

第6回 インフラメンテナンス大賞 国土交通大臣賞（技術開発部門）受賞

# 栈橋を供用しながら 恒久的な改修が可能な 「スリムフローグラウト工法」

株式会社大林組 技術研究所

かわにし たかし にしざわ あや たけだ あつし いしげき よしかず  
川西 貴士、西澤 彩、武田 篤史、石関 嘉一

## 1. はじめに

高度経済成長期に建設された港湾構造物の多くは、写真-1に示すような塩害劣化が進んでおり、早期の改修が喫緊の課題となっている。社会资本ストックの効率的な維持管理に向けて、高耐久性を有する材料により、改修頻度を低減することが求められている。一方で、劣化が生じた栈橋の改修方法として、一般に構造物の取り替えや劣化部の断面修復が行われるが、事業継続の観点から栈橋上を供用しながら、改修工事を行うことが求められている。

そこで、長期耐久性に優れ、改修時も栈橋の供用継続が可能な「スリムフローグラウト工法」（以下、「本工法」という）を開発した<sup>1)</sup>。厳しい塩害環境下で100年以上の耐久性を確保でき、改修後にはメンテナンスは不要となる。また、本工法



写真-1 塩害により劣化した栈橋の例

は、栈橋下面からのモルタルの圧入充填により、栈橋上を占有することなく改修を行うことが可能である。本稿では、本工法の技術の概要と現場の適用事例について紹介する。

## 2. 技術の概要

### (1) 高い流動性と遮塩性を有するモルタル

本工法で使用するモルタルは、専用のプレミックス粉体、細骨材、水および混和剤で構成している。剥落防止やひび割れ抵抗性の向上を目的として、ナイロン繊維の混入を標準としている。モルタルの標準配合を表-1に示す。水粉体比は12.6%と極めて小さく、150 N/mm<sup>2</sup>以上の圧縮強度を確保できる材料である。

本工法に用いるモルタルの品質管理項目を表-2に、フロー試験の状況を写真-2に示す。フローの目標値は290 mmであり、高い流動性を有するとともに材料分離抵抗性にも優れた充填性の高い材料である。

表-1 モルタルの標準配合

水粉体比 (%)	単体量 (kg/m <sup>3</sup> )					ナイロン繊維 (kg/m <sup>3</sup> )
	水	専用プレミックス粉体 P	細骨材 S	収縮低減剤 SR*	高性能減水剤 SP*	
W/P	W	P	S	SR*	SP*	NF
12.6	230	1,830	331	20	22	78.5

※水 (W) の内割りりで置換

表-2 品質管理項目

フレッシュモルタルの品質管理項目			硬化モルタルの品質管理項目
フロー	空気量	練上がり温度	圧縮強度
JIS R 5201 (落下無し)	JIS A 1128	JIS A 1156	JIS A 1108
290±30 mm	3.5% 以下	10℃以上	150 N/mm <sup>2</sup> 以上

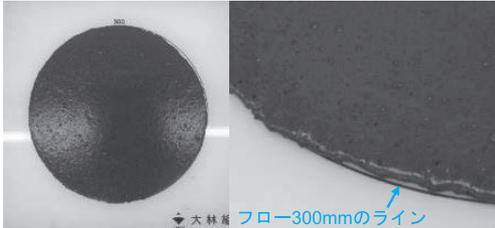


写真-2 モルタルのフロー試験の状況

本工法に用いるモルタルは、塩分の拡散係数が極めて小さく、厳しい塩害環境下でも100年の耐久性を確保できる。遮塩性を確認するために、海水中の塩化物イオン濃度の約3倍に相当する濃度10%の塩化ナトリウム (NaCl) 溶液を用いた浸漬試験を実施した。塩化物イオンの濃度分布の測定結果を図-1に示す。浸漬期間1年間においても、塩化物イオンの浸透範囲はごく表層部にとどまっております、極めて高い遮塩性を有することを確認している。

一般に、従来工法は30年程度で改修が行われるが、本工法は100年以上の耐久性を有するため、改修後からの供用期間を100年とした場合の改修頻度は1/3程度となる。そのため、図-2に示すとおり、ライフサイクルコストを大幅に低減することが可能となる。

(2) 汎用ポンプによる圧入充填

本工法に用いるモルタルは、粉体量が1,830 kg/m<sup>3</sup>と極めて富配合であり粘性が高くなるが、高い流動性と材料分離抵抗性を兼ね備えているため、汎用的なポンプによる圧送が可能である。吐出量と管内圧力損失の関係を図-3に示す。吐出量と管内圧力損失の間に相関関係があり、超高強度のモルタルについても、普通のコンクリートと同様な配管計画が可能となる<sup>2)</sup>。

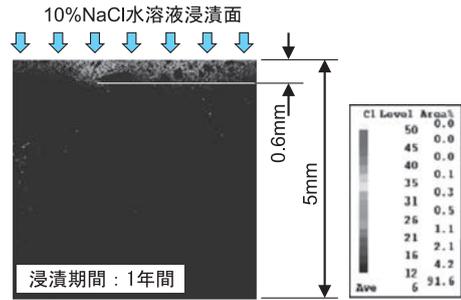


図-1 塩化物イオンの濃度分布 (EPMA法)

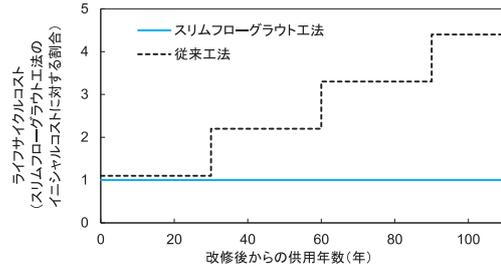


図-2 ライフサイクルコストの試算例

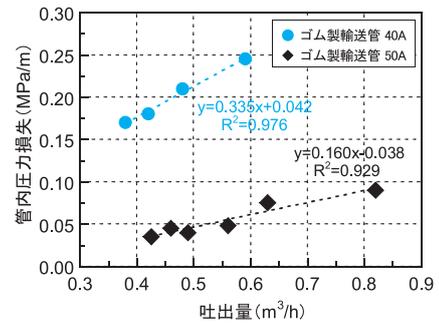


図-3 吐出量と管内圧力損失の関係

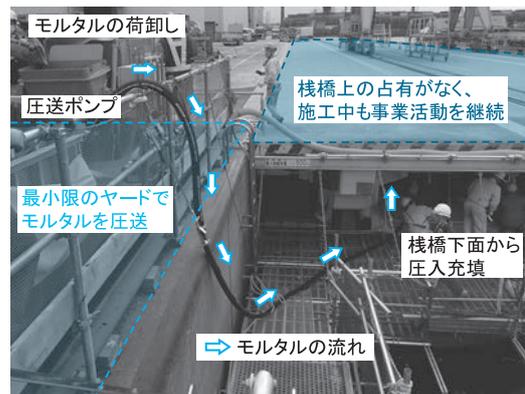


写真-3 施工状況

圧送においては特別な機械は不要であり、モルタルの荷卸しとポンプを設置するスペースを設けることで施工が可能である。施工状況の例を写真-3に示す。橋横に施工に必要な最小限のヤードで、橋上を占有することなく、顧客の事業を継続しながら改修工事を行うことができる。

(3) 薄層部への密実な充填と既設部材との高い付着

本工法では、高い耐久性および充填性を有するモルタルを用いるため、耐久性の確保に必要な補修厚さは30mmで十分であり、そのわずか30mmの補修厚さの隙間に密実に充填することが可能である。本工法における補修の概要を図-4に示す。従来の断面修復工法の補修厚さを60mm程度とした場合、本工法により半減することが可能である。

薄層部に栈橋下面からモルタルを充填する場合、逆打ちの施工となるため、既設の床版コンクリートと充填するモルタルとの一体性が重要となる。充填性および一体性を確認するために、実施工を想定した施工実験を行った。実際の部材を想定して、試験体の寸法は幅4.5×奥行1.2mとし、中央部からモルタルを圧入充填した。充填厚さは30mmとした。モルタルの充填状況を写真-4に示す。圧送時には、モルタルの閉塞が生じることなく、ポンプの圧力も安定した状態で充填できた。硬化後に試験体の端部を切断した状況を写真-5に示す。床版コンクリートと型枠との30mmの薄層部に、密実に充填できた。試験体の端部からコアを採取して、直接引張試験を行ったところ、すべてのコアについて母材（床版コンクリート）で破断しており、高い付着性が得られることを確認した。

### 3. 現場適用事例

建設後約50年が経過した海上栈橋の改修工事に本工法を適用した。コンクリート製の床版や梁の下面に、塩害によるひび割れや剥落が生じていた。事前の調査では、鉄筋近傍の塩化物イオンが $5\text{ kg/m}^3$ を超え、鋼材腐食発生限界濃度を上回っている箇所もあった。栈橋下面は、維持管理が困難であるため、耐久性の高い材料により改修頻度の低減が求められた。また、当該栈橋は、重要な物流拠点であり、改修時に栈橋上面を占有することが困難であった。そのため、高耐久性の材料で

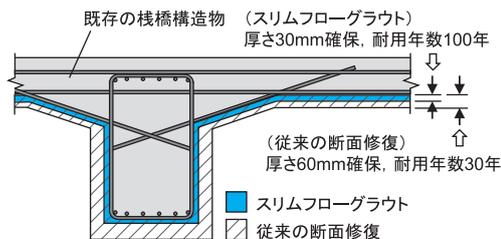


図-4 補修の概要

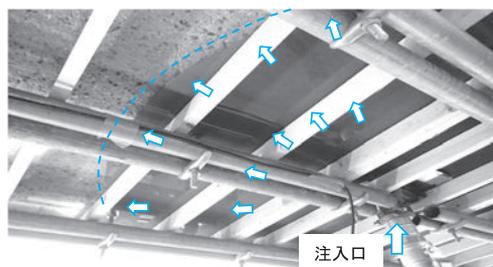


写真-4 モルタルの充填状況

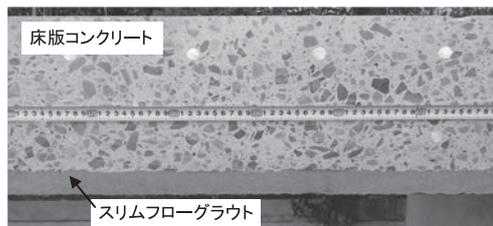


写真-5 床版端部の切断状況

栈橋下面より施工が可能な本工法が適用された。

当該工事では、1日に床版1カ所と梁2カ所を打ち込む計画とし、1日の打込み量は $1.5\text{ m}^3$ 程度とした。近隣のレディーミクストコンクリート工場にて繊維添加前のベースのモルタルを製造し、現場までトラックアジテータにて運搬した。現場に到着後、トラックアジテータにナイロン繊維を投入し、攪拌することで、モルタルを製造した。繊維の投入状況を写真-6に示す。

床版下面の縦4.8×横4.8mで厚さ30mmの1



写真-6 繊維投入状況

区画を1時間程度で圧入する計画とした。圧送には、最大理論吐出量5 m<sup>3</sup>/hの定置式ピストンポンプを使用した。内径50 Aのゴム製の輸送管を使用し、吐出量は0.7～0.8 m<sup>3</sup>/h、ポンプ吐出口の管内圧力は約10 MPaで圧送を行った。栈橋端部から中央部まで最大で140 mの圧送を行った。床版1区画を1時間程度、梁1カ所を15分程度で充填した。使用したポンプおよびモルタルの荷卸し状況を写真-7に示す。また、床版への圧送状況を写真-8に示す。

打込みから7日後に脱型し、水分逸散防止のため、養生剤を塗布した。施工完了後の状況を写真



写真-7 使用ポンプおよび荷卸し状況



写真-8 床版下面への圧送状況



写真-9 施工完了状況

9に示す。脱型後、未充填部も発生せず密実に充填できた。施工完了後に、床版および梁の補修部を点検ハンマーによる打撃による充填確認を行い、空洞等が生じていないことを確認した。

## 4. おわりに

本工法は、第6回「インフラメンテナンス大賞」において、国土交通大臣賞（技術開発部門）という大変名誉ある賞をいただいた（写真-10）。本工法は、厳しい塩害環境下においても長期耐久性を有するモルタルを使用することに加え、供用の中断等が必要となる従来工法に比べて栈橋を供用しながら施工できること、着眼点、生産性および効率性などが優れていることが評価された。

これからも、老朽化が進む栈橋構造物の効率的な維持管理に向けて、耐久性を向上し、長寿命化を図れる技術として積極的に展開していきたい。今後、インフラメンテナンス分野においても、サステナビリティの実現に向けて貢献できれば幸いである。



写真-10 インフラメンテナンス大賞(国土交通大臣賞)

### 【参考文献】

- 1) 西澤彩他：薄肉断面への充填を可能とした高耐久性モルタル「スリムフロウグラウト™」の開発と適用，大林組技術研究所報，2020
- 2) 公益社団法人土木学会：コンクリートのポンプ施工指針 [2012年度版]，コンクリートライブラリー，No.135，2012