

補修工事における生産性向上技術 「左官アシスト工法」

株式会社南組 南 真樹

1. はじめに

国営土地改良事業などにより造成された基幹的農業水利施設は、ダムや頭首工などが約7千箇所、用水路は約5万kmに及んでいるが、それらの多くでは老朽化が進行しており、前者ではその約5割、後者では約4割が耐用年数を超えている状況にある。農業水利施設の機能を将来に渡って安定的に発揮させるため、ライフサイクルコストを低減しつつ施設の長寿命化を図る戦略的な保安全管理が求められており、現在全国各地で事業が進められている。

農業水利施設の補修工法として広く普及している無機系表面被覆工法では、高度な技能が要求される一方で熟練技能者が不足している。建設業就業者数は年々減り続け、高齢層の割合が急激に増加しており、2021（令和3）年時点で55歳以上の建設技能者は全体の35%を占める一方、29歳以下の建設技能者は全体の12%程度となっている¹⁾。施工時期（＝非かんがい期）が全国的に重なることで左官技能者の需要が逼迫してしまう構造の中で「2024年問題」への対応も喫緊の課題となっており、補修工事の円滑な発注や工程進捗に大きな影響を与えている。このような背景から左官技能者による施工を機械化し、仕上り品質の平準化および施工の省人化を通して補修工事の生産性向上を図り、加えてインフラ維持管理分野における働き方改革実現の一助となるような「左官アシスト工法」の開発に取り組んでいる。

2. 従来工法との比較

2-1. 施工手順

農業用水路補修工事の1つである無機系表面被覆工法（従来工法）では、「①モルタル吹付」：圧縮空気によってモルタルを吹き付ける、「②粗均し」：モルタル吹付後に木鍍こてや中塗り鍍こてを使って凹凸調整を行う、「③表面仕上げ」：金鍍こてを使用して表面を最終的に仕上げる、の3段階の工程がある（写真-1）。機械化施工「左官アシスト工法」では、この工程の中の「①モルタル吹付」と「②粗均し」の作業を機械化して施工するものである（写真-2）。



写真-1 従来工法による吹付けと粗均し作業



写真-2 左官アシストによる吹付けと粗均し作業

2-2. 従来工法における課題

従来工法において施工品質を左右する要因の1つに技能者の施工経験が挙げられる。特に左官技能者のように小規模の施工機材を使って作業する場合、熟練技能者を現場に複数名配置できるかどうかで施工品質が決まると言っても過言ではない。しかしながら、熟練技能者はもちろんのこと若年技能者も激減している現状を踏まえると、技能者の経験に過度に依存する品質管理は限界があるといえる。

また、技能者は水利施設分野だけに従事しているわけではなく、災害復旧を含めた様々な土木建築分野で必要とされている職種であることから、水利施設分野だけで独占的に技能者を確保するのは極めて難しい。例えば、九州地方の施工会社の話では、震災復興工事における技能者需要もあることから、入札参加資格を有し施工管理能力がある元請企業はもちろんのこと、技能者を適切に配置できる専門工事業者も県内で見つかりにくい等の理由により施工体制の編成が難航したようである。

3. 左官アシスト工法の活用効果

3-1. 生産性の向上

農林水産省土地改良工事積算基準によると、従来工法では左官技能者5人を含めた15人で1日当たり115m²の施工と設定されている。一方、左官アシスト工法では左官技能者1~2名程度を含めた7人程度で1日当たり130m²程度の施工と試算している。少ない施工人数においても日当り施工量が向上することで工程短縮と経済性向上が期待でき、補修工事における生産性の向上に寄与できるものと考えられる。また、この生産性向上技術は働き方改革の一助にもなり得ると考えられており、工事入札時の技術提案や設計コンサルタントの設計業務においても有力な選択肢として検討される事例も増えてきている。

3-2. 仕上がり品質の平準化と担い手不足の解消

従来工法の「①吹付け」と「②粗均し」の工程を機械化することで、左官技能者は最終工程の「③表面仕上げ」に専念できるようになる。自動機械により一定の施工速度でのモルタル吹付と平滑性の高い粗均しができることで技能者の熟練度を問わず安定した品質のモルタル打設面を作ることが可能となり、仕上がり品質の平準化が実現できる。これにより近年課題となっている技能者不足や担い手不足の影響を最小限に抑えることが可能となる。現在の工事現場では、国からの後押しもあって外国人技能者が活躍している事例も多くなっている。左官技能者が一人前に成長するまで10年以上かかるとも言われており、外国人技能者が同じ年数をかけて高度な技能を身につけることは現実的に非常に難しいと考えられる。しかしながら、熟練技能者が本来担当する工程を機械が担うことで、比較的経験の浅い外国人技能者においても遅滞なく施工を進めることが可能となる。実際に外国人技能者が複数名在籍している施工会社では、日本人技能者と同じ早さで機械の操作を覚えて工事に臨み、期待以上に生産性が向上した事例もあり、極めて有力な施工方法として認知

されている事例もある。

3-3. 修復材の付着性向上と吹付ロス抑制

左官アシスト工法では一定の吹付け厚が可能となることで吹付け後の修復材を中塗り鏝等で延ばして均一な打設厚をつくる作業が不要となり、結果として修復材が本来有している付着性を最大限引き出すことが可能となる。このことから施工対象面全体を通して付着性のばらつきが抑制され、確実な補修効果の発揮が期待できる。また、一定の施工厚を具現化できる吹付け方法は修復材の吹付ロスの抑制にもつながり、修復材の使用量を必要最小限に留めることで材料費の抑制効果も期待できる。

4. 適用範囲拡大に向けた検討の経緯

4-1. 水路曲線部への適用

左官アシストの工法開発当初は直線区間の開水路側壁を対象とした表面被覆工法を想定したものであり、底版部やハンチ部、曲線区間の側壁は対象外であった。しかしながら、仕上がり品質の平準化技術を直線区間の水路側壁以外にも広げ、高耐久性材料を確実に施工できる適用部位を多くすることで開水路全体に対する補修効果の持続性が期待できることから、農林水産省の官民連携新技術研究開発事業を通じてこれまで対象外としてきた部位にも適用可能な機械の開発に至っている。

曲線区間の側壁に対する吹付けでは、吹付け機本体が軸を中心として回転する動きを採用することで、吹付面（曲面）との距離を一定に保つ機械的動作を適用した（図-1）。また、粗均

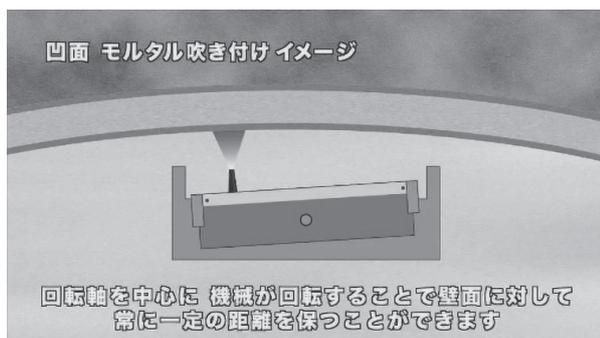


図-1 曲面吹付け機の施工イメージ

し工程においては、ブレード長（左右幅）を短くし、さらにブレード自体を施工面に合わせて若干湾曲させることで、修復材を引き剥がさない曲面均し作業を可能とした（図-2）。

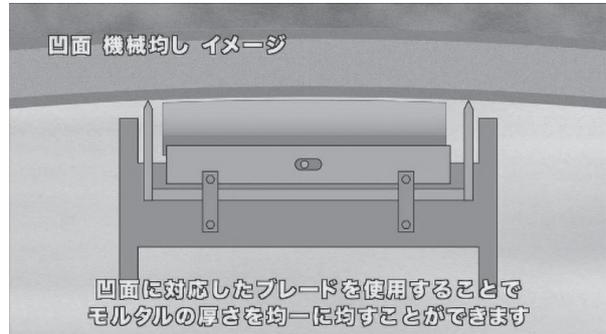


図-2 曲面粗均し機の施工イメージ

4-2. 水路底版部への適用

寒冷地での開水路底版部では、凍害および水流摩耗による複合的な劣化のため劣化部除去後に母材コンクリート中の鉄筋が露出してしまうことが想定されることから、作業者が目視により修復材打設状況を確認できる人力作業への切り替えが可能な機械式吹付けとした一方、均し機の構造は壁面部の均し機と同じ仕様とした（写真-3）。また、底版部補修では、水路全線での通水性を考慮した場合、部分的な表面被覆だけではなく当初設計時の基準高さまで復旧する断面修復も含めて施工する場合も考えられることから、レーザーポインターで壁面を視準させて修復厚を管理する手法を開発した。



写真-3 水路底版部用の試作機

5. 現場における導入事例とその効果

5-1. 静岡県での施工例

静岡県発注の開水路補修工事では、設計上の工法は従来工法の1つである左官工法であった。左官工法では、先述の通り左官技能者の熟練度が日当たり施工量と仕上がり品質の水準を大きく左右する。県の担当者のお話では、これまでの補修工事では携わる技能者の熟練度によって仕上がり品質が大きく異なり、施工後早期に変状が生じてしまうことで手直しも多く発生していたとのことであった。左官アシスト工法で施工したことで、施工後早期の変状は発生しなくなり、開水路供用中における不具合なども生じていないようである。製造業が多く集まっている地域の特性上、外国人労働者も多く熟練技能者の担い手も激減している状況の中で、比較的経歴の浅い建設業者でも一定の仕上がり品質を確保できる施工方法の需要も急速に高まっており、本工法が当該地域の抱えていた課題に対する解決策の1つを提案できたものと考えている。

5-2. 北海道での施工例

壁高の高い洪水吐（余水吐）の擁壁を対象とする補修工事では、高所作業の割合が大きくなることで墜落・転落災害の可能性が高まる点が通常の開水路補修工事と大きく異なる。これまで最も高い壁高を施工した事例では、高さ7.5mの余水吐の壁面がある。左官アシスト工法では表面仕上げの工程は人力作業となるが、当該現場では枠組足場の脚部にキャスターが付いた移動式足場（通称：ローリングタワー）の上に乗って表面仕上げの施工を行った。少人数での作業とすることで上下作業を回避しつつ高所作業を最小限にとどめ、墜落・転落災害発生の可能性を大幅に減らすことができたと考えており、発注者からも高く評価されている。

5-3. 熊本県での施工例

熊本県の八代平野では、い草栽培のために冬季間水路を通水させる必要があり、他の地域に

見られる非かんがい期というものがない。このことから九州農政局発注の幹線水路改修工事では限られた断水期間に水路を仮回して工程の遅滞なく表面被覆する必要がある。県では近年地震や水害などの自然災害が多く発生しており、建設業者が慢性的に不足している状況である。これらの背景から少ない作業人数で施工品質を落とすことなく、かつ工程どおりに工事を進捗させることができる左官アシスト工法が施工承諾のもと採用された。当該工事の現場代理人は「工程が組みやすく、熟練技能者がいなくても施工できるメリットは非常に大きい」との感想を残しており、生産性向上技術に対する関心の高さも期待が示されたと考えている。

6. 今後の展開

農業水利施設の補修工事に焦点を当てて専用の自動機械を開発し工事の生産性を向上させることから始まった本工法の開発だが、最近では農業水利施設分野に限らず他の分野からの技術相談や問い合わせも増えてきている。例えば水力発電所の導水トンネル長寿命化対策工事では、現場の特性上大型機械の適用が難しいため人力作業の割合が極めて多く、また閉所環境であることから特に安全面に対して細かな配慮のある対策が求められる。このような現場条件から、機械化施工を導入することで生産性はもちろんのこと安全性も両立しながら工事を進めることが可能になると考えている。既に工場内での複数回に渡る試験施工により導水トンネル用の施工機械の仕様は固まっており、実構造物を対象とした施工に入る段階である（写真-4）。この派生技術が確立できると水路トンネルや暗渠等の農業水利施設への適用も期待できることから、実施工で得られる知見を今後の機械開発に十分生かして生産性向上技術のさらなる前進に繋げたいと考えている。

また、派生技術の確立と並行して開水路補修現場への普及についても一層取り組んでいく



写真-4 導水トンネル用機械

いと考えている。これまで研修会や現場見学会等を通じて発注者や設計者、施工会社へPR活動を展開しているが、まだ認知度が一般化しているとは言えない。特に施工会社へのPR活動では、高齢層の建設技能者ほど機械操作が難しく思われてしまう傾向にあり、平易な操作で施工できるよう仕様を改めていく必要性も感じている。どの年齢層でも扱える機械に改良していき、現場導入のハードルが下がるようなPR活動を展開していきたいと考えている。

【引用文献】

- 1) 一般社団法人日本建設業連合会：建設業の担い手働き方の現状，日本建設業連合会リーフレット②

【参考文献】

- 1) 南真樹・西谷内龍司（2019（令和元）年）：「左官アシスト」を用いたコンクリート補修工法の導入，2019（令和元）年度農業農村工学会大会講演会講演要旨集，pp.50-51
- 2) 南真樹・西谷内龍司・石神暁郎・緒方英彦・濱幸雄（2020（令和2）年）：超高耐久性断面修復・表面技術の開発（その3），2020（令和2）年度農業農村工学会大会講演会講演要旨集，pp.541-542
- 3) 農林水産省（2021（令和3）年）：官民連携新技術研究開発事業，高炉スラグ系材料及び機械化施工による超高耐久性断面修復・表面被覆技術，研究成果報告書
- 4) 南真樹・西谷内龍司・金沢智彦・山口健輔・石神暁郎・長島繁男・緒方英彦・濱幸雄（2021（令和3）年）：高炉スラグ系材料及び機械化施工による超高耐久性断面修復・表面被覆技術の開発，ARIC情報143，pp.16-25
- 5) 木村颯汰・松下錦弥・石山勝則：農業用ダムにおけるコンクリート補修工法の検討と施工事例－尾白利加ダムを事例として－，第67回北海道開発技術研究発表会，食-5（農）
- 6) 春田克樹・森田篤・浅井秀明・水谷和彦・南修・南真樹・西谷内龍司（2022（令和4）年）：導水路トンネルにおける補修機械の開発，令和4年度土木学会全国大会第77回年次学術講演会，VI-342