

ポリマーセメントモルタル乾式吹付工法

置賜建設株式会社 情野義憲
株式会社 クリテック・ジャパン 高坂良弘
日本コンクリート補修・補強協会

1. はじめに

半永久構造物として考えられてきた鉄筋コンクリート構造物における劣化、特に鉄筋腐食に起因する剥落事故等が近年大きな社会問題となって来た。

従って、コンクリート構造物を維持修繕して行くことが重要な課題となっており、特に鉄筋腐食により劣化した鉄筋コンクリート構造物の補修方法として、劣化部分のコンクリートを除去し、ポリマーセメントモルタルを用いて補修する断面修復工法が広く採用されるようになって来ている。なかでも、吹付工法による断面修復工法は型枠が不要であること、母体との付着性能が優れており確実なこと、更に大断面の修復に関して、効率的、経済的であることから施工量が増加している。特に吹付工法の中でもその施工性、付着性、耐久性等に多くの利点を持つ乾式吹付け工法が注目されて来ている。

今回、紹介する工法はヨーロッパにおいて 30 年近い施工実績を有するプレミクスポリマーセメントモルタルを使用した乾式吹付け工法であり、開発会社 StoCretec 社の名称を使用して Sto ポリマーセメント乾式吹付け工法 (Sto 乾式吹付け工法) として、その施工性能及び品質性能について各種の性能試験結果及び施工実績を踏まえて紹介する。

2. Sto 乾式吹付け工法のシステム概要

ポリマーセメントモルタル乾式吹付け工法とは、図-1 の概要に示すように、セメント、骨材、ポリマー、繊維が予め決められた比率で配合された工場製プレミクスポリマーセメントモルタルまたは現場調合したポリマーセメントモルタルをコンプレッサーから供給される高速、高圧の空気流を用いることにより、フレキシブルマテリアルホースを介して吹付ノズルへ送り、この吹付ノズルから材料が吐出される直前に適切な量の水を供給し、空気圧によって材料に加えられた衝撃力により材料の締め固めを行い要求品質のセメントモルタルを形成する工法である。

Sto 乾式吹付け工法は J R 西日本で始めて認定されたポリマーセメントモルタル乾式吹付け工法であり、その特色として、粉塵低減材を使用せず、独自のプリウェットティング技術を用いることにより、従来の乾式吹付け工法に比べて粉塵、リバウンド量を少なくしている点が挙げられる。また、施工、品質性能として、以下に述べるような特色を有する。

- ① サイロシステムにより省力化、省人化ができる。
- ② プレミクス材料を使用することによる現場計量や調合の手間が不要。
- ③ 乾燥材料をサイロにて供給するため必要量の搬入で済み、ストックヤードが不要。
- ④ 広範囲に渡る施工が可能。(水平 200m、垂直 150m)
- ⑤ 交通振動下における施工ができる。
- ⑥ 吹付け厚さは一層 50 mm程度の厚付けができ、最大で 100 mmまで可能。

- ⑦ リバウンドは湿り気が非常に少なく処理が容易。
- ⑧ 機材の洗いや梱包塵の発生がなく環境面に配慮できる。
- ⑨ 高速、高圧吹付けにより鉄筋裏の細部に渡り充填し高密度の断面を形成する。
- ⑩ 付着力が高く、母材コンクリートと強固に一体化する。

(平均付着強度 2.0N/mm²以上)

- ⑪ 水密性を高め、中性化、塩害、凍害に対して高い耐久性を示す。

これらの特色に加えて、万一の火災時には高密度の形成体にも拘らず、形成体中のポリマー繊維が燃焼することにより、空隙を生じさせ、水蒸気を拡散させ、形成体の爆裂や境界面での剥離を防止するという優れた効果を発揮し、安全性にも配慮した利点を有する。このように Sto 乾式吹付け工法は、非常に幅広く応用できる技術として、2002 年にドイツ Sto 社より日本に導入され、日本各地で採用が始まっている。

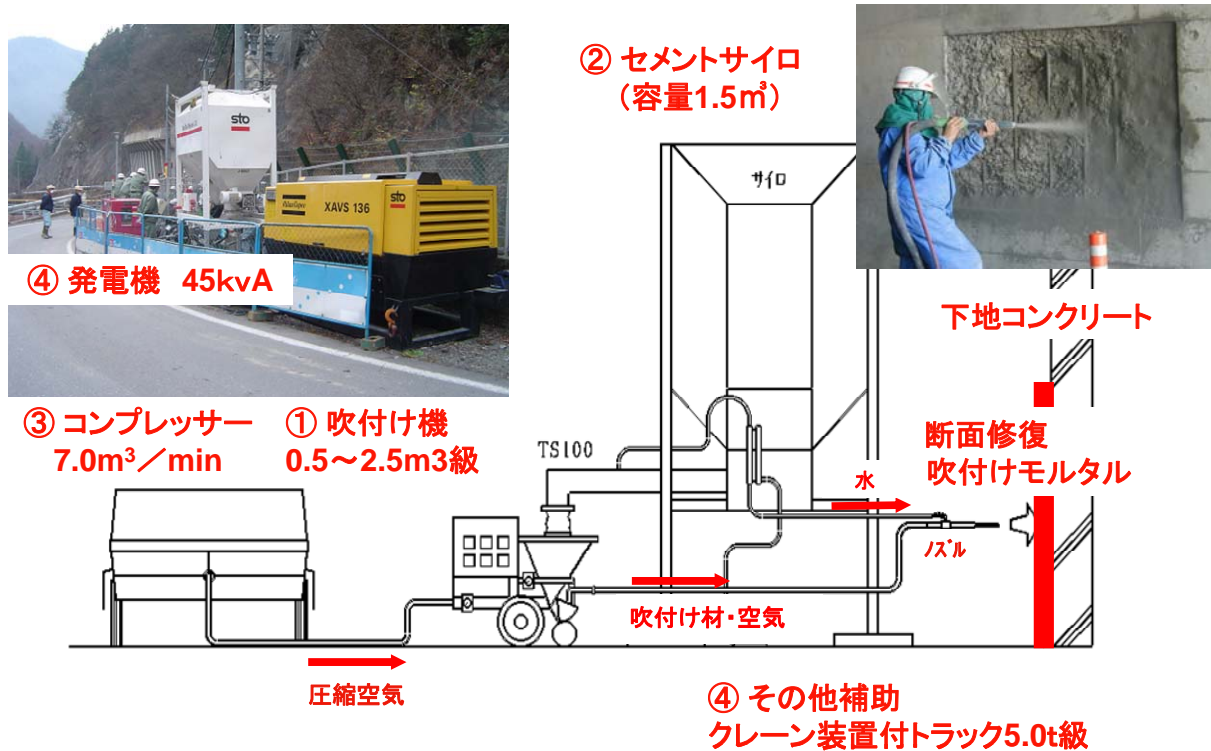


図-1 Sto 乾式工法システム概要図

3. 施工性能

Sto 乾式吹付け工法の施工性能における特色として最初に挙げられることは独自のサイロシステムにある。特色を列記すれば以下のものが挙げられる。

- ① 工場製のプレミクスポリマーセメントを予めサイロに投入しておくことにより現場での計量や調合の手間が省け、材料の品質が常に安定。
- ② 作業現場における材料の保管と供給は密閉型のサイロを使用するため、必要に応じて補給するだけで良く現場でのストックは必要最小限で済む。
- ③ ノズルマンまたは補助員によるリモコン操作により吹付け機が運転され、吹付け機とモルタルサイロは連動し自動運転になっているため材料の供給は常に安定する。従って、現場の条件しだいでは最低2人～3人程度で作業できる。
- ④ 乾燥材料を高圧空気にて搬送するため、長距離、高所への搬送が可能である。更に、補修箇所の点在する場合や近場にプラントの確保が難しい場合に威力を発揮する。
- ⑤ 一層の厚さを50mm（部分的には100mm）と厚付けでき、加えて交通振動下においても施工が可能。
- ⑥ 乾燥材料を使用するため現場での機材の洗浄は不要であり、残モルタルの処理やリバウンドの処理も水を使用することはほとんどなく、環境面に配慮できる。

以上に述べたように施工性能の面でも優れた部分が非常に多いことが判る。

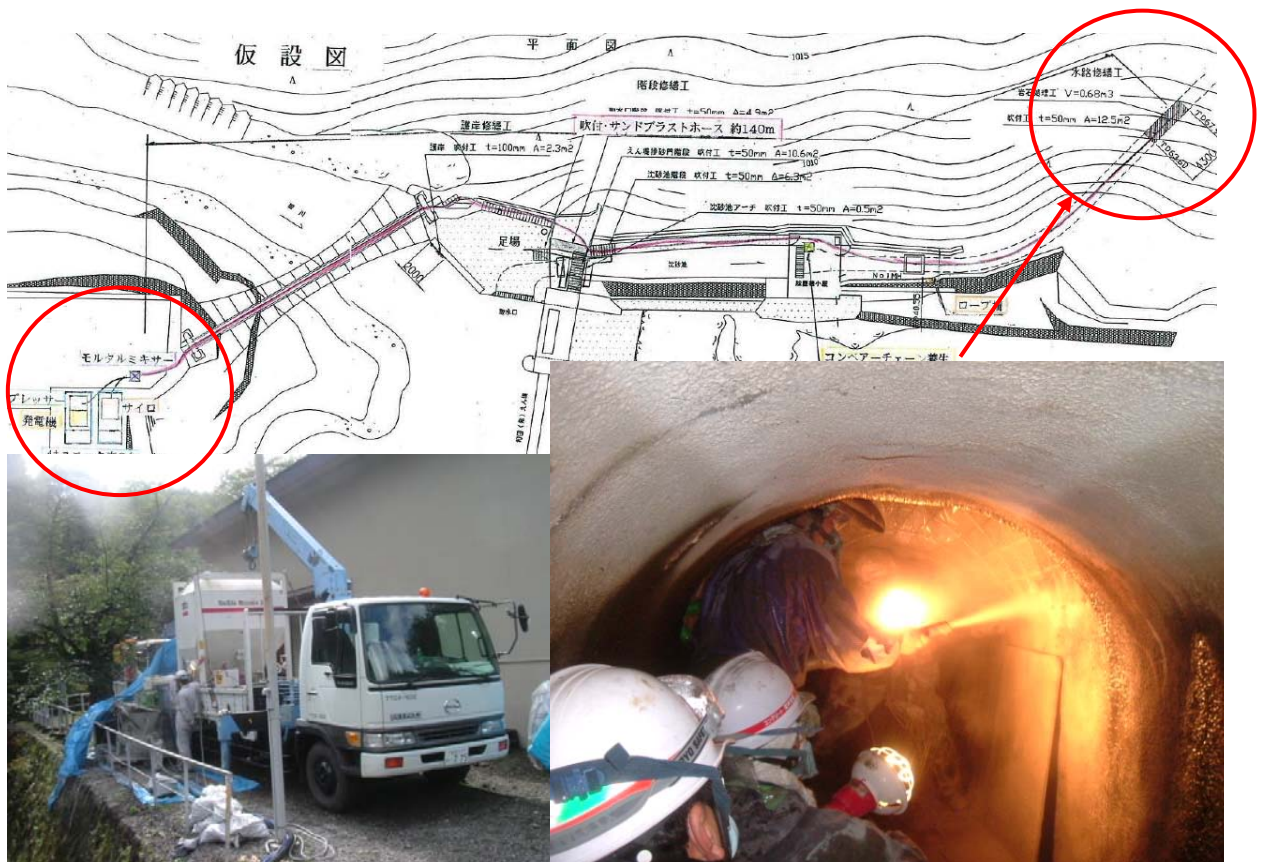


図-2 施工事例

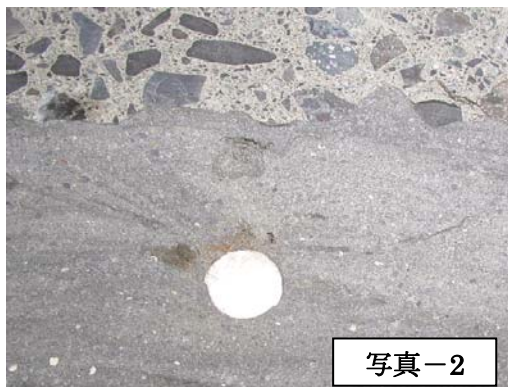
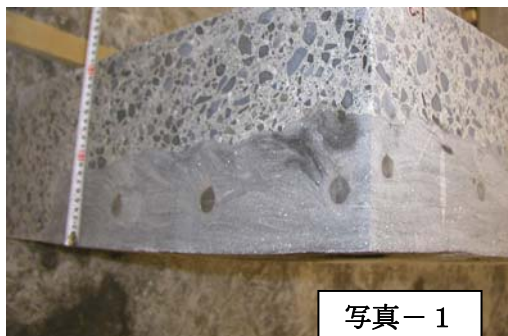
図-2 の施工事例は、長野県のある発電所の取水設備と導水トンネルの補修を行ったケースである。施工面積はさほど大きくはなかったが、発電所の停電期間が一週間と短く、限られた日数で導水トンネルのアーチ部分、側壁の補修を行う必要があった。また、施工箇所の最大離隔距離はプラントから 140m であり、途中に数箇所の補修箇所が点在しており、取水設備及びトンネル入口までは幅 1.0m 程度の管理用通路を兼ねたつり橋を利用して行かざるを得ないため、機材の搬入ができない状況にあった。また、写真に見られるようにプラントを設置する場所がかなり狭く、機械類は運搬車両から降ろさず施工した事例である。

4. 品質性能

Sto 乾式吹付け工法によって形成されたポリマーセメントモルタルの品質性能に関する特徴を以下に列記する。

- ① 高速、高圧吹付けにより、鉄筋裏の細部に渡り充填できる。
- ② ポリマーセメントモルタルに含まれるポリマーの効果をより一層高め、強い付着力により、接着仲介材を使用せずとも、母体に強固に付着させることができる。これにより、母体との界面における再劣化や付着不良による界面破断をなくす。
- ③ 交通振動下における床版下面等の補修においてもその優れた付着性が発揮される。
- ④ 緻密に形成された断面には空隙ができず、水密性に富み鉄筋腐食を引き起こす劣化因子の進入を阻止する。

以上に述べた品質性能については国内の様々な試験機関において証明されており、ここに数例を紹介する。



4-1 鉄筋裏への充填性と母体との接着性能

これは（財）鉄道技術総合研究所において実施された鉄筋背面への充填性と母体コンクリートへの接着性を確認する試験である。図-3、写真-1 は供試体を 2 方向に切断し各方向での鉄筋背面への充填性と境界面の状況を観察したものである。写真-2 はその拡大・接写である。鉄筋背面に充分に充填されており、母体コンクリートの境界面に空隙や未反応のモルタルが視認できず、接着面が極めて良好な状態であることを示している。

また、図-4 に吹付け施工した場合と左官施工した場合のコア抜き供試体の性状を示す。左官施工したコアには母体コンクリートと断面修復材との間に空隙が視認できるが、吹付け施工した供試体には空隙は視認できず、良好な接着面を形成していると推定できる。この例からも乾式吹付け工法が、非常に優れた工法であることが判る。

図-3（財）鉄道技術総合研究所による
鉄筋背面充填性試験

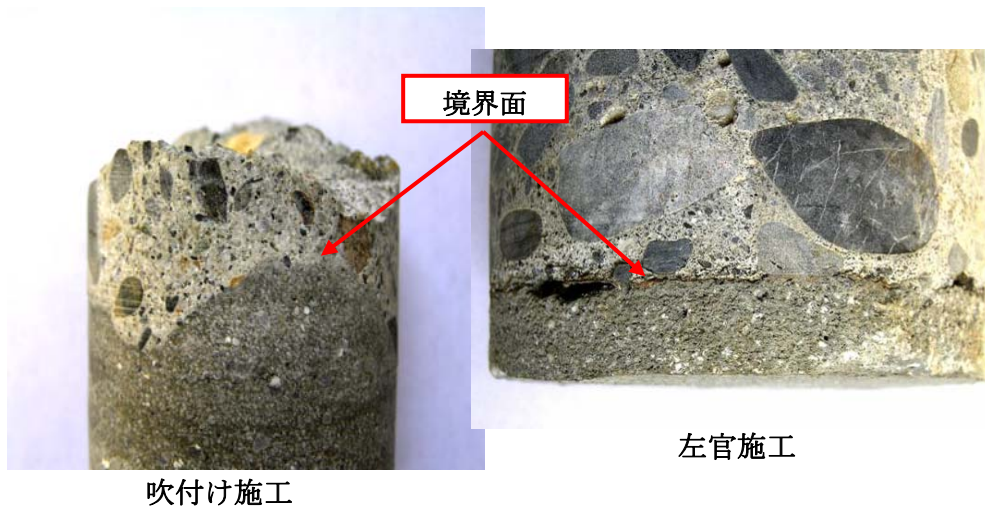


図-4 吹付け施工と左官施工の境界面比較

4-2 耐久性能の向上

Sto 乾式吹付け工法による高速、高圧充填により形成された断面は水密性の極めて高いものになるとともに、混入されているポリマーにより形成されるポリマーフィルムの効果と相乗して優れた耐久性能を示す。このことは、現在社会問題となっているコンクリート構造物の劣化の原因となる有害物質のコンクリート構造物への進入を阻止し、構造物自体の耐久性を高める要因となる。九州大学との共同研究において、その優れた耐久性能の向上についても証明されている。

4-2-1・中性化抵抗性

中性化促進試験の結果によれば、吹付けモルタルと普通セメントモルタルを比較した場合に図-5より、概ね水セメント比が40%の普通モルタルと同程度の中性化抵抗性を有することが判る。これは通常の場合に補修に用いる普通セメントモルタルの水セメント比が50~60%の範囲にあり、これらと比較した場合に高い中性化抵抗性を示している。

尚、普通セメントモルタルの促進条件は温度20℃、湿度60%、CO₂濃度5%であり、吹付けモルタルの促進条件が温度40℃、湿度60%、CO₂濃度7%と異なっているため、後者に換算した値で比較している。

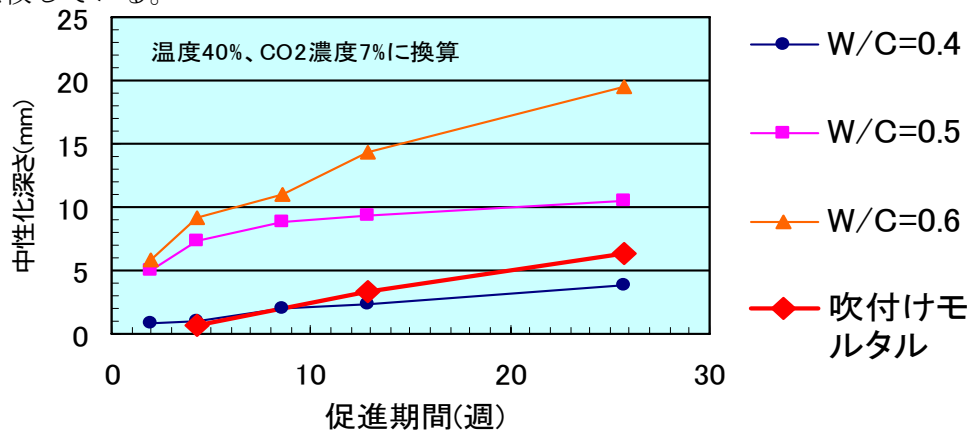


図-5 促進中性化試験

4-2-2・塩分浸透阻止性能

塩分浸透阻止性能については、中性化抵抗と同様に普通セメントモルタルと比較した場合は図-6より、水セメント比40%の普通モルタルよりもかなり高い塩分浸透阻止性能を有することを示している。試験条件は20℃、NaCl濃度10%溶液に浸漬している。

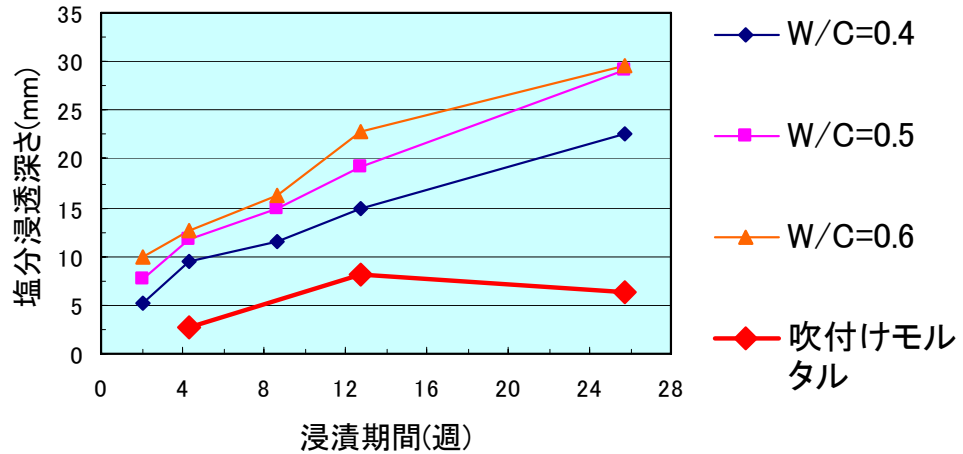


図-6 塩分浸透阻止性能試験

5・今後の展望と課題

Sto 吹付け工法は2002年4月に導入と同時に国内の各地で実績をつくるとともに併行して各種の性能確認試験、NETISへの登録、東京都建設局の新材料・新工法選定、JR西日本断面修復材の認定材料登録、各都道府県の新工法、新材料登録を行って来た。今後は左官工法や湿式吹付け工法では効果的、経済的に施工できない分野、特に、現在、問題となっている橋梁構造物の耐久性強化、補修補強に関連して、橋梁のスラブ補修や下面増厚、橋脚、橋台への耐震補強工としての適用等はその付着性、施工性、耐久性の点で有効である工法と考えられる。さらに、耐久性の面からは塩害が特に問題となる分野への採用が期待できる。

また、今後の課題としては以下のものが挙げられる。

- ① ノズルマンの定期的な教育と育成。
- ② 機械設備のメンテナンス技術者の養成。
- ③ 定期的な機械の点検と修理、維持管理技術の向上。
- ④ 材料の安定した供給と品質管理技術の向上。
- ⑤ 今後要求されてくる各種の耐久性能試験への対応。(乾湿繰り返し後の接着性能、凍結融解後の接着耐久性等；日本建設機械化協会施工技術総合研究所にて現在試験中)

6・終わりに

このたび「新技術情報交換会」に於いて、Sto 乾式吹付け工法を東北地区の皆様にご紹介させていただき機会を与えて頂き感謝いたします。今回の工法紹介を契機に東北地区に於けるコンクリート構造物の補修、補強の一旦を担わせて頂くことはもとより、公共構造物のアセットマネジメントにも寄与し、更にこの技術の改善と品質の向上に努力する所存です。