

引き抜き成形材を用いた床版橋形式 GFRP 歩道橋の曲げ変形特性

首都大学東京大学院 学生員 高橋 建・学生員 崔 賢

首都大学東京 フェロー 前田研一・正会員 中村一史

IHI 正会員 北山暢彦・旭硝子マテックス 正会員 林耕四郎・渡邊哲也

1. まえがき

近年、土木構造物における架設作業と維持管理などの合理化の重要性が指摘されるなか、軽量性、耐食性、耐候性などの特長を有するガラス繊維強化プラスチック(GFRP; Glass Fiber Reinforced Plastic)は、構造物の新素材として注目されている。著者らは、GFRP引き抜き成形材を用いた床版橋形式歩道橋を開発し¹⁾、実用化に関する検討を行って、その実現性を確かめているが、適用可能支間長はたわみ制限または振動使用性によって決定された。そこで、本研究では、より正確な曲げ変形特性を把握するために、実大模型による曲げ載荷試験結果²⁾について、解析的な検討を加え、たわみ特性や平面保持特性を把握するとともに、試設計された床版橋形式GFRP歩道橋を対象に、その特性について解析的な検討を行った。

2. 実大模型試験体の曲げ載荷試験結果に対する解析的検討

床版橋形式歩道橋の桁断面の一部分を対象として、既製品の引き抜き成形材であるシート材(F1000×2層)とI形材(I300)をマットイン接着で貼り合わせて、実大模型試験体(図-1, 2)を製作した。ここでは、この試験体を用いて実施した4点曲げ載荷試験の実験結果²⁾について、解析的な検討を行った。材料物性値を表-1に示す。これらは、JISに準拠した物性試験を行って求められた値であり、試験が実施できなかった部位については表中に仮定値として示している。解析には、3つの解析手法を適用した。すなわち、直行異方性を考慮したソリッド要素による3次元FEM解析(MARC 2001)、せん断変形に伴うたわみを考慮したTimoshenkoはり理論に基づく骨組構造解析(Y-FIBER3D³⁾)、および、Bernoulli-Eulerはり理論に基づく解析である。ここでは、3D FEM、Timo. Th.およびB.-E. Th.とそれぞれ略称する。GFRP部材は弾性率が低く、たわみ制限で断面が決定された。そこで、曲げ剛性を評価する上で、B.-E. Th.では、マットインと呼ばれる接着層を曲げ剛性に考慮した場合と考慮しなかった場合の2ケースについて比較検討した。ここに、算定された曲げ剛性EIは、接着層を考慮した場合としなかった場合で、それぞれ1.55、1.47($\times 10^7$ kN・m²)であった。

まず、載荷荷重P=300(kN)の時の支間中央部の最大たわみの比較を図-3に示す。図より、実験値に対して、B.-E. Th.では6~10%程度たわみが小さく評価されること、および、3D FEM、Timo. Th.では実験値と良い一致を示すことが解

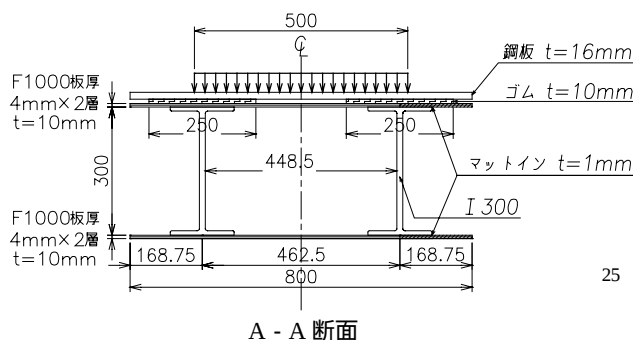


図-1 模型試験体の断面図

表-1 材料物性値

		F1000	I300		マッドイン
			フランジ	ウェブ	
ヤング係数 (GPa)	E _x	29.1	34.2	25.4	9.1
	E _y	(3.0)	(3.0)	11.4	
	E _z	10.3	15.1	(3.0)	
ポアソン比	ν _{xy}	(0.30)	(0.30)	0.44	(0.30)
	ν _{yz}	(0.30)	(0.30)	(0.30)	
	ν _{zx}	(0.30)	0.35	(0.30)	
せん断弾性係数 (GPa)	G _{xy}	(2.0)	(2.0)	4.1	(3.5)
	G _{yz}	(2.0)	(2.0)	(2.0)	
	G _{zx}	4.5	(4.0)	(2.0)	

X: 橋軸方向 Y: 鉛直方向 Z: 橋軸直角方向 *()内は仮定値

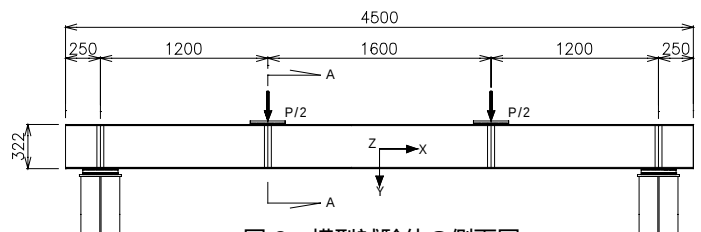


図-2 模型試験体の側面図

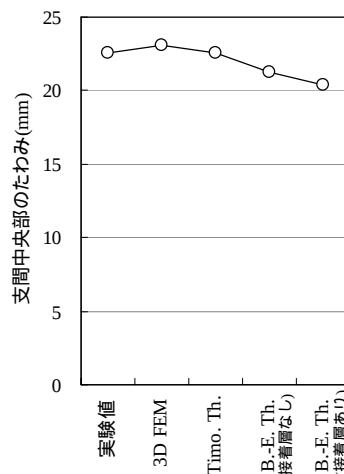


図-3 最大たわみの比較

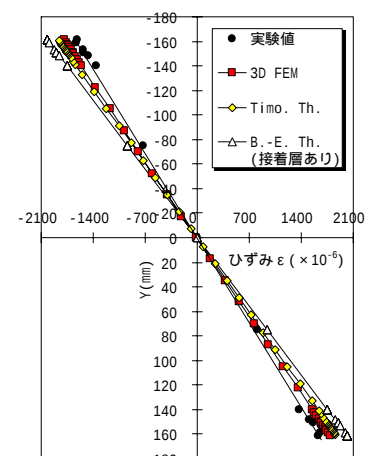


図-4 支間中央部の垂直ひずみ分布

Key Words : GFRP, 引き抜き成形材, 平面保持特性, たわみ, 歩道橋

連絡先*: 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 TEL. 0426-77-1111 FAX. 0426-77-2772

る．また，3D FEM と Timo. Th.による解析結果の差異は小さいことから，材料の異方性がたわみ特性に及ぼす影響は小さいと考えられる．さらに， $P=300(\text{kN})$ 載荷時における支間中央部の垂直ひずみ分布を図-4 に示す．図より，引き抜き成形材の貼り合わせ断面においても平面保持することが確かめられた．また，全ての解析結果で，実験結果に対して，ひずみは大きめに評価されるが，解析レベルを上げると実験結果をより忠実に再現できることが解る．

3. 床版橋形式 GFRP 歩道橋の曲げ変形特性

試設計された床版橋形式GFRP歩道橋（図-5，6）を対象に，曲げ変形特性について解析的な検討を行った．試設計では，道路橋示方書・同解説，立体横断施設技術基準・同解説に準拠し，群集荷重として 3.5kN/m^2 を考慮した．地覆は，GFRP部材としたが，断面剛性には寄与しないものとした．支持条件は，たわみを低減するために，アンカーボルトによる擬似両端固定支持とした．中央支間長 L については，接着層を考慮しない曲げ剛性を用い，B.-E. Th.に基づいてたわみを算定し，中央支間長 L に対するたわみ制限が $L/600$ を満足するものとして， $L_{\text{max}}=16(\text{m})$ と決定した．さらに，支間長に対するたわみの影響を検討するために，中央支間長 L をパラメータとして 7～19mと変化させて検討を行った．なお，接着層の考慮の有無により曲げ剛性 EI は，それぞれ $3.88, 3.61 (\times 10^7 \text{ kN}\cdot\text{m}^2)$ となった．

まず，群集荷重を中央支間に満載した時のたわみ分布の比較を図-7 に示す．図中には，接着層を考慮しない曲げ剛性を用いて両端固定支持とした場合についても併記しているが，擬似両端固定支持と比べて 6%程度たわみが低く評価されるものの，アンカーボルトによる擬似両端固定支持によってほぼ両端固定の状態になっていることが解る．また，3D FEM と Tim. Th.のたわみは，接着層を考慮しない B.-E. Th.によるものよりも 10%程度大きなことから，たわみ制限で適用支間長が決定される場合には，せん断変形に伴うたわみが無視できないといえた．また，接着層を考慮した場合にはその差異はさらに拡大することから，接着層についても適切に評価する必要があることが確かめられた．

さらに，中央支間長と最大たわみの比較を図-8 に示す．図中には，3D FEM と B.-E. Th.の最大たわみの差を中央支間長 L で除した値を併記した．図より，せん断変形によって生じるたわみは，支間長に対して 0.015～0.020%であることが解る．ちなみに，今回の断面形状を対象として，この補正を加えて計算を行った結果，適用可能支間長は 15.363m であった．

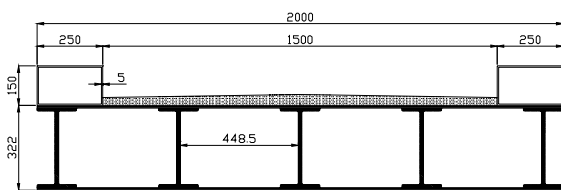


図-5 床版橋形式 GFRP 歩道橋の断面図

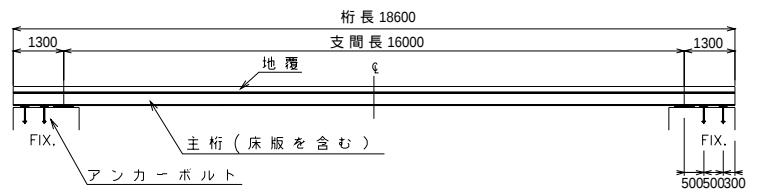


図-6 床版橋形式 GFRP 歩道橋の側面図

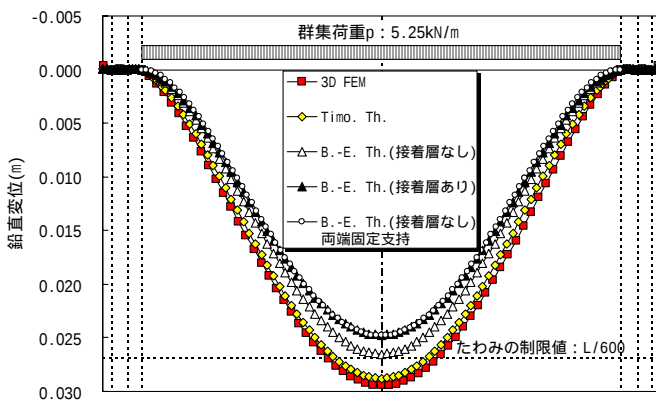


図-7 たわみ分布の比較

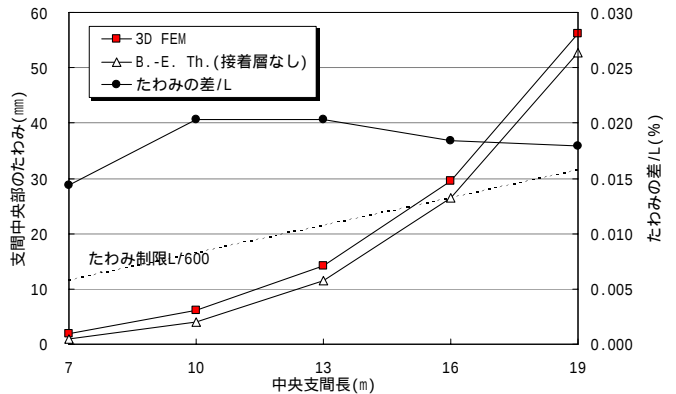


図-8 支間長と最大たわみの比較

4. あとがき

以上のことから，GFRP 引き抜き成形材を用いた床版橋形式歩道橋では，せん断変形により生じるたわみを無視することができないため，それらの影響を適切に評価する必要があるといえた．

参考文献

- 1) 前田研一，北山暢彦，中村一史，林耕四郎，梶川康男：GFRP 引き抜き成型材を用いた歩道橋の開発と使用性，構造工学論文集，土木学会，Vol.50A，pp.375-382，2004.3.
- 2) 崔 賢，前田研一，中村一史，北山暢彦，林耕四郎，渡邊哲也：床版橋形式 GFRP 歩道橋の材料試験と曲げ載荷試験，土木学会全国大会年次学術講演会概要集，第 59 回，1-517，pp.1031-1032，2004.9.
- 3) ヤマト設計：3 次元ファイバーモデルによる鋼構造物の耐震解析システム Y-FIBER3D，2001.11.