

# 劣化した農業用水路への補修用左官ロボットの活用事例

株式会社 南組 福地 求

## 1. 補修用左官ロボット開発の背景

### 1.1. 農業水利施設の老朽化と機能保全計画

これまで積極的な公共投資が行われてから数十年が経過し、公共インフラの老朽化が問題となっており、その長寿命化が喫緊の課題となっている。例えば国営土地改良事業などにより造成された基幹的農業施設は、ダム、取水堰等の基幹的施設が約7.6千箇所、用水路等の基幹的水路は約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、前者では約8割、後者では約4割が耐用年数を超えている状況にある。農林水産省の土地改良長期計画では、平成28年度から5年間で約1,500kmの水路更新等に着手、約9,000kmの水路に対する機能診断実施について明記されており、農業水利施設の機能を将来にわた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全管理が求められている(表1)。

基幹的農業水利施設 施設区分	施設数・ 延長 (H30.3)	うち耐用 年数超過		(参考)		
		割合	割合	施設数・ 延長 (H29.3)	うち耐用 年数超過	割合
基幹的施設(箇所)	7,582	4,033	53%	7,556	3,950	52%
貯水池	1,289	126	10%	1,287	123	10%
取水堰	1,951	701	36%	1,943	666	34%
用排水機場	2,953	2,208	75%	2,942	2,172	74%
水門等	1,104	789	71%	1,103	786	71%
管理設備	285	209	73%	281	203	72%
基幹的水路(km)	51,154	20,230	40%	50,927	19,794	39%

資料: 農業基盤情報基礎調査(H30.3時点)  
注1) 「基幹的農業水利施設」とは、農業用排水のための利用に供される施設であって、その受益面積が100ha以上のもの。  
注2) 試算に用いた各施設の標準耐用年数は、「土地改良事業の費用対効果分析に必要な諸係数について」による標準耐用年数を利用してあり、概ね以下のとおり。  
貯水池: 80年、取水堰(頭首工): 50年、水門: 30年、機場: 20年、水路: 40年 など

表 1 基幹的農業水利施設の標準耐用年数

### 1.2. 専門技能者の高齢化・担い手不足

農業用水路の補修工法として評価が高く実績が多い「無機系材料による表面被覆工法」では、高度な技能が要求される一方で熟練した専門技術者が不足している。無機系材料の中でも特に靱性系と呼ばれる材料の施工では、熟練技能者の不足は高齢化や担い手不足も相まって顕著になってきており、さらに施工時期(=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ひっ迫してしまい、補修工事の円滑な発注や工事の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部分的に機械化し、仕上がり品質の平準化、施工の少人数化を通して補修工事の生産性向上を図り、コスト低減が可能となる左官ロボットを導入した「左官アシスト工法」の開発に取り組んだ(図1)。

○建設業就業者：685万人(H9) → 498万人(H22) → 492万人(H28)  
 ○技術者：41万人(H9) → 31万人(H22) → 31万人(H28)  
 ○技能労働者：455万人(H9) → 331万人(H22) → 326万人(H28)

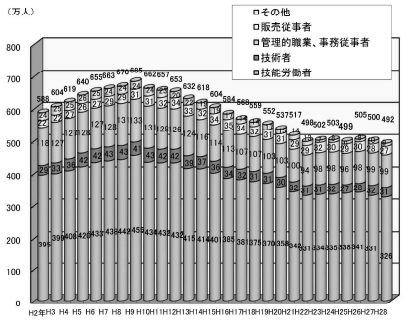


図 1 技能労働者数の推移

2. 工法の概要と適用例

2.1. 施工手順の比較

2.1.1. 表面被覆工法

農業用水路の補修工事にはさまざまな工法があるが、今回開発した左官アシスト工法が対象とする工種は無機系表面被覆工法と呼ばれる工法で、水流摩耗により劣化したコンクリート表面をポリマーセメントモルタルで被覆するものである。比較的大断面の水路では、吹付け工法が標準的であり、その施工手順は3段階から構成される(図2、写真1、2)。



写真 1 表面被覆工法施工前



写真 2 表面被覆工法施工後

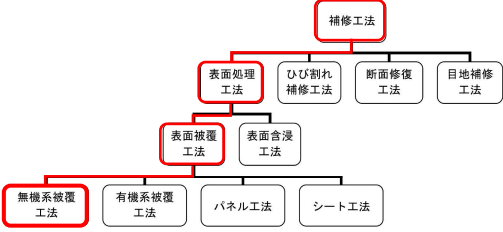


図 2 開水路補修工法の体系

参照) 農水省農村振興局 農業水利施設の補修・補強工事に関するマニュアル【開水路編】平成 27 年 4 月

### 2.1.2. 従来工法の施工手順～モルタル吹付

- ① モルタル吹付け:モルタルポンプによって吹付けノズル先まで送り届けられたモルタルを、圧縮空気にて吹付ける。吹付けノズルは技能者が手に持ち、吹付け厚を確認しながら施工する(写真3)。
- ② 吹付け面の粗仕上げ:吹付けられたモルタルは厚みが均一になっていないため、木ゴテを使って表面の凹凸を調整した後、中塗りゴテを使用して粗均しを行う(写真4)。
- ③ 表面仕上げ:金ゴテを使用して表面を平滑に仕上げる(写真5)。



写真 3 従来のモルタル吹付け状況



写真 4 従来の粗仕上げ状況



写真 5 表面仕上げ状況

### 2.1.3. 左官アシスト工法の施工手順

- ① モルタル吹付け:連続吐出が可能な専用モルタルポンプによって吹付けノズルまで送り届けられたモルタルを、吹付け機を使用して吹付ける(写真6)。
- ② 吹付け面の粗仕上げ:均し機を使用してモルタル表面の凹凸を微調整して粗均しを行う。この工程で精度の高い施工厚ができる(写真7, 8)。
- ③ 表面仕上げ:従来と同様に技能者が金ゴテを使用して表面を仕上げる。ただしこの作業には熟練度を必要としない(写真9)。



写真 6 モルタル吹付状況

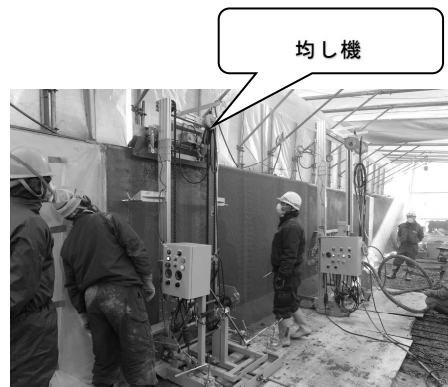


写真 7 モルタル粗仕上げ状況

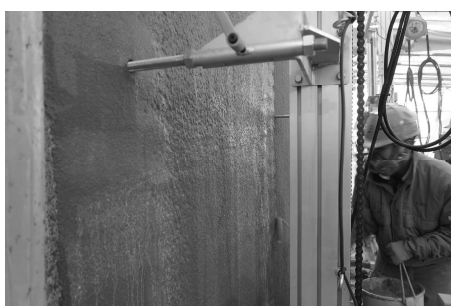


写真 8 粗仕上げ後のモルタル表面



写真 9 表面仕上げ

## 2.2. 左官アシスト工法を活用することで得られる効果

### 2.2.1. 専門技能者の高齢化・担い手不足の解消

左官アシスト工法を活用することで、表面仕上げに近い水準でモルタルの粗均しが可能となり、後工程である「表面仕上げ」に熟練度が要求されなくなるため、熟練技能者ではなく経験の浅い技能者でも施工が容易になる。このことから、近年顕在化している熟練技能者不足や担い手不足の影響を最小限に抑えることに期待できる。

### 2.2.2. 仕上がり品質の平準化

従来工法の「吹付け」と「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「表面仕上げ」に専念できるようになる。さらに、一定の施工速度によるモルタル吹き付けが可能となり、安定した品質で粗仕上げ面を作り出すことができる。このことから、従来のような表面仕上げにおける熟練度は要求されなくなる。これまでの左官作業では、左官技能者の熟練度と感性が品質を左右していたが、左官アシスト工法を適用することで、仕上がり品質の平準化に寄与できる。以下に道内空知地方での適用例を示す。

#### ① 道内空知地方での導入例

施工速度向上のために 2019 年度に導入された。国営事業であり現場打ち鉄筋コンクリー

ト開水路（高さ：1.15m，幅：2.30m，延長：約2,100m）である。積雪寒冷地のなかでも特に環境条件が厳しい地域であったことから、技能者が十分に確保できない状況下でも工程短縮が求められていた。十分な技能者の数が集まらない中、創意工夫として左官アシスト工法を提案し、発注者から施工承諾を得て現場に導入された。結果として、限られた施工期間の中でも円滑に工事が進み、要求事項とされていた工程短縮を達成することができ、発注者からも高く評価された（写真 10, 11, 12, 13）。



写真 10 吹き付け機施工状況



写真 11 均し機施工状況



写真 12 施工前

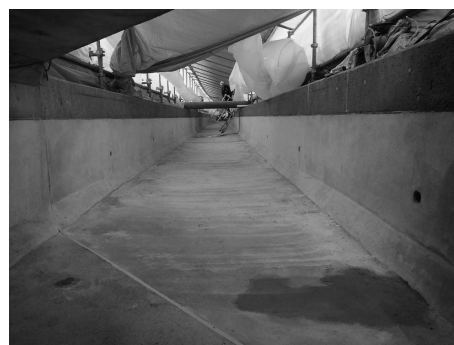


写真 13 施工後

### 3. 適用前後の比較

#### 3.1. 施工速度の違い

先述の道内空知地方での導入事例では、仕上がり品質を一定にするために手戻りが発生してしまっていた従来の人力施工に対して、機械の仕様上、施工幅が固定されているため一定の速度施工が手戻りなく進み、ライン作業に近い稼働により施工速度が上がったと考えられる。

一方で、これまでの施工実績を通じて、施工開始当初において作業員が従来の吹き付け工法と左官アシスト工法の手法の違いに戸惑う場面も見受けられたが、施工が進むにつれて作業員が適応し、機械の手法の違いに対しても慣れてくることによって、期待通りに施工速度が向上することが明らかになっている。

### 3.2. 品質の平準化

先述の道内空知地方での導入事例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。左官工法による施工では、左官技能者の熟練度が施工速度と仕上がり品質の水準を大きく左右する。発注者の話では、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。

さらに農水省が規格化した材料要求性能に適合さえしていれば基本的にはどの材料を使ってもよいため、カタログ数値上は問題なくても実構造物に適用した際に、期待通りの性能が発揮できないことに長年悩まされ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、水路供用中における不具合なども生じていない。熟練技能者の担い手も激減している状況で、経験の浅い技能者でも品質の平準化が可能な機械施工の需要も急速に高まっており、本工法が補修工事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られる。

## 4. 今後の課題など

### 4.1. 適用範囲拡大に向けた検討

これまでの機械化施工では、直線状の開水路側壁を対象とした表面被覆工法のみ適用可能としたものであり、底版部やハンチ部、水路曲線部の側壁には適用不可であることが課題であるため、仕上がり品質の平準化を水路直線部の側壁以外にも広げる必要がある。現在、底版部やハンチ部、水路曲線部への適応機械(写真14, 15)を開発中である。



写真 14 水路底版部適応機



写真 15 水路曲面部適応機

## 5. おわりに

技能者の作業を部分的に機械化して補修工事の生産性を向上させるという考え方については、全国的にも賛同者が近年増えてきている。今後も、施工の省人数化と仕上がり品質の平準化を通して生産性のさらなる向上を図り、施工費用の低減と技能者不足対策に繋げていきたい。