

工事記録映像を活用した補強土壁工法の 施工管理におけるDXの導入について

寺田 裕人¹・竹内 信²

¹滋賀県南部土木事務所 道路計画第二課 (〒525-0034 滋賀県草津市草津3丁目14-75)

²(公財)滋賀県建設技術センター 技術課 (〒525-0059 滋賀県草津市野路6丁目9-23)

建設業界では、熟練技術者の高齢化や継承者不足が深刻化しており、技術力低下のリスクが高まっている。特に、複雑な工程や経験に基づく判断といった、多種多様な技術の伝承が課題である。そのため、労働環境の改善、人手不足の解消および技術の伝承等を目的として、新技術を活用した建設業界のDX化が求められている。

本研究では、材料の品質管理の厳しさや施工順序の複雑さ、および補修の困難さから建設時の施工管理において技術力が求められる補強土壁工法に着目し、工事記録映像を活用した施工管理のDX化を検討することで、施工管理の高度化や効率化が可能か検証したものである。

キーワード 補強土壁工法、チェックリスト、タイムラプス、施工管理、インフラDX

1. はじめに

(1) 研究の背景

建設業界において、熟練技術者の高齢化や継承者の不足による深刻な人手不足が進んでおり、業界の技術力低下が危惧されている。特に、特定の工種における複雑な工程や経験に基づく現場での判断といった多種多様な技術の伝承が課題となっている。発注者側の土木系技術職員についても、日々多くの業務に追われ現場に出向いて施工状況を確認する時間の確保が難しく、各工種がどのような手順で完成していくのかを深く理解する機会が得にくい現状にある。

これらの課題解決に向け、建設業界では、受注者・発注者を問わず新技術を活用したDXの推進が求められている。本研究では、「補強土壁工法」に焦点を当て、工事映像記録を活用したDXの導入が可能か検討した。

(2) 補強土壁工法について

補強土壁は、土の中に帯状鋼材やプレート付きの鋼棒などの補強材を敷設することで、垂直もしくは垂直に近い壁面を構築する土工構造物である。その柔軟性、経済性、施工性の高さから、都市部や山岳部で道路用地に制約がある施工条件の厳しい箇所において、特殊な施工機械を使用せずに構築できるという利点がある。

その一方で、垂直もしくは垂直に近い壁面を有するため、施工後に点検や補修を行う際には作業条件がシビアとなることや、盛土内に補強土材が敷設されるた

め、構造上の観点からも補修自体が容易ではないことから、建設段階での品質確保が重要となる。しかし、施工については工法を詳細に理解している専門の施工会社やメーカーが直接行う訳ではなく、メーカーから施工当初に技術指導を受けた地域の建設会社が行う形が一般的である。そのため、前項で述べた建設業界の技術力の低下が進んでしまうと、補強土壁の品質の低下に直結する。さらに、品質不良が発生した場合には補修も困難であることから、構造変更や撤去・再構築を余儀なくされる事態の発生も懸念される。

このような補強土壁工法の特徴を踏まえると、補強土壁の建設段階での品質確保に向け、地域に根付いた施工者や地方自治体における補強土壁の適切な施工に寄与する取り組みが求められる。

(3) 「補強土壁チェックリスト」について

補強土壁の適切な施工に向けた既往の取り組みとしては、その気候条件により補強土壁の施工条件が厳しい北海道において「補強土壁チェックリスト（以下、チェックリスト）¹⁾」が作成され、実工事で活用されている（表-1 参照）。

このチェックリストは、北海道オホーツク地域で補強土壁を構築する関係者（発注者、研究機関、設計コンサルタント、施工業者、各補強土壁メーカー）による勉強会（補強土壁わかってん会）にて取りまとめられたもので、「設計及び施工時における補強土壁の品質向上、人為的要因による変状を低減させることが目

表-1 補強土壁チェックリスト (共通編)

補強土壁チェックリスト										業務成果納品時 円滑化会議時(技術調整会議)		記入日:	
共通													
項目	該当 チェック	設計者	発注者	施工者	発注者	設計者	発注者	施工者	発注者	項目	備考	項目	備考
種類	採用している補強土壁の種類は帯状補強土壁であることを確認	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	De(締固め度)≧90%以上を満足する	De(締固め度)≧90%以上を満足する		
	採用している補強土壁の種類はアンカー補強土壁であることを確認	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	対策工方針を事前に確認しておき、実施した際はその内容を報告する			
	採用している補強土壁の種類はジオテキスタイル補強土壁であることを確認	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐				
	採用している補強土壁は上記3種類以外であることを確認	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐				
盛土材	使用する盛土材は砂に該当するか確認	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	盛土材特定後に記載する	盛土材特定後に記載する		
	使用する盛土材は粘性土に該当するか確認	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	採用している補強土壁が帯状補強土壁の場合は不適である			
	使用する盛土材はスレーキング材に該当するか確認	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	盛土材特定後に記載する スレーキング率30%以下であることを確認			
	使用する盛土材はその他(岩ブリ・砕石等)に該当するか確認	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	盛土材特定後に記載する			
	凍上抑制層は透水性の高い(凍上性能を有する)砕石等に該当することを確認	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	材料特定後に記載する			
排水対策	切盛り地、湧水の多い場所での排水対策(縦排水溝等)が検討されていることを確認	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	当初設計から変更・追加時に協議する			
	凍上抑制層の置換厚の妥当性を確認	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐				
その他	盛土施工時における仮排水対策の必要性を認識し、排水面水や地下水に対して適切に対応することを確認	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	仮排水対策の実施時は協議する(地下水等は施工時に判断)			
	排水工は流末箇所まで確実に排水されていることを確認	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐				
その他	設計報告書に施工への申し送り事項の記載があることを確認	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	申し送り事項がある場合は、施工前に記載事項を確認する			
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐				

的であり、業務や工事の仕様を補助する位置付け²⁾として作成されている。その内容は、施工着手前の受発注者間協議の機会において、補強土壁の変状要因に絡む留意事項を受発注者が相互確認できるものとなっている。また、補強土壁工法の基礎的な部分の確認事項がわかりやすく取りまとめられているため、チェック自体は簡単に行えるものとなっている²⁾。

本研究では、このチェックリストを滋賀県の補強土壁施工現場でも活用することで、本県における補強土壁の建設段階での品質確保にもつながると考え、実際の現場において導入検討を行うこととした。

2. 施工記録映像を用いた補強土壁工法の施工管理

(1)「タイムラプス動画」の活用

タイムラプスとは、一定の時間間隔において撮影された静止画像を連続的に結合することで、時間の経過を視覚的に表現する手法である(図-1参照)。長期間にわたるプロジェクトの進捗状況を短時間で示すことができるため、特に建設現場においては、工事の全体像把握、進捗管理、透明性確保などの観点から有効である。

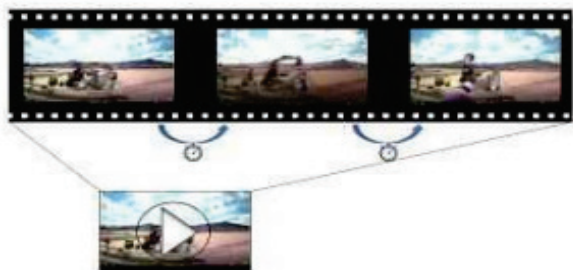


図-1 タイムラプスのイメージ図

タイムラプスによって生成された映像データは、メールやクラウドサービスを介して共有可能であり、遠

隔地からも施工状況や進捗を直ちに確認できる。これにより、監督員が現場に足を運ばなくても工事の進捗を確認でき、監督業務の効率化が図られる。また、受注者と監督員のみならず、上司、本社、設計者、メーカー等、関係者間の情報共有も容易となる。

本研究では、これらのタイムラプスの特徴を活かし、タイムラプスにより記録した補強土壁施工時の記録映像を活用したチェック手法について検討を行うこととした。その理由は、前述のチェックリストのチェック項目には、重機の移動方向、補強材の配置、天候など視覚的に確認可能な項目が多く、タイムラプスの早送り映像でもチェック可能な項目が多いと想定されたことや、タイムラプス映像での確認が可能となればチェック作業自体が効率化され、遠隔での確認も可能となることなどにより、タイムラプスとチェックリストの相性が非常に良いと考えたためである。

(2) タイムラプス活用の検討方法

タイムラプスを活用した施工管理を導入するにあたっては、チェックリストの活用に加え、施工記録映像の施工管理への活用検討結果がとりまとめられている「工事記録映像活用試行要領・同解説³⁾」を参考とした。また、タイムラプスカメラの設定には、(公財)滋賀県建設技術センター(以下、「センター」という)の施工タイムラプス動画収集を通じ得られた撮影ノウハウを活用した⁴⁾。

検討対象には、筆者の所属する滋賀県南部土木事務所発注の補強土壁施工現場(アダムウォール工法)を選定した。この現場では、チェックリストを実際の施工管理で試行してチェックリストの内容についての理解を深めるとともに、関係者(発注者、施工者、メーカー、センター)によるタイムラプス活用に関する合同会議を複数回開催し、実際に撮影した動画を確認しながら、タイムラプスでチェックできる項目についての検討を行った。

(3) タイムラプス撮影時の設定

使用したカメラは、センターのタイムラプス動画収集でも活用しているBrinno (TLC2000) である。

フレームレート (fps) については、センターでのタイムラプス撮影の標準設定として30fpsが採用されていたことから⁴⁾、本研究においても30fpsを標準設定とした。

撮影インターバルについては、1分に1枚と10秒に1枚の2条件でテスト撮影を行い、作業内容を把握可能な値を事前に確認した。その結果、10秒に1枚の撮影間隔であれば対象項目の作業内容を確認することが可能であったため、10秒に1枚を基本設定とした。なお、上記のとおり10秒に1枚で撮影した動画を30fpsのタイムラプス動画とした場合、実際の5分を1秒の動画に短縮可能であり、1日8時間の施工であっても96秒の映像に短縮することができるため、映像を毎日チェックすることも可能である。

カメラの設置位置は側道部の橋台上部とし、施工範囲全体 (図-2参照) と端部 (図-3参照) を施工範囲の上部から撮影した。



図-2 施工範囲全体の撮影映像の例

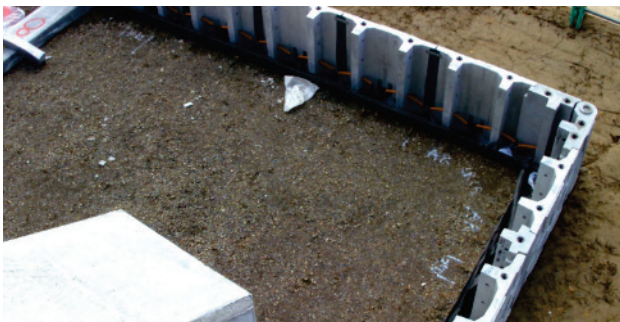


図-3 施工範囲端部の撮影映像の例

(4) タイムラプスによるチェックの実施

現場でのタイムラプス活用に関する合同会議により、チェックリスト各項目のうちタイムラプス映像での確認が可能と考えられる項目を下記のとおりピックアップし、現場で実際に撮影したタイムラプス映像でチェックを試行することとした。

a) 敷均し・締固め

【着眼点】重機の動き

- ・補強材の上に盛土材料を敷き均す場合は、補強材がずれないようにする。
- ・重機は壁面と平行に走行する。

- ・まき出しや敷均しは壁面側から行う。
- ・重機は補強材の上を直接走行しない。
- ・重機は補強材の敷設されている範囲内で方向転換を行わない。

b) 補強材の設置・敷設

【着眼点】材料の配置

- ・グリッドベルトに緩みがないことを確認する。
- ・グリッドベルトの取付位置に間違いがないことを確認する。
- ・アデムの品番や長さ、敷設位置が合っているのかを確認する。
- ・壁面材の組立は、内壁の高さより1～2段先行していることを確認する。
- ・構造物とアデムが重なり合う場合は、盛土材がはさんであるかを確認する。

c) 気候条件等

【着眼点】降雨・降雪の有無と水の流れ

- ・降雨時は、原則として土工作業をしないこと、および補強領域内への水の侵入を防ぐことを確認。
- ・盛土材に不適切なもの (雪や凍結土など) を混入していないことを確認する。
- ・盛土の施工中、沢水等の流入など不測の事態が無いことを確認する。

(5) タイムラプスによるチェックの結果

図-4～図-8は、(4) a)～c)の施工に関して、タイムラプス動画でチェック項目の確認を行った結果である。

まず、(4) a)の敷均し・締固めに関しては、重機の位置や稼働方向をタイムラプス映像から把握でき、タイムラプスによるチェックの実施が可能であった (図-4参照)



図-4 敷均し・締固めにおけるタイムラプスでのチェック

(4) b)の補強材の設置・敷設に関しては、補強材の位置や敷設状況、および壁面材の配置状況について施工範囲全体を撮影したタイムラプス映像上でも十分に把握可能で、タイムラプスによるチェックの実施が可能であった(図-5参照)。



図-5 補強材の設置・敷設におけるタイムラプスでのチェック(施工範囲全体)

端部については、カメラを施工範囲に近接して設置し、拡大画像でタイムラプスの撮影を行ったことで、端部特有の補強材敷設作業の詳細もチェックすることが可能であった(図-6参照)

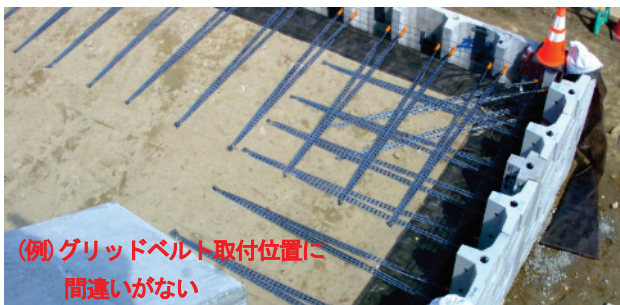


図-6 補強材の設置・敷設におけるタイムラプスでのチェック(施工範囲端部)

加えて、現地に補強材の設計長に相当する位置を予めマーキングし、そのマーキング位置まで補強材が敷設されているかを確認することで、補強材の出来形についても確認が可能であった(図-7参照)。このように、映像での確認を前提とした現地のマーキングを補助的に実施することで、タイムラプスによる出来形管理も実施可能といえる。



図-7 補強材の設置・敷設におけるタイムラプスでの寸法確認

(4) c)の気候条件等も、天候の変化や水の状況について、タイムラプスでチェック可能であった(図-8参照)。



図-8 気候条件等のタイムラプスでのチェック

(6) 考察

タイムラプス映像は早送りで再生されるため、事前に確認時のポイントを理解しているか否かで、得られる情報量に大きな差が生じる。そのため、適切な施工が行われているかをタイムラプス映像でチェックするにあたっては、チェックリストにより確認時のポイントを事前に把握し、チェックリストに基づいて再生・停止やスロー再生も併用しながら映像を確認できるようにすることが極めて有効であり、チェックリストとタイムラプスの組み合わせは非常に良好といえる。

また、直接現地に出向かずとも施工状況のチェックが可能となることは、施工管理の効率化に寄与する効果も大きい。本研究での対象工事において、タイムラプス映像での現場確認を導入した場合の立会確認効率化効果の試算結果は以下のとおりで、1回の立会にかかる時間を約1時間程度削減できることがわかった。

【現地で確認】 ※概算

- ・南部土木事務所→現場の移動時間：往復約30分
- ・現地での施工状況確認：約30分
- ・その他協議事項等：約20分
- 合計所要時間：約80分

【タイムラプスで確認】 ※概算

- ・移動時間：無し
- ・遠隔での施工状況確認：約3分
- ・その他協議事項等：約20分
- 合計所要時間：約23分(約57分短縮可能)

また、タイムラプスにより遠隔で施工状況をチェックできるようになると、従来は施工当初のみの実施が主であったメーカーからの施工指導を施工途中にも随時受けることが可能となり、品質確保の面でも極めて有効となる。加えて、筆者自身がタイムラプスを繰り返し閲覧する中で、施工手順の理解が自然と深まることも体感したことから、担当者自身のスキルアップにも繋がると考える。さらに、発注者側も現場の状況を毎日短時間でチェ

ックすることができるようになるため、現場の進捗把握や安全確認など品質以外の施工管理にも効果的で、発注者と施工者との意思疎通がよりスムーズになることも期待できる。

一方、盛土材料における含水比の変化や、最大粒径を超える材料が盛土材料に含まれていないかなど、盛土材料関係の部分についてはタイムラプスによるチェックは現状困難で、実際に現場に赴き確認する必要がある。このように、タイムラプス動画によってチェックリストの全ての項目を確認できる訳では無いことから、タイムラプスで確認可能な項目と、現地へ赴いて確認すべき項目を理解して、適切でかつ効率的な施工管理につなげることが重要といえる。

(7) クラウド録画カメラの活用

タイムラプスとチェックリストを組み合わせた補強土壁工法の施工管理について、残る課題の一つにデータの取り扱いが挙げられる。タイムラプスは、通常の動画よりデータサイズは小さく済むものの、毎日のやり取りとなればデータの転送・保存に対応したサービスの導入が必要となる。また、撮影した映像を毎日カメラから抽出することも、施工者にとっては手間となる。

そこで本研究では、近年建設現場への導入が進んでいるクラウド録画カメラのタイムラプス機能を活用することで、データの抽出・転送・保存の手間を省略可能と考え、導入に向けた試行を行った。

対象とした現場は、筆者の所属する滋賀県南部土木事務所発注の道路改良工事である。補強土壁工法の現場では無いものの、振動ローラ稼働時の撮影が可能であったことから、補強土壁を想定した検討を当現場で実施した。

使用したクラウド録画カメラの機種は「Safie GO 360」および「Safie Pocket2 Plus」である。両機種ともタイムラプス動画作成機能が搭載されているほか、録画データはクラウド上へ自動的にアップされ専用サイトで閲覧可能となるため、関係者で映像をシェアすることが容易である。また、LTEが標準搭載されているため通信設備の手配が不要であることから、特別な設備を別途用意せずとも現場へ導入できる。Safie GO 360では、360°映像の配信も可能で、現場全体を広域に確認可能である。Safie Pocket2 Plusは、手軽に持ち運び可能なサイズで重機へ取り付けでの撮影が可能で、GPS機能も搭載していることから重機の走行軌跡も記録できる。

映像を専用サイトで閲覧している様子は図-9に示すとおりで、リアルタイム映像のほか、任意の時点の録画映像も自由に閲覧可能であった。タイムラプス動画も、指定の倍速で任意に作成可能であった。

Safie GO 360のタイムラプス映像で重機の動きを確認した結果は図-10のとおりで、重機の動きを360°のタイムラプス映像でチェックできることを確認した。

また、Safie Pocket2 Plusを振動ローラの前方に取り付け

て締固め作業の状況を記録した結果を図-11および図-12に示す。補強土での締固め作業を想定すると、補強材の敷設状況や、補強材の上を重機が直接走行していないことを映像でチェック可能であるとともに、GPS機能により重機の走行方向もチェック可能といえる。

以上より、クラウド録画カメラは補強土壁の映像による施工管理においても有効と考えられることから、現場での導入を進めたい。



図-9 クラウド録画カメラ (Safie GO 360) の配信映像閲覧

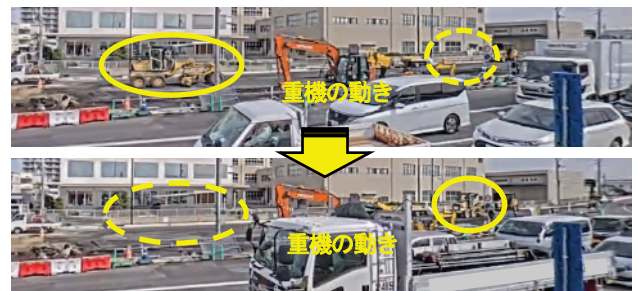


図-10 クラウド録画カメラ (Safie GO 360) の撮影映像による重機の動きの確認状況



図-11 クラウド録画カメラ (Safie Pocket2 Plus) の取付状況



図-12 クラウド録画カメラ (Safie Pocket2 Plus) の撮影映像とGPSで記録した重機の走行軌跡

(8) 勉強会の開催

本研究での補強土壁の品質確保に向けた取り組みを今後より良い形へ発展させるとともに、関係者のさらなる技術力向上へと結びつけるべく、チェックリストをまとめられた九州工業大学川尻准教授（元 北見工業大学）ならびに寒地土木研究所寒地地盤チームの皆様らに本研究対象現場へお越し頂き、研究機関、発注者、施工者、メーカー、センターが集まっての勉強会を開催した。

具体的な内容としては、まず現場確認（図-13参照）を行った後、チェックリスト作成の経緯や補強土に関する最近の知見について話題提供を頂き、最後にチェックリストの現場での活用方法や本研究での取り組みに関する意見交換（図-14参照）を実施した。

筆者にとっても、本研究を通じて得た補強土壁に関する知見をより深く学ぶことができ、技術力向上につながる貴重な経験となった。このような産官学が連携した勉強の場は、補強土壁に限らず技術力向上や新技術導入に向け非常に良い機会となることから、今後も積極的に機会を設け、本県の建設業全体の技術力向上につなげたい。



図-13 勉強会での現地確認の様子



図-14 勉強会での意見交換の様子

3. 今後に向けて

(1) 他の補強土壁工種での検討

今回の現場は、補強土壁工法のうちアダムウォール工法を対象に検討を行った。チェックリストには、その他の補強土壁工法を対象とした項目もまとめられていることから、他の補強土壁工法での適用性も今後検証したい。

(2) 施工解説動画の作成

本研究で取得したタイムラプス動画は、施工時の動画

が記録として残るためいつでも振り返って閲覧でき、施工教育用動画として有効活用することも可能と考える。タイムラプスを活用した施工教育用動画の作成については、タイムラプス動画でグラウンドアンカー工の施工管理を検討した研究⁹⁾でも、文字や音声で解説を加えたり、拡大した画像や動画を加えることで、より学習効果の高い動画とできることが報告されている。補強土壁に関しても、タイムラプス映像を活用した施工教育用動画を作成することで、受注者・発注者問わず良い教材となることが期待されることから、今後作成を進めたい。

(3) 画像認識AIによる施工管理の導入

タイムラプスは連続した画像（フレーム）で構成されるため、チェック作業においてAIによる画像認識が適用できれば、補強土壁施工管理のさらなる効率化・高度化が可能と考える。画像認識AIによる施工管理を様々な現場で汎用的に活用できるようにするためには、大量の教師データによる学習が不可欠となる。教師データとなる映像の収集に向けては、本研究で提案した動画による施工管理の普及や、産学官の枠組みによる動画活用の推進などにより、施工映像が自動収集される仕組みの構築が有効と考えられるため、本研究の取り組みを継続したい。

4. まとめ

本研究では、補強土壁工法の品質確保に向け、補強土壁チェックリストおよびタイムラプスカメラの活用を検討し、その有用性を確認した。

本研究を通じて、補強土壁工法に関する品質向上や、インフラDXの推進に貢献できるよう、得られた成果を広く共有するとともに、さらなる検討に継続して取り組みたい。

謝辞：本稿執筆にあたり、ご指導いただいた九州工業大学川尻准教授、寒地土木研究所寒地地盤チームの皆様、ならびに多大なるご協力をいただいた株式会社前田工繊、株式会社昭建、株式会社三東工業社、鳥羽建設株式会社の皆様にこの場を借りて深く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 寒地土木研究所寒地地盤チーム HP : <https://jiban.ceri.go.jp/rsrw/> (参照 2024.11.01)
- 2) 橋本聖, 川尻峻三, 小林暁, 林宏観: 寒地土研研究所月報, No.824, 2021年11月.
- 3) 工事記録映像活用研究会: 工事記録映像活用試行要領・同解説 [改訂版], 2018.
- 4) 一色一平, 尾井純奈: 令和5年度(第55回) 滋賀県土木技術研究発表会論文集, pp.108-113, 2023.
- 5) 金山和樹, 竹内信: 令和7年度近畿地方整備局研究発表会, 投稿中, 2025.