがわかる。また、図-4(b)より、ボルト位置での変形量は、全ケースで 0.15mm 程度までほとんど同程度であることが認められる。よって、L型部材の変形を抑えるには荷重載荷位置に近い Bolt1, Bolt3 を内側に配置することが効果的である。

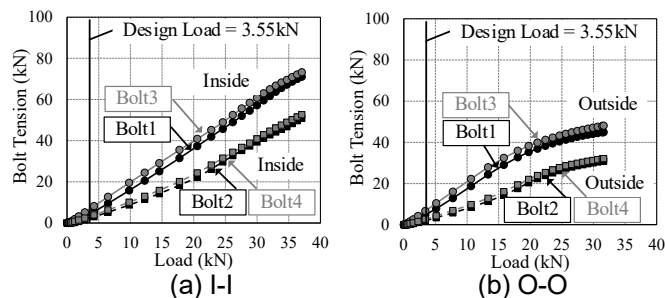
図-5 より、全てのボルトでボルト軸力の増加が確認でき、その増分量は内側に配置した方が、荷重載荷位置に近い Bolt1, Bolt3 の方が大きい。また、互い違いにボルトを配置した I-O, O-I では、ボルトを内側に配置した影響の方が顕著に表れる結果となった。

図-6 より、基部の切り欠き部から高い応力が発生し、その後、地覆部にかけて広がっていくことがわかる。高い応力が発生している範囲は外側にボルトを配置した方が大きく、特に Bolt3 周辺には高い応力が発生している。これは荷重載荷位置である GFRP リブとボルト位置間の距離が大きくなることで、地覆側 L 型部材のボルト締結部に作用する曲げモーメントが大きくなるからである。また、O-I のみ切り欠き部から Bolt4 にかけて高い応力が発生している。これは内側に配置することによる負荷が集中したためであると考えられる。

以上より、内側にボルトを配置することで基部の剛性は高くなるが、切り欠き部から内側ボルトにかけて負荷が集中することで、軸力増分量が大きくなる。しかし、図-5 の設計荷重 (3.55kN) 時点において、軸力増分量はボルト配置によらず、約 10kN と同程度である。したがって、設計上では施工誤差を考慮しても問題とならないと考えられる。

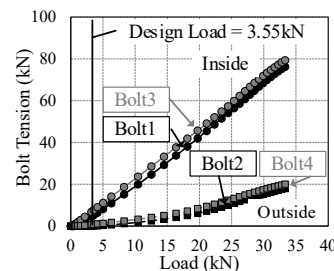
4. 結論および今後の課題

基部のボルト配置が GFRP 壁高欄基部の構造性能に及ぼす影響を検討した結果、設計荷重時でのボルトの軸力増分量は、ボルト配置によらず、同程度であったため、設計時の施工誤差を許容できる構造であると考えられる。今後は、基部構造が非対称であることから、反対方向の

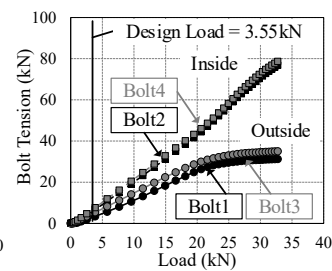


(a) I-I

(b) O-O



(c) I-O



(d) O-I

図-5 荷重－ボルト軸力関係

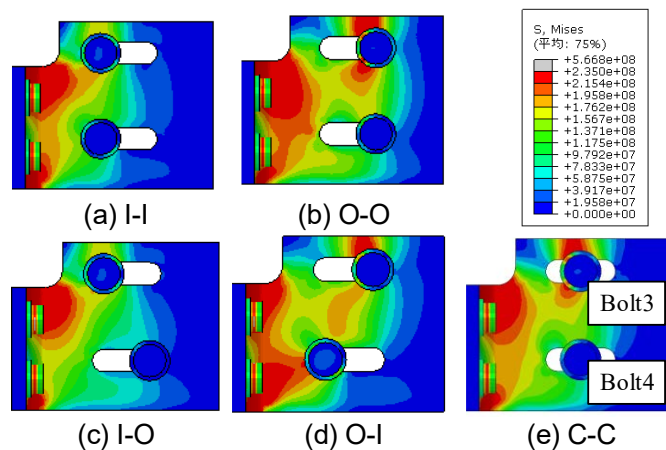


図-6 基部の Mises コンター図（単位：N/m²）

荷重を作用させた場合やスロット孔直角方向のボルト配置の検討を行う予定である。

謝辞

本研究の一部には、JSPS 科研費（課題番号：21K14234）の助成を受けた。ここに謝意を表します。

<参考文献>

- 1) 笠井和彦，徐養会：アングルを用いたボルト半剛接の繰り返し弾塑性挙動に関するパラメータ実験研究，日本建築学会論文集，Vol.560, pp.169-179, 2002.