

GFRP 引抜き成形材の橋梁点検検査路への適用に関する研究

九州大学 学生会員 ○直野智彦 九州大学大学院 正会員 山口浩平
九州大学大学院 フェロー会員 日野伸一 九州大学大学院 学生会員 李 宏斌
株式会社宮地鐵工所 正会員 久保 圭吾 AGC マテックス株式会社 正会員 青木 卓也

1. 目的

GFRP(ガラス繊維強化ポリマー)はその軽量性や耐食性などから、自重の軽減、施工性の向上等の利点を有するため、土木構造部材への適用が期待されている。橋梁点検検査路は橋台や橋脚および上部工に設置される点検設備で、交通規制等の制限を設けずに目視および直接触れて劣化・損傷状況の調査が可能である。GFRP製の点検検査路は、耐久性と軽量性の面で利点があり適用事例が増加している。しかしながら、その設計基準等は未整備なのが現状である。そこで本研究では、実橋点検検査路のブラケット部および歩廊部に GFRPを用いた試験体の載荷試験を行い、耐荷挙動や接合部の耐荷特性を把握し、FEM 解析と比較検討を行った。

2 試験概要

図-1 に試験体の概略図を、表-1 に試験体一覧を示す。本試験では TYPE1~3 の試験を行った。これらは GFRP 橋梁検査路のブラケット部を想定した試験体である。

H-300×150×10×14 の GFRP ブラケット部を用い、接合部は SUS アングル材を F10T 高力ボルト(HTB)により摩擦接合した。接合部を SUS アングル材と HTB6 本により接合した試験体を TYPE1、リブで補強されたリブ付 SUS アングル材と HTB6 本で接合した試験体を TYPE2、リブ付 SUS アングル材と HTB4 本で接合した試験体を TYPE3 とし、設計ボルト軸力 165kN を導入した。

試験体の設計荷重は検査路の歩廊部、手摺の自重および群集荷重が作用する場合の断面力を算出し、その曲げモーメントと等価となる載荷点での荷重を設計荷重とする。

図-2 に設計条件図を示す。設計条件は検査路長 $L=6.00\text{m}$ 、幅員 $B=0.60\text{m}$ 、歩廊の自重 $w_{11}=0.20\text{kN/m}$ 、手摺の自重 $w_{12}=0.05\text{kN/m}$ 、群集荷重 $w_2=3.5\text{kN/m}^2$ である。検査路の反力は $P_1=6.9\text{kN}$ 、 $P_2=7.2\text{kN}$ となり、反力による曲げモーメント $Ma=7.20\times 0.708+6.90\times 0.128=5.98\text{kN}\cdot\text{m}$ が得られる。また、試験体端から載荷点までの距離は 0.708m である。 Ma と等価となる荷重 $5.98/0.708=8.5\text{kN}$ を設計荷重とした。また、GFRP ブラケット断面、SUS アングル材断面、接合部、取り付け部の照査は設計条件を満たしている。接合部の照査はボルト 6 本として行ったが、ボルト本数による挙動の変化を確認するために TYPE3 の試験を行った。

試験はブラケットの先端から 102mm の箇所に載荷し、設計荷重 8.5kN まで載荷(1kN 刻み)を 3 回繰り返し、その後破壊まで載荷した。(8.5kN 以下は 1kN 刻み、8.5kN 以上は 2kN 刻み。)

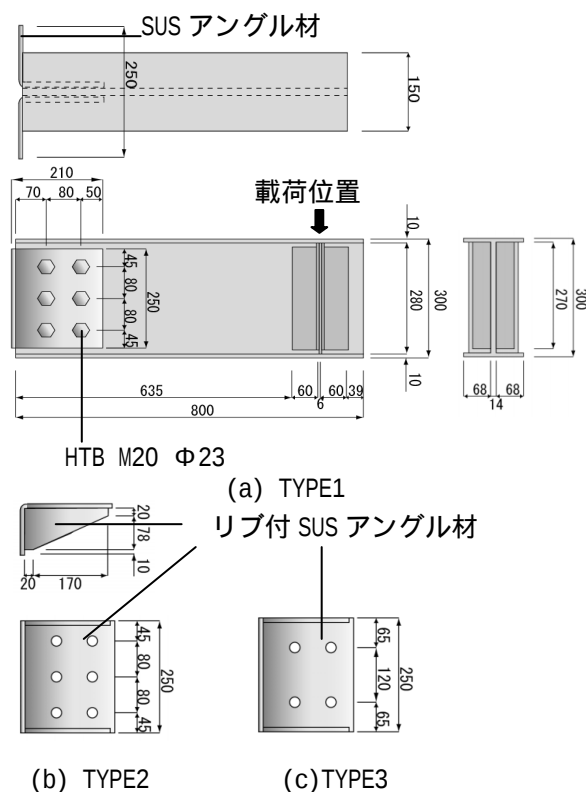


図-1 試験体概要

表-1 試験体一覧

試験体	ボルト本数	接合部
TYPE1	6本	SUSアングル材
TYPE2	6本	リブ付SUSアングル材
TYPE3	4本	リブ付SUSアングル材

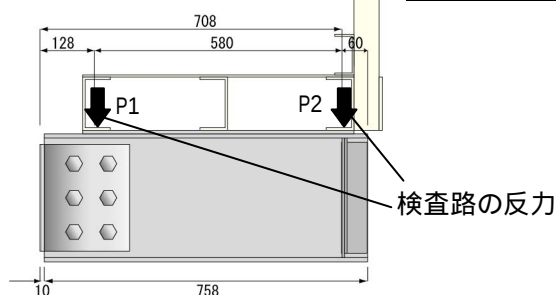


図-2 設計条件図

3. 解析概要

TYPE1~3 の FEM 解析に関しては GFRP ブラケット, SUS アンゲル材, 高力ボルトを 8 節点ソリッド要素を用いてモデル化し, SUS アンゲル材, HTB には Von-Mises の降伏条件を, ブラケットには Hill の降伏条件を用いた. また, 接触条件は SUS-GFRP 間に摩擦係数 0.5, SUS-高力ボルト間に摩擦係数 0.5 を設定した. (摩擦係数は既往研究の GFRP-鋼静的引張試験により得られた値を用いた. ¹⁾) SUS アンゲル材の HTB で固定される側面の xyz 方向変位および z 方向回転を拘束し, ブラケットの自由端部に鉛直方向の強制変位を与え, 変位増分で解析を行った.

4. 結果および考察

TYPE1 は荷重 25.6kN 時にアンゲル材が降伏し鉛直変位が増加した. 最大荷重は 55.8kN となったが, GFRP ブラケットに亀裂等の損傷は見られなかった. TYPE2 は 83.4kN 時に音を発してボルト孔間およびボルト孔から試験体端に亀裂が生じ, GFRP ブラケットが破壊に至った. 同様に TYPE3 は 74.9kN 時に音を発してボルト孔間, ボルト孔から試験体端に亀裂が生じた. 最大荷重はそれぞれ設計荷重の 6.6 倍, 9.8 倍, 8.8 倍となった. 図-3 に荷重-たわみ関係, 表-2 に試験・解析結果, 写真-1 に TYPE2, 3 のブラケット破壊状況を示す. 結果より, 接合部のアンゲル材に大きな負荷がかかり, ボルト本数が多い TYPE2 が TYPE3 より大きな荷重に耐えうることが確認できる. また試験ではすべり荷重の確認は出来なかったが, FEM 解析では TYPE2 で 80.4kN, TYPE3 で 49.5kN 時にボルトがボルト孔に接触し, すべりの発生が確認出来た. TYPE1 ではすべりが発生しなかった. 図-4 に TYPE2,3 接合部の設計荷重時および最大荷重時の応力分布図を示す. 設計荷重時にはボルト孔周辺に広く応力が分布しているが, すべり発生後はボルト接触箇所に応力の集中が見られた. 最大荷重時にはボルト孔間の亀裂が生じた箇所に応力集中が見られ, 試験体破壊状況が FEM 解析により再現できた. また, 図-5 に TYPE1,2 SUS アンゲル材の最大荷重時応力分布図を示す. リブの無い TYPE1 ではアンゲル材の直角部分に応力が集中しているが, リブ付の TYPE2 では上下のリブにも応力が分布しており, リブによる補強が耐力向上に影響していることがわかる.

5. 結論

- (1) ブラケット部は接合部に大きな負荷がかかり, 鉛直たわみは SUS アンゲル材の変形によるものである.
- (2) ブラケット接合部のボルト本数が耐力向上に影響する.
- (3) すべりが発生した場合ボルト孔周辺に大きい応力の集中が見られるが, 設計荷重時にはすべり発生は恐れない.

参考文献 1) 大本 透: 接着剤およびボルト接合を用いた GFRP・鋼接合部の強度特性に関する実験的研究

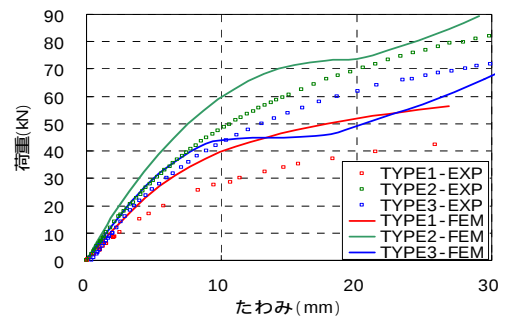


図-3 荷重-たわみ関係

表-2 試験・解析結果

	設計荷重 (kN)	最大荷重(kN)	
		EXP	FEM
TYPE1	8.5	55.8	56.4
TYPE2		83.4	89.5
TYPE3		74.9	71.5

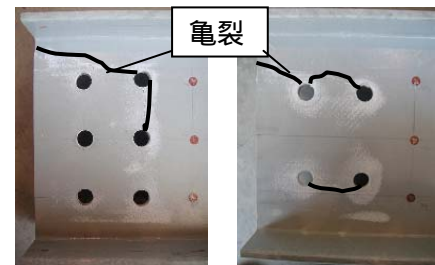
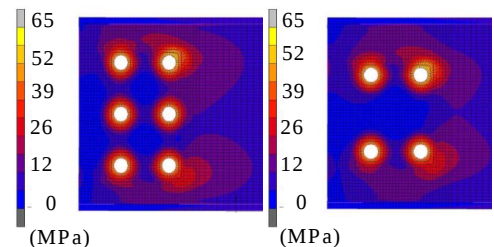
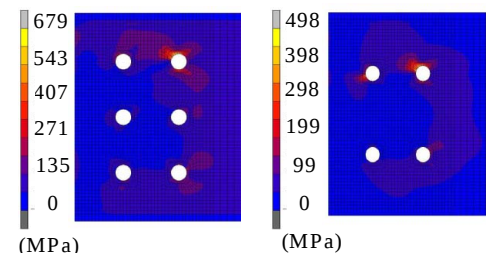


写真-1 TYPE2,3 破壊状況



(a) 設計荷重時



(b) 最大荷重時

図-4 TYPE2,3 ブラケット応力分布図

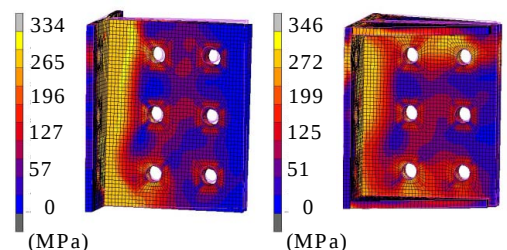


図-5 TYPE1,2 アンゲル材応力分布図