

ポニートラス形式GFRP歩道橋の開発と静的構造特性の検討

八千代エンジニアリング 正会員○高橋 建
首都大学東京 フェロー 前田研一・正会員 中村一史
ものづくり大学 正会員 増渕文男*
エスエフエンジニアリング フェロー 勝野壽男・ 綱渕 純
旭硝子マテックス 青木卓也

1. はじめに

現在、軽量性・耐食性・着色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)が、構造用の新素材として注目されている。GFRPトラス歩道橋は、材料コストの縮減を期待できる引き抜き成形材を容易に適用でき、海外では既に多くの実橋が誕生している。しかしながら、格点部の結合にガセットプレートを用いる場合、従来のガセット形状では景観を損ねる恐れがあり、形状の工夫を行う必要がある。さらに、ガセット部の形状とその材料特性によっては格点部の結合条件に影響を及ぼすことが考えられる。そこで、本研究では、独特の形状のガセットプレートを有する景観性に優れたGFRPトラス歩道橋の開発を目的に、構造設計と色彩選定を行い、実大模型試験も実施して、格点部の結合条件の確認や静的構造特性の検討、たわみ制限に対する照査、および、ガセットプレートの応力照査などにより、その実用性を検証した。

2. 新GFRPトラス歩道橋の構造設計と色彩選定

新たに開発したGFRPトラス歩道橋は、主構に板厚9.3mmの角パイプ材(GFRP-□9.3)を用いたポニートラス形式であり、床組には、横桁としてI型材(GFRP-I300)を各格点部上に配置し、縦桁として板厚6.3mmの角パイプ材(GFRP-□6.3)を用いた。これらの採用されたGFRP部材は、すべて市販されている引き抜き成形材の既製品である。それぞれの格点部は、板厚6mmで作用軸力に応じてサイズの異なるステンレス鋼製のガセットプレート(SUS304)を用いてブラインドリベット(SUS305)により結合した。ガセットプレートは、構造景観に配慮して、従来の形状から不要な部分を切り欠き、コーナー部にアールをつけた形状とした。また、本橋は両側の建物に反力を預けられないことから、両橋端におけるたわみ低減を図るために、橋脚上にステンレス鋼製の板材(Stainless -plate)とパイプ材(Stainless -pipe)で構成された立体ラーメン構造の台座を設置して主構を支持した。設計したGFRPトラス歩道橋の側面図と断面図を、図-1、図-2に、従来の形状と今回提案した形状のガセットプレートを用いたイメージ図を、図-3にそれぞれ示す。また、各部材の断面図と断面諸元を表-1に示す。さらに、ホワイトとグレーの2色について、CGなどによる景観画像を用いたアンケート調査を行い、因子分析により、橋梁の色彩にはホワイト色を選定した。

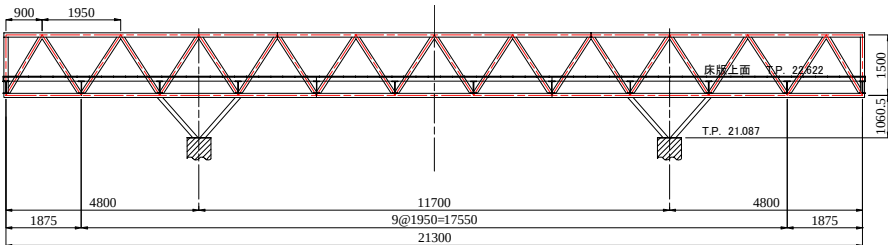


図-1 側面図

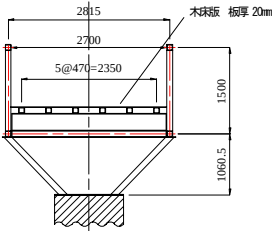
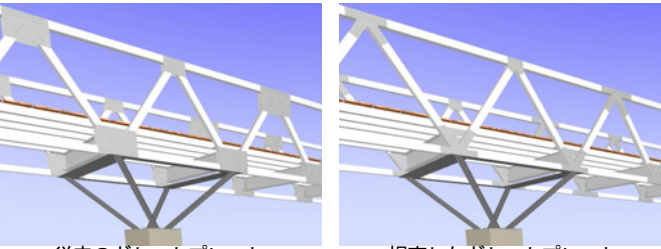


図-2 断面図



従来のガセットプレート
提案したガセットプレート
図-3 イメージ図



図-4 実大模型組立状況



図-5 荷重試験状況

表-1 部材断面図と断面諸元

Material	GFRP			Stainless		
Name	□9.3	I 300	□6.3	SUS304 plate	pipe	
Section						
A (m ²)	3.49E-03	6.92E-03	2.44E-03	1.24E-03	1.80E-03	8.09E-03
Iy (m ⁴)	5.15E-06	2.57E-05	3.81E-06	3.78E-09	1.35E-05	3.26E-07
Iz (m ⁴)	5.15E-06	8.87E-05	3.81E-06	1.09E-06	5.40E-09	3.26E-07

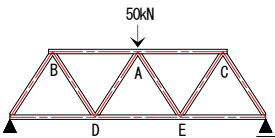


図-6 荷重位置と測定点

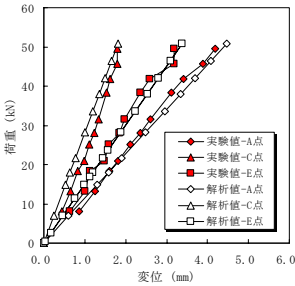


図-7 各節点の鉛直変位

Key Words : GFRP, 引き抜き成形材, 歩道橋, トラス橋, たわみ制限
連絡先* : 〒361-0038 埼玉県行田市市前谷 333 TEL. 048-564-3862 FAX. 048-564-3862

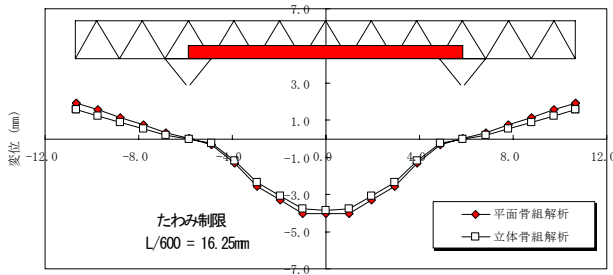


図-8 活荷重たわみ分布 (支間中央たわみ最大の場合)

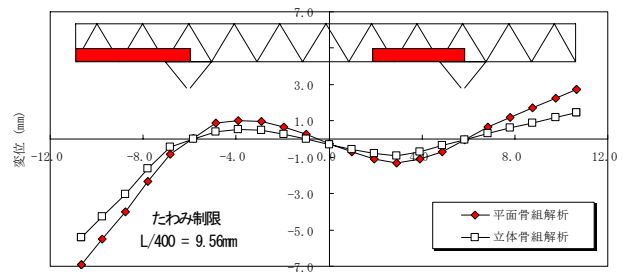


図-9 活荷重たわみ分布 (両橋端たわみ最大の場合)

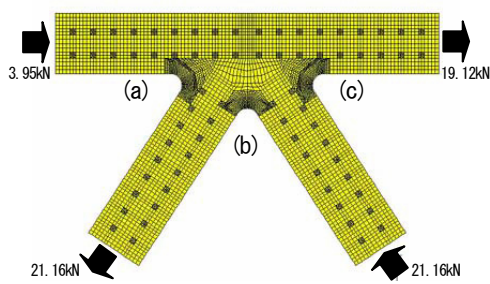


図-10 ガセットプレートのFEMモデル

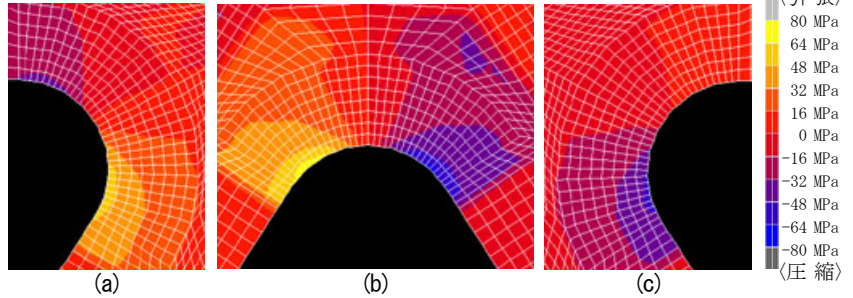


図-11 ガセットプレートのアール部の応力分布

3. 実大模型試験による格点構造の結合条件の検討

設計したGFRPトラス歩道橋の一部分を実大で製作し、この実大模型を用いた面内載荷試験を行って、解析結果と比較した。実大模型の組立状況を図-4に示す。試験は、図-5に示すように、上弦材の中央点で鉛直方向に50 kNまで載荷を行い、その際の各格点の鉛直変位を測定した。支持条件は単純支持とした。試験状況を図-6に示す。また、解析方法としては、すべてトラス要素で構成された平面骨組構造モデルを用いて、微小変位理論に基づく構造解析を行った。図-7は、格点A・C・E点における鉛直変位の試験結果と解析結果の比較を示したものである。いずれの測定点においても、実験値と解析値がほぼ一致していることから、通常のトラス要素モデルでも精度のよい結果が得られることが解り、本実大模型の格点構造は、一般的なトラス橋の結合条件であるピン結合と同様の性能を有しているといえる。

4. 全体構造の静的構造特性と使用性に関する検討

設計したGFRPトラス歩道橋の全橋モデルを対象に、静的構造特性に関する解析的検討とたわみ制限に対する照査を行った。ここでは、トラス要素による主構部のみの平面骨組構造と、梁要素を用いて床組についてもモデル化した立体骨組構造の2種のモデルを作成し、実大模型試験による検討と同様に微小変位理論に基づく構造解析を行った。発生応力(図は省略)には十分な余裕がみられ、図-8, 9に示すように、支間中央、および、両橋端ともに、たわみ制限1/600, 1/400をそれぞれ下回っていることから、安全性、使用性の面でも実用的であることが確かめられる。両図は、それぞれ支間中央と両橋端における鉛直変位が最大となる活荷重載荷時の主構上弦材格点のたわみ分布である。これらの活荷重載荷位置は影響線解析により別途求めたものであり、活荷重は立体横断施設技術基準・同解説に準拠して群集荷重3.5kN/m²とした。なお、支間中央においては2種のモデルによる解析結果がほぼ一致しているが、両橋端においては、両者の差異がほぼ20%程度と大きくなっていることも解り、安全側であるとはいえ不経済になる恐れがあるため、今後、場合によっては、床組剛性の影響を無視できないといえる。

5. 格点部ガセットプレートの安全性に関する検討

新たに開発したGFRPトラス歩道橋では、ステンレス鋼製のガセットプレートの形状が独特であることから、コーナーのアール部の応力集中による局部的な破断または降伏が懸念された。そこで、図-10に示すようなガセットプレートのFEMモデルを用いて平面応力解析を実施し、格点部における安全性の照査を行った。着目した格点は、図-8の場合と同様の活荷重載荷時において、軸力が最も大きく作用する部位である。荷重としては、図-10に併記したものを各ブラインドリベット位置に分配して作用させた。図-11はガセットプレートのアール部付近の主応力分布であるが、引張、圧縮応力ともに、それらの絶対値は最大およそ80MPaであり、ステンレス鋼SUS304の降伏点である205MPaに対して、十分な安全性があることを確認できる。

6. あとがき

設計したGFRPトラス歩道橋における独特の形状のステンレス鋼製ガセットプレートを用いた格点構造は、一般的なトラス橋の結合条件であるピン結合と同様の性能を有しており、コーナーのアール部の応力集中が安全性に及ぼす影響も小さいことが確かめられた。引き抜き成形材の既製品を用いたことで材料コストの縮減が可能になったとともに、トラス形式とし、立体ラーメン構造の台座で主構を支持させたことによって、自由端であった両橋端のたわみを大きく低減でき、使用性も確保できた。以上のことから、景観性に優れ、十分な安全性と使用性を有する経済的で実用的なGFRP歩道橋を開発できたといえる。