

19. 高速道路リニューアルにおける床版取替技術の開発

高速・安全施工を可能にする床版更新工法

鹿島建設株式会社

○吉崎 伸
古川 紗也加
早房 昭人

1. はじめに

高度経済成長期に整備された道路橋は、大型車の通行量の増加や凍結防止剤の散布などにより、現在急速に劣化が進行しており、床版取替えなどの適切な更新が喫緊の課題となっている。

一方、道路橋の床版取替工事は供用中の施設を対象としたものであることから、交通規制等によるソーシャルロスを最小限とすることが最重要課題である。具体的には、規制期間を最小限とする「工程短縮」技術や、規制範囲を最小限とする「安全施工」技術が求められている。

このような社会的要請に対処すべく、鹿島では、ソーシャルロスの大幅な低減を可能にした「スマート床版更新（SDR※1）システム※2」を開発した。（以下、SDR システムという）

既に実工事に導入し、その効果を確認している。本論文では、実際の床版取替工事に適用した SDR システムの実績について報告する。

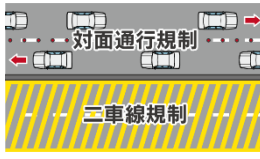
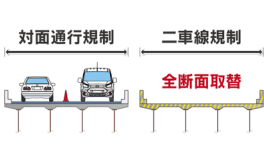

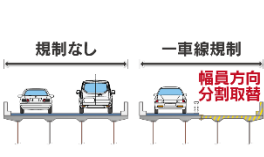
※1 Smart Deck Renewal

2. 床版取替工事の種類

床版取替工事には、「全断面取替」と「幅員方向分割取替」の2種類の取替工事がある（表-1）。

全断面取替は、上下線のうち一方を全面通行止め（二車線規制）して床版取替を行う。それに対し、幅員方向分割取替は、上下線のうち一方の片側一車線のみを規制して床版取替を行う。

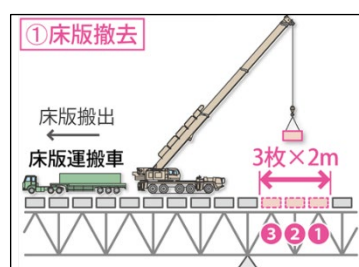
表-1 床版取替工事の種類

工事 タイプ	平面図	断面図
全断面取替		
幅員方向分割取替		

3. SDR システムの開発

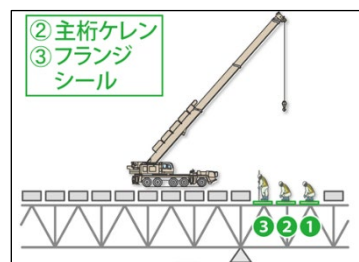
3.1 床版更新工事の標準的な施工方法と課題

標準的な床版更新工事の施工方法（図-1）では、次に示す①～④の作業を順次実施し、床版取替を行う。



①床版撤去工

既設床版を予めコンクリートカッタによって適当な大きさに切断し、主桁から引き剥がして、トラッククレーン（120～160t 吊）にて積込み搬出する。

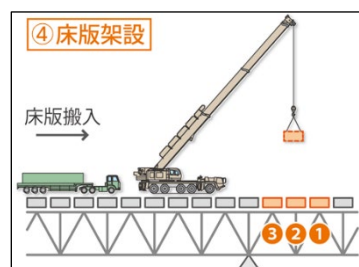


②主桁ケレン工

主桁フランジ上面のケレン清掃作業を行い、防錆塗料を塗布する。

③フランジシール工

床版高さ調整用の硬質ゴムと無収縮モルタル漏れ止のソールスポンジを貼り付ける。



④床版架設工

搬入された新設床版をトラッククレーンにより主桁上に設置する。

図-1 標準的な施工方法

①～④の作業を終えた後、次の施工範囲に移動する。1 サイクルに施工できる範囲はトラッククレーンの能力に依存するため、1 方（7 時間）の床版取替は3 枚（道路延長方向長さ 6m）である。

また、標準的な施工方法では、既設床版の搬出、新設床版の搬入時にトラッククレーンによる旋回作業を要し、吊荷を道路幅員の外側に大きくはみ出すことによる周辺に対する安全性や、アウトリガの反力による主桁への負荷も課題となる。

3.2 SDR システムの概要

本システムは、床版取替にかかわる4つの作業、①既設床版の縁切り・撤去、②主桁ケレン、③高さ調整工、④新設床版の搬入・架設を、それぞれ専門の作業班が前進しながら並行して作業する、いわば「移動式工場」を目指した施工システムである（図-2）。①から④までの作業を順次に繰り返して施工する標準的な工法に対し、各作業班による並行作業が可能となり、床版取替工程の短縮を図れ、高速施工を実現した。

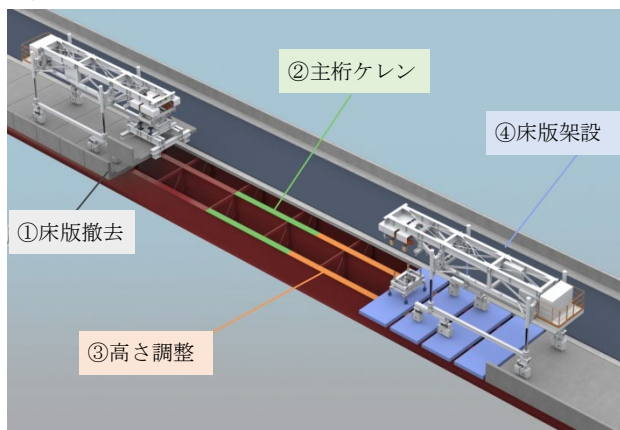


図-2 SDR システム概要図

3.3 施工機械の構成・概要

SDR システムでは、①床版撤去機、②床版架設機、③床版運搬台車、④床版移載用リフトの4台の機械を使用する（図-3）。

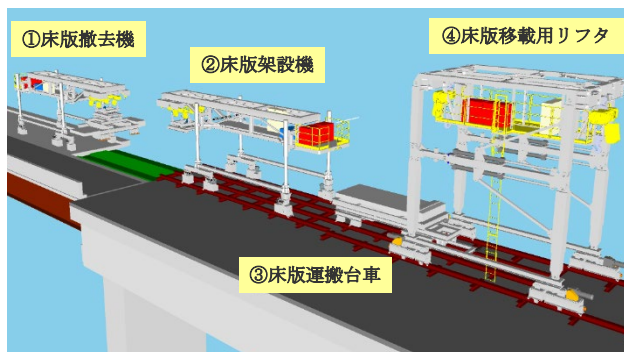


図-3 SDR システム機械構成

床版撤去機・架設機、床版移載用リフトの3台は特殊型橋形クレーンに分類される。床版の搬入・搬出車両や床版運搬台車が内側を通過できる門型構造のため、床版の旋回を伴う揚重作業が不要となる。これにより、最小規制範囲での施工が可能となり、一車線規制による幅員方向分割施工においても、近接する交通や周辺施設に対する安全性が確保できる。以下に、各機械の詳細を示す。

(1) 床版撤去機

床版撤去機（写真-1）の総重量は22～25tであり、複数の車輪によって荷重を分散させるため輪荷重は10t以下となる。従って、主桁へ作用する

荷重はクレーンを使用する場合に比べて大幅に低減され、主桁の補強を不要とする、もしくは大幅に減らすことができる。

床版撤去機（写真-1）は、橋桁から引き剥がした既設床版を吊り上げ、搬出車両に積み込むためのクレーンである。ウレタン巻き車輪により地面を直接走行することができ、操舵機能も有している。

また、専用吊具は旋回機能を有し、吊り上げた床版を基準位置から左右に各90度回転できることが特徴である。



写真-1 床版撤去機

既設床版を橋桁から引き剥がす作業には、油圧ジャッキを搭載した「引き剥がし装置」を用い、引き剥がし装置ごと既設床版を吊り上げる。油圧ジャッキ用の油圧ユニットは、床版撤去機に搭載する。4台の油圧ジャッキ（写真-2）は単独運転や同調運転が可能で、専用アプリを使用してタブレットから操作するシステムである。

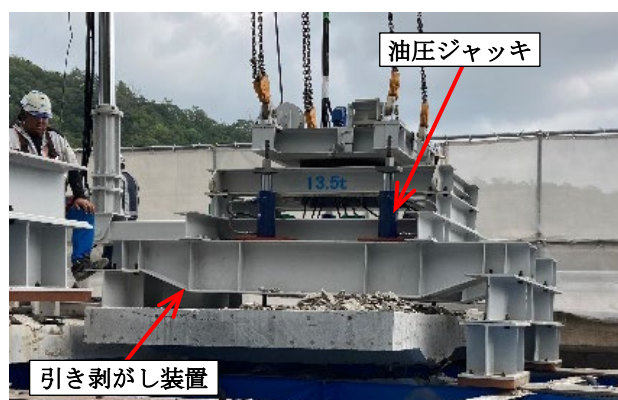


写真-2 床版撤去状況

(2) 床版架設機

床版架設機（写真-3）は、新たに架設する床版を床版運搬台車から吊り上げ、架設位置に設置するためのクレーンである。床版撤去機と同様にウレタン巻き車輪を採用している。また、機械の総重量及び輪荷重は床版撤去機と同等であり、設置した床版間の間詰部分を乗り越えるために、H形鋼を走行レールとして使用している（写真-4）。走行時

の安全設備として、逸走防止装置やガイドローラ、浮き上がり防止機能なども装備している。

また、自動開閉フックの導入により、新設床版の玉掛け、玉外し作業時に技能労働者が床版上に昇降する必要がなくなり、生産性と安全性の向上を図った。

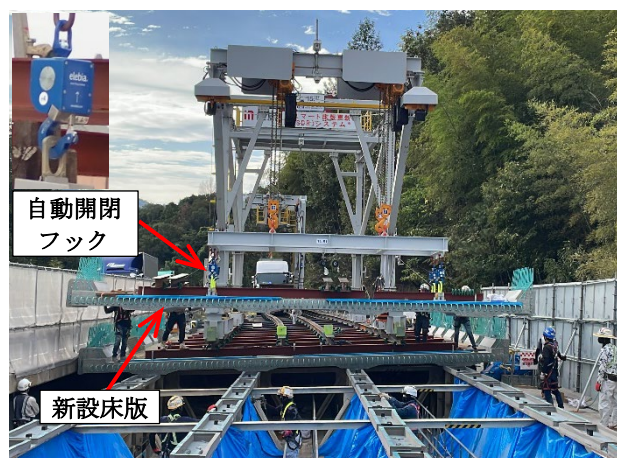


写真-3 床版架設機



写真-4 走行レール敷設状況

(3) 床版運搬台車

床版運搬台車（写真-5）は、床版移載用リフトと床版架設機の間を往復し、新設床版を床版架設機に供給するための機械で、ターンテーブルで床版を左右に各 90 度回転する。床版撤去機及び床版架設機と同様にウレタン巻き車輪を採用しており、走行レールにはH形鋼を使用している。

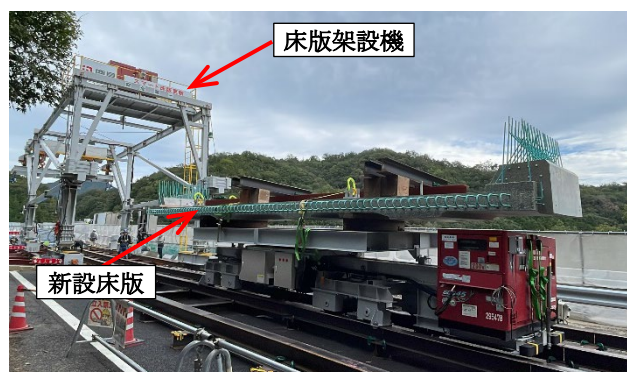


写真-5 床版運搬台車

(4) 床版移載用リフト

床版移載用リフト（写真-6、7）は、新設床版を搬入した車両から床版運搬台車へ積み替えるためのクレーンである。また、機械幅（スパン）の変更を可能とし、全断面取替工事と幅員方向分割取替工事の両方に対応可能としている。



写真-6 床版移載用リフト



写真-7 新設床版積み替え状況

4. 幅員方向分割取替工事への対応

4.1 工事の特徴・施工条件

幅員方向分割取替では、一車線規制の限られたスペースで施工を行う（図-4）。また、隣接車線は一般車が高速で通行しており、大型クレーンを使用して機械を組み立てることができない。そのため、コンパクトかつクレーンを使用せずに組立可能な機械が必要となる。



図-4 幅員方向分割取替工事の施工条件

そこで、クレーンを必要とせずに安全かつ高速で組立可能な「車載運搬型」を採用した。

車載運搬型機械は、機械を輸送した車両上で組立解体可能であり、走行フレームと上部本体フレームの2つのフレームで構成されている（図-5）。走行フレームは10tトラック、上部本体フレームは20tトレーラーの2台で搬入可能なため、規制内へ入退場する車両台数を最低限に抑えている。

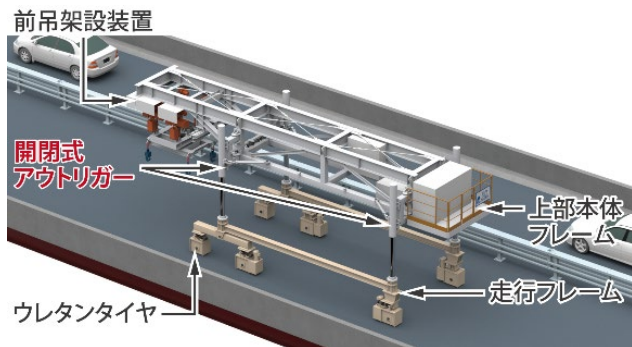


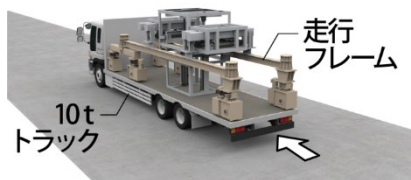
図-5 車載運搬型機械の構造

各フレームの組立方法を以下に示す。

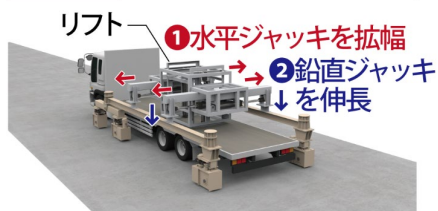
【走行フレーム】

走行フレームの組立は、トラックに搭載した専用リフトの水平ジャッキでスパンを拡幅し、鉛直ジャッキで設置位置に降下させる（図-6、写真-8）。

STEP① 走行フレーム搬入



STEP② 走行フレーム設置



STEP③ トラック退場

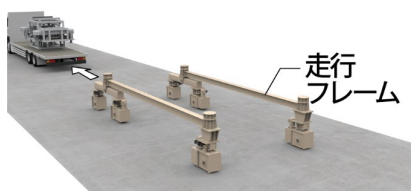


図-6 走行フレーム組立ステップ

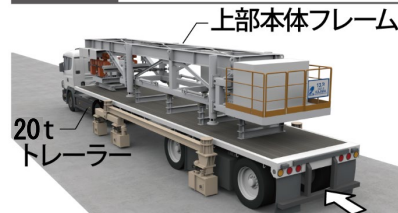


写真-8 走行フレーム組立状況

【上部本体フレーム】

上部本体フレームの組立は、開閉式アウトリガーを開き、走行フレームの位置に合わせ、鉛直ジャッキを伸ばして接続する。その後、鉛直ジャッキをさらに伸ばして組立完了となる（図-7、写真-9）。

STEP④ 上部本体フレーム搬入



STEP⑤ 走行フレームに搭載



STEP⑥ 組立完了、トレーラー退場



図-7 上部本体フレーム組立ステップ



写真-9 上部本体フレーム組立状況

上部本体フレームに開閉式アウトリガを採用することで、1車線規制と狭隘なスペースでもクレーンを要さない組立解体を可能にした（図-8）。

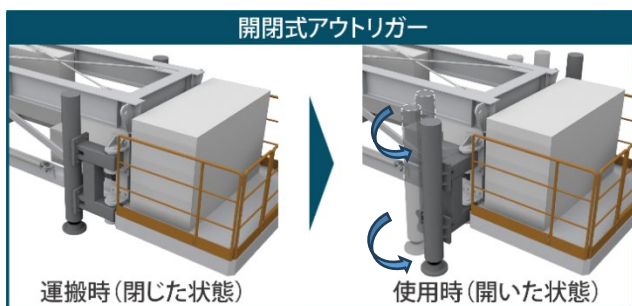


図-8 車載運搬型機械の特徴

車載運搬型機械は、幅員方向分割取替に使用するすべての機械（①床版撤去機、②床版架設機、③床版移載用リフト）に採用している。

5. SDR システムのラインナップ

SDR システムには、主に大規模橋梁を対象とした「フル SDR」と中小規模橋梁を対象とした「シングル SDR」の2つのタイプがある。

フル SDR とは、「床版架設機」と「床版撤去機」の2台の機械を使用して、床版撤去、主桁清掃、高さ調整、床版架設を並行作業で行い、一方向に床版取替を進める工法である（図-9）。

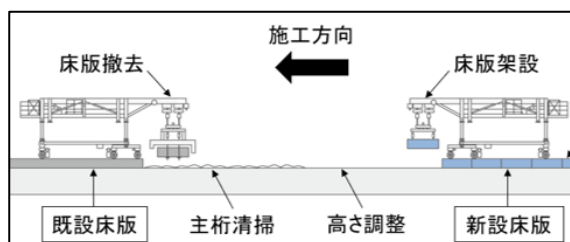


図-9 フル SDR の概要

それに対してシングル SDR は、「床版架設・撤去機」の1台の機械を使用して、床版撤去と床版架設作業を行い、一方向に床版取替を進める工法である（図-10）。

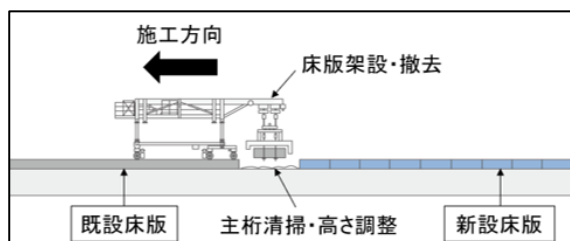


図-10 シングル SDR の概要

2つのタイプの SDR システムを、工事のニーズに応じて使い分け、より効率的な道路橋更新工事を行うことで、工事に伴うソーシャルロスの最小化を実現する。

6. 施工実績

6.1 適用工事

これまで SDR システムは、関越自動車道 阿能川橋上り線（写真-10）、広島自動車道 奥畑川橋上り線（写真-11）、広島自動車道 伴高架橋 上り線（写真-12）の3橋に適用した。

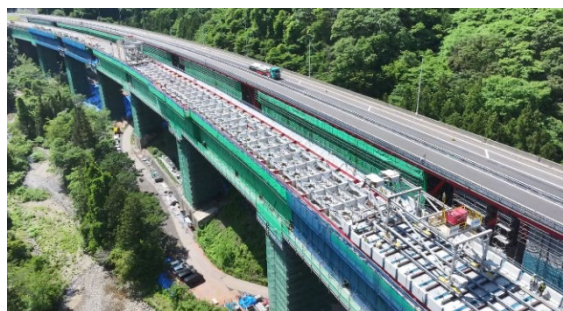


写真-10 阿能川橋（上り線）



写真-11 奥畑川橋（上り線）



写真-12 伴高架橋（上り線）

6.2 全断面取替の実績

阿能川橋の三期工事において、標準的な工法で39日間（1日あたり3枚）かかるところ、SDR システムを適用した結果、13日間（1日あたり平均9枚、最大では18枚）となり、床版取替にかかる期間を約67%短縮した（写真-13）。



写真-13 阿能川橋施工状況

6.3 幅員方向分割取替の実績

(1) フル SDR

伴高架橋の一期工事において、標準的な工法で 21 日間（1 日あたり 3 枚）かかるところ、SDR システムを適用した結果、6 日間（1 日あたり平均 10 枚、最大では 20 枚）となり、床板取替にかかる期間を約 70%短縮した（写真-14）。

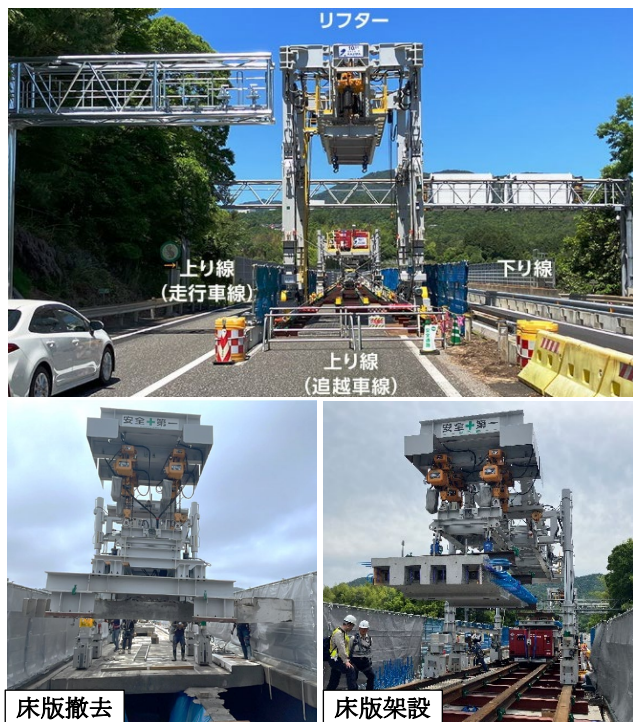


写真-14 伴高架橋（フル SDR）施工状況

(2) シングル SDR

伴高架橋の二期工事において、標準的な工法で 21 日間（1 日あたり 3 枚）かかるところ、SDR システムを適用した結果、11 日間（1 日あたり平均 6 枚、最大では 7 枚）となり、床板取替にかかる期間を約 46%短縮した（写真-15）。

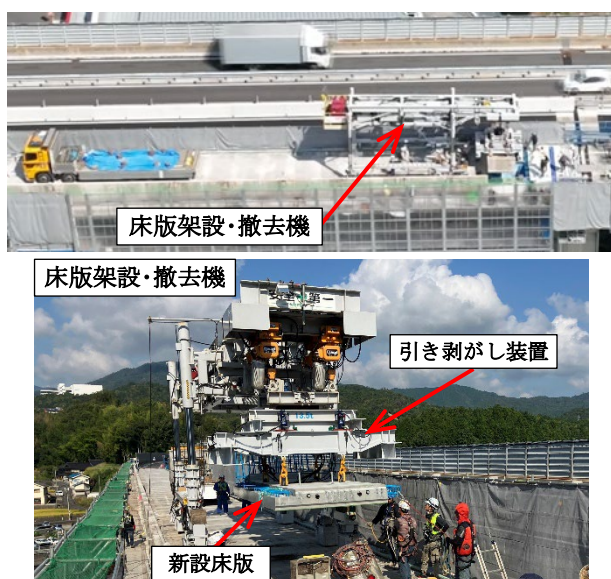


写真-15 伴高架橋（シングル SDR）施工状況

床版架設・撤去機は、床版撤去に使用する引き剥がし装置を常時取り付け付けた状態で、新設床版の揚重を可能とした。床版撤去・架設時の玉掛け回数の減少により、サイクルタイムの短縮を図り、高速施工を実現した。各施工実績を表-2 にまとめる。

表-2 SDR システム施工実績

項 目	標準工法	全断面	幅員方向分割	
		フル SDR	フル SDR	シングル SDR
日施工量	3枚/日	9枚/日	10枚/日	6枚/日
短縮効果	—	67%	70%	46%

6.4 SDR システムのコストについて

床版取替（床版撤去～床版架設）にかかるコストについて、標準工法との比較を行った。床版サイズは 2 車線断面を想定し、幅 11m、長さ 2m、床版面積は全断面 22m²/枚、幅員方向分割 11m²/枚（全断面の半分）とする。日あたり施工量は、標準工法 3 枚/日、SDR システムは施工実績とし、1 日の施工面積あたり単価で工事費の比較を行った結果、SDR システムでは、機械費は若干増加するが労務費を大幅に削減できるため、床版取替にかかる工事費を 2～3 割低減することが可能である。

7. おわりに

本論文では、SDR システムの概要を示し、一車線規制の限られたスペースでの床版取替工事に必要な施工機械を紹介した。

また、本システムを適用した工事では、本システムの特徴である、①高速施工の実現、②近隣への安全施工、③既設橋梁への負荷の低減について、その有用性を示し、令和 6 年度土木学会 技術開発賞を受賞した。

今後は、特殊規制条件（毎週末 2 車線解放）や特殊橋梁（3 車線の床版取替）、機械台数を減らした施工（機械 1 台による床版撤去・架設）など、施工条件の異なる工事への SDR システムの展開に向けて、新たな機械の開発、現行機械の改良などを進め、ソーシャルロスを最小限にとどめる道路橋床版更新工事の適用範囲拡大に寄与していきたい。