

行政情報

コンクリート工の生産性向上

全体最適の導入（コンクリート工の規格の標準化等）

堤 英 彰

国土交通省では、建設産業の生産性を向上させるため、測量・調査から設計、施工、維持管理・更新まであらゆる建設生産プロセスの各段階において ICT 等を活用する i-Construction を重要施策の 1 つとして取り組んでいるところである。

本稿では、i-Construction におけるトップランナー施策の 1 つである、全体最適の導入（コンクリート工の規格の標準化等）について、これまで策定してきたガイドラインの概要、今後の取組みについて紹介する。

キーワード：i-Construction, 生産性向上, コンクリート工, 機械式鉄筋定着工法, 機械式鉄筋継手法, スランプ値, プレキャストコンクリート

1. はじめに

我が国の人口は 2008 年の約 1 億 2,800 万人をピークに減少に転じ、高齢化が進んでいる。

この中で、持続的な経済成長を遂げていくためには、働き手の減少を上回る生産性の向上や、新たな需要の掘り起こしを図っていくことが必要である。

建設業は社会資本の整備の担い手であると同時に、社会の安全・安心の確保を担う、我が国の国土保全上必要不可欠な「地域の守り手」である。

人口減少や高齢化が進む中であっても、これらの役割を果たすため、建設業の賃金水準の向上や休日の拡大等による働き方改革とともに、生産性向上が必要不可欠である。

そのため、国土交通省では 2016 年を「生産性革命元年」と位置づけ、同年 3 月に「国土交通省生産性革命本部」を設置し、これまで 20 の「生産性革命プロジェクト」を選定したところである。

「i-Construction の推進」は生産性プロジェクトの目玉施策であり、昨年 2017 年は、生産性革命「前進の年」、そして本年 2018 年は「深化の年」として、取組みのさらなる加速化に総力を挙げて取り組んでいる。

本稿では、生産性革命プロジェクトである「i-Construction」で取り組んでいる、全体最適の導入（コンクリート工の規格の標準化等）について紹介する。

2. 生産性向上に取り組む背景

我が国の建設投資額は 1992 年度の約 84 兆円をピークに減少し、2010 年度にはその 5 割以下となる約 41 兆円まで落ち込んだ。その後は増加に転じ、2015 年度はピーク時と比較し 6 割の水準である約 48 兆円となっている。また、12 年連続で減り続けてきた公共事業予算は、2012 年度で下げ止まり、2014 年度以降の当初予算は約 6 兆円となっている。このような建設投資、公共事業予算の状況の中、建設企業の業績も上向き、安定的な経営環境が実現し始めたことで、未来に向けた投資や若者の雇用を確保できる状況になってきている。

また、バブル経済崩壊後の投資の減少局面では、建設投資が建設労働者の減少をさらに上回り、ほぼ一貫して労働力過剰となったため、省力化につながる建設現場の生産性向上が見送られてきた。

しかし、建設現場で働いている技能労働者約 330 万人（2015 年時点）のうち、約 1/3 の約 110 万人が今後 10 年間で高齢化等により離職する可能性が高いことが想定され、現在の水準の生産性では建設現場は成り立たないと考えられる。

建設企業の業績が回復し、安定的な経営環境が確保されつつある今、生産性の向上に本格的に取り組むべき絶好の機会が到来したと考えられ、今こそ、我が国の建設現場が世界の最先端となるよう、産学官が連携して i-Construction に取り組むべき時だと考えられる。

3. トップランナー施策について

トンネル工事などは、約50年間で生産性を最大10倍向上しているが、現場で多く用いられている土工や場所打ちコンクリート工の生産性は30年前とほとんど変わっていないことに加え、これらの工事に従事している技能労働者の割合は直轄工事で働いている全技能労働者の約4割に相当するため改善の余地が大きい。これらの生産性の実態を踏まえ、国土交通省では、「ICTの全面的な活用（ICT土工）」、「全体最適の導入（コンクリート工の規格の標準化等）」、及び「施工時期の平準化」をi-Constructionのトップランナー施策として進めることとしている。

4. コンクリート工の生産性向上における課題

トップランナー施策の1つである、「全体最適の導入（コンクリート工の規格の標準化等）」を進めるにあたっての課題は以下のとおりである。

建設現場は屋外生産が基本であり、気象条件により作業が影響を受けやすく、特に現場打ちコンクリートは気温が4℃～25℃の環境で打設することが標準とされている。

さらに、夏季、冬季における作業に制限がかかるとともに、降雨によっても影響を受けることもあり、計画的な施工が困難な特徴を有する。さらに、橋梁等の構造物によっては、高所作業が必要となり、危険が伴う労働環境での作業となっている。

また、型枠の設置、鉄筋の組立などが建設現場毎に異なり、作業が複雑となることから、これに従事する技能労働者も一定程度のスキルが必要な状況である。

一方、工場製作であるプレキャスト製品の活用に際しても、同サイズの製品を大量に使用する機会は限定的であり、スケールメリットが生じにくい特徴がある。

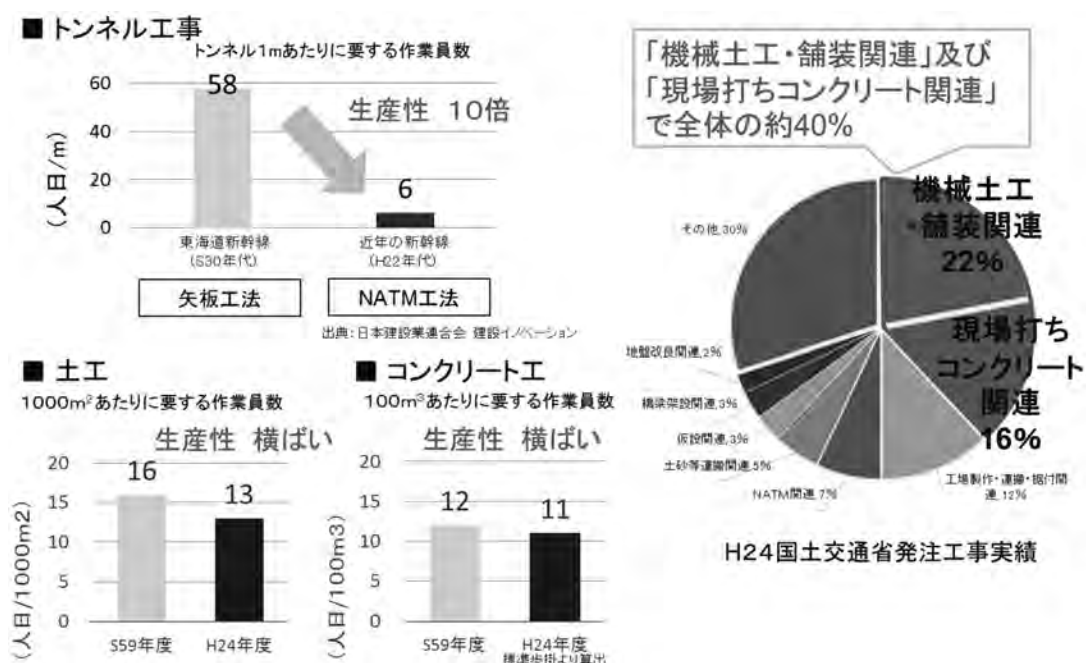
そのため、工場の稼働状況の平準化のために受注を先読みして製品を工場で作成することも考えられるが、同規格の製品が発注されなければデッドストックとなるリスクがある。したがって、受注生産ということとなり、安定的な生産によるコストダウンが難しい環境にある。

コンクリート工においては、このような課題により、生産性の飛躍的な向上は進みにくかったと考えられる。

5. コンクリート工の生産性向上に向けた検討

図一2は、コンクリートの生産性向上に向けた検討事項を示したものである。コンクリートの生産性の向上に向けた柱を、「規格の標準化」「全体最適」「工程改善」の3つとしている。

このうち、「規格の標準化」では、施工の効率化が図られる技術、例えば、機械式鉄筋定着工法や鉄筋のプレハブ化などの技術に関するガイドラインを整備するほか、スランプ規定の見直しや、サプライチェーンマネジメントなどにも通じる部材の仕様・サイズなど標準化の検討を進めている。



図一1 生産性向上の現状（トンネル工，土工，コンクリート工）

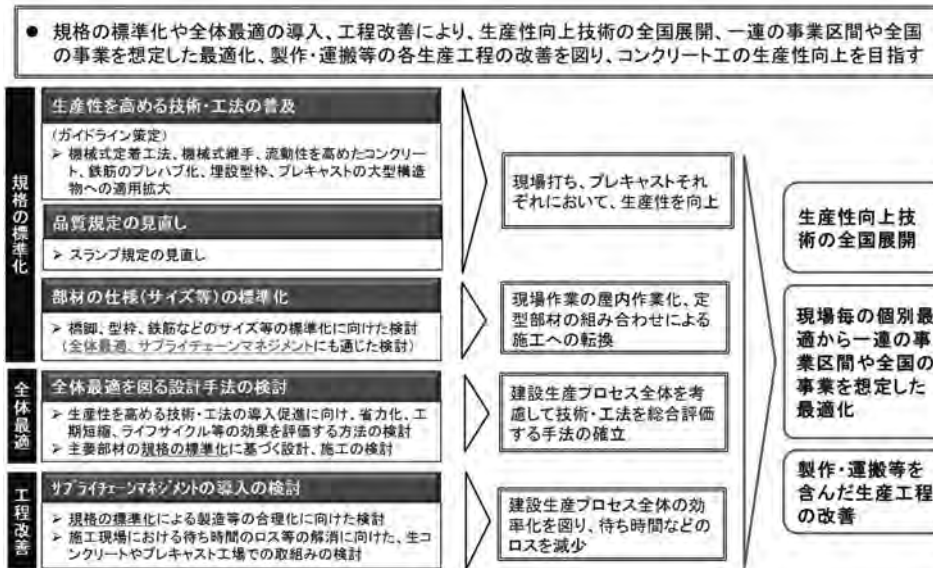


図-2 コンクリート工の生産性向上に向けた検討事項

「全体最適」では、工期短縮や品質向上などの観点で優れた技術を、施工・維持管理段階での効果なども見据え、プロジェクトの上流段階から採用を検討していく方法の検討を進めている。

「工程改善」、いわゆるサプライチェーンマネジメントの導入では、材料・資機材の待ち時間ロスやデッドストックリスクの解消などに向けた、生コン工場やプレキャスト工場での取組みを後押しするような検討を進めている。

これらを総合的に進めることで、生産性向上技術の全国展開や、現場毎の個別最適からプロジェクト単位・全国単位での全体最適などを目指している。

表-1 コンクリート生産性向上検討協議会 委員

<p>■有識者(○会長)</p> <p>綾野 克紀 岡山大学大学院環境生命科学研究科 教授 石橋 忠良 ジェイアール東日本コンサルタンツ(株)取締役 技術統括 技術本部長 (土木学会 生産性及び品質の向上のためのコンクリート構造物の設計・施工研究小委員会 委員長)</p> <p>小澤 一雅 東京大学大学院工学系研究科 教授 橋本 親典 徳島大学大学院 理工学研究部 教授 久田 真 東北大学大学院工学研究科 教授 ○前川 宏一 東京大学大学院工学系研究科 教授</p> <p>■関係団体</p> <p>津川 俊司 (一社)日本建設業連合会 コンクリート技術部会 部会長 川口 幸治 (一社)全国建設業協会 土木専門委員会 委員 大崎 精一郎 (一社)日本建設躯体工事業団体連合会 東京建設躯体工業協同組合 理事</p> <p>谷本 静夫 全国基礎工業協同組合連合会 技術委員会 委員 加藤 雅彦 (一社)建設コンサルタンツ協会 技術委員会 副委員長 原田 修輔 全国生コンクリート工業組合連合会 常務理事 小川 秀男 コンクリート用化学混和剤協会 業務委員 西尾 浩志 (一社)プレストレスト・コンクリート建設業協会 技術委員会 幹事会 幹事長</p> <p>永井 義行 (一社)全国コンクリート製品協会 常任理事 長野 拓朗 (公社)全国土木コンクリートブロック協会 幹事 松下 敏郎 (一社)道路プレキャストコンクリート製品技術協会 事務局 長兼技術委員長</p> <p>(2017年10月現在)</p>

国土交通省では、これらの検討を進めるための課題及び取組方針などを検討することを目的に、次表の有識者委員及び関係団体、研究機関、発注機関が参画するコンクリート生産性向上検討協議会(以下、「協議会」という、表-1)を2016年3月に設置し、これまで6回開催した。

(1) 生産性を高める技術・工法の普及

本協議会での議論を踏まえ、現場打ちコンクリート、プレキャスト製品それぞれにおいて生産性を高める技術・工法を普及させるため、生産性向上に資する技術のガイドラインについて、各要素技術のノウハウを持っている関係団体に主体的に検討を進めていただいている(表-2)。

表-2 要素技術のガイドライン整備に向けた検討

生産性向上技術	参加委員等
<ul style="list-style-type: none"> ・機械式継手 ・機械式定着工法 →策定済み 	委員長: 久田真(東北大学教授) 委員: 建設コンサルタンツ協会、製造メーカー等 事務局: 日本建設業連合会
<ul style="list-style-type: none"> ・流動性の高いコンクリート(高流動コンクリート等) →策定済み 	委員長: 橋本親典(徳島大学教授) 委員: 建設コンサルタンツ協会、全国生コンクリート工業組合連合会、コンクリート用化学混和剤協会等 事務局: 日本建設業連合会
<ul style="list-style-type: none"> ・プレキャストの適用範囲の拡大(大型化)(※道路関係) 	委員長: 宮川豊章(京大教授) 委員: 日本建設業連合会、建設コンサルタンツ協会、土木研究センター、セメント協会、全国宅地擁壁技術協会、全国ボックスカルバート協会、日本PCボックスカルバート協会、日本道路建設業協会等 事務局: 道路プレキャストコンクリート製品技術協会
<ul style="list-style-type: none"> ・鉄筋のプレハブ化 ・埋設型枠の活用 ・プレキャストの適用範囲の拡大(大型化)(※橋梁関係)、等 	委員長: 睦好宏史(埼玉大教授) 委員: 日本建設業連合会、建設コンサルタンツ協会、道路プレキャストコンクリート製品技術協会等 事務局: プレストレスト・コンクリート建設業協会

(2017年10月現在)

2016年7月には、第1弾となる「機械式鉄筋定着工法」(図-3参照)に関するガイドラインが策定された。また、2017年3月には、機械式鉄筋継手工法に関して「現場打ちコンクリート構造物に適用する機械式鉄筋継手工法ガイドライン」が、スランプ規定の見直しに関して「流動性を高めた現場打ちコンクリートの活用に関するガイドライン」が策定された。

(a) 機械式鉄筋定着工法に関するガイドライン

現場打ちコンクリート構造物の鉄筋組立における鉄筋端部処理については、鉄筋の曲げ加工を必要とする半円形フック等が従来工法として用いられてきた。現場打ちコンクリート構造物の生産性向上にあたっては、鉄筋加工組立てをいかに効率的に行うかが鍵を握っており、鉄筋端部の曲げ加工は、配筋の作業効率を大きく左右する。

一方で、道路橋示方書等の設計基準においては、以前より鉄筋の定着方法として端部のフック以外に定着板の取り付けによる定着も認めていたが、具体的な記述はなかった。

こうした背景を踏まえ、機械式鉄筋定着工法を採用する際の設計、施工上の留意事項をとりまとめた「機械式鉄筋定着工法の配筋設計ガイドライン」が策定された。

機械式鉄筋定着工法を適用した場合の生産性向上効果については、構造物の規模などケースによるが、半円形フックを用いた場合と比較して、コスト的には、ほぼ同等であり、鉄筋工数、工期ともに1割程度の削減が可能となる。

(b) 機械式鉄筋継手工法に関するガイドライン

現場打ちコンクリート構造物においては、流動性を高めたコンクリートの採用とともに、鉄筋加工や組立ての省力化が効果的であるが、鉄筋継手工法については、重ね継手、ガス圧接継手、機械式鉄筋継手等が用いられ、それぞれにメリット、デメリットが存在し、施工方法や留意事項も異なっている。このため、鉄筋

継手の採用にあたっては、各種継手の特性を十分に熟知し、適用部位に求められている性能を満足できることを確認する必要がある。

こうした背景を踏まえ、機械式鉄筋継手工法が適切に使用され、生産性向上に資することを目的として、「現場打ちコンクリート構造物に適用する機械式鉄筋継手工法ガイドライン」が策定された。

機械式鉄筋継手工法の導入により、構造物の種類や施工方法などの条件にもよるが、従来工法と比較して鉄筋工数は約2割程度、工期は約2割～3割程度削減が可能となり、生産性は向上すると考えられる。

(c) 流動性の高いコンクリートに関するガイドライン (スランプ規定の見直し)

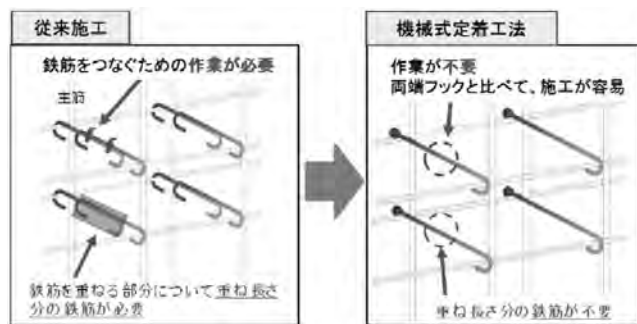
近年、鉄筋コンクリート構造物の耐震性能向上の目的で、耐震設計基準が見直され鉄筋量が増加する傾向にある。そのため、コンクリートの締固めが困難になり生産性を高める上でネックになるほか、コンクリートの充填不足による品質の低下が懸念されている。

こうした背景を踏まえ、流動性を高めた現場打ちコンクリートを用い、現場打ちコンクリート構造物建設の生産性向上に資することを目的として、流動性を高めたコンクリートの活用検討委員会(委員長:橋本親典徳島大学大学院理工学研究部理工学部門教授)において「流動性を高めた現場打ちコンクリートの活用に関するガイドライン」が策定された。

ガイドラインでは、コンクリート構造物の品質を確保した上で、現場打ちコンクリートの生産性向上を図ることを目的とし、施工性能の面から使用するコンクリートの流動性を選定する方法と留意事項について示している。

具体的な内容として、「コンクリートの流動性の選定」、「施工時における品質確認上の留意点」、「高流動コンクリートの選定と留意点」について記載している。

「コンクリートの流動性の選定」については、コンクリートの流動性はスランプ(スランプフロー)を指標とし、打ち込みの最小スランプを考慮して施工者が適切に選定することとしている。流動性を定める際には、構造物の種類、部材の種類と大きさ、鋼材量や配筋条件、コンクリートの運搬、打込み、締固め等の作業条件を適切に考慮することとしている。流動性については、スランプあるいはスランプフローを指標として土木学会発刊の「コンクリート標準示方書[施工編]」、「施工性能にもとづくコンクリートの配合設計・施工指針」の最新版を参考に設定して良いこととしている。しかし、設計時に荷卸し時の目標スランプを定める時点では、コンクリート構造物の施工条件を詳細



機械式鉄筋定着工法の採用により、鉄筋工数・工期が従来比で1割程度削減

図-3 機械式鉄筋定着工法の例

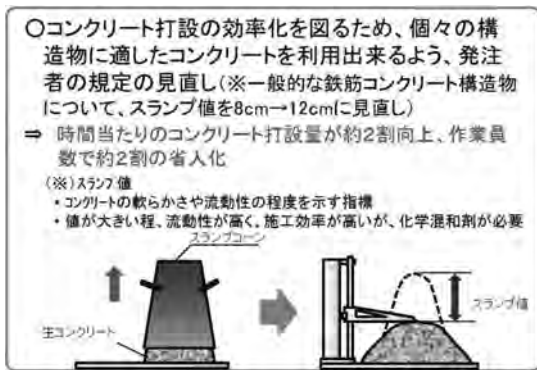


図-4 コンクリート打設の効率化

には検討できないことも想定されるので、ほとんどの現場で、必要な施工性能を確保できることが期待できる、スランプ値12cmとして良いこととした。

「施工時における品質確認上の留意点」については、使用するコンクリートの目標スランプが12cmの場合は、単位水量、単位セメント量、水セメント比を配合計画書により確認することとしている。一方、目標スランプが12cmを超える場合には、配合計画書での確認に加え、材料分離抵抗性を確認することとしており、配合を選定する際には試し練りを行い、スランプ試験後の試料の外観やブリーディング量から材料分離抵抗性を確認するものとしている。

「高流動コンクリートの選定と留意点」については、鋼材量や配筋等の構造条件と打込み、締固め等の作業条件から、コンクリートに特別な流動性能が必要と判断された場合、あるいは使用することにより現場打ちコンクリート工事の生産性が著しく向上すると判断された場合には、高流動コンクリートを選定してよいこととしている。

今般、ガイドラインが策定されたことを受け、国土交通省の直轄工事において、工事発注におけるスランプ値の見直しを行ったところである。その内容は、一般的な鉄筋コンクリート構造物については、これまで標準としていたスランプ値8cmではなく、12cmとすることとしており、2017年7月の入札公告を行う工事から適用を始めた。

スランプ値を8cmから12cmに見直すことで、時間当たりのコンクリート打設量が約2割向上し、作業員数で約2割の省人化を図ることが可能となり、流動性を高めたコンクリートを用いることにより、現場打ちコンクリートの生産性の向上に寄与すると考えている。

(2) 部材の仕様(サイズ等)の標準化

構造物の設計では、建設現場毎に最適化を図る、部分最適の考え方に基づく設計が基本となっている。こ

のため、サイズが多少変わっても改めて設計が必要となり、同種のものを使用することで得られるスケールメリットが働きにくい状況にある。また、形式が標準化されていないと、維持管理・点検でも個別対応が必要となり非効率で割高となる等、その建設現場では最適でも、一連の事業区間や全国レベル等で考えると必ずしも経済的に最適なものとなっていない場合がある。

そのため、部材の仕様(サイズ等)の標準化を進めることにより、プレキャスト製品やユニット鉄筋などの工場製作化を進め資機材の転用等によるコスト削減、生産性の向上を目指している。

2017年4月からは、プレキャスト製品(側溝、ボックスカルバート、L型擁壁)を用いる際には、これら製品の標準寸法等を定めた「土木工事に関するプレキャストコンクリート製品の設計条件明示要領(案)」を積極的に活用し、設計の効率化等を図ることとしている。

(3) 全体最適を図る設計手法の検討

前述のとおり、コンクリート工において、施工性、工期、安全性、品質等の観点で優れる様々な工法、技術が存在しているが、従来工法より割高な場合が多いことから、設計時に採用されにくく、普及が進まない状況にある。

このような現状を打破するためには、施工、メンテナンス、更新の効率性や安全性を設計段階から追求できるよう、下流プロセスを踏まえた設計や、施工や維持管理に知見を有する者が設計の段階から関わる仕組みなどフロントローディングの考え方を導入する必要がある。

あわせて、工期短縮や安全性、品質の向上などの性能を総合的に評価する手法の検討が必要である。

これらに対応するため、2017年度から、以下の取組みを進めている。

(a) 概略設計時点での検討事項の明確化

構造を決定する後段階において、全体最適を実現する技術導入を妨げることの無いよう、上流段階(概略設計時等)での配慮事項を明確にする。

(例) 路線全体、事業全体で同一構造を採用する考え方

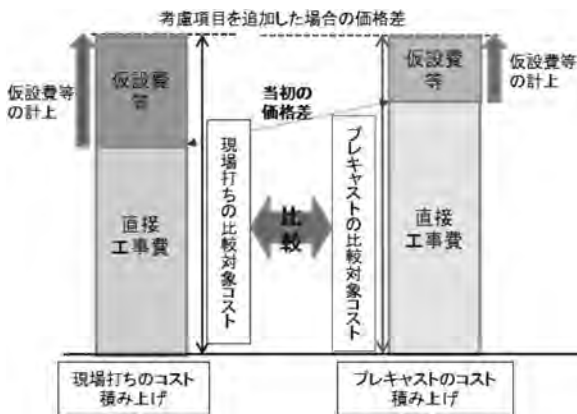
- ・形状等の単純化(PCa活用を阻害しないような線形、勾配)、主要部材の標準化(上部工形式、内空断面等)

(b) 設計から施工に引継ぐ事項の明確化

上流工程から下流工程へ伝えるべき事項及び引継ぎ方法を整理。生産性向上設計留意書等を作成し、後業務で活用することを位置づける。



図一六 生コン工場からの製品情報電子化の運用イメージ



図一五 仮設費等も含めた経済比較イメージ

(引き継ぐべき項目例)

- ・全体最適設計の設計条件（経済性、工期短縮、環境負荷等の様々な評価項目に対し、どのように評価したか）
- ・工事発注段階での工区割りによるスケールメリットの減少に関する留意事項、等

(c) 比較検討手法の確立

直接工事費以外の仮設費等も含め、比較検討の際に考慮する。

(考慮すべき項目)

- ・直接工事費
- ・仮設費（土留め工等損料、冬期施工時の雪寒仮囲い等）、交通規制費用（交通誘導警備員）、土砂等処分費用、等

(4) サプライチェーンマネジメントの導入の検討

施工関連情報の電子化、クラウド化により工程の進捗情報を共有することができれば、適切な工程管理が期待されるほか、電子データによる書類の簡素化や材料確認、検査の合理化が期待される。

このため国土交通省では、今年度からレディーミクス工場（以下、「生コン工場」という）からの製品情報の電子化に向けた検討を進めている。

コンクリートの品質等の情報は、生コン工場で発行された紙伝票によって伝達されていき、この結果、工事情報の共有・保管・提出等の場面で、改めてデータ入力作業が生じている状況にある。また、現場での試験結果や運搬状況がリアルタイムでやりとりできないので、現場と生コン工場との間で確認のために時間を要し、場合によっては打設の手戻りが生じている。

紙伝票等に記載されている情報の電子化を図ることができれば、データ打ち替えの手間が省かれる他、リアルタイムでの情報確認により手戻りの防止等といった効果が期待される。

国土交通省としては、関係者間と必要な調整を行う協議の場を設け、生コン工場（製造側）及び施工業者（施工側）双方において最適な運用とできるように必要な調整を図っているところである。

6. 今後の予定

国土交通省では、本稿で紹介した取組みを総合的に取り組むことで、コンクリート工の生産性の向上を図っていくこととしている。また、各取組みの効果検証を実施し、必要な見直しを継続的に実施することとしている。

i-Construction を推進し、生産性を向上させることで、現場で働く方々の処遇を改善し、魅力ある建設現場が創出される。若者が希望を持って将来を託せるような産業分野となるよう、産学官一体となって取り組んでいきたいと考えている。

JCMIA

[筆者紹介]
堤 英彰（つづみ ひであき）
国土交通省
大臣官房 技術調査課