

論文

合成床版における底鋼板とコンクリートの一体性に関する検討

神頭峰磯\*, 大久保藤和\*\*, 佐竹紳也\*\*, 杉野雄亮\*\*

\*日本車輛製造株式会社 輸機・インフラ本部 (〒456-8691 名古屋市熱田区三本松町 1 番 1 号)

\*\*太平洋マテリアル株式会社 (〒285-0802 千葉県佐倉市大作 2-4-2)

鋼・コンクリート合成床版は、高耐久性床版として耐久性や安全性および施工性に優れていることから、各機関で広く採用されてきている。合成床版の表面には、一般に、防錆対策として無機ジンクリッチペイントなどが塗装されているが、コンクリートとの密着性は高くない。そこで、鋼板とコンクリートの密着力を高めることで、さらに合成床版の耐久性が向上すると考えられ、その手法の一つとして、鋼板部を速硬ポリマーセメントモルタルで被覆する方法がある。本論文では、速硬ポリマーセメントモルタルを鋼板に被覆した場合の強度特性および止水性に関して検討した。その結果、接着強度、曲げ強度、せん断強度の向上と止水効果が確認できた。

キーワード：合成床版，ポリマーセメントモルタル，一体性

1. はじめに

鋼板とコンクリートとの複合構造部材である合成床版（以下、合成床版と記す）は、底鋼板とコンクリートをリブやスタッドなどのずれ止めにて一体化させることで耐久性に優れ、底鋼板により床版用の型枠・支保工の省略が可能となるため現地施工が容易であり、コンクリートの剥落防止などの特長を有していることから、近年多く使用されている。一方、合成床版は、密閉性の高い構造であるために、防水性や底鋼板とコンクリートとの密着性が求められる。一般に、合成床版の鋼板面には、架設時の一次防錆として無機ジンクリッチペイントなどが塗装されているが<sup>1)</sup>、防水性やコンクリートとの密着性は高くない。そこで、合成床版の耐久性向上策として底鋼板を速硬ポリマーセメントモルタルで被覆する方法を検討している<sup>2)</sup>。

本論文では、速硬ポリマーセメントモルタル（以下、ゴムラテックスモルタルと記す）で被覆した鋼板とコンクリートの一体性を強度特性および止水性から評価したので、その結果を報告する。

2. 試験概要

2.1 使用材料，配合および物性

ゴムラテックスモルタルとは、スチレンブタジエンゴム（SBR）を主成分とした混和液と特殊セメントを含むパウダーからなるモルタルである。ゴムラテックスモルタルの配合を表-1、物性を表-2に示す。コンクリートは、石灰系膨張材を用いた 30-8-20N の膨張コンクリ

表-1 ゴムラテックスモルタルの配合

水セメント比 (%)	ポリマーセメント比 (%)	砂セメント比	単体量 (kg/m <sup>3</sup> )	
			パウダー	混和液
27.0	18.0	1.86	1925	302

表-2 ゴムラテックスモルタルの物性

材齢	強度 (N/mm <sup>2</sup> )			静弾性係数 (kN/mm <sup>2</sup> )	乾燥収縮 (×10 <sup>-6</sup> )
	圧縮	曲げ	引張		
3時間	13.4	-	-	-	-
1日	25.4	-	-	-	-
7日	32.9	-	-	-	-96
28日	36.7	8.5	3.5	14.6	-144

表-3 コンクリートの配合 (30-8-20N)

水結合材比 (%)	細骨材率 (%)	単体量 (kg/m <sup>3</sup> )					混和剤
		水	セメント	膨張材	細骨材	粗骨材	
52.7	45.0	158	280	20	823	1021	3.0

表-4 コンクリートの物性

スランプ (cm)	空気量 (%)	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	
		7日	28日
5.5	4.5	28.9	30.4

ートを使用した。コンクリートの配合を表-3、物性を表-4 に示す。使用した鋼板の表面には、無機ジンクリッチペイントを膜厚  $30\mu\text{m}$  以上となるように塗布した。無機ジンクリッチペイントの膜厚は、塗装検査に使用される電磁微厚計（精度：膜厚  $50\mu\text{m}$  未満の場合  $\pm 10\mu\text{m}$ 、膜厚  $50\sim 1000\mu\text{m}$  の場合  $\pm 2\%$ ）を用いて 5 点測定して平均した。ゴムラテックスモルタルは、モルタルガンを用いて吐出圧  $0.3\text{MPa}$  で吹き付け、吹付け厚は、ポイントゲージを用いて所定厚さ以上になるよう管理した。

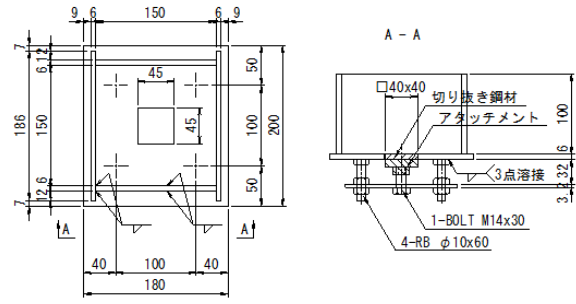


図-1 鋼板試験体の形状・寸法

## 2.2 試験方法

### 2.2.1 引張接着試験

#### (1) 試験体の形状・寸法

鋼板試験体の形状・寸法を図-1 に示す。合成床版を模した鋼板試験体は、幅  $150\text{mm}$ ×長さ  $150\text{mm}$ ×高さ  $100\text{mm}$ 、鋼板厚  $6\text{mm}$  とした。引張接着試験のために、底板中央部  $40\times 40\text{mm}$  を予め切り抜き、治具を用いて切抜き部を再度底板部に固定した後、ゴムラテックスモルタルを底板部に吹き付けた。

#### (2) 試験項目および試験方法

##### 1) 厚さの影響

鋼板試験体の底板に、ゴムラテックスモルタルを  $1, 3\text{mm}$  の厚さに吹き付け、1ヶ月間、 $20^{\circ}\text{C}$ 試験室で養生した後、膨張コンクリートを打設した。コンクリート打設後1ヶ月間  $20^{\circ}\text{C}$ 試験室で気中養生した後、建研式引張試験機を用いて底板の切抜き部の引張接着試験を実施した。

##### 2) 経時の影響

実施工において、鋼板にゴムラテックスモルタルを吹き付けてから、コンクリートを打設するまでの時間が異なることが想定される。その影響を確認するために、鋼板試験体の底板にゴムラテックスモルタルを厚さ  $0, 3\text{mm}$  で吹き付け、 $20^{\circ}\text{C}$ 試験室で1, 3, 4ヶ月養生した後、コンクリートを打設した。コンクリート打設後、1ヶ月間  $20^{\circ}\text{C}$ 試験室で気中養生した後、建研式引張試験機を用いて底板の切抜き部の引張接着試験を実施した。

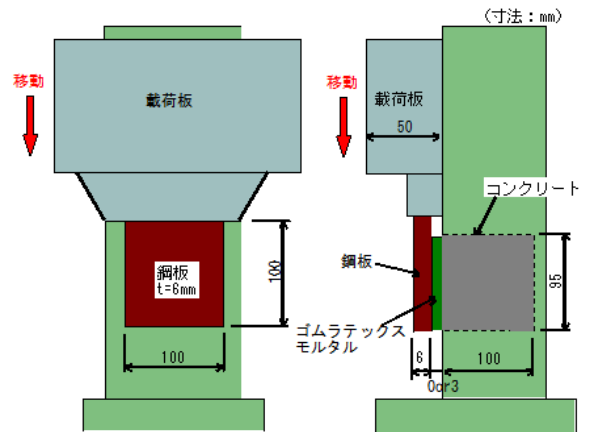


図-2 一面せん断試験機

### 2.2.2 直接せん断試験

ゴムラテックスモルタルと塗装鋼板およびコンクリートとの境界面に対するせん断強度を確認するため、図-2 に示す一面せん断機を使用してせん断試験を実施した。せん断強度試験体は、 $100\times 100\text{mm}$  鋼板の  $95\times 100\text{mm}$  部分にゴムラテックスモルタルを  $0, 3\text{mm}$  で吹き付け、1ヶ月間  $20^{\circ}\text{C}$ 試験室で気中養生した後、ゴムラテックスモルタル吹き付け面に、膨張コンクリートを  $100\times 100\times 95\text{mm}$  打設して作製した。コンクリート打設後、1ヶ月間  $20^{\circ}\text{C}$ 試験室で気中養生した後、せん断試験を実施した。

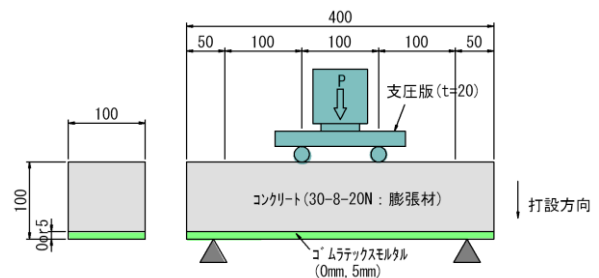


図-3 水平打ち継ぎ曲げ試験

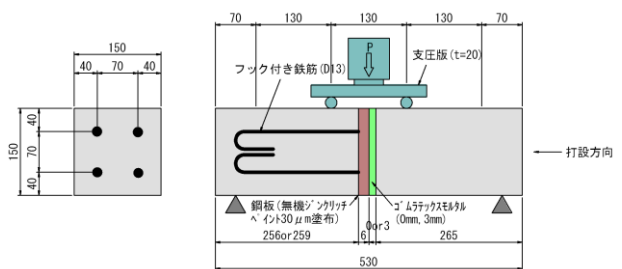


図-4 鉛直打ち継ぎ曲げ試験

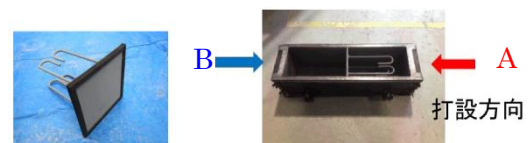


図-5 鋼板と型枠(打設方向)

### 2.2.3 曲げ試験

#### (1) 水平打ち継ぎによる試験

コンクリートとゴムラテックスモルタルの一体性を確認するため、図-3 に示す水平打継ぎ試験体を作製した。まず、型枠にゴムラテックスモルタルを厚さ 0, 5mm で吹き付け、1ヶ月間 20℃試験室で気中養生した後、膨張コンクリートを打設した。試験体寸法は、100×100×400mmとした。コンクリート打設後、1ヶ月間 20℃試験室で気中養生した後、曲げ試験を実施した。本試験体では、打設面が載荷面となるため、打設面はセメントペーストを用いて平滑にした。

(2)鉛直打ち継ぎによる試験

塗装鋼板とゴムラテックスモルタルの一体性を確認するため、図-4 に示す鉛直打継ぎ試験体を作製した。試験体寸法は 150×150×530mm とし、鋼板にゴムラテックスモルタルを厚さ 0, 3mm で吹き付けた。試験体は、鋼製型枠の中心が打ち継ぎ目になるよう設置し、図-5 に示すようにフック側の側面(A)から膨張コンクリートを打設した。フック側の側面からの打設から3日後に反対側の側面(B)から膨張コンクリートを打設し、試験体の作製を完了した。コンクリート打設後、1ヶ月間 20℃試験室で気中養生した後、曲げ試験を実施した。

2.2.4 止水性確認試験

底鋼板上面をゴムラテックスモルタルで被覆することによる止水効果を確認するために、図-6 に示す試験体を作製した。試験体の底板にゴムラテックスモルタルを厚さ 0, 1mm で吹き付け、膨張コンクリートを打設した。コンクリートを打設する際に、試験体中央に箱抜き孔を設けた。養生終了後に箱抜きした部分に色水を注入して1ヶ月間静置した。その後、コンクリートカッターを用いて試験体を切断し、コンクリート断面および底板への色水の滯水によって止水性を確認した。

3. 試験結果

3.1 引張接着試験

3.1.1 厚さの影響

引張接着試験結果を表-5 に示す。ゴムラテックスモルタル吹付け厚 0mm の場合、すなわちゴムラテックスモルタルで被覆されていない場合、接着強度は 0.3 N/mm<sup>2</sup>で、破断位置はコンクリートと無機ジンクリッチペイントの境界であった。一方、ゴムラテックスモルタルを 1mm 吹き付けた場合、接着強度は 1.7 N/mm<sup>2</sup>に増加し、無機ジンクリッチペイントとの境界で剥離は生じなかった。さらに、吹付け厚 3mm になると、接着強度は 3.3 N/mm<sup>2</sup>となり、良好な接着が得られ、破断位置もゴムラテックスモルタル内部に移行した。ゴムラテックスモルタルは、ポリマーのフィルム化に加えて、表-2 に示すように乾燥収縮が小さいことにより、接着強度が向上したと考えられる。

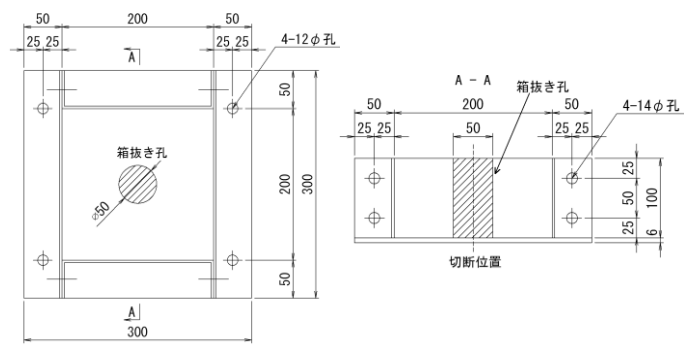


図-6 滯水試験体の形状・寸法

表-5 引張接着試験結果 (厚みの影響)

吹付厚 (mm)	塗膜厚 (μm)	接着強度 (N/mm <sup>2</sup> )	破断位置 (%)						
			コンクリート	境界	ゴムラテ	境界	ジンク	境界	鋼板
0	52	0.2	0	0	100	0	0	0	-
	55	0.3	0	0	100	0	0	0	-
	56	0.5	0	0	100	0	0	0	-
	96	0.2	0	0	100	0	0	0	-
	46	0.2	0	0	100	0	0	0	-
1	80	1.7	25	0	75	0	0	0	-
	91	1.7	15	0	85	0	0	0	-
	86	1.7	5	0	95	0	0	0	-
	53	1.7	30	0	70	0	0	0	-
	91	1.9	10	0	90	0	0	0	-
3	41	3.2	0	0	100	0	0	0	-
	61	3.3	0	0	100	0	0	0	-
	80	3.7	0	0	0	0	0	100	-
	44	3.3	0	0	55	0	45	0	-
	42	3.0	0	0	100	0	0	0	-

表-6 引張接着試験結果 (経時の影響)

コンクリート打設間隔 (月)	塗膜厚 (μm)	接着強度 (N/mm <sup>2</sup> )	破断位置 (%)						
			コンクリート	境界	ゴムラテ	境界	ジンク	境界	鋼板
1	41	3.2	0	0	100	0	0	0	-
	61	3.3	0	0	100	0	0	0	-
	80	3.7	0	0	0	0	0	100	-
	44	3.3	0	0	55	0	45	0	-
	42	3.0	0	0	100	0	0	0	-
3	51	3.2	0	0	60	0	40	0	-
	81	2.9	0	0	0	0	100	0	-
	44	3.1	0	0	100	0	0	0	-
	84	3.8	0	0	0	0	100	0	-
	42	2.5	0	0	80	20	0	0	-
4	88	5.3	0	0	0	0	0	100	-
	93	4.0	0	0	0	0	0	100	-
	88	5.0	0	0	0	0	0	100	-
	46	6.0	10	0	90	0	0	0	-
	35	6.0	10	0	90	0	0	0	-

3.1.2 経時の影響

鋼板試験体にゴムラテックスモルタルを吹き付けた後、コンクリートの打設間隔を変えた場合の引張接着試験結果を表-6 に示す。コンクリート打設間隔が 1, 3, 4ヶ月の場合、引張接着強度は、各々 3.3, 3.1, 5.4 N/mm<sup>2</sup> であ

った。鋼板にゴムラテックスモルタルを吹き付けてからコンクリート打設までに4ヶ月間隔があいても接着強度の低下はみられなかった。

### 3.2 直接せん断試験

せん断強度試験結果を表-7に示す。吹付け厚0mmでは、全てコンクリートとの境界面で剥離し、鋼板と塗膜の剥離は認められず、せん断強度は、 $0.1\text{N/mm}^2$ であった。また、吹付け厚3mmでは、破断位置がゴムラテックスモルタル内部に移行し、せん断強度は、 $0.5\text{N/mm}^2$ まで増加した。せん断強度の増加は、ゴムラテックスモルタルの接着性能が高いためと考えられる。

### 3.3 曲げ試験

#### 3.3.1 水平打ち継ぎによる試験

水平打ち継ぎ曲げ強度試験結果を表-8に示す。曲げ強度は、ゴムラテックスモルタルを吹き付けることにより、 $4.9\text{N/mm}^2$ から $6.9\text{N/mm}^2$ と1.4倍程度増加した。また、コンクリートとゴムラテックスモルタルの境界面には、剥離は認められず、一体性を保持して曲げ破断に達した。

#### 3.3.2 鉛直打ち継ぎによる試験

鉛直打ち継ぎ曲げ強度試験結果を表-9に示す。ゴムラテックスモルタルを吹き付けていない試験体では、脱型時に打ち継目から剥離した。一方、ゴムラテックスモルタルを吹き付けた場合は、鋼板面で剥離することなく、コンクリートまたはゴムラテックスモルタル内部で破断が生じた。曲げ強度は、 $2.1\text{N/mm}^2$ であり、鋼板とゴムラテックスモルタルとの一体性が確認できた。

### 3.4 止水性確認試験

試験体の切断断面を図-7に示す。ゴムラテックスモルタルを吹き付けていない試験体は、切断時の振動により鋼板とコンクリートに剥離が生じたが、ゴムラテックスモルタルを吹き付けることで剥離せず、接着性が確保された。次に、試験体を解体し、底鋼板の滞水状況を確認した。底板の状況を図-8に示す。ゴムラテックスモルタルを吹き付けていない試験体では、色水が鋼板とコンクリートの隙間から浸入し、一定の範囲に広がる滞水を確認した。一方、ゴムラテックスモルタルを吹き付けた試験体では、ゴムラテックスモルタルとコンクリートとの境界部に浸出が見られるものの、底鋼板には色水が見られず、止水効果があることを確認した。

## 4. まとめ

本試験より、得られた結果を以下に示す。

- (1) 鋼板をゴムラテックスモルタルで被覆することにより、接着強度が増加する。
- (2) せん断試験と鉛直打ち継ぎ曲げ試験より、鋼板をゴムラテックスモルタルで被覆されていない場合、強度

表-7 せん断試験結果

吹付厚 (mm)	塗膜厚 (μm)	接着強度 (N/mm <sup>2</sup> )	破断位置 (%)						
			コンクリート	境界	ゴムラテ	境界	シンク	境界	鋼板
0	134	0.2	0	0	0	100	0	0	-
	155	0.0	0	0	0	100	0	0	-
	152	0.1	0	0	0	100	0	0	-
3	110	0.5	0	0	100	0	0	0	-
	109	0.6	0	0	100	0	0	0	-
	111	0.4	0	0	100	0	0	0	-

表-8 曲げ試験結果 (水平打ち継ぎ)

吹付厚 (mm)	曲げ強度 (N/mm <sup>2</sup> )	
0	4.8	4.9
	4.8	
	5.1	
5	7.3	6.9
	6.2	
	7.1	

表-9 曲げ試験結果 (鉛直打ち継ぎ)

吹付厚 (mm)	塗膜厚 (μm)	曲げ強度 (N/mm <sup>2</sup> )	
0	138	0.0	0.0
	100	0.0	
	104	0.0	
3	115	2.4	2.1
	122	1.9	
	121	2.1	

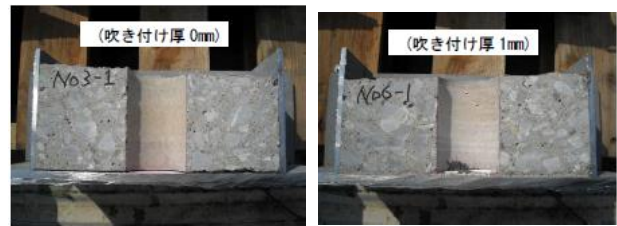


図-7 切断断面

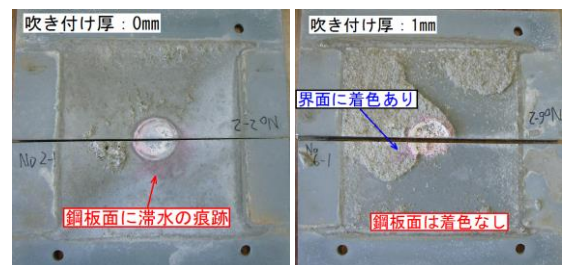


図-8 底板の状況

が得られないのに対して、ゴムラテックスモルタルで被覆することにより、強度増進する。

- (3) 水平打ち継ぎ曲げ試験より、ゴムラテックスモルタルを打ち継ぐことにより、一体性を確保しつつ、強度が増進する。
- (4) 止水性確認試験より、ゴムラテックスモルタルで被覆することにより、底鋼板への滞水がなく、止水性が高まり、鋼板の防食性が期待できる。

## 参考文献

- 1) 合成床版設計・施工の手引き、(一社)日本橋梁建設協会、平成20年10月
- 2) 神頭峰磯ほか：ポリマーセメントモルタルによる鋼・コンクリート合成床版の付着性および滞水性改善に関する検討、土木学会第68回年次学術講演会、V-190, pp379-380, 2013