連続引抜成形 FRP 形材の重ね継手接合部の引張力による破壊メカニズム

豊橋技科大	正会員	山田	聖志*1	
同上	学生会員	中澤	博之*1	
福井漁網		小宮	巖 ^{*2}	

1.はじめに

本研究では、大量生産と均質断面成形に適していることから、建設構造材料として利用される可能性が高いと考 えられる、ガラス繊維を用いた連続引抜成形 FRP 形材を対象とする。FRP 形材の接合部は、同一の寸法を有してい ても、繊維構成および載荷方向などが異なると、耐力及び破壊モードが大きく異なる¹⁾。よって、その接合部の力 学性状を把握することは極めて重要である。本報では、これらの形材を構造部材として使用する際に重要となる接 合部の力学性状を明らかにすることを目的とし、基本的な重ね継手接合の引張試験を行った成果について考察する。

2.試験体について

|試験体は,連続引抜成形法によって一連の同一製造工程から生産された長尺の形材を、設定した長さに切断し製 作されたもので、同一の材料特性を有する。形材の断面は、材軸方向の剛性と強度を負担する連続繊維層と板幅方 向の剛性と強度を確保するためのストランドマット層を交互に重ね、両表面をポリエステル不織布で覆い、所定の 厚さ t となっている。表1に示す力学特性は文献2,3と同様の方法で求めている。

3.実験方法

図1に試験体設置状況を示す。母材には、長さL=300mm,幅B=65mm, 厚さ t=4mmの帯板を採用し、アムスラー型引張試験機(98kN レンジ) にて載荷した。図中の(1)は,載荷過程で接合部での母材の損傷によ り発生する弾性波を検出する為のAEセンサーである。AEの計測に はイベントカウント方式のシステムを用いた。(2)は接合部を含む試験 体の軸変位をモニターする為に設置した変位計であり、測定間距離は 母材端部から100mmとした。パラメーターとして、接合方法、ファス ナー本数、端あき(e)、ピッチ(w)を採用した。

4.実験結果と考察

各試験体より得られた平均最大耐力 \overline{P}_{max} を表2に示す。括弧内は標 準偏差を示している。試験体名については, 左より, 接合方法(Rは 径 d=4.8mm のリベット, Bは d=6mm の中ボルト, Aはエポキシ系接着 剤)、ファスナーの本数、端あき量のファスナー径に対する比(e/d)、 ピッチのファスナー径に対する比(w/d)を表し、次の括弧内の数値は 試験体数を表す。



図 1 試験体設置状況

表2 平均最大耐力と標準偏差

引張強度 _t (MPa)	441	No.	\overline{P}_{\max} (kN)	No.	\overline{P}_{\max} (kN)	No.	\overline{P}_{max} (kN)
縦弾性係数 <i>E_x</i> (GPa)	30.2	R244(3)	9.71(0.581)	R332(1)	9.41 (-)	B844(3)	70.3(2.33)
横弾性係数 <i>E_y</i> (GPa)	16.4	R444(3)	18.8(1.21)	R324(4)	12.2(0.822)	A02(3)	20.5(0.532)
曲げ弾性係数 E _{bx} (GPa)	15.6	R344(17)	15.3(0.972)	R323(1)	10.3 (-)	A04a(3)	37.5(0.947)
曲げ弾性係数 <i>E_{by}</i> (GPa)	8.51	R343(4)	14.0(0.834)	R322(1)	6.57 (-)	A04b(3)	41.0(2.63)
ポアソン比 _x	0.279	R342(4)	9.98(0.532)	B333(3)	26.1(1.18)	A06(3)	51.1(0.493)
ポアソン比 _y	0.152	R334(4)	14.1(0.532)	B344a(3)	25.8(0.294)	A14(2)	38.4 (-)
繊維体積含有率 ^V , (%)	42.0	R333(1)	13.0 (-)	B344b(3)	20.2(1.27)	A26(2)	52.7 (-)

キーワード:連続引抜成形 FRP 形材、重ね継手接合、AE 測定、支圧破壊、せん断抜け破壊 *1 〒441-8580 豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1 TEL 0532-44-6849 FAX 0532-44-6831 * 2 〒441-3196 豊橋市中原町岩西5-1 TEL 0532-41-1211 FAX 0532-41-5078

FRP 形材の諸量 表 1

4-1. リベット接合における本数の影響

表 2 において、端あき e=4d、ピッチ w=4dとした、R244、 R344、R444 に注目すると、平均最大耐力 \overline{P}_{max} は、リベット本 数の増加に従い、ほぼ比例的に大きくなることがわかる。

4-2. リベット接合における接合部の寸法の影響

図2はリベット本数が3本で、ピッチ wと端あき eを変化 させた時の平均最大耐力 \overline{P}_{max} と破壊形式の関係を示している。 w/d=2,3,4のいずれの場合においても、 $e/dが2 \sim 4$ の範囲で は、eが大きくなる程 \overline{P}_{max} は増加している。また、e/dを一定 としたときには、wが大きくなるほど、 \overline{P}_{max} は増加している。 最大耐力時の試験体の状況を観察した結果、e及びwのどち らか一方が2dの試験体では、せん断抜けの破壊形式(写真1 (a))であった。e及びwが3d以上の試験体では、支圧破壊形 式(写真1(b))であった。いずれの破壊形式であっても、スト ランドマットを使用している本試験体では、最大耐力に達す ると急激に耐力を損失した。図3はw=2dと4dのときの累積 AEカウント数Cの増加特性である。支圧破壊(w=4d)では最 大耐力に達する直前に急激にAEカウントが増大している。 一方、せん断抜け(w=2d)では比較的低い荷重のレベルからC が増加する傾向にあることがわかる。

4-3. ボルト接合における母材間の摩擦の影響

表2のボルト接合で,手締めによる通常の施工(B344a)の 場合の方が、グリースを用いて摩擦を減少した試験体 (R344b)よりも,平均最大耐力 Pmax で28%も大きい値が得られ た。B344b シリーズから求められるファスナー1本当りの平 均支圧耐力は275MPa であり、R344 シリーズの平均支圧耐力 (265MPa)とほぼ同程度の耐力となっている。

4-4. 接着接合における接着長さの影響

接着長さ Lを 20 ~ 60mm と変化させたときの平均最大耐力 \overline{P}_{max} は増加の傾向にある。しかし、単位幅当りの平均最大耐 力(\overline{P}_{max}/b)を接着長さ L で除した接合面の平均せん断強度 は、Lの増加に対し減少の傾向にある。破壊形式は、ファス ナー接合とは全く異なり,マット層が剥がされるように破壊 した。そこで、表層のマット層を除去した試験体(A04b)で 同様の実験を行った結果、1割程度の耐力の上昇が確認され た。また、リベットを併用する接合についても検討したが、 耐力上昇の有効性は必ずしも得られないことがわかった。

5.おわりに

本研究では、連続引抜成形 FRP 形材の重ね継手接合部の引張載荷実験を行い、以下のことを明らかにした。(1)リ ベット接合では、接合部寸法を大きくすると、せん断抜けの破壊形式から支圧破壊形式に変化する。(2)ボルト接合 では、母材間の摩擦力によって耐力上昇が期待できる。(3)接着接合では、接着長さLの増加に伴い最大耐力が上昇 し、マット層の剥離を伴った破壊形式が生ずる。

参考文献

1) 強化プラスチック協会:FRP 構造設計便覧,強化プラスチック協会,1994.

- 2)山田聖志:連続引抜成形FRP箱形構造部材の載荷実験と局部座屈耐力,日本建築学会大会学術講演梗概集, Vol.B-1, pp.437-438,1995.
- 3)山田聖志,小宮巌,中澤博之:連続引抜成形FRP箱形断面部材の軸圧縮による崩壊性状,日本建築学会構造 系論文集, No.518,pp.49-56,1999.



図2 平均最大耐力と破壊形式に及ぼす 接合部寸法の影響



(a) せん断抜け破壊(b) 支圧破壊写真1 最大耐力時の破壊形式

