小林憲治 太刀掛正俊

青野雄太

日野伸一

九州大学学生会員

正会員

九州大学

## 1.はじめに

FRP(繊維強化プラスチック)は、その軽量性や耐食性等か ら、自重の軽減、施工性の向上やメンテナンスコストの軽減 等の利点があり、新たな土木構造材料として期待されている. GFRP 引抜き成形法(図-1)は、大型断面形状での大量生産が 可能であり、製造コストが抑えられる大きな利点がある.し かし、FRP は異方性材料であり、強化材である繊維が樹脂マ トリックスにより積層されて成形されているため、設計のための 取扱いが極めて煩雑である.本研究では、設計面での簡便な取扱 いのため、解析上、鋼材やコンクリート材料と同様の厚さ方向に 均一な異方性材料としての取扱いの可能性について究明すること を目的とし、GFRP 引抜き成形 I 型断面はりの曲げ試験を実施と、 汎用解析ソフトを用いて解析を行った.

#### 2.試験および解析の概要

#### 21 曲げ試験概要

本試験は,スパン 4000mm,高さ 600mmのGFRP はり部 材に対し対称2点漸増載荷を行った(写真-1,図-2).載荷点に は幅100(mm)厚さ25(mm)の鋼製プレートを敷き,荷重が均 ーに分布するようにした.Case A は座屈挙動を計測するため, 垂直補剛材(GFRP製,箱形断面100×100×564mm,厚さ 5mm)を支点部のみに2本ずつ,CaseB は座屈耐力を向上さ せるため,支点部に加え載荷点位置に1本ずつ,それぞれエ ポキシ樹脂により接着した.

#### 2.2 解析概要

本解析は, 1/2 対象モデルで計算し, GFRP はり部材と GFRP 垂直補剛材は直交異方性 4 節点シェル要素を用いてモ デル化した.解析には,汎用解析ソフト Lusas version13.7 を使用した.フランジ・ウェブともに,厚さ方向には均一な ものと仮定し,それぞれに材料試験で得られた材料定数を使 用した.(**表-1**)

表-2 に本試験供試体の寸法測定の主要な結果を示す .本解 析では,誤差の大きいフランジの直角度を初期不整として FEM モデルに反映させることとし,FEM モデルの上フラン ジを 0.76°傾けることによって初期不整の再現を試みた.な お,スパン方向および直角方向については不整を無視した.



表-1 解析に用いた材料定数

項目	単位	部位	引抜き方向(X)	引抜き直角方向(Y)
		フランジ	38.8	10.1
引張弾性係数	GPa	ウェブ	23.5	15.9
		垂直補剛材	30	10.1
引張強度	MPa	フランジ	359.69	134
		ウェブ	334.77	143.01
		垂直補剛材	300	134
圧縮弾性係数	GPa	フランジ	41	10.1
		ウェブ	25.01	16.38
		垂直補剛材	30	10.1
圧縮強度	MPa	フランジ	235.4	98.6
		ウェブ	283.4	139.6
		垂直補剛材	300	134
		フランジ	フランジ 5200	5200
せん断弾性係数	Gpa	ウェブ	5110	
		垂直補剛材	3677	
ポアソン比		フランジ	0.27	
		ウェブ	0.24	
		垂古湖剛材		03

表-2 部材寸法測定結果

測定項目	設計値	許容範囲	測定値
部材長	4600	± 3	4601
フランジ幅	300	± 2	299
部材高	600	± 3	600
板の平面度	0	2.8以下	0
フランジの直角度	0	2.0以下	1.8
部材の反り	0	4.6以下	0.5

単位:mm

### 3. 結果および考察

CaseAは写真-2に示すように載荷点位置におい て局部座屈が先行し Pmax=352kN で上フランジ とウェブの間に引抜き方向に割れを生じて破壊し た.上フランジとウェブの結合部に圧縮応力が集 中し,表裏ともにひび割れが発生しているため, 内部のロービング,クロス層についても,破壊し ていると考えられる.CaseBは写真-3に示すよう にPmax=534kNで支点部の垂直補剛材が剥離し, 急激に座屈が発生して,GFRP 桁端部の上下フラ ンジおよびウェブが層間剥離して破壊した. CaseBの破壊耐力は,CaseAに比べ 52%増加した.

図-5より,スパン中央部の荷重-たわみ関係では, 試験結果と FEM 解析結果の剛性はほぼ一致し ていることがわかる.図-6 にスパン中央断面の 引抜き方向ひずみ分布図(CaseA)を示す. P=177kNまでは平面を保ちながらひずみが進行 していくが,局部座屈が発生し破壊した Pmax=352kNでは,大きく変化していることが わかる.図-7にCaseAの面外変形コンター図を 示す.載荷点位置からスパン中央部にかけて,上 フランジとウェブの結合部付近で面外変位が大 きくなり,ウェブ全体が大きく孕む傾向がわかる. 細部については,講演会にて発表する.

### 謝辞

本研究の一部は,平成 16,17 年度科研費 基盤研究(C)(代表:日野伸一)の補助を受 けている.ここに記して感謝の意を表する.

# 参考文献

1) Hino,S.,Abdullah,B.,Djamaluddin,L., Yamaguchi,K., Kawai,K., Hayashi,K.: Behavior of GFRP Pultruded I-600 Beam Under Static and Fatigue Loadings, Journal of Structural Engineering, JSCE, Vol.51A, pp1267-1274, 2005 2) 土木学会:FRP 橋梁-技術とその展望-,構造工 学シリーズ 14, 2004



写真-2 Case A 破壊状況









