

# 現道においてUFC床版を初めて活用した 橋梁補修について

芝野 康平<sup>1</sup>

<sup>1</sup>近畿地方整備局 琵琶湖河川事務所 管理課 (〒520-2279 滋賀県大津市黒津4丁目5番1号)

姫路河川国道事務所では「新技術導入促進計画」の内「繊維補強コンクリート床版技術」の導入促進に取り組んでいる。その一環として2024年度に超高強度繊維補強コンクリート床版（以下、UFC床版という）を近畿地方整備局管内の現道で初めて活用し、橋梁補修を行った。本研究では施工するにあたり生じた課題やそれらの解決策を共有することで、今後の新技術導入をより促進させる一助とするものである。

キーワード 超高強度繊維補強コンクリート、UFC床版、橋梁補修

## 1. はじめに

姫路河川国道事務所では、「新技術導入促進計画」において「繊維補強コンクリート床版技術」がテーマとして採択されてから、導入に向けて積極的に取り組んできた。過年度より橋梁補修に際してUFC床版を用いることが検討されて、2024年（令和6年）10月に現場着工し、翌年3月にすべての工事が終了した。直轄国道（現道）においてUFC床版を用いた橋梁補修は近畿地方整備局初の事例であり、本工事を通じて多くの知見を得ることが出来た。本研究でUFC床版を用いた際の効果について広く周知するとともに工事の際に生じた課題と解決策を共有し、今後のUFC床版を用いた工事をする際の一助となることを願っている。

## 2. 工事概要・現場条件について

工事概要は以下の通りである。補修対象橋梁の諸元を表-1に示す。

工事名：国道29号新中島橋補修工事

工事場所：兵庫県宍粟市波賀町小野地先（図-1,図-2）

橋梁名：新中島橋

受注者：鹿島建設株式会社

工期：2024年2月28日～2025年3月31日

表-1 橋梁諸元

橋長（支間長）	15.400m (14.800m)
幅員（有効幅員）	8.700m (7.500m)
平面線形（斜角）	$R = \infty (\theta = 64^\circ)$
横断勾配	2.00% $\swarrow$ $\searrow$ 2.00%
構造形式	鋼4主合成鉄桁橋
竣工	1962年

設計活荷重	TL-20/B活荷重
交通量	4,898台/日うち大型車586台/日 (R3交通センサス)



図-1 位置図



図-2 詳細図

(1) 2車線道路での施工

新中島橋は片側一車線の橋梁で資材を運搬する大型車が多く通行する。新中島橋の橋梁部で通行止めを行うと運輸や地域住民の交通に大きな支障が出るため、通行止め期間を最小限として、残る殆どの工程を片側交互通行規制で施工する必要があった。

(2) 寒冷地域での施工

国道29号は兵庫県姫路市と鳥取県鳥取市を結ぶ南北方向に伸びる一般国道であり、宍粟市波賀町の北部20kmは積雪寒冷特別地域に指定されている。工事場所の小野地区は上記地域に含まれてはいないが、冬期には少なからず降雪・積雪の影響を受ける。また本工事は河川上の工事であり非出水期間での施工となり、冬期での施工が避けられなかったため、降雪・積雪による影響考慮とその対策は必然であった。

(3) 迂回路の設定

また図-2のように新中島橋の起点側（姫路側）に県道546号線が国道29号と交差し、そこから市道小野線を通るルートを、当初通行止め時の迂回路として活用が検討されていた。しかし、道が狭く交通安全上の問題や、走行する一般車による騒音問題もあるため迂回路としての利用は困難であった。

上記を考慮し本工事での迂回路は図-3のように設定した。しかし設定した迂回路は高低差が約470mある山道であり、幅員も狭くかつ積雪が多いルートであった。通行止め期間中は維持業者が除雪・パトロールを行い、一般車が安全に通行できるよう努める段取りをしていたが冬期の山道を通行することを不安視する近隣住民からの問い合わせも少なくなかった。それゆえ通行止めの期間を短縮するための工夫はやはり必要であった。



図-3 通行止めの際の迂回路

3. 超高強度繊維補強コンクリート

超高強度繊維補強コンクリート（UFC）は特殊な鋼繊維（図-4）で補強したセメント系複合材料である。圧縮強度は一般的なコンクリートの4～5倍、引張強度は3～4倍に達する。橋軸方向と橋軸直角方向の2方向にプレストレスを与えるプレキャストPC床版とすることで、耐疲労性が向上すると同時に薄肉化・軽量化が可能となる<sup>2)</sup>。また通常のコンクリートよりも非常に緻密な硬化体となるため、凍結防止剤による塩害等の環境作用に対する耐久性も向上する。（図-5）



図-4 鋼繊維

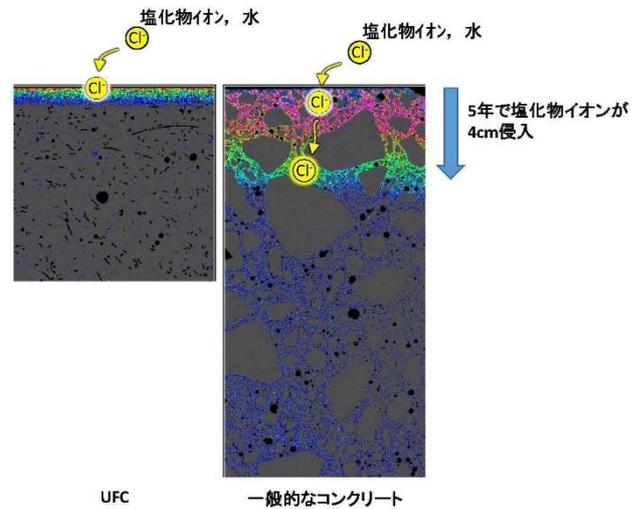


図-5塩化物浸透試験

4. UFC床版を用いた施工とその効果

(1) 幅員方向分割取替えによる通行規制の軽減

通行止め期間を短縮するため、UFC床版を幅員方向に上り線・下り線の2分割、道路進行方向には7分割した。（図-6）また橋軸直角方向接合部（縦目地）の目地幅を200mmとすることで3.25mの車線幅を確保し、常時1車線道路規制での大型車の通行を可能とした<sup>3)</sup>。この結果、運輸阻害による社会的損失を大幅に軽減した。

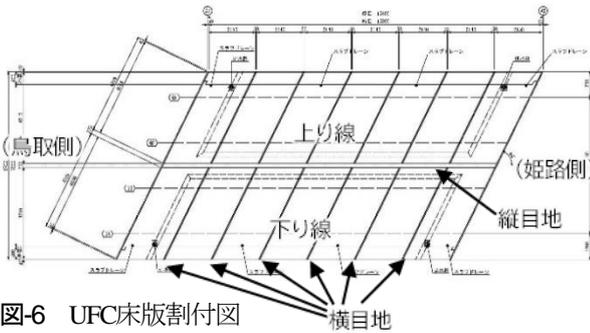


図-6 UFC床版割付図

1) 床版架設の工夫

床版厚を140mmとし、プレキャストパネル重量を約30kN/枚に抑えた結果、15トントラック1台にプレキャストパネル4枚の積載が可能となり、搬入車両を当初8台を4台に抑えた。さらに、70トンラフタークレーンのアウトリガーを1車線幅内で中間張り出しするかたちで、片側交互通行を維持した状態での床版架設が可能となった。

ずれ止めに最大径の頭付スタッド(φ25)を採用し、ジベル孔1箇所当たり3本の頭付スタッドを配置することで、プレキャストパネル1枚当たりジベル孔を最少12箇所、最多でも16箇所に抑えた結果、プレキャストパネルの設置位置の調整が容易となり、円滑な床版架設が可能となった。

2) 斜角に対する工夫

UFC床版の橋軸方向接合部(横目地)における縦締めPC鋼材用シースの接続方法をリングスポンジから中子シースに変更した。この結果、斜角64度を有する横目地での確実なシース接続が可能となり、接続部からシース内への横目地間詰め材浸入リスクを大幅に低減した。

3) 横目地の充填

UFC床版の橋軸方向にプレストレスを与える縦締めPC鋼材を26本×SWPR19L 21.8mmから18本×SWPR19L 28.6mmに変更した。この結果、緊張回数ならびにPCグラウト条数が減少し作業時間の短縮が可能となった。また、端部版における定着部切欠きと伸縮装置取付用アンカーの干渉回避が可能となった。

横目地には超高強度繊維補強セメント系複合材(UHPFRC)を充填した。同材料は粘性が高く、狭い目地への充填には時間が掛かるため、上縁での横目地幅を50mmとして充填時間の短縮に努めた。一方、下縁での横目地幅を30mmとして、底型枠組立て・解体の簡素化に努めた<sup>4)</sup>。

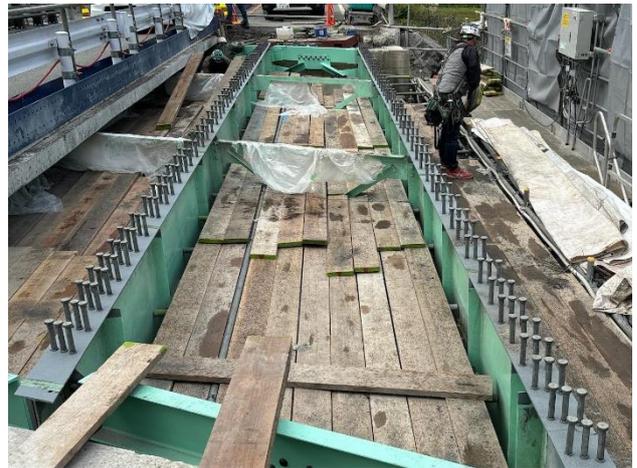


図7 φ25頭付きスタッド

(2) 縦目地の充填による通行止めの短縮

縦目地には、横目地と同じく現場練りしたUHPFRCを充填した。前述した通り、日平均気温が5℃を下回る寒冷地での充填となるため、以下の対策を講じた。

a) UHPFRC温度の管理

現場練りを行う際に温水を使用し、練り上がり温度が5～20℃を維持するように管理した。

b) 給熱養生

ジェットヒーターを床版上・吊り足場上に合計8台設置し、シート・テントで封鎖された空間に熱風を送り養生温度を高めた。

これらの対策を行ったことで、当初計画時には3日必要とされていた通行止め期間は1.5日に短縮し、最小限とすることが出来た。

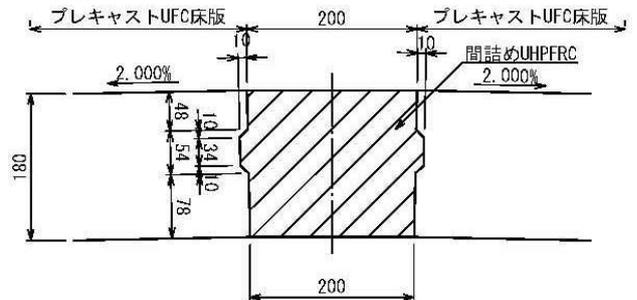


図-8 縦目地の断面



図-9 テントとジェットヒーター

粉体量が多く一般に練り混ぜ時間が長くなるUHPRCの製造に、高性能特殊ミキサ（ジクロス）を使用して練り混ぜ時間を短縮した。

プレストレスが導入される他の部位に比べて、雨水等の浸入リスクが高い縦目地には、シート防水（ $t=1.5\text{mm}$ ）を施した。

## 5. おわりに

本工事で直轄国道において初めてUFC床版を用いた橋梁補修を行うことが出来た。

本文では通行止め期間の短縮や寒冷地域での施工といった課題に対する解決策を記述しており、結果として生産性をこう錠させることに成功した。近年インフラの

老朽化が問題視されている中、仮橋が架けられない等現場条件のために補修が進まない地域も少なくない。そういった現場への一つのアプローチ方法としてはもちろん、新技術活用へ興味を持ち、それらを用いるきっかけとなれば幸いである。

本論文は著者の前任地である近畿地方整備局姫路河川国道事務所における工事内容を題材としている。

謝辞：本工事及び本論文を執筆するにあたりご協力いただいた皆様に感謝申し上げます。

## 参考文献

- 1) 土木学会：超高強度繊維補強コンクリートの設計・施工指針（案），2004年9月
- 2) 小坂崇，金治英貞，一宮利通，藤代勝：床版取替えに対応したUFC床版の疲労耐久性に関する検討，プレストレストコンクリート第26回シンポジウム論文集，pp. 569～574，2017年10月
- 3) 齋藤公生，藤代勝，一宮利通，山名宗之，鈴木英之，越野まやか：UHPRCを間詰としたUFC床版の接合構造に関する検討，土木学会全国大会第76回年次学術講演会，2021年9月
- 4) 一宮利通，永井勇輔，笹脇壮太，森岡寛太，長谷川智昭：施工性に配慮したUFC床版の橋軸方向接合部の構造に関する検討，土木学会全国大会第79回年次学術講演会，2024年9月

# 狭帯域IoT通信システムの実証実験について

常塚 真維<sup>1</sup>・福本 賢<sup>2</sup>

<sup>1</sup>近畿地方整備局 企画部 情報通信技術課 (〒540-8586大阪府大阪市中央区大手前3-1-41)

<sup>2</sup>近畿地方整備局 福井河川国道事務所 防災課 (〒918-8015福井県福井市花堂南2-14-7)

災害発生直後は、現場状況を迅速に把握することが重要である。現在、道路の寸断や二次災害のおそれから現場に近付けない場合は、ドローンで現場状況を確認する手法が多く用いられている。しかし、現行のドローンでは飛行距離の問題や地理的制約がある場所での使用が困難である。これらの課題解決のため、長距離通信が可能なV-High帯域周波数を利用した狭帯域IoT通信システムでの有用性を評価するため、映像伝送の実証実験を全国で初めて実施した。本稿では実証実験の概要、結果および今後の課題について報告する。

キーワード 災害現場状況の迅速な把握 狭帯域IoT通信システム 長距離通信 映像伝送

## 1. はじめに

2024年1月1日16時10分頃、石川県能登地方を震源とするマグニチュード7.6の大地震が発生した。石川県輪島市や志賀町で震度7を観測したほか、石川県以外でも広い範囲で強い揺れを観測した。能登半島北部を中心に甚大な被害が発生し、家屋の倒壊、道路・橋梁の損壊、土砂災害などインフラ全般にわたる被害が報告された。

また、能登半島の先端にある奥能登地域では、交通・通信網の寸断により外部との連絡が困難となり、現地の被災状況の把握に時間を要し、支援体制の構築に支障が発生した。

災害発生直後は、迅速に現場状況を把握することが重要である。しかし、大規模災害の発生直後の現場においては、道路寸断による被災現場への到達が困難(図-1)な場合や、調査隊員の二次被害の危険性が存在するため、現場状況の把握が困難となる。



図-1 能登半島地震における道路損壊状況

能登半島地震を契機として、内閣府は「令和6年能登半島地震を踏まえた有効な新技術及び方策について」をとりまとめており、「被災状況等の把握」が災害応急対

策の強化の1つとして挙げられている。(図-2)

令和6年能登半島地震を踏まえた有効な新技術及び方策について

**【災害応急対策の強化】①被災状況等の把握**

【課題】  
 ・発生時刻が日没に近かったこともあり、航空機等による映像からは建物倒壊や土砂崩壊等の情報収集・分析が困難であり、被災地の現地状況の速やかな把握に困難があった。  
 ・観測機器の被災により、津波の監視ができなくなる状況や河道閉塞の発生等による二次災害の危険が発生した。

【目指すべき姿】  
 ○どのような環境においても、あらゆる手段を用いて早期に現地の被災状況を把握。(情報の空白時間・空白地域の解消)  
 ○取得した様々なデータを組み合わせ、全体像を迅速・広範囲・効率的に分析。  
 ○どのような状況においても、危険箇所の監視体制を維持・構築し、二次災害や更なる災害を防止。

【能登半島地震で有効性があり、引き続き実施する主な取組】  
 □災害現場の状況把握や被害認定調査等の様々な場面でドローンによる被災状況の把握が行われた。【実証化・カタログ化】  
 □SAR衛星や空中写真等の活用により、地表変動の把握や土砂災害が発生している恐れのある箇所の抽出が行われた。【実証化】  
 □ITSスポットの増強や可搬型路側機等の設置により、ETC2.0プローブデータの取得可能範囲を拡大するとともに、AtwebcカメラやCar-SAT等を活用し、被災地の交通状況の把握が行われた。【実証化】  
 □地震の影響により、地震・津波の観測・監視の継続が困難な状況や二次災害の危険性が生じたが、可搬型津波観測装置等の活用により早期の観測再開・体制確保が行われた。【実証化】

【有効性が期待され、今後、導入や開発を進める主な取組】  
 ■ドローンの活用が有効であった一方、条件によっては使用できない場合も考えられるため、**夜間・悪天候飛行、自動運航、長時間飛行等が可能な高性能ドローンの開発・活用**。【実証化・カタログ化・技術開発】  
 ■現在のSAR衛星による観測は飛行タイミングの制約を受けるため、**民間の小型SAR衛星や航空機搭載SARとの連携等により、飛来タイミングや夜間・悪天候を問わず観測ができる体制の構築**。【実証化・技術開発】  
 ■航空写真を活用した**日本損害保険協会による調査結果の被害認定調査への活用**。【実証化】  
 ■**通信基地間の通信機能維持等のための長時間電源の確保**。【実証化】

※【 】は想定される取組を記載。 6

図-2 「令和6年能登半島地震を踏まえた有効な新技術及び方策について」より抜粋

被災状況等を早期に把握するためには、地上の状況の影響を受けにくいドローンによる状況把握が有効であるとの提言がある。しかし、ドローンの飛行距離は、機体の機種や環境により異なるが、1km~2km程度と短く、山がちな半島という地理的制約が加わると、被災現場まで飛ばすことができない。今回、現行のドローン周波数と比較し、飛行距離が長く、目視外でも通信が可能なV-High帯域周波数に着目し、その周波数を用いた狭帯域IoT通信システムでの有用性を評価するため、映像伝送の実証実験を全国で初めて実施した。

## 2. V-High帯域周波数

V-High帯域周波数（Very High Band）とは、207.5MHz～222MHzの範囲にある周波数のことである。以前より、アナログテレビ用や携帯端末向け放送用として使用されてきたが、テレビ放送のデジタル化や携帯端末向け放送事業の廃止により、現在は空き周波数となっている。

（図-3）

その後、総務省が定める「周波数再編アクションプラン」において、V-High帯域周波数に関する具体的な有効利用の方策が検討されることとなり、災害時の映像伝送手段としての周波数割り当てに係る技術的条件等の検討が行われ、現在は詳細な仕様の検討段階にある。

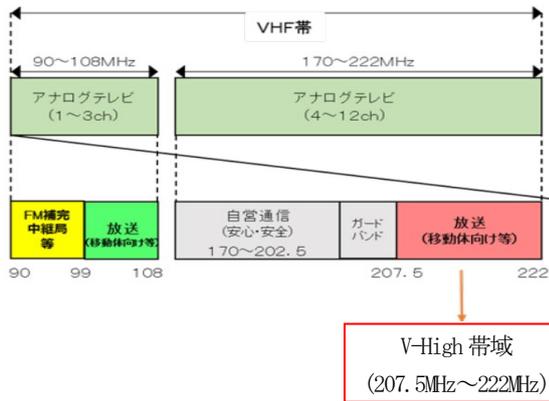


図-3 V-High帯域周波数（周波数再編アクションプランより抜粋）

ドローンでよく用いられる2.4GHz帯域や5.7GHz帯域の周波数の伝送速度は数Mbps～数十Mbps程度であり、高画質な映像伝送が可能であるが、伝送距離は1km～2km程度で、目視外では使用することができない。また、LTE等キャリア通信回線を用いる場合、サービスエリア内であれば、見通しが悪い環境下でも使用可能であるが、大規模災害発生時においては、基地局の被災・電源喪失やネットワーク輻輳により、キャリア通信が使用不可となる可能性が高い。

その一方でV-High帯域周波数であれば、伝送速度は100kbps程度と低画質な伝送速度となるが、周波数帯域の特性上、20km程度の目視外飛行が可能であることが挙げられる。また、自営回線で通信を行うことができるため、キャリア回線が使用不可となった際にも通信を行うことができる。

以上のことから、V-High帯域周波数を利用することで災害現場から離れた場所からでも遠隔操作することができる。

## 3. 実証実験の準備

### (1) 場所

今回、以下の理由により、奈良県五條市にある赤谷地区

を選定した。（図-4）

- ・飛行に適した環境条件  
（DID地区外、第三者立入禁止区域）
- ・災害現場にて把握が必要な情報項目が多くある  
（河川、道路、崩落土砂、土木構造物）

赤谷地区は平成23年の台風12号（紀伊半島大水害）において約1,138m<sup>3</sup>にのぼる崩落土砂で河道が閉塞し、湛水池が形成されたが、現在、不安定土砂の下流への流出を防止するための工事が実施されている現場である。



図-4 実証実験場所

### (2) 使用機体

狭帯域IoT通信システムは開発途上にあるため、狭帯域IoT通信システムとして開発された機体は現時点では存在していない。そのため、狭帯域IoT通信に必要な映像撮影用のUSBカメラ、緯度経度測定用のGPS、V-High帯域送信機およびV-High帯域通信用のホイップアンテナ等を実装したドローンを模擬機体として使用することとした。（図-5）

なお、本検証時点ではV-High帯域周波数を用いた機体制御に関する通信技術が未開発段階であったため、機体制御は2.4GHz帯域や5.7GHz帯域の周波数を使用し、目視内通信によるものとした。そのため、本検証では、狭帯域IoT通信システムで実現が期待される長距離・目視外での伝送試験の実施は行わず、伝送映像の品質評価に特化した実験とした。

### ドローン（全面）



ドローン（側面）



図-5 実証実験機体

(3) 構成・測定項目

実証実験を行うシステム構成は図-6のとおりである。橙色の矢印は映像伝送におけるデータフローを示す。

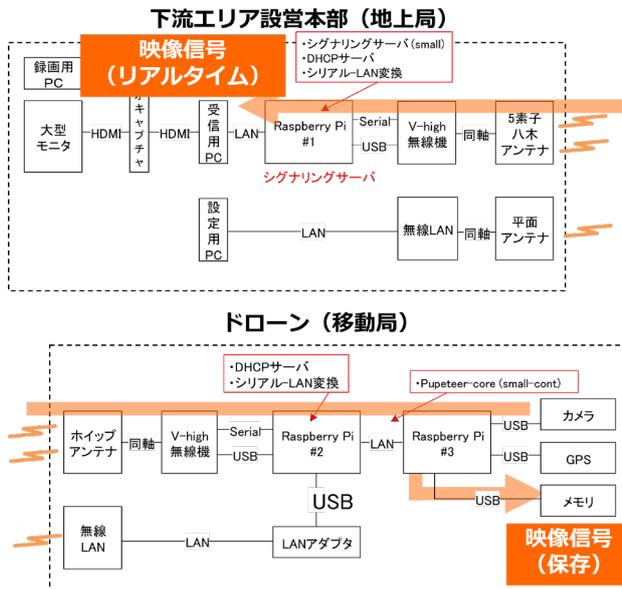


図-6 実証実験システム構成

また、測定項目は下記のとおりとする。

① 伝送映像の評価・視認性の確認

実証実験場所にある河川、道路、崩落土砂、土木構造物のほか、歩行者や車両を災害現場にて把握が必要な対象物とみなし、V-High帯域通信を利用したリアルタイム映像が現場の状況を全体把握できる品質であるか評価するとともに、ドローンに保存したオリジナル映像との比較も行った。

② 映像伝送遅延時間の測定

伝送及びエンコード処理等の遅延の目安を確認するため、ドローン搭載カメラと閲覧 PC に表示された映像の撮影時刻を比較し、映像伝送に要する時間を測定した。

③ 基地局・移動局間の疎通試験

基地局（操縦側）と移動局（機体側）の間はリアルタイムで通信し続ける必要がある。ping試験により、基地局からの発信に対する応答時間を測定し、レスポンスの

迅速性を評価した。なお、ping値は応答に要する往復時間であり、遅延時間はシステム構成に左右されることから、本検証で得られたping値は現状想定回路構成における遅延時間であり、あくまで参考値である。

ping試験手順は下記のとおり。

- a) ドローン飛行中に映像伝送を停止する。
- b) 地上側よりpingを連続送信する
- c) ドローンを下流方向に移動する。
- d) ping試験を継続する。

④ 受信電界強度の測定

電波の受信電界強度（RSSI）が弱くなると、伝送速度の低下等、通信品質の劣化が生じることから、一定レベル以上のRSSIが必要となる。通信品質の確認のため、ドローン側及び基地局側それぞれにおけるRSSI及びパケット誤り率（PER）を測定した。（RSSIは、数値が大きいほど信号が強く、通信品質が良いことを表す。PERはデータ伝送において、送信されたパケットのうち、誤って受信されたパケットの割合を示す。）

(4) 飛行ルート

前日のリハーサル結果や当日の天候を踏まえ、下流エリアの基地局から上流エリアの崩落範囲付近まで飛行させて折り返す飛行ルート（図-7-1、図-7-2）を採用した。なお、ドローン飛行中は操縦者から常に機体を目視可能な有視界飛行を前提とした。

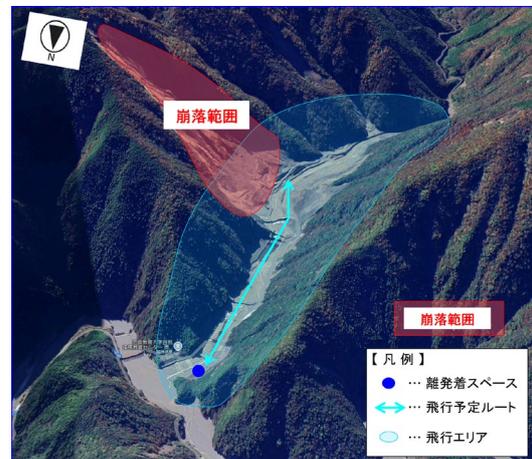


図-7-1 飛行ルート（全景）





図-7-2 飛行ルート（詳細）

#### 4. 実証実験結果

##### (1) 測定項目に関する結果

###### ① 伝送映像の評価・視認性の確認

狭帯域IoT通信システムによる映像（図-8-1）のとおり、河道や走行車両は十分視認可能、崩落状況などの被災状況もおおむね視認可能であった。ドローン内部に保存した映像（図-8-2）と比較しても、対象物の視認の観点では、特に大差はなく、発災時における初動での現場状況確認手段として十分利用可能であることを確認した。

しかし高所から視認する場合は、低画質映像であるため、小規模災害等の視認が困難となる可能性がある。（本実験における飛行高度は約100m）



図-8-1 撮影映像（狭帯域IoT通信システム）



図-8-2 撮影映像（ドローン）

###### ② 映像伝送遅延時間の測定

リアルタイムカウントに対する遅延時間は、約700msとなった。遅延時間が発生している原因として、実験構成におけるRaspberry Pi（シングルボードコンピュータ）のエンコーダ処理能力が非力であり、エンコードの遅延が発生したことが影響している。そのため、エンコーダ処理能力の改善が課題であると考えられる。

しかし、1秒以下の遅延であることから、特に遅延を感じることはなく、運用上の問題は無いと考えられる。

###### ③ 基地局・移動局間の疎通試験

ping通信試験の結果、ping値は60ms～68msとなった。ping値は応答に要する往復時間であり、Raspberry Piの処理時間を考慮すると遅延時間は30ms程度と想定される。遅延時間はシステム構成に左右されるため、本検証で得られたping値は参考値であるが、通信に支障は見られず、V-High帯無線自体の遅延時間がドローンを操縦する上での支障となる可能性は低いと考えられる。

###### ④ 受信電界強度の測定

RSSIはドローン側受信で-75dBm～-60dBm、基地局側受信で-81dBm～-60dBmであり、通信品質としては実用上許容可能な電界強度を示した。（図-9）

理論上、RSSIは距離が2倍になれば自由空間損失により6dB程度ずつ低下するが、実証検証では距離が2倍の時、4dB程度RSSIが低下しており、理論値よりもRSSIは低下していない。この原因として、地形による影響が挙げられる。本検証は山間部で行ったため、左右の斜面で反射が起り、理論値よりもRSSIが大きくなったものと推測される。なお、RSSIの低下により映像品質は劣化するが、視認性の確認結果にもあるように、初動での状況確認としては十分利用可能であることから、本実証実験において、運用上の問題は無いと考えられる。

	ドローン	ドローン位置情報				RSSI	フレーム受信		
		距離[m]	GPS高度	標高	地上高		OK	NG	PER
ドローン側 受信	100	438.4	397.4	0.1	-60.000	100.000	0.00	0.00	
	212	458.2	410.4	6.8	-64.000	100.000	0.00	0.00	
	513	556.0	433.2	81.8	-66.000	100.000	0.00	0.00	
	817	557.6	489.8	26.8	-71.000	100.000	0.00	0.00	
	1031	600.7	524.2	35.5	-76.000	100.000	0.00	0.00	
	959	655.2	520.7	93.5	-81.000	100.000	0.00	0.00	
基地局側 受信	100	432.8	394.0	-2.2	-60.000	100.000	0.00	0.00	
	234	457.0	410.2	5.8	-64.000	100.000	0.00	0.00	
	444	521.2	430.9	49.3	-68.000	100.000	0.00	0.00	
	794	583.2	485.2	57.1	-71.000	100.000	8.00	0.08	
	1037	656.2	511.2	104.0	-75.000	190.000	0.00	0.00	

図-9 受信電界強度測定結果

##### (2) 実証実験結果に対するアンケート

本実証実験における客観的な評価を行うため、当日の立会者に対してアンケートを実施した。（図-10）

問1 無人航空機からのリアルタイム映像は災害時等の状況把握等に利用できると思われますか。	回答者数
1.十分に利用できる	2
2.やや難はあるが、利用できる	6
3.どちらともいえない	0
4.一部使えそうなどころはあるが、ほぼ利用できない	0
5.全く利用できない	0
問2 問1で2～5を回答された方は、問題と思われる項目を選択してください(複数選択可)。	回答者数
1.映像品質(解像度、見えやすさ)	4
2.映像遅延(映像が遅れる、途切れる)	2
3.映像の通信性(迅速に必要な箇所がみれない、映像がぶれる)	0
4.その他	2

図-10 実証実験アンケート結果

アンケート結果では、概ね評価は高く、運用にあたっての大きな問題は無いと考えられる。

なお、今回の立会者は機器整備担当のみであったため、他の担当部署にも評価をしてもらい、その結果をもとに、今後の対応を検討していく必要がある。

## 5. 今後の課題

### (1) V-high 帯域伝送上の課題

- 対象の視認性  
高度が高くなると視認困難となることが予想されるが、高度が低くなると全体の状況が把握できないことから、バランスのよい高度を設定する必要がある。
- 映像品質  
伝送映像の色彩表現が若干低かったが、伝送速度が低いことによるエンコード処理時における色情報の欠落が原因として考えられ、解消するためには、彩度やコントラスト補正、もしくは伝送速度の向上が有効である。  
しかし、伝送速度に関しては総務省が検討している技術的条件に制約されることから、現時点での対応は困難であり、総務省の検討状況を注視して今後検討を進めていく必要がある。  
また、カラー映像から白黒映像にして画質を上げる方法もあるが、白黒映像はカラー映像に比べ、被災状況の判別に支障が出る可能性もあり、今後検討を進めていく必要がある。
- 夜間飛行  
夜間や薄暗い環境下において、出力と重量を考慮した照明の選定が必要となる。

### (2) 機体開発上の課題

- 機体開発状況調査  
本実証実験では狭帯域 IoT システムが開発途上であったため、ドローンをを用いた模擬機体で実証実験を行ったが、長距離・目視外通信を行うためには、従来のドローンとは異なった機体性能が求められる。例えば、山間部での飛行は高度変化が大きいため、エネルギー消費量が増加し、飛行可能距離が低下するため、バッテリー大容量化の検討を今

後進めていく必要がある。

### ・ノイズ対策

実験機体の準備中、機体モーターのスイッチング動作により発生する高周波ノイズがV-High帯域電波と干渉し、通信品質を著しく低下させる事象が確認された。そのため機体に銅シートを貼付し、高周波ノイズを遮蔽するとともに、V-High帯域用ホイップアンテナを機体から離隔することで干渉による悪影響を低減させた。今後の機体開発においては、通信品質の安定化を図るため、高周波ノイズ対策を行うことが必要である。

### (3) 飛行方法・運用体制の課題

- 機体操縦者をあらかじめ現地に配置することは現実的ではないため、災害発生直後、迅速に操縦者を招集・派遣できる体制構築が必要である。
- 今後、狭帯域IoT通信システムの飛行に関する法整備が行われるものと推測されるため、その動向を注視していく必要がある。

## 6. おわりに

本稿では、地理的制約がある場所における現場状況の迅速な把握のため、従来の方法に代わる手段として、V-High帯域周波数を用いた狭帯域IoT通信システムを検討した。また、実証実験により、災害発生時における初動での現場状況確認手段として十分利用可能であることを確認することができた。

また、V-High帯域通信による伝送速度は従来の2.4GHz帯域や5.7GHz帯域の周波数を使用したドローンと比べて小さいことから、映像品質を向上させ、小規模災害時などにも使用できるよう、映像品質の向上や運用条件に関する技術的課題、狭帯域IoT通信システムの機体性能や操縦に関する法令上の制約など実用化に向けて解決すべき課題も新たに発見できた。

今後、これらの課題に対応するため、さらなる実証実験の継続とともに、機体・通信システムの改良ならびに制度面での整備を含めた様々な検討と開発を進めていく必要がある。

# 3次元配筋施工図の詳細設計システム

松下 文哉<sup>1</sup>

<sup>1</sup>清水建設株式会社 土木技術本部 イノベーション推進部 (〒104-8370東京都中央区京橋二丁目16番1号)

国土交通省のi-Construction政策における生産性向上を目指し、コンクリート構造物の詳細設計の課題解決のため、3次元プロダクトモデルを活用した詳細設計システムの構築と現場実装に向けた取り組みについて述べる。従来の配筋施工図作成・照査業務は設計人工の約4割を占め、合理化が求められていた。開発したシステムは、構造細目の自動照査、配筋の自動モデリング、鉄筋集計・配筋種別・画層の自動分類機能を有し、これらの機能により設計業務の効率化を図る。検証の結果、本システムは定義された要求仕様を全て満たすことを確認した。

キーワード BIM/CIM, 3次元プロダクトモデル, 構造細目の照査, 配筋施工図

## 1. 背景・目的

近年、国土交通省は i-Construction2.0 の政策を掲げ、抜本的な生産性向上を目指している。この i-Construction の取り組みの中で、BIM/CIM (Building Information Modeling/ Construction Information Management) の導入など 3次元データの利活用は中核をなす技術として位置付けられ、設計、施工、維持管理といった建設生産プロセス内での活用が期待されている。国土交通省では、BIM/CIM の全面適用に向け、受注者に対して BIM/CIM の実施目的を示すリクワイヤメントを業務、工事の双方に対して設定している<sup>1)</sup>。受注者はこのリクワイヤメントに対し、実施内容(ユースケース)を発注者に BIM/CIM 実施計画書として提案し、協議の上、BIM/CIM の具体的な活用事例を決定する。BIM/CIM を有効に活用するためには、このユースケースの設定が重要となる<sup>2)</sup>。

本研究開発では、対象業務として詳細設計、ユースケースとして「コンクリート構造物の構造細目の照査及び配筋施工図作成」を対象とする。従前の配筋施工図の作成は設計者が決定したコンクリート構造物の断面仕様を CAD オペレータに伝達し実施されていた。CAD オペレータは 2次元 CAD ソフトウェアを活用し配筋施工図を作成し、設計者は出力される 2次元図面を用いて構造細目の照査や配筋施工図の確認が実施されていた。この従前の手法では、設計人工の約 4割(清水建設株式会社が受注した設計施工案件において、設計人工全体に対する配筋施工図の作成及び照査業務に充てられた人工の割合)が配筋施工図の照査や確認に充てられており、合理化が望まれる業務及びユースケースである。そこで、本研究開発では、3次元プロダクトモデルを活用しコンク

リート躯体構造物の照査及び配筋施工図の生成が可能な詳細設計システムを提案することを目的に、システム設計、開発、検証、評価を実施する。さらにシステムの現場実装に向けた取り組みも述べる。

なお、本稿では、各機能の詳細なアルゴリズムについて触れることは避け、詳細設計における既往研究及び現状の課題整理し、開発範囲を明確にしたうえで、具備すべき機能を明らかにし、実装した機能を組み合わせたシステムとして提案することに主眼を置く。各機能の詳細なアルゴリズム等については別途、論文等を参考にされたい<sup>3)4)5)</sup>。

## 2. 既往の研究及び取り組みと課題の特定

BIM/CIM の中心技術である 3次元プロダクトモデルについては、研究開発及び標準化が進められ<sup>6)7)8)</sup>、土木分野においても活用が進展している。この中で、配筋を対象とした過去の BIM/CIM のユースケースを鑑みると、例えば過密配筋部の確認、打設開口の確認、配筋の干渉チェックなどが報告されている<sup>9)</sup>。これらのユースケースからは 3次元プロダクトモデルとして配筋を表現することによって、「視認性が向上する」、「干渉位置が明確になる」といった効果が報告されている。しかし、利用された 3次元プロダクトモデルが、その後、施工に直接利用されるケースは少なく、モデルの利用範囲が限定的となっている。

本稿で提案する詳細設計システムは従前のユースケース以外に、構造細目の照査、配筋施工図作成が実現可能である点に特徴がある。ここで対象とする配筋施工図と

は、施工時に必要となる配筋の展開図（立面図，平面図，断面図），加工図などの2次元図面と鉄筋集計表を指す（図-1）。また，各図に含まれる情報の一例を表-1に示す。ここでの配筋種別とは，配筋が属する部位（例：壁，スラブ，柱）及び配筋の役割（例：主筋，配力筋，せん断補強筋）から決定される分類番号である。例えば壁に属する配力筋であればFh-1と分類される。

また，既往技術として3次元モデルから2次元図面を切り出すことは可能であり，例えば Revit（<https://www.autodesk.co.jp/products/revit/>）や Rhinoceros（<https://www.rhino3d.co.jp/>）といったソフトウェアにその機能が実装されている。また3次元モデルと配筋施工図は連動しているため，モデルに修正が発生した場合，3次元モデルのみ修正すれば，関連する配筋施工図が自動的に修正される。このため，施工計画の過程で比較的修正の多い配筋施工図に対して，既往技術を活用した配筋施工図の作成は生産性向上の観点で有効であると捉えられる。一方，本稿で提案する詳細設計システムを確立するためには，既往技術では対応できない技術的課題が残されるため，これらを解決することが求められる。この具体的な内容は3章で述べる。

表-1 配筋施工図の種類と記述内容の具体例

図面の種類	記述内容
展開図	<ul style="list-style-type: none"> <li>各部位（例：壁，スラブ，柱）の断面図</li> <li>継手種類及び位置，鉄筋径</li> <li>各種寸法線</li> </ul>
加工図	<ul style="list-style-type: none"> <li>配筋種別</li> <li>鉄筋の径，寸法，曲げ内半径，フック余長</li> </ul>
鉄筋集計表	<ul style="list-style-type: none"> <li>配筋種別</li> <li>数量（本数，質量）</li> </ul>

### 3. システムの設計

#### (1) ワークフローの整理

設計施工一括発注方式（DB方式）の断面仕様の決定から配筋施工図の発注者への提出までの概略ワークフローを図-2にまとめる。この図に示す通り，はじめに，設計担当者が設計外力に対する各部材に発生する断面力を算定し，この結果を用いて鉄筋径，ピッチといった断面仕様を決定する。次にCADオペレータが設計者の指示のもと施工図を作成する。作図された施工図は設計担当者が確認し，発注者に提出するとともに，施工担当に引き継がれる。また施工図は施工計画の変更などによって修正が発生することが多いため，設計担当，施工担当は最新版図面を管理する必要がある。このワークフローのうち，提案する詳細設計システムを用いた場合，以下2点が従来の手法から変更される。

- i. 配筋施工図の作成において従来の2次元の施工図作成に対し，提案する手法では3次元プロダクトモデルを作成し，このモデルから2次元図面を切り出すことで配筋施工図を作成する
- ii. 従来，手間がかかっていた2次元施工図を用いた構造細目の照査について3次元プロダクトモデルを用いた自動照査に置き換える

このワークフローが実現されることで，従来，設計者の負担となっていた配筋施工図の作成及び照査業務の負担が軽減されることが期待される。



図-1 配筋施工図の具体例

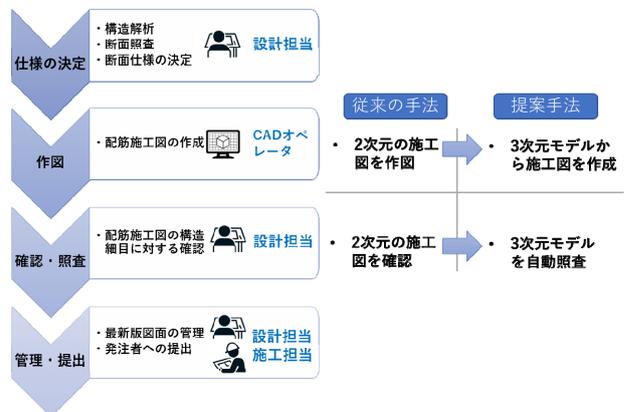


図-2 配筋施工図に係る概略ワークフロー

表-2 要求仕様と記述内容の具体例

No	要求仕様	解決策の方針
1	配筋施工図は施工計画に応じて修正が多いため、容易に修正できることが求められる	3次元モデルから2次元施工図を作成することによって、3次元モデルのみ修正すればすべての2次元施工図が連動し自動的に修正を反映可能
2	構造細目に対する照査の負担軽減が求められる	3次元プロダクトモデルのジオメトリや属性情報を用いることで照査の自動化が可能
3	展開図作成時のタグ付けの合理化が求められる	配筋モデルに配筋種別を付与することでタグ付けを合理化可能
4	鉄筋集計表作成の合理化が求められる	配筋モデルに配筋種別を付与することで配筋種別に応じた鉄筋集計の自動作成が可能
5	3次元プロダクトモデルのモデリングの合理化が求められる	パラメトリックモデルを活用したモデリングの自動化で合理化可能
6	配筋モデルを容易にレンダリングできることが求められる	配筋モデルを施工ステップや部位ごとにグルーピングし不必要な範囲を非表示にすることで実現可能
7	鉄筋ロス率を低減することが求められる	鉄筋ロス率が最小になる、定尺長に対する配筋寸法を割付けることで実現可能

表-3 開発プログラムと機能の定義

開発するプログラム	機能	該当する要求仕様のNo
配筋種別の自動分類機能	配筋が属する部材や主筋、配力筋、せん断補強筋などに応じた配筋種別を自動分類可能な機能	No3, No4
構造細目の自動照査機能	3次元プロダクトモデルで表された配筋に対して、構造細目の照査を実施する機能	No2
配筋の自動モデリング機能	断面仕様や基本設計情報を入力値として自動的に配筋モデルのモデリングが可能な機能	No5
画層の自動分類機能	施工ステップや部位に応じた画層の自動設定が可能な機能	No6
注文数量の自動作成機能	ロス率の最小化を考慮した定尺長に対する鉄筋寸法の自動割付を行い注文数量を自動算出可能な機能	No7

表-4 各機能の開発に利用したツール一覧

開発するプログラム	機能
配筋種別の自動分類機能 構造細目の自動照査機能	Revit アドイン
配筋の自動モデリング機能	RhinoCeros-Grasshopper Rhino.Inside
画層の自動分類機能	Dynamo
注文数量の自動出力機能	Python

(2) 要求仕様と機能定義

前節で述べたワークフローを実現するため、またコンクリート構造物の合理的な詳細設計を実現するための要求仕様とその仕様を満たすための解決策の方針を表-2に示す。表-2に示した要求仕様のうち、No3のタグ付けとは、鉄筋径や配筋分類番号を2次元図面に矢視を用いて図示することを指す。また、配筋モデルは、モデリングする部材点数が多いため、モデリング自体に人工がかかることが懸念される。このため No5 の要求仕様が生じる。また、部材点数が多いため、3次元空間上へのレンダリング処理に時間を要するため、表示する部材点数を減らす工夫が必要である。このため、No6の要求仕様が生じる。

次にこの要求仕様を満足するために新規に開発すべきプログラムと、その機能を定義する(表-3)。要求仕様のNo1は前章で述べた通り、既往の技術で実現可能なため、開発対象外とする。また表-3に示す機能のうち、構造細目の自動照査機能が対象とする照査項目は、「重ね継手長の照査」「あきの照査」「かぶりの照査」「曲げ内半径の照査」「フック余長の照査」とする。



図-3 開発ツールとそのアウトプットの関係図

4. 各機能の開発

開発するシステムで利用する3次元プロダクトモデルはRevitを用いモデル化する。また各機能の開発に利用したツールの一覧を表4に示す。Revitアドインは図-3に示す通り、C#を記述されたソースコードをビルドすることによって、照査用のコマンドがRevit上で利用できるようになる。一方で、自動モデリング機能はビジュアルプログラミングツール(GAE)を用いて、モデル化する手法を採用した。この理由は、前者は、実現する機能が照査のためユーザが安易に機能を改変できないことが望ましい。一方で、後者は部材ごとにカスタマイズが必要なため、なるべくユーザも含めてプログラム可能であることが望ましい。このため、前者はユーザがソースコードを改変できないアドインを採用し、後者は比較的、修正が容易なGAEを採用した。なお、画層の自動分類機能、注文数量の自動作成については実装し易さからツールを選定した。

鉄筋番号	鉄筋径	長さ	本数	単位重量	重量
S1-18	25	8410 mm	1	3.980 kg	33.481 kg
S1-19	25	8370 mm	1	3.980 kg	33.304 kg
S1-20	25	8320 mm	1	3.980 kg	33.126 kg
S1-21	25	8280 mm	1	3.980 kg	32.949 kg
S1-22	25	8230 mm	1	3.980 kg	32.772 kg
S1-23	25	8190 mm	1	3.980 kg	32.595 kg
S1-24	25	8150 mm	1	3.980 kg	32.418 kg
S1-25	25	8100 mm	1	3.980 kg	32.241 kg
S1-26	25	8060 mm	1	3.980 kg	32.064 kg
S1-27	25	8010 mm	1	3.980 kg	31.887 kg
S1-28	25	7970 mm	1	3.980 kg	31.710 kg
S1-29	25	7920 mm	1	3.980 kg	31.533 kg
S1-30	25	7880 mm	1	3.980 kg	31.356 kg
S1-31	25	7830 mm	1	3.980 kg	31.179 kg
S1-32	25	7790 mm	1	3.980 kg	31.002 kg
S1-33	25	7740 mm	1	3.980 kg	30.825 kg
S2	25	6630 mm	66	3.980 kg	26.387 kg
S2-3	25	9150 mm	1	3.980 kg	36.399 kg
S2-4	25	9100 mm	1	3.980 kg	36.222 kg
S2-5	25	9060 mm	1	3.980 kg	36.045 kg

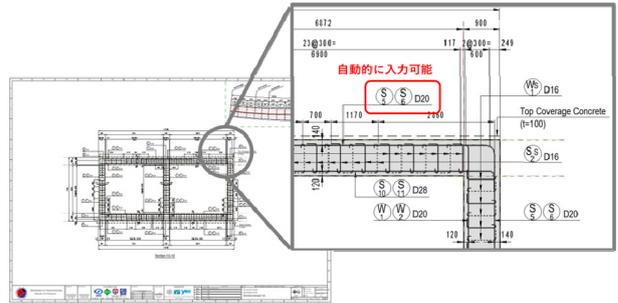


図-5 鉄筋集計表の自動作成(上)・タグ付けの半自動実行結果(下)

5. 検証・評価

本章では開発した各機能の有効性を検証する。「配筋種別の自動分類」、「画層の自動分類機能」、「構造細目の自動照査機能」についてはサンプルモデルを用意し検証を行った。「配筋種別の自動分類」の検証結果を図-4に示す。この図ではスラブの主筋及び壁のせん断補強筋を選択し、付与された配筋種別情報を例示する。図に示す通り、主筋に対してはS3、せん断補強筋に対してはWs1と分類されており、正しく配筋種別が分類されたことが分かる。またこの分類結果を用いて、図-5に示す通り要求仕様No4の鉄筋集計の自動作成、要求仕様No3のタグ付けの合理化が実現できることを確認した。前者に対しては、配筋種別でソートすることで集計表を自動作成できる。後者に対しては該当する鉄筋を2次元図面上でクリックすることでタグ中に配筋種別の情報を自動入力できる。また「画層の自動分類機能」に

ついては、躯体に画層名を入力しプログラムを実行することで、属する配筋の全てが入力された画層に分類されることが確認できた。よって要求仕様No6は満たされる。

「構造細目の自動照査機能」について、ここでは「重ね継手長の照査」の検証結果を示す。照査値として入力された重ね継手長の基本定着長と最小継手間隔に対して、図-6に示す通り照査が実行できた。照査は重ね継手位置を特定したうえで(例:図-6のオレンジ色の範囲)、重ね継手長が基本定着長以上の場合には緑(合格)、以下の場合には赤(不合格)の判定が表示される。その他、「あきの照査」「かぶりの照査」「曲げ内半径の照査」「フック余長の照査」も問題なく実行できることが確認された。よって要求仕様No2は満たされる。

次に「配筋の自動モデリング機能」について、駅舎の

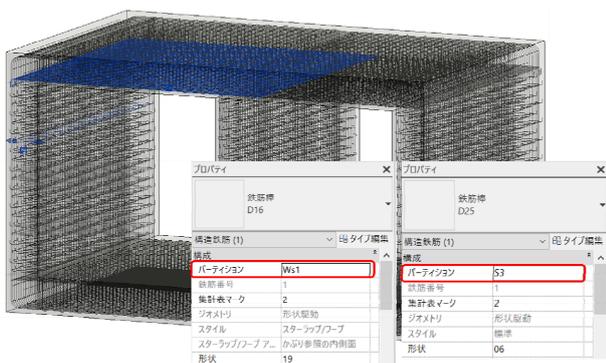


図-4 配筋種別の自動分類の結果

緑: 合格

赤: 不合格

照査値					
鉄筋径 Nominal diameter	直径 Diameter	重ね継手長 Lap joint length			最小継手間隔 Min space of joint
		tension ×1.3	tension ×1.7	δ=25φ	
D10	10	-	-	-	
D12	12	850	715	935	
D16	16	750	975	1275	
D20	20	900	1170	1530	
D25	25	1100	1430	1870	
D28	28	1250	1625	2125	
D32	32	1450	1885	2465	
D36	36	1600	2080	2720	
D40	40	1950	2535	3315	
D50	50	2600	3380	4420	

図-6 重ね継手長の照査

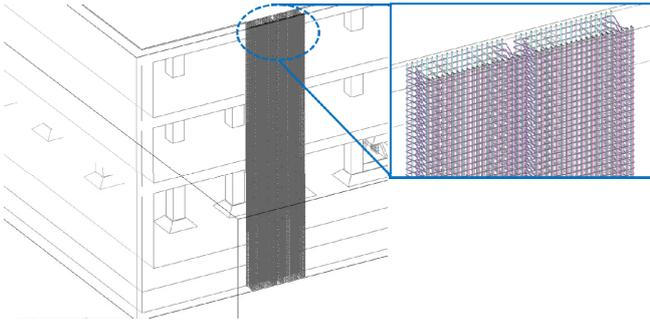


図-7 自動モデリングの実行結果

RC 地中連続壁を対象に機能を開発した。断面仕様の情報を入力することで図-7 に示す通り、自動的に配筋モデルがモデリングされることが確認された。よって要求仕様 No5 が満たされる。

「注文数量の自動出力機能」の検証フローを図-8 に示す。まずサンプルモデルから出力された鉄筋集計表から特定の径に対する数量を Dynamo を用いて出力し、この結果を開発した最適化プログラムの入力値とする。さらに定尺長も入力値として入力する。このプログラムからの出力値を可視化すると、割り付けられた鉄筋の長さとしロス（グレー）となる数量が表示されることが確認された。よって要求仕様 No7 が満たされる。

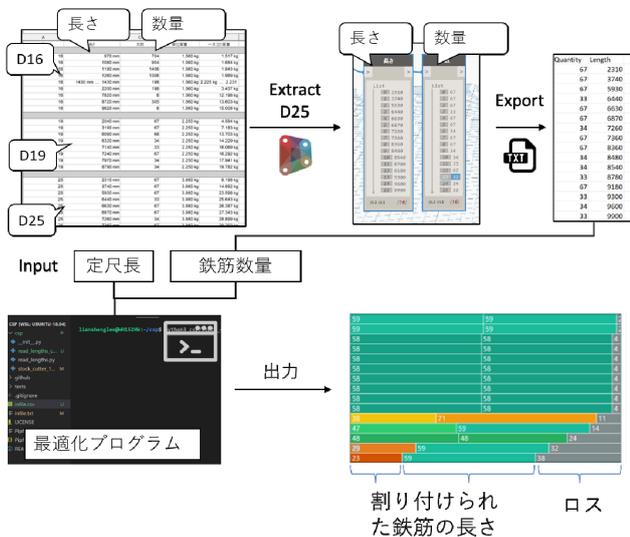


図-8 注文数量の自動出力機能の検証フロー

## 6. 現場実装に向けた取り組み

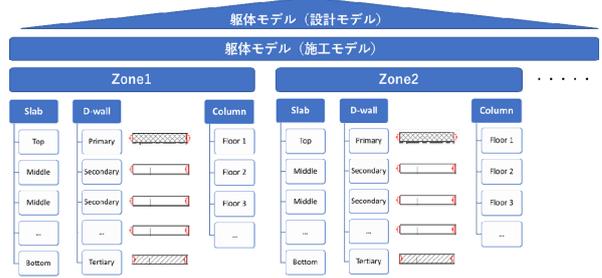
開発したシステムを現場実装する際に検討すべき項目を表-5にまとめる。設計施工一括発注方式（DB方式）では施工者は設計業務について請負契約を設計会社と締結するケースが一般的である。この時、設計者から提出

される配筋図は基本設計図面であり、施工性を考慮した配筋計画を立てる。開発した詳細設計システムのうち、「配筋の自動モデリング機能」には入力値を与えることが必要となるため、立案した配筋計画を「指示書」としてまとめCADオペレータへの指示及び入力値を生成することが必要となる。次に、「面層の自動分類機能」を活用するための分類方法を施工ステップや部位に応じて決定する必要がある。駅舎を対象とした際のモデルの構成例を図-9に示す。

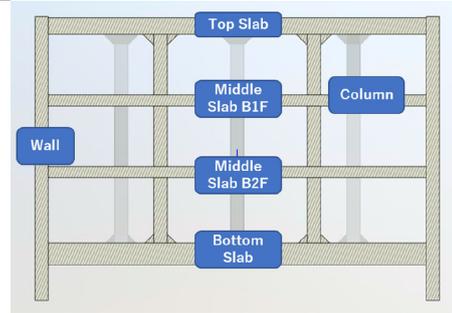
表-5 現場実装時の検討項目一覧

検討項目	検討内容
指示書	設計者から提出される基本設計に対して施工者の配筋計画情報を考慮したドキュメント CAD オペレータが参照するほか、配筋の自動モデリング機能の入力値となる
モデル構成	施工ステップや部位に応じた面層の分類
テンプレート作成	図枠、各種パラメータなど配筋モデルに必要な基礎情報が入力されたテンプレートファイル
運用に必要な組織体制	本システムを活用し照査、モデル化、施工図作成可能な組織

### モデルの構成例



### 部位の分類例



### 施工ステップの分類例

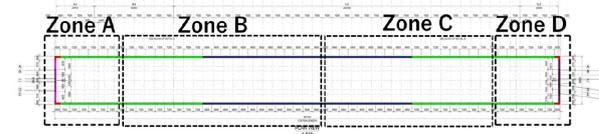


図-9 駅舎を対象とした分類例（左上：モデルの構成例，右上：部位の分類例，下：施工ステップの分類例）

## 7. 結論と今後の展望

本稿では「コンクリート構造物の構造細目の照査及び配筋施工図作成」を対象とする詳細設計システムの構築を実施した。また、検証を通じて、定義した要求仕様をすべて満たすシステムが構築されたことを確認した。さらに現場実装に向けた検討項目を整理した。今後は、本システムの実用化に向けて現場実装を進めていきたいと考えている。

### 参考文献

- 1) 第5回 BIM/CIM 推進委員会：令和5年度の BIM/CIM 原則適用に向けた進め方， pp.10-11， 2021， <<https://www.mlit.go.jp/tcc/content/001389577.pdf>> (入手 2025.7.9).
- 2) 土木学会 建設マネジメント委員会 i-Construction 特別小委員会：小委員会活動報告書 PartIII WG3 「国際標準・データプラットフォーム・プロセス間連携」， pp.22-30， 2022.
- 3) 松下文哉， 連勝， 大野広志， 荒木尚幸：3次元プロダクトモデルを活用した配筋種別自動分類プログラムの開発， 第47回土木情報学シンポジウム（投稿中）
- 4) 松下文哉， 小澤一雅：施工計画策定プロセスに着目した仮設構造物プロダクトモデルの生成手法の開発， 第2回 i-Construction 推進に関するシンポジウム， 2020.
- 5) Fumiya Matsushita, Masaniki Matsubara, Shunsaku Ota, Kairi Saito, Sheng Lian, Kanae Miyaoka, Naoyuki Araki : Development of the automated verification system for structural details of rebar arrangement shop drawings utilizing BIM, Intelligence, Informatics and Infrastructure (投稿中) .
- 6) 有賀貴志， 矢吹信喜， 城古雅典：ブロックモデルを用いた土工計画および積算シミュレーション， 土木学会論文集 F3（土木情報学）， Vol.66No.3, pp.432-446, 2010.
- 7) 有賀貴志， 矢吹信喜：コンクリート構造物の変状管理におけるプロダクトモデルの適用， 土木学会論文集 F3（土木情報学）， Vol.69No.2, pp.71-81, 2013.
- 8) 有賀貴志， 矢吹信喜， 新井泰：変状データを含む開削トンネルのプロダクトモデルの構築， 土木学会論文集 F3（土木情報学）， Vol.68No.1, pp.58-70, 2021.
- 9) 一般社団法人日本建設業連合会：2019 施工 CIM 事例集， 2019

# メタバースで魅せる道路

森 将貴

近畿地方整備局 淀川河川事務所 流域治水課 (〒573-1191 大阪府枚方市新町2丁目2番10号)

和歌山河川国道事務所では2025年6月7日に和歌山県海南市において、国道42号冷水拡幅・有田海南道路事業の現道拡幅区間1.1kmとバイパス事業区間である9.4kmのうち2.9kmが開通した。

本稿では開通以前に作成した、BIM/CIM統合モデル+ゲームエンジン+ビジュアルライゼーションツールを用いた仮想空間における新たなプレゼンや広報への活用方法についての所見を示す。

キーワード DX, BIM/CIM, 仮想空間 (メタバース)

## 1. はじめに

### (1) 冷水拡幅・有田海南道路事業の概要

国道42号冷水拡幅は、有田海南道路と接続する海南市冷水(かいなんししみず)～海南市藤白(ふじしろ)までの延長1.1kmの現道拡幅事業である(図-1)。

事業区間は、阪和自動車道海南ICとの合流区間において4車線化から2車線へ車線数が減少しているため、朝夕ピーク時や休日に大規模な渋滞が発生しており、これらの課題を解決することを目的として現道拡幅事業を行っている。

国道42号有田海南道路は、有田市野(ありだしの)～海南市冷水までの延長9.4kmの事業である。

現道の国道42号は、朝夕ピーク時や休日に大規模な渋滞が発生している。

また、沿線には小学校や中学校が立地し、通学路としての利用もある中で、追突をはじめとする交通事故が多発している。

さらには、近い将来発生も予想されている南海トラフ巨大地震が発生した場合、津波により浸水し、道路が寸断されると予測されており、これらの課題を解決することを目的としたバイパス事業である。(図-1)

### (2) BIM/CIMの概要

BIM/CIM (Building / Construction Information Modeling, Management) とは、建設事業で取扱う情報をデジタル化することにより、調査・測量・設計・施工・維持管理等の建設事業の各段階に携わる受発注者のデータ活用・共有を容易にし、建設事業全体における一連の建設生産・管理システムの効率化を図ること。

BIM/CIMの導入の目的は、建設事業で取扱う情報をデジタルデータとして統合管理することで、受発注者の

データ活用・共有を容易にし、建設生産・管理システム全体の効率化を図ることです。3次元モデルや点群データ、GISなど(図-2)、目的に応じたデータやツールを活用し、建設事業で取り扱う情報を統合管理することで効率的に事業を進めていくことが可能となる。

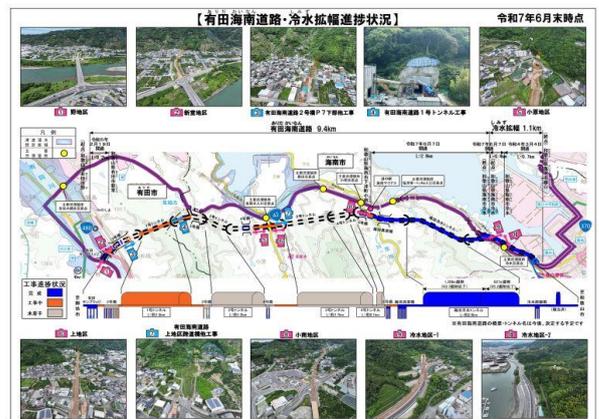


図1 冷水拡幅・有田海南道路 事業進捗図

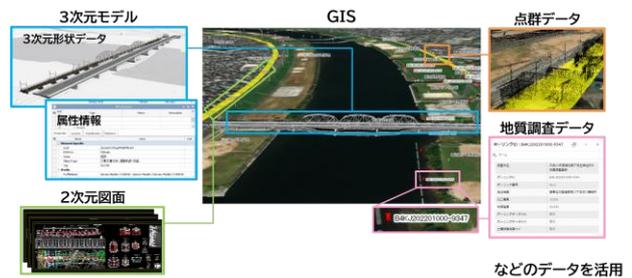


図2 BIM/CIMで使用する主なデータ

## 2. BIM/CIMモデルの作成方法

設計図面・工事図面を用いて（図-3）のBIM/CIMモデル作成フローに沿って仮想空間内に冷水拡幅・有田海南道路の完成モデルを下記ソフトウェアを使用し作成。

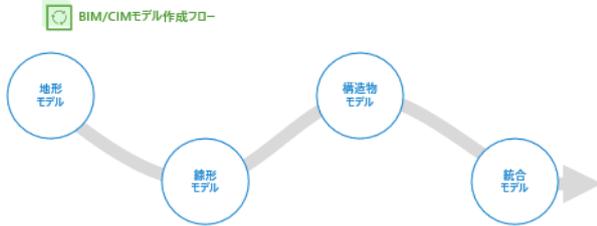


図 3 BIM/CIMモデル作成フロー

### (1) 地形モデル

和歌山県公開の点群データから地形モデルの精度を1mメッシュで生成。（図-4）

### (2) 線形モデル

線形図から線形モデルを作成し、平面・縦断・片勾配等のすべての線形情報を付与。（図-5）

### (3) 構造物モデル

線形モデルに沿って道路モデルを作成  
擁壁や擁壁や側溝、函渠、柵等の構造物を作成、  
橋梁、トンネル、建築物等の主要構造物を作成。信号機や防護柵等の付属物を作成（図-6）

### (4) 統合モデル

(1)～(3)の全てのBIM/CIMモデルを一つに統合、各モデルの妥当性を確認、適宜修正。（図-7）

### (5) 使用したソフトウェア

#### a) 「TREND-CORE（福井コンピュータ）」

BIM/CIMモデル作成のうち90%はTREND-COREを使用、線形モデル、道路土工モデル、道路付属物モデル、橋梁上部工モデル、トンネルモデルを容易に作成可能。

#### b) 「TREND-POINT（福井コンピュータ）」

点群データ処理、地形モデル作成が可能、大容量の点群データを短時間で処理可能。

#### c) 「V-nasClair（川田テクノシステム）」

橋梁下部工モデルの作成が容易。で線形モデルや道路土工モデル等、TREND-CORE同様あらゆるBIM/CIMモデルの作成が可能だが、大容量データに対する処理落ちや他ソフトウェアへ移行した場合のデータの不具合が多々発生。

#### d) 「Infraworks（Autodesk）」

地形を含めた全てのBIM/CIMモデルを統合モデルとして作成が可能であり、航空写真・オルソ画像を地形に貼

付が容易。

また、大容量データに対する処理が可能で、BIM/CIMモデルソフトウェアの中ではグラフィック性が最も高い。

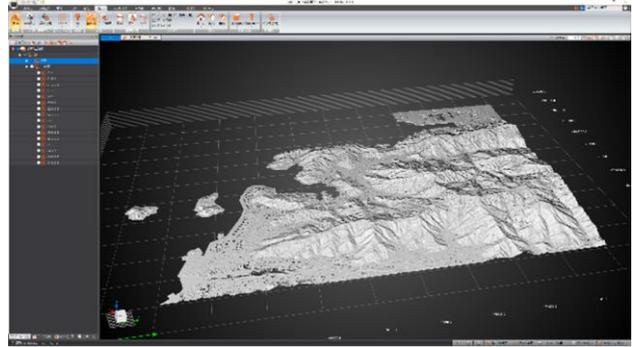


図 4 地形モデル

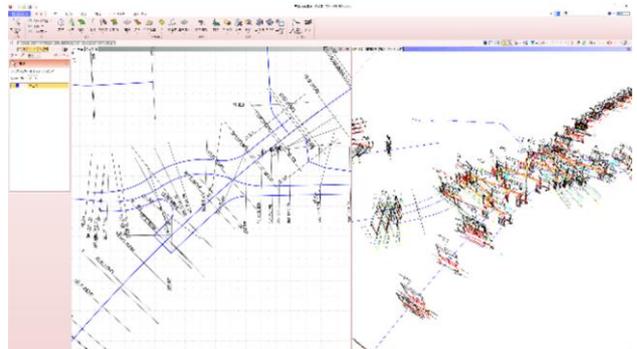


図 5 線形モデル

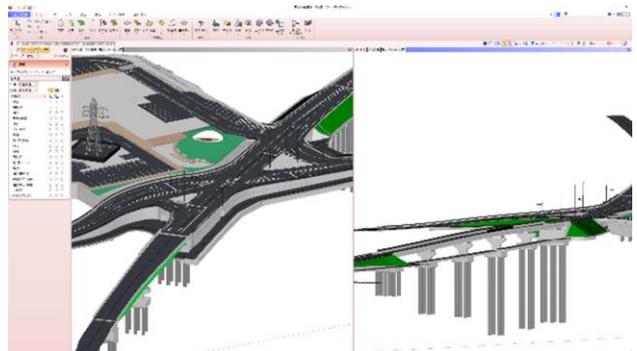


図 6 構造物モデル



図 7 統合モデル

### 3. ゲームエンジンによる応用利用

#### (1) ゲームエンジンとは

ゲーム開発において、共通して用いられる主要な処理を代行し効率化するソフトウェアの総称で、高精度な3DCGの作成、リアルタイム表示に強みを持ち、限りなく現実に近いデジタル空間（デジタルツイン）の作成が可能とし、本格的なものは物理演算エンジンを内蔵しており、重力や風の影響をはじめ、流体の動きも再現が可能である。

今回使用したUnreal Engineについても自分の思い通りに歩く、走る、飛ぶが可能となり、車両やヘリ等の乗り物に乗車し、操作をすることができるなど現実に近い感覚を体感出来る体験型事業PRを実現する、プログラミング次第では、現実に生じる物理現象はほぼ再現が可能である。（図-8）

#### (2) ビジュアライゼーションツール

今回使用したEpicGamesはゲームエンジンであるUnreal Engineの他にTwinmotionというビジュアライゼーションツールを提供しており、リアルタイムレンダリング、ライティング、マテリアル、天気、時刻、季節などの設定がゲームエンジンよりも比較的容易に設定可能である。

#### (3) プログラミング

基本的に詳しい日本語の説明書や文献があまりないため、海外の人があげているYoutube動画を参考にプログラムを組んでいる。

ゲームエンジンの開発元がアメリカの企業のため、プログラム等の処理は全て英語でなければエラーが発生する。



図 8 体験型広報イメージ

### 4. 仮想空間における新たなプレゼンテーション・広報活動

3Dモデルを用いることで、事業の全体像を直感的に理解することが容易となる。

特に公共事業においては、一般の方に対して具体的で

分かりやすい情報提供が求められるため、広く普及しているゲームエンジンと組み合わせることにより、図-8のように会議室などでの説明時にも実際の現場を再現したBIM/CIM+ビジュアライゼーションツールによる3DCG動画やプレゼン資料を用いることで現場にいるような臨場感のある説明を可能とすることができより理解が深まると考えられる。

また、一般の方や関係者が自分で仮想空間を探索し、設計案に関する意見をフィードバックできるプラットフォームを提供することで、広報活動の効果を高めることができる。

#### (1) 実際の活用事例

冷水拡幅・有田海南道路では開通前プレイベントを2回行っており、両方でメタバース体験会を開催している、

そのイベント内にて実際に作成した冷水拡幅・有田海南道路のメタバース空間をマルチプレイ・タイムトライアル・フリープレイの3つに分けて体験してもらい（図-9）、感想や意見をフィードバックできるプラットフォームとしてアンケートを行い「メタバース体験は道路広報ツールとして有効か」というアンケートを5段階でしてもらい、1回目は評価が4.46で2回目が4.62でも高評価を得ることができた。（図-10）



図 9 冷水拡幅・有田海南道路のメタバース体験会

8. 今回の取り組み(メタバース体験)は新たな道路広報ツールとして有効と感じましたか？



8. 今回の取り組み(メタバース体験)は新たな道路広報ツールとして有効と感じましたか？



図 10 アンケート結果

また、メタバース体験会以外にもX（旧twitter）にPR動画を投稿し、再生数：4.4万回、いいね：335、リポスト：119件あり、投稿動画に対して多数の期待のコメントが送られるなど新たな広報手段として実感できた。（図-11）



図 11 X（旧 twitter）広報動画

## (2) 課題

### a) 技術的な課題

BIM/CIMデータを異なるプラットフォームで統合し、ゲームエンジンに適用する際の互換性の問題がある。

また、複雑なデータをリアルタイムで処理するためにグラフィックボードなどのハードウェアの要件が高いという課題があげられる。

### b) 人材の課題

建設DXの一環として今回の取り組みを行っているが、デジタル技術を扱える技術者やBIM/CIMモデル作成やゲームエンジンによる応用利用ができる技術者の育成が不

足しており、作業の進行速度の低下や画期的な代替案に限りがある。

### c) 先進技術のマニュアル化

ゲームエンジンは様々な現象やシミュレーション、ビジュアライゼーションの表現が可能だが、使いこなすためには豊富なプログラミング能力とツールに対する理解度の向上が不可欠だが、詳細なマニュアルは存在しないため、独学で技術を身に付ける必要がある。また、アメリカ由来のソフトウェアであるため言語の縛りが厳しく、理解するには困難を極める。

そのため、誰もが簡単に使用できるようになるためにマニュアル化が必要である。

## 5. まとめ

本事業で作成したBIM/CIM統合モデル+ゲームエンジン+ビジュアライゼーションツールを用いた仮想空間は事業の広報活動としては、X（旧twitter）や開通前イベントでも一定の成果を上げることができていると考えられるが技術的な課題が多く残っているため、今後も継続的な試行や検証を行い積極的な活用を推進していく。

**謝辞：**本稿の執筆にあたり、ご助言、参考資料の提供等ご協力いただきました関係者の皆様に深く心より感謝申し上げます。

### 参考文献

1) 国土交通省：BIM/CIMポータルサイト

# 工事監督業務における 生成AIの活用検討について

太田 宏生<sup>1</sup>

<sup>1</sup>滋賀県 南部土木事務所 道路計画第二課 (〒525-8525滋賀県草津市草津三丁目14-75)

地方自治体は、少子高齢化および住民ニーズの多様化等の社会課題に直面しており、行政運営の改革が求められている。また、長年の慣習による組織の硬直化および人員不足、ITスキル不足等により、効率的な行政運営に支障をきたしている。

その一方で、近年、行政サービスの効率化と質の向上を実現する手段として、デジタルトランスフォーメーション(以下「DX」とする)が必要不可欠とされている。特に生成AIは、専門知識が必要とされる複雑な課題に対して、平易で正確な解決案の提供が可能であり、組織の問題解決および意思決定がより迅速に行えることから、急速に注目されている。

本報告では、工事監督業務における生成AIの活用検討を行い、業務の効率化および質の向上の可能性を検証した。具体的には、生成AIを用いたPythonによる簡易アプリの開発を行い、実務で試験運用し、その効果を検証した。

本報告が、今後促進される業務のDX化の参考になると考えている。

キーワード DX, 生成AI, Python, アプリ開発, 工事監督

## 1. はじめに

少子高齢社会、激甚災害、環境問題、地域経済活性化およびデジタル化といった多様化する社会ニーズへの対応は、インフラ整備において重要な課題の一つである。従来の画一的なインフラ整備ではなく、柔軟で持続可能なインフラの構築が求められている。

また、増大する維持管理への対応も重要なテーマである。インフラ設備は、高度経済成長期に多くが建設されている。橋梁を例に挙げると、構造により法定耐用年数45年もしくは60年<sup>1)</sup>とされているが、本県では約20年後には約80%の橋梁が供用年数50年超となる<sup>2)</sup>。今後、維持管理にはこれまで以上に多大な労力が必要となる。

さらに、本県における人口の将来推計は2020年に比べて2050年までに約14%減少し、人口の将来構成比は高齢者人口が約21%増加する見込みであり<sup>3)</sup>、労働人口が大きく減少する。

また、本県における職員採用試験の状況(技術職)について、競争倍率は平成26年に4.1倍であったが、令和5年に2.4倍まで減少している。さらに、30代までの退職者は、約3.6倍まで増加している<sup>4)</sup>。

今後労働人口が減少する中で、さらに土木技術職員の確保が困難になることは想像に難くない。

以上より、県土木行政は、多様化する社会ニーズと増大する維持管理に対して、さらに少数の職員で立ち向かう必要があり、これまでの業務効率化の枠を超え、抜

本的な業務の見直しと再構築が求められる。

その中で、近年、行政運営を改革する手段として、DXが必要不可欠とされている。特に生成AIは、専門知識が必要とされる複雑な課題に対して、平易で正確な解決案を提供が可能であり、組織の問題解決および意思決定がより迅速に行えることから、急速に注目されている。

本報告では、工事監督業務における生成AIの活用検討を行い、業務の効率化および質の向上の可能性を検証した。具体的には、生成AIを用いたPythonによる簡易アプリの開発を行い、実務で試験運用することで、その効果を検証した。

## 2. 工事監督業務の現状と課題

### (1) 工事監督業務の定義

本報告で対象とする工事監督業務とは、土木事務所では技術系職員が執行する業務のうち、工事に関するもの(委託業務を除く)と定義する。

### (2) 現状の把握方法

本報告におけるDX化の検討は、暫定的に本稿の著者を具体的なターゲットとして設定し、現状の把握および課題の抽出をおこなった。その意図は、新技術が導入される際に、往々にして生じる労力や高額なコストをかけながら、現場の課題やニーズとマッチせず、機能しないことを防止するためである。

表-1 業務内容の記録表

4月	8		9		10		11		12	
計画	実績	計画	実績	計画	実績	計画	実績	計画	実績	
7:00-7:30	スケジュール	スケジュール	スケジュール	スケジュール	スケジュール	スケジュール	スケジュール	スケジュール	スケジュール	
7:30-8:00	工事管理システム	積算								
8:00-8:30	本業	積算								
8:30-9:00	本業	積算								
9:00-9:30	準備	積算								
9:30-10:00	準備	積算								
10:00-10:30	積算	積算	積算	積算	積算	積算	積算	積算	積算	
10:30-11:00	積算	積算	積算	積算	積算	積算	積算	積算	積算	
11:00-11:30	積算	積算	積算	積算	積算	積算	積算	積算	積算	
11:30-12:00	積算	積算	積算	積算	積算	積算	積算	積算	積算	
12:00-13:00	積算	積算	積算	積算	積算	積算	積算	積算	積算	
13:00-13:30	積算	積算	積算	積算	積算	積算	積算	積算	積算	
13:30-14:00	積算	積算	積算	積算	積算	積算	積算	積算	積算	
14:00-14:30	立会	立会	立会	立会	立会	立会	立会	立会	立会	
14:30-15:00	立会	立会	立会	立会	立会	立会	立会	立会	立会	
15:00-15:30	立会	立会	立会	立会	立会	立会	立会	立会	立会	
15:30-16:00	立会	立会	立会	立会	立会	立会	立会	立会	立会	
16:00-16:30	立会	立会	立会	立会	立会	立会	立会	立会	立会	
16:30-17:00	立会	立会	立会	立会	立会	立会	立会	立会	立会	
17:00-17:30	立会	立会	立会	立会	立会	立会	立会	立会	立会	
17:30-18:00	立会	立会	立会	立会	立会	立会	立会	立会	立会	
18:00-19:00	立会	立会	立会	立会	立会	立会	立会	立会	立会	
19:00-20:00	立会	立会	立会	立会	立会	立会	立会	立会	立会	
不明										

まず、著者の業務プロセスを明確に可視化するため、一年間の業務内容 1,896 時間を毎日 30 分単位で精緻に記録した。記録表の一部抜粋したものを表-1 に示す。前提条件として、本報告の目的は、これまでの業務効率化の枠を超えた抜本的な業務の見直しと再構築である。そのため、単純な業務の効率化は、除外する必要がある。当該効率化とは、非本質業務の排除および業務の選択と集中、段取りの合理化等を指す。具体的には非生産的な会議の削減や現場技術員の有効活用、徹底した業務管理等である。当該効率化は、今回の記録の一昨年度に実施し、年間残業時間は約 30%、100 時間以上削減することに成功した。その上で、一職員の取り組みでは改善できない組織的な業務プロセスやシステムによる現状を把握し、課題を抽出することを試みた。

**(3) 工事監督業務の現状と課題**

工事監督業務の現状について、図-1に先述の方法で記録した結果を示す。10業務に分類し、その割合をグラフにしている。積算・改算業務が38%であり、最も大きなウエイトを占めている。工事関係資料作成、工事立会・協議、地元・関係者協議、内部協議、工事管理システムの順で割合が大きい。

課題抽出にあたり、一定の業務量があるものを対象とするものとし、年間約100時間（割合5%）以上がある業務を対象とした。また工事立会・協議は、現場技術員の活用およびWEB立会等で大幅に効率化しており、改善の余地が少ないことから対象外とする。また、内部協議も、不要な会議の削減等により、改善の余地が少ないことから対象外とする。

以上より、積算・改算、工事関係資料作成、地元・関係者協議、工事管理システムの4業務を対象として課題抽出を行った。

**a) 積算・改算について**

積算・改算とは、入札もしくは変更契約に用いる設計書の作成およびチェックのことである。

設計書は、特記仕様書、数量総括表、設計書、数量計算書、積算資料および図面からなり、メインとなる設計書だけでも百ページを優に超え、全体で数百ページに及ぶ。作成には時間を要するが、そのチェックにも相当の

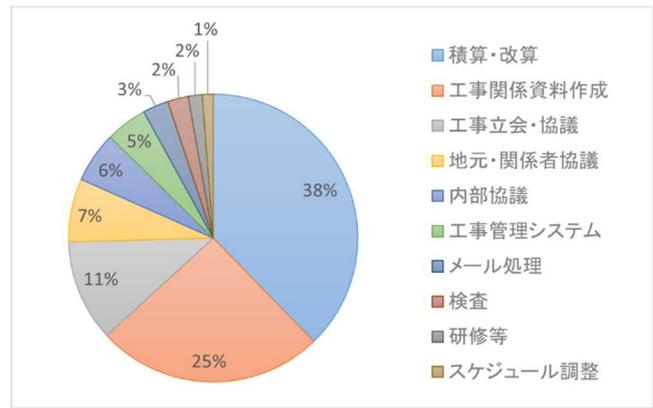


図-1 年間業務構成率

時間を要する。設計者および改算者は、1 ページずつもれなくチェックしていく必要がある。

現状の対策は、間違いやすい箇所を 41 項目のチェックリスト化したり、改算者を二人以上としたりしてミス の低減を図っている。しかし、数百ページの資料を一つのミスなく作成することは物理的に不可能であり、入札中止等が頻発している。そのため年々チェック項目を増やす等、改算に更に時間をかける悪循環が生じている。他の業務を圧迫したり、本来重視すべき設計内容の精査が後回しになったりという弊害が生じている。

**b) 工事関係資料作成等について**

工事関係資料作成とは、受注者からの設計照査、疑義の回答資料や設計変更協議書、各種法令に係る申請書の作成を指している。

当該資料の作成は、技術的な判断が求められ、基準書等に則り行う必要がある。基準書等は、県HPに掲載されているものだけでも、設計便覧(共通編、道路編、河川編等)、滋賀県一般土木工事等共通仕様書、滋賀県一般土木工事等工事必携(38指針、要領等)等があげられる。その他、国土交通省の指針、要領や滋賀県内規、民間が発行している各種基準と枚挙にいとまがない。また、それらは常に改良され、変更通知という形で各担当に知らされる。本報告の調査期間内(1年間)に、著者が受け取った変更通知等は119件であった。長く監督業務に携われば、知りたい情報のあたりをつけられるが、若手職員や経験が浅い分野の内容は、数多の基準書を一から探していく必要があり、非常に非効率な状況である。

**c) 地元・関係者協議について**

地元・関係者協議は、工事を円滑に進めるうえで重要な要素であり疎かにできない。一方で、近年の社会的ニーズの多様化により、地元対応は難化している。

課題として、公務員は短い期間で人事異動があり、その度に積み重ねてきた経験がリセットされる。前任者からの引継書は存在するが、細かな協議のやり取りは議事録等を遡る他ない。後任の担当者は、議事録等の調査に

非常に時間を要し、地元等の要望に対して後手に回ることが多い。また、監督職員は、膨大な要望等にさらされることが常である。時間のない中で、自ずと画一的な対応になることが多くなる。

その他、労働時間の削減や職員数の減少から、若手職員が一人で対応する機会が増えていることも課題である。

#### d) 工事管理情報システムについて

工事管理情報システムは、受発注者が工事関係書類をやり取りするシステムである。工事関係書類は、非常に膨大であり、大規模な工事になれば、段ボール 10 箱ほどになる。監督職員は、工事管理情報システムにあがってくる書類を一つずつチェックし、適正に工事が実施されているか確認する必要がある。

課題について、施工計画書を例に紹介する。施工計画書は、その名のとおり工事の施工計画を記したものであり、工事概要、工程、施工体制、施工方法、管理方法等が記載されている。工事受注者が工事着手前に監督職員に提出され、当然のことながら工事着手までに監督職員もそれらを確認しておく必要がある。大規模な工事で百五十ページほどの書類であり、工事検査課が検査時に用いるチェックリストでは、62 のチェック項目がある。多忙な業務の合間に、施工計画書をチェックすることは、監督職員に相当の負担となる。本来であれば、工事をより良いものとするために、現場条件にあった記載になるように受発注者間で調整必要があるが、画一的な最低限の項目が記載されているかのチェックになることが多い。

### 3. 生成AIおよびプログラミング言語Pythonについて

本章では、まず使用した生成AIおよびプログラミング言語Pythonの概要を示し、次に簡易アプリの開発方法について示す。

#### (1) 生成AIの概要

生成 AI とは、膨大なデータを学習し、それを基に文章や画像、プログラムコードなどを自動生成する技術である。生成 AI は、ニューラルネットワークなどの機械学習アルゴリズムを用いてデータパターンを抽出し、そのパターンに基づいて新しいコンテンツを作成する。

今回は日本において最も知名度のある OpenAI 社の ChatGPT を使用した。ChatGPT は、他の生成 AI と比較して、汎用性と自然な応答において優れている。複雑な質問にも論理的かつ詳細な回答を提供し、幅広いトピックに対応可能である。多くの生成 AI が特定のタスクに特化しているのに対し、ChatGPT は幅広いタスクに柔軟に対応できる点が大きな強みである。

#### (2) Pythonの概要

本報告で使用したプログラミング言語 (Python) の概

要を以下に示す。

Python は、シンプルな構文と豊富な標準ライブラリを持つプログラミング言語である。Web 開発、データ解析、人工知能、科学計算、システム自動化など幅広い分野で活用されており、オープンソースで提供される標準ライブラリが充実している点も魅力である。これにより、初学者でも複雑な処理を簡単に実装でき、スムーズに学習を進めることができる。

#### (3) アプリ開発方法

アプリ開発方法は、Chatgptに作成したいアプリの概要を質問するだけである。例えば、「次の要件を満たすアプリ作成したいため、Pythonのプログラムコードを生成してほしい。デスクトップ上のPDFを読み込み、PDFにふくまれる任意のキーワードを検出する。キーワードが含まれる文章とページ番号を出力する。」という質問を行う。すると、Pythonのプログラムコードが生成される。Pythonで当該コードを実行し、修正箇所があれば、修正したい内容をChatgptに質問する。その繰り返しにより簡単にアプリ開発が可能である。

### 4. 生成AI活用したアプリの開発について

本章では、第2章で抽出した課題をもとに、監督業務補助アプリの開発を行った。アプリの概要、効果等について以下に示す。

#### (1)設計書チェックアプリ

設計書を自動でチェックできるアプリを開発した。当該アプリのチェック画面を示す (図-2)。

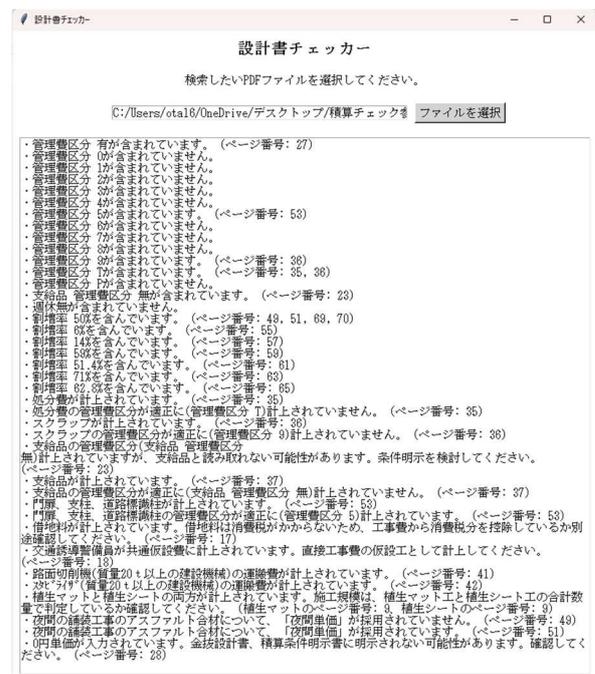


図-2 設計書チェックアプリ

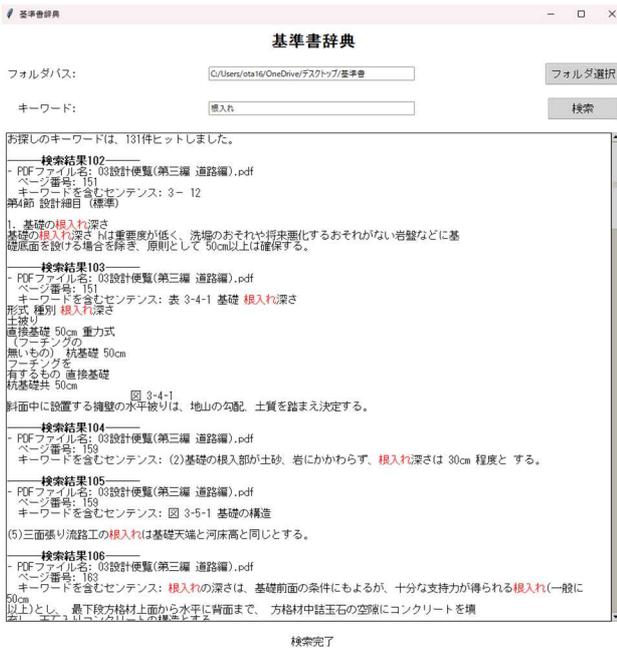


図-3 基準書一括検索アプリ

設計書チェックアプリの利用方法は次のとおりである。まずチェックした設計書の PDF ファイルを選択する。するとあらかじめプログラムした検索ワードの有無により、チェック項目の記載の有無や積算ミス、積算条件等明示の注意点等が、該当ページ番号とともに出力される。チェックできる項目は、38項目である。

改善点としては、設計書だけでなく積算条件等明示書や数量計算書を同時に相互的にチェックできるシステムに改善する必要がある。また、新積算システムに移行して日が浅いため、今後生じる積算ミスを分析し、システムに組み込んでいく必要がある。

本アプリを活用する利点は次のとおりである。まず、定型のチェック項目を一つずつ確認する時間を削減できる。試算では、県全体で約 1578 時間/年の業務時間削減が可能と想定される。

また、何ページにチェックすべき項目が含まれるか出力されるため、見落としが無くなり、申し送りも容易になる。積算システムの文言や表記が統一されているため、検索ワードが確実にチェックされ、人為的なミスがゼロになる。

因みに、本アプリの開発期間は、約8時間である。

## (2) 基準書一括検索アプリ

複数の基準書等から探したいキーワードを一括で検索できるアプリを開発した。当該アプリの検索画面を示す(図-3)。

基準書一括検索アプリの利用方法は次のとおりである。まず複数の PDF 化された基準書が含まれるフォルダを選択する。次に、検索したいキーワードを入力し、検索ボタンをクリックする。するとキーワードのヒット数、キ

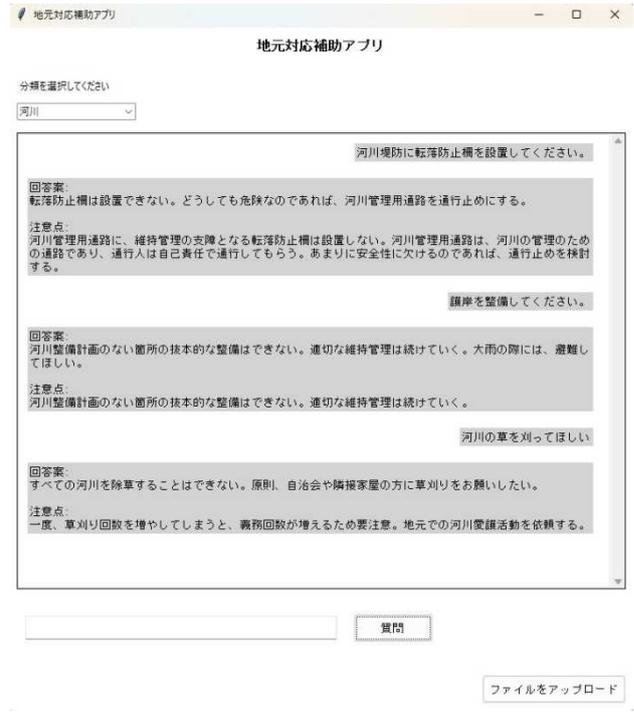


図-4 地元対応補助アプリ

ーワードが含まれる基準書等の名称、ページ番号、文章が出力される。工夫した点は、視認性を高めるため、キーワードが赤字で出力されるようにした。また、基準書名とページ番号が出力することで、検索された文章の前後を確認することが容易である。

本アプリを活用する利点は次のとおりである。まず、基準書の一つずつ確認する時間を削減でき、効率的な業務が可能となる。試算では、県全体で約 4,540 時間/年の削減が可能と想定される。その次に、キーワードに関する複数の基準が確認できることから、検索結果を確認するなかで知識を広げることが可能である。例えば、「根入れ」と検索すれば、河川設計便覧における護岸の根入れは 1m であるが、道路設計便覧における擁壁は 50cm、ボックスカルバートのウイングは鉛直で 1m といった検索結果が一度で確認できる。

改善点としては、図表の出力ができないため(表内の文字は検出可能)、今後改善する必要がある。

因みに、本アプリの開発期間は、たったの2時間である。

## (3) 地元対応補助アプリ

地元対応を補助するアプリを開発した。当該アプリの使用画面を示す(図-4)。

地元対応補助アプリの利用方法は次のとおりである。まず、分類、質問、回答が入力された学習データをアップロードする。次に、分類をドロップダウンメニューから選択する。そして質問欄に質問を入力し、質問ボタンをクリックすると、入力された質問に対する最適な回答がチャットボット表示される。工夫した点は、アプリの

維持を容易にするため、一度アップロードした学習データはログとして残るようにした。また学習データを追加したい場合は、アップロードボタンをクリックして、追加したエクセルファイルを読み込むだけである。

本アプリを活用する利点は次のとおりである。まず、若手職員の場合は、地元要望を受けた際に、上司に相談しなくても、回答のアドバイスを受けることができる。これにより、若手職員だけでなく、相談を受ける上司の業務時間削減につながる。試算では、県全体で約 2,111 時間/年の削減が可能と想定される。また、引継ぎの代わりに、地元要望等を学習データに残すことで、人事異動後の住民対応がスムーズになると考えられる。さらに、それらは回答を受ける住民にとっても利点となる。回答を受ける時間を短縮することや、地域の特性や過去の経緯を何度も説明する手間を省くことができる。

改善点としては、前所属で作成した 460 の議事録を学習データとして利用しており、特定の分類データにとどまっている。学習データの量を増やし、多様な質問に対応する必要がある。

因みに、本アプリの開発期間は、14時間ほどである。

#### (4)施工計画書チェックアプリ

施工計画書を自動チェックできるアプリを開発した。当該アプリのチェック画面を示す(図-5)。

施工計画書チェックアプリの利用方法は次のとおりである。まずチェックしたい施工計画書の PDF ファイルを選択する。するとあらかじめプログラムした検索ワードの有無により、チェック項目の記載の有無や記載内容と記載されているページ番号が出力される。チェックできる項目は、46 項目である。工夫した点は、視認性を高めるため、チェック項目の記載漏れがあれば、その旨が赤字で注意が出力されるようにした。

本アプリを活用する利点は次のとおりである。まず、定型文的なチェック項目を一つずつ確認する時間を削減できる。試算では、県全体で約 1,052 時間/年の削減が可能と想定される。次に、すべてのチェック項目が定型文的な訳ではないが、施工計画書の何ページにチェックすべき項目が含まれているか出力されるため、闇雲にページをめくる必要がなくなる。さらに、出力結果をそのままもしくは加筆して受注者に送付することで、修正指示の手間が軽減される。

実際に工事の受発注者間で試験的に活用したところ、修正すべき内容とページ番号が明確で、修正がスムーズにできる。施工計画書がワンデイレスポンスで返答があれば、工事が円滑に開始でき大変助かるという好意的な意見が受注者から得られた。

改善点としては、施工計画書は各受注者の任意様式であり、文言や表記の統一がないため、独特な文言や言い回し、特殊な表記は検出されない。今後は複数案件で検証を繰り返し、より汎用的な検索が可能となるように



図-5 施工計画書チェックアプリ

改善する必要がある。

因みに、本アプリの開発期間は、17 時間である。

## 5. 生成AIによるアプリ開発手順書(案)について

第4章より、生成AIとプログラミング言語Pythonを用いたアプリ開発が、業務のDX化に一定効果があることが判明した。

今後、生成AIによるアプリ開発を横展開していくにあたり、今回で得た知識を生成AIによる簡易アプリ開発手順書(案)として取りまとめた(図-6)。

構成は以下のとおりである。

- 生成AIの基本操作方法等
- Pythonの基本操作方法等
- 簡易アプリ開発手順
- 簡易アプリ開発注意点
- 参考資料等

生成AIの基本操作方法およびPythonの基本操作方法では、一般的な操作方法を取りまとめた。

簡易アプリ開発手順では、第4章で紹介したアプリ開発を例に挙げ、上手に出力されないときの対処方法なども含め、誰でも分かりやすくアプリ開発に取り組めるように工夫した。

簡易アプリ開発の注意点では、アプリ開発する上で、注意する点を取りまとめた。例えば、個人情報等の入力禁止および万が一入力してしまった場合にも、生成AIの学習に使用されないようにする設定方法を記載している。他にも、Pythonの標準ライブラリーは、オープンソース

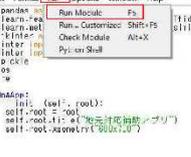
	<p>【コード作成】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・画面内に、直稼コードを書くことができます。</li> </ul>
	<p>【保存】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・コードが作成できたら、実行の前に保存をしましょう。</li> <li>・左上のタブ「File」をクリック</li> <li>・「Save」をクリック</li> <li>・新規ファイルの場合は、名前をつけて保存します。既存ファイルの場合は、上書き保存されます。</li> </ul>
	<p>【名前をつけて保存】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・既存ファイルを上書き保存したくない場合は、以下の操作をしてください。</li> <li>・左上のタブ「File」をクリック</li> <li>・「Save As...」をクリック</li> </ul>
	<p>【実行】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・プログラムを作成し、名前を入れて保存ができたら、プログラムを実行します。</li> <li>・左上のタブ「Run」をクリック</li> <li>・「Run Module」をクリック</li> </ul>

図-6 生成AIによるアプリ開発手順書(案)

ではあるが、著作権フリーではないため、条件によってライセンスの対処が必要であることを記載している。

参考資料等では、アプリの設計図となる要件定義書の事例や今回のアプリ開発に用いた参考書、参考となるHP等を取りまとめた。

以上の手順書を活用することにより、誰でも本報告書で紹介したアプリ開発を再現することが可能である。

実際に有志職員で第一回勉強会を実施し(図-7)、生成AIによるアプリ開発手順書を活用した。半日の勉強会でアプリのフレーム程度であるが、参加者全員がアプリの作成に成功している。今後は、勉強会を重ねるとともに、開発手順書等の研修資料のブラッシュアップを行う予定である。

## 6. まとめ

本報告では、生成AIを用いて監督職員の現状および課題に対応する簡易アプリを開発し、実務で実証することにより、その有効性を確認した。結果はいずれのアプリについても、業務時間の削減や質の向上に寄与することが判明した。一方で、開発時間は非常に短時間であることから、時間および費用対効果が非常に高いと言える。参考に、本報告で紹介した4つのアプリの製作に要した合計時間は41時間であり、県全体で約9,281時間/年の業務削減効果が得られることが分かった。



図-7 第一回勉強会状況

今後の展望を示す。まず、アプリ開発の担い手を増やす必要がある。多くの職員が仕事の方法に課題感を持っている。それらが各々の課題を解決する生成AIを活用した簡易アプリを開発することで、様々な視点から課題を解決するアプリが生成され、業務の効率化、高度化が進むと考えられる。

次に、担い手のスキルアップをする必要がある。外部講師等を招いた研修会や職員同士の情報交換会により、プログラミング知識の向上を図る。

さらに、担い手が作成したアプリの集約を行う。想定される手段は、クラウド上でアプリを共有することで、誰でも自由に利用、改変および再共有する。それにより、アプリ開発の推進、メンテナンスの向上等が図れる。

そして、蓄積されたアプリの需要や仕様をもとに、専門業者にアプリ開発を依頼する。素人が完璧なアプリを開発することは困難である。先述した一連の流れをとおして、真に職員が抱える課題を解決するアプリの製作が可能と考える。

その他として、今回のアプリ開発の経験から、文言や表記等が定型のものをチェックするのは容易で、不定型のものをチェックするのは困難であることが判明した。これは人がチェックする場合でも、AIでも同じである。そのことから工事書類等の定型化を進める必要があると強く考える。

最後に、本報告が今後活用が促進されるAI活用に本報告が参考になることを願う。

## 参考文献

- 1) 大蔵省：減価償却資産の耐用年数等に関する省令；昭和四十年大蔵省令第十五号
- 2) 滋賀県土木交通部道路保全課：橋梁長寿命化修繕計画；令和4年3月
- 3) 滋賀県：滋賀県人口ビジョン；令和6年7月
- 4) 滋賀県総務部人事課：滋賀県人材育成基本方針改定の方向性について；令和6年7月

# デジタル教材による 教育モデルの変革について

小森田 圭亮

株式会社ティーネットジャパン CS事業本部 技術統括部 企画開発室

(〒105-0023 東京都港区芝浦1-1-1) .

今後急速に進行すると予測される建設業界における生産年齢人口の減少を背景に、若年入職者の確保・育成および技術の継承は喫緊の課題である。国土交通省が推進する建設DXやi-Constructionにより、建設現場のデジタル化・オートメーション化・省人化等が進む中、若年入職者の教育にもDXの方針を積極的に取り入れる必要がある。

本論文では、工事の円滑な進捗、品質確保・向上を目的とした「監督」に焦点を当て、「デジタル教材による教育の自動化・効率化」について論じる。具体的には、教育モデル変革の検討から製作、送り出し教育での活用、さらにその評価と今後の展望について詳述する。

キーワード 若年技術者の育成、送り出し教育、デジタル教材

## 1. はじめに

建設業界では労働力不足や高齢化が深刻化しており、生産年齢人口は2040年には2020年比で2割減少すると予測されている。

中堅技術者層が薄いため、熟練技術者がOJT (On-the-Job Training) を担わざるを得ない状況が続く一方で、BIM/CIMやi-Constructionの進展、働き方改革の推進など、業務環境は多様かつ急速に変化している。こうした変化への対応を迫られている熟練技術者は、OJTに充てられる時間が限られており、従来型のOJTは機能しにくくなっているのが現実である。

このような状況下では、若年技術者の技術習得が不十分となり、その結果、熟練技術者の負担が増すという悪循環を招く恐れがある。また、若年技術者は早期に業務へ貢献したいという強い意欲を持っており、体系的かつ安定した教育環境を重視する傾向にある。すなわち教育・育成体制が不十分であることは、離職の一因ともなり得る。

## 2. 教育モデルの変革の背景と目的

### (1) 背景と課題

一般的に若年技術者の教育体制は、着任前の「送り出し教育」と着任後のOJTで構成されている。しかし、従来の送り出し教育は、業務概要の周知やコンプライアンス等の教育にとどまっており、実務に必要な知識の習得

には至っていなかった。そのため、現場の熟練技術者が、OJTにおいて基礎の基礎から指導せざるを得ない状況が続いていた。さらに、現場でのOJTは、担当工事の内容や実施時期、天候などに左右されるため、育成の一貫性を保つことが困難であり、若年技術者の習熟度にばらつきが生じるという課題があった。

この課題を踏まえ、若年技術者が業務着任前に安定的かつ効果的に学習して、基礎知識を習得した状態で現場に着任することで、教育を担う熟練技術者の負担軽減と、教育を受ける若年技術者のエンゲージメント向上の双方を実現する教育体制への再構築が求められた。

### (2) 変革の目標と方針

教育モデルの変革の目標は「発注者支援業務（工事監督支援業務）に必要な技術力の確保」と「人材育成の推進」である。これは単なる知識の習得にとどまらず、現場での即戦力となる技術者の育成を目指すものである。

今回紹介する取り組みは、その初期段階にあたるものであり、若年技術者や現場経験の浅い技術者を対象にしたものである。

彼らが現場に着任する前に、工事監督支援業務の全体像を体系的に理解し、業務の流れや基本的な進め方を把握することに重点を置いている。必要な知識とスキルを身につけた状態で現場に送り出すことで、OJTから初期教育の負担を軽減し、熟練技術者が専門的かつ高度な指導に集中できる環境づくりを目的としている。つまり、OJT中心の従来型教育から脱却し、「送り出し教育」への転換を図るものである。

なお、教育モデルの再構築においては、コロナ禍を契機として一般化したオンライン教育にも着目し、2021年に社内に「DX推進PT」を立ち上げ、デジタル技術を活用した教育手法の検討を開始した。

(3) 教育フローと期待する効果

教育フローとしては、図-1のように、基礎学習（座学）に次いで工事書類の処理や現場状況把握の演習（体験）を経て指導者（以下「トレーナー」という）が受講者の理解度に応じて補足説明等を行う流れをイメージした。また、デジタル教材を用いた教育モデルに期待する効果を、表-1のとおり整理した。

3. 『学習支援システム』で基礎を学ぶ

(1) 学習支援システムの概要

基礎学習には「CANVAS LMS」というeラーニング形式の学習支援システムを採用し、基礎編で業務内容の概要を、実践編で業務の実施方法を学ぶ仕様とした。以下にCANVAS LMSの特徴を紹介する。

- ブラウザ上で利用できるクラウド型の学習管理システムであり、インターネット環境があれば場所や時間を問わず学習できる。
- PowerPointやPDF等のデータをアップロードするだけなので、既存の研修資料等をすぐに教材として活用できる。

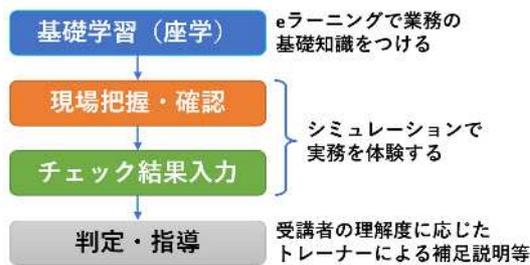


図-1 教育フローイメージ

表-1 デジタル教材を用いた教育モデルの期待効果

効果分類	項目	内容
学習スタイルの改善	自己学習の促進	場所を選ばず個人のペースで学習できる柔軟性
教育品質の安定化	バラツキのない画一的な教育	教育内容の均質化
教育成果の向上	理解度データ分析の活用	理解度に応じた補足説明や教材改善
運用効率の向上	教材の更新の簡便さ	最新情報の迅速な反映

- 大容量の動画データや外部サイトへのリンクも可能
- 各コースには自動採点機能付きの小テストや課題を組み込むことができ、受講者は自身の理解度を確認しながら学習を進めることができる。
- トレーナーは、受講者の小テストの結果をいつでも確認でき、受講者の理解度に応じてピンポイントの補足説明や再学習を指示することができる。

(2) 基礎編で業務概要を学ぶ

基礎編では、発注者支援業務共通仕様書（以下「共通仕様書」という）に示された業務内容、および業務体制や関係者との関わりについて、ナレーション付きで解説している。図-2にその一部を示す。

共通仕様書に記載されている業務内容は、以下の5項目である。

- 工事契約の履行に必要な資料の作成
- 工事の施工状況の照合等
- 地元および関係機関との協議資料の作成
- 工事検査への臨場
- その他（災害対応時、緊急時等）

業務を適切に履行するためには、常に根拠に基づいた判断および発言が求められる。そのため、受講者がテキストに記載された文言を単に暗記するだけでは不十分である。そこで、解説には「共通仕様書 第4編 工事監督支援業務 第4002条 業務内容」など、参照先となる条文へのリンクを設けており、受講者が記述の根拠を自ら確認する習慣を身につけられるようにしている。

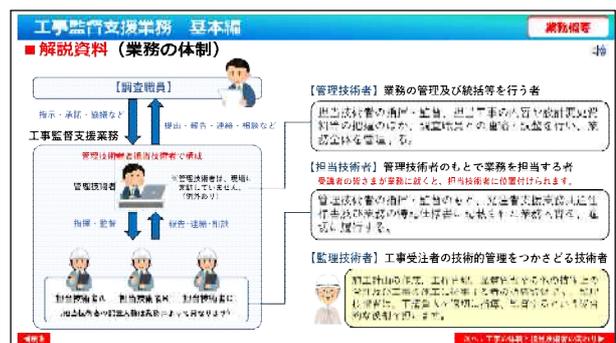


図-2 基本編（抜粋：業務概要、業務の体制）

(3) 実践編で実務と手法を学ぶ

実践編では、担当技術者が現場で求められる実務とその手法を体系的に学習することを目的としている。特に、若年技術者や現場経験の浅い技術者が、工事の施工状況をイメージしたうえで、担当技術者として着任した際に「どの場面で何をするのか」を具体的に理解できるように設計されている。

受講者が業務工程を理解しやすいよう、「橋梁下部工事」をモデル工事に選定した。この工事は、段階確認や施工状況の把握の実施時期や頻度が明確なため、学習対象として適していることが理由である。

図-3が一般的なT型橋脚の工事工程（準備工から完成検査まで）と、どの段階で工事書類の確認や現場状況の把握等のイベントが発生するのかを表した工程表である。ただし、若年技術者や現場経験の浅い技術者が言葉だけ施工状況をイメージするのは難しいため、現場経験のない技術者でも施工状況を視覚的に把握できるよう、動画やアニメーションなどのコンテンツ（外部コンテンツへのリンクも含む）を用意している。

本プログラムの主な学習項目は、「工事契約の履行に必要な資料作成」と「工事の施工状況の照合等」の二つである。前者では、工事初期に対応する共通書類と施工中に適時対応する工事書類を分類し、書類作成の手順と参照すべき根拠および注意点について実例を交えて説明している。後者では、設計図面と施工状況を照合する際の着目点や、適否を判断するための基準および不適合が及ぼす品質への影響等を詳細に説明している。

具体的な例を示すと、図-4は「段階確認\_鉄筋組立完了時」における鉄筋ピッチの確認手法である。スケールの当て方からピッチの計算方法、適否の判断において勘違いしやすいポイントを解説している。

工事書類についても同様で、指示や通知等に必要な資料の作成例や、工事受注者から提出された資料のチェックポイント、発注者への報告・相談方法なども解説しており、現場対応力の向上に直結する内容となっている。

4. 『VRシミュレーション』で体験する

『VRシミュレーション』は、学習支援システムで習得した基礎知識を、実務に即した形で体験し、定着させることを目的とした実践型の学習コンテンツである。特に「工事の施工状況の照合」に関する理解を深めるために設計されており、現場で求められる観察力や判断力を養うことを狙いとしている。

受講者は、図-5に示す「橋梁下部工事」をモデルとしたバーチャル空間で工事の進捗に応じて段階確認、施工状況の把握、立会などの監督支援業務を体験する。学習メニューは表-2のとおりである。

受講者は、工事特記仕様書や設計図面と空間内のモデルを照合し、「土木工事監督技術基準」に基づき施工の適否を判断し記録する。

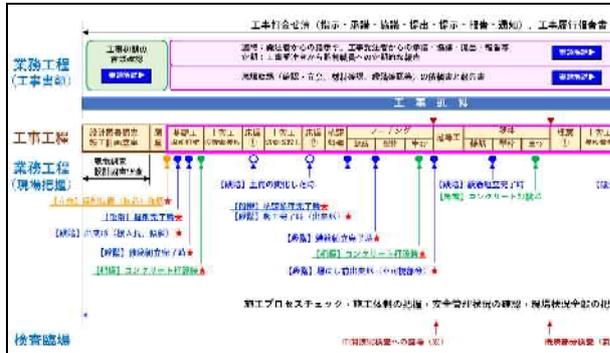


図-3 実践編 (抜粋：工事工程に沿った業務工程)

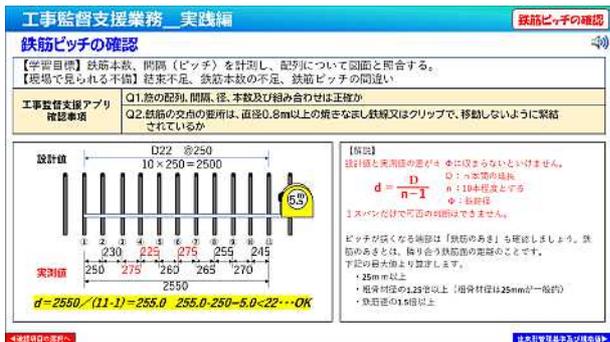


図-4 実践編 (抜粋：段階確認の手法解説)

表-2 VRシミュレーションメニュー

重要構造物(橋脚フーチング)	
段階確認	鉄筋組立完了時
施工状況の把握	コンクリート打設時
段階確認	埋め戻し前(出来形)
立会	圧縮強度試験
場所打ち杭	
立会	掘削位置(杭芯)・掘削機械設置高
段階確認	掘削完了時
段階確認	鉄筋組立完了時
施工状況の把握	コンクリート打設時
段階確認	杭頭処理完了時・施工完了時(出来形)
立会	圧縮強度試験
仮設鋼(仮設鋼矢板)	
材料確認	材料搬入時
段階確認	出来形(打設延長・基準高)
安全管理	
クレーン災害・重機災害・転落・転倒災害防止	
墜落・転落災害防止(足場の構造規定)	
安全掲示板の確認	

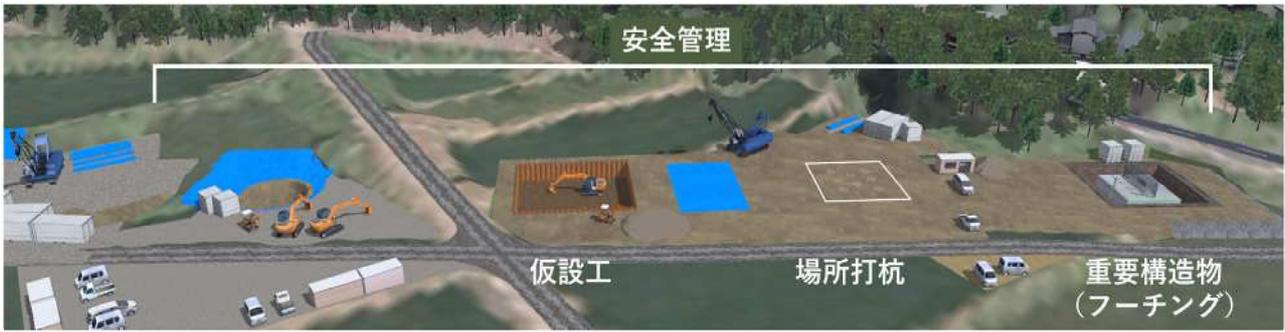


図-5 「橋梁下部工事」をモデルとしたバーチャル空間

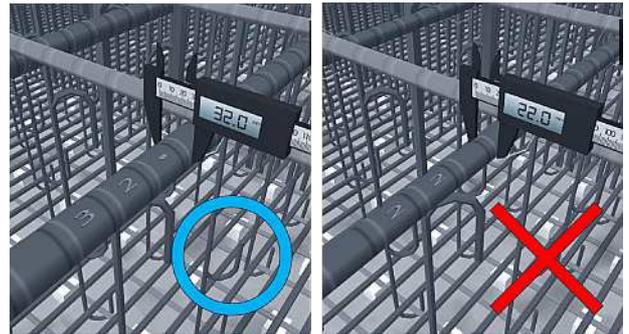
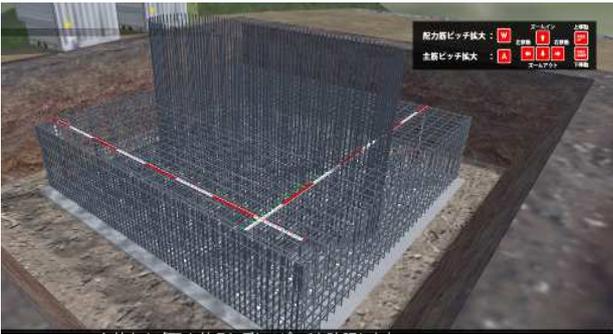


図-6 「段階確認 - 鉄筋組立完了時」のエラー (鉄筋の規格)

特徴的なのは、バーチャル空間内にランダムに配置された「トラップ (不適切な施工)」の存在である。例えば図-6は「段階確認-重要構造物-鉄筋組立完了時」の様子であり、配置された鉄筋の規格が間違っているというエラーである。この他に鉄筋間隔の不具合やかぶり不足などのエラーが設定されている。どれも熟練者から見れば「このような施工ミスはあり得ない」と一笑に付される内容かもしれない。しかし、未経験者である受講者が現場状況を確認・把握するうえで、どこに着目し、どのようにトラップを発見するかを学ぶことが重要である。

受講者は、トレーナーに対して「不適切な理由」と「発見した際に担当技術者が取るべき行動」を説明することで、現場で必要とされる「不適切な施工に気付く力」や「判断の根拠を持って説明する力」を身につけることができる。

## 5. デジタル教育実施の流れ (教育フロー)

教育フローのイメージは、2-(3) 教育フローと期待する効果で述べたが、『学習支援システム』を用いた基礎学習と仮想空間で工事現場を体験する『VRシミュレーション』を組み合わせた学習フローの詳細を図-7に示す。

実際の教育においては、この教育フローにさらに実践的な要素を取り入れている。

ひとつは「情報共有システム (ASP) の活用」である。国土交通省では、建設事業における「工事書類の処理の迅速化」「監督検査業務の効率化」などを目的に、受発注者間でASPが活用されている。若年技術者もこのシステムに対応できる必要があるため、学習支援システムで「工事契約の履行に必要な資料作成」を学んだあとに、実務で使用されているASPを用いて工事書類の作成 (指示・通知など)、工事受注者から提出された書類 (協議・承諾・提出など) の確認等を実践的に学ぶ。

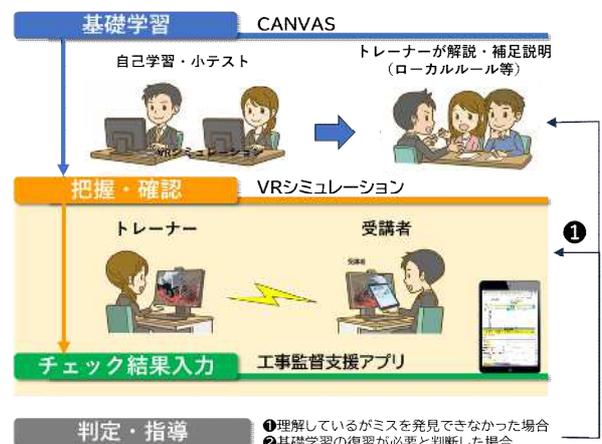


図-7 教育フローの詳細

ふたつ目は、現場状況を確認・把握するための電子帳票システム「工事監督支援アプリ」の活用である。このアプリは、経験の浅い技術者でも熟練者と同様に、的確かつ効率的に施工状況を把握・確認できるチェックシステムである。

受講者は、工事特記仕様書や設計図面とバーチャル空間内のモデルを照合した結果をアプリ内のチェックシート、フリー帳票、写真帳に記録し、業務の管理技術者役であるトレーナーに報告する。この実体験を通じて、現場を見る眼とアプリの操作方法を同時に習得することができる。

## 6. 活用効果および評価

### (1) 受講後アンケートによる効果測定

受講者の評価は教育プログラムの効果を測定するために貴重である。「受講後アンケート」によりプログラムの難易度や理解度に関するフィードバックを受けることで、プログラムの効果や改善点を把握し、教育の質の向上に役立っている。

#### a) 学習支援システムのアンケート結果と評価

小テストの平均得点率は87%であり、受講者の自己評価においても「よく理解できた」「ある程度理解できた」の合計値が、基本編で92%、実践編で80%と高い結果であった。また、今後の活用については「機会を見て繰り返し見直したい」との回答が80%を占めている。

#### b) VRシミュレーションのアンケート結果と評価

理解度の自己評価の平均値は、5段階評価で4ポイントであり、「現場未経験であったが、3Dモデルで分かりやすく、特に配筋はイメージしやすかった」「現場に着任する前に段階確認等を体験できたので良かった」「トレーナーによる施工ミスや不具合の実例紹介や解説は、現場に出て役に立つと思う」という感想が多く聞かれた。

上記a)b)の結果より、「若年技術者が業務着任前に安定的かつ効果的に基礎知識を習得する」という目的は大方達成できていると言える。業務の基礎を習得した状態で不安なく現場に着任できるため、従来のOJTとは異なり、現場の熟練技術者はよりコアな部分から実践的な教育を開始することができている。

この教育プログラムは若年技術者のみならず、工事受注者として施工管理を経験してきた技術者を対象に活用する場合もある。彼らが工事監督支援業務に従事する際には、施工者としての視線から発注者側の視点に切り替える必要がある。

受講者からは「発注者側の目線での考え方を理解できた」との感想が寄せられており、施工管理経験者ならで

はの視点や意見を交えた議論は、トレーナーに新たな気付きを与える契機となっている。これにより、研修資料の内容や構成に対する改善のヒントを得ることができ、教育プログラムの質的向上にもつながっている。

### (2) 副次的効果

VRシミュレーションの副次的効果について紹介する。

近年は、「段階確認」や「材料確認」などに遠隔現場が多く活用されている。

オンライン研修においては、受講者がモニター越しにトレーナーが操作する画面を視聴しながら、施工の良否を確認することになる。その際、受講者はトレーナーに対してカメラアングル等の指示を行う必要がある。この訓練は、遠隔現場を適切に実施するためのスキル習得にも寄与している。

## 7. 今後の課題と展望

先述したように、受講者の反応や配置先の現場状況を踏まえると、『学習支援システム』および『VRシミュレーション』を活用した送り出し教育は、学習効果の面では一定の成果を示している。

一方で、教育の自動化・効率化の観点では、eラーニング以外の取り組み、すなわち進捗管理やフィードバックの自動化、VRシミュレーションにおける評価・解説などについては、依然として人的対応に依存する部分が多く、効率化の実現には至っていない。今後は、eラーニングで得られた効率化の成果を他の教育工程にも波及させることが重要である。

例えば、AIによる自動評価や仮想講師（アバター）の導入により、VRシミュレーションの拡張性を高めることで、より多くの受講者に対応可能な教育体制の構築が期待される。これにより、受講者は自分のペースで学習を進めることが可能となり、教育の柔軟性と効率性がさらに向上する。

ただし、完全な自動化には限界がある。受講者の理解を深め、学習意欲を維持するためには、講師による補足説明や質疑応答、受講者同士のディスカッションといった人的サポートの機会を設けることが有効であると考えられる。

今後は、自動化技術の利点と人的サポートの強みを融合させた「ハイブリッド型教育モデル」の構築を進めていきたい。これにより、教育の質と効率を高めるとともに、経験や背景の異なる多様な人材にも柔軟に対応できる教育環境の実現を目指している。

# 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<sup>1</sup>・竹内 信<sup>2</sup>

<sup>1</sup>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)

<sup>2</sup>(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）<sup>1)</sup>」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)

共通		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:		備考	
項目	該当 チェック	チェック種				該当 チェック	該当 チェック	発注者	発注者	発注者	発注者	備考	備考
		設計者	発注者	施工者	発注者								
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	<input type="checkbox"/>											
	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	<input type="checkbox"/>											
	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	<input type="checkbox"/>											
	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	<input type="checkbox"/>											
盛土材	使用する盛土材は砂に該当するか確認	<input type="checkbox"/>		盛土材特定簿に記載する									
	使用する盛土材は粘性土に該当するか確認	<input type="checkbox"/>		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	<input type="checkbox"/>		盛土材特定簿に記載する 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(岩ズリ・砕石等)に該当するか確認	<input type="checkbox"/>		盛土材特定簿に記載する									
	凍上抑制層は透水性の高い(凍上性を有する)砕石等に該当するか確認	<input type="checkbox"/>		材料特定簿に記載する									
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	<input type="checkbox"/>		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	<input type="checkbox"/>											
	盛土施工時における仮排水対策の必要性を認識し、地表湧水や地下水に対して適切に対応することを確認	<input type="checkbox"/>		仮排水対策の実施時は協議する(地下水等は施工時に確認)									
その他	排水工は流末箇所まで確実に導水されていることを確認	<input type="checkbox"/>											
	設計報告書に施工への申し送り事項の記載があるか確認	<input type="checkbox"/>		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									

項目	該当 チェック	該当 チェック	発注者	発注者	備考
盛土材の敷均しおよび締固めは、補強材間隔を踏まえて、一層ごとに適切に施工することを確認	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
施工					
盛土材の締固めは、管理基準値を満足していることを確認	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Dr(締固め度)90%以上を満足する
降雨時は、原則として土工作業をしない。盛土表面にはブルドーザー等により、補強材間隔内の水の浸入を防ぐことを確認	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	対策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
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	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
協議・立会					
盛土の施工中、盛土の流下、盛土材の変化、洪水等の流入など予測の事象があった場合には、仕事を中止して監督職員と協議することを確認	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	試験で得た強度定数を用いて再計算する
盛土材が、設計に用いた強度定数以上であることを確認	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
凍上抑制層の基礎地盤の支持力が設計値を満足しているか確認(平板載荷試験、貫入試験などで確認)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	設計で想定している基礎地盤が現地と異なる場合には協議する
その他					
(記載例) 凍上抑制層は施工前に現場含水比を確認	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
(記載例) 地下排水に関して別途協議資料を用いて施工内容を確認	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
その他					

各項目ごとでチェック済みの項目を識別する  
 施工段階で変更があった場合はチェックシートに記載し協議する(施工者・発注者)

発注者: 北海道開発局○○開発建設部道路設計室  
 設計者: ㈱○○○○  
 施工者: ㈱○○○○

的であり、業務や工事の仕様を補助する位置付け<sup>2)</sup>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<sup>2)</sup>。

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、一定の時間間隔を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。

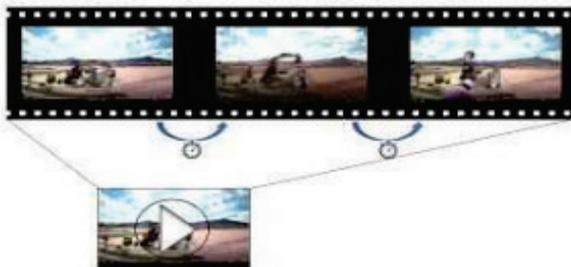


図-1 タイムラプスのイメージ図

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<sup>3)</sup>」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<sup>4)</sup>。

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<sup>4)</sup>、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、原則として土工作业をしないこと、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)

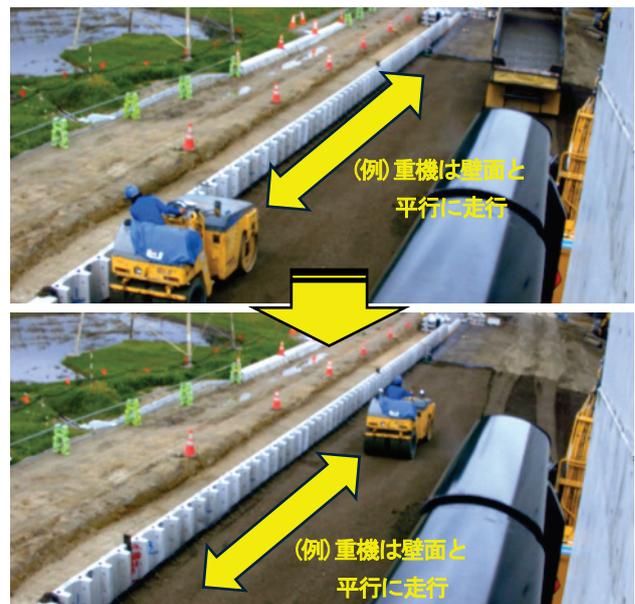


図-4 敷均し・締固めにおけるタイムラプスでのチェック

(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)

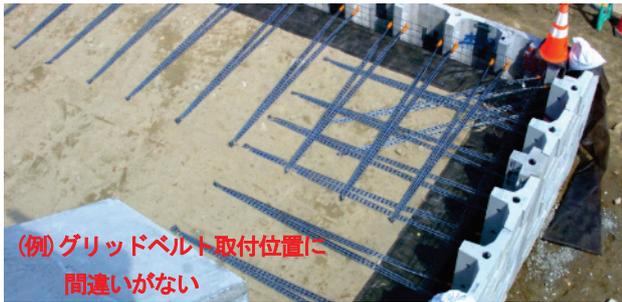


図-6 補強材の設置・敷設におけるタイムラプスでのチェック (施工範囲端部)

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った。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該現場で実施した。

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ての撮影が可能で、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。



指定日時の映像を表示 タイムラプス作成

図-9 クラウド録画カメラ (Safie GO 360) の配信映像閲覧

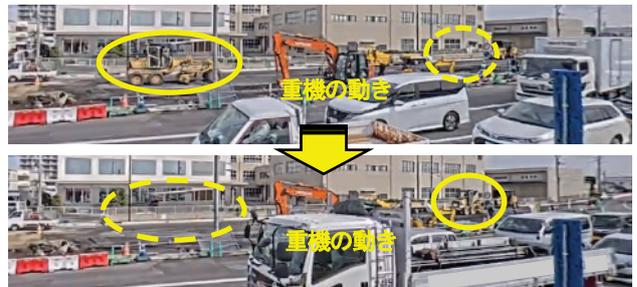


図-10 クラウド録画カメラ (Safie GO 360) の撮影映像による重機の動きの確認状況



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<sup>9)</sup>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織、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.

# 通信環境の悪い山間奥地における ICT施工の導入について

湯地 純子<sup>1</sup>・尾方 祐貴<sup>2</sup>

<sup>1</sup>近畿中国森林管理局 福井森林管理署 治山グループ (〒910-0019福井県福井市春山1-1-54)

<sup>2</sup>近畿中国森林管理局 福井森林管理署 治山グループ (〒910-0019福井県福井市春山1-1-54)

2020年2月に2.4haの大規模崩壊が発生した福井県三方上中郡若狭町の河内国有林において、溪流内の不安定土砂を固定する目的で2024年に溪間工に着手した。近畿中国森林管理局では、通信環境の悪い山間奥地で小規模な施工地が多く、ICT施工の導入が進んでいない課題がある。当施工地において、これらの課題解決のためICT施工導入の検討を進めた結果、生産性の向上や安全性の確保、施工の精度が高いことなど、一定の成果を得ることができた。

キーワード 山間奥地, ICT施工, 効率化, 安全性

## 1. 背景

2019年に「公共工事の品質確保の促進に関する法律」が改正されて以降、近畿中国森林管理局管内では「遠隔臨場」や「ICT施工の導入」の推進に努めてきた。しかし、国有林の治山工事現場は市街地から離れた山間部が多く、通信環境が悪いなどの理由でICT施工の導入は進んでいないのが現状である。また、2024年4月から建設業においても時間外労働の上限規制が適用され、労働時間や休日労働を適正に管理することが必要となり、これまで以上に「働き方改革への対応」や「生産性向上への取組」について求められるようになった。

そのため、今回は通信環境の悪い山間奥地において、施工管理の効率化などの効果が期待できるICT施工を選定し導入に向け取組を行った。

## 2. 工事箇所の概要

福井県南部の三方上中郡若狭町に所在する河内国有林は、滋賀県との県境付近に位置しており、年間平均降水量は2033mmで冬季には降雪の多い地域である。2020年の1月から2月にかけて異常な降雪と急激な融雪によって、2.4haの大規模崩壊が発生した(写真-1)。推定される崩壊土砂量は約17万m<sup>3</sup>で、若狭町や地域住民から早期の復旧が要望されている。現在も多く不安定土砂が溪流内に堆積していることから、土砂の流出を防止すること

を目的に、溪間工(鋼製枠谷止工29.45t)を施工している工事箇所である。

この箇所はモバイル通信のエリア外(図-1)であり、これまで近畿中国森林管理局管内でICT施工を導入してきた市街地に近く通信環境の良い箇所とは異なった条件下にある。また、ICT施工の対象は、掘削工(土砂)500m<sup>3</sup>程度と掘削面仕上げ60m<sup>2</sup>の比較的小規模な施工地である。ただし、左岸側の一部には推定岩盤線があり、岩盤掘削についてはバケットでの掘削が出来ないため、ICT施工の対象外としている。



写真-1 大規模崩壊地

### 3. ICT施工の導入に向けて

森林整備保全事業ICT活用工事（土工）試行実施要領では、(1) 3次元起工測量、(2) 3次元設計データ作成、(3) ICT建設機械による施工、(4) 3次元出来形管理等の施工管理、(5) 3次元データの納品の5段階に分けられ、このうち(1)と(3)については受注者の希望によることとされている。今回は、受注者と協議し、全ての段階を実施することとした。

今回の工事箇所は、モバイル通信のエリア外、山間部の谷地形で衛星の捕捉が困難、左岸側は樹木で覆われているなどの現場条件を考慮し、3次元起工測量とICT建設機械による施工の手法について検討を行う必要があった。

### 4. 手法の検討

まず、3次元起工測量の手法として、これまでICT施工で実施されている主なものには、空中写真測量（無人航空機）、無人航空機搭載型レーザースキャナー、地上型レーザースキャナーの3つがある。それぞれのメリット・デメリットについて整理（表-1）を図り、通信環境が不要であり、かつ溪間工1基に必要な測量範囲が小面



図-1 モバイル通信可能エリア<sup>1)</sup>と施工位置

積であるため、測量機器設置の移動回数が少なく効率的と判断される地上型レーザースキャナーを用いた測量手法を採用することとした。

続いて、ICT建設機械による施工については、現場条件から、衛星を使用するICT建設機械による施工は困難であったため、衛星を使用しないトータルステーションによる施工を選定する必要があった。また、工事箇所までの林道は狭く、搬入できるバックホウの大きさが0.45m3級までと限られていたため、現場条件や工事規模などを考慮し、小規模土工に使用されている杭ナビシヨベル（以下、杭ナビ）を採用しマシンガイダンス（MG）による施工を行うこととした（表-2）。

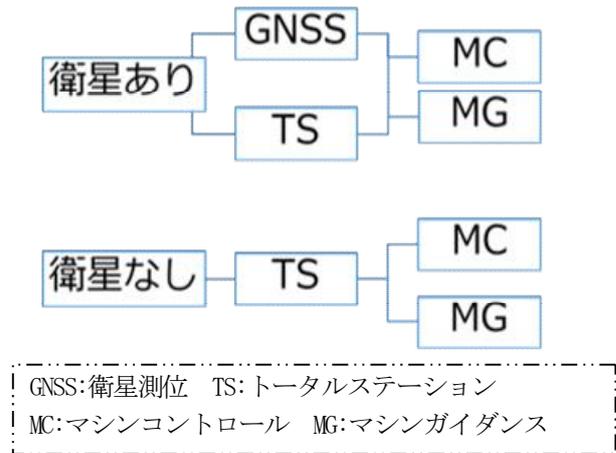
### 5. ICT施工の流れ

ICT施工は実施要領に則り、(1)～(5)の順で行った。

#### (1) 3次元起工測量

手法の検討で採用した、地上型レーザースキャナー（写真-2）を使用し起工測量を行った。外部業者に委託し実施したため、はじめに測量範囲の確認を行った。機

表-2 ICT施工の選定フロー



GNSS:衛星測位 TS:トータルステーション  
MC:マシンコントロール MG:マシンガイダンス

表-1 主な測量方法

	メリット	デメリット
空中写真測量	<ul style="list-style-type: none"> <li>短時間で広範囲の測量可能</li> <li>人が立ち入れない場所も出来る</li> <li>少人数で可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>通信環境が必要</li> <li>地表の障害物の影響を受ける</li> </ul>
無人航空機搭載型レーザースキャナー		<ul style="list-style-type: none"> <li>通信環境が必要</li> <li>2つに比べコストが高い</li> </ul>
地上型レーザースキャナー	<ul style="list-style-type: none"> <li>通信環境は必要ない</li> <li>地表の障害物の影響を受けない</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>無人航空機に比べ測量時間が長い</li> </ul>

器の設置場所は、現地の高低差や起伏などを考慮し、7箇所とした。今回使用した地上型レーザースキャナーの場合、1回のスキャン時間は約2分で、事前準備から約2時間で起工測量が完了した。また、起工測量の精度確認のため、検証点を複数箇所設置しトータルステーションにより測点間距離を計測した。

**(2) 3次元設計データ作成**

起工測量で取得した点群データ(図-2)から、不要な点を削除し、3次元設計データを作成した。図-3は当初設計と起工測量の結果を示した図面で、黒線が当初設計、赤線が起工測量結果である。地上型レーザースキャナーは細かい起伏等の地形データを取得でき、より正確な地形を把握することが可能となったが、当初設計と比較したところ、相違が少なかったため、今回は当初設計データを採用した。

**(3) ICT建設機械による施工**

手法の検討で採用した、杭ナビを使用する前に、杭ナビで取得したバケット刃先座標と、トータルステーションで計測したバケット刃先座標を比較し、十分な精度であるか確認を行ったうえで、施工を開始した。杭ナビは、見通しの良い場所に設置することで(写真-3)、バックホウに取り付けたセンサーによってバケットの刃先座標

を自動で計算するため、オペレーターは機械位置や刃先座標を手元のモニター(図-4)でリアルタイムに確認することが出来る。これにより、床掘状況と設計データを比較しながら作業を進めることが可能となった。

杭ナビを使用するうえで、機械の移動や機械が揺れて動いた場合には、機械の位置情報を正確に把握する必要があるため、その都度90度以上の旋回作業が必要となる。

**(4) 3次元出来形管理等の施工管理**

起工測量と同様に、地上型レーザースキャナーで出来形計測を行った。出来形計測は、上下流や床掘内から7箇所計測し約1時間で完了した。

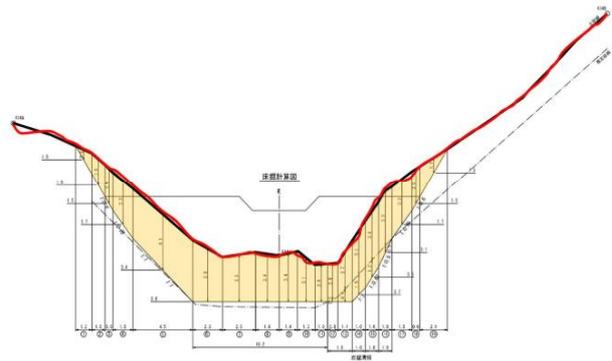


図-3 起工測量結果



写真-2 地上型レーザースキャナー



写真-3 杭ナビショベル

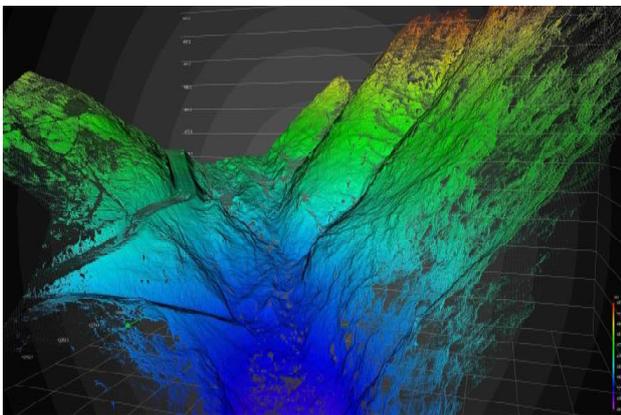


図-2 3次元起工測量の点群データ



図-4 手元のモニター

(5) 3次元データの納品

取得した点群データから出来形管理図 (図-5) を作成した。さらに、出来形管理図からヒートマップ (図-6) を作成することで、床掘設計値に対する差を最小・最大箇所の色分けでき、床掘確認を行う際に、容易に床掘面の状況を判別することが可能となった。受注者は工事完了の際に、3次元データを納品する。

6. 取組結果

今回の工事箇所では起工測量から丁張設置まで2~3日は必要であったが、ICT施工を導入した結果、事前確認から約2時間で測量が完了した。従来は丁張設置に伴い、作業員が足場の悪い高所・急傾斜地での危険を伴う作業が必要であったが、地上型レーザースキャナーを用いることで危険箇所への立入が無くなり、安全性の向上にも繋がった。床掘は、500m<sup>3</sup>程度の作業で従来は15日間程かかるところ、11日間で作業が完了した。通常は床掘の途中で作業を止め検測を行う必要があるが、杭ナビを用いたことで、オペレーターは床掘状況と設計データの比較をモニター上でリアルタイムに確認でき、差分の検測が不要となったことから掘削機械を止めることなく、手戻りなしで効率良く作業を実施できた。その結果、起工測量から出来形計測完了まで従来と比べ8日間短縮することができた (表-3)。

なお、従来日数は、受注者への聞き込みにより算出して

いる。

実際に施工した受注者の意見として、「従来行っていた丁張設置や床掘状況の確認などの作業が不要となり、作業効率が向上した」、「3次元設計データを作成し完成イメージを関係者全員で共有できた (図-7)」などが挙げられ、好印象であった。

また、地上型レーザースキャナーの起工測量の精度は精度基準±20mmに対し+2mm、杭ナビのバケット刃先座標の精度は標高較差±50mmに対し+6mmとどちらも高い精度であり、出来形管理をする上で十分な精度が確保されていることが確認できた。

7. 考察

今回導入した手法により、通信環境の悪い山間奥地であってもICT施工による一定の成果が得られた。また、施工精度も高く、小規模施工地においても生産性の向上や安全性の確保などにも効果が認められる結果となったことから、働き方改革への対応を進めるためには、ICT施工の導入は有効な手段であると考えられる。しかし、起工測量から電子納品までを全て受注者自ら行うには、機器の購入など初期費用が高額となり、外部委託やリースに頼らざるを得ないため、ICT施工に係る全般での経費も高額になる。これらの点については、現状の課題である。

今後も山間奥地や小規模土工での手段の検証や森林土

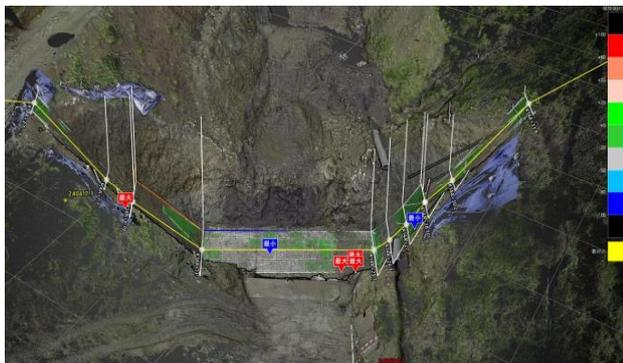


図-5 出来形管理図

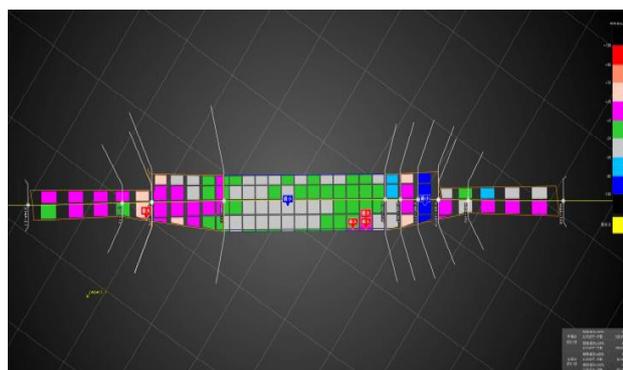


図-6 ヒートマップ

表-3 作業日数の比較

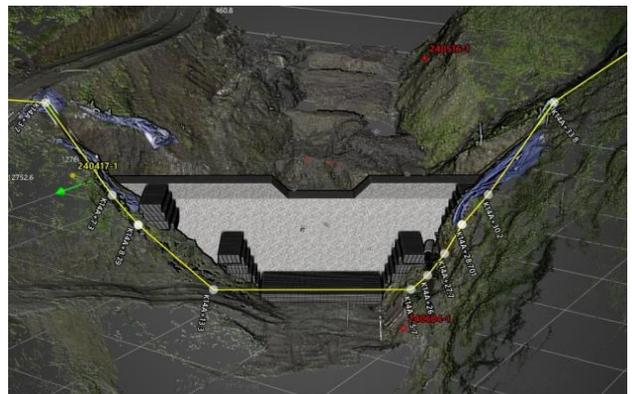


図-7 完成イメージ

## イノベーション部門 :No.08

木分野での導入促進に向け、発注者・受注者間で情報共有し技術の研鑽に努め、ICT施工の導入に向けて取り組んでいきたい。

### 参考文献

1) NTT ドコモ : サービスエリアマップ  
[https://www.docomo.ne.jp/area/service\\_area/map/?rgcd=03&cmcd=5G&scale=2048000&lat=35.690767&lot=139.756853&icid=CRP\\_AREA\\_technology\\_5g\\_CRP\\_AREA\\_service\\_area\\_map](https://www.docomo.ne.jp/area/service_area/map/?rgcd=03&cmcd=5G&scale=2048000&lat=35.690767&lot=139.756853&icid=CRP_AREA_technology_5g_CRP_AREA_service_area_map)

(最終閲覧 : 2025/07/11)

# 画像認識AIを活用したAI安全帯不使用者検知システム「KAKERU」について

廣瀬 年彦

株式会社奥村組 ICT統括センター イノベーション部 DX推進課

(〒100-7022 東京都千代田区丸の内二丁目7番2号)

2023年の国内建設業における労働災害は、墜落・転落災害が最多であり、依然として深刻な課題である。これに対し、奥村組は日立ソリューションズ、西尾レントオールと共同で、AI安全帯不使用者検知システム「KAKERU」を開発した。画像認識技術により墜落制止用器具フックの不使用方法を自動検出し、警告と記録を行うことで安全意識の向上に寄与している。本稿では、システムの研究結果と精度検証の結果を報告する。

キーワード AI、安全、新技術

## 1. はじめに

2023年に発生した国内建設業の労働災害は、墜落・転落によるものが最も多く、死亡事故が<sup>1)</sup>86人、死傷者数は<sup>1)</sup>4,554人に上る。厚生労働省は、労働安全衛生法の改正を行い、2019年2月1日から、高所作業で使用する安全帯の規格はフルハーネス型を原則とし、名称を「墜落制止用器具」に改めるなど、安全基準が見直された。

[人]

	H30	R1	R2	R3	R4	R5
死亡災害	309	269	256	278	281	223
業種別						
土木工事業	111	90	101	100	108	87
建築工事業	139	125	101	132	117	98
その他の建設業	59	54	54	46	56	38
事故の型別						
墜落・転落	136	110	95	110	116	86
交通事故(道路)	31	27	37	25	24	25
飛来・落下	24	18	13	10	16	21
崩壊・倒壊	23	34	27	31	27	18
はさまれ・巻き込まれ	30	16	27	27	28	13
おぼれ	13	4	5	10	1	12
高温・低温物との接触	11	10	9	11	14	12
激突され	18	26	13	19	27	10
死傷災害	15,374	15,183	14,790	14,926	14,539	14,414
業種別						
土木工事業	3,889	3,808	3,933	4,038	3,942	3,852
建築工事業	8,554	8,417	8,074	7,895	7,606	7,510
その他の建設業	2,931	2,958	2,783	2,993	2,991	3,052
事故の型別						
墜落・転落	5,154	5,171	4,756	4,869	4,594	4,554
はさまれ・巻き込まれ	1,731	1,693	1,669	1,676	1,706	1,704
転倒	1,616	1,589	1,672	1,666	1,734	1,598
飛来・落下	1,432	1,431	1,370	1,363	1,318	1,234
切れ・こすれ	1,267	1,240	1,257	1,339	1,272	1,234
動作の反動・無理な動作	875	885	947	981	940	988
激突され	832	842	791	825	800	781
高温・低温物との接触	340	238	289	210	233	307

図1\_建設業における労働災害発生状況

しかしながら、建設業における墜落・転落災害は後を絶たず、建設業各社は、より効果的な対策が求められている。そこで、株式会社奥村組(以下、奥村組)は、株式会社日立ソリューションズ(以下、日立ソリューションズ)、西尾レントオール株式会社(以下、西尾レントオール)と共同で、AI安全帯不使用者検知システム「KAKERU」(以下、本システム)を開発した。

## 2. 開発技術の概要

本システムは、高所作業における墜落制止用器具(以下、安全帯)フックの使用状況を画像認識AIによってリアルタイムで自動判定することができる。監視エリアにはクラウドカメラとパトランプを設置する。フックの不使用方法をシステムが検知すると、パトランプによって音と光で警告し、管理者のPCにメール送信することもできる。

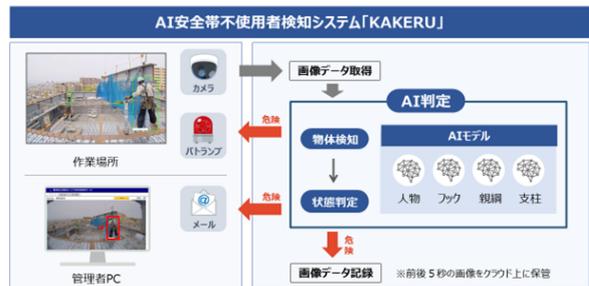


図2\_システムの全体像

### 3. 開発技術の特徴

#### (1) 独自の AI モデル

本システムの AI モデルは、複数の建設現場で収集した延べ数万件以上の画像を学習させたもので、カメラ映像から人物や安全帯のフック、親綱支柱や親綱を検出し、フックが親綱にかかっていない不使用状態を自動判定することができる。



写真 1\_判定状況の例

#### (2) 建設現場に特化したハードウェア

本システムは、写真 2 に示すように、クラウドカメラおよびパトランプを監視対象箇所に設置する必要がある。監視範囲の柔軟な変更を可能とするため、クラウドカメラは PTZ (パン・チルト・ズーム) 機能を備えたカメラを採用している。これにより、遠隔操作による視野の調整が可能となり、広範囲かつ詳細な監視が実現される。クラウドカメラおよびパトランプの背面にはクランプを装着しており、仮設足場や単管パイプ等への容易な取り付けを可能とする構造となっている。さらに、カメラ上部に設置されたプラボックス内には、モバイルルーターおよび PoE (Power over Ethernet) ハブが収納されており、プラボックスに取り付けられている電源コードを接続するだけで本システムを利用することができる。



写真 2\_ハードウェア設置状況

#### (3) 通知機能

フックの不使用方法が検出されると、パトランプによ

る警告音および光によって即座に現場へ通知が行われる。加えて、システム管理者には、検知時の画像データを添付した通知メールが自動送信される仕組みとなっている。画像データは、フック不使用状態の前後 5 秒間を記録しており、後からでも行動の詳細を確認することが可能である。この記録機能により、現場での行動を客観的に分析することができ、データに基づいた適切な指導や改善策の立案が可能となる。

#### (4) 判定エリア設定

建設現場の作業状況は日々変化をするが、現場の環境に即した条件とするために、判定するエリアをシステム上で設定することができる。判定エリアは「危険エリア」と「安全エリア」の二種類に分類され、それぞれ異なる判定ロジックが適用される。危険エリアは、指定された範囲に侵入した人物を検出・判定することを目的としており、安全エリアは、対象範囲に侵入した人物を判定対象から除外することを目的としている。床面が整備された区域を安全エリアとして設定することで、不要なアラートの発生を抑制することが可能となる。作業の進捗に応じて監視範囲を動的に変更することで、特定の作業員のみを監視対象とすることができる。このような柔軟な設定により、現場の状況に即した安全管理が実現できる。



図 3\_判定エリア設定画面

### 4. 開発技術の判定方法

本システムは、作業者の行動パターンに基づいて安全性を 4 段階 (安全・注意・警戒・危険) に分類し、判定を行うものである。各判定段階には識別しやすいように異なる識別色が割り当てられている。(表 1\_AI の判定結果と通知方法)

判定結果は、作業者が装着している 2 つのフックの状態に基づいて行われる (表 2\_フックの状態と判定パターン)。例えば、ケース No.2 では、片方のフックが「使用中」、もう片方が「不明」と判定された場合でも、安全状態と判断される。これは、労働安全衛生法におい

て安全帯の使用が義務付けられているものの、使用するフックの数については明確な規定が存在しないことに起因する。一方、ケース No.4 のように、片方のフックが「不使用」、もう片方が「不明」と判定された場合には、危険性の有無を即座に特定することが困難であるため、「注意」状態と判定される。この注意状態が5秒間継続した場合、自動的に「警戒」状態へと移行する設計となっており、警戒状態に移行した際には、画像データがクラウド上に記録される。さらに、ケース No.5 では、両方のフックが「不使用」と判定された場合、同一状態が2秒間継続した時点で「危険」状態と判定される。また、判定結果に応じた通知方法も設けられている。「安全」および「注意」状態では通知は行われませんが、「警戒」状態ではメールによる通知が行われ、「危険」状態ではメール通知に加え、現場に設置されたパトランプによる視覚的警告が発せられる。

表 1\_AI の判定結果と通知方法

判定結果	識別色	通知方法
安全	緑	通知なし
注意	黄	通知なし
警戒	橙	メール
危険	赤	メール パトランプ

表 2\_フックの状態と判定結果

No	フックの状態		判定結果
1	①使用	②使用	安全
2	①使用	②不明	安全
3	①不明	②不明	注意⇒警戒 ※1
4	①不使用	②不明	注意⇒警戒 ※1
5	①不使用	②不使用	警戒⇒危険 ※2

※1 注意状態が5秒間続いた場合、警戒判定となる。

※2 警戒状態が2秒間続いた場合、危険判定となる。

## 5. 精度向上の施策

本システムの検討は、PoC (Proof of Concept) を三つのフェーズに分けて実施した。AI の目標判定精度を90%以上に設定したが、PoC フェーズ①および②においては、AI の判定精度は約 80%に留まり、目標値には到達しなかった。この課題に対して、フックが親綱に掛かっているか否かだけを判定する従来の手法を見直し、画像内のフックの位置関係や人物に着目するアプローチへと転換した結果、判定精度は大幅に改善された。以下に示す(1)～(4)の施策は、AI の精度向上に寄与した主要な要因である。

### (1) 人物周辺切り出し

単一の画像データからフックの状態を直接判定するのではなく、人物の周辺領域に存在するフックを探索する手法を導入することで、判定精度の向上を図った。人物検出に関しては、PoC フェーズ1において95%以上の高い精度を維持していたため、本手法では人物の周辺に判定対象を限定することで、ノイズの影響を低減し、フックの判定精度向上に寄与する結果となった。

### (2) 仮想親綱

仮想親綱とは、支柱頂部のリングとこの支柱の隣に配置された支柱のリングとの間に、親綱がかかっていると仮定する技術である。検出した支柱情報とベクトル情報から自動で親綱を設定することで、人物とフックの位置関係からフックを使用しているか否かを判定する仕組みとした。具体的には、図 4\_仮想親綱に示す通り、支柱間の高さの半分を親綱の領域として設定し、その領域にフックが入っている場合は、使用しているとみなす。これは、支柱及び親綱は腰よりも低い高さに位置をしているためである。なお、仮想親綱は、親綱を検知できなかった場合のフェイルセーフであり、親綱を検知することが基本であるが、本技術を利用することで精度向上に寄与する結果となった。

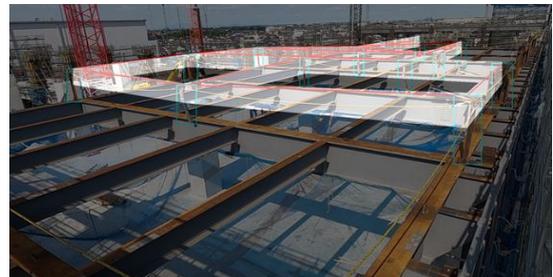


図 4\_仮想親綱

### (3) 距離判定

複数のフックが検出された場合には、人物からの距離に基づいて最も近接する2つのフックを選定し、それ以外のフックは判定対象から除外する方針とした。(写真3)さらに、フックと人物との位置関係に応じて判定基準を変更し、人物検知枠の外側に位置するフックや背中側に見えるフックについては、安全状態とみなすこととした。(写真4)これは、フックを不使用の場合、身体(胸あたり)に装着されているケースが多く、人物から離れた位置にあるフックは使用されている可能性が高いためである。このように、人物から一定の距離にあるフックを使用状態とみなし、一定以上の距離にあるフックを対象から除外することで、特異検出の抑制および判定精度の向上に寄与することが確認された。



写真3\_距離判定①



写真4\_距離判定②

(4) 判定フロー

上記 1) ~3) の施策を判定フローに取り込み、フックの状態だけでなく、行動から判定するロジックを構築した。また、フックの特徴量を増加させるために、蛍光テープを貼付する仕様も採用した。蛍光テープには市販品を使用し、黄色、橙色、緑色など複数の色を対象に精度検証を実施した。その結果、橙色の蛍光テープが他の色と比較して最も高い視認性を示したため、本システムにおいては橙色の蛍光テープをフックに貼付する仕様を採用した。その結果、AI モデルの精度は 92%まで向上し、当初の目標である 90%を超える結果となった。

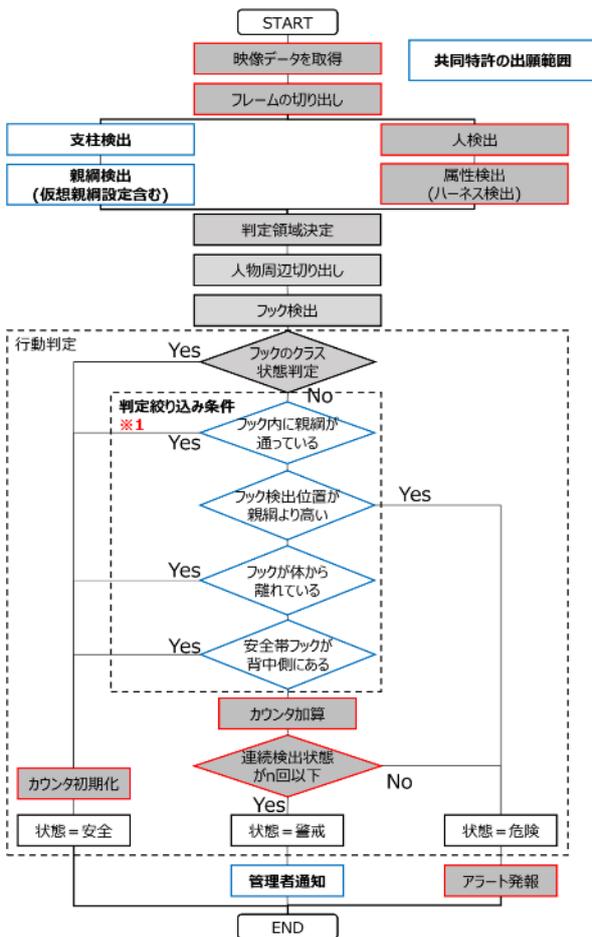


図5\_判定フロー

6. 精度検証

本システムの対象作業は、鉄骨上での作業及び山留支保工上での作業に限定されているが、対象作業の拡張を検討するために、仮設足場の組立・解体作業について精度検証を行った。足場の組立・解体作業においては、AIが未学習ではあるが、カメラの画角や高さ、その他の条件等をシステムの仕様近づけることで、判定が可能な状態にした。

(1) 検証概要

場所：近畿地方整備局 大阪国道事務所  
南大阪維持出張所  
期間：2025年1月20日～1月23日  
対象作業：仮設足場組立・解体作業

写真5に示す通り、仮設足場を近畿地方整備局 大阪国道事務所 南大阪維持出張所内に設置し、仮設足場の組立・解体状況での検証を行った。

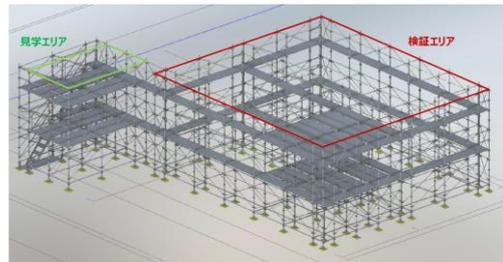


図6\_仮設足場 BIM モデル



写真5\_仮設足場設置状況

(2) 検証結果

本検証における結果は、以下写真6～写真8に示すとおりである。写真6は正常検知している様子である。フックを使用している作業員は緑枠（安全状態）で人物を囲み、フックを使用していない作業員は橙枠（警戒状態）で人物を囲んでいる。警戒状態が2秒間続くと危険状態に変わり、枠の色は赤色となる。今回の検証では、安全を確保したうえで、試験的に危険状態にした。



写真6\_判定画像 (正常検知)

写真7は、注意状態および検知漏れが発生した事例を示している。画像左側の人物について、片方のフックは未使用と判定しているが、もう片方のフックは使用状況が確認できないため、注意状態として分類されている。この注意状態が5秒間継続すると警戒状態に移行し、該当画像がシステム上に記録される。検知漏れの要因については、推測ではあるが、周辺の背景や紺色の作業服に関する学習データの不足が影響していると考えられる。



写真7\_判定画像 (検知漏れ)

写真8は、誤検知が発生した事例を示している。画像右側の人物は手摺にフックを掛けているが、システムはこれを未使用状態と誤判定し、人物を橙色 (警戒状態) に分類している。この誤検知の主な原因は、AIモデルが手摺材にフックを掛けた状態を十分に学習していないことが考えられる。写真7における検知漏れと写真8の誤検知は、同様の画像を追加学習させることで、検出精度の向上が期待できる。



写真8\_判定画像 (誤検知)

### (3) 判定精度

本検証における判定精度は、表3に示す通りである。判定した画像の総数1,432枚に対して、正常検知が1,180枚、AIの判定精度は82.4%という結果であった。

表3\_判定結果

総数	正常検知	精度
1,432枚	1,180枚	82.4%

残りの252枚の検出結果については、表4に示す通りである。内訳は、検知漏れが216枚、誤検知が36枚であり、割合に換算すると、誤検知率は2.5%、検知漏れ率は15.0%となった。検知漏れが多く発生した主な要因としては、足場の組立・解体作業に関する画像が学習データに含まれていないことが挙げられる。AIは主にフック周辺の情報を基に判定を行っているが、仮設足場の作業環境に関する情報が未学習であるため、検知精度が低下し、誤検知や検知漏れが増加したと考えられる。過去の学習実績から推察すると、足場組立・解体作業に関連する画像を追加学習させることで、検知漏れ率および誤検知率の低減が期待され、検出精度は90%以上まで向上する可能性がある。

表4\_検知漏れと誤検知の結果

検知漏れ	誤検知	誤検知率	検知漏率
216枚	36枚	2.5%	15.0%

## 7. おわりに

本システムは、奥村組に限らず、同業他社やプラント業界など、幅広い分野で導入が進んでいる。これは、建設業界に限らず、他業界においても同様の課題が存在しており、本システムがそれらに対して有効な技術であることを示唆している。実際に、精度検証に参加した作業員全員が、「安全意識が高まった」と回答しており、これは過去に奥村組の現場で導入した際にも同様の結果が得られている。今後は、判定対象物の拡充や、精度検証を行った足場の組立・解体作業への対応を進めることで、本システムの適用範囲を広げていきたいと考えている。

**謝辞：** 検証にご協力いただいた近畿地方整備局 大阪国道事務所 南大阪維持出張所の皆様には、深く感謝致します。

### 参考文献

- 1) 厚生労働省 令和4年 労働災害発生

# 京都府南丹土木事務所における 建設DXへの挑戦について

常本 貴史<sup>1</sup>

<sup>1</sup>京都府 建設交通部 指導検査課 (〒602-8570京都市上京区下立売通新町西入藪ノ内町)

本稿では、京都府南丹土木事務所における建設DXに関する地道な取組結果をまとめたものである。遠隔臨場や電子小黒板などの基本的なツールの利用促進から、クラウドツールや点群作成ツールの利用による技術の研鑽などを紹介している。また、既存のツール利用の推進、水平展開を行っている。

キーワード 業務効率化, DX, 人材育成

## 1. はじめに

国土交通省は2024年にi-Construction2.0<sup>1)</sup>として、方針を発表し、建設現場のオートメーション化やインフラDXに力を入れている。

しかし、京都府においては地元企業間に ICT に関する取組について、実績に差が出てきているとの感覚を受ける。職員間でも取組に関する意識の差が出てきているのが現状である。

そのような状況の中で、京都府では京都府建設DX推進プラットフォーム（以下、PF 会議）を立ち上げ、取組方針としてロードマップを作成し、DX ワーキングチーム会議（以下、WT 会議）により、各事務所で各職員への水平展開を行っている。

私が昨年所属していた南丹土木事務所では毎月技術者会議を行っており、その中で数回、WT 会議の取組で導入されたアプリケーション（以下、アプリ）やシステムについて紹介している。これら一連の取組と、その中で私が感じていることを記したい。

## 2. 京都府における建設DXの課題

### 2-1. 課題の抽出

建設DX（単にDXでもよいが）を推進するうえで、日常業務における地元業者とのコミュニケーションもふまえて、以下の点を課題となると感じていることとして、抽出した。

1. DXに関する知識の不足
2. デジタルへの苦手意識

### 3. 事業規模に対する費用対効果

#### 2-2. DXに関する知識の不足

DXとは何かという問いに答えられる人は、どれだけいるだろうか。デジタル化の取組の分類は「デジタイゼーション（書類の電子化など）」「デジタライゼーション（電子決裁など）」「DX（過去にない仕組みの構築）」になる。後者に行く毎に、取組が高度化していく。

京都府の現状は紙からの脱却によるデジタイゼーションやデジタライゼーションの過渡期であると感じている。DXを推進していく上で重要なのは、各個人が意識して取り組むために、業務のデジタル化は何を目指すものであるかを明確にすることである。

私が技術者会議で技術職員に向けて、基準や新たなシステムを紹介する際は、まず初めに、WT 会議で示されたロードマップの中で、何を達成するために導入されたかを説明することを意識している。アプリの進化は日進月歩であり、現在使用しているアプリも少し時間が経つと過去の技術になる可能性があり、個人的にはアプリ一つ一つの機能は重要視しておらず、何を指すかに重きを置いている。

#### 2-3. デジタルツールへの苦手意識

私が入庁して感じた職場の問題点だが、デジタルツールの利用があまり推進されていないことである。個人の体験だが、大学では紙の印刷に関するコスト意識もあり、チェックは基本データで、「校閲機能」や「会議室に集まり画面に映した資料」を元に修正していた。デジタルで不便だと感じることは、その都度、使用しているデジタルツールをより理解し、学習することを当然として対応していた。京都府での仕事は紙での事例が過去に多くあることから、文書決裁用のシステムやデジタルツールによる共有機能が使用されていないことが散見される。本

表1 南丹土木事務所における簡易なツールの普及に向けた取り組み実績

■取り組み前 (R5.4.1契約中～R5.7月末時点)

遠隔臨場					電子小黑板					
所属	工事件数	実施	未実施	実施不可 (電波無し等)	実施率	所属	工事件数	実施	未実施	実施率
道路計画課	37	10	27	8	34.5%	道路計画課	37	31	6	83.8%
河川砂防課	47	8	39	3	18.2%	河川砂防課	47	36	11	76.6%
美山出張所	11	5	6	5	83.3%	美山出張所	11	10	1	90.9%
計	95	23	72	16	29.1%	計	95	77	18	81.1%

■取り組み後 (R5.8.1契約～現時点)

所属	工事件数	実施	未実施	実施不可 (電波無し等)	実施率	所属	工事件数	実施	未実施	実施率
道路計画課	27	15	12	6	71.4%	道路計画課	27	21	6	77.8%
河川砂防課	28	5	23	2	19.2%	河川砂防課	28	24	4	85.7%
美山出張所	5	2	3	3	100.0%	美山出張所	5	5	0	100.0%
計	60	22	38	11	44.9%	計	60	50	10	83.3%

■取り組み成果 (現時点)

- 7月末時点の遠隔臨場の実施率が低かったことから、  
 ⇒道路計画課で取組を実施したところ、8月以降契約分では実施率が倍増(34.5→71.4%)  
 ⇒取り組みを実施していない河川砂防課の実施率は低いまま ※美山出張所は高水準をキープ

- 発注者側が積極的に取り組むことで、実施率が顕著に向上することが明らか。  
 ・一方で河川砂防課の事例のように、受注者任せでは普及が進まないことも明らかとなった。  
 ・他のツールも同様のことが言えるのでは・・・職員のやり方・やる気次第でスピード感や質が変わってくる。(受注者は関係ないのかも)

<参考>全体 (R5.4.1契約中～現時点)

所属	工事件数	実施	未実施	実施不可 (電波無し等)	実施率	所属	工事件数	実施	未実施	実施率
道路計画課	64	25	39	14	50.0%	道路計画課	64	52	12	81.3%
河川砂防課	75	13	62	5	18.6%	河川砂防課	75	60	15	80.0%
美山出張所	16	7	9	8	87.5%	美山出張所	16	15	1	93.8%
計	155	45	110	27	35.2%	計	155	127	28	81.9%

来、デジタルツールにより業務は楽になるべきだが、多くのシステムを導入しても周知・引継ぎ不足による利活用不足で、使い方がわからず、せっかくシステムでできることを紙でいいとなってしまうがちなのが問題である。

2.4. 事業規模に対する費用対効果

事業規模が国土交通省とは異なるため、現在の一般的に普及しているICT技術を使用するには、京都府の工事では、実質チャレンジできるものではないことが多い。地元業者とICTについてのコミュニケーションなどにおいて、後述する遠隔臨場の普及時にもあった意見だが、楽にはなった「けど」とまだまだ府の規模では細かい部分は職人に任せ方がいい、遠隔臨場の機器にお金がかかるなどの意見が出てきている。参考に京都府では、費用を計上せずに、ウェアラブルカメラの無償貸し出しや、加点により評価することで普及を図っている。

よくDXは投資であるとして書いてある書籍がある。多少の金額がかかっても、この先の数年は施工規模が小さいものでもICT施工を推奨し、金額が増えても未来への投資ができる支出を考えていくべきだと感じている。

次項からは、現状の課題を踏まえ当時筆者が所属していた南丹土木事務所2023(令和5年)～2024(令和6年)までに取り組んだ内容を紹介していく。

3. 電子小黑板や遠隔臨場の推進について

京都府では、DXの推進を図るため、身近なデジタルツールを推進していけばDXの第一歩になるのではとの観点から電子小黑板や遠隔臨場の取組を進めてきた。そこで、南丹土木事務所における実施状況を調査した。調査結果より、地元企業の自主的な努力に頼りきりではないかとの意見が出た。現場代理人などが、評点に反映されることやそのようなツールがあることを知らないあるいは、デジタルツールの利用が苦手なことから活用に足踏みしていることが判明した。

解決方法として、発注者側から意向確認書を提出させるだけでなく、発注者側からも意欲がある事を示すことで利用を促すことにした。表1のとおり、南丹土木事務所の道路計画課が利用を促すよう動いたところ、発注者側から利用を促していない河川砂防課よりも受注者の利用が増えた。発注者側から促すことで、利用が促進されることがわかった。

促す際のポイントは、成績評定時に加点されることを伝えることと考えているが、この点は、京都府での運用になるので、一概に他の行政機関でも同じことがいえるかは不明である。

特に遠隔臨場に関しては、

- ・材料確認やコンクリートの強度試験など、簡易な場面でもいいこと
- ・条件を満たせば、スマートフォン等のツールでも十分であること
- ・現場立会と同様な扱いとなるので、写真の提出がいら

ないことなどを丁寧に説明し、受注者にメリットがあることを認識してもらうことである。

将来は、加点等に影響されず、現場の手待ちをなくす、緊急対応時の連絡用に用いるなど、連絡手段の一つになっていることを望む。国土交通省の働き方改革の事例紹介では、遠隔臨場をツールとして利用されている事例があり、参考になった。また、現場に行かなくなると懸念する人もいるが、むしろ形式化した現場立会に充てる時間が削減され、地元からの緊急な呼び出しなどのすぐ対応が必要なものに対して時間がさけるような余裕を生み出すデジタルツールとして、発注者側の認識が広がるとよいと感じた。

#### 4. 点群作成アプリ (PoiCL) を使用してみる

##### 4-1. 検証結果

京都府では、2023年11月に各事務所へハイスペックパソコンを導入した。当時は筆者は電算・CAD等の機器を取り扱う担当(以下、電算リーダー)をしており、3Dのような重たいデータを通常のパソコンでは扱うのが難しいため導入したものと思っていた。一方、写真による3D点群作成ソフトウェア(以下、PoiCL(ポイクルと読む))に合わせて導入されたものであった。

その様な経過は知らず、興味本位でソフトウェアの導入設定のついでに点群が作成できるか複数のパターン(ドローン・デジカメ・画素数等の違い)で取り組み、結果をまとめてみた。

ドローンにより作成した結果について、図1のとおりである。

作成した際の結果をまとめると以下のとおりである。

- ・解像度が高い方が、点群密度が高い

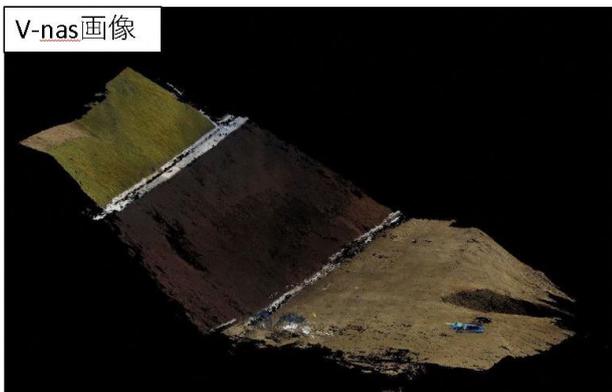


図1 点群作成結果 (V-nas)

- ・GCPの設定は、必須である
  - ・デジカメでも作成できた(災害時にだれでも利用できる.)
  - ・点群作成も数分程度でできる。(写真が多くなれば10分程度かかる場合もあり.)
- \*GCP(Ground Control Pointの略)地上目標物といい、点群の座標における補正を行うための既知点に置く目印である。

##### 4-2. 南丹土木事務所道路計画課での活用事例

道路計画課では、ドローンの資格基準が厳しくなったことから飛行場所の制限があり、活用が難しい状況である。しかし、バイパス事業や飛行制限がないところでは、のり面等の点群作成に成功し、横断面の取得などができるところまでは進んでいる。また、点群の副産物として、オルソ画像を作成すると写真をつなげた合成図ができるため、地元説明会にも有効であると感じた。

##### 4-3. 南丹土木事務所河川砂防課での活用事例

災害で崩れた河川の復旧に活用した。崩れた断面を点群にし、横断面を作成したところ、計画断面と幅がほぼ一致する結果となった(図2 図3)。流水部では、深さに関しては一致しない部分や構造の角等の表現が甘い部分はあるが、崩落箇所の復旧用には十分な精度となった。概算土量の算出や施工業者に3D化した状況や出力した横断面図を送付して、復旧作業の見通しをつかむための資料となり、復旧作業の短縮につながった。なお、設計コンサルタントへの受渡し時には点群の情報などに不備があったのか、うまく使用できなかった。今後も検証を進めていきたい。

#### 5. クラウド保存 (JACICルーム) の活用

##### 5-1. 使用する場面

JACIC ルームは容量無制限のクラウドサービスである。外部のコンサルタント等でも招待できることから、個人

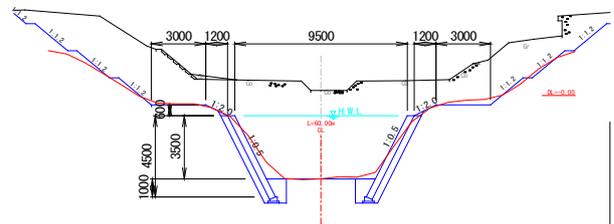


図2 PoiCL 横断面図と計画横断との整合性1

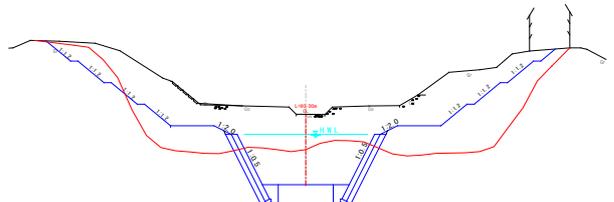


図3 PoiCL 横断面図と計画横断との整合性2

情報などの機密情報の使用は制限されるが大容量ファイルのやり取りが容易になると感じた。

導入はまだであるが、特に写真（位置情報付き）を上げたら、マップに落とししてくれる機能は維持管理の観点で修繕箇所の集約に一役買うと期待できる。また、災害のとりまとめにも期待ができ、他部署との連携も視野に入れて進めていくことができる。

### 5-2. 南丹土木事務所での活用事例 1

災害復旧では複数の箇所の写真と設計コンサルタントからの資料により、日常業務で使用するサーバ容量の圧迫など、業務に支障が出る場面が多くあった。R6 年度災害において、JACIC ルームの活用により、設計資料の保存を行い、共有の ID・パスワードを利用して、事務所の担当者が誰でもダウンロードや被災箇所の閲覧ができるよう整理した。大容量ファイル交換用のサーバーのように期限もなく、保存できることから、査定設計書作成のための資料共有で活用できた。

### 5-2. 南丹土木事務所での活用事例 2

京都府の都市公園では、大規模なイベントに向けて、体育館改修を行っており、事業課（土木分野）、公園指定管理者、営繕課（建築分野・設備分野）、設計コンサルタント、担当土木事務所と関係者が多岐に渡る。このため、担当土木事務所の実務担当ではさばききれない量の調整が発生する可能性があるため、データの保存場所を統一する目的で、ルームを作成して資料の共有を図っている。

## 6. 既存システムの活用について

ここまで、新たなシステムを説明してきたが、既存のシステムの有効活用を促す取組も行っている。

1. アセットマネジメント SaaS サービス  
(橋梁等の施設台帳システム)
2. 電子納品保管管理システム

### 6-1. アセットマネジメント SaaS サービス

維持管理で特に橋梁やトンネルなどの道路施設に関して利用されている基幹システムである。他の土木施設も登録できる状況であるが、利用されている形跡がない。また、このシステムは事業予算管理システム（以下、KJS）と連携しており、工事起工時に契約担当課と連携して、施設ごとの固有コード（以下、インフラコード）を登録することにより、その施設での工事記録などが登録されることになる（図 4）。この機能により、該当施設をクリックすると工事情報が出てくるため、維持管理上で工事記録の検索が楽になる。GIS 機能とも連携しており、地図からも施設検索ができる。

\*SaaS (Software as a Service の略) パソコンへのソフトウェアのインストールが必要なく、インターネットを介してソフトウェアを提供するサービス

### 6-2. 電子納品保管管理システム

工事・業務委託成果品は電子納品がされており、特に工事でも多くの書類が電子納品されるようになった。導入当時は検索性が高まることから、電子上で誰もが閲覧

The screenshot shows a web application interface for '京都府 アセットマネジメント SaaS サービス'. The page title is '道路橋台帳 - 契約情報' (Road Bridge Ledger - Contract Information). The interface includes a navigation menu with buttons like '新規登録', '変更', '削除', '実行', 'クリア', '履歴一覧', '地図情報', '申請期間経過後', '10 年度計画', '戻る', and 'メニュー'. The main content area displays contract details in a table format:

共通	基本諸元	上部工	下部工	橋員諸元	交差状況	一般図・写真	契約情報
工事番号	[Redacted]	電子納品番号	[Redacted]				
工事名	[Redacted]	契約番号	[Redacted]				
工事場所	[Redacted]						
商号又は名称	[Redacted]						
工期	[Redacted]	契約金額	[Redacted]				
工事概要 1	[Redacted]						
工事概要 2	[Redacted]						
工事概要 3	[Redacted]						
工事概要 4	[Redacted]						
工事概要 5	[Redacted]						
工事概要 6	[Redacted]						
工事概要 7	[Redacted]						

図 4 アセットマネジメント SaaS サービス工事登録状況

できることで、資料検索の手間が省けることが期待されていたと思うが、エラーチェック後に、保管管理システムへ保存するよう促している。

正しく成果を保存しておくことで、机周りが過去の成果品で埋もれることなく、棚の整理ができたと感じている。また、報告書や図面の検索性が上がり、利便性も向上している。

## 7. 南丹土木事務所内での水平展開

私が京都府の南丹土木事務所において定期的に開かれていた技術者会議の中で、導入したシステムの紹介を行った。便利だと思うシステム（処分地の経済比較）なども紹介したところ、興味のある方や利点があると思った人は、どうしたらいいかと相談に来てくれるようになった。

## 8. 今後の展望

私は4月から本庁で技術管理を担当する指導検査課に異動したため、南丹土木事務所での取組を、南丹土木事務所だけの取組に終わらせずに、各土木事務所でも同じ水準でDXが進み、事務所間の温度差がないように、他事務所から質問が来れば丁寧に答えていきたい。現在も関心が高い方は個別に連絡をもらって回答しているところである。

今は基幹システム（データベース）が古いものから新

しいものまで混在しており、データ連携ができていない状況である。工事情報、電子納品保管管理システム、施設台帳がつながることで資料の検索時間の短縮や職員点検などの通常業務の軽減が見込まれることは必然であるので、既存データの有効活用が進むことを期待したい。

今はボトムアップのDXが多いように感じるが、建設交通部全体での推進や他部署との連携には管理職クラスなど影響力や調整力を持った役職の協力が必要不可欠である。上の人たちが変えたい京都府の姿を描き、指示し目的を明確にすることが求められる。より一層のDX推進への方向付けをしていただきたいと考えている。

## 9. まとめ

私はDXという言葉が明確に意識したのは昨年度である。デジタル技術の活用のためのWT会議ができたり、部内メルマガでDXの紹介はあったりはしたが、特に気に留めていなかった。

しかし、南丹土木事務所では電算リーダーとしてPoiCLを扱ったことがきっかけで、WT会議に参加するようになった。そして、勉強するにつれて、これまで、京都府に入り改善したいと思う作業が多分にあったがそれらの改善を考える大事なきっかけになっていると思っている。

## 参考文献

- 1) 国土交通省：報道発表資料：「i-Construction 2.0」を策定しました～建設現場のオートメーション化による生産性向上（省人化）～ - 国土交通省 ([mlit.go.jp](http://mlit.go.jp)), 2024. 4. 16

# 発注業務のオートメーション化の検証

橋本 康平<sup>1</sup>・濱口 貴仁<sup>2</sup>

<sup>1</sup>滋賀県土木交通部 用地事業支援課 (元 公益財団法人滋賀県建設技術センター)

<sup>2</sup>滋賀県土木交通部流域政策局 河川・港湾室 河川環境係 (元 公益財団法人滋賀県建設技術センター)

生産年齢人口が減少していく中、社会資本の整備・維持管理を支える建設現場の大きな構造転換が期待されており、国土交通省はi-Construction 2.0を推進し、生産性の向上を目指している。一方で土木技術系公務員においても慢性的に人員が不足している中で、新たな構造転換を図らなければ、生産性の低いまま取り残されることが危惧される。そのため、その改善策として「発注業務のオートメーション化」を提案し、「積算のDX」と「図面・数量作成のDX」の効果検証を行う。

キーワード DX, 生産性向上, 積算の効率化, 3Dモデル, 点群測量, 差分解析

## 1. はじめに

国土交通省はi-Construction 2.0を制定し、2040年度までに建設現場の省人化を進め、生産性を1.5倍向上することを目指している。そのため、i-Construction 2.0では、遠隔建設機械を活用し、一人のオペレータが複数の建設機械の動作を管理する「施工のオートメーション化」を推進する他、BIM/CIMの推進など建設生産プロセス全体をデジタル化していく「データ連携のオートメーション化」、現場管理のリモート化やプレキャスト製品の活用によるオフサイト化（現地工程の削減）を進める「施工管理のオートメーション化」を推進し、建設現場の大きな構造転換を進めることとしている。

一方で、土木技術系公務員においても人員不足が大きな問題となっており、旧態依然の働き方を続ければ、土木技術系公務員の業務は生産性の低いまま取り残され、公共事業の推進および公共施設の適正な維持管理に支障をきたす恐れがある。したがって、土木行政においても、i-Construction 2.0と同様にデジタル化による省力化を目指し、DXによるオートメーション化を進めていく必要があると考える。そのため、本稿では「発注業務のオートメーション化」として「積算のDX」と「図面・数量作成のDX」について検討を行い、土木技術系公務員の生産性向上を提案する。

## 2. 積算のDX

### (1) 積算DXの導入検討

滋賀県および(公財)滋賀県建設技術センター(以下、建設技術センター)で使用している積算システムは、全ての帳票データをCSV形式でデータ保存することができ、各歩掛および単価の条件を抽出できる(図-1参照)。そのため、各種CSVデータからどのような積算情報が得られるか確認し、積算情報をCSVデータから抽出して定型様式の積算資料を自動作成できるソフト開発の導入について検討した。

小型構造物 バックホリ(クレーン機能付) 打設 m3			第211号単価表	
0.08	41,950	3,356		CB240010
J01 構造物種別	小型構造物	無		02編04番001項
J02 打設工法	バックホリ(クレーン機能付) 打設	無		単位数 1
J03 フォークリフト規格	24-12-25 (20) (高炉)	無		管理費区分
J05 養生工の種類	一般養生	無		単価適用 2024.6
J13 費用の内訳	全ての費用	無		歩掛適用 2024.6
				労務調整 1
				超過・規制 00-00-00-02
				一括割増率 0%
				機械補正 0
				材料補正 1.000

抽出するデータ

図-1 積算システムから抽出できるCSVデータの一例

積算業務で作成している主な積算資料は歩掛条件根拠資料、工程計算書、仮設材賃料比較資料、産廃処分比較資料の4種類であり、検討の結果、この内、歩掛条件根拠資料、工程計算書は積算システムから抽出するCSVデータを利用して自動作成が可能であることが分かった。

### (2) 積算資料の自動作成

#### a) 歩掛条件根拠資料の自動作成

歩掛条件根拠資料作成ソフトは、CSVデータから土木工事標準積算基準書の条件を抽出し、出力フォーマット

に従って条件をエクセルに出力する仕様とした。これらに積算担当者がコメントを加えることにより、歩掛条件の根拠を細やかに整理することが可能となる他、設計書を見なくても全ての積算条件とその根拠を積算資料で確認することが可能となり、積算資料作成を省力化するとともに、効率よく設計条件が確認可能となり、違算防止を図ることができる。

コンクリート →数量計算より0.59m<sup>3</sup>/9.530×10m=0.619m<sup>3</sup>/10m  
(CB240010) 数量: 0.619m<sup>3</sup> 規格: 小型構造物 パック材

入力条件 構造物種別: 小型構造物 →コンクリート断面積が1m<sup>2</sup>以下であるため  
打設方法: パックホウ (クレーン機能付) 打設 →h>1.0m  
コンクリート規格: 18-8-25 (高炉)  
養生の種類: 一般養生  
費用の内訳: 全ての費用

□: CSVデータによる自動入力  
—: 設計者のコメント

図-2 自動作成される歩掛条件の一例

また、協会歩掛をはじめとする積上げの歩掛は、従来はエクセル表で積上げ結果を取りまとめていたが、出力フォーマットに従い、CSVデータから名称や単位、数量などをエクセル表に出力する仕様とした。そのため、積上げ歩掛の積算資料も作成の省力化が可能となった。

名称	規格	単位	数量	備考
クレーン運転		日	1.786	
ラフレンレン運転		日	1.786	
搬施工費	Ⅲ型	箇所	40	
土木一般世話役		人	1.786	
特殊作業員		人	1.786	
とび工		人	3.571	
溶接工		人	3.571	
諸雑費(車)	8.4%	式	1	

図-3 自動生成される歩掛単価表の一例

b) 工程表の自動作成

工程計算書は、CSVデータと国土技術政策総合研究所が公開している日作業量データベースを照合することで、従来から滋賀県で使用している工種別の工程計算書の作成が可能なものとした。

また、国土技術政策総合研究所が公開しているデータベースだけでなく、滋賀県独自作業歩掛の日作業量データベースもとりこめる仕様とし、データベースの拡張性にも考慮した。

日作業量データベースと照合

種別	種別	規格	数量	日当たりの 作業量	実日数	不働日数	備考
作業工	砕石	1号1号	430.0 m <sup>3</sup>	220.0 m <sup>3</sup> /日	2.9	3.2	1-14-0-19 1号 標準値無し、無し
	砕石(粗砂)	土質軟弱	300.0 m <sup>3</sup>	70.0 m <sup>3</sup> /日	5.2	5.8	砕石 粗砂(1)
	砕石(粗砂)	1号1号	350.0 m <sup>3</sup>	270.0 m <sup>3</sup> /日	1.3	1.5	1-14-0-6 砕石(粗砂) 1号1号 標準値無し、無し
	運送	土質土砂 W<1m	5.0 m <sup>3</sup>	33.0 m <sup>3</sup> /日	0.2	0.3	1-14-0-17 最大運送距離1m未満
	埋戻し	土質土砂 1号W<4m	30.0 m <sup>3</sup>	53.0 m <sup>3</sup> /日	0.6	0.7	1-14-0-17 最大埋戻し1m以上4m未満
	埋戻し	土質土砂 2号W<5m	300.0 m <sup>3</sup>	89.0 m <sup>3</sup> /日	4.4	4.9	1-14-0-17 最大埋戻し5m以上
	降水排水	路上幅員2.5m未満	5.0 m <sup>3</sup>	43.0 m <sup>3</sup> /日	0.2	0.3	1-14-0-14 2.5m未満
	降水排水	路上幅員2.5m以上4.0m未満	40.0 m <sup>3</sup>	78.0 m <sup>3</sup> /日	0.6	0.7	1-14-0-14 2.5m以上4.0m未満
	降水排水	路上幅員4.0m以上	130.0 m <sup>3</sup>	260.0 m <sup>3</sup> /日	0.5	0.6	1-14-0-14 4.0m以上20.00m未満
	基礎掘削	50.0 m <sup>2</sup>	50.0 m <sup>2</sup> /日	1.0	1.1	1-14-0-17	

15.9 日 19.1 日

橋台工A1 作業土工=16.9+19.1=36 日

種別	名称	規格	数量	日当たりの 作業量	実日数	備考
基礎工(掘削)	掘削	100.00 m <sup>2</sup>	91.0 m <sup>2</sup> /日	1.10	1-14-0-7 概算オプション無し、1,000m <sup>2</sup> 以上5,000m <sup>2</sup> 未満、無し	
	掘削(ロープ)	100.00 m <sup>2</sup>	310.0 m <sup>2</sup> /日	0.32	1-14-0-14 土砂土量50,000未満	
	100.00m <sup>2</sup> 以下			1.42 日		
日当たり施工量				30.4 m <sup>2</sup> /日		

図-4 自動生成される工程計算書の一例

なお、工程の順序はユーザーフォーム(図-5)上で順序の変更が簡単に行えることから、指定した順番で工程

計算書の結果をもとに自動で工程表を作成でき、工程計算書および工程表の作成を大きく省力化することが可能である。

図-4の算出結果

種別	細別	施工日数	非表示	エラー	順序入れ替え
18 共通仮設費	準備費	0.9 日			
15 法護岸工A1	構造物取壊し工	4.1 日			
16 仮設工	水留工	1.3 日			
1 橋台工A1	作業土工	36 日			
6 法護岸工A1	掘削	53.4 日			
2 橋台工A1	橋台躯体工(構造物単位)	98.8 日			
6 法護岸工A1	作業土工	12.2 日			
8 法護岸工A1	コンクリート工(コンクリートブロック)	98 日			
9 法護岸工A1	運搬付属物工	9.4 日			
7 法護岸工A1	法面整形工	3.4 日			
14 法護岸工A2	構造物取壊し工	8.4 日			
15 仮設工	水留工	2.1 日			
17 仮設工	水留工	1.3 日			
3 橋台工A2	作業土工	22.6 日			
11 法護岸工A2	掘削	5.9 日			
4 橋台工A2	橋台躯体工(構造物単位)	81.2 日			
12 法護岸工A2	作業土工	1.3 日			
13 法護岸工A2	コンクリート工(コンクリートブロック)	23.2 日			

矢印ボタンで工程順番を変更

図-5 工程順序を指定するユーザーフォームの一例

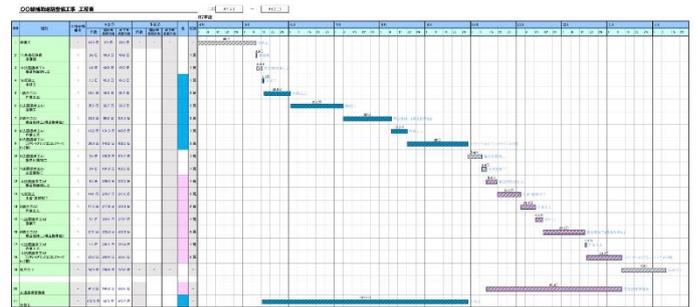


図-6 自動生成される工程表の一例

c) 産廃処分比較表(伐採木)の自動生成

従来から産廃処分比較は As 殻, Co 殻については、(一財)建設物価調査会が運営する建設物価 MaP サービスを使用して経済比較表を自動作成しているが、伐採木処分費については、運搬費(円/m<sup>3</sup>)と処分費(円/t)の単位が異なるため、正しい経済比較表を作成できなかった。上述の検討より、産廃処分比較表については CSV データを活用することができなかったが、建設物価 MaP サービスから処分単価と運搬費を抽出し、自動で運搬費の単位を(円/t)に変換し、処分費(円/t)と併せて経済比較できるソフトを作成した。そのため、伐採木処分費の経済比較表の自動作成も可能となった。

(3) 積算ソフトの有効活用

開発したソフトは、自動作成された積算資料を設計者が自由に修正・加工できるようにどのソフトもエクセルで処理できる仕様としている。また、作成したソフトは建設技術センターが管理している滋賀県と滋賀県内市町の土木技術系職員が利用できるLGWAN上のクラウド「ドボクラ」でR7年2月からオープン化しており、県内での利用促進を図っている。

今後は、全県で利用してもらう中で改善を検討していくとともに、ドボクラでは、過去の積算業務成果物やタイムラプスカメラ動画による工種解説動画など積算の理解促進を促すためのツールも公開しているため、これらの積算効率ツールの利用促進により、滋賀県全体の積算

業務の生産性の向上につなげていきたい。

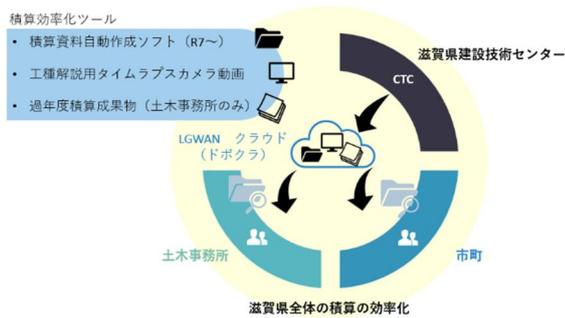


図-7 ドボクラの活用イメージ

### (3) 積算ソフトの効果と今後の目標

建設技術センターでは年間約50件の積算委託業務を受注しており、現状の生産性は約25日/件・人である。自動化した積算資料を活用するだけでも最短で3.5日/件は省力化できると試算しており（根拠資料作成2日、工程表作成1日、産廃比較表0.5日）、生産性は21.5日/件・人に向上し、約1.15倍の生産性向上が期待できる。



図-8 省力化の試算

更に見積結果の自動入力といった積算システムの機能改造によるシステム入力の自動化を進め、1.5日の省力化を推進し、20日/件・人つまり中長期的に1.25倍の生産性向上を目指す計画である。

また、建設業界では建設ディレクターがデジタルツールを使用してバックオフィス業務を切り出して担当する分業化が進んでおり、一部の他都道府県の建設技術センターにおいてもデジタル化の推進と併せて土木の専門知識を有さない専門外の職員が積算を行う分業化が推進されている。そのため、積算システムにおける設計書の積算体系づくりを専門外の職員が行うような分業化の推進を行い、長期的には1.5倍の生産性向上を目指したいと考えている。（試算では受託実績の少ない舗装・河川工事を除く150百万以上の工事が全てが受託可能となる。）

## 3. 図面・数量作成のDX

### (1) 図面・数量作成 DX の導入検討

BIM/CIMが推進されていく中で、3Dモデルによる図面・数量・積算設計書の自動化が進んでいくことが予想される。一方で地方自治体においては、維持管理関連の発注業務において、直営および現場技術業務での図面・数量の作成が多く、委託業務ではなく職員自らBIM/CIM

を推進していくことが求められることから、「発注業務」のオートメーション化を進めるために、維持管理業務における3Dモデルを活用した「図面・数量作成のオートメーション化」を検討していくこととした。

そのため、職員自ら点群測量および3Dモデル作成を行い、維持管理業務の発注に必要な図面・数量を自動作成するモデルケースとして、浚渫工事を題材に検証した。河川断面のみの3Dモデルであれば比較的構造が簡易であること、河川上の点群測量は障害物が少ない他、道路利用等への影響が少なく、容易であることがモデルケース選択の理由である。

発注に必要な横断面・縦断面は点群地形と河川の3Dモデルから自動作成させることとした。なお、発注に使用する平面図は既存の航測図等を使用することを想定しており、横断面・縦断面・数量のみを自動作成の対象としている。また、発注に必要な数量計算は点群と河川の3Dモデルを差分解析することにより自動作成することとした。

精度の検証にあたっては、発注済みの浚渫工事について、工事着手前に点群測量を行い、地形点群データと河川3Dモデルから横断面・数量を自動作成し、現地測量に基づいて作成した工事発注図面・数量と比較することで精度を確認した。なお、縦断面は再現が容易であるため検証対象外としている。

### (2) 点群測量の実施

今回検証対象としたのは、滋賀県甲賀土木事務所管内の淀川水系1級河川大戸川である。施工延長約1.2km、当初設計で河川土工V=10,000m<sup>3</sup>の浚渫工事であり、R6年度春に完了している。検証箇所の3次元点群データを取得するため、建設技術センター職員2名で浚渫工事前にUAVレーザ測量を行い、現況地形の点群データを取得した。図9に現地の概要を示す。

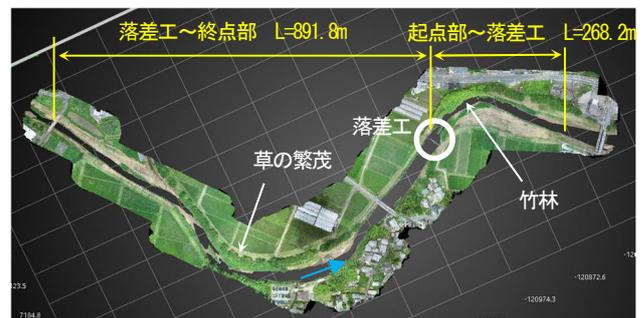


図-9 現地の概要

測量を実施するにあたっては、維持管理業務用の測量であることから、地図情報レベルは1000とし、UAV搭載型レーザスキャナを用いた公共測量マニュアル（案）<sup>1)</sup>に掲載されている標準値を参考に測量諸元を定め、飛行ルートを作成し、測量を行った。

表-1 測量諸元

諸元	設定条件	マニュアル標準値
飛行高度	50m	30m以上150m未満
飛行速度	5.9m/s	4~7m/s以上
サイドラップ率	35%	30%以上
点群密度	429点/m <sup>2</sup>	100点/m <sup>2</sup> 以上

**(3) 3Dモデルを使用した図面・数量の自動作成**

以下の手順で3Dモデルより図面・数量を自動作成した。なお、今回使用したソフトはTREND-POINT（福井コンピュータ株式会社）【点群処理・点群解析】、EX-TREND武蔵（福井コンピュータ株式会社）【河川3Dモデル作成】、SurveyView（中日本航空株式会社）【線形・縦横断面図作成】である。

**手順1：地形点群データの作成**

TREND-POINTを使用して点群のノイズ処理・フィルタリング（樹木削除）を行う。フィルタリング後の点群から三角網モデルを作成した後、三角網に均一に点群を配置したグリッドデータを形成し、地形の点群データを作成する。

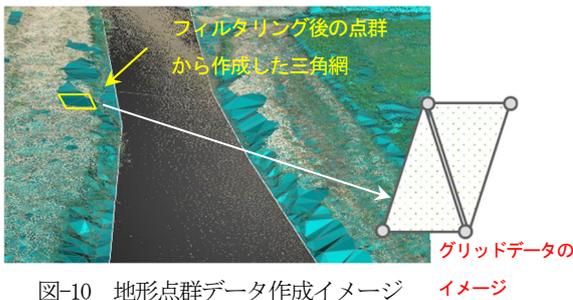


図-10 地形点群データ作成イメージ

**手順2：中心線形の決定（河川整備計画がない場合）**

SurveyViewを使用して、点群データの平面上でIP点や線形変化点を指定した上で、曲線半径を指定することにより、中心線を決定し、線形計算を行う。（平面図上でIP点をクリックで指定し、曲線半径を入力することで現況河川の中心線を決める。）

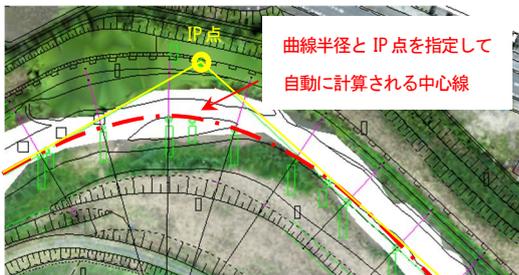


図-11 中心線作成イメージ

**手順3：縦断諸元の確認（河川整備計画がない場合）**

TREND-POINTを使用して、点群から起終点および落差工等の変化点の高さを確認し、縦断諸元をまとめる。

**手順4：定規断面の設定（河川整備計画がない場合）**

SurveyViewで点群から現況横断面図を作成し、断面変化点ごとに定規断面の寸法を設定する。

**手順5：河川3Dモデルの作成**

中心線形、定規断面、縦断変化点をEX-TREND武蔵に登録し、河川の3Dモデルを自動作成し、地形点群データと合成する。



図-12 浚渫前の点群と3Dモデルの合成

**手順6：数量の自動作成**

TREND-POINTで地形点群データと河川3Dモデルの差分解析を行い、数量計算書を自動作成させる。

数量算出は数量算出要領のBIM/CIMモデルによる数量算出方法に従った差分解析方法により、メッシュ間隔50cmの4点平均法で行う。

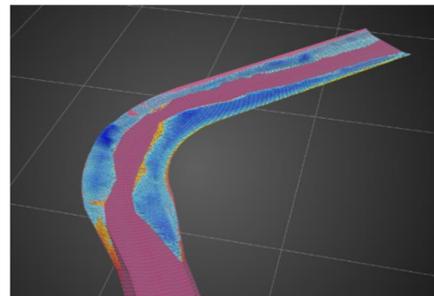


図-13 差分解析結果（落差工より上流部）

**手順7：図面の自動作成**

SurveyViewに地形点群データと3Dモデルのグリッドデータを登録し、縦横断面図を自動作成させる。

**(4) 3Dモデルの精度検証**

河川の3Dモデルと現況地形点群データから算出した数量計算の精度を検証するため、現地横断測量結果に基づいて作成した横断面図から平均断面法で算出した数量計算と河川の3Dモデルと現況地形点群データに基づいて作成した横断面図から平均断面法で算出した数量計算を比較した。なお、3Dモデルを活用する場合、差分解析を適用するが、算出方法による誤差を排除するため、どちらも平均断面法で比較した。落差工より上下流で区間分けをし、区間ごとの土量についての比較結果を表-2に示す。

表-2 平均断面法による比較結果

区間	①点群測量	②横断測量	①-②誤差
下流側	5,789m <sup>3</sup>	5,478m <sup>3</sup>	311m <sup>3</sup>
上流側	10,508m <sup>3</sup>	4,954m <sup>3</sup>	5,554m <sup>3</sup>

それぞれの区間について、延長当りの誤差 (m<sup>3</sup>/m) と誤差が点群測量から算出した土量に占める割合 (%) の比較を表-3に示す。

落差工より下流は誤差が5%であるのに対して、落差工より上流は誤差が53%となっており、上流側は再現性が低いことが明確である。以下に落差工の上流側と下流側に分けて、再現性に関する考察を述べる。

表-3 誤差の比較結果

区間	誤差/延長	誤差/当初土量	延長
下流側	1.2m <sup>3</sup> /m	5%	268.2m
上流側	6.2m <sup>3</sup> /m	53%	891.8m

a) 落差工より下流の考察

断面変化点の擦り付け区間では、3Dモデルと2次元設計で断面に差異がでていること、左岸竹藪区間と右岸土砂堆積部で地形に差異がでていることが、土量の差の原因と考えられる。しかしながら概ね2次元設計の計画断面と地形を3次元で復元することができている。

3Dモデルと2次元設計の擦り付け区間での断面の違いは、3Dモデルの登録断面を増やすことで近づけることができると考えられ、3Dモデルづくりにおける留意点について、今後検証を進めていく必要がある。右岸の土砂堆積区間の差異は、現地横断測量が古く土砂堆積量が増えていることが原因と考えられる。竹藪区間においては、点群測量は河床と堤防法肩を結んだような地形となっており、現地横断測量の地形と差異が出ている。

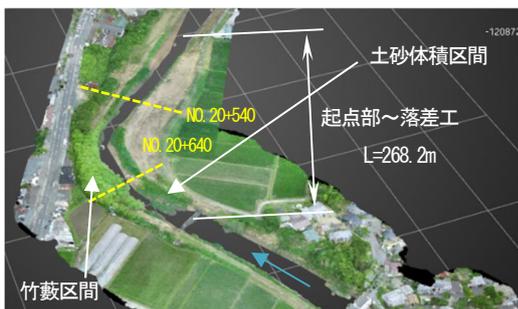


図-14 下流区間位置図

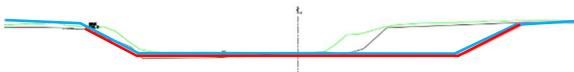


図-15 N020+540横断図

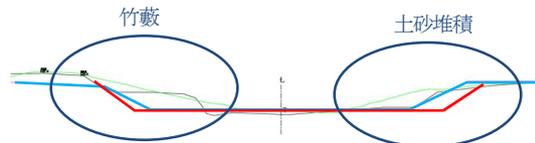


図-16 N020+640横断図 (断面すりつけ区間)

凡例

赤色：当初設計 水色：3Dモデル  
 黒色：現地横断測量 緑色：点群測量

これは、竹が密集して繁茂しており、地面まで到達できた点群が少なく、精度よくグラウンドラインをとらえることができていないことが理由と考えられる。測量点群をもとに三角網を形成し、三角網内に均一に点群を再配置するが、図-17において左岸の竹藪区間はほとんど測量点群がなく、そのため三角網が大きく、精度の低いモデル形成となっていることがわかる。

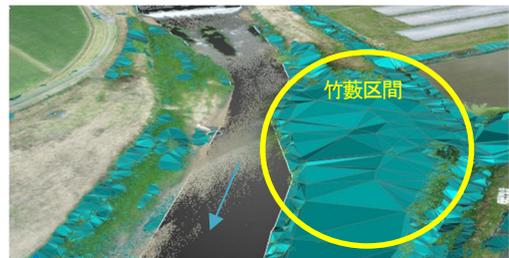


図-17 竹藪区間の三角網作成状況

b) 落差工より上流の考察

図-19より、草が繁茂している箇所は、点群測量の地形図が現地測量横断図を外側にスライドさせたような地形図となっており、草の繁茂によりグラウンドラインが正しくとらえていないことがモデルの再現性が低い要因と考えられる。一方で堤防沿いに繁茂する樹木程度であれば精度よくフィルタリングしてグラウンドラインが測量できている。

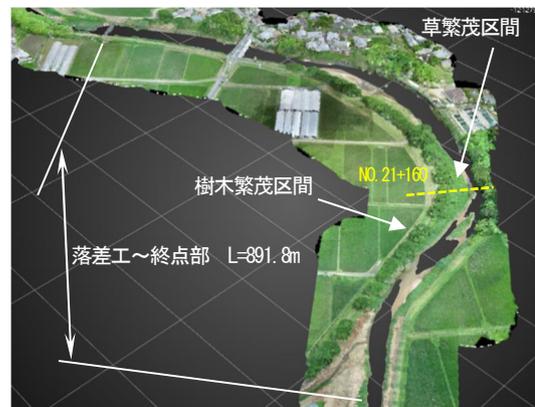


図-18 上流区間位置図

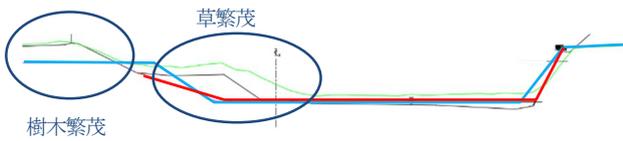


図-19 N021+160横断面図

草繁茂区間については、十分な点群を有しており、一見グラウンドラインを精度良く再現できているように思われるが、実際は草の表面で点群照射が止まっており、このことが大きな精度低下を招いていると考えられる。



図-20 草繁茂区間の三角網の作成状況

### c) 精度向上の検討

草の影響を低減させて精度を向上させる工夫を検証するため、淀川水系 1 級河川大浦川で追加検証した。草が枯れた時期を選んで測量を実施し、レーザの照査方向を変えて 2 回飛行させることにより、点群密度を増加させることにより、精度向上を図った。

自動フィルタリングで草を自動削除した結果、削除した点群の厚みが 1.38m であるのに対して、現地の繁茂高さが 1.4m で近い数値であったことから、河床まで点群が届いており、草を精度良くフィルタリングできている可能性がある。

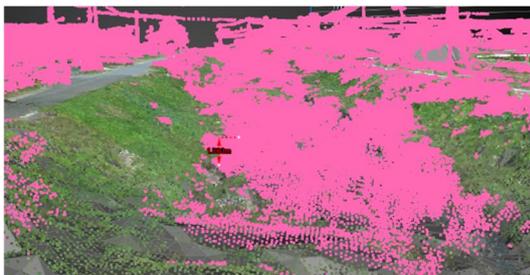


図-21 点群測量のフィルタリング結果



図-22 フィルタリング範囲と繁茂高さの比較

当該工事は全県で実施しているレーザ航空測量の点群測量をもとに平均断面法で当初設計数量を算出している。

そのため、UAV レーザ測量と 3D モデルを利用した手法とは異なる手法で当初設計の図面・数量を作成しており、今後は工事の出来形数量を含めた 3 つの手法を比較し、精度向上の効果検証を進めていく。

### (5) 点群データ・3Dモデル活用の効果と今後の展望

点群測量が比較的容易なロケーションにおいては、導入しても問題ない精度を確保できており、小規模な工事から導入を検討できると考える。従来手法では、測量と図面・数量作成で数週間～数カ月単位の作業を要するのに対して、デジタル化により測量に 2 時間程度、3D モデル作成・差分解析に 2 日程度の作業で済むことから、導入により大きな生産性の向上が期待できる。また、維持管理用の簡易な 3D モデルを作成することにより、繰り返し活用することで、更なる生産性の向上が予想されることから、新しい維持管理手法の一つとして、導入の拡大を目指したい。

一方で今回の検証で草の繁茂による精度低下は無視できないほど大きいことが判明した。UAV 搭載型レーザスキャナを用いた公共測量マニュアル (案) では、要求仕様及び作業仕様を計画機関及び作業機関が測量の目的等を踏まえて設定すると記載されており、今回の検証から、約 1000 点/m<sup>2</sup> 程度の点群密度が必要と考えているが、引き続き差分解析の精度確保に必要な点群密度を検証していく必要がある。また、今回の取り組みの中で 3D モデル作成と差分解析の具体的な手順についてマニュアル化したため、差分解析や 3D モデルを作成できる職員の増加に向けた人材教育も強化していきたい。

## 4. まとめ

本稿では、図面・数量計算書といった仕様書の作成から積算までの発注業務に必要な直営作業について、デジタル技術を活用したオートメーション化を導入するための具体的な手法を提案し、生産性の向上が確認できた。土木技術系公務員の実務視点から、作業のオートメーション化を検討し、一定の成果を確認できたことは、今後の新しい土木技術系公務員の働き方を提案するための重要な成果となると考えている。しかしながら、業務が年々多様化していることから、一事例に固執することなく、課題に直面した職員自らがデジタル技術をカスタマイズして業務に活用していくことが重要となる。したがって、本研究の取り組みを足がかりとして、土木技術系公務員の実務視点からの生産性向上への様々な取り組みが活性化し、公共事業の推進および公共施設の適正な維持管理につながることを期待したい。

(本稿は、筆者が公益財団法人滋賀県建設技術センター在籍時に検討した結果を基に執筆している。)

参考文献 1) UAV 搭載型レーザスキャナを用いた公共測量マニュアル (案) : 国土交通省国土地理院

# 淀川大堰閘門工事における 施工効率化の取り組み

有本 浩太郎

近畿地方整備局 河川部 水災害予報センター (〒540-8586大阪府大阪市中央区大手前3-1-41)

淀川大堰閘門は大阪湾から京都方面までの淀川の航路をつなぐ施設で、完成すれば閘室幅日本最大（幅20m,延長70m）の施設となる。

工事は令和3年（2021年）から始まり、令和7年（2025年）4月の大阪・関西万博での運用を目指していたが、想定外の地質トラブルや矢板からの漏水等の事象により計画工程から大幅に遅れることになった。こうした背景のなか、施工効率化の取り組みとして、構造物のプレキャスト化や施工ヤードの配置調整などでインフラDXを活用したことが工程短縮に効果を発揮したので、その内容について報告するものである。

キーワード 施工効率化, プレキャスト, インフラDX, 工事工程監理

## 1. はじめに

淀川の航路はこれまで淀川大堰によって上下流で分断されており、災害時の復旧資材運搬、緊急物資や人の輸送等を目的とした船の往来ができない状況であったが、平成7年阪神淡路大震災からの復興で舟運が活躍する等、舟運復活の機運が高まり、淀川の上下流の水位差を調整する「閘門」の整備の必要性も認識され、令和3年（2021年）から工事に着手することになった。

また、淀川の舟運は災害時だけでなく、平常時の観光の役割を担う重要な輸送手段としても期待されており、淀川大堰閘門が完成することによって、京都から大阪湾までの航路がつながることになれば、京都から大阪・関西万博の会場である夢洲まで一気通貫でつながることになるので、舟運の活性化（沿川地域のにぎわい創出）という観点からも、令和7年（2025年）4月の大阪・関西万博での運用を目指す必要があった。



図-1 淀川大堰周辺の状況（工事前）

## 2. 淀川大堰閘門の諸元・工事一覧

### (1) 淀川大堰閘門の諸元

- ・施設名称：淀川大堰閘門（淀川ゲートウェイ）
- ・水系：淀川水系淀川
- ・目的：船舶の航行
- ・門数：2門（上流閘門, 下流閘門）
- ・形式：二相ステンレス鋼製プレートガータ構造ローラゲート
- ・開閉方式：電動ワイヤロープウインチ式(1M・2D)
- ・純径間：20m
- ・扉高：上流閘門3.8m, 下流閘門6.3m
- ・ゲート開閉速度：6.0m/min(高速), 1.0m/min(低速)
- ・閘室：長さ70m, 幅20m
- ・充水方法：バイパス水路形式（電動ラック式：2門）

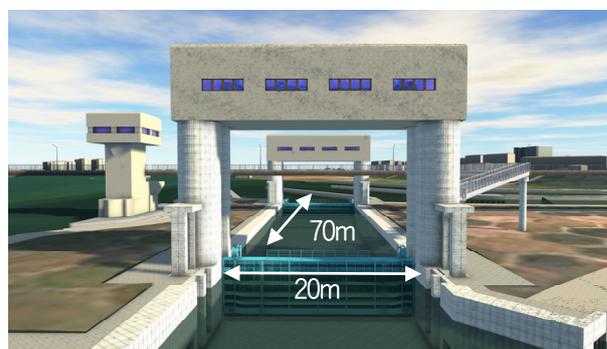


図-2 閘門完成図

### (2) 関連工事一覧

現場は淀川大堰の固定堰内になるので、出水期での工

事に制約があった。

また、固定堰内は狭隘で、限られた工事ヤード内に複数工種（土木、機械、電気、建築）の工事業者が輻輳する現場でもあった。

関連工事は9工事(表-1)あり、後述する地質トラブルによる工程遅延の影響を受け、多い時期で最大3工事が輻輳する状況となった。このため、施工ヤード調整や施工手順の変更、出水期施工の実施、当初設計の見直し等、種々の調整・設計変更が生じた。

特に万博開催までに通航機能を確保するためには、開門躯体とゲートの並行工事が必要となり、施工ヤード干渉の関係から構造を変更する等の対応が必要となった。

表-1 関係工事一覧

工事名	主な工種
①淀川大堰開門閘室他整備工事	導流堤、閘室
②淀川大堰開門躯体整備工事	開門躯体
③淀川大堰開門管理橋下部工他工事	管理橋下部工
④淀川大堰開門管理橋上部工他工事	管理橋上部工
⑤淀川大堰開門ゲート新設工事	ゲート設備
⑥淀川大堰開門操作室新築工事	操作室
⑦淀川大堰開門電気設備設置工事	電気設備
⑧淀川大堰管理制御処理設備設置工事	制御設備
⑨淀川大堰開門通信設備設置工事	通信設備

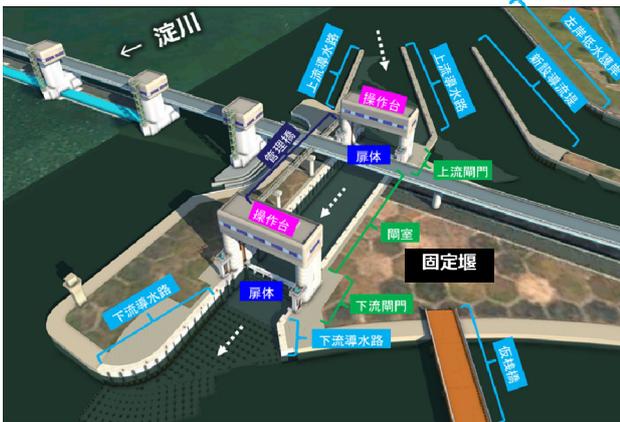


図-3 開門工事区分概念図

### 3. 当初計画との乖離

開門工事は当初令和6年（2024年）の出水期での試験運用を目指していたが、主に下記に示す地質に起因する想定外の事象発生により全体で15ヵ月程度の工程遅延が発生した。

#### (1) 基礎杭の高止まりによる工法変更

淀川大堰開門の基礎工事に際し、基礎杭の高止まりが発生した(図-4)。高止まりの要因は「均等係数の小さな細砂～中砂」が分布する地域で発生しやすい「ジャミング現象（胴締め現象）」によって累積した摩擦力により杭の高止まりに至った可能性が高いと考えられた。



図-4 杭の高止まり状況

このため、下流開門での中掘り工法による工事継続は困難と判断し、工法をプレボーリング工法へ変更するとともに、鋼管杭とプレボーリング工法の組み合わせで実施した。

結果、杭の高止まりに関する一連の対応で、計画工程に対して60日程度の遅延が発生した。

#### (2) 地中内異物との干渉、矢板からの漏水対策

開門および閘室の掘削工事に際し、当初計画ではディープウェル工法による地下水低下を計画していた。しかし、地中内異物との干渉(図-5)やジャミング現象と想定される土留め矢板と閘室鋼管矢板の高止まりが確認されており、矢板の継手異常が発生している可能性があった。また、漏水からパイピングへの進展が危惧された。パイピングが発生した場合、土留め崩壊等の重大事故へ進展するほか、淀川大堰の固定堰機能が低下し利水・治水機能に影響を与える可能性があった(図-6)。

以上より、予防保全的な対応として土留め周囲を薬液注入により固結するとともに、ディープウェル稼動時の高流速による地盤の流動化を発生させないために、ディープウェルの代替工法として地盤改良による底面止水処理を実施した。

結果、漏水対策に関する一連の対応で、計画工程に対して60日程度の遅延が発生した。



図-5 地中内異物(捨石)

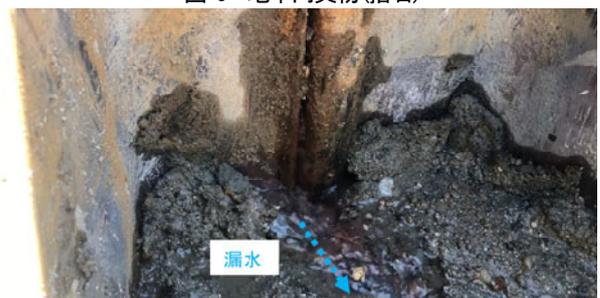


図-6 仮締切矢板継手からの漏水状況

#### 4. 施工効率化の取り組み

万博開催までに通航機能を確保するためには、大幅な工程短縮（全体で15ヵ月程度）を図る必要があり、「構造物のプレキャスト化」と「インフラDXの活用」により工程短縮を図ることとした。

##### (1) 構造物のプレキャスト化

ここでは、プレキャスト活用による対象構造物の工程短縮や関連工事への施工性影響等のメリット、コスト増や実作業を通じて得られた特殊制約等の留意点を整理する。

###### a) プレキャストを活用した構造物

当初設計では現場打ちで施工予定であったが、大幅な工程短縮が必要となったため、当初予定していた門柱以外に以下の4工種についてもプレキャスト化する方針とした。プレキャスト化した工種を以下に示す。

- ① 操作台
  - ・ 上流閘門：PC 桁 10 本 (B0.6m×H1.1m×L22.4m)
  - ・ 下流閘門：PC 桁 11 本 (B0.6m×H1.1m×L22.4m)
- ② バイパス水路
  - ・ 4 箇所 (内空 1.8m×1.8m, L16.1m)
- ③ 笠コンクリート
  - ・ 閘室：幅 1.6m×高さ 1.8m×延長 109.9m
  - ・ 下流導水路：幅 1.8m×高さ 1.6m×延長 46m
- ④ 被覆コンクリート
  - ・ 閘室：高さ 5.0m×延長 109.9m
  - ・ 下流導水路：高さ 2.8m×延長 46m

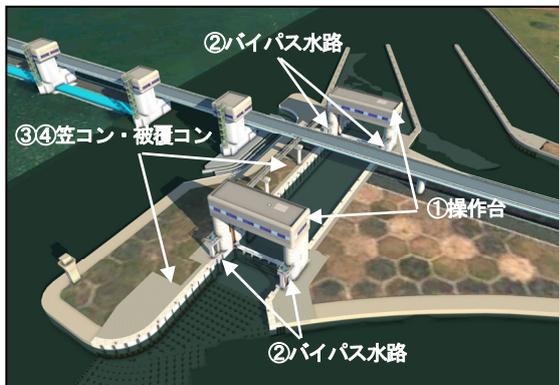


図-7 プレキャスト化した工種の概要



図-8 プレキャスト操作台 (PC桁) の架設状況

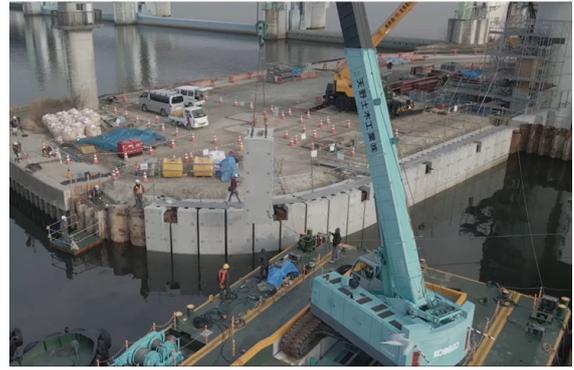


図-9 プレキャスト笠コン・被覆コンの施工状況

###### b) プレキャストを活用したメリット

プレキャスト化による工程短縮日数の試算結果および構造物ごとのメリットを以下に示す。

###### ① 操作台

当初設計では全て現場打ちで施工の予定であり、操作台を支える支保工も大規模な構造であったことから、標準積算で 200 日程度の時間がかかると考えられた。操作台をプレキャスト化することで大規模な支保工が不要となるほか、現場打ちと比較して鉄筋組立作業期間が大幅に短縮され、また、コンクリート打設後の養生期間が不要となったことから、標準積算で 100 日程度工期が短縮されたと考えられる。

###### ② バイパス水路

バイパス水路は逆に、プレキャスト化によって鉄筋組立作業量が減少したものの、標準積算ではプレキャスト化した場合の方が 40 日程度工期が長くなると考えられた。これは、プレキャスト化により止水板の施工量が増大し、止水対策に時間を要することが原因と考えられる。しかし、現場打ち施工時に万が一の大規模の出水が複数回発生した場合、地盤面以下に位置するプレキャスト水路が水没し、その排水と現場復旧に多くの時間を要したと考えられる。結果的には大規模な出水は発生しなかったものの、出水による工程遅延のリスクを未然に回避することができたと考えられる。

###### ③ 笠コンクリート

プレキャスト化により鉄筋の組立作業期間が短くなったことから、標準積算で 100 日間程度の工程が短縮されたと考えられる。また、台船で施工したことで、陸上で施工した場合と比較して他工事とのヤード競合の影響を低減し、クリティカルパスである閘門本体工の工程短縮を図ることができた。

###### ④ 被覆コンクリート

笠コンクリート同様、プレキャスト化により鉄筋の組立作業期間が短くなったことから、標準積算で 100 日間程度の工程が短縮されたと考えられる。また、プレキャスト化により他社との資材置場の競合を未然に回避し、クリティカルパスとなる閘門本体工の施工を優先したことで、事業全体の工程短縮に寄与した。

表-2 プレキャスト化による工程短縮の試算結果

工種	工期 (日)	
	RC	PC
①操作台	206	109
②バイパス水路	94	135
③④笠コン・被覆コン (下流導水路)	155	12
③④笠コン・被覆コン (開室)	171	57
合計	626	313

プレキャスト化により合計で300日程度の工程短縮を実現 (試算) ↑

上記の工程短縮のメリットのほか、その他の観点からのメリットを以下のとおり整理した。

**【工程】**

- ・ヤードの縮小と他工事との輻輳回避によるクリティカルパス上の工種の歩掛の向上
- ・鉄筋組立作業量の減少、養生期間が不要となること等による工程短縮
- ・大規模出水による冠水に伴う現場復旧、降雨によるコンクリート打設の順延など、天候による工程遅延リスクの低減
- ・大阪・関西万博の会場整備に伴う業界全体の土木従事者不足による工程遅延リスクの低減

**【品質】**

- ・工場などの安定した環境での部材製作により品質にばらつきが少なく、高耐久性が期待できる
- ・建設業界全体で課題となっている熟練技術者の不足している状況であっても一定の品質の確保が可能

**【安全】**

- ・施工時の省人化に伴い、高所作業の作業時間の低減が可能となることによる安全性の向上

**【環境】**

- ・耐久性が高くランニングコストが低減されることに伴う環境負荷の低減
- ・同一規格の部材の製作で型枠の流用が可能となることによる環境負荷の低減

**c) プレキャスト活用の留意点**

プレキャスト化は主に工程短縮の面においてメリットが挙げられる一方で、コスト面など採用するにあたっては以下の留意点が考えられる。

- ・一般的に、プレキャストは現場打ちと比較してコスト増となる。
- ・プレキャスト部材によっては、他工事との輻輳を回避するために水上からの現場搬入が必要となったこと、高重量の部材の架設に伴いクレーン規格をアップすることなど、作業の難易度が增加する場合がある。
- ・ボックスカルバートなどプレキャスト部材によっては接合部の止水処理の不備に伴う漏水の恐れがある。

**(2) インフラDXの活用 (施工ヤード・施工順序の調整)**

通船機能を確保するためのクリティカルパスを短縮するためには、狭隘な固定堰部での工事の輻輳状況を事前に把握し、優先工種の選定やヤードの配置、施工順序の見直し等の調整が必要であった。このため、BIM/CIMを活用した詳細施工ステップを用い、施工ヤードの輻輳の解消や並行工事の施工実現性確認を行い、工程計画の見直しを行った。



図-10 工事現場の状況

**a) クリティカルパスの施工性確保**

土木工事の最盛期には、固定堰上で閘門躯体と開室掘削および閘門管理橋基礎杭打設、水上で導流堤の笠コンクリート施工等、重機と資材置き場が輻輳する状況となり、施工の待ち時間やクリティカルパスである閘門躯体の歩掛が低下することが危惧された。施工の実現性を確認するために、BIM/CIMを用いることで各工事の重機と資材置き場、施工ヤードの配置を事前に整理することで工事が輻輳しないように調整を図った。

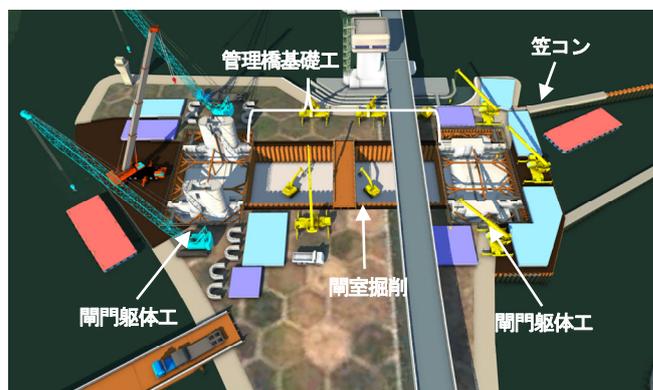


図-11 BIM/CIMを用いたヤードの使用状況の確認

**b) 資材調達等の手戻り防止**

通船を優先するために、ゲート操作に必要な電源を建築工事に先行して実施する必要があった。当初計画の電気配管は建築工事完了後の設置を想定したルートであったが、建築工事段階で配管する必要があるため、BIM/CIMによる足場等の仮設状況確認を踏まえ、仮設と干渉しない配管ルートへ変更した。



図-12 BIM/CIMを用いた配線ルートの確認

## 5. その他の工夫（工事工程監理）

前述のプレキャスト化等以外のその他の工夫として、「課題・リスク管理」および「会議運営」により事業を円滑に推進した。

### (1) 課題・リスク管理

事業中に発生した個別課題について一覧表に整理し、会議の場で関係者に共有し迅速に対応方針を決定した。また、予見されるリスクについても受注者に未然に対応の検討を指示し、会議を通じて関係者に対応方針を示すことで円滑に事業を推進した。

表-3 課題一覧表（イメージ）

No	発議者	課題発生日	解決期限	課題・対応方針	実施内容	実施者				進捗状況
						事務所	出張所	施工者	設計者	
●	A社	-	-	-	-				○	-

課題の細分化、期限、実施者を記載し、課題の対応方針を明確化。↑

### (2) 会議運営

本事業は4つの発注課が9工事を発注する事業のため、各工事で発生する課題のとりまとめや、関係者への事業方針の情報共有が課題とされていたため、会議の運営方法を目的に応じて見直した。具体的には、「施工者打合せ」で施工者間調整を行い、そこで発生した課題を「工程会議」にて受発注者間で協議し、決定した事業方針を「全体会議」にて関係者全員に周知することとした。また、大阪・関西万博の開催目前の段階で、確実に通船することが実現できるよう新たに「コア会議」を設定した。コア会議では監督職員（事務所・出張所）、施工者および設計者に加え、整備局の職員も参加し、現場に近接する出張所で1回/週の頻度で会議を実施することで、事業で支障となっている課題の対応方針の意思決定の迅速化を図った。

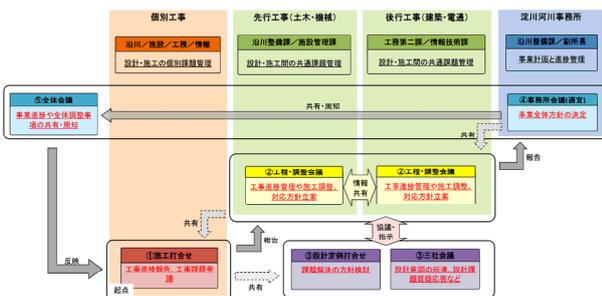


図-13 会議運営（イメージ）

## 6. まとめ

(1) 淀川大堰閘門事業は大阪・関西万博までの運用を予定していたが、複数社による輻輳作業の調整や、工事着手後に判明した様々な地盤トラブル等により大幅な工程遅延が発生し、工程短縮を検討する必要が生じた。

(2) 工程短縮策として、①操作台、②バイパス水路、③笠コンクリート、④被覆コンクリートのプレキャスト化により工程短縮を図ることとした。

(3) プレキャスト化により大幅に工程短縮を図ることができ、大阪・関西万博までの通船を実現することができた。また、プレキャスト化の副次的効果として、土木従事者不足による工程遅延リスクの低減や、工場製作により品質のばらつきが少なく高耐久性が期待でき、施工時の省人化による安全性の向上、型枠の流用が可能になることによる環境負荷の低減などにも有効であった。

(4) プレキャスト化以外の工夫として、BIM/CIMを用いた工事間の輻輳調整、課題・リスクの管理方法の策定、目的に応じた会議運営の見直しにより事業を円滑に推進することができた。

今後、プレキャスト化による工程短縮が必要となる場合は、前述した工程短縮以外のメリット（品質・安全・環境面等）、コスト面等の留意点を考慮し、プレキャスト化以外の工程短縮方法も併せて総合的に比較検討した上で、最適な工程短縮方法を採用することが重要であると考えられる。

本論文は前任地である近畿地方整備局淀川河川事務所での取り組みをまとめたものである。

謝辞：本稿作成にあたり御教授いただいたすべての方々、本業務・工事に関わった方々に心から感謝いたします。

# 新技術の活用に関する取り組みについて ～新技術の積極的な活用を促すために～

黒田 章浩<sup>1</sup>・宮本 厚<sup>2</sup>

<sup>1</sup>近畿地方整備局 大阪国道事務所 施設管理課 (〒536-0004 大阪市城東区今福西2丁目12-35)

<sup>2</sup>近畿地方整備局 近畿技術事務所 技術活用・人材育成課 (573-0166 大阪府枚方市山田池北町11-1)

現場施工において新技術を活用するにあたり、現在NETISに登録されている技術が数多くあるため、適切な技術の選定が困難とされている。今回、近畿地方整備局での取り組みおよび適切な技術の選定方法を紹介することで、技術の選定に対する課題の解決案に寄与したいと考える。

キーワード 新技術, 活用, 改善

## 1. NETISの概要

「NETIS」とは、新技術情報提供システム (New Technology Information System) の略称であり、国土交通省が運用する新技術活用のためのデータベースのことを示しており、インターネットを介して誰もが技術情報を検索・参照することができるシステムである。

NETISにおける新技術とは、民間事業者により開発された有用な技術を公共工事において積極的に活用していくためのシステムとされており、新技術情報提供システムの中核となる新技術情報の収集と共有化、直轄工事などでの試行および活用の手続き、効果の検証および評価、さらなる改良と技術開発など一連の流れを体系化したものであり、有用な新技術の活用促進と技術のスパイラルアップを目的として平成18年8月より本格的に運用されている。

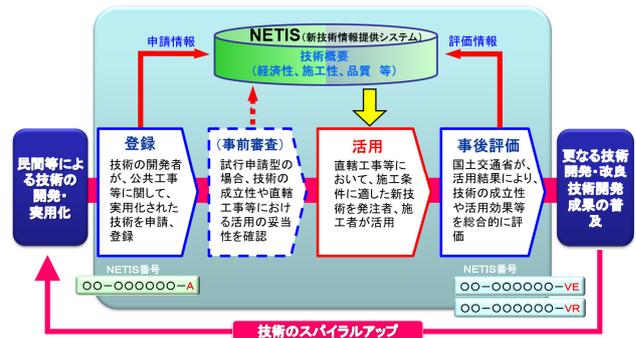


図2 公共工事における新技術活用システム  
(技術開発のスパイラルアップイメージ)

公共工事における新技術活用システムの利点として、NETISを活用することによりNETISの掲載情報や必要な情報の共有を行うことができ、インターネットを活用することで誰でも容易に検索することが可能ことから、様々な新技術の情報を入手することができる。

技術開発者へのメリットとして、NETISに登録されると、発注者や施工業者、コンサルタントなどに情報が提供されることにより、活用される機会が増えることが期待できる。そして、登録された技術が公共工事で活用され、活用の効果が優れていた技術は「有用な新技術」に選定されることがある。

また、新技術の活用促進を図るために、平成18年より(1) 工事成績評定点や(2) 総合評価方式の技術評価点向上などNETISの活用を促すことで、建設企業にとってもメリットが発生する。

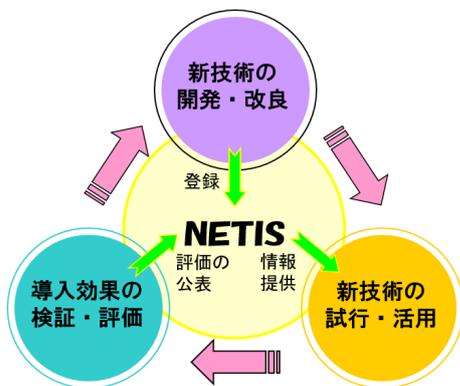


図1 新技術活用システム (体系化イメージ)

(1) 工事成績評定点

NETIS登録技術を活用した施工を実施した場合、工事が完成した段階で発注者より採点される工事成績評定点の対象となり、施工コストの縮減や工期短縮の実現など活用の効果が発注者で評価されると主任技術評価官で最大2点の加算（実加点は2×40%＝最大0.8点）となり、次回以降の入札に有利となる。



図3 新技術の活用提案に対する工事成績評価加減点表（令和6年4月公告より）

(2) 総合評価方式の技術評価点向上

落札価格と技術提案の優劣を数値化して落札者を判定する「総合評価落札方式」において、NETIS登録技術を採用した技術提案を行うことで技術評価点の向上が見込まれる。

NETISの掲載期間について、NETISに登録した翌年度から10年間とされる中で、活用効果調査表5件で事後評価対象（新技術活用評価会議の対象技術）となるA技術（評価されていない技術）、評価後活用効果調査表10件で次の事後評価対象となるVR技術（評価済みの技術のうち継続調査（活用効果調査）などの対象とする技術）、評価後事後評価を実施しないVE技術（評価済みの技術のうち継続調査（活用効果調査）不要の技術）がある。登録技術の掲載期間中に「推奨技術、準推奨技術」に選定された場合、掲載期間が15年間（5年延長）になる。

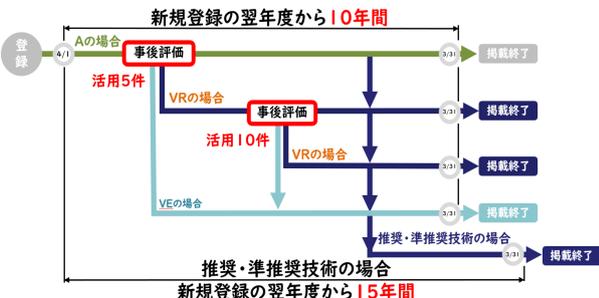


図4 NETISの掲載期間（NETIS登録から掲載終了までのイメージ）

NETISに掲載されている有用な新技術の決定方法についてだが、まず各地方整備局などで実施される新技

術活用評価会議において、優れた技術の活用促進を図るため、「活用促進技術」が評価・選定される。次に、各地方整備局で推薦された技術を新技術活用スキーム検討会議（本省）にて選定される。選考要件として、従来に比べ飛躍的な改善効果を発揮することや先駆的な取り組みであり幅広い活用が期待される技術などがある。

有用な新技術については、「推奨技術」もしくは「準推奨技術」として選定される。これらは、公共工事などに関する技術の水準を一層高めるために選定された画期的な技術とされている。

また、他機関などの実績に基づき、公共工事などに関する技術水準を高めることが見込める技術については「評価促進技術」に位置付けられる。

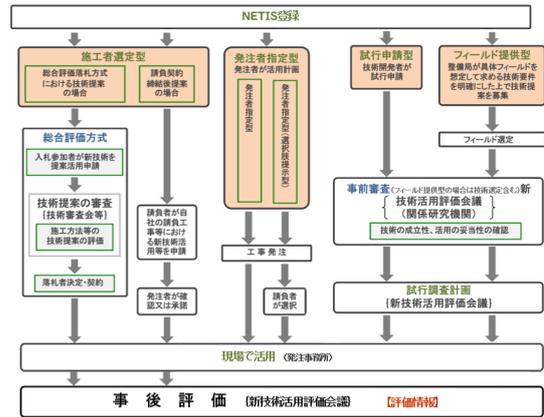


図5 新技術活用システムの概要（NETIS登録から事後評価までのフロー）

2. 新技術の活用

新技術の活用にあたり、(1) 施工者選定型、(2) 発注者指定型、(3) 試行申請型、(4) フィールド提供型があるが、その中でも施工者希望型または発注者指定型が主に活用されている。

新技術の活用についての概要は、以下のとおりとする。

(1) 施工者選定型

施工者から契約前および契約後に提案される形式。

(2) 発注者指定型

発注者が具体的に技術を指定して活用する形式であるが、テーマに基づく複数の新技術を提示し、契約後に施工者が新技術を選択する形式の選択肢提示型もある。

(3) 試行申請型

NETIS申請者の申請がなされた事後評価未実施技術を対象に事前審査の結果を踏まえて活用を行う形式であり、実際の施工現場で活用された場合、評価会議などで技術の成立性・安定性・優位性・現場的要請について評価が行われる。

また、試行申請型には、NETIS申請者による申請に基づき発注者指定で活用する「発注者指定型」と、請負契約締結後に施工者の提案申請に基づき活用する「請負契約締結後提案」がある。

さらに、試行申請型での活用の場合、活用効果調査と併せて試行調査を行い、直轄工事などにおいて技術の成立性など申請情報の妥当性を確認するための調査であり、NETIS申請者が試行調査計画に基づき実施される。なお、試行調査に係る費用はNETIS申請者の負担とする。

(4) フィールド提供型

現場ニーズなどにより、実際のフィールド（現場）を想定し、求める技術要件を明確にしたうえで、技術を開発した民間事業者などから技術提案の募集を行い、応募されたNETIS登録技術について審査・選考し、工事などの発注に当たって発注者が選考された新技術を指定することにより試行し、事後評価を実施する。

3. NETISにおける課題

NETISについては、これまで様々な技術が登録されてきた中で、令和7年3月時点での全国の登録件数は3721件あり、そこから評価された技術が888件あるが、登録技術に対して評価会議に掛けられていない技術は約76%（2833件）となっている。

また、近畿地方整備局としても年間で何十件、時には百件以上もの技術が登録されてきたが、新技術の登録から掲載期間（10年間）においても、新技術活用原則化もあり活用件数は増えてきているが、令和7年3月時点での近畿地方整備局の登録件数は734件あり、そこから評価された技術が127件あるが、登録技術に対して、評価会議に掛けられていない技術は約83%（607件）となっており、全国での評価会議に掛けられていない技術の割合に類似する傾向となっている。これらについては、活用される技術に偏りがある、もしくは積極的に活用したいと思える技術が少ないなどの要因が推察される。

前述より、登録技術が有効に活用されていなかった要因として、これまでも新技術の検索条件を設定することである程度技術を絞り込むことができていたが、実際のところ様々な技術や活用方法が存在する中で、どれを活用すれば良いのかが分からず、検索結果として複数の類似技術が検出されてしまうため、数多くある登録技術の中から最適な技術の抽出が困難であることが課題と考える。

(参考) 登録技術の種別記号一覧

- A : 登録技術（未評価・未活用技術）
- AG : 未評価・未活用のまま掲載期間が終了したA技術

- VR : 新技術活用評価会議において継続調査が必要な技術
- VE : 新技術活用評価会議において継続調査が不要な技術
- VG : 掲載期間が終了したV技術

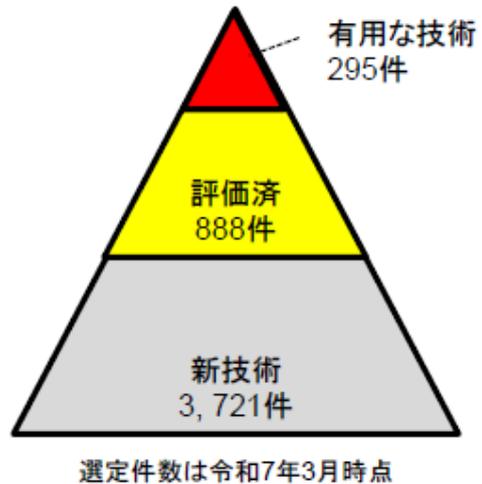


図-5 新技術（NETIS）登録技術件数（全国での登録件数）

登録年度	登録技術件数（件）							
	登録技術 合計	A技術		A技術 合計	V技術			V技術 合計
		A	AG		VR	VE	VG	
H27	75	0	57	57	3	15	0	18
H28	63	0	38	38	1	24	0	25
H29	67	47	6	53	0	14	0	14
H30	61	40	1	41	0	19	1	20
H31/R1	46	30	0	30	1	15	0	16
R2	64	49	0	49	2	13	0	15
R3	78	63	0	63	0	15	0	15
R4	87	83	0	83	0	4	0	4
R5	78	78	0	78	0	0	0	0
R6	115	115	0	115	0	0	0	0
総合計	734			607				127

表-1 NETIS登録情報件数一覧表（近畿地方整備局（KK-）のみ）

4. 近畿地方整備局での取り組み

前述3. に記載のとおりNETISにおける登録技術の中から最適な技術の抽出が困難であることが課題と考えるなかで、近畿地方整備局では(1) ニーズ・シーズのマッチングや(2) DXコンペの実証実験などを実施しており、これらは、直轄現場のフィールドで活用技術の検証を実施し、その検証結果の公表などの取り組みを行っている。

また、新技術の選定が困難な場合に(3) テーマ設定型にて対象技術の比較表を公表するなどの取り組みを行っている。

取り組み内容の紹介については、以下のとおりとする。

(1) ニーズ・シーズのマッチング

ニーズ・シーズの概要として、建設現場の生産性向上を図ることを目的に、新規で開発した技術を現場に導入するため、新技術の発掘や企業間での連携を促進し、建設現場の生産性向上を目指す取り組みとして、建設現場におけるニーズとそれに応えるシーズ技術のマッチングを令和元年度より行っており、現場試行・検証を行うことで、最新技術の現場導入を支援するものである。

令和6年度では、10月24日（木）に「大手前合同庁舎」にて実施し、現場ニーズ12件について技術シーズを公募した結果、2件の現場ニーズ「樋門躯体内の流況を見える化する技術」（福知山河川国道事務所）と、「道路上のイタドリや葛をなくす技術」（福井河川国道事務所）に対して5技術の応募があり、この全てにおいてマッチングが成立し現場試行を順次実施する予定である。

躯体内の流況を見える化する技術については、出水期に活用する技術であり、道路上のイタドリや葛をなくす技術についても、夏場の効果を検証するため、いずれも令和7年度に実施および経過の検証を確認の上、別途近畿地方整備局のHPにて「検証結果を公表」していく予定である。

ニーズ・シーズについては、令和元年度から全国の各事務所で実施されており、各々の整備局においても検証結果を公表しているなかで、近畿地方整備局でも毎年「建設現場ニーズと技術シーズのマッチング成立」の結果を公表している。

ニーズについては、事務所で何が困っているのかを掲載しているため、技術開発者にとってもヒントになるものと考えられる。また、シーズの内容についても、結果をみた他のシーズ会社もこの技術以上のものを開発できるのではないかなど技術開発の参考にもなり、さらに良い技術を開発できることを期待している。

この取り組みを行うことで、実際に使用した現場での検証結果が公表されているため、良い結果であれば数多くある登録技術のなかから選択するうえで、参考になる。

(2) DXコンペの実証実験

DXコンペの概要として、日常生活におけるニーズをもとに社会資本や公共サービスを変革するとともに、業務そのものや、働き方を変革し、インフラへの理解を促進させ、安心・安全で豊かな生活を実現するため、インフラ分野のDXを推進している。

近畿地方整備局では、これまで生産性向上として取り組んできたi-Constructionなどをより進化させるため、インフラDXを推進しており、DXコンペを開催することでインフラ分野のDXに活用できる画期的な技術を発掘し、優れた技術には試行フィールドを提供し、実証実験（現場検証）結果を公表することでさらなる技術開発に繋がると考える。

令和6年度は令和6年11月7日（木）に「建設技術展2024近畿」（インテックス大阪）にて実施し、19社が3分程度の動画を含めたプレゼンテーションを行い、審査の結果、3次元配筋施工図の詳細設計システム（清水建設株式会社）とAI安全帯不使用者検知システム「KAKERU」（株式会社奥村組）が優秀技術賞に選定・表彰された。

優秀技術賞に選定された技術は、近畿地方整備局の管理または事業実施箇所において、試行フィールドの提供を受けることができ、それぞれ現場検証を実施した。

DXコンペは近畿独自の取り組みで令和4年度から実施しており、こちらも応募頂いた技術の発表結果（優秀技術賞など）を公表している。

DXコンペにおいても、インフラ分野のDXに活用できる優れた技術の発掘（結果の公表）を推進し、新規で開発された画期的な技術が試行フィールドなどで活用されることで今後の技術開発の促進に繋がると推察されるが、DXコンペについては令和4年度からの取り組みのため、近畿地方整備局として引き続き継続していく必要がある。

こちらの取り組みもまた、現場で実証した結果をもとに数多くある登録技術のなかから最適かつ優れた技術の抽出がされやすくなると推察されることから、今後の新技術の活用に寄与すると考える。



写真-1 ニーズ・シーズのマッチングイベント



写真-2 インフラDXコンペ（建設技術展2024）

(3) テーマ設定型の比較

テーマ設定型の概要として、現在登録されているNETISの情報だけでは評価項目や評価方法が開発者毎にバラツキがあり、発注者や施工者が使用目的に沿った最

適な技術を選定することが困難なことから、テーマを設定することで当該テーマに合致した類似技術について、特徴を明確にした技術比較表を作成し、各工事に適した新技術の活用を促進するものである。

この技術比較表については、現場にあった最適な技術を選択するうえで有効なものであるが、NETIS利用者により認知して貰えるよう周知（PR）していく必要がある。

表-2 テーマ設定型の技術比較表（抜粋）

また、NETISの適切な活用を促すための活動として、NETISの活用に関する説明会を毎年開催しており、令和6年度に開催した説明会では、日々の業務効率化を目的として、令和4年4月よりNETISの入力システム改良に伴い、新技術活用計画書や新技術活用実施報告書および活用効果調査表などの関係資料一式についてはオンラインにて作成および提出となった旨を説明し、オンラインでの作成および提出までの作業手順や留意事項の説明や新技術（NETIS）に関する紹介を行うことで、説明会参加者のNETISに対する理解を深めるよう努めた。

NETISの登録におけるオンラインによる入力システム化が進んでいくことで、これまで行ってきた提出用ファイルのダウンロード作業やメールでのやりとりが不要となり、結果として業務の効率化に繋がると推察する。

【改良前】

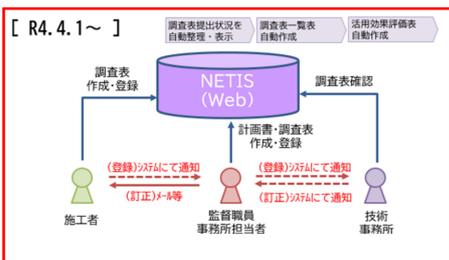
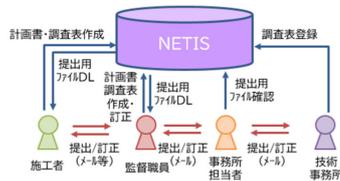


図-6 提出書類に関するオンライン化イメージ

5. 今後の取り組みについて

令和7年度も引き続き、ニーズ・シーズマッチングイベント及びDXコンペを実施していく。

これらのイベントを継続することで、これまでの内容（実績）について、近畿技術事務所のHPで試行フィールドなどの「現場検証結果」や新技術に関する説明会や出前講座、動画公開など近畿技術事務所としての取り組みに対する周知（PR）を行う。

6. まとめ

ニーズ・シーズについては、マッチングが成立した技術の検証結果を公表することで、現場ニーズ（困りごと）に対して、引き続きマッチングイベントを行うことで現場ニーズに適した技術が選びやすくなると考え、例えば道路上のイタドリや葛のような雑草の繁茂など全国的にありふれていながら半永続的な課題に対し、それに応えるためのシーズ技術を開発の途中段階でも手を挙げて頂けるような呼びかけを行い、実際のフィールドで検証し、その結果を公表していくことが重要と考えている。

DXコンペについては、画期的かつ優れた技術に対して試行フィールドを提供し、現場検証結果を公表することで、優れた技術であれば活用されやすくなり、また数多くある登録技術の中から最適な技術の抽出が困難であるという課題解決に繋がり、これから新技術を申請する業者にとっても、実際に現場検証する機会を得ることで、新技術の登録、さらには新たな登録技術の活用につながるかと推察されることから、引き続きDXコンペなどの取り組みは継続していく必要があると考える。

前述に述べた内容について、将来的に実現および継続することにより、今後の新技術の積極的な活用にも寄与する取り組みに繋がると推察する。

最後に、近畿技術事務所に所属していた時期は令和6年度の1年間であったが、新技術説明会を始めニーズ・シーズのマッチングやDXコンペなど様々なイベントに参加する機会を得ることができた。令和7年度より大阪国道事務所へ異動となったが、近畿技術事務所で得た経験をもとに、工事に活用される新技術について、現場条件に対して最適な技術が活用されているのかなど、新技術に関わった経験を活かし、より現場で効果的な技術を抽出できるためにも新技術の活用に関する理解を深めていく次第である。