

(51) ゴムラテックスモルタル合成鋼板 に関する基礎実験研究

大垣 賀津雄¹・杉浦 江¹・奥田 久志²・星埜 正明³

¹正会員 川崎重工業株式会社 大型構造物BC (〒675-0155 兵庫県加古郡播磨町新島8番地)
E-mail:ohgaki_kazuo@khi.co.jp

²アスク・サンシンエンジニアリング(株) 技術部 (〒230-0051 横浜市鶴見区鶴見中央2-5-5)
E-mail: ho742317@askcorp.co.jp

³正会員 日本大学 理工学部 社会交通工学科 (〒274-8501 千葉県船橋市習志野台7-24-1)
E-mail:hoshino@trpt.cst.nihon-u.ac.jp

ゴムラテックスモルタルは、今日までに倉庫床、駐車場、貯水タンクのライニング等、数多くの建造物に適用事例がある。筆者らは、ゴムラテックスモルタルの有する接着性、防水性、耐衝撃性等の特性を生かして、鋼床版上面舗装の基層として施工することを提案する。輪荷重が直接作用する鋼床版では、Uリブ溶接部から進展する疲労亀裂が近年見られるが、本技術を用いることにより、鋼床版デッキの剛性が向上して輪荷重による変形を抑制し、疲労耐久性を向上させることが狙いである。本文は、ゴムラテックスモルタルを接着させた合成鋼板の3点曲げ試験を行い、その合成効果を研究したものである。

Key Words : steel deck, fatigue, polymer cement, SBR-latex, pavement, composite

1. はじめに

鋼床版桁は、都市内高架橋等において代表的な構造形式として採用されている。そのデッキプレートにUリブ等の閉断面縦リブを接合する場合には、両側すみ肉溶接や完全溶込み溶接で施工することは困難である。そのため、輪荷重が走行する際の変形に起因し、Uリブ溶接ビード止端部から疲労き裂が発生し、場合によってはデッキプレートに疲労き裂が進展する。

一方、近年、合理化鋼床版の採用により縦リブ間隔が広がり、デッキプレートが厚くなる傾向にある。しかしながら、輪荷重が縦リブ間に納まる寸法諸元が採用されることもあり、局部変形による応力が従来の小型Uリブ使用時より大きくなる傾向がある。このような場合には、デッキプレート厚さをさらに増加させることが有効な手段となるが、単に板厚を増加すると経済性に問題点が残る。そのため、ゴムラテックスモルタルを鋼床版上面に施工し、デッキプレートとの複合板として所要剛性を確保することが合理的な構造であると考えられる。本文はゴムラテックスモルタルの用途や基本特性を説明し、提案したゴムラテックス複合鋼板の3点曲げ試験により、その合成効果を研究したものである。

2. ゴムラテックスモルタルの特徴

(1) 一般性状と用途

本提案のゴムラテックスとは、スチレンブタジエンゴム(SBR)をベースにした、セメントモルタル混和用乳剤である。水で希釈でき、セメントペーストまたはモルタル混練時に水と混和するタイプの接着増強剤である¹⁾²⁾。

ゴムラテックスを添加したモルタルの用途は表-1に示すとおりである。これまで屋内外を問わず数多くの建造

表-1 ゴムラテックスモルタルの用途

用途	適用事例
接着材	コンクリートとモルタルの打継ぎ部、内外装タイルの貼付け
舗装材	重量車を使用する倉庫、機械油の多い床、ガレージ、プラットフォーム、ガソリンスタンドの舗装
防水材	RC屋上、貯水タンク、プールのライニング
防滑材	船舶のデッキプレート、歩道橋の階段
保護材	し尿消化槽、工場床、廃液ピット、耐薬品保護
防錆材	鋼・コンクリート合成構造界面の鋼板防錆処理
養生材	コンクリート打設後皮膜養生（ゴムラテックスを散布してコンクリート表面にポリマー層を作る）
防気材	中性化防止のため壁体などに吹付け
補修材	RC部材の欠け落ち部の補修、各種断面修復

物に採用されている。その用途は、内外装タイルの接着材、作業通路や道路などの舗装材、屋上や貯水タンクなどの防水材などである。

(2) まだ固まらない状態での性質

ゴムラテックスを添加したモルタルはポリマーセメントモルタルの一種であり、一定のスランプフロー値を得るのに要する水セメント比が普通モルタルに比べて6割程度に減少させることができる¹⁾。すなわち、ゴムラテックスは、他に類を見ない強力な減水剤としての効果がある。今回、鋼床版のデッキ面で使用する場合の水セメント比W/Cは、30-40%に減水させることとしており、初期の乾燥収縮によるき裂を減少させることが可能となる。

さらに、普通モルタルに比べて保水性がよく、乾燥し難いという性質を持つので、型枠などに水分を吸収されることも少なく、その結果、セメントの水和反応も進むことが、一つの特長になっている。

ただし、同一フロー値の普通モルタルに比べて粘性が強く、ワーカビリティがやや劣る。そのため、練混ぜ時にエアを連行して泡を巻込むことが多いので、必要に応じて消泡剤を添加するなどの対策が必要となる。特に、密な舗装面を施工するためには、この技術が必要となる。

(3) 硬化後の基本特性

ゴムラテックスモルタルの硬化後の基本特性は、水セメント比の等しい普通モルタルと比較して示すと、表-2のとおりである。同表中の標準値は、1バッチの配合が、セメント400g、豊浦砂1,200g、ゴムラテックス89.1g、水100gのモルタル供試体について、各種材料特性を調査した。ここに、ゴムラテックスの混入率（ポリマーセメント比P/C）は、10%とした場合のデータである。圧縮強度(材令28日)試験を行った結果、平均圧縮強度は 34.9N/mm^2 であり、普通モルタルの約1.8倍の十分な強度を発現することを確認している。

表-2 ゴムラテックスモルタルの基本特性

項目	標準値	普通コンクリートとの比較
比重	1.9	若干小さい
PH	9±1	同程度
ヤング係数	$2.0 \times 10^4 \text{N/mm}^2$	3割程度低下
圧縮強度	35N/mm^2	約1.8倍
引張強度	4.0N/mm^2	2～3割向上
接着強度	1.9N/mm^2	5倍程度
衝撃吸収性	—	3～4倍程度

(4) ゴムラテックスモルタルを敷設した鋼床版

図-1 に示すとおり、車道部の鋼床版デッキプレート上面に、通常施工されているグースアスファルト舗装の

代わりに4cm程度のゴムラテックスモルタルを施工し、複合板としてデッキプレートの剛性を確保することを提案する。

この場合の剛性はゴムラテックスモルタルのヤング係数が鋼材の1/10程度であることから、12mmの鋼床版は板曲げ剛性が17倍(31mm相当)であると評価できる。

また、ゴムラテックスモルタルは、接着性能、耐衝撃性能、耐摩耗性能、防水性能に優れており³⁾、鋼床版デッキプレートと合成して作用し、長期耐久性を向上することができると考えられる。

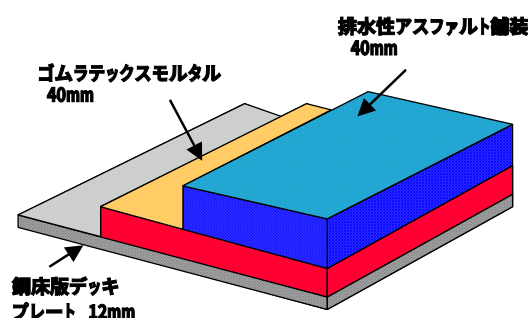


図-1 ゴムラテックスモルタル鋼床版

3. 供試体と実験方法

ゴムラテックスモルタルと鋼板を合成させた複合板の3点曲げ試験を実施した。その供試体と実験方法については次のとおりである。

(1) ゴムラテックスモルタルの材料特性

本実験に使用したゴムラテックスモルタルの配合は、表-3のとおりである。このゴムラテックスモルタルの材料強度を調査するため円柱供試体を作成し、圧縮強度試験、割裂引張強度試験を行った。これらの試験結果を表-4,5に示す。

表-3 供試体モルタルの配合

P/C (%)	W/C (%)	単位量(kg/m ³)			
		水	セメント	ゴムラテックス	砂
18	42	80	400	160	800

表-4 圧縮強度試験

供試体	最大荷重 (N)	断面積 (mm ²)	圧縮強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (N/mm ²)
NO.1	253,500	7,854	32.2	2.11×10^4
NO.2	256,500	7,694	33.3	2.16×10^4
NO.3	252,000	7,854	32.1	2.08×10^4
NO.4	252,500	7,854	32.1	2.05×10^4

表-5 割裂引張強度試験

供試体	最大荷重 (N)	直径 (mm)	平均長さ (mm)	引張強度 (N/mm ²)
NO.1	115,000	1,000	201.5	3.64
NO.2	120,200	1,000	199.5	3.84
NO.3	112,000	1,000	201.0	3.55
NO.4	111,600	1,000	199.5	3.56

(2) 実験供試体

鋼板の材質は SS400 であり、その表面はブラスト後に有機ジンクを塗布し、その上にゴムラテックスモルタルを 20mm 施工した。

3 点曲げ実験の供試体寸法と支持点等は図-2 に示すとおりである。同図 a) は鋼板の上面に合成されたゴムラテックスモルタルが曲げ圧縮力を受けるケースである。一方、同図 b) は鋼板の下面に合成されたゴムラテックスモルタルが曲げ引張力を受けるケースである。

(3) 実験方法

3 点曲げ実験は図-3 に示すとおり、専用の支持架台の上に供試体を設置し、アムスラー試験により漸増载荷を行った。図-2 に示すように供試体中央から 50mm の位置等にはひずみゲージを設置して、ひずみ測定を行った。

4. 実験結果

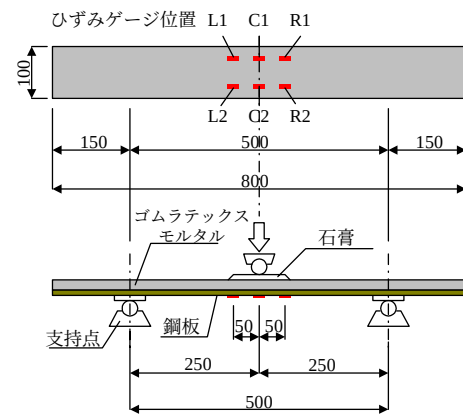
(1) 载荷状況

3 点曲げ実験中の载荷状況は図-3 に示したとおり、载荷最終段階付近まで、ゴムラテックスが剥がれることはなかった。ただし、载荷点や支持点近傍のゴムラテックスモルタルは支圧によりせん断破壊している。また、鋼板とゴムラテックスモルタルの間に生じる水平せん断力により、载荷最終段階には両者の間にずれが生じた。

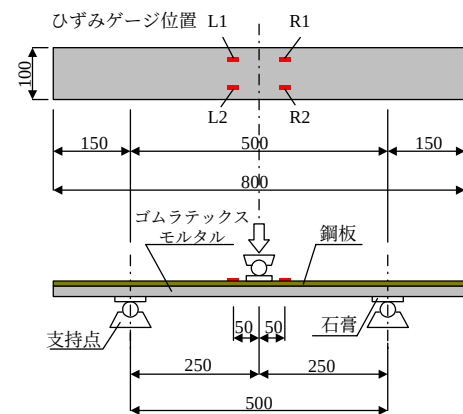
(2) ひずみの変化

3 点曲げ実験中の荷重とひずみの関係は、図-4 に示すとおりである。モルタルが圧縮状態の場合、载荷初期の 3.0kN 程度までは合成挙動と一致するが、载荷点直下のせん断破壊などの影響もあり徐々に非線形性が現れ、鋼板の剛性とモルタルの剛性を加算した剛性による重ね梁としての挙動に近づいてくる。载荷荷重が 7kN まで、すなわち、合成鋼板の鋼板側縁ひずみで $1,000 \mu$ (210 N/mm^2) 程度まで付着切れは生じず、鋼板とモルタルが剥がれずに一体挙動していたものと推測できる。その後荷重が急激に低下し鋼板のみの挙動を示している。

モルタルが引張状態の場合、载荷荷重 1.5kN、合成鋼板の鋼板側縁ひずみで 150μ (30 N/mm^2) 程度まで合成挙動を示したが、その後鋼板のみと同等の挙動を示した。これ



a) 上面モルタル(曲げ圧縮)

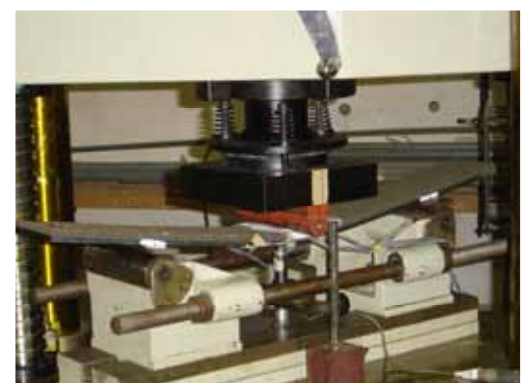


b) 下面モルタル(曲げ引張)

図-2 3 点曲げ実験供試体

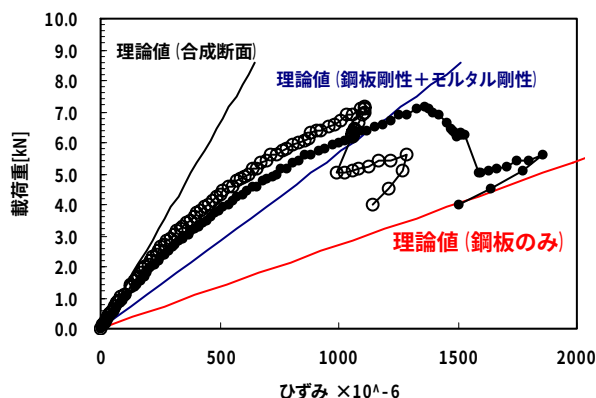


a) 初期段階

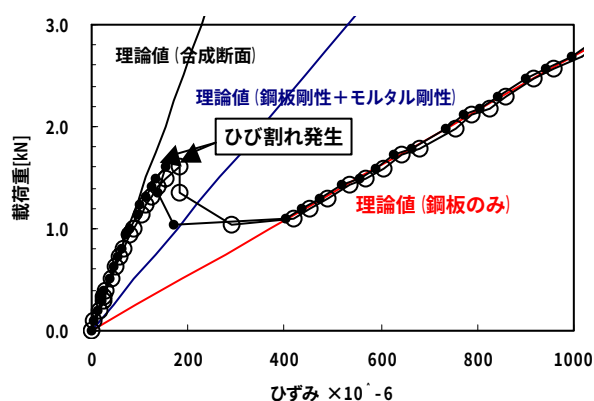


b) 最終段階

図-3 実験载荷状況



a) 上面モルタル(曲げ圧縮) (○:L, ●:R)



b) 下面モルタル(曲げ引張) (○:L, ●:R)

図-4 3点曲げ実験結果

は1.5kN(計算上のモルタル引張応力 9N/mm^2)でひび割れが発生し、そこを起点に鋼板とモルタルが剥がれ一気に分離しているために生じる現象といえる。

5. まとめ

本実験結果を要約すると、次のとおりである。

- ①モルタルが圧縮状態の場合、合成鋼板の鋼板側縁ひずみで $1,000\mu$ (210N/mm^2)程度まで、付着切れは生じず、鋼板とモルタルが剥がれずに一体挙動しており、正曲げに対して十分な合成挙動を示す。
- ②モルタルが引張状態の場合、合成鋼板の鋼板側縁ひずみで 150μ (計算上のモルタル引張応力 9N/mm^2)程度まで合成挙動を示すが、その後ひび割れが生じる。
- ③別途実施した車両輪荷重載荷による鋼床版のFEM解析の結果⁹⁾から、20mm厚のモルタルならばUリブ直上の負曲げ部分でひび割れが生じる可能性があるが、40mm施工すればひび割れを回避できる可能性がある。

今後はこれらの結果を踏まえ、ゴムラテックスモルタル鋼床版の輪荷重走行試験を実施し、耐久性の検証を行う必要があると考えられる。

謝辞：本研究を遂行するに当たり、日本大学理工学部助手の齊藤準平先生、および院生(当時)の千葉慎也氏ほかに感謝する次第である。

参考文献

- 1)河野：ポリマーセメントモルタルおよびコンクリートの特性、コンクリート・ジャーナル、Vol.11, No.4, 1973.4
- 2)橋本、大浜：ポリマーセメントコンクリートの強度特性、コンクリート工学論文、Vol.15, No.11, 1977.
- 3)大垣、済藤、矢野、宮本：鋼・コンクリート合成構造界面の付着および防食性能向上に関する研究、第5回複合構造の活用に関するシンポジウム講演論文集、pp.211-216, 2003.11
- 4)永生、星塾、大垣、杉浦：ゴムラテックスモルタルを合成した鋼床版応力の解析的研究、第6回複合構造の活用に関するシンポジウム講演論文集、pp.52-1-52-6, 2005.11

A BASIC EXPERIMENTAL STUDY ON RUBBER-LATEX MORTAL COMPOSITE STEEL PLATE

Kazuo OHGAKI, Hiroshi SUGIURA, Hisashi OKUDA and Masaaki HOSHINO

In recent years, steel deck plate girder bridges were damaged by heavy weights traffics that act directly. As which the fatigue crack progresses from U rib welding part is regarded, then rubber-latex mortar as a basis of the steel deck plates upper surface pavement. The general characteristic explains for the excellent adhesion, resistance to impact, deformation performance, resistance to abrasion and waterproofing. The composite steel plates, on which rubber-latex mortar was pasted up, were carried out the bending three points loading texts. This paper reports the performances for composite steel plates with the rubber-latex mortar.