

8.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

直野 智彦

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し、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の劣化・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が検討されているが、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及び歩廊部に GFRP を用いた試験体の載荷試験を行い、破壊性状や接合部の耐荷特性を把握し、FEM 解析による解析値と比較・検討を行った。

2 内容

2.1 試験概要

本研究では TYPE1~6 までの試験を行った。TYPE1~3 では検査路の支持構造であるブラケット部の載荷試験を行い、TYPE4~6 では検査路の歩廊部の載荷試験を行った。

(1)TYPE1~3 図-1 に TYPE1~3 試験体概略図を示す。H-300×150×10×14 の GFRP ブラケットを用い、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アングル材と HTB6 本で接合した試験体を TYPE2、リブ付アングル材と HTB4 本で接合した試験体を TYPE3 とした。TYPE1,2 によりリブによる補強の影響を、TYPE2,3 によりボルト本数による影響を比較した。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 まで載荷を 3 回繰り返し、その後破壊まで載荷した。

(2)TYPE4~6 図-2 に TYPE4~6 試験体概略図を示す。試験体は GFRP 製チャンネル材 3 本の上に GFRP 製板材を配置している。TYPE4 では長さ 6200mm 幅 636mm 高さ 130mm の一般鋼製点検検査路と同程度の寸法の歩廊部を、TYPE1 と同様のブラケット 2 基により支持し、SUS ボルトにより接合した。TYPE5 は TYPE4 の歩廊部を H 鋼架台 2 基により支持し、SUS ボルトで接合した。TYPE6 の歩廊部試験体は、長さ 6000mm 幅 636mm 高さ 205mm と TYPE4, 5 のものより厚く、また、チャンネル材間の補強材が中央、両端付近の 3 箇所に配置されており、H 鋼架台 2 基により支持した。試験は歩廊部中央に載荷し、設計荷重 7.7kN まで載荷を 3 回繰り返し、その後破壊まで載荷した。設計荷重は道路橋検査路設計ガイドラインに示された群集荷重 3.5kN が歩廊中央に作用する時の曲げモーメント、たわみが等価となるような集中荷重であり、TYPE1~3 では 8.5kN、TYPE4~6 では 7.7kN となった。

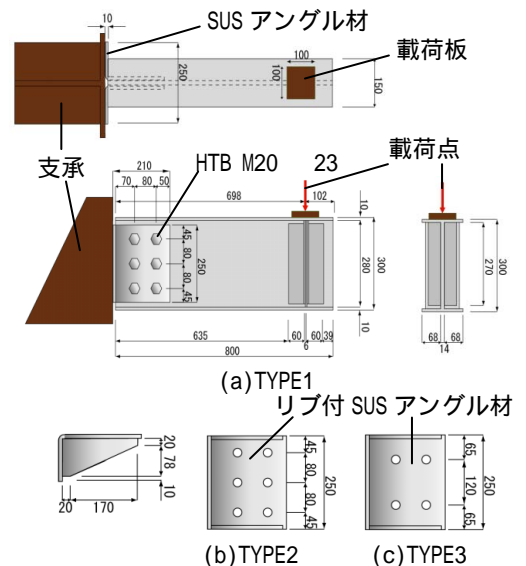


図-1 TYPE1~3 試験体概略図

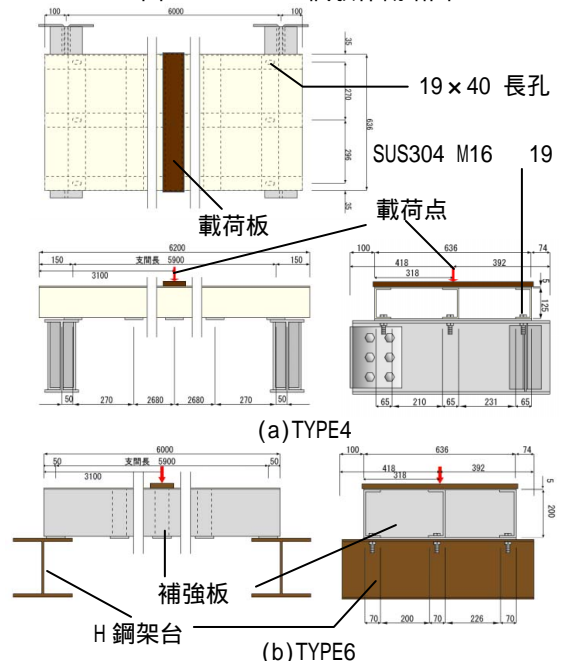


図-2 TYPE4~6 試験体概略図

2.2 解析概要

(1)TYPE1~3 8 節点ソリッド要素を用いてモデル化し、SUS アングル材、HTB には Von-Mises の降伏条件

を，GFRP ブラケットには Hill の降伏条件を用いた．接触条件は SUS-GFRP 間，SUS-HTB 間に摩擦係数 0.5 を設定し，ブラケット固定端の変位・回転を拘束し，載荷位置に鉛直方向の強制変位を与え，変位増分で解析を行った．

(2)TYPE4~6 4 節点シェル要素を用いてモデル化し Hill の降伏条件を用いた．接触する要素は全て剛結とし，TYPE4 ではブラケット固定端の変位・回転を拘束し，TYPE5, 6 では接合部の変位・回転を拘束した．歩廊中央に荷重を与え，荷重増分で解析を行った．

2.3 試験結果および解析結果

(1)TYPE1~3 TYPE1 は荷重 25.6kN 時にアングル材が降伏し，最大荷重は 55.8kN(設計荷重の 6.5 倍)となった．TYPE2 は 83.4kN(設計荷重の 9.8 倍)時に音を発してボルト孔間，試験体端に亀裂が生じた．同様に TYPE3 は 74.9kN(設計荷重の 8.8 倍)時に亀裂が生じた．図-3 に荷重-たわみ関係，表-1 に試験・解析結果，図-4 に TYPE2, 3 の破壊状況を示す．TYPE1~3 の実際の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．図-5 に接合部の最大荷重時応力分布を示す．実試験で亀裂が生じた箇所に応力集中が見られ，破壊状況が FEM 解析により再現できた．

(2)TYPE4~6 TYPE4 は設計荷重 7.7kN 時に歩廊中央たわみ 48.1mm となり，一般鋼製検査路のたわみ照査基準である L/400(支間長=L5900mm)を上回った．荷重 27.5kN，歩廊部鉛直たわみ 293mm 時にジャッキの長さが不足したため，破壊に至らなかった．ブラケット部の鉛直方向たわみは最大で 5mm に満たず，歩廊の鉛直たわみに比べ非常に小さい．また，TYPE5 も同様に破壊に至らなかった．TYPE6 は設計荷重 7.7kN 時にたわみ 12.6mm となり，L/400 を満たした．荷重 57.6kN(設計荷重の 7.5 倍)たわみ 135mm 時に音を発して破壊に至った．中央部でチャンネル材上部の板材が変形し，繊維の剥離が見られ，側面，背面にも亀裂が生じた．図-6 に TYPE6 の破壊状況，図-7 に歩廊部の荷重-たわみ関係，表-2 に試験・解析結果を示す．FEM 解析では繊維の剥離，亀裂等の破壊モードの再現は出来なかったが，TYPE6 で試験値と解析値の破壊荷重が概ね一致したため，TYPE4,5 での破壊荷重を参考値として算出した．

3. 結論

- (1)TYPE1,2よりアングル材のリップによる補強が耐力向上に影響し，また，TYPE2,3により接合部のボルト本数が耐力向上に影響すると考えられる．
- (2)歩廊部のたわみはブラケット部のたわみに比べ非常に大きいため，強度よりも歩廊のたわみに留意して設計する必要がある．
- (3)TYPE4,5では設計荷重時に一般的な鋼製検査路のたわみ照査基準 L/400を満たさないため，TYPE6がより実構造物に適しており，GFRP製の検査路を設計するには既存の設計基準と異なった新たな設計基準が必要であると考えられる．

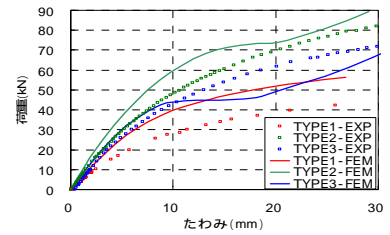


図-3 TYPE1~3 荷重-たわみ関係
表-1 TYPE1~3 試験・解析結果

	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

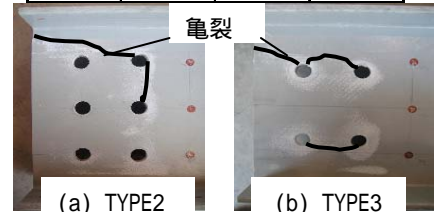


図-4 試験体破壊状況

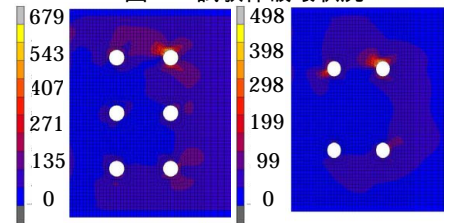


図-5 最大荷重時応力分布

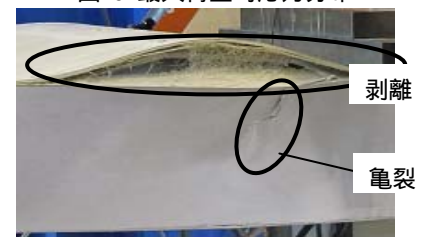
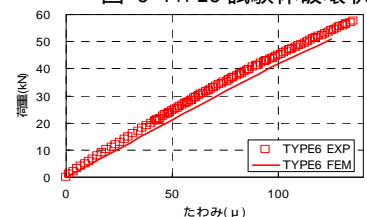
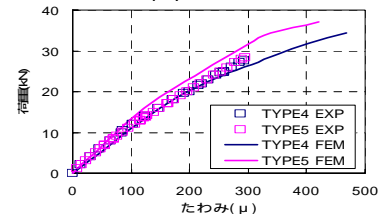


図-6 TYPE6 試験体破壊状況



(a) TYPE6



(b) TYPE4,5

図-7 TYPE4~6 荷重-たわみ関係
表-2 TYPE4~6 試験・解析結果

	TYPE4		TYPE5		TYPE6	
	EXP	FEM	EXP	FEM	EXP	FEM
破壊荷重 (kN)		34.5		37.1	57.6	50.9
たわみ (mm)		467		420	135	125