

FRP 格子筋を用いた新しい鋼床版舗装構造の補強効果に及ぼす載荷速度の影響

東北大学名誉教授 フェロー会員 三浦 尚 日鉄コンポジット（株）非会員 関根健一
 トピー工業（株） 正会員 ○林 健治 東亜道路工業（株） 正会員 村山雅人
 トピー工業（株） 正会員 長屋五郎 トピー工業（株） 正会員 小野昌二

1. はじめに

周知のように、鋼道路橋の鋼床版では、疲労耐久性の向上を狙いとした補修・補強法の確立が急務の課題となっているが、鋼床版の疲労損傷に対する補修・補強の事例は少なく、効率的・効果的な補修・補強法が求められている。著者らは、鋼床版の溶接部における発生応力を低減させることを主目的に、アスファルト舗装部にFRP格子筋を入れて輪荷重を分散し、鋼床版への補剛効果の増大が期待できる新しい舗装構造を提案し、鋼床版の部分モデル試験体の曲げ載荷実験を通して、従来の舗装構造より、提案構造は、大きな補強効果が得られることを明らかにした¹⁾。また、提案構造の最適化を目指し、補強効果が最も大きいFRP格子筋の断面を決定した²⁾。さらに、提案構造の補強効果に及ぼす温度の影響を調べ、温度の上昇に伴い補強効果は低下するものの、従来の舗装構造と比較して、相対的に十分な補強効果を有することを明らかにした³⁾。

以上の研究では、何れも載荷速度を0.1mm/secとして実施したものであり、試験体の変形挙動が線形弾性の範囲内にある領域において、その初期接線剛性を求め、従来の舗装構造の値を基準に比較し、補強効果を評価したものである。鋼床版は、直接、自動車荷重を受ける構造となっており、自動車の速度の影響、換言すれば、補強効果に及ぼす載荷速度の影響は無視できないものと考えられる。そこで、本報では、載荷速度をパラメータとして、文献3)と同様に、室温（約20℃）と40℃における提案構造の補強効果に及ぼす影響を調べた。以下では、まず、文献1)～3)で明らかとなった、また、その構造から自明である提案構造の特徴を要約し、次いで、提案構造の補強効果に及ぼす載荷速度の影響を述べる。

2. 提案構造の特徴

鋼床版のデッキプレートと縦リブの溶接部に見られる疲労損傷やその他の溶接部から発生した疲労損傷に対する補修・補強法として、疲労き裂の溶接補修やUリブ内へのコンクリートの充填補強などの事例を除き、損傷部を高力ボルトにより当て板補強する方法が比較的多い。そこで、以下では、当て板補強法との比較という観点から、提案構造の特徴を要約する。なお、鋼床版の疲労損傷に対する補修・補強の事例は少なく、方法の選択肢を広げるといふ意味からも提案構造は有益であると考え（図-1参照）。

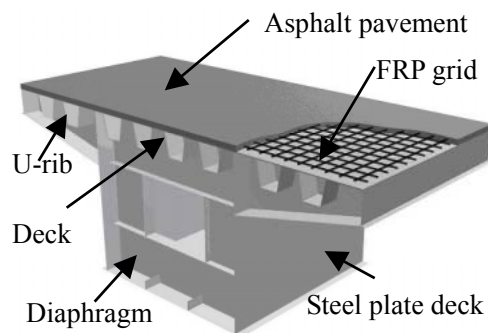


図-1 提案する鋼床版舗装構造

- ①文献1)～3)の結果から補強効果は30%以上あり、発生応力を23%以上低減することができる。
- ②舗装構造の補強法であり、鋼床版側の補修・補強法と併用でき、より有効な対策を講じることができる。
- ③鋼床版側の補修・補強は、損傷部位及びその周辺に限定され、補修・補強の結果、応力の流れが変化し、他の部位の応力を増加せしめ、場合によっては、その部位から疲労き裂が発生することも懸念される。一方、提案構造による補強法は、鋼床版全体に亘って有効に機能し、すべての部位の発生応力を①のように大幅に低減することができるので、応力の流れを変化させることはなく、疲労き裂の発生を押さえる。
- ④舗装部のメンテナンスの際に容易にFRP格子筋を付設することができるので、施工が容易である。
- ⑤既設鋼床版橋の補修・補強のみならず、予防保全の観点から、新設鋼床版橋の補強に、また、アスファルト混合物を有する全ての舗装構造の補強に、効果を発揮するものと考えられる。

キーワード FRP 格子筋, 鋼床版舗装, 補強, 載荷速度, 温度依存性

連絡先 〒441-8510 愛知県豊橋市明海町1番地 トピー工業(株) 鉄構事業部 技術部 TEL. 0532-25-1111

3. 実験概要

鋼床版のデッキと舗装部から構成される部分モデル試験体の形状と寸法を図-2に示す。ここで、デッキには板厚12mmのSM400A鋼板を用いた。試験体のタイプは、以下の3種類とした。①基層にグースアスファルト混合物、表層に密粒度アスファルト混合物を用いた通常のアスファルト舗装構造：記号N、②基層と表層の間にFRP格子筋（品種CR-10：断面積39.2mm²）を挿入した舗装構造：記号C2、③基層にFRPグレーチング（品種GS4040：目寸40mm×40mm、厚さ40mm）を挿入した舗装構造：記号G3

文献3)の場合と同様に、曲げ載荷実験は200kNの油圧サーボ型疲労試験機を用いて行った。載荷条件は、図-2に示すように4点曲げとし、押し治具を介して荷重を伝達する方式を採用した。載荷は定めた目標荷重（7～12kN）まで一定速度で行い、載荷速度を0.1mm/sec、0.25mm/sec、0.5mm/secの3段階とした。目標荷重到達後、その段階における変位を1分間保持して除荷を行い、負荷、除荷のサイクルを3回繰り返した。3回目の荷重－変位曲線を用いて初期接線剛性を求め、通常のアスファルト舗装構造のNに対する剛比を補強効果として算定した。計測項目は、荷重載荷点直下の変位とひずみである。なお、室温（約20℃）で行った実験では、温度制御は行わなかったが、設定温度が40℃の場合には、文献3)と同様に試験体を40℃に保持するように制御した（モニタリングの結果、試験体の温度は、37℃～41℃の値を示した）。

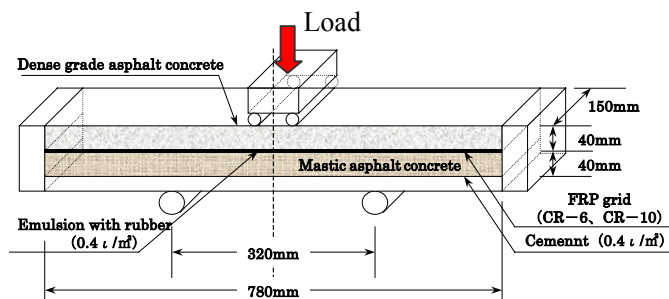


図-2 試験体の形状・寸法と載荷条件

図-2に示すように4点曲げとし、押し治具を介して荷重を伝達する方式を採用した。載荷は定めた目標荷重（7～12kN）まで一定速度で行い、載荷速度を0.1mm/sec、0.25mm/sec、0.5mm/secの3段階とした。目標荷重到達後、その段階における変位を1分間保持して除荷を行い、負荷、除荷のサイクルを3回繰り返した。3回目の荷重－変位曲線を用いて初期接線剛性を求め、通常のアスファルト舗装構造のNに対する剛比を補強効果として算定した。計測項目は、荷重載荷点直下の変位とひずみである。なお、室温（約20℃）で行った実験では、温度制御は行わなかったが、設定温度が40℃の場合には、文献3)と同様に試験体を40℃に保持するように制御した（モニタリングの結果、試験体の温度は、37℃～41℃の値を示した）。

4. 実験結果

試験体温度20℃及び40℃の場合について、試験体Nに対する試験体C2とG3の剛比（補強効果）に及ぼす載荷速度（0.1mm/sec、0.25mm/sec、0.5mm/sec）の影響を調べた結果をそれぞれ図-3、図-4に示す。試験体温度20℃の場合では、C2、G3何れも載荷速度0.1mm/secと0.25mm/secで剛比がほぼ等しく、0.5mm/secで大きくなっている。C2とG3を比較すると、C2の方が大きく、両者の差は載荷速度の影響を受けず、ほぼ一定である。一方、40℃の場合では、C2とG3ともに載荷速度に影響を受けず、ほぼ一定であり、C2とG3を比較すると、G3の方が大きく、両者の差もほぼ一定である。以上の結果より、C2は、20℃で剛比が1.5を超え、40℃でも1.3を超えており、高い補強効果を有することが判明した。

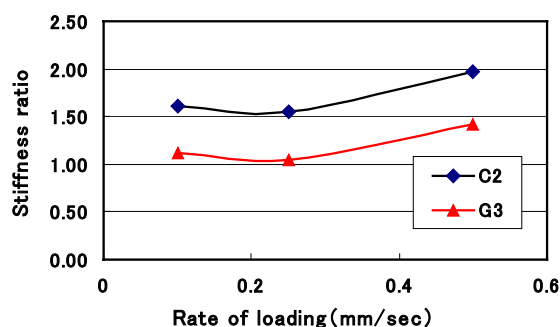


図-3 載荷速度の影響(20℃の場合)

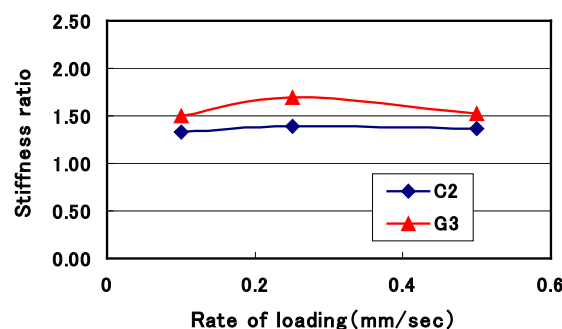


図-4 載荷速度の影響(40℃の場合)

5. おわりに

本報では、過去の研究成果^{1)～3)}を基に、著者らが提案する鋼床版舗装構造の特徴を整理するとともに、その補強効果に及ぶ載荷速度の影響を実験的に検討し、室温近傍の20℃では載荷速度の上昇に伴い補強効果に増大の傾向が見られることが、また、40℃では大きな変化が見られないことが判明した。

参考文献

- 1) 三浦ほか：FRP格子筋を用いた鋼床版舗装の新しい補強構造の提案とその補強効果，土木学会関西支部年次学術講演会，2005
- 2) 三浦ほか：FRP格子筋を用いた新しい鋼床版舗装構造の検討，材料学会第54期学術講演会，2005
- 3) 三浦ほか：FRP格子筋を用いた新しい鋼床版舗装構造の補強効果に及ぼす温度の影響，土木学会第60回年次学術講演会，2005