論文

鋼コンクリート複合構造の狭隘部充填用ポリマーセメントモルタル

神頭峰磯*，土井一慶**，大久保藤和***，佐竹紳也***，杉野雄亮***

*日本車輌製造株式会社 輸機・インフラ本部（〒456-8691 愛知県名古屋市熱田区三本松町 1 番 1 号）
**工博，日本車輌製造株式会社 開発本部（〒442-0061 愛知県豊川市穂ノ原二丁目 1 番 21）
***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）

鋼コンクリート複合構造物では，狭隘部の充填不足や付着切れにより，構造物の耐久性低下が懸念される．そこで，本研究は，鋼材とコンクリートとの高い付着力を有し，乾燥収縮の小さいポリマーセメントモルタルを充填材として，その適用性について実験的に検討を行った．室内実験と現場での施工結果から，充填用ポリマーセメントモルタルは，高い施工性，ノンブリーディング，無収縮，および高い圧縮強度と接着強度などの性能を有し，鋼コンクリート複合構造物の狭隘部の充填に適することを確認した．

キーワード：ゴムラテックスモルタル，ポリマーセメントモルタル，充填材

1. はじめに

鋼材とコンクリートを一体的に使用した構造物は，互いの材料の短所を長所で補うことにより，高耐久な構造物を実現している．このような鋼とコンクリートの複合構造物は，鋼板部分の構造物を先に製作し，コンクリートを後から打込むことが多い．その場合，鋼板構造部分の構造的に狭隘な隙間では，コンクリート打込み後に事前に予想できなかった充填不良が発生することがある．また，コンクリートは，鋼板との付着力が弱く，付着切れを起こしやすいため，狭隘な隙間に充填されたコンクリートが付着切れにより，滞水の要因となることもある．これらの充填不良や付着切れは，構造物の耐久性低下に繋がることもあり，充填不良や付着切れが発生しない確実な施工が求められる．

そこで，今回，鋼材とコンクリートとの付着性に優れ，袋から手絞りで圧入可能な充填用ポリマーセメントモルタルを開発した．本論文では，充填用ポリマーセメントモルタルの基本物性，狭隘部に先行充填として使用した場合の充填性の評価と現場で適用した事例を報告する．

2. 試験概要

2.1 使用材料および配合

充填材は，鋼材，コンクリートとの高い付着性が確保できる速硬ポリマーセメント（以下，ゴムラテックスモルタル）[1) 2)] をベースとして選定した．表－1 にゴムラテックスモルタルの配合を示す．ゴムラテックスモルタルとは，ポリマーディスパージョンとして，スチレンブタジエンゴム（SBR）を主成分とした混和液と速硬セメントを含むパウダーからなるモルタルである．

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（%）	単位量（kg/m³）	
			パウダー	混和液
27.0	18.0	1.2	1778	363

表－2 フレッシュ性状確認試験項目

試験項目	試験方法
フロー	JIS R 5201 に準拠
ブリーディング	JIS A 1123 に準拠
凝結時間	JIS A 1147 に準拠　環境温度 5, 30℃追加
膨張率	JSCE-F 542-2013 に準拠

2.2 試験方法

2.2.1 フレッシュ性状確認試験

充填材のフレッシュ性状の確認として，表－2 に示す試験を行った．材料は，20℃の試験室で，ハンドミキサを用いて 120 秒間練混ぜて各試験を行った．なお，凝結試験は，環境温度 20℃の他に，5℃および 30℃を追加した．また，凝結試験では，20℃の終結時間を 2 時間と設定したため，環境温度 5，20，30℃に対して，凝結調整剤を，それぞれパウダーの 0.02，0.10，0.15%添加した．

2.2.2 硬化性状確認試験

充填材の硬化性状として，圧縮強度試験，長さ変化試験を行った．圧縮強度試験は，JIS A 1108 に準拠し，練混ぜ後，20℃で養生を行い，試験材齢を 1，7，28 日と

した．また，長さ変化試験は，JIS A 1129 に準拠して行った．

2.2.3 引張接着試験

充填材と鋼板およびコンクリートとの付着性を確認するために引張接着試験を行った．コンクリートとの引張接着試験には，JIS A 5371 のコンクリート平板（縦 30cm×横 30cm×厚さ 6cm）を用い，鋼板との引張接着試験には，縦 30cm×横 30cm×厚さ 6mm の鋼板を使用した．各試験板に充填材を 1cm の厚さで打込み，建研式引張試験機を用いて測定した．

また，環境温度による付着力の変化を確認するため，充填材の打込み後の養生を 20℃一定と冷温繰り返しの 2 水準とした．20℃養生試験体は，材齢 7 日および 28 日で試験を行った．また，冷温繰り返しの試験体は，材齢 28 日まで 20℃で養生を行った後に，養生温度を-10℃で 24 時間，60℃で 24 時間を 1 サイクルとして，5 サイクル実施した後に引張接着試験を行った．

2.2.4 充填性確認試験

(1) 手絞りによる圧入性確認試験

充填材の施工は，材料を絞り袋から手絞りによる圧入としたため，本材料の隙間充填性を模擬空間により確認した．写真－1 に示すように，練上りの充填材約 0.6L を絞り袋に詰め込み，幅 60mm，長さ 120mm，厚さ 6mm の模擬空間に先端を挿入して手絞りにより充填材を圧入した．なお，模擬空間は，材料の充填状況が確認できるように，天板にアクリル板を用いた．

(2) 一体性確認試験

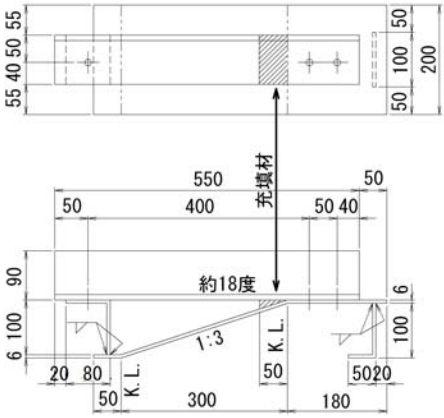
狭隘部に先行充填した充填材が，コンクリート打込み後に鋼材やコンクリートと一体性を確保して，充填不良とならないことを確認するため，図－1，写真－2 に示す実物大部分試験体により，充填性および硬化後の状況を確認した．実物大部分試験体は，鋼材とコンクリートとの合成構造の狭隘部を切り出した形状で，先端角度約 18 度を有する狭隘構造とした．

充填材の施工は，充填部周囲を硬質スポンジで塞ぎ，鋭角先端部から幅 4cm 程度，長さ 9cm を充填した．充填材が十分に硬化した後に，試験体の周辺を型枠で囲い，30-8-20N のコンクリートを打込んだ．コンクリートの打込み後，脱型，養生（環境温度 20℃）を行い，材齢 28 日経過後に試験体の中央部を切断し，切断面の観察を行った．脱型を完了し，切断を行う前の実物大部分試験体を写真－3 に示す．

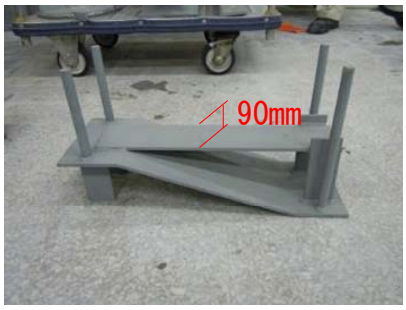
2.2.5 充填施工性の定量化試験

充填材の充填施工性を定量的に評価するため，写真－2 の実物大部分試験体の天板をアクリル板に変えた写真－4 に示す試験体を用いて，充填材の施工性と貫入抵抗

写真－1 絞り袋（左）と充填模擬空間（右）



図－1 実物大部分試験体の形状・寸法



写真－2 実物大部分試験体

写真－3 コンクリート打込み後の試験体

写真－4 充填性確認試験体

表－3 試験結果（フレッシュ性状）

フロー値 (mm)	ブリーディング率 (%)	凝結時間(h-m)		材齢1日膨張率 (%)
		始発	終結	
203	0	1-52	2-11	0.40

値の関係を調べた．試験は，袋詰めした材料を 15 分ごとに試験体に充填し，施工性の良否を判断して，その時の充填材の貫入抵抗値を測定する方法とした．なお，貫入抵抗測定器は，プッシュプルゲージ式を用い，同一環境温度で 2 回行った．

3. 試験結果

3.1 フレッシュ性状

充填材のフレッシュ性状を表－3 に示す．ブリーディングは生じず，材齢 1 日の膨張率が 0.4%であることから，充填材により，ブリーディングや初期収縮による隙間が生じることなく，周辺の鋼材やコンクリートと一体性を図ることが可能である．また，図－2 に示すように，終結時間は，環境温度を変えても凝結調整剤の調整により，何れの環境温度に対しても 2 時間程度になった．充填材は，凝結調整剤により，可使時間の調整が可能である．

3.2 硬化性状

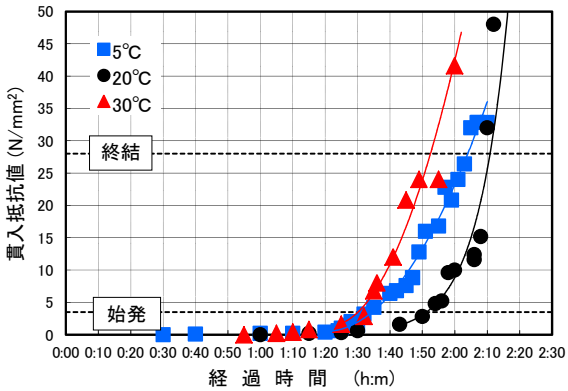
圧縮強度試験の結果および長さ変化試験の結果を表－4 に示す．圧縮強度は，材齢 1 日で 27N/mm^2 であり，材齢 28 日では，43N/mm^2 が得られた．また，材齢 28 日の長さ変化率は，265×10^{-6} であり，乾燥収縮は抑制されている．

3.3 接着性状

引張接着試験の結果を表－5 に示す．20℃養生時の引張接着強度は，材齢 7 日で鋼板に対して 2.7N/mm^2 以上，コンクリートに対して 3.4N/mm^2 以上を有し，高い付着力が確認できた．また，材齢 28 日の引張接着強度は，鋼板に対して，3.7N/mm^2 以上，コンクリートに対しても 4.4N/mm^2 以上と，経時による付着力の低下は見られない．冷温繰り返しを受けた場合においても，鋼板に対して，2.6N/mm^2，コンクリートに対して 3.4N/mm^2 と，良好な付着力を有している．

3.4 充填性

模擬空間に対する充填状況を写真－5 に示す．充填材は，隙間 6mm の狭隘な空間においても，手絞りによる圧入で隅々まで充填できることが確認できた．本論文では，充填材の先行充填施工を前提に試験を行っているが，コンクリート打込み後に生じた隙間の充填施工も行うことができる．



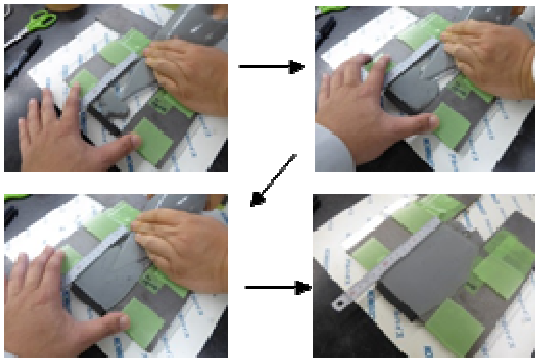
図－2 凝結試験結果

表－4 試験結果（圧縮強度，長さ変化）

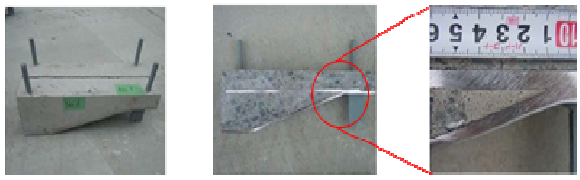
圧縮強度 (N/mm^2)			材齢28日長さ変化率 (×10^{-6})
1日	7日	28日	
26.6	36.6	42.9	265

表－5 試験結果（引張接着強度）

引張接着強度 (N/mm^2)					
20℃養生				冷温繰り返し	
材齢7日		材齢28日		5サイクル	
鋼板	コンクリート	鋼板	コンクリート	鋼板	コンクリート
2.7	3.4	3.7	4.4	2.6	3.4



写真－5 模擬空間への充填性確認状況



写真－6 切断面の確認

また，充填材で先行充填を行った実物大部分試験体の切断面を写真－6 に示す．充填材は，鋭角部の先端まで

表－6 貫入抵抗値と施工性

時間 (min)	1 回目		2 回目	
	貫入抵抗値 (N/mm^2)	充填可否	貫入抵抗値 (N/mm^2)	充填可否
15	0.00	○	0.01	○
30	0.01	○	0.01	○
45	0.01	○	0.01	○
60	0.01	○	0.01	○
75	0.01	○	0.02	○
90	0.02	○	0.08	△
105	0.07	△	0.20	△
120	0.22	×	0.47	×

充填できており，コンクリートまたは鋼板との付着切れも確認されなかった．

3.5 充填施工性の定量化

充填材の施工性と貫入抵抗値の関係を表－6 に示す．貫入抵抗値が，0.07N/mm^2 程度で，充填材の圧入性に変化が感じられた．0.2N/mm^2 を超えると，袋から絞り出すことが困難となったことから，充填材の施工は，0.1N/mm^2 以下が良好であると考えられる．この結果を用いることにより，凝結調整剤で，充填材の可使時間を定量的に評価して決定できる．

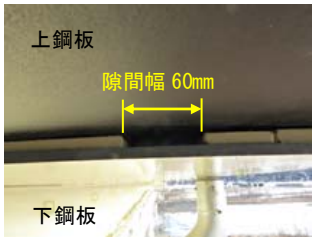
4. 現場での施工

本充填材を用いて，鋼橋上部工事において，桁端部の上下が鋼材に囲まれる狭隘な空間に充填施工した．現場は，最高気温 1℃，最低気温-15℃の低温環境であった．施工対象箇所は，平均空隙厚さ 6mm，幅 60mm，奥行き 120mm の写真－7 に示す空間であった．現場での施工時は，外気温が-1℃であったため，充填箇所をジェットヒーターで加温して，鋼板温度が 5℃以上となることを確認してから施工した．なお，充填材の練上り温度は，9.6℃であった．材料の充填時，および充填後 3 時間は，ジェットヒーターにより充填箇所の鋼板を加温して，5℃以上を確保した．

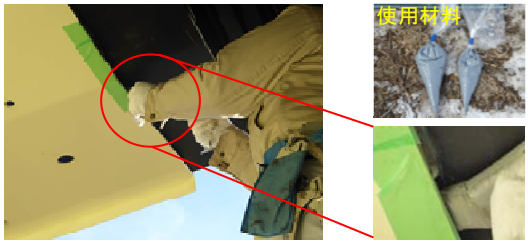
充填施工状況を写真－8 に示す．施工時の充填状況は，反対側からの充填材の流出をもって確認した．施工後の状況を写真－9 に示す．袋詰めした材料は，手絞りによる圧入で隙間が生じることなく充填できた．

5. まとめ

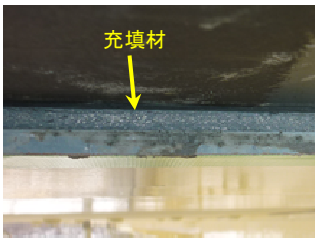
本試験より，開発した充填用ポリマーセメントモルタルについて，得られた結果を以下に示す．



写真－7 充填対象箇所



写真－8 施工状況



写真－9 施工完了後

(1) ブリーディングや初期材齢の収縮が生じず，乾燥収縮も抑制されるため，充填後の材料の寸法安定性が確保できる．
(2) 圧縮強度および鋼板やコンクリートとの接着強度が良好である．
(3) 手絞りによる圧入で，狭隘な箇所への充填が可能である．
(4) 凝結調整剤により，可使時間が調整可能である．
(5) 寒冷地において，充填施工が可能である．

参考文献

1) 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，pp379-80，2013
2) 佐竹紳也ほか：ポリマーセメントモルタルによる鋼・コンクリート複合構造の接着性能に関する検討，土木学会第 69 回年次学術講演会，V－457，pp913-914，2014

（2016 年 7 月 18 日受付）