

FRP を用いた歩道拡幅床版の耐荷性能について

(独)土木研究所 寒地土木研究所 正会員 ○角間 恒
(独)土木研究所 寒地土木研究所 正会員 岡田 慎哉
宮地エンジニアリング 正会員 久保 圭吾
大阪工業大学 フェロー 松井 繁之

1. はじめに

歩道の無い、あるいは歩道幅員が狭小な道路橋では、既設橋梁へ歩道を添架して床版を拡幅することで必要幅員を確保し、歩行者の安全対策を図る事例が増加している。その場合、上部工重量の増加により下部工の補強等の追加の施工が必要となるケースも散見される。このようなことから、本研究では、鋼床版を用いた従来の歩道拡幅工法に対して、拡幅部の軽量化および高耐食化が期待できる GFRP(ガラス繊維強化プラスチック、以下、FRP)製の床版を用いた歩道拡幅工法を考案し、床版供試体を用いた静的載荷実験により耐荷性能の検討を行った。

2. FRP 歩道拡幅床版の静的載荷実験

実験に使用した供試体を図-1 に示す。本供試体は、歩道のマウントアップを撤去した後に FRP 床版を設置する構造とし、歩道幅員 2.5m 程度を想定している。FRP 床版は、図-2 に示す π 形断面を有する全長 2500mm の FRP パネルを橋軸方向に 4 本並べたものとし、FRP パネルの継手部では、上フランジのラップ部にエポキシ樹脂系接着剤を塗布した後、ブラインドドリベットを用いて十分に密着させた。ブラケットや支持桁の増設等による FRP 床版の支持は行わず、RC 床版に設置したアンカーボルトと FRP 床版内に流し込む充填モルタルとの定着により RC 床版と FRP 床版の一体化を行った。

供試体に使用した FRP は、強化繊維にガラス繊維を使用した GFRP 引抜成形材であり、ガラス基材にはチョップドストランドマットおよびガラスロービングクロスを、熱硬化樹脂には不飽和ポリエステル樹脂を使用した。材料試験により得られた FRP 成形材の基本的な材料特性値は、長手方向(繊維方向)について、引張強度 409N/mm^2 、圧縮強度 313N/mm^2 、引張弾性係数 35kN/mm^2 である。コンクリートの配合は、設計基準強度 24N/mm^2 、スランプ 8cm、最大骨材寸法 20mm とした。鉄筋は主鉄筋、配力鉄筋、アンカーボルトにそれぞれ D19、D16、D13(いずれも鋼種は SD345)を使用した。

載荷位置は、FRP 床版の張出端部から 600mm の位置とし、載荷板(500×200mm)を介して破壊に至るまで荷重を漸増させた。

3. FEM 解析

実験結果を補完し、FRP 歩道拡幅床版の変形および応力性状を詳細に把握するために、3 次元 FEM 解析(線形弾性解析)を実施した。モデルの作成においては FRP 床版

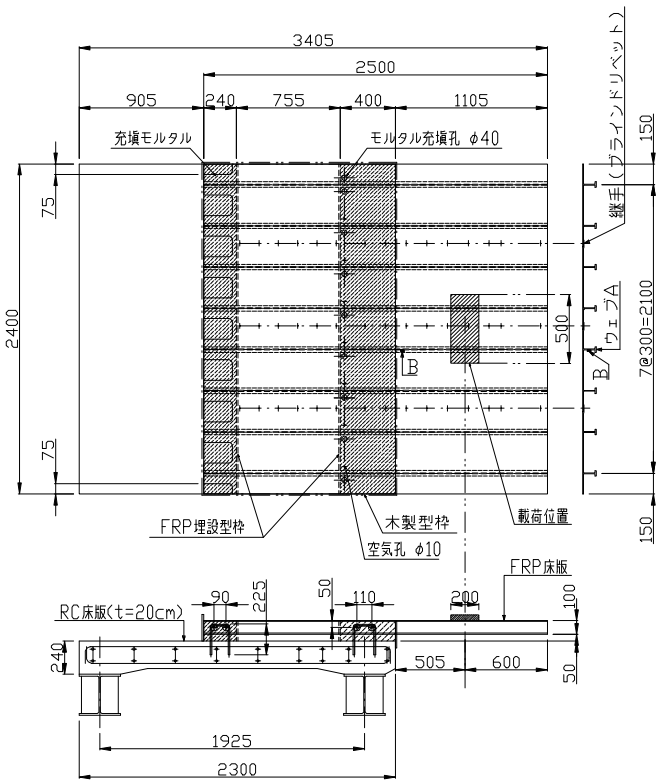


図-1 供試体概要図

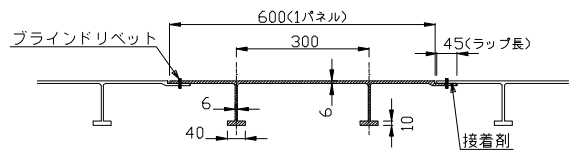


図-2 FRP パネルの断面形状(斜線部が1パネル)

キーワード 歩道拡幅, FRP, RC 床版, 耐荷性能

連絡先 〒062-8602 札幌市豊平区平岸 1 条 3 丁目 1-34 (独)土木研究所 寒地土木研究所 TEL011-841-1698

張出部のみを考慮し、RC 床版側の端部を固定端として取り扱った。荷重は載荷板の設置範囲に等分布荷重として与えた。FRP は直交異方性材料としてモデル化し、材料試験を実施していないパラメータについては、既往の文献¹⁾に基づき材料特性を設定した。

4. 結果および考察

(1) 実験結果

荷重と載荷点鉛直変位の関係を図-3 に示す。実験では、荷重の増加とともに変位が線形的に増加し、荷重 69.1kN のときに FRP 床版の中央 4 本のウェブにて支点側から載荷側に向かって瞬時にき裂が発生・進展して荷重が低下したことから、破壊に至ったとして実験を終了した。写真-1 は実験終了時における中央ウェブ(図-1 中のウェブ A)の損傷状況である。最大荷重 69.1kN は設計相当荷重 13.9kN の 5 倍であり、本構造は既設 RC 床版の歩道拡幅に対して高い安全性を確保できると考えられる。なお、アンカーボルトに作用する引抜荷重は最大で 0.6kN 程度であり、抜け出しの懸念がないレベルであった。また、目視調査においては RC 床版と FRP 床版の定着部ならびに FRP パネルの継手部に損傷は認められなかった。

(2) 耐荷性能の評価

荷重と載荷点鉛直変位の関係において、実験結果と FEM 解析結果を比較すると、解析結果が若干荷重を過大評価しているものの、破壊までの荷重-変位関係を概ね再現可能であると判断される。また、図-4 は、ウェブ A の破壊位置(図-1 中の B 点)における荷重と面内せん断ひずみの関係であり、解析における荷重 69.1kN 時の面内せん断応力 59.1N/mm^2 は FRP 成形材の面内せん断強度 ($30 \sim 50\text{N/mm}^2$)¹⁾ を超えている。これより、FEM 解析によって FRP 歩道拡幅床版の耐荷性能を概ね再現でき、発生応力から最大荷重、破壊性状等を推定することが可能であると考えられる。

次に、FRP 歩道拡幅床版の設計手法に関する検討として、耐力および破壊形態について、実験結果と梁理論による計算結果との比較を行った。計算では、[1] FRP 床版張出部のウェブ 2 本(FRP パネル 1 本)で荷重を受け持つ、[2] Timoshenko 梁理論を適用する、[3] FRP 成形材のせん断強度は 50N/mm^2 とする、の 3 点を仮定した。図-3 中には、計算から得られた荷重と載荷点変位の関係、ならびに下フランジの圧縮破壊およびウェブのせん断破壊に対する計算耐力を示している。計算では、荷重-変位関係が実験結果と概ね一致し、破壊形態は実験と同様にウェブのせん断破壊と推定された。耐力については、計算結果が安全側の耐力を与え、耐力比は $1.38(=69.1/50.2)$ であった。このことより、計算断面を FRP パネル 1 本分とすることで設計時の安全率を見込んだ断面耐力の算定が可能であると考えられる。

5. おわりに

本研究により、FRP を用いた歩道拡幅床版が設計荷重に対して高い安全性を有し、計算的手法による耐荷性能の評価および設計計算が可能であることを確認した。今後は、細部構造の設計方法や施工方法について検討を行う。

参考文献

- 1) 土木研究所：FRP を用いた橋梁の設計技術に関する共同研究報告書，第 341 号，2006。

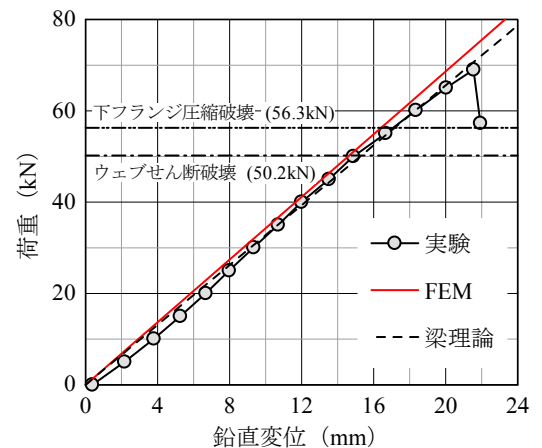


図-3 荷重と載荷点変位の関係

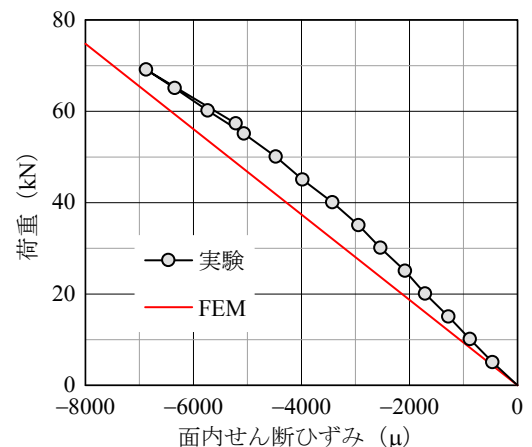


図-4 荷重とウェブのせん断ひずみの関係

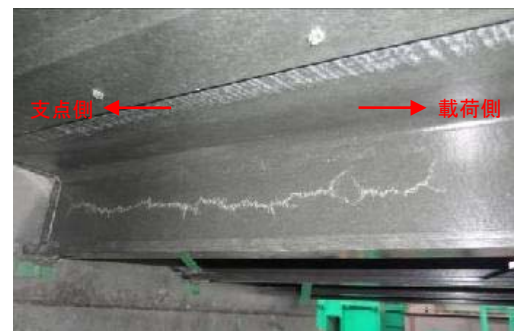


写真-1 ウェブの損傷状況(ウェブ A)