

3. 建設 DX 実験フィールドにおける土エフィールドの整備と 災害対応向けショベルの活用に向けた検討と取組み

国土交通省国土技術政策総合研究所
 国立研究開発法人土木研究所
 国土交通省国土技術政策総合研究所

○大槻 崇
 橋本 毅
 山下 尚

1. 背景と目的

1.1 建設 DX に向けた取組み

国土交通省では、平成 28 年度より、i-Construction のトップランナー施策の 1 つとして「ICT の全面的な活用」を打ち出し、ICT 土工を皮切りに ICT 様々な工種へと年々その適用工種を広げてきた。

また、令和 2 年からは、インフラ分野の DX(デジタルトランスフォーメーション)として、各種事業のデジタル化と共に、「現場作業の遠隔化・自動化・自律化」を推進し、現場生産性の更なる向上に取り組むこととしている。



図-1 インフラ分野のDXの全体像

1.2 常設型施工実験フィールドの必要性と災害対応向けショベルの活用に向けた研究

インフラ分野における研究開発がどのように為されてきたかについて振り返るとき、実際の施工現場における研究開発に大きく依拠した実態が指摘されてきている。

図-2 のとおり、2014 年に政府で開催したロボット革命実現会議において、立命館大学の建山教授が行った説明によれば、建設分野の研究開発投資が、明示的には、製造業と比べて 10 分の 1 程度に留まり、建設ロボットへ開発予算を振り向けることの難しさから、その開発は、主に実工事プロジェクトの中での技術開発に依存することが多いと報告された。結果、実現場から真に期待される施工技術が開発される一方で、工期の関係から、継続性を持った研究開発の担保が困難と指摘された。

また実現場での研究開発は、技術の系統的な検証や試行錯誤を通じた改良が難しいことや、現場

との調整に大きな労力がかかることも制約となる。

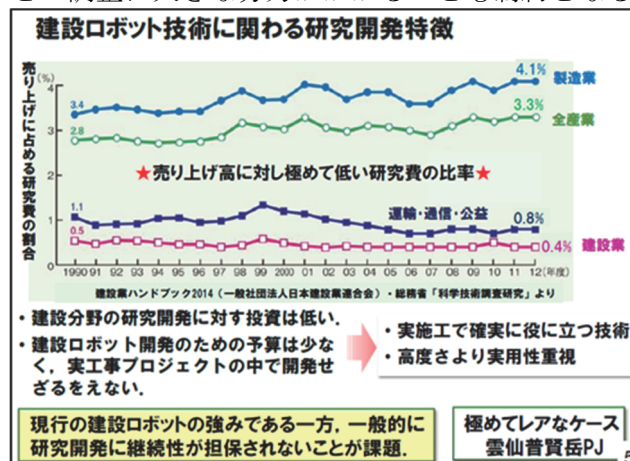


図-2 建設ロボット導入に関する提言 P5 より

そのため、現場作業の高度化に関する技術開発を進めるべく、研究開発側の検証のタイミングや実験時の現場での試行錯誤を可能とする、研究開発専用の常設型の施工実験フィールドを整備することとし、DXアクションプランとして、「現場作業の遠隔化・自動化・自律化」の推進に当たり、「3-5. 建設 DX 実験フィールドを活用した基準整備・研究開発の推進」に取り組むとした。令和 2 年度から、建設 DX 実験フィールドの整備を進め、令和 3 年度より、順次、当該フィールドの活用と機能拡張を進めてきているところである。

また、当該フィールドの整備において、研究や実験に用いる各種建設機械の整備も併せておこなっており、災害現場での活用を想定した、急傾斜・半水中型油圧ショベルを導入し、その活用に向けた研究を行っている。

本稿では、当該フィールドの整備状況と災害対応向けショベルの活用に向けた研究活動について報告し、特に災害対策向け建設機械の研究で配慮すべき事項について述べる。

2. 建設 DX 実験フィールド・土エフィールドの整備と活用

2.1 建設 DX 実験フィールドの整備概要と活用

建設 DX 実験フィールドは、インフラ DX の推進に向け、無人化施工、自動施工、ローカル 5G を

活用した遠隔操作の研究開発を行う土工フィールドと、3次元データ等を活用した計測及び検査等に関する技術開発に利用できる、各種コンクリート構造物模型（配筋模型と地下埋設構造物を含む）にて構成される研究施設である。



図-3 建設 DX 実験フィールドの全景

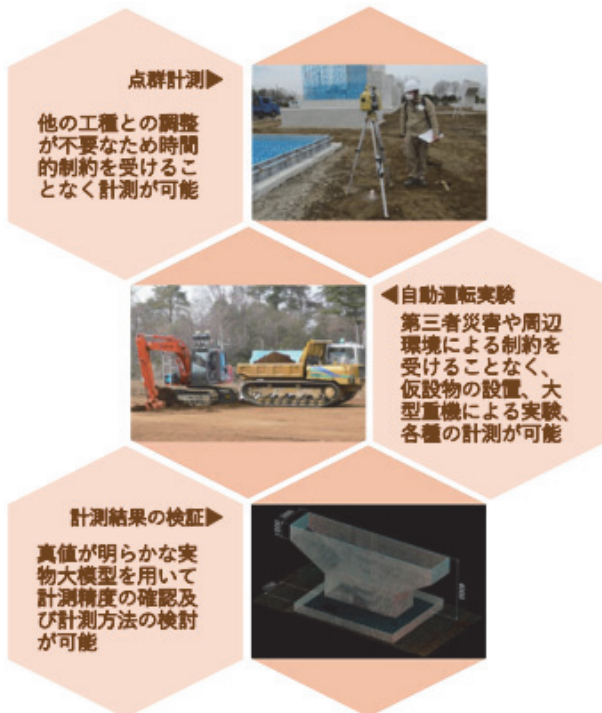


図-4 建設 DX 実験フィールドのユースケース例

図4に示すとおり、実物大の出来形計測模型等を使用し、実際の建設施工現場を想定した実験を行うことができる。

これらの施設は、大学や民間企業等にも、有償とはなるが利用を開放している。

表-1に、令和3年度の主な活用状況を整理した。初年度は、主に内部での利用を行う中で、既に大学や複数企業への施設貸付けを実施している。

令和4年度に入り、更に多数の民間企業からの問合せを頂いており、建設DXフィールド整備の意義を確認している。

表-1 R3年度の建設DX実験フィールドの使用状況

実験等 (主なもの)	<ul style="list-style-type: none"> ■模型等を計測対象とした出来形計測手法、3次元モデル作成 <ul style="list-style-type: none"> ・8月 UAV 斜め撮影の出来形計測実験（国総研） ・10月小規模現場に適したMG,LiDAR等のICT検証（国総研、国交省 ICT 導入協議会） ・11月 橋梁下部工等の出来形計測試験（精度確認等）（国総研） ・1月（貸付）橋梁・土工構造物の SfM による点群データ生成の精度検証（大学） ・2月（貸付）AI 配筋検査システム（鉄筋径、間隔、本数の自動計測）の精度検証（複数企業） ・3月（貸付）可搬型レーザーキャナーの精度検証（複数企業） ■施工データ管理、ICTプラットフォーム <ul style="list-style-type: none"> ・12月 施工データの API 連携に向けた ICT プラットフォームの試行環境構築のための検証用 As-Built データ取得（国総研、本省） ■自動・自律化施工 <ul style="list-style-type: none"> ・6月～ 自律施工技術基盤整備のための研究開発（土木研究所） ■その他 <ul style="list-style-type: none"> ・1～2月 環境アセス用の工事粉じん測定の検証試験（土木研究所）
デモ	<ul style="list-style-type: none"> ・11月 自律施工技術の一般公開デモ（油圧ショベルとクローラダンプによる掘削・積込・運搬作業）約150名参加（土木研究所） ・9月 人事院総裁、1月 大臣、政務官 本省 DX ルームからの建機遠隔操作
視察	<ul style="list-style-type: none"> ・9月～ 日建連や土木学会を始め、関係業団体、民間企業等に建設DX実験フィールドを現地にて紹介（民間貸出可能なこともあわせて広報）（延べ20回程度実施）
イベント	<ul style="list-style-type: none"> ・11月 「土木の日」イベントに子供向け遠隔操作体験を実施

2.2 土工フィールドの概要と活動工程

盛土や切土などの土工を実作業として行える設備として、約26,000㎡の敷地を確保し、遠隔施工や自動化・自律化施工の実験も行えるよう、フィールド全体でローカル5Gや各種wifiが使用可能である。無線基地局は複数配置し、ハンズオーバーも想定した実験、検証に利用することも可能である。



図-5 土工フィールドの全景と施設や建設機械

また、遠隔操作室、機械格納庫、屋根付きのストックヤード、複数の建設機械も用意している。これらの建設機械は今後も拡充する予定であり、それらの計画は、建設DXアクションプランにて、図6の通り計画している。

表-2 土エフィールドの施設や建設機械

<p>①通信施設</p> <p>■ 基地局 2 基</p> <p>: ローカル5G及び無線LANアクセスポイント</p>	
<p>②実験用建設機械 (国総研)</p> <p>■ Caterpillar320 (写真)</p> <p>: バケット容量 0.8 m³, MC・遠隔操縦対応, キャビン上部に 4K カメラ 3 台</p> <p>■ 急傾斜・半水中対応形油圧ショベル (M525 スパイダー)</p> <p>: バケット容量 0.43 m³</p>	
<p>③実験用建設機械 (土木研究所)</p> <p>■ 日立建機 ZX-120 (写真)</p> <p>: バケット容量 0.5 m³, 遠隔操縦対応, キャビン上部に 4K カメラ 3 台</p> <p>■ 日立建機 ZX-35U</p> <p>: バケット容量 0.1 m³, 遠隔操縦対応</p> <p>■ 不整地運搬車 (IHI) (写真)</p> <p>: 積載量 11t, 遠隔操縦対応, 半水中仕様, キャビン上に 4K カメラ 3 台</p> <p>■ 不整地運搬車 (ヤンマー)</p> <p>: 積載量 2.5t</p>	 
<p>④遠隔操作室</p> <p>■ 遠隔操作室</p> <p>: 約 63 m², 隣に扉・窓続きで建設機械格納庫</p>	
<p>⑤ストックヤード</p> <p>■ スtockヤード</p> <p>: 実験用土砂 1,500 m³</p> <p>■ 作業用ホイールローダ</p> <p>: バケット容量 1.3 m³</p>	

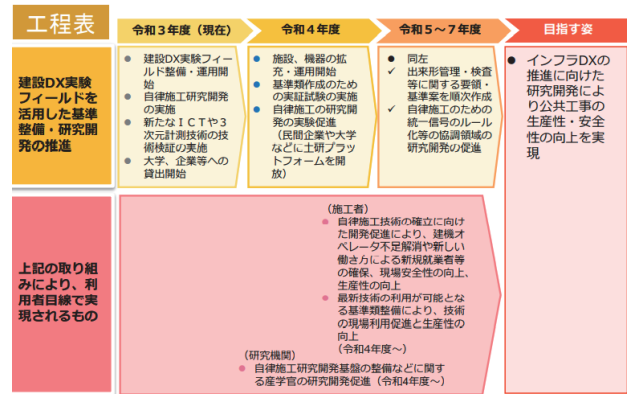


図-6 フィールドを活用した基準類整備・研究の工程表

3. 急斜面・半水中対応形油圧ショベルの導入と活用に向けた取組み

3.1 スパイダーの導入経緯

表-2の②に記載の「急傾斜・半水中対応形油圧ショベル」として、スイスのメンチムック社のM525X、通称スパイダーを導入した。一般の油圧ショベルは、保有台数の半数を占め、幅広く活躍する一方で、急傾斜地での土砂崩落ヤードへの侵入や作業エリアでの安定した足場確保のための整地作業が課題となっている。他方スパイダーは、独立に上下水平方向に可動する4脚4輪の足回りとテレスコピック機構を持つアームを用い、最大45度の傾斜面登坂、高さ2.8mの障害の乗り越えが可能であり、災害地での走破と支点確保・維持による作業安定が期待されている。

この機械との出会いは、2017年にブタペストで開催された国際学会に参加した土木研究所のメンバーが、フィールドロボティクスの研究で知られる東京大学永谷特任教授から紹介頂いたマルコ準教授をスイス連邦工科大学チューリッヒ校に訪問した際、ibexと名付けられた研究プロジェクトで用いられていたのを確認したのが始まりである。

本フィールドの整備に伴い、災害対応に高い潜在力を持つ施工機械の活用検討や技術開発を行える環境が整ったことから、スパイダーの導入に向け、国内状況を確認し、令和2年までの国内導入実績が林業向け活用を企図した6機程度に留まっている状況ではあるが、メーカー公認オペレータを4名育成した企業の存在、当該企業や販売代理店からの研究への技術的支援の可能性が確認できたため、導入を決定した。



図-7 導入したM545X(左)と国内での施工事例(右)

3.2 急傾斜・半水中対応型油圧ショベルの想定ユースケースと技術開発項目

活用のユースケースは、中越震災でも多発した河道閉塞箇所へのオフロード域内の走破と閉塞箇所の早期掘削を想定している。水深 1.9m 流速 3m/s での渡河能力があることも後押しとなる。

また、地震後の津波発生時の道路啓開で、高い視点を活かした現場指揮車兼作業車としての活用も、近畿地方整備局職員の視察時に示唆を受けている。

いずれのユースケースにおいても、搭乗及び遠隔操縦の両方が想定されるが、いずれにおいても接地状況の把握、姿勢維持機能の検討が必要である。これらの研究開発や、現場投入の検討のために、まずは現場環境シミュレーションへの載せ込みに向け、当該機械の 3Dモデル化に取り組んでいる。

表-3 土木研究所にて検討している技術開発項目

①	土木研究所開発の OPERA への連動
②	操作モードセクター装備
③	自動姿勢維持機能
④	接地状況把握及び自動接地保持機能
⑤	遠隔操作機能（※日本国内向け対応）
⑥	シミュレータキャビンからの遠隔操作

本来、これらの機能開発は、メーカーにおいて為されるべきとの指摘もよく行われるが、スイス連邦工科大学チューリッヒ校が行った ibex にて⑥の機能が開発されている事例も示すとおり、ニーズの特殊性等を考慮した、ニーズ側での開発も必要であり、特に⑤をはじめ、日本での災害現場での活用に向け、土木研究所における開発が必要である。

3.4 フェーズフリー的活用に向けた主体や災害対応関係機関との連携

災害対策機械は、平時の稼働が期待出来るユースケースがない場合、政府以外の機関では保有困難となる。こういった観点からは、フェーズフリーと呼ばれているが、3.1 で記載した国内のオペ所属会社等との平時活用の意見交換を行い、3.2 の技術開発項目での連携も検討を進める。

また、災害派遣に関し、国土交通省各地方整備局



図-8 千葉県消防本部関係者の視察・意見交換

の担当者とのスキーム整理・検討を行い、派遣可能な体制を確保した。

更に、自治体消防本部及び総務省消防庁消防研究センターの方々との意見交換を行い、人命救助のユースケースへの期待を頂いている。

多岐にわたる操縦パターンに対応可能なオペレータ育成については、災害時やフェーズフリー的な平常時使用を想定した関係機関との連携を図ることを計画している。

なお、令和 4 年 10 月には、千葉県消防本部や関係者のご協力のもと、第 43 回九都県市合同防災訓練（千葉県会場）での展示等も行い、当該機械の他機関での災害派遣に向けた活動も進めている。

4. まとめ

本稿では、国土交通省が取組む建設 DX の同行とつくばの研究機関で整備した建設 DX 実験フィールドの報告と共に、当該フィールドに導入した災害対応向けショベルの活用に向けた取組みについて報告するとともに、そのための検討や取組みを通じ、以下の視点や活動の必要性等を確認した。

- (1) 常設型施工実験フィールドの有用性
- (2) 新たな技術シーズの開発動向調査における、「研究機関」による日常的な「探索」活動
- (3) 災害対応向け施工機械の平常時の活用を想定したユースケースの開発といったフェーズフリーの視点
- (4) (2)及び(3)の実施、類似ユースケースへ関心を持つ機関や担い手との連携

謝辞

本活動に当たり、(株)サナース、(株)成島建設、(一社)千葉県総技能センター、千葉県、消防庁消防大学校消防研究センターの関係者の方々からの情報提供や意見交換などのご協力を頂いた。この場を借りて御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 国土交通省：インフラ分野のDXアクションプラン, 2022.3
- 2) ロボット革命実現会議：建設ロボットに関する提言, 2014.11
- 3) 国土交通省：建設DX実験フィールド始動！, 2021.6
http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/kisya/journal/kisya/20210628_2.pdf
- 4) Nakaeグループ成島建設：土木での実用例, 2022.8 <http://nakae.info/narushima.html>
- 5) 国土交通省、経済産業省：建設機械動向調査
- 6) スイス連邦工科大学チューリッヒ校：ibex, 2022.8 <https://ibex.ethz.ch/#team>