

General Institute Report

2017. 7月

総研レポート

vol.16

寄稿

- i-Construction の現状と将来展望について
- 現場打ちコンクリートの生産性向上への取組みについて
- i-Construction の現状と将来展望
- 熊本城再建における i-Construction の活用
- ICT 建設技術を活用した大規模造成工事の施工事例

調査研究報告

- RC 造の躯体工事費と建物用途との関連性に関する研究
- 市況気配による予測モデル式の適用資材の追加の研究
- 建設物価・建築費指数の寄与度からみた指数変動について

付録

- 総研レポート掲載報文リスト



一般財団法人
建設物価調査会 総合研究所

目 次

寄稿

i-Construction の現状と将来展望について	1
-----------------------------------	---

国土交通省大臣官房技術調査課 課長補佐 橋本 亮

現場打ちコンクリートの生産性向上への取組みについて	7
---------------------------------	---

一般社団法人日本建設業連合会

土木工事技術委員会コンクリート技術部会

飛鳥建設株式会社土木事業本部土木統括部 技 師 長 津川 優司

清水建設株式会社土木技術本部基盤技術部 担当部長 前田 敏也

前田建設工業株式会社技術研究所 技 師 長 佐藤 文則

株式会社ピーエス三菱技術本部技術研究所 所 長 秋月 敏政

i-Construction の現状と将来展望	19
-------------------------------	----

立命館大学理工学部 教授 建山 和由

熊本城再建における i-Construction の活用	29
------------------------------------	----

株式会社大林組九州支店建築設計部 担当部長 清沢 唯志

株式会社大林組九州支店建築設計部 副 部 長 和田 一

株式会社大林組九州支店建築工事部 主 任 宮本 勇太

株式会社大林組東京本店土 木 本 部 副 部 長 森田 晃司

ICT 建設技術を活用した大規模造成工事の施工事例	38
---------------------------------	----

株式会社熊谷組 土木事業本部 ICT 推進室担当部長 神崎 恵三

調査研究報告

RC 造の躯体工事費と建物用途との関連性に関する研究	47
----------------------------------	----

総合研究所部長 橋本 真一

技術研究課 主任研究員 丸木 健

市況気配による予測モデル式の適用資材の追加の研究55

技術研究課 主任研究員 山本 高史

建設物価・建築費指数の寄与度からみた指数変動について65

経済研究課 上席研究員 吉田 光正

表紙写真

工 事 名 称：熊本城天守閣復旧整備事業
所 在 地：熊本県熊本市中央区本丸地内
規 模：地上6階，地下1階
延 床 面 積：3,068.3㎡
構 造：鉄骨鉄筋コンクリート造，一部鉄筋コンクリート造，鉄骨造
工 期：2016年12月～2021年3月
設計・施工：株式会社 大林組 九州支店
写 真 撮 影：米倉豊治

1960（昭和35）年に再建された熊本城天守閣は，2016年4月に発生した熊本地震により，大天守最上階の瓦が落下，地下の内部の石垣が崩落する等，甚大な被害を受けた。熊本市民のシンボルとして愛されてきた熊本城天守閣を復旧すべく，2017年2月より復旧工事が始まっている。

i-Construction の現状と将来展望について

国土交通省大臣官房技術調査課 課長補佐 橋本 亮

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、高齢化が進んでいます。

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す。

近い将来、多くの業界で人手不足が生じることが懸念される中、少ない人手でも従来と同じ量の仕事ができるように、それぞれの産業の力をつけていただくためにも生産性の向上が不可欠です。

また、生産性の向上を図ることは、各産業の働き方改革にもつながり、将来の担い手を確保する観点からも非常に重要です。

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、これまでに20の「生産性革命プロジェクト」を選定しました。

「i-Constructionの推進」は、生産性革命プロジェクトの目玉施策です。

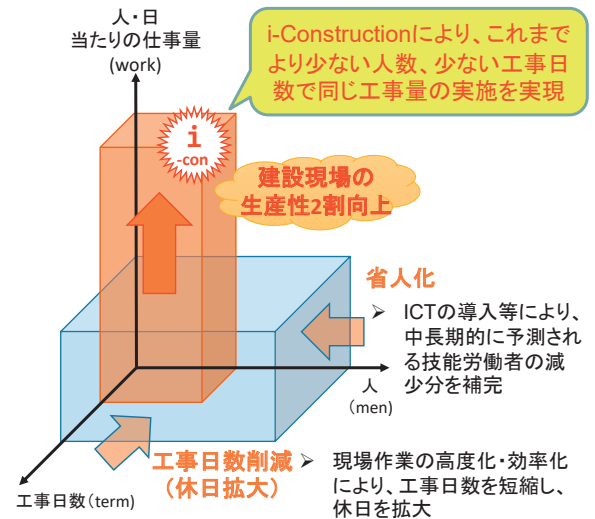
2017年は、生産性革命「前進の年」として、これらのプロジェクトをさらに進めているところです。

2. i-Constructionの推進

国土交通省では、建設業の生産性を向上させるため、調査・測量から設計、施工、検査、維持管理・更新までの全ての建設生産プロセスでICTなどを活用する「i-Construction」を推進し、建設現場の生産性を、2025年度までに2割向上を目指しています（図－1）。

昨年は、まずはじめにトップランナー施策として、以下の3つについての取組みを開始しました。

- (1) ICTの全面的な活用（ICT土工）
- (2) 全体最適の導入（コンクリート工の規格の標準化など）
- (3) 施工時期の平準化



図－1 生産性向上のイメージ

(1) ICTの全面的な活用（ICT土工）

切土、盛土といった土工について、調査・測量、設計、施工、検査などのあらゆる建設プロセスにおいてICTを全面的に活用するものです。

このため、3次元データを活用するための15の基準や積算基準を整備し、ICT土工を実施できる体制を整備しました。

昨年度は、ICTを実装した建設機械などを活用する土工工事を全国で584件実施しました。（平成29年3月時点）

また、ICT土工を地域の建設業や地方公共団体へ普及拡大するため、全国468箇所で開催し、3万6,000人以上の方が参加しました。（平成29年3月時点）

起工測量から完成検査まで土工にかかる一連の作業についてICT土工を実施することで、時間短縮効果があるとともに、ICT建機は施工図面に合わせて操作を制御してくれるため、施工精度が向上するといった効果や、建機まわりの作業が不要になることから、接触事故の危険がなくなり安全性が向上するといった効果も報告がありました。

また、現場から挙がってきた課題や意見を踏まえ、

更なる生産性向上を図るための基準類の改定を実施しました。

具体的には、UAV測量のラップ率（写真の重なり）がこれまでは90%以上としていたところを、80%以上あれば必要な測量精度を担保できることが実証できたことから、ラップ率の基準の見直しを実施しました。これにより、必要な写真の枚数が半分になるため、撮影時間やデータ処理時間が大幅に短縮されることとなります。

また、小規模工事への対応として、TS（トータルステーション）を用いた出来形管理要領を改定し、面積が小さく UAV 等での測量が非効率になる場合は TS を用いた面管理を実施できることとしました。

これらの基準類の改定により、ICT 土工の適用範囲を拡大していきたいと考えています。

（2）全体最適の導入（コンクリート工の規格の標準化など）

コンクリート構造物は、現場毎の一品生産、部分別最適設計であり、工期や品質面で優位な技術を採用することが難しいといった課題があります。

全体最適は、設計、発注、材料の調達、加工、組立などの一連の生産工程や、維持管理を含めたプロセス全体の最適化を図るものです。

昨年度は、機械式鉄筋定着工法などのガイドラインを策定しました。また、コンクリート打設の効率化を図るため、個々の構造物に適したコンクリートを利用できるよう発注者の規定（※スランプ値規定）を見直しました。

今年度も引き続き、鉄筋のプレハブ化などのガイドラインの策定を進め、これらを構造物設計に活用していきます。

（3）施工時期の平準化

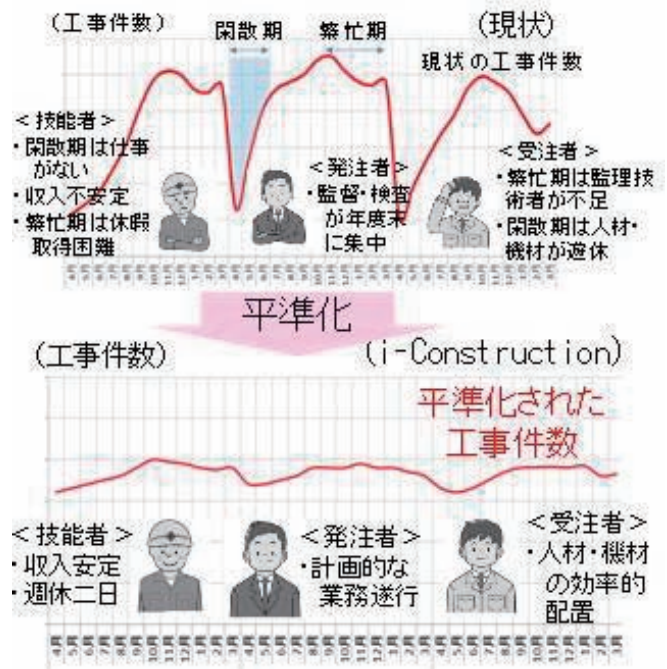
公共工事は、第1四半期（4～6月）に工事量が少なく、偏りが激しいといった特徴があります。施工時期の平準化は、限られた人材を効率的に活用するため、計画的な発注等により、年間を通して工事量を安定化させるものです（図－2）。

具体的には、これまで単年度で実施していたような工事について、発注時期等を踏まえると年度を跨ぐことが適切な工事については、2か年国債等を活

用して平準化を図っています。

昨年度は、一昨年度の3倍超になる約700億円の2か年国債を活用しましたが、今年度は、さらに2か年国債を2倍超の約1,500億円に拡大し、加えて約1,400億円のゼロ国債を当初予算において初めて設定しました。

また、公共工事の約7割の工事量を有する地方公共団体に対しても、総務省とも連携し、平準化の推進について要請しています。



図－2 施工時期の平準化

3. 新たな取組み

今年度は、生産性革命「前進の年」として、さらに以下の取組みを進めてまいります。

- （1）ICT 工種の拡大
- （2）CIM の導入
- （3）普及・促進施策の充実
- （4）産学官民の連携強化

（1）ICT 工種の拡大

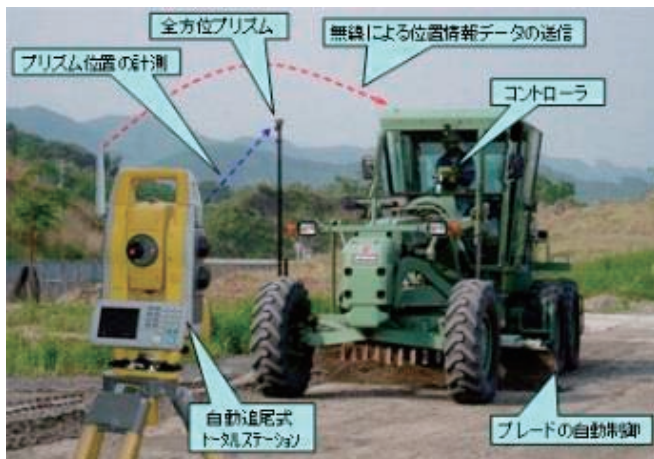
土工以外の以下の分野にも ICT の導入を進めていきます。

① ICT 舗装工

更なる生産性向上を目指して、3次元設計データを活用し自動制御するMC（マシンコントロール）グレーダの活用など、舗装工にICTを全面的に導入する「ICT 舗装工」を開始します。必要となる技術基準や積算基準を昨年度に整備し、本年4月以降の工事に適用しています（図－3）。

発注方式は次のとおりで、全てのICT 舗装工において、ICT 建機等の活用に必要な費用を計上し、工事成績評点で加点評価を行います。

- 予定価格3億円以上の10,000m²以上の路盤工を含む工事は、ICT 舗装の実施を指定して発注（発注者指定型）
- 予定価格3億円未満で10,000m²以上の路盤工を含む工事は、入札時に総合評価で加点（施工者希望Ⅰ型）
- 規模にかかわらず、受注者の提案・協議によりICT 舗装を実施可能（施工者希望Ⅱ型等）



図－3 ICT 舗装工

② ICT 浚渫工

港湾工事の生産性向上を目指して、浚渫工に3次元データによる施工箇所の可視化などのICTを全面的に導入する「ICT 浚渫」を開始します。

ICT 舗装工と同様に、昨年度に必要となる技術基準や積算基準を整備し、本年4月以降の工事に適用しています。

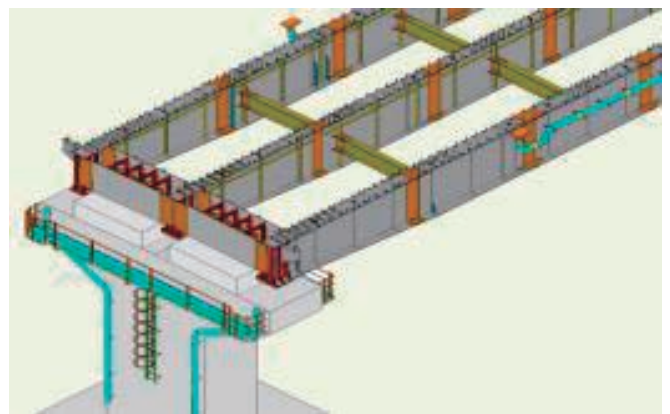
③ i-Bridge

橋梁事業における調査・測量から設計、施工、検査、維持管理までのあらゆるプロセスにおいてICT

を活用し、生産性・安全性を向上させる取り組みです。

今年度は、ECI（Early Contractor Involvement）方式を活用した3次元設計・施工や、維持管理分野におけるICTの導入を実施します。

具体的には、設計の段階から3次元モデルを活用し、3次元モデルによる詳細確認や施工計画など、最適設計を図ります。また、高度な補修・補強を行った場合に、センサー技術を活用し、その補修・補強が目的どおりの効果を発揮しているかをモニタリングすることにより、補修・補強の信頼性を向上させます（図－4）。



図－4 3次元データでの設計

(2) CIM の導入

CIM（Construction Information Modeling/Management）は、社会資本の調査・測量・設計段階から地形データ・詳細設計などの3次元モデルを導入し、その後の施工、維持管理の各段階においても、施工情報や点検・補修履歴などの情報を充実させながらこれを活用するものです。合わせて、事業全体にわたる関係者間で情報を共有することにより、一連の建設生産システムにおける受発注者双方の業務の効率化・高度化を図ります。

昨年度は、これまでのCIM 試行業務、工事における知見を集約し、CIM モデルの作成方法（作成指針、留意点など）や活用事例を記載したCIM 導入ガイドラインを策定しました。

今年度は、発注者指定型、受注者希望型の2タイプを設け、CIM の活用効果が見込まれる業務・工事からCIMを導入し、発注者指定型ではCIMの活用の充実に向けた検討を、受注者希望型ではこれまでの試行で効果が高かったフロントローディングや

関係者間協議を実施します。

(3) 普及・促進施策の充実

2(1)で述べたとおり、昨年度は地域の建設業や地方公共団体に対して、ICT 土工に関する講習会を開催してきましたが、今年度も引き続き講習会を実施していきます。

それに加えて、今年度より各地方整備局等に地方公共団体に対する相談窓口を設置しました。

さらに、地方整備局長表彰等において、i-Construction 活用工事を出しして表彰したり、ロゴマークを作成するなどし、i-Construction を広く普及していきます。

4. i-Construction 推進コンソーシアム

i-Construction 推進コンソーシアム（以下、「コンソーシアム」という）は、様々な分野の産学官民が連携して、革新的な技術の現場導入や3次元データの活用などを進めることで、生産性が高く魅力的な新しい建設現場を創出することを目的として設立され、本年1月30日に設立総会が開催されました（写

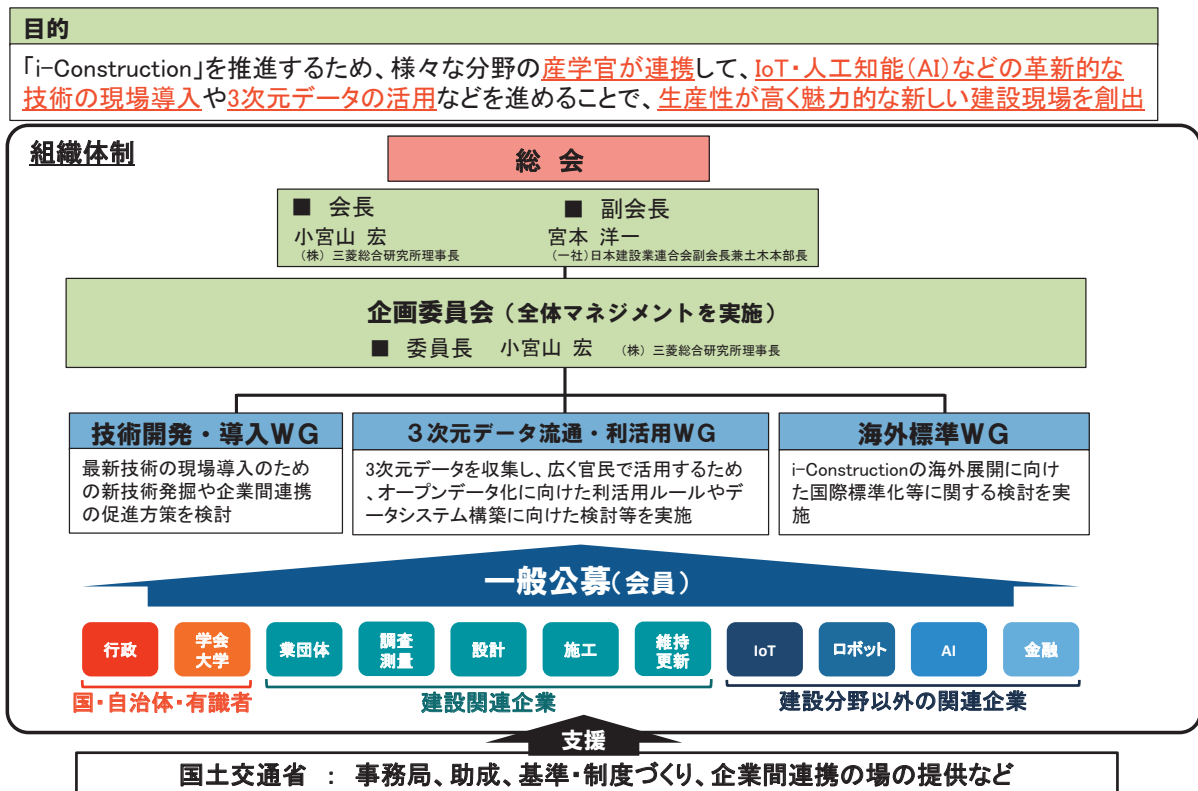


写真-1 コンソーシアム設立総会の様子

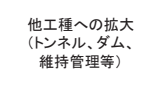
真-1)。

設立総会では、会長に小宮山 宏（株）三菱総合研究所 理事長，副会長に宮本 洋一（一社）日本建設業連合会副会長兼土木本部長が選任されました。

また、コンソーシアムには、全体のマネジメントを実施する企画委員会と、3つのワーキンググループが設置され、企画委員会の委員長にはコンソーシアム会長の小宮山理事長，企画委員には10名の有識者と8名の関連業界の代表者が選任されました（図-5）。



○全ての建設生産プロセスでICTや3次元データ等を活用し、2025年までに建設現場の生産性2割向上を目指す。
○建設現場の生産性向上に資する「i-Construction」を着実に進めるため、以下の取組を推進する。

	項目	年度	～H28	H29	H30	H31	H32	H33～H37
ICT活用に向けた取組	ICT土工		○基準類の改訂(検査等15基準、積算基準)、発注方式の決定(H27年度末) ○発注・施工(ICT土工方式:直轄) ⇒584件実施中(H29.3現在) ○人材育成(講習・実習)⇒約36,000人参加 ○効果の確認、基準類・発注方式等の見直し	○基準類、発注方式等の見直し ⇒3次元UAV測量の基準緩和等 ○発注・施工(自治体に拡大) ○人材育成(講習・実習)	○各年度にPDCAサイクルを適用 ○ICT土工方式の拡大(直轄・自治体) ○ICT活用・休日拡大の効果検証			
	ICT舗装 ICT浚渫工		○基準類の改訂 ○積算基準策定 ○発注方式の決定	○発注・施工(ICT舗装方式・ICT浚渫工方式:直轄) ○人材育成(講習・実習) ○効果の確認・基準類・発注方式等の見直し	○各年度にPDCAサイクルを適用 ○ICT活用方式の拡大(直轄・自治体) ○ICT活用・休日拡大の効果検証			
	i-Bridge		○橋梁上部のICT等適用範囲検討 ○基準類の改訂 ○積算基準策定 ○発注方式の決定		○発注・施工(ICT等適用範囲検討) ○基準類の改訂 ○積算基準策定 ○発注方式の決定			
	他工種への拡大(トンネル、ダム、維持管理等)		【トンネル、ダム、維持管理他】 ○ICT技術の適用性検討 ○必要な基準類、発注方式等の改訂		○各年度にPDCAサイクルを適用 ○ICT活用方式の拡大(直轄・自治体) ○ICT活用・休日拡大の効果検証			
現場施工の効率化	コンクリート工		○現場施工効率化に関するガイドライン策定(機械式鉄筋定着(7月公表)、流動性を高めたコンクリート、機械式継手など)	○生産性向上に関するガイドライン策定(生産性向上に資する設計・施工における配慮事項の整理) ○フレキシブル活用に向けたガイドライン策定(継手の性能評価方法、橋梁フレキシブルの適用範囲拡大)	○直轄、自治体における活用拡大 ○PDCAの適用等(各年度)			
標準化	施工時期の平準化(i-Construction)		○2か年国債の更なる活用 H27年度: 約200億円 ⇒ H28年度: 約700億円 ⇒ H29年度: 約1,500億円 ○当初予算における『ゼロ国債』の設定(約1,400億円) ○地域単位での発注見通しの統合・公表	○国債の更なる活用、自治体における取組拡大等により4～6月の工事稼働率を向上				
3Dデータ活用	3Dデータの活用		○3Dデータ活用方針の策定 ○CIMガイドライン整備	○3Dデータ活用ルール整備 ○プラットフォーム構築 ○建設生産プロセス全体における3次元モデル構築と適用拡大	○オープンデータ化 ○H31年に公共工事の3次元データを利活用するためのルール及びプラットフォームの整備			
官民連携の体制構築	コンソーシアム設置 目標(KPI)設定、マネジメント		○i-Construction推進コンソーシアムの設立(1/30) ○OKPIの設定 ・ICT工事数 ・ICT工事実施自治体数 ・休日の拡大(日/工事・4週) 2020年までに4週あたり1日増	○コンソーシアム運営(企画委員会、技術開発WG、3Dデータ流通WG、海外標準WG) ○現場の実態調査等による進捗・効果の確認・検証 ○生産性の向上効果を把握するためのKPIの継続的な検証				

新3K(給与が良い、休暇がとれる、希望がもてる)の魅力ある建設現場を実現
 Society 5.0を支えるインフラマネジメントシステムの構築

図-6 i-Construction 推進に向けたロードマップ^①

6月1日現在、コンソーシアムの会員は730者にのぼっています。(法人会員654者、行政会員56者、有識者会員20者。なお設立時の会員は458者)

(1) 企画委員会

第1回の企画委員会は、本年3月31日に開催されました。国土交通省から前述した平成28年度 of 取組み状況と今年度以降の取組み方針について報告するとともに、i-Construction 推進に向けたロードマップが決定されました。

ロードマップには、ICT 活用に向けた取組みなどについて、平成 37 年（2025 年）までの取組みと KPI を設定しました（図－6）。

(2) ワーキンググループ (WG)

① 技術開発・導入 WG

技術開発・導入 WG では、最新技術の現場導入

のための新技術発掘や企業間連携を促進することと
しています。

2月には、会員や国土交通省内を対象に建設現場の生産性向上に資する行政ニーズや現場ニーズ、および技術シーズについてアンケート調査を実施し、3月末までに1,700を超えるニーズと200を超えるシーズが寄せられました。

これらのニーズとシーズのマッチングを目指して、まずはじめに4月20日にアンケート調査の中から、代表的な29件のニーズについて説明会を実施しました（写真－2）。説明会では、工事現場の可視化や遠隔地での施工状況の確認による現場監督・検査の効率化したいといったニーズや、工事現場内での作業員や重機の動きをモニタリングして安全管理や生産性の向上を図りたいといったニーズが発表されました。

また、5月29日には、29件のニーズに対するシー



写真-2 ニーズ説明会の様子



写真-3 シーズ説明会の様子

ズやその他のシーズとして提案などがあった13件についてのシーズ説明会を実施しました(写真-3)。説明会では、建設産業以外の異業種からも、カメラ映像をリアルタイムにネットワークを介して伝送する技術や、カメラやセンサーによる異常検知技術などの紹介がありました。

これらの説明会の資料や様子(動画)は、国土交通省のi-Construction推進コンソーシアムのホームページで紹介するとともに、これらのニーズ・シーズのマッチングを進め、新技術発掘や企業間連携を支援していきます。

合わせて、建設技術研究開発助成制度を活用し、i-Constructionの推進に資する技術をテーマに設定して技術開発を支援していきます。

② 3次元データ流通・利活用 WG

3次元データ流通・利活用 WG では、3次元データの流通のためのデータ標準やオープンデータ化により、シームレスな3次元データ利活用環境整備、新たなビジネス創出を目指しています。

本 WG においても、会員を対象としてデータ流通に関する現状と課題、データ利活用に関するデータ保有状況やニーズを把握するためのアンケート調査を実施しました。

そして3月28日には、調査結果等を踏まえた第1回意見交換会を開催しました。今後、データの利活用方針の策定等に向けた検討を進めていく予定です。

③ 海外標準 WG

海外標準 WG では、上記2つの WG での検討結果等を踏まえつつ、技術基準、制度等のパッケージ化を行い、i-Constructionの海外展開を図ることとしています。

5. おわりに

i-Constructionの導入により、建設現場に必要な技術の習得に要する時間が短縮されるとともに、危険の伴う作業や厳しい環境で行う作業も減少することが期待されます。また、生産性向上により安定した休暇の取得が可能になることで、建設現場において若者や女性などの多様な人材の活躍が期待されます。

i-Constructionの取組みを通し、魅力ある建設現場を作り出すことで、「きつい、危険、給料が安い、休暇が取れない」と表現されることもある現状を改善し、新たな「給与が良い、休暇がとれる、希望がもてる」建設現場の実現と、Society5.0を支えるインフラマネジメントシステムの構築を目指していきます。

現場打ちコンクリートの生産性向上への取組みについて

一般社団法人日本建設業連合会
土木工事技術委員会コンクリート技術部会
飛鳥建設株式会社土木事業本部土木統括部 技 師 長 津川 優司
清水建設株式会社土木技術本部基盤技術部 担当部長 前田 敏也
前田建設工業株式会社技術研究所 技 師 長 佐藤 文則
株式会社ピーエス三菱技術本部技術研究所 所 長 秋月 敏政

1. はじめに

一般社団法人日本建設業連合会（以下、日建連）では 2015 年に提唱された国土交通省の i-Construction に呼応し、生産性向上推進本部を設置して生産性向上に向けての取組みを強化してきている。

我が国の生産年齢人口は、今後、10 年で約 700 万人減少すると予想されており、その中でも建設技能者は、2014 年度 343 万人が、2025 年度 216 万人と 128 万人の大量離職者が発生すると予測されている。しかし、激甚化する災害に対する防災・減災対策や老朽化するインフラの戦略的な維持・管理・更新そしてインフラの整備等、建設業には、安定と成長を支える重要な役割が期待されている。

建設業においては、128 万人と予測されている建設技能者の大量離職時代を乗り越え、未来につながる生産体制を堅持するため、「若者を中心に 90 万人の新規入職者確保」と「35 万人の省人化」が必要であり、日建連では長期ビジョンを策定して、担い手確保と生産性の向上を両輪として積極的に取り組んでいる。

このうち、建設現場の生産性向上については、2016 年 9 月の安倍総理大臣からの指示により、2025 年度までに 20% 向上させるとしており、図-1 に示すように、ICT 導入による中長期的な技能労働者数の減少分を補完するとともに、現場作業の高度化・効率化により、工事日数を短縮し、休日を拡大することで、建設現場の生産性向上を図ることが期待されている。

日建連では、「生産性向上推進要綱」を定め、i-Construction 推進の中核的役割を担い、生産性向

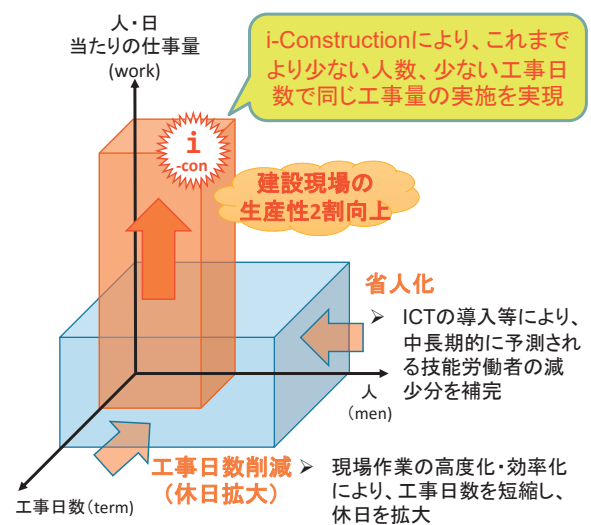


図-1 生産性向上イメージ

（出典：未来投資会議資料）

上を先導する施策として、土木分野において次の4点を挙げている。

- ①コンクリート工の効率化
 - ・現場打ちコンクリート工の効率化
 - ・プレキャスト導入の推進
- ②ICTの活用
 - ・ICT活用のための環境整備に向けた活動の推進
- ③書類削減による業務の効率化
 - ・国土交通省の取組みの推進とフォロー
- ④適切な工期設定と工程管理
 - ・国土交通省の取組みの推進とフォロー

これらの施策において、①コンクリート工の効率化のうち、現場打ちコンクリート工について報告する。

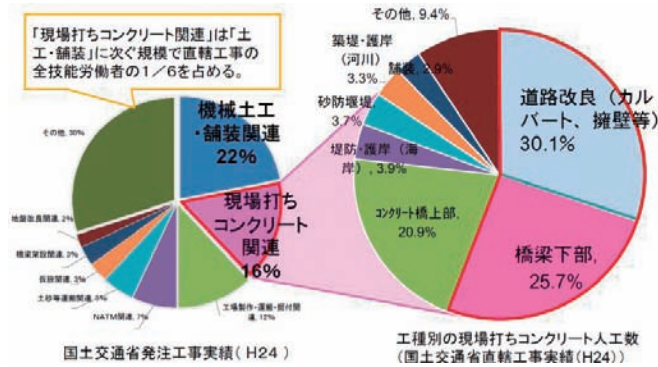


図-2 現場打ちコンクリート工の作業量比率
(出典：コンクリート生産性向上検討協議会資料)

現場打ちコンクリート工の作業量は、図-2に示すとおり、全工事量の16%を占めているが、100m³あたりに要する作業員数は11～12名と、この30年間はほぼ横ばいの状態である。また、その工種を見ると道路改良 (ボックスカルバート、擁壁)、橋梁下部工、橋梁上部工で3/4 (76.7%)を占めており、これらの鉄筋コンクリート構造物、プレストレストコンクリート構造物の現場打ちコンクリート工の生産性向上が大きな課題となっている。

これら土木構造物の生産性向上を阻害する要因として、阪神大震災以降、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も見直され、鉄筋量が増加し、太径化、高密度化したことにより、鉄筋コンクリート構造物、プレストレストコンクリート構造物の鉄筋組立工、コンクリート打込み工が複雑、困難になったことが挙げられる。

また、それに対して、技能労働者不足、作業員の高齢化が進み、これら作業の効率低下が進んでいるものと推察され、鉄筋工、コンクリート工の苦渋作業の排除が生産性向上に不可欠であることが明らかとなった (図-3参照)。

国土交通省ではi-Constructionの取組みの一貫として、コンクリート生産性向上検討協議会 (会長：東京大学 前川宏一 教授)を設置し、図-3下部に示す施策を推進することとし、その中で、現場打ちコンクリート工の生産性向上の要素技術として、次の3つを取り上げている。

- ①機械式鉄筋定着工法
- ②流動性を高めたコンクリート
- ③機械式鉄筋継手工法

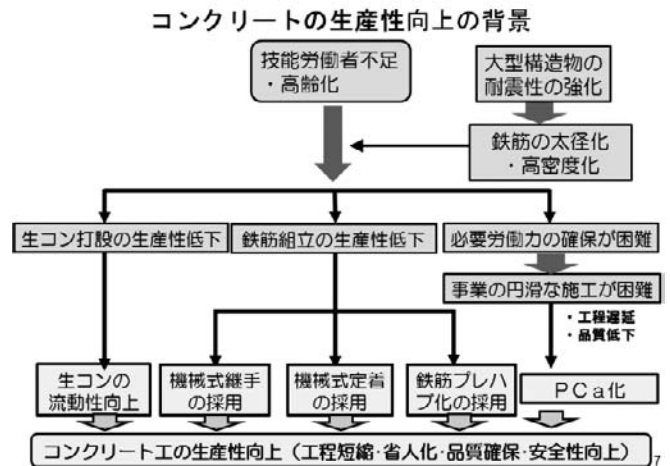


図-3 コンクリートの生産性向上の背景
(出典：コンクリート生産性向上検討協議会資料)

これらの取組みに対して、それぞれ技術委員会を設置し、大学、国土交通省、土木研究所、建設コンサルタンツ協会、関連団体、メーカー各社、日建連等で組織し、日建連が事務局となって検討を重ね、その成果をガイドラインとして発行した。

本報文では、3つのガイドライン発行に向けた取組みを紹介する。

2. 機械式鉄筋定着工法の採用に向けての取組み

鉄筋コンクリート構造物施工の生産性向上への対応策の一つに、機械式鉄筋定着工法の採用がある。機械式鉄筋定着工法は、半円形フックと比較して施工性がよく、熟練鉄筋工がいなくても容易に組立可能であり、省人化や工期短縮等の効果が期待できる。

機械式鉄筋定着工法では、鉄筋の端部に定着板等の定着体 (以下、定着体と称する) を取り付けて機械的に定着する。機械式鉄筋定着工法を適用した場合、鉄筋の加工は、例えば次のようになる。

- ・直角フックと半円形フックで構成されるせん断補強鉄筋の直角フックを定着体に代える。
- ・両端が半円形フックで構成されるせん断補強鉄筋の片側の半円形フックを定着体に代える。

また、例えば部材内部で重ね継手 (半円形フックでラップ) により継いだ1組のせん断補強鉄筋の片側の端部を定着体とする場合、重ね継手は不要で1本の鉄筋となり、曲げ加工数量および重ね継手部の

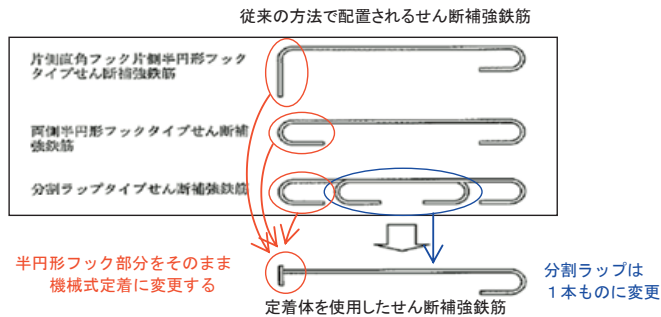


図-4 機械式鉄筋定着工法概念図

(出典：後述の鉄筋定着ガイドライン（本文）)

鉄筋重量を減らすことが可能となる。

このように機械式鉄筋定着工法は、従来、片側半円形フック、片側折り曲げフックあるいは両端半円形フックとされていたせん断補強鉄筋の片側（あるいは両側）の端部を定着体に代えることにより、従来の施工で複雑だった配筋作業の効率化を図るものである。定着体を使用したせん断補強鉄筋の使用方法的な概念を、図-4に示す。

定着体はフックと同様に扱うことが可能なため、せん断補強鉄筋の両端フックのどちら側を変更してもよいが、鉄筋の組立てに支障が生じる側がある場合は、支障側を定着体とすると施工効率を改善できる。例えば、水平部材の場合には、型枠や基礎面上での配置になる下側、鉛直部材の場合には、クリアランスが小さく、一般に型枠を先に立てた後、鉄筋組立てが行われる外側に使用すると施工効率が良い（図-5参照）。施工事例を写真-1に示す。

機械式鉄筋定着工法は、図-6のように分類される。

機械式鉄筋定着工法の一層の普及を目的に、日建連が事務局となり機械式鉄筋定着工法技術検討委員会（委員長；東北大学 久田真 教授）を、その下部組織として幹事会（幹事長；土木研究所 渡辺博志グループ長）および日建連内にガイドライン作成を目的とした検討WGを設置し、活動を行った。

ガイドラインを作成するに当たり、以下の3項目について検討した。

- ①機械式鉄筋定着工法の実績調査と分析
- ②機械式鉄筋定着工法を用いることによる生産性向上効果とコスト試算
- ③ガイドラインの内容検討と策定

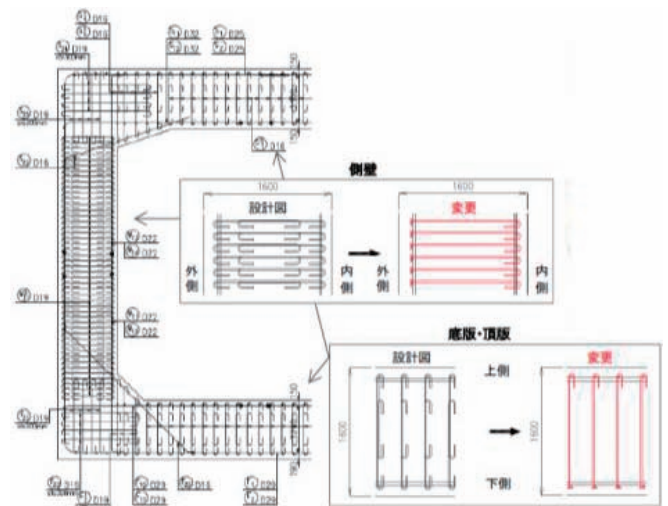


図-5 機械式鉄筋定着工法の使用例

(出典：後述の鉄筋定着ガイドライン（概要）)

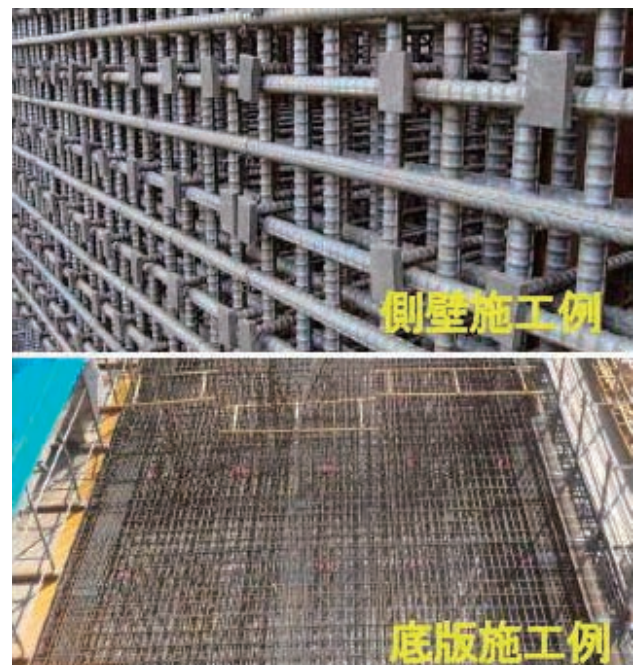


写真-1 機械式鉄筋定着工法の施工事例

(出典：後述の鉄筋定着ガイドライン（概要）)

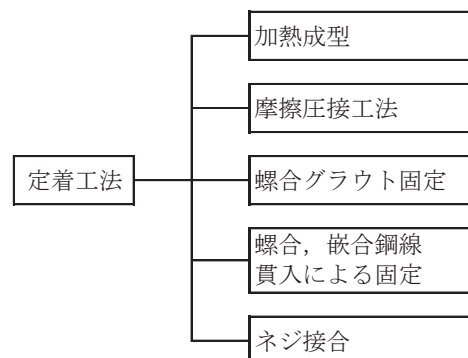
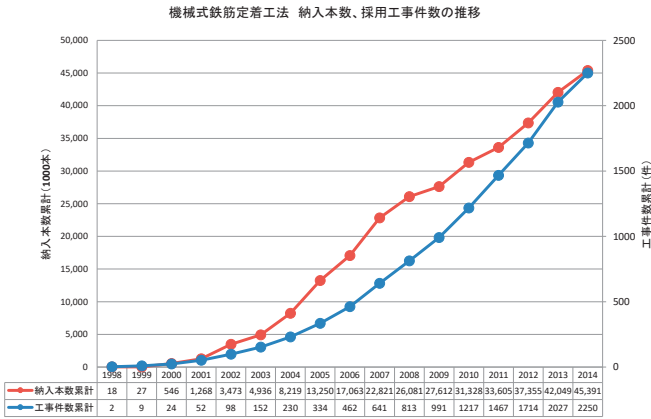
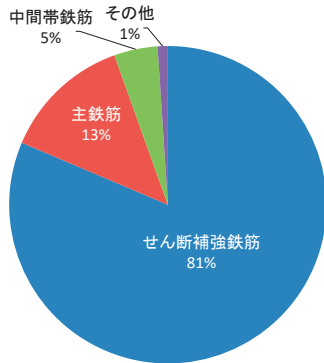


図-6 機械式鉄筋定着工法の分類

(出典：後述の鉄筋定着ガイドライン（本文）を一部修正)



図－7 機械式鉄筋定着工法の使用実績の推移



図－8 機械式鉄筋定着工法の工事件数の割合

2.1 機械式鉄筋定着工法の実績調査と分析について

機械式鉄筋定着工法の実績は、土木工事を対象として、WG 参加各社の実績に基づいて整理した。

図－7、図－8（いずれも出典は後述の鉄筋定着ガイドライン（本文））に示す調査結果によれば、機械式鉄筋定着工法は 1998 年度以降、納入本数累計で 4,500 万本、工事件数累計で 2,250 件に達している。また、累計件数の 81% をせん断補強鉄筋が占めている。

2.2 機械式鉄筋定着工法を用いることによる生産性向上効果とコスト試算について

機械式鉄筋定着工法を適用した場合の生産性向上効果を、半円形フックと比較して検討した。表－1 に仮想の橋梁下部工における比較検討結果、表－2 にはボックスカルバートの実現場における変更時の比較検討結果を示す。

2 例ともにコスト試算では、ほぼ同等であり、以

表－1 比較検討結果 1（橋梁下部工）

比較パターン	標準工法	T ヘッド工法	Head-bar
鉄筋重量	44.28ton	42.60ton	42.60ton
比率	1.00	0.96	0.96
施工条件	・機械式定着は片側定着、片側半円形フック ・橋脚、フーチングのせん断補強筋、中間帯鉄筋に適用		
生産性向上比率	・鉄筋重量を 4% 低減 ・鉄筋加工組立作業 4% 以上効率アップ		

表－2 比較検討結果 2（ボックスカルバート）

比較パターン	標準工法	変更時	差
鉄筋重量	2,720ton	2,300ton	－420ton
施工条件	・機械式定着は片側定着、片側半円形フック ・頂版、側壁、底版のせん断補強筋に適用		
生産性向上比率	・鉄筋重量を 420ton 低減 ・鉄筋加工組立作業 15% 以上効率アップ		

上のような鉄筋工直接の改善効果のほかに、作業効率の改善による工程短縮効果が期待できる。

2.3 機械式鉄筋定着工法ガイドラインについて

機械式鉄筋定着工法の設計段階からの採用や、すでに発注された現場での設計変更に対応するため、技術的な留意点を取りまとめた「機械式鉄筋定着工法の配筋設計ガイドライン」（以下；鉄筋定着ガイドライン）を作成した。本ガイドラインは 6 回の幹事会、3 回の委員会の審議を経て平成 28 年 7 月に完成し、同年 7 月に国土交通省と日建連でプレス発表されている。

本ガイドラインの骨子は以下のとおりである。

①適用範囲の明確化

本ガイドラインでは、機械式鉄筋定着工法の使用実績が多いせん断補強鉄筋を対象としている。鉄筋端部のフックは曲げ加工寸法や加工方法等詳細が道路橋示方書に記述されており、標準化されている。しかし、機械式鉄筋定着工法には、定着端部の仕様や形状寸法、鉄筋径、鉄筋の種類等様々なものが存在し、各々の性能は異なったものとなる。これらの機械式鉄筋定着工法は、製造者の創意工夫によって

工法が開発されており、JIS 規格といったような仕様の標準化はされていない。こうした状況から、当該の機械式鉄筋定着工法が、必要な性能を有しているかどうかを明確にするため、例えば土木研究センターのような公的認証機関による建設技術審査証明を受けたものとしている。

②用途の明確な区分

機械式鉄筋定着工法を適用する範囲は、せん断補強鉄筋と横拘束鉄筋とし、各々について分けて考える。

せん断補強鉄筋は、鉄筋コンクリート構造物がせん断破壊するのを防止するために配置されている補強鉄筋で、一例として断面を貫通するように配置される中間帯鉄筋がある。適用に当たっては以下を検討しなければならない。

- 構造細目としての適合性
- 適切なせん断補強効果の確保
- 建設技術審査証明による所要の性能確認

横拘束鉄筋は、せん断補強の目的だけではなく、コアコンクリートの拘束効果を期待した横拘束鉄筋として配置される。横拘束鉄筋は、部材に大きな地震荷重が繰り返し作用し、コンクリートに多数のひび割れが入った状態においても、軸方向鉄筋等が座屈変形することがないように、軸方向鉄筋や帯鉄筋をつなぎとめる役割を果たさなければならない。適用に当たっては上記に加え以下を検討しなければならない。

- 設計で要求する性能を満足すること
- 軸力の影響を考慮すること

③用途に応じた適用性の判断方法の提示

せん断補強鉄筋に機械式鉄筋定着工法を適用する場合は、定着工法について以下を確認する必要がある。

- 定着機構、適用条件、定着部構造（形状、寸法、強度等）、定着部周辺コンクリート強度・補強方法、鉄筋の全強以上の定着部強度

横拘束鉄筋への適用に当たっては上記に加え、以下を確認する必要がある。

- 道路橋示方書Ⅳ下部構造編 7.6 の規定を満たすとともに、正負交番繰り返しの作用を受ける場合に鉄筋コンクリート橋脚としての破壊までの挙動も含めて鋭角フックや半円形フックと同等

な効果が期待できることが実験により確認されていること

- 適用される橋脚の条件がその実験により検証された条件の範囲内にあること
- 適用する構造物が、軸力が高い条件下や軸方向鉄筋量が多く軸方向鉄筋の負担する荷重が大きい等、塑性変形能の観点で厳しい条件の場合や、ラーメン橋脚のように作用軸力が変動し、かつ限界状態を超えた段階までを設計で考慮する場合には、機械式鉄筋定着工法を用いた部材の性能が、従来の標準フックを用いた部材の性能と同等以上であること

本ガイドラインが適切に運用され、機械式鉄筋定着工法の普及により鉄筋コンクリート構造物施工の生産性が向上し、熟練鉄筋工不足緩和の一助になることが期待される。

3. 流動性を高めたコンクリートの活用に向けての取組み

鉄筋コンクリート構造物およびプレストレストコンクリート構造物を施工する際に使用する現場打ちコンクリートの生産性向上が考えられる。

これまで、レディーミクストコンクリートの製造管理技術の向上、受入れ時の単位水量試験や新設構造物における各種非破壊試験による強度推定の導入等、品質確保に関する手法が整備され広く用いられるようになり、現場打ちコンクリート構造物の品質の安定性が向上してきた。

一方で、阪神大震災以降、鉄筋コンクリート構造物の耐震性能向上の目的で、耐震設計基準も見直され鉄筋量も増加している等の事由により、コンクリートの充填不足等が懸念され、かつ現場打ちコンクリートの生産性が低下しているとの指摘がある。

こうした状況において、コンクリートのスランプについて、土木用として伝統的に用いられてきた 8cm のコンクリートを使用すると、締固め作業が時に困難を極め、生産性を高める上でネックになることがある。したがって、従来の慣習にとらわれることなく、配筋量や締固め作業高さ等の施工条件に応じて適宜流動性を高め、適切な施工性能を確保したコンクリートを活用することにより現場打ちコン

クリートの生産性を向上させることが重要となる。これにより充填不良といった施工トラブルのリスクが低下し、コンクリート構造物の品質向上がさらに期待される。

このような背景より、日建連が事務局となり流動性を高めたコンクリートの活用検討委員会（委員長：徳島大学 橋本親典 教授）を、その下部組織として幹事会（幹事長：土木研究所 古賀上席研究員）および日建連内にガイドライン作成を目的とした検討WGを設置して活動を行った。

ガイドラインを作成するに当たり、以下の3項目について検討した。

- ①スランプ変更の実態調査と分析
- ②流動性を高めたコンクリートを用いることによる生産性向上効果とコスト試算
- ③ガイドラインの内容検討と策定

3.1 スランプ変更の実態調査と分析について

スランプ変更の実態調査と分析では、発注時のスランプの値と実際の施工現場で使用したスランプの値等についてアンケート調査から実態を明らかにし、分析した。なお、アンケート調査データは、土木学会発刊の「コンクリート施工性能の照査・検査システム研究小委員会（341 委員会）第2期委員会報告書」（コンクリート技術シリーズ 102）において、発注者、設計者、施工者および製造者を対象としたスランプの規定に関するアンケート結果が示されており、これらを引用・活用させていただいた。その結果を以下に示す。

発注者（国土交通省）側からのアンケート回答結果を、発注時のスランプの値と変更後のスランプの値を図-9と図-10に示す。また、施工者側のアンケート結果に基づく、設計時の目標スランプが8cmを実際の施工の際に変更した後の目標スランプを図-11に示す。

これらの結果より、発注時（設計時）の目標スランプは8cmがほとんどであり、原設計の目標スランプが8cmで、そのままの流動性では施工が困難と考えられる場合、その多くを12cmに変更して施工していることが分かる。このことから、目標スランプを12cmとすることで、ほとんどの現場において、必要な施工性能を確保できることが期待される。

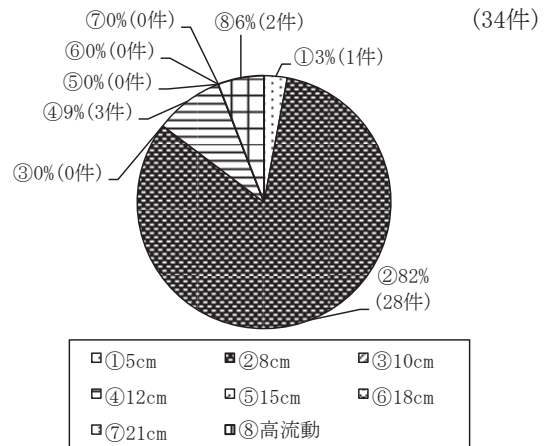


図-9 発注時のスランプの値

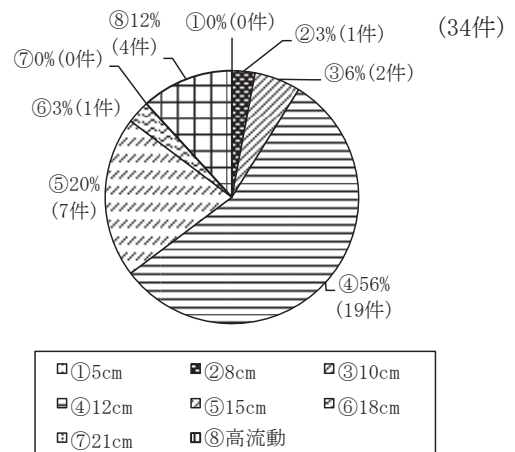


図-10 変更後のスランプの値

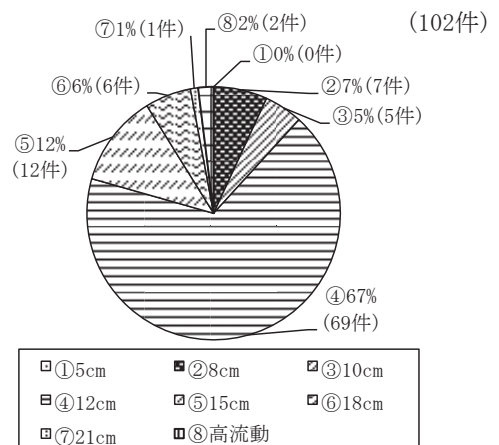


図-11 施工の際に変更した後の目標スランプの値
(設計時の目標スランプ 8cm)

なお、施工時に目標スランプの値を変更した場合、金額の変更を伴わない契約変更、いわゆる施工承諾によって施工している場合がほとんどであることも、本実態調査により明確になっている。

3.2 流動性を高めたコンクリートを用いることによる生産性向上効果とコスト試算について

設計時のスランプを変更し、流動性を高めたコンクリートを適用した場合の生産性向上効果とコストを比較検討した。検討に際しては、日建連会員会社より実際の施工物件による目標スランプの変更事例を提供していただき、検討モデルとしている。なお、検討モデルの中には、設計時の目標スランプ 8cm で施工を行い、その結果を受けて目標スランプを 12cm に変更した実際の事例もあり、信頼性の高い結果を得ている。各モデルによる主な検討項目は以下のとおりとした。

①施工生産性

- ・時間当たりの打込み量： (m^3/hr)
- ・作業人員（打込み時）：（人）
- ・一人当たりの打込み量： $(\text{m}^3/\text{人} \cdot \text{hr})$

②コスト

- ・材料費（コンクリート）
- ・労務費（打込み時）

写真－２ および **写真－３** に、同一現場で行った目標スランプ 8cm および 12cm のコンクリートを用いた打込み状況を示す。これらの写真からも分かるように、流動性を高めたコンクリートを用いることにより、打込み時の作業人員を減らして施工している。次に、**表－３** に目標スランプを 8cm から 12cm に変更した場合の施工性の向上効果を示す。目標スランプを 8cm から 12cm のコンクリートに変更することにより、時間当たりの打込み量と作業人員を指標とした場合、約 2 割の向上効果があることが分かる。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は向上すると言える。

また、コスト試算の結果によれば、目標スランプを 8cm から 12cm に変更しても 1m^3 当たりの材工コストは同等であることが確認されている。なお、流動性を高流動コンクリートレベルにまで高めた場合には、施工性の向上効果は大きいものの、材料コ



写真－２ 目標スランプ 8cm の打込み状況



写真－３ 目標スランプ 12cm の打込み状況

表－３ 施工性の向上効果

目標スランプの値	8cm	12cm	効果
時間当たりの打込み量 (m^3/hr)	18.9	23	22%向上
作業人員（人）	14	11.3	19%向上

スト増の影響が大きく、材工で 2～3 割のコスト増になっているのが現状である。

3.3 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について

従来の実績から定着していた目標スランプ 8cm のコンクリートの使用の考え方を各施工現場で柔軟に変更するため、技術的な留意点を取りまとめた「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」（以下；流動コンガイドライン）を作成した。本ガイドラインは 3 回の幹事会、委員会の審議を経て平成 29 年 3 月に完成した。

本ガイドラインの骨子は次のとおりである。

①適用範囲の明確化

現場打ちの鉄筋コンクリート構造物、プレストレストコンクリート構造物を対象とし、特殊の施工方法、施工機械に適した硬練りコンクリートを用いる場合は対象としない。

②コンクリートの流動性の選定に関する基本方針の提示

スランプおよびスランプフローを流動性の指標とし、打込みの最小スランプを考慮して施工者が流動性を選定する。流動性選定時には、構造物・部材の種類、鋼材量、配筋条件および作業条件を考慮する。ただし、設計時に目標スランプを定める場合には、荷卸しの目標スランプを 12cm としてよい。

③流動性を高めたコンクリートの品質確認上の留意点の提示

目標スランプが 12cm の場合は、配合計画書により単位水量、単位セメント量、水セメント比が適切であるかどうかを確認する。目標スランプが 12cm を超える場合は、上記の確認事項に加え、試し練りを行い、材料分離抵抗性をスランプ試験後の外観とブリーディング量から確認し、適用の可否を判断する。材料分離抵抗性を評価するための具体的な試験方法は、ガイドラインの参考資料に明示した。

④高流動コンクリートの選定・留意点の提示

流動性の選定時に特別な流動性を必要と判断された場合、あるいは高流動コンクリートを用いることにより生産性が著しく向上すると判断された場合は、高流動コンクリートを適用してもよい。使用の際には試し練りを行い、流動性、材料分離抵抗性、自己充填性を確認する。

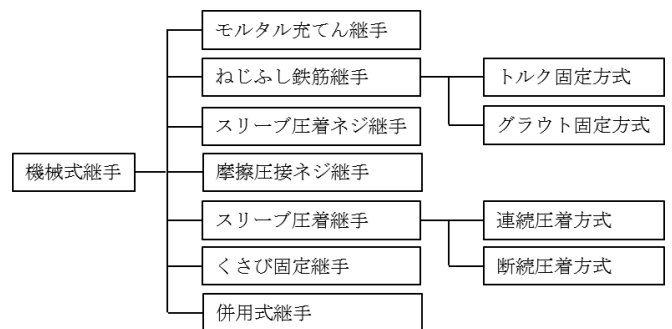
このように、本ガイドラインでは流動性を高めたコンクリートを活用するにあたってのポイントを示した。本ガイドラインの活用とともに、国土交通省の各地整等で目標スランプが 12cm と設定されることにより、高流動コンクリートを含めて流動性を高めたコンクリートの活用が活発となり、現場打ちコンクリートの生産性向上に大きく寄与することが期待される。

4. 機械式鉄筋継手工法の採用に向けての取組み

現場打ちコンクリートの生産性向上への対応策の一つとして、機械式鉄筋継手工法の採用がある。機械式鉄筋継手工法の導入により、太径鉄筋や高強度鉄筋等の難易度の高い継手作業が改善されるとともに、鉄筋工の効率化および生産性の向上による工程短縮効果が期待できる。

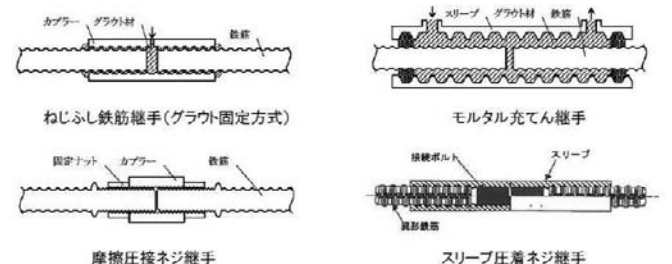
機械式鉄筋継手工法では、鉄筋の端部にカプラーやスリーブ等を取り付けて機械的に接続する。機械式鉄筋継手工法は図－12 に示すように分類され、これらのうち実績が多いのは、図－13 に示すねじふし鉄筋継手、モルタル充てん継手、摩擦圧接ネジ継手、スリーブ圧着ネジ継手である。写真－4 に、ねじふし鉄筋継手の施工事例を示す。

機械式鉄筋継手工法には、カプラーやスリーブを取り付けた後、グラウトを行うものを行わないものがあるが、いずれも火器を使用せずに施工が可能のため、天候や風の影響を受けにくく、工程を確保できるという利点がある。カプラーやスリーブは短時間で取り付けることが可能で、取り付けた後は鉄



図－12 機械式鉄筋継手工法の分類

(出典：後述の鉄筋継手ガイドライン（本文）)



図－13 機械式鉄筋継手工法の例

(出典：後述の鉄筋継手ガイドライン（本文）)



写真-4 機械式鉄筋継手工法の施工事例

(出典：東京鐵鋼（株）施工事例集)

筋が自立できるため、例えば継手作業のために鉄筋を吊っている時間が短縮され、クレーン作業の効率化が図れる。

このような背景より、日建連が事務局となり機械式鉄筋継手工法技術検討委員会（委員長：東北大学久田真 教授）を、その下部組織として幹事会（幹事長：土木研究所 渡辺博志グループ長）および日建連内にガイドライン作成を目的とした検討 WG を設置して活動を行った。

ガイドラインを作成するに当たり、以下の3項目について検討した。

- ①機械式鉄筋継手工法の実績調査と分析
- ②機械式鉄筋継手工法を用いることによる生産性向上効果とコスト試算
- ③ガイドラインの内容検討と策定

4.1 機械式鉄筋継手工法の実績調査と分析について

機械式鉄筋継手工法の実績は、土木工事を対象として、（公社）日本鉄筋継手協会の統計に基づいて継手箇所数を整理するとともに、継手販売会社に対するアンケートを行い、工事件数の種分けで、発注者別、構造物別、部位別に集計して整理した。

図-14、図-15（いずれも出典は後述の鉄筋継手ガイドライン（本文））に示す調査結果によれば、機械式鉄筋継手工法は2009年度以降、年間約200万箇所採用されており、ガス圧接継手と同程度となっている。これは、コンクリート構造物の大型化に伴って鉄筋の太径化が図られる傾向にあることや、プレキャスト部材間の鉄筋接合やコンクリート打継

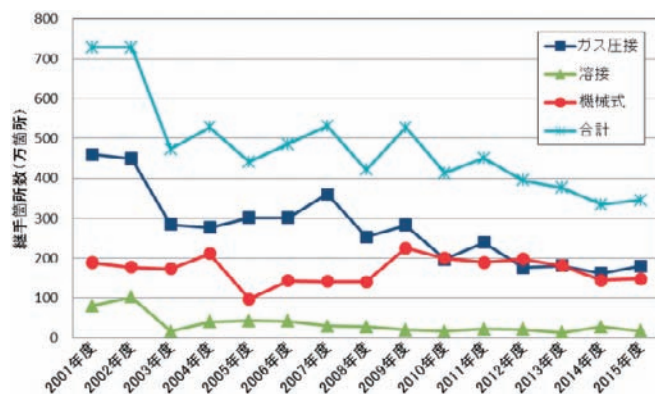


図-14 機械式鉄筋継手工法の使用実績の推移

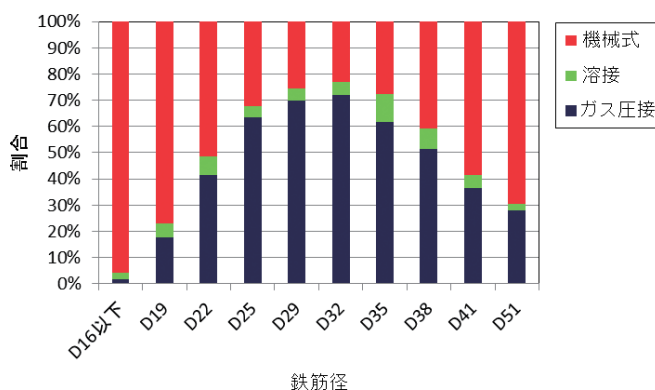


図-15 機械式鉄筋継手工法の鉄筋径別の使用割合

面の接合等では、細径の鉄筋においても機械式鉄筋継手工法が採用されているためと考えられる。また、鉄筋径別にみると、太径鉄筋への採用については、D32以上で機械式鉄筋継手工法の使用割合が増加する傾向にあり、D41以上ではガス圧接継手よりも使用割合が多くなっている。なお、工事件数の調査結果によると、国交省や地方自治体、高速道路会社、鉄道会社の橋梁や高架に対する適用が多い結果となっている。

4.2 機械式鉄筋継手工法を用いることによる生産性向上効果とコスト試算について

機械式鉄筋継手工法を適用した場合の生産性向上効果とコスト試算を、機械式鉄筋継手工法を適用しない場合（以下；標準工法）と比較検討した。検討に際しては、日建連会員会社より実際に機械式鉄筋継手工法で発注された橋梁下部工2事例を検討モデルとしている。なお、検討では、継手のみならず鉄筋組立も含めた鉄筋工全体を対象とし、コスト試算では鉄筋工の直接工事費（材料費＋施工費）に加え、

表－４ 生産性の向上効果

		機械式	標準工法	効果
事例 1	工期（日）	49	73	33%
	作業員数（人）	662	795	17%
事例 2	工期（日）	42	52	19%
	作業員数（人）	345	404	15%

クレーン等の仮設損料も考慮した。

表－４に、機械式鉄筋継手工法を適用した場合の生産性向上効果を示す。検討の結果、施工規模や構造にもよるが、機械式鉄筋継手工法を用いることにより、標準工法に比べて工期は 20 ～ 30% 短縮、作業員数は 15 ～ 20% 程度削減が可能となり、鉄筋工における生産性が向上すると言える。

また、コスト試算結果については、鉄筋工に仮設費も含めた全体工事費として、標準工法と同等程度の経済性を有すること、大規模な仮設を要する場合は工期が短縮されるために標準工法よりも経済性に優れることも確認されている。

4.3 機械式鉄筋継手工法ガイドラインについて

機械式鉄筋継手工法の設計段階からの採用や、すでに発注された現場での設計変更に対応するため、技術的な留意点を取りまとめた「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」（以下；鉄筋継手ガイドライン）を作成した。本ガイドラインは 2 回の幹事会、3 回の委員会の審議を経て平成 29 年 3 月に完成した。

本ガイドラインの骨子は以下のとおりである。

①適用範囲の明確化

本ガイドラインでは、機械式鉄筋継手工法の使用実績が多い軸方向鉄筋を対象としているが、スターラップや帯鉄筋等のせん断補強鉄筋に機械式鉄筋継手工法を適用する場合は、本ガイドラインに準じてよい。また、対象とする機械式鉄筋継手工法は、その性能に関して、土木研究センターや日本建築センター、その他の公的機関等（所定の試験、評価が可能な大学や自治体、民間の試験機関を含む）による技術的な確認を受け、証明書が交付されたものとし、現在実用化されている工法を継手の等級ごと（SA 級、A 級）に一覧表で示した。

なお、本ガイドラインは現場打ちコンクリートで施工する構造物への適用を原則としており、工場で製作するプレキャスト製品は対象外としている。

②用途の区分

本ガイドラインでは、継手を一定の間隔を開けて一断面に集めない場合と一断面に集める場合、塑性化を考慮する領域に配置する場合に区分し、それぞれの用途に適用する際の考え方を示した。ここで、機械式鉄筋継手工法に限らず、継手は一断面に集めないのが原則であるが、開口部や床版等の拡幅、鉄筋と山留め材とが干渉する箇所等、施工上やむを得ない状況で継手を一断面に集める場合もある。そのため、本ガイドラインでは、構造物および構造部位の要求性能や構造細目ならびに使用材料等について、設計基準を確認した上で、機械式鉄筋継手工法の適用を検討することとした。

③用途に応じた適用性の判断方法

機械式鉄筋継手工法を適用する場合は、継手の引張強度、剛性、伸び等の機械的性質を公的機関等による証明書で確認することが基本である。また、継手が適用可能な鉄筋の径や種類、適用した場合の継手のかぶりや鉄筋とのあき等を、各工法の技術資料で確認する必要がある。特に、機械式鉄筋継手工法では、継手の寸法に応じて、かぶりやあきが小さくなることが懸念される。さらに、継手と鉄筋とでは外径が異なるため、継手と鉄筋を交差させた場合、軸方向鉄筋とせん断補強鉄筋との間に隙間が生じたりすることも懸念される。したがって、なるべく継手寸法が小さい工法を選定するのが良い。かぶりが確保できない場合は、エポキシ樹脂塗装鉄筋およびエポキシ樹脂塗装鉄筋用の継手の適用等を検討する必要がある。

ただし、継手を一断面に集めて配置する場合や塑性化を考慮する領域に適用する場合には、より厳しい条件が要求されるため、証明書や技術資料の確認に加え、部材の構造的な照査や施工時における十分な管理が行われることを前提にしなければならない。

④施工および検査、記録

機械式鉄筋継手工法は、製品ごとにそれぞれ特徴

があるため、施工に当たっては、各工法に関して製造者や協会等が主催する教育、講習等を受けた有資格者の管理の下で、施工要領書に基づいて行わなければならない。また、検査については外観目視による確認が基本であるが、非破壊試験等も含め、各工法に適した検査項目や頻度、方法、合否判定基準等を定めた検査計画書に基づいて行わなければならない。なお、非破壊試験による検査を実施する者は、それぞれの検査項目や方法に関して知識を有する有資格者でなければならない。

記録に関しては、建設後の構造物の維持管理に有用な情報となるよう、機械式鉄筋継手工法を適用した場合の要求性能や工法の選定結果、施工位置、施工状況や検査の結果等を図面や写真等で記録し、情報が伝わるようにする。

このように、本ガイドラインでは機械式鉄筋継手工法を活用するに当たってのポイントを示した。太径や高強度の鉄筋においても熟練継手工を必要としない機械式鉄筋継手工法の普及により、鉄筋工の生産性を向上させることで効率的なインフラ整備に寄与することが期待される。

5. コンクリート工事の生産性向上について 今後の取組み

平成28年3月に鉄筋定着ガイドラインが発行され、同年7月より国土交通省の各地整では設計段階から同工法の採用を検討することとし、普及が進んでいる。平成28年7月から同年12月までの同工法の採用は設計段階では10.6%、工事中の設計変更では5.4%となっており、「施工性の向上」「工期短縮」が採用理由として挙がっている（図-16、図-17はいずれも国土交通省による調査結果）。

平成29年3月には流動コンガイドライン、鉄筋継手ガイドラインも発行され、国土交通省の通達等により普及も促進していき、現場打ちコンクリート工の生産性向上が進んでいくことが期待される場所であるが、日建連と建設コンサルタンツ協会（以下：建コン協）は共催して、これらガイドラインの説明会を開催し、日建連、建コン協、国土交通省の各地方に在職する職員へ周知し、普及促進を図る活動も行っている。平成29年7月～9月に全国9都

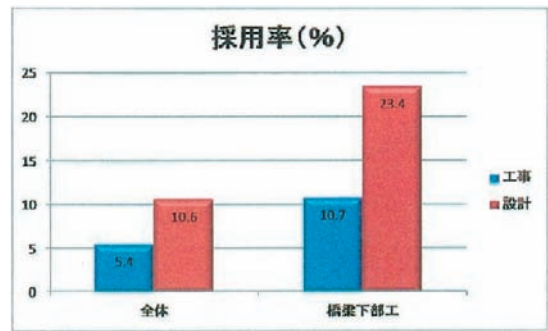


図-16 鉄筋定着工法ガイドラインの採用実績

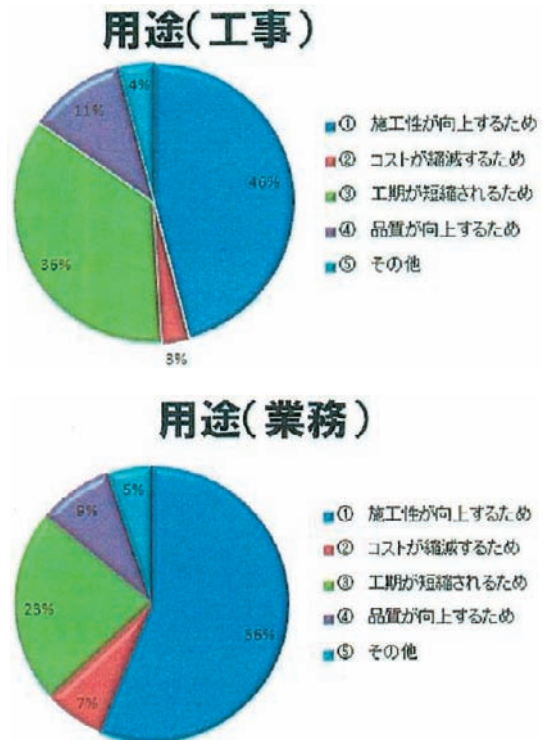


図-17 用途別の鉄筋定着工法ガイドラインの採用理由

市で10回の説明会を開催し、延べ2000名の参加者を見込んでいる。発注者も交えた説明会により、普及が促進することが期待される。

本報告では現場打ちコンクリートについての3つの取組みを紹介したが、その他の現場打ちコンクリート工についての課題も多々上がっている。

土木学会では平成28年12月にコンクリートライブラリー第148号「コンクリート構造物における品質を確保した生産性向上に関する提案」を発行しており、ここでは、生産性向上は施工段階のみの工夫だけではなく、設計段階で構造物の構築方法までを考慮することでより大きな効果が得られるとして、プレキャストコンクリート工を含めて、60件以上

の課題整理と提案を行っている。個々の提案では、①発注者の仕様等に対する提案、②標準示方書類に対する提案、③研究開発に対する提案として、具体的にその方策や効果を提示している。

これらの提案には早期に導入が可能なものもあり、コンクリート生産性向上検討協議会でも取り上げられて今後の検討課題となっており、平成 29 年度より適用できる提案から順次対応することとしている。

日建連においても、コンクリート生産性向上検討協議会と連携した活動を行い、コンクリート工の生産性向上施策を検討し、コンクリート工全体の生産性を 20%以上向上させる取組みを進めたい。

現場打ちコンクリート工の 3 つのガイドライン策定は i-Construction を進める中でも先頭を行く取組みであり、個々の課題を約 1 年の短期間で解決し、成果を上げることが出来た。これは、産官学の連携により、それぞれの知恵を結集して、施工技術、設計、適用基準の運用、政策等の課題を整理、解決した結果であり、従来にない画期的な取組みであり、関係者に敬意と感謝を申し上げたい。

3 工法とも現場では、「施工承諾」の形で浸透しているが、設計変更の対象にならないのは、技術基準がないのが、大きな理由であった。今回のガイドラインの策定により、生産性向上のための負担のバランスが取れることを期待したい。

i-Construction の現状と将来展望

立命館大学理工学部 教授 建山 和由

1. 建設業の体質改善に向けて

1.1 建設業を取り巻く課題

日本の将来を考える上で、人口の推移予測は極めて重要な論点となる。図1は総務省統計局が公表している日本の人口推計を表している¹⁾。2015年現在の日本の総人口は126,597千人で、このうち生産年齢人口とよばれる15歳から65歳未満の人口は76,818千人であるが、この推計によると今後、総人口、生産年齢人口とも減少を続け、30年後の2045年には生産年齢人口は現在の69.7%と70%を下回ることが予想されている。このシナリオ通りに進むと、30年後には現在の70%以下の生産年齢人口で日本の社会を支えていかなければならないことになる。

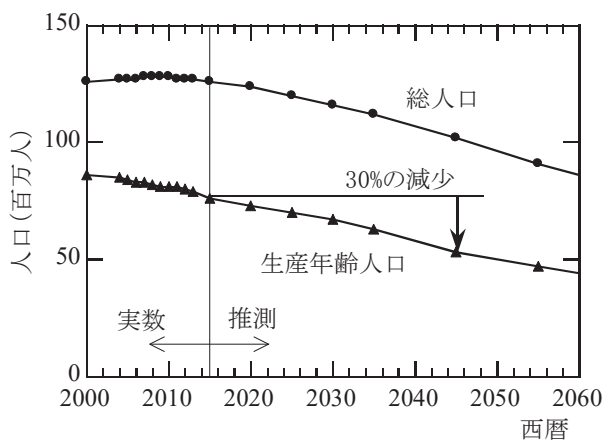


図1 日本の人口推計

生産年齢人口の減少は、建設業にも大きな影響を及ぼす。直接的には建設従事者減少の加速が懸念されるが、それとともに建設投資の減少も問題となる。すなわち、税収が減少し、またインフラの使用自体も少なくなる中、年々減少を続けるインフラ整備投資が増加に転じることを期待することは益々難しい状況になると予想される。

一方で、日本の総人口の減少に則して社会インフラの新規建設は勢いをなくしつつも、人々の活動と

生活を支えるインフラの維持管理に伴う工事は今後益々増えていくことが予想される。また、地震、豪雨、火山など年々激化する自然災害に備えるべく、災害対策を強化しなければならない。すなわち、建設業は人も予算も限られる中で、今まで以上に難しい仕事に取り組んで行かなければならないことになる。

1.2 建設業の現状

図2は、日本の産業別の年間賃金水準の比較である²⁾。この図より、建設業の賃金水準は全産業平均の79%と低迷していることがわかる。

図3は、産業別の年間総労働時間を比較した図である。建設業の年間労働時間は全産業平均の116%と長いことがわかる。さらに図4は、就労中の死亡者数を表している。建設業の死亡者数は全産

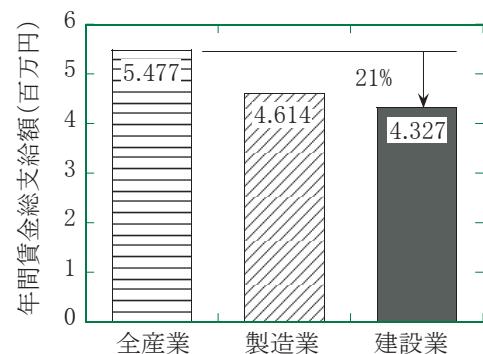


図2 産業別賃金水準比較

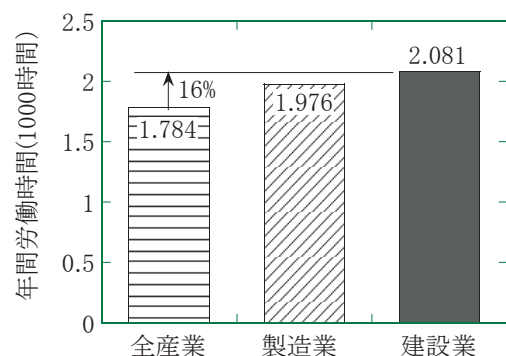


図3 産業別労働時間比較

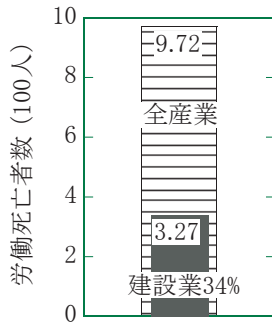


図4 労働死亡者数

業の34%を占めている²⁾。建設業の就労環境は以前に比べるとずいぶんと改善されているが、他産業に比べると依然、3Kと呼ばれる状況は改善されておらず、今後、建設業を支える人材確保は益々難しくなることが危惧される。

この原因の一つと考えられているのが、建設業の低迷する労働生産性である。図5は、産業別の労働生産性の推移を表す²⁾。高度成長期からバブルと呼ばれた好景気時期にかけて、建設業の労働生産性は一般製造業よりも高い水準を保っていた。しかしながら、1990年代以降、一般製造業は、自動化技術等の新しい技術を生産ラインに導入するなど、様々な取り組みを行い、20年間に生産性を2倍に改善してきた。一方で建設業は、インフラ投資が年々減少する中で、だぶついた生産力から生産性を高める必要性が認識されず、生産性を改善させどころか、低下させる状況に陥っていた。

図5 産業別の労働生産性の推移²⁾

しかしながら、前述のように、限られた人手と予算で社会に良質のインフラを安定的に提供して行くには、これまでの方策の延長線上の議論では対処することができず、新たな技術や方策の導入に基づく大きな変革を図っていかねばならない事態に

陥っている。図5は、建設業の生産性が低迷していることを示しているが、別の見方をすると建設業は、努力次第で生産性を大きく改善することのできる余地を残しているとみることもできる。

1.3 動き出した i-Construction

このような状況を背景に、国土交通省では、生産性の大幅な改善を通じて、建設業を高水準の給料と休暇、ならびに希望の「新3K」で象徴される産業に変えていくことを目指し、i-Constructionなる政策を打ち出した³⁾。このi-Constructionでは、「一般製造業に比べて遅れていたICTの積極的活用、単品生産に起因する非効率性を改善する規格の標準化、時期により偏りが顕著な発注の年間を通じての平準化などを柱に据えて、様々な施策により生産性の向上をもたらし、もって新3Kを実現し、建設業の体質を変えていくことを目指す」としている。本稿では、このうち、ICTの積極活用による生産性の向上について、具体事例を交えて紹介する。

2. 土工におけるICTの全面活用

i-Constructionでは、まず最初にトンネル工などに比べ生産性が低迷していた土工に焦点を当てて、ICTの全面的な活用を促進し、生産性の向上を図っていくことになった。

土工におけるICTの導入は、従前から情報化施工として進められてきた。重機操作にICTを導入して制御の高度化を図る技術の導入や、出来形計測に衛星測位システム（GNSS）やトータルステーション（TS）を導入して省人化や効率化を図る取り組みはその代表例である。i-Constructionでは、ICTの導入を施工だけではなく、測量、設計・施工計画、検査、さらには維持管理の各工程にまで広げ、土工全体の効率化や省人化を実現し、もって生産性の向上をはかることを目指している。図6にそのイメージを示す³⁾。情報化施工では、施工の段階でのみ、3次元データを活用していたが、i-Constructionでは、測量の段階から3次元データを作成し、そのデータを設計・施工計画の策定、施工、検査、維持管理の全ての工程で横断的に使うことを想定している。本稿では、紙面の都合上、測量、施工計画、施工の各

工程における ICT 導入の意義と効果について紹介する。

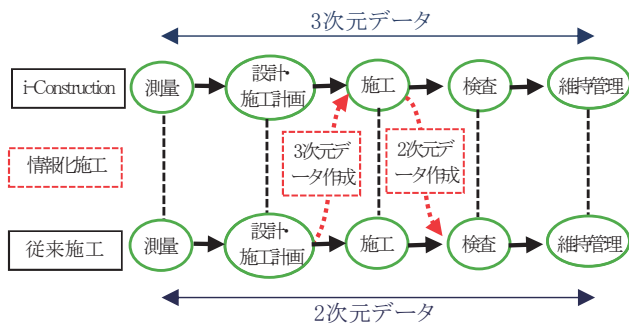


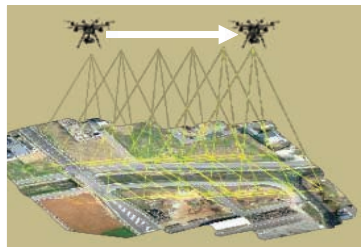
図6 情報化施工と i-Construction³⁾

2.1 測量における ICT の導入

図7(a)は小型無人飛行装置（UAV：Unmanned Aerial Vehicle）である。この機械の一部はドローンと呼ばれて一般化しつつあるが、建設分野では橋梁など高所で人が近づき難い箇所の調査などでの利用が進められている。特に最近では、この機械を使い現场上空から図7(b)に示すように写真測量の原理を利用して航空測量を行うことにより、上空より現場の状況を定量的に把握する技術が導入されるようになった。



(株) アスコ提供



(b) 航空測量の原理

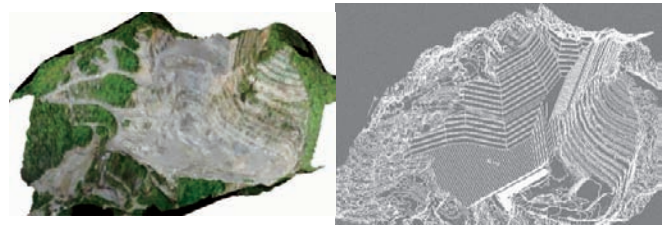
図7 小型無人飛行装置 UAV を用いた写真測量

図8は、UAV を用いてある採土地の掘削状況を航空写真測量で計測した事例である。UAV は比較的 low 空から対象物の測量を行うことができ、小さな現場でも適用し易い技術と言える。図8の事例でも、定期的に計測することにより、山の形状の変化を把握することができるため、掘削土量の算出など施工の進捗を定量的に把握することができる。

表1は、UAV を用いた測量と他の測量との作業効率を比較した結果である。2ha 程度の測量を行う

ことを想定した場合、UAV 測量を導入すると、計測時間、必要な人工、費用のいずれも大幅に軽減し得ることがわかる。

この事例のように UAV 測量を用いると 3D の測量データを効率的に取得することができるが、現場の位置や大きさ、自然環境や求められるアウトプット、現場の地形等の条件により、その導入効果が変わるため、現場の条件をもとに他の手法との優劣を検討した上で導入を進める必要がある。



(a) 土取り場の地形

(b) 航空測量による定量化

図8 UAV を用いた土取り場の測量

(資料提供：奥村組土木興業(株))

表1 UAV 測量の導入効果（鹿島建設 HP より抜粋）

計測方法	計測面積	計測日数	成果品作成日数	概算費用
UAV 測量	2ha	1 時間	1 人工 (1 日)	1
3D レーザ測量	2ha	1 日 (平坦)	2 人工 (2 日)	4.0
光波測量	2ha	3 日 (平坦)	10 人工 (5 日)	5.6

2.2 施工計画策定における 3 次元データの活用

図9は、高速道路のインターチェンジの完成図である。この図は、単なる鳥瞰的なイメージ図ではなく、各点の正確な座標値を反映した 3 次元の設計図である。



図9 施工計画策定における 3 次元データの活用

(NPO 法人グリーンアース HP より抜粋)

これまで、土木構造物の設計や施工計画の策定では、主要な地点の2次元の平面的な図面を用いてきた。単調な線形の盛土構造物などであれば、この手法でも支障は少ないが、**図9**のような複雑な構造物では、担当者は数多くの2次元の図面を組み合わせ、3次元の完成イメージ図を頭の中に描きながら作業を進めなければならなかった。これに対し、3次元データを用いると、3次元の完成イメージを直接得ることができるだけでなく、施工手順に沿って工程の進捗を画面上で確認することにより、施工法の確認や施工上の不具合を事前に抽出して設計や施工計画の変更に反映させることや、さらには、着工前の現地説明会で地域住民に時系列を追って工事の進捗をビジュアル情報を使い説明することができるなど、多くの活用が可能となる。この点は、従前の CIM（Construction Information Modeling）として取り組まれてきたことであり、この意味から i-Construction は、CIM を取り込んだシステムと言える。

2.3 施工における ICT の導入

施工過程における代表的な ICT の導入事例は、重機制御の高度化である。この技術には、MG と MC という2種類の技術があり、これまでも情報化施工として導入されてきたものである。このうち、MG は、Machine Guidance の略でオペレータに機械の操作を補助する情報を提供し、操作性や施工の精度を向上させる技術のことである。これに対し、MC は、Machine Control の略で、機械の一部を自動制御で動かし、施工の効率や精度を高める技術である。

図10 は、下水管の埋設工事の状況である。下水



図10 下水管の埋設工事の状況

は自然流下であるため、管の埋設に際しては、所定の深さと傾斜角度をもったトレンチを掘削しなければならない。通常は、**図10**に示すようにそれらを測量で確認しながら工事が行われる。

また、**図11**は、法面造成工事の状況である。工事では、図に示すようにできあがりの法面の傾斜や形を示すために丁張りと呼ばれる目印を測量を行って正確に設置しなければならない。油圧ショベルのオペレータは、この丁張りを目印に法面を整形していく。



図11 法面造成工事の状況（山岡組提供）

このような工事では**図12**に示すような MG 機能を搭載した油圧ショベルを使うと、効率的に作業を行うことができる。このショベルには位置を特定するための衛星測位システム（GNSS）とともに、バケット、ブーム、アームにセンサが取り付けられており、機械の各部の位置や姿勢を画面に映し出すことができる。また、車載の PC には、トレンチや法面の出来形情報が入力されており、そのデータを先と同じ画面に映し出すことができるため、オペレー



図12 油圧ショベルにおける MG の事例

タはこの画面上で目標とする作業の出来形とバケットの相対位置を確認しながら操作を行えば、測量や丁張り設置の作業なしに工事を行うことができる。

また、図 13 は、MC によるブレード（排土板）制御機能を備えたブルドーザの事例である。この機械にも先の油圧ショベルと同様に車載の PC に構造物の出来形のデータが入力されており、また、GNSS により機械本体の位置情報を、さらに各種センサによりブレードの位置や姿勢を計測する機能が搭載されている。このマシンでは、ブレードは所定の出来形が得られるよう自動で制御されるため、経験が浅いオペレータでも効率的に整地や掘削作業を行うことができる⁴⁾。

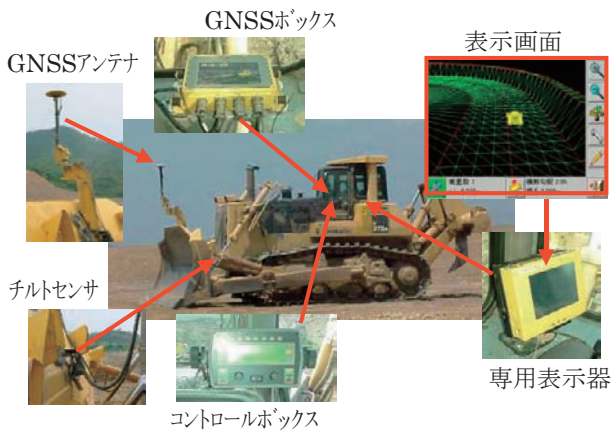


図 13 ブルドーザにおける MC の事例

この種の機械を利用すると、作業効率と作業精度の向上や工事時間の大幅な短縮を図るとともに、工事に伴う環境負荷を低減させることもできるため、各種の工事で汎用的に使われるようになりつつある。

図 14 は、敷均し作業に関し、通常のブルドーザと MC 機能を搭載したブルドーザで作業時間の違いを調査した結果である⁵⁾。この調査では、試験用

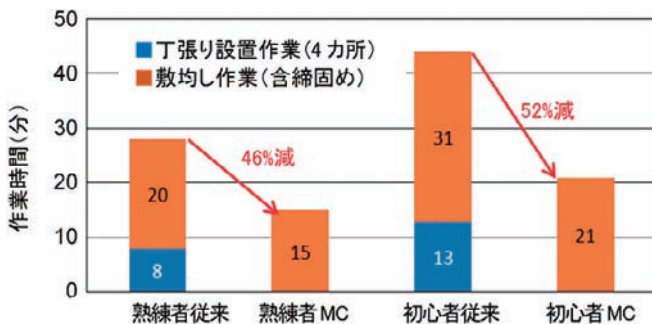


図 14 ブルドーザによる敷均し作業時間の測定結果

のヤードで条件を揃えて作業時間を計測し、かつ操作経験の違いの影響を見るために、重機操作に熟練したオペレータと経験の浅いオペレータの両者のデータを計測した。

この結果を見ると、ブルドーザの敷均し作業では、経験にかかわらず、MC 機能を導入することにより作業時間を半減し得ることがわかる（丁張り設置作業の有無による作業時間の違いを含む）。この調査では、施工精度に関してもデータが取られたが、経験が浅いオペレータは従来施工では設計面との差が大きく、施工精度が低いという結果が得られたが、MC 手法を用いると熟練者に近い精度に上げることが可能であることも確認された。MC 機能を搭載した重機を使用すると、丁張り設置のための人員の削減、作業時間の短縮、重機操作経験の軽減などの効果を見積もることができる。

ただし、ここで得られた時間や人員などの余裕を工事全体で活かすことをしなければ、費用をかけて ICT を搭載した機械を導入してもその効果を得ることができない。このような状況に陥ることを避けるためには、ICT を導入することを目的とするのではなく、工期の短縮、人員の削減、安全性の向上などに関する具体的な目標を立て、その目標を達成するために必要最小限の ICT を選択し、かつ最大限それを活用する姿勢が必要である。この点は ICT の導入で最も注意を要する点といえる。

これまで述べたことは、i-Construction の施策の中で方針として示されている内容であるが、ICT は生産性の向上に関してこの他にも様々な可能性を有している。次章以降では、ICT を活用した精緻なマネジメントと建設ロボットの導入による生産性向上について、具体事例を挙げて紹介する。

3. ICT を活用したマネジメントの精緻化

土木工事は、自然相手の作業であることが多いため、天候や地質など不確定要因が多く、技術者には現場の状況に応じた柔軟な対応が要求される。この柔軟な対応は、何らかの判断を伴うことになるが、この判断は現場から得られる情報に基づくため、この情報の質と量が対応の良否を決めることになる。以下、大規模土工現場において ICT を用いて集め

た現場の情報を活用することにより、生産性と環境負荷低減の両立を実現させた事例を紹介する⁶⁾。

ここで紹介する事例は、大規模人工島造成のための土取り工事である。この現場では、山側の採土地で発破、もしくは油圧ショベルにより土岩を掘削し、ブルドーザで集土した後、油圧ショベルもしくはホイールローダで重ダンプトラックに積み込み、採土場下端にある破碎機まで搬送する。破碎機に投入された大きな岩塊は 200mm 以下の土砂にまで破碎され、ベルトコンベアでストックヤードまで運ばれる。ストックヤードの床には土砂の引き出し口があり、ここから引き出された土砂はベルトコンベアで積み出し栈橋まで運ばれ、土運船に積み込まれる（図 15 参照）。

一般に採土工事における施工効率は、工事の進捗と共に時々刻々変化する地質や地形、天候と共に、機械の能力、オペレータの技能にも左右される。施工効率を向上させるには、これらの要因の変化に対応して採土場所や重機の配置、発破の薬量と削孔パターンなどの施工方法を柔軟に変更していく必要がある。そのためには、現場の情報をリアルタイムで収集し、現場の技術者が的確な判断を行い得る仕組みを作る必要がある。この現場では、図 15 に示すように ICT を活用して重機の位置や稼働状況をリアルタイムで把握するシステムを導入し、時々刻々変化する現場の作業状況に関する情報を収集すると共に、現場の技術者がそれを共有する仕組みを構築した。

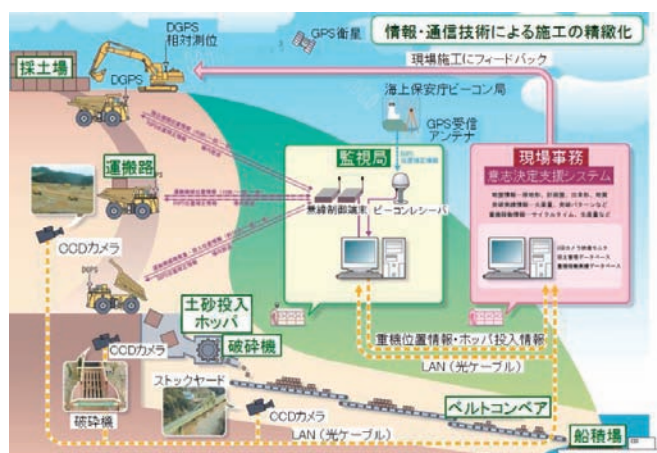


図 15 大規模土取り工事の施工プロセスと導入された ICT

これにより、技術者は現場内のどこにいても現場

全体の状況を把握することができ、かつ共通の情報を基に施工の改善を議論することができるようになった。このシステムを利用して、この現場では、採土場所、重機や爆薬の使用に関する施工方法などを現場の状況に応じて精緻に見直すことにより、資材やエネルギーに関し必要最小限の入力で所定の工事を行うことができる体制を整えた。この結果、図 16 (a) に示すように、月平均採土量として約 21% の増産を図るとともに、必要以上の重機や火薬の使用を省くことにより、施工に伴う環境負荷を二酸化炭素の排出量に換算して約 24% 削減することに成功した（図 16 (b) 参照）。

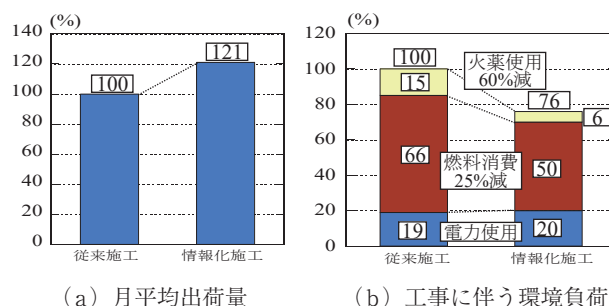


図 16 情報化施工の導入効果

工場生産を主とする一般の製造業では、既に極限までの取り組みを行っているため、さらなる CO₂ 排出削減を実現するには、生産を落とすか、コストをかけて省エネ型の機械を導入しなければならない状況にある。建設工事の現場において生産性と環境負荷の低減を両立させ得る理由は、建設工事には不確定要因が多いことにある。建設工事は、天候、地質、オペレータの技量などにより影響を受けるが、設計・施工計画の段階では、これらの条件が思わしくない場合でも、ある程度工事が行えるよう、基準やマニュアルに従い余裕を見た設計や計画が策定される。設計における安全率はまさしくそのためのものである。しかし、実際には現場の条件は悪いケースばかりではないため、結果として必要以上の資材やエネルギーを投入してしまっているケースが多い。このような場合、基準やマニュアルを標準としながらも、現場の技術者の判断により精緻に管理することで、必要以上の資材やエネルギーの投入を削減していくことができる（図 17 参照）。

この種の取り組みは、様々な工事で実践されてい

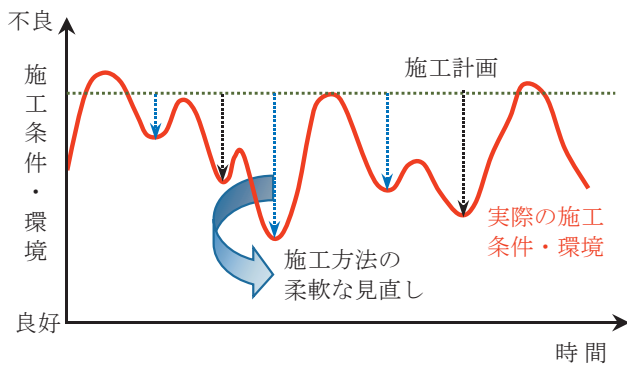
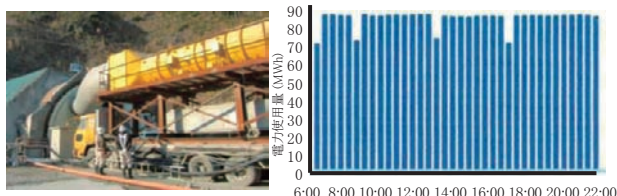


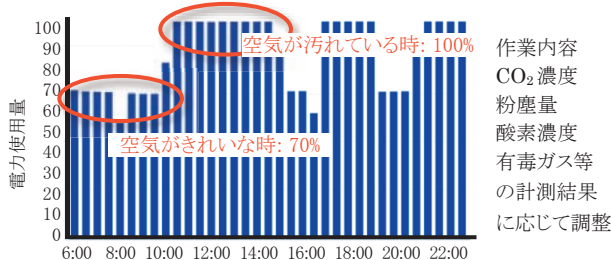
図17 現場状況に応じた柔軟な対応

る。以下に、山岳トンネル工事における事例を紹介する。トンネル工事では、坑内の作業環境を正常に保つために換気を行わなければならない。換気では図18(a)に示すように、大型の送風機を使い坑内外の空気を循環させるが、通常、送風機的能力は発破の後や吹きつけ作業中など空気が汚れている状況でも作業を行うことができるよう設計され、同図(b)に示すように恒常的に送風機を作動させて空気を送る場合が多い。

しかしながら、坑内の空気の汚れ具合は、発破や吹き付け、ズリ出しなどの作業中とそれ以外の作業中では異なるため、この現場では、CO₂、粉塵量、酸素濃度、有毒ガスなどの計測結果を確認した上で、坑内の作業内容に応じて送風機の出力を調整した。同図(c)はその送風機の稼働状況の一例である。この現場では坑内の空気が汚れているときは100%の出力で、汚れが少ないときには70%の出力で送



(a) トンネルの換気設備 (b) 通常送風機の稼働状況



(c) 坑内状況に応じた送風機の稼働状況

図18 トンネル換気の精緻なマネジメント⁷⁾

風量を制御することにより、換気設備の消費エネルギーを抑えることに成功している⁷⁾。

このような取り組みは、ICTを使って現場の状況を迅速にかつ正確に把握することにより初めてできることであり、今後も現場の情報に基づく精緻なマネジメントを進めることにより、生産性の向上と環境負荷低減の両立を実現する取り組みが増えていくことを期待したい。

4. 建設ロボットの導入による生産性の向上

図5で述べたように、一般製造業では、1990年台頃からファクトリーオートメーション（FA）と呼ばれる自動化技術を導入し、生産性を大幅に向上してきた。これに対し、建設分野では、自動化技術の導入が進まず、一般製造業に比べると20年以上遅れていると言われている。その理由は、1章で説明したように建設分野では、生産性を向上させる必要性がなかったためということもあるが、主な理由は、建設分野の特有の事情により、ロボットの導入が難しいためといえる。すなわち、一般製造業では、

- 1) 作業対象物の形や物性は固定で、事前に想定することができる。
- 2) 作業環境は屋内で一定しており、不確定要因が少ない。
- 3) ロボットは固定位置で作業を行うことができるため、自らが移動する必要がない。

など、自動化技術を導入しやすい作業環境と作業内容といえる。これに対し、建設分野では、

- 1) 作業対象物は土砂などの自然物であるため、多種多様であり、事前に特定することが困難。
- 2) 作業環境は屋外であるため、不確定で変動する要因が多い。
- 3) 作業対象物は、山や川などで位置が固定されているため、機械の方が移動して作業を行わなければならない。

など、状況に応じて高度な判断を行う機能が求められるため、これらの作業を行うことができる建設ロボットの実現は極めて難しく、その導入は大幅に遅れていた。

しかしながら、建設分野でも危険や狭隘などの理由により人が立ち入ることができない現場での作業

や単調な作業を反復繰り返さなければならない苦渋作業などではロボット技術が導入されている。以下、メンテナンスと災害復旧を事例にそれらを紹介するが、それらの機械は、作業対象物や作業環境・条件への対応は人間が判断し、遠隔、もしくは一部自動化で機械操作を行う無人化施工技術と呼ばれる段階の機械が多い。将来は、作業対象物や作業環境・条件への対応も機械が判断して自立的に作業することができるロボットの導入も期待されているが、現段階では、実用的な手法が採られているということである。

4.1 メンテナンスで利用されるロボット技術

図 19 は、メンテナンスで用いられるロボットの事例である⁸⁾。

図（a）は、下水管の劣化状況を管の内部に入り調査するロボットである。また、図（b）は上水管内部の水中を潜行しながら内壁面の劣化状況を調査



(a) 下水管の調査ロボット



(b) 水道管の調査ロボット



(c) 高所調査用の UAV



(d) ガスタンクの調査ロボット

図 19 メンテナンスで用いられるロボット

するロボットである。両者とも狭隘で人が入ることのできない箇所の調査を行う機械であるが、特に図(b)の上水管の調査では、このロボットを使用すると断水させることなく調査を行うことができる。図(c)は、橋梁などの高所の点検で用いられるUAVである。UAVは、2.1節で紹介した小型無人飛行装置である。また、図(d)は、球形のガスタンクの外表面に吸盤を使用して張り付きながら移動して、外表面の劣化状況を調査するロボットである。両者とも高所等で人が近づき難い箇所での作業を行うことができる。この他、メンテナンス作業では、作業の効率化からロボットが使われる事例が増えてきている。

4.2 災害対応で用いられる建設ロボット

我国では、豪雨、地震、火山などに起因して土砂災害が数多く発生する。災害発生時には、人命救助や早期の道路啓開のために土砂の除去を行わなければならないが、再度土砂崩落が起こり二次災害を引き起こす可能性がある。このような場合には、人が現場に立ち入ることなく作業を行わなければならない。このために、図 20 に示すように現場から離れ

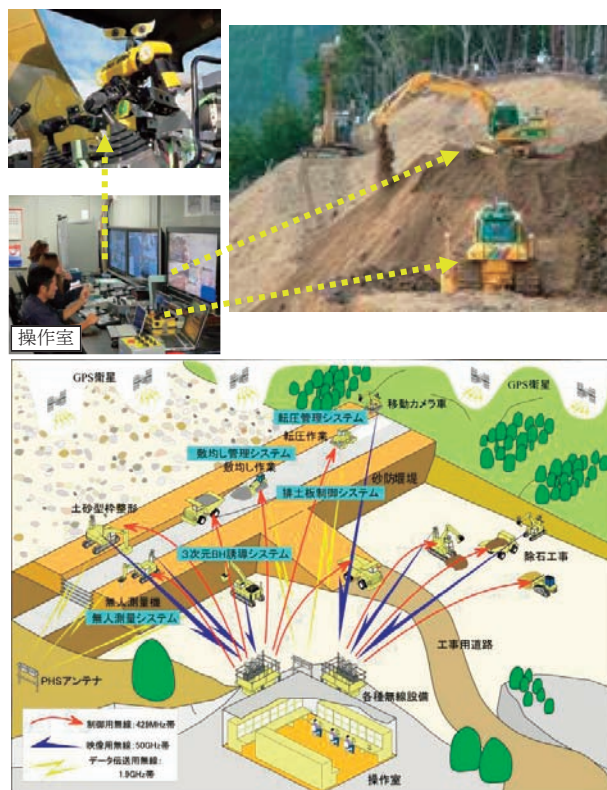


図 20 災害復旧で用いられる無人化施工技術¹⁰⁾

た所から、重機を遠隔で操作して作業を行う無人化施工技術が用いられる⁹⁾。

無人化施工技術は、自然災害の多発する我国においては不可欠な技術であり、数多くの適用事例が報告されている¹⁰⁾。

4.3 建設ロボット開発の経緯

図21は、各産業の総売上げに対する研究開発費の割合を比較したグラフである²⁾。医療薬の開発を担う製薬メーカーは、総売上げの12%以上を新薬の開発に、また、製造業は4%を新製品の開発に充てている。これに対して、建設業は総売上げの0.4%しか新技術の開発に費やしていないことがわかる。このことは、建設業では、新技術開発のための予算がほとんど確保されていないことを意味している。それにもかかわらず、建設業では前述のロボット技術を始め、様々な技術開発に取り組んでいる。

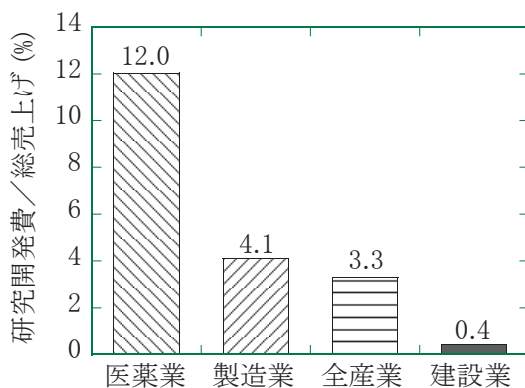


図21 産業別研究開発費の比較

建設業では、研究開発の予算が少ないために、新しい技術は実際の工事プロジェクトの予算を使って開発されることが多く、特に大規模プロジェクトでは、何らかの技術開発が試行されることが多い。その場合、新技術開発では工事プロジェクトの予算を使うため、開発される技術はその工事に確実に役に立つことが求められる。このため、ここで開発される新技術は高度さよりも実用性が重視され、この結果、建設分野で開発される技術には極めて実用的な技術が多くなり、それが建設分野の技術開発を特徴付けている。その代表的な事例が次に紹介する雲仙普賢岳の砂防事業における無人化施工技術の開発である。

4.4 雲仙普賢岳における無人化施工技術の開発

1990年、長崎県島原市の雲仙普賢岳が噴火した。翌年、再度噴火し、多くの人命が失われた。周辺には集落が存在するため、その後の土石流などの土砂災害の被害を抑えるために図22に示すように砂防堰堤を造成する必要があったが、普賢岳は依然として火山活動が活発で、いつ、火砕流が発生するかわからない状態であったため、人が現場に入って作業を行うことができなかった。



図22 雲仙普賢岳における砂防事業
(国土交通省九州地方整備局雲仙復興事務所)

このため、雲仙普賢岳では図23に示すように現場に人が立ち入ることなく、離れた所から重機を遠隔操作により制御し、所定の工事を行う無人化施工技術が導入され、実際の砂防工事が行われた。



図23 建設機械の遠隔操作による無人化施工技術

実際の工事では、複数の重機を制御するための電波干渉や施工効率の低下、困難な現場の状況把握など数多くの課題があったが、20年以上にわたり実際の工事プロジェクトという形で技術開発が続けられてきた。その結果、この技術は雲仙普賢岳だけで

はなく日本国中の災害現場で人命救助や早期復旧で適用される実用技術にまで到達した。

その成果は、2011年3月の東日本大震災で被災した福島第一原子力発電所における瓦礫処理や施設の安定化のための各種作業（図24参照）、また同年9月に発生した台風12号等による奈良、和歌山地域における土砂災害の復旧工事でも活かされ、速やかな技術の導入と活用が図られた。

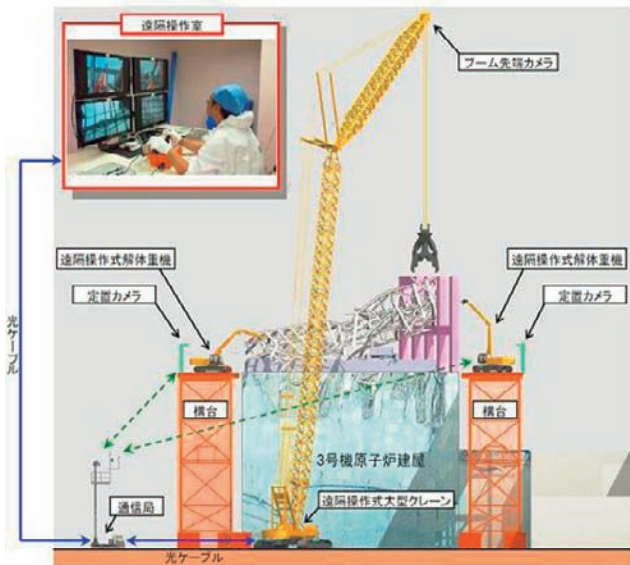


図24 福島原子力発電所への無人化施工技術の導入

一般に、災害時には、現場の状況は混乱している場合が多く、使い慣れていない技術を導入してもうまく使うことができないとは限らない。災害時などの緊急時に作業を確実にを行うためには、普段、当たり前のように使っている技術を導入することが有効といえる。このため、普段から現場において、より有効な技術になるよう使いながら技術開発を積み重ね、緊急時にはそれが有効に働く正のスパイラルのルーチンを確立する必要がある。建設ロボットも雲仙普賢岳のような専用のプロジェクトだけではなく、通常の工事にも導入し、その技術を磨いていく必要があるが、建設ロボットは通常の重機に比べるとコス

トが大幅にかさむため、その障壁を越えて、一般工事でもロボット技術を活用する仕組みが必要といえ、これを実現することができれば、建設分野におけるロボット技術の導入は大きく進展することが期待できる。

5. おわりに

今回の i-Construction で最も画期的なことは、基準やマニュアルが見直されたことである。10年ほど前に ICT を活用した情報化施工が導入されたが、十分に普及したとはいえない状況にあった。その大きな理由は、施工に関する多くの基準やマニュアルが従来のままであったため、情報化施工はその持てるポテンシャルを活かすことができなかったことにあったといえる。これに対して、i-Construction では、ICT の導入を前提に基準やマニュアルが見直された。ただし、基準やマニュアルは見直されたが、それらを満たす技術は決して確立されたものではなく、今後、現場において導入する技術の種類やその使い方を模索していかなければならない。これを契機に現場において技術開発の機運が高まることを期待している。

参考文献

- 1) 総務省統計局：日本の統計 2015 年版」Web 版
- 2) 一般社団法人日本建設業連合会：建設業ハンドブック 2016 版，2016 年より作成
- 3) 国土交通省：i-Construction～建設現場の生産性革命～，i-Construction 委員会報告書，2016 年 4 月
- 4) 地盤工学会：建設工事における環境保全技術，第 8 章，2009 年
- 5) 相良幸雄，小櫃基住，藤島崇：情報化施工技術の活用効果，建設機械施工 Vol.67 No.8 pp.105-109 2015 年 8 月
- 6) 建山和由：IT と建設施工 — Precision Construction の試み一，建設の機械化，No.625，pp.3-7，2002 年 3 月
- 7) 日経コンストラクション，pp.41-44，2011 年 6 月（どうする現場の 15% 節電・清水建設（株））
- 8) 土木学会：社会インフラメンテナンス工学，7.8 機械化・自動化技術によるイノベーション，2015 年 4 月
- 9) 建山和由：次世代社会インフラ用ロボット開発・導入の推進 —災害応急復旧における現場検証の紹介— [解説]，日本ロボット学会誌，Vol.34，No.9，pp.597-600，2016 年 9 月
- 10) 無人化施工協会ホームページ（<http://www.kenmukyou.gr.jp>）

株式会社大林組九州支店建築設計部	担当部長	清沢	唯志
株式会社大林組九州支店建築設計部	副 部 長	和田	一
株式会社大林組九州支店建築工事部	主 任	宮本	勇太
株式会社大林組東京本店土木部	副 部 長	森田	晃司

に十分配慮した仮設計画を立てて工事を進めることを提案した。実作業としては、プロポーザルの提案検討をするにあたって、古い図面の CAD 化が大至急必要であった。CAD 化するにあたっては、2D もしくは 3D の選択肢が有った。天守閣は一般の事務所ビルとは形状が大きく異なるため、意匠・構造・設備設計者や工事担当者、見積積算担当など、社内のあらゆる部門の関係者が理解できるよう、BIM データを作るべきであると判断しスタートした。

4. プロポーザルでの BIM 活用から実施に向けて

4.1 構造計画での活用

今回の提案は既存建物の耐震補強・改修工事であったが、図 2 に示すとおり、複雑な構造となっている。これを一目で理解してもらうには、1 枚のパスを見せるだけではなく、3D モデルを使って見せる方向を変えながら説明するのが最適であった。

この BIM モデルを使うことで、プロポーザルの早い段階で全員の理解を深めることが出来、その後の議論や改善に時間を割くことが出来た。

4.2 設備計画での活用

熊本城の設備計画の特徴として、物量そのものはそれほど多くはないが、以下のような「特殊性」が

あり、その対応への配慮が求められた。

- ・国内外からの不特定多数の来場者
- ・休館日がほとんどなく、メンテナンス作業が困難
- ・歴史的展示、博物館機能を併設

そこで、プロポーザルでは「現状復旧＋耐震補強」に加え、大きな柱のひとつ「高機能化」として以下を提案した。

- ① 空調エリアの拡大と快適性の向上
- ② 維持管理・メンテナンス性の向上
- ③ 展示計画・展示品の保存への配慮
- ④ ユニバーサルデザインへの配慮

これらのうち、特に上記①②について、BIM を活用しさまざまな検討を行った。

(1) 空調エリアの温熱環境シミュレーション

温熱環境の快適性を確認する指標や方法はいろいろとあるが、今回は理解のしやすさに配慮し、CFD 解析ソフト「フローデザイナー」によるシミュレーションを行い、空調エリアの温熱環境を確認した（図 4）。以前は解析ソフト上にて専用のモデルを別途作成する必要があったが、最近では BIM ソフトとの連携がすすみ、建物 BIM モデルから解析モデルへの加工が比較的容易にできるようになった。モデル作成にかかる時間が大幅に短縮されたとともに、与条件を変えてケーススタディを繰り返すことで、より最適な精度の高い設計検証が可能となった。

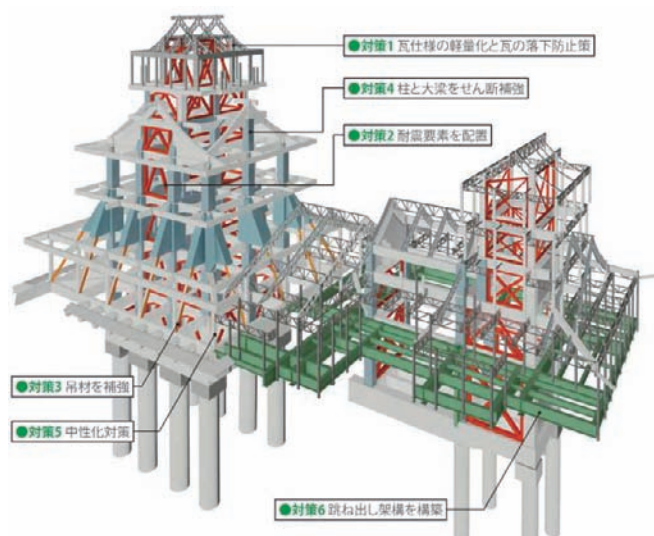


図 2 耐震補強構造 BIM モデル

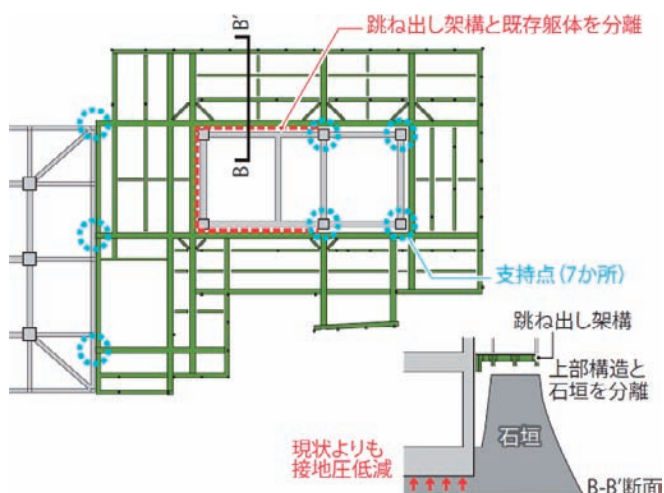


図 3 跳ね出し架構を構築



図4 大天守展望階の温熱環境シミュレーション

(2) モデル統合による納まりの検証

先に述べた「特殊性」から、来客エリアとバックエリアの明確な分離が重要となる。「来客エリアを最大限確保する」「開館時間における来客エリアでのメンテナンス作業を回避する」「来客エリアの天井内に設備機器を吊らない」を実現するために、コンパクトな機械室に設備機器類を集約することとしたが、必然的に納まりが厳しくなる。また、上階に

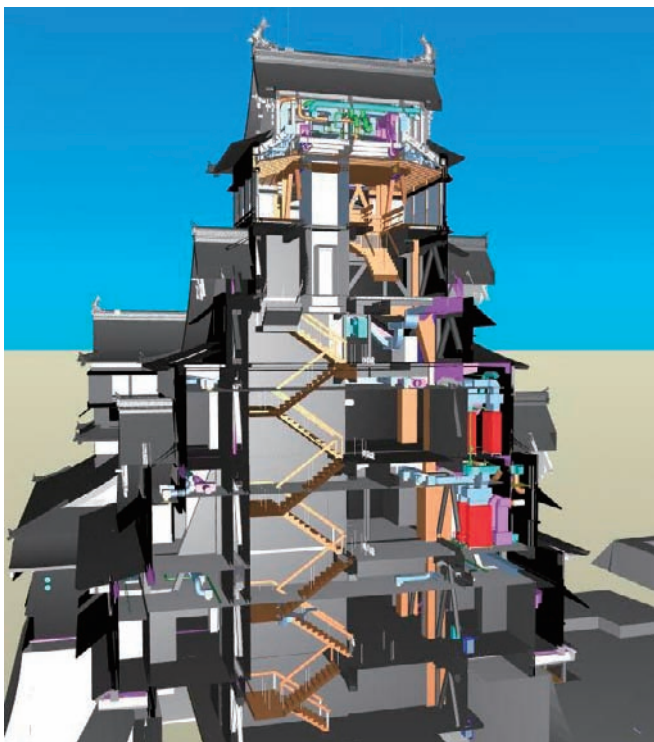


図5 統合モデルによる納まり確認

向かって床が縮小していく構造のため、2D 図面にてすべての納まりや柱・梁との干渉を確認するのは至難の業である。そこで、BIM により意匠／構造／設備モデルを統合し、設備機器やダクト配管等の納まり確認を行った（図5）。

意匠／構造／設備モデルの統合による確認は非常に有意義で、各所の納まり確認や干渉部分の抽出のみならず、見て理解しやすく説得力があるため、施主も含めた関係者の共通認識や形成合意を得やすい。継続的に「統合モデル確認会」を実施しているが、新たな発見やアイデアも出たりして、なにより仕事として楽しい時間となっている（写真2）。

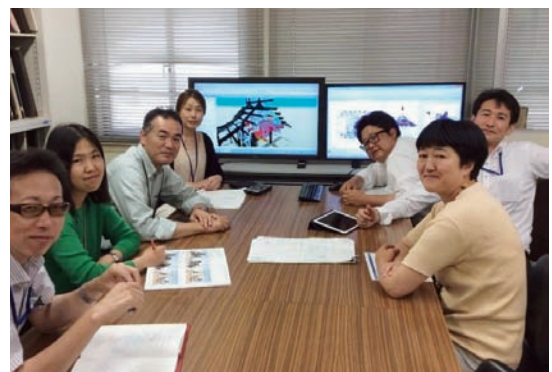


写真2 統合モデル確認会の様子

さらに、統合モデルでも不明瞭な箇所については、3D 測量にて得た躯体点群データと設備モデルを重ね合わせることで干渉したり問題がないかのチェックを行っている。



図6 点群データと設備モデルの重ね合わせ

今後、詳細設計・工事段階においても引続き「設備機器の搬出入ルート」「3D デジタル総合図」「光

環境シミュレーション」「展示計画との調整」など様々なフェーズで BIM モデルの有効な活用を進めていきたいと考えている。

4.3 仮設計画での活用

熊本城は複雑な形状をしているため、施工計画の検討も二次元の図面のみで行うことは容易ではなかった。

まず、BIM を用いて検討したのは外部足場の検討である。今回の工事では天守閣の外壁及び屋根の補修を行うために、外周に足場を架設する必要があった。2D 図面では、どの箇所が同面でどの面が凹んでいるのか等の形状の把握が容易ではない。BIM モデルであれば 3D で確認できるだけでなく、必要な位置で断面を切ることもでき、足場の検討を素早く行うことができた。

また、BIM モデル上に足場を設置して確認することで、その個所に本当に足場の設置が可能か確認



図7 BIMによる形状確認時イメージ

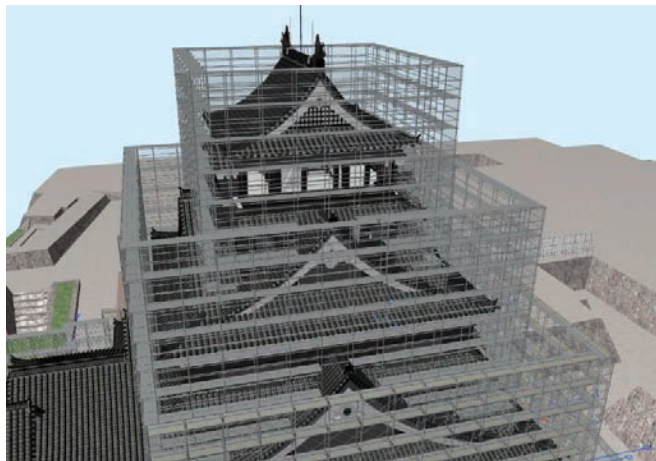


図8 BIMによる足場確認イメージ



図9 技術提案書の工事進捗状況説明パース

することができた。

また、今回の工事では小天守の1階の一部を解体して構造体の補強を行い復旧するという計画であるが、この箇所の構造体が大変複雑なため、構造体の形状の把握及び、施工方法の検討に大いに活用することができた。

これらの施工計画で使用した BIM モデルを技術提案書の工事進捗状況の説明資料にも活用した。

今回の BIM モデリングソフトとしては『ArchiCAD』を使用した。『ArchiCAD』で作成したモデルは『BIMx』形式に変換することができる。『BIMx』形式の BIM モデルは iPad で確認が可能で、操作も容易である。『BIMx』のデータを施工計画の担当者に渡すことにより、普段 BIM を使っていない担当者も気軽に BIM モデルを見て形状の把握や確認、協力会社との打合せに活用することができた。このように BIM を有効に活用するには、モデルを作るだけでなく、現場で使う担当者が BIM を使いやすい環境を作ることも重要だと考える。

4.4 瓦の耐震試験での確認

熊本地震により、天守閣の屋根瓦が多数落下する被害が発生した。今回のプロポーザルでは建物自体の耐震安全性確保だけでなく、この瓦の落下防止を確実に実施することを提案した。プロジェクトの最初の設計段階でこの提案を検証する為に天守閣の屋根部分を模擬した試験体を作り、弊社の技術研究所の大型振動実験装置で実際に揺らす試験を行った。

普段見慣れない形状の試験体を短期間で構築する

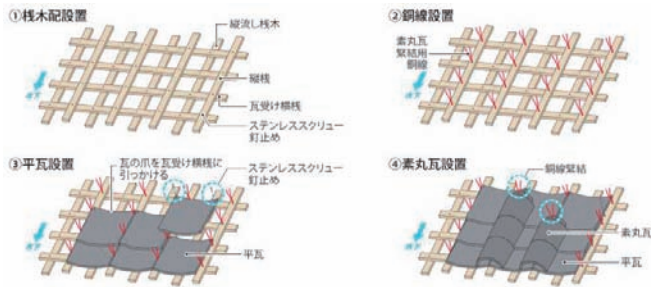


図 10 屋根構造

為、3D の BIM モデルを作成した。構築する手順や構成部材の関係を分かりやすく見せるには最適のツールであった。

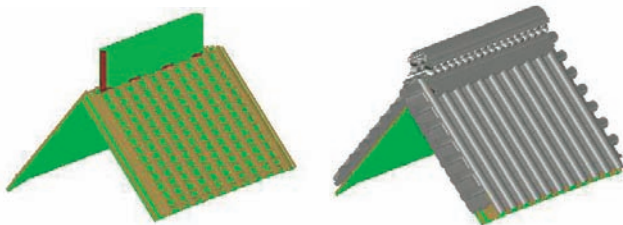


図 11 屋根試験体の BIM モデル



写真 3 実際の試験体

屋根の中央部分と端部とでは勾配が異なり、瓦の配置も異なる。鉄骨骨組みの上に垂木・野地板・縦横の桧木・瓦を重ねてゆく複雑な構成である。2D 図面では難しい検討であるが、あらかじめ 3D モデルで検証することで、試験体構築の誤りや手戻りを無くすることが出来た。

また、試験体の構築時の参考にするだけでなく、屋根および屋根瓦が地震によりどのような挙動を示すのかの予測、実験を見学する方に骨組みの構成を説明する際に利用するなど、非常に役立つツールであることを実感した。

5. 点群データの活用

5.1 外観の詳細復元へ

震災前の熊本城の姿を復元するにあたり、昭和 35 年天守閣建設時の既存意匠図と既存構造図とその他資料の相違点の整理と、震災によって生じた既存建物の変化を把握するため、天守閣外部、小天守 1 階内部、石垣部、城内敷部を 3D レーザースキャナーで現況計測を行った。

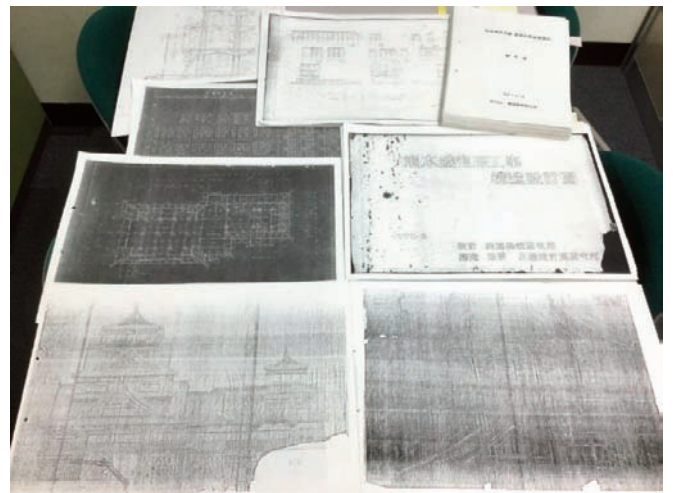


写真 4 熊本市より提供された資料



図 12 点群データ

そこからオルソ図（図 13）をおこし、それを下敷きに CAD で立面図を作成。既存図から起こした CAD 図では不確かだった屋根、軒先高さや形状、既存平面図との不整合が解決された。

3D レーザー計測より作成した点群データにおいては、天守閣の最上階や小天守一階部分は解体して造り直す計画のため、現状の姿を 3D データとして保存しておくことは最重要である。

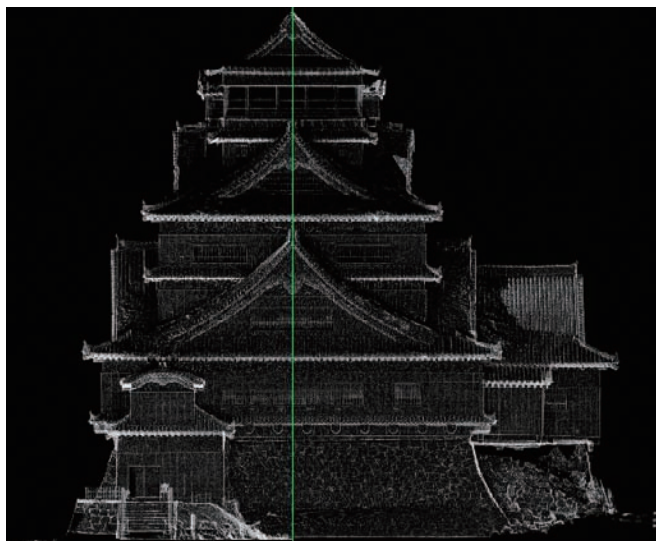


図 13 オルソ図

また詳細図を作成する段階で、既存の現地調査だけでは難しい高所部分、複雑な屋根の取り合い、破風に隠れる支持材、外壁との取り合いを調査するには、点群データが大いに役立った。

まず点群を天守閣の BIM モデルと重ねあわす。建築 BIM モデルは、昭和 35 年の既存意匠図と構造図を基に 3D モデリングを行っている。



図 14 BIM モデルと点群を結合

点群と重ね合わせると、現況と BIM モデルの相違もよくわかり既存図では明確に読めなかった部分も点群より追うことができる。

また天守閣の点群データは様々な個所で断面切断を行うことが可能で、その断面を CAD 上に持って行き、詳細の検討にも大きく活用できる。

特に唐破風や懸魚の屋根装飾部材に於いては、新



図 15 点群と建築 BIM モデルのずれ

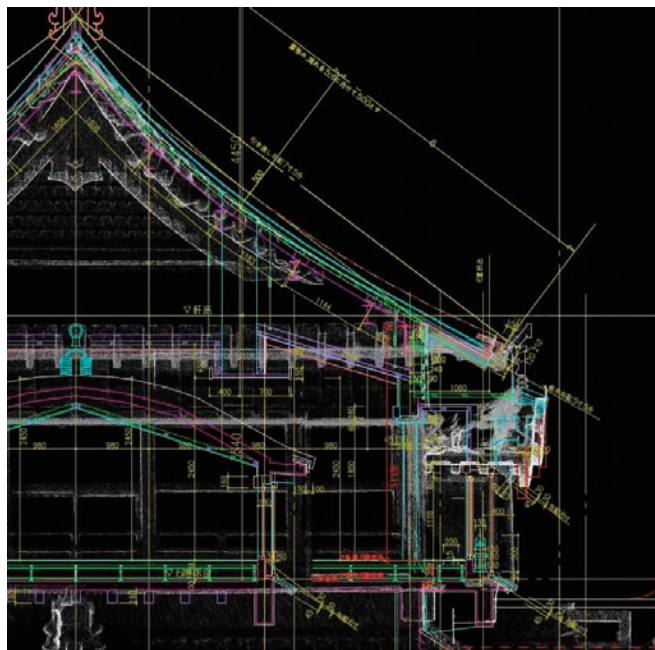


図 16 オルソ図からの詳細調整

規の材料で元の形を復元しないといけないため、現況をそのままデータ化できる点群は、必要不可欠であり、そこから位置、形状詳細を追い出していくことが可能である。

そして、大天守最上階の屋根の反りや棟は、復元に向けて、点群から既存の RC 屋根天端のラインを取り、その外形ラインを絶対基準面として、新設屋根の納まりを決定していく。

瓦、軒先、化粧垂木等も、点群データを基に部分詳細をおこしていく。外形ラインの追い出しを行い、構造 BIM モデルで下地鉄骨材の調整を行うことができる。

5.2 点群データの仮設計画への活用

外観復元のための大天守の仮設の概要としては地盤面から 1F まで構台を組み、その上に 3F までの足場を組む。3F と 6F には窓から鉄骨を差し込み、足場受ステージを整備し、そのステージの上に足場



図 17 大天守仮設概要

を設置する計画とした。

この計画は古い図面を元にした設計図及び、それらを基に作成した BIM モデルを基に計画していた。

一方、天守閣の外部を点群測量することで、鉄骨を差し込む予定の窓の位置や、石垣の形状が設計図と現状で相違があることが判明した。そこで点群データを元で作成したオルソ図を活用して鉄骨を差し込む位置や、構台の足元の計画を変更した。その計画が現状の天守閣に不具合なく設置できるか確認するために、構台及び足場の BIM モデルを作成し、点群データと合成した。



図 18 点群データと仮設 BIM モデル合成

検討に活用したモデルは熊本市への計画説明にも活用し合意形成を早めることにも役立っている。

5.3 石垣復旧における点群データの活用

石垣の地震による被災形態には、石材が崩落するもの（写真 5）と孕み・緩み等が生じるもの（写真 6）に大別できる。後者の復旧では、残存する石材の解体から始まる。解体範囲は、目視観察の結果と変形状況を数値的に表現した結果から総合的に判断し、決定される。変形状況を数値的に表現するには、地震後の現況勾配と復旧時の基準勾配を照合する必要がある。



写真 5 崩壊した石垣



写真 6 孕み・緩みが生じた石垣

そこで、震災後の天守閣石垣に対し、3D レーザー計測を実施した。レーザー光線を石垣に照射することにより得られる計測点群の情報（3D 座標情報）から、3次元点群モデルを生成した（図 19）。この 3D モデルから 1m 毎に垂直断面図（図 20）を作成し、現況勾配と基準勾配を比較することで震災後の変形状況の数値化を試みている。また、段彩図（図 21）による見える化を実施することで、解体範囲を検討している。

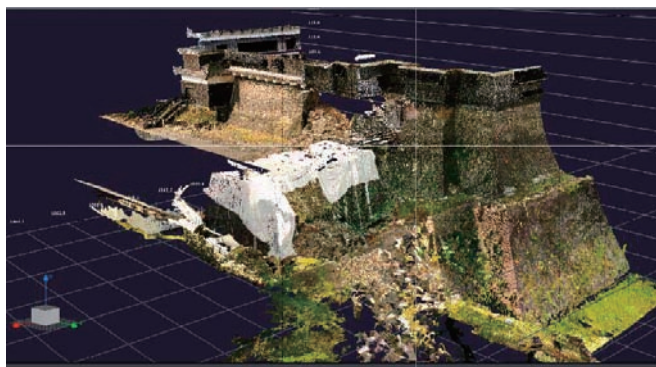


図 19 3D 点群モデル

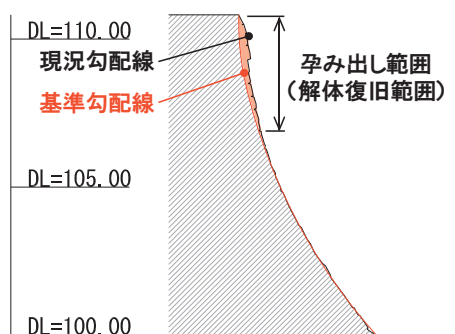


図 20 垂直断面図の例

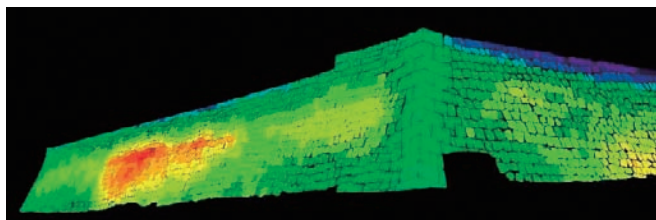


図 21 段彩図の例

6. 飯田丸での、BIM 活用と点群データの活用

熊本地震の影響で石垣が変形、崩壊し、飯田丸五階櫓もたわんでいる状態であったため、崩壊した現状の形状や寸法を正確に把握することが緊急対策工事計画検討上、重要であった。

最も重要なのは飯田丸五階櫓及び東付櫓下部の崩壊した石垣、基礎部の空間の状況を把握することである。石垣の崩壊範囲、斜めに傾き残存している土間床板、壊れている基礎梁、残存している隅石、各部位の形状、位置、相対的な位置関係、レベル、離隔距離等の把握が重要であった。

また、計画上の大きな障害物として想定されていた飯田丸五階櫓北側の大楠の位置、高さ、大きさ、

枝の位置、南側石垣の形状、下部竹の丸広場の状況など把握する必要があった。

当該現況測量を実施する上で従来の光波やレベル機器で測量する場合の問題点としては、

- ・測量範囲が広範囲であり時間がかかること：
飯田丸～飯田丸五階櫓～竹の丸を想定
- ・飯田丸五階櫓下部には近づけないこと
(石垣崩壊により飯田丸五階櫓の周囲に寄り付ける足場を設置できない)
- ・変形した各部材、石垣、樹木など不規則な形状を把握するにはほぼ不可能に近いこと。

これらの問題点を解決する方法として、3D レーザ計測を採用した。離れた箇所や高い箇所など直近まで人が接近できなくても、高所作業車等を利用



図 22 測量画像（竹の丸側より）



図 23 3D 測量画像（飯田丸側より）

してレーザーを照射すれば、地形や構造物の3D位置データをノンプリズムで計測できる。これにより人が近寄ることができない飯田丸の下部や石垣の計測を安全に行うことができた。

機器を設置すればほぼ自動で測量を行うため、広範囲の3Dデータの収集も比較的短時間で容易に実施することができた。

また一度測量し3D点群データ化してしまえば、後からでも任意の位置や測量点間の距離などをコンピューター上で計測することができるため、計画検討をする上での障害物などの位置や離隔距離、実際に現地では測れない高さや高所間の距離、検討途中で部材の相対的な位置関係などを確認するのに大いに役立った。また、仮受架台のBIMモデルと合成

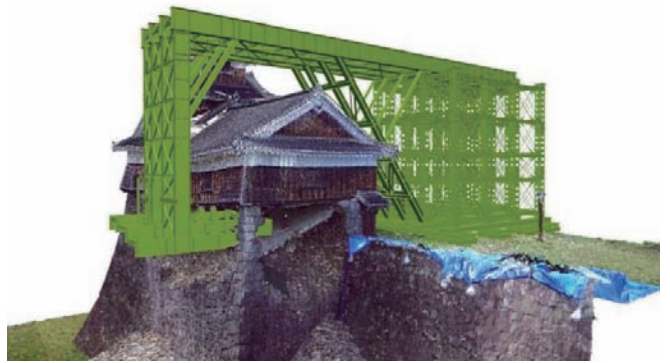


図 26 仮受架台の BIM モデルと点群データの合成パース

することにより、仮受架台と櫓の関係性を視覚的に確認することができた。

7. おわりに

熊本城の復旧整備事業でのBIMモデル、点群データの活用を通して感じたことは、複雑な形状の建物の復元整備において発注者、設計者、工事関係者との情報共有を確実にし、理解を深め意思決定を迅速に行なう上で非常に有効であることだった。またBIMモデルに点群データの検証を組み込むことで、図面の残っていない部分の整合性の確保、施工図作成の手戻りの解消といった品質面での向上に役立てることができた。

点群データは後からでも任意の位置や測量点間の距離など、コンピューター上で計測することができる。現状の姿をBIMモデル、点群の3Dデータで保存しておくことは今回の復旧工事だけでなく、今後の改修、整備においても役立つ重要な財産になると感じた。



図 24 3D 測量画像（飯田丸五階櫓南東側より）



図 25 3D 測量画像（飯田丸五階櫓南西側より）

寄稿

ICT 建設技術を活用した大規模造成工事の施工事例

株式会社熊谷組 土木事業本部 ICT 推進室担当部長 神崎 恵三

1. はじめに

近年、建設業界は、建設技能熟練者の高齢化や若者の建設業離れなど、厳しい環境に直面しており、生産性の向上、省力化が求められている。

これらを背景として、平成 27 年 11 月に国土交通省は「i-Construction」をプレス発表し、この取り組みを急速に推進している。平成 28 年 4 月には土工への適用を目的とした新たな調査・測量・施工・検査・積算基準を導入し実工事に展開している。

「i-Construction」は、① ICT の全面的な活用、②規格化の標準化、③施工時期の平準化の取り組みを提唱しているが、この中で特に①では、調査・測量～施工～検査のあらゆる建設生産プロセスにおいて情報通信技術（ICT）を全面的に導入し、3次元データを一貫して使用することにより全体最適化を目指す取り組みである。特に、生産性向上の急がれる土工、コンクリート工で展開されている。

当社が平成 28 年 3 月から施工を開始している富士山麓フロンティアパーク小山は、敷地面積約 30ha の造成工事である。施工にあたっては、当初から「i-Construction」に基づき、3次元データを活用した ICT 建設技術により施工を進めている。本稿では、本現場における ICT 建設技術の事例について報告する。

2. 工事概要

富士山麓フロンティアパーク小山は、静岡県が「富士山を借景にした森に佇む工業団地」をコンセプトとして整備され、豊かな自然に囲まれた場所に建設される予定である。周辺の工業団地、ハイテクパークなどに多くの企業が立地しており、生産活動の好適地で、平成 30 年 9 月末造成工事完了を予定している。平成 32 年度に供用開始予定の新東名高速道路小山パーキングエリアのスマートインターチェンジから約 4km の位置で、東京都心からは約 1 時間

でアクセスが可能となり、交通の便が良くなることが期待される。

本工事の工事概要を表 1、主要工事数量を表 2、工事位置図を図 1、全体平面図を図 2 に示す。

表 1 工事概要

工事名称	：小山湯船原工業団地地域振興整備事業造成 本体工事
発注者	：静岡県企業局東部事務所
施工者	：熊谷・中林特定建設工事共同企業体
工期	：平成 28 年 3 月 4 日～平成 30 年 9 月 28 日

表 2 主要工事数量

工 種	数 量	工 種	数 量
伐採・抜根工	23.9ha	調整池ブロック積工	3,900m ²
土工事（切土）	755,800m ³	排水構造物工	4,600m
土工事（盛土）	626,500m ³	道路工	2,320m
法面工	52,100m ²	污水排水施設工	1,700m
調整池（1号）	16,000m ³	電線地中化工	575m
調整池（2号）	13,800m ³	接続道路改良工	1,500m ²



図 1 工事位置図

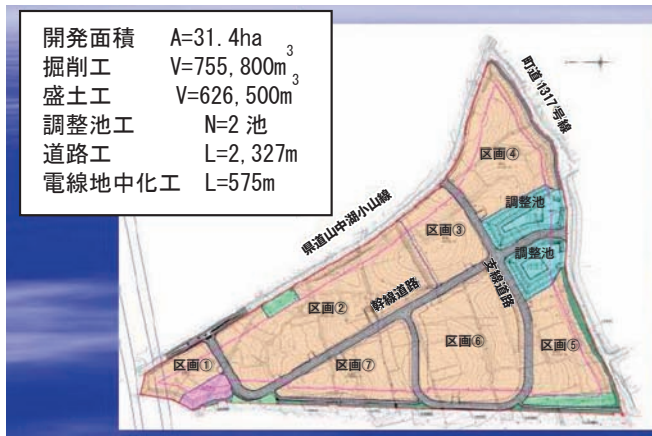


図2 全体平面図

3. ICT 建設技術の取組み

造成敷地の高低差は最大 30m で、切土で発生した土は場外に搬出せず、盛土材に使用する。このため、工程を予定通り進めるには、土工事を効率よく進めることが重要であると考え、ICT 建設技術を全面的に活用することとした。

具体的には、①測量、②施工計画、③施工に分類し、それぞれにおいて ICT 建設技術による取組みを行っている（図 3）。

（1）現況測量

敷地面積が 31ha と広いため、施工範囲を 3 区分し、先行して伐採を進め、1 区分ごと伐採が完了した時点で、現況地山の測量を実施した。測量は、主に UAV（無人航空機）で行い、施工範囲の西側に存在する高圧架空線から 50m 離隔の範囲においては、レーザースキャナを使用することとした。

（2）施工計画

発注者から受領した 2 次元設計図面から、3 次元ソフトを使用して最終計画の 3 次元モデルを作成した。また、UAV やレーザースキャナで実施した現況測量の成果物を専用ソフトを使用して 3 次元モデル化し、最終計画と現況地山の差分から切盛土量を算出した。設計数量との比較を行うとともに、切土と盛土の運土計画にも利用することとした。

（3）施工

3 次元データより、ICT 建設機械を使用して施工を行った。盛土材の敷均し作業は、排土板制御システムを搭載したブルドーザを使用、転圧作業は、転圧管理システムを搭載した振動ローラを使用、掘削・整形作業は、ガイダンスシステムを搭載したバックホウを使用し、作業の効率化、品質の向上を目指して作業を実施した。また、ブルドーザには無線機（携帯データ通信・Wi-Fi）を搭載し、重機の位置情報を把握することで、稼動範囲や切盛土量をリアルタイムに計算でき、パソコンのモニター上で確認できるシステムを取り入れ、進捗状況の「見える化」を図ることとした。

4. 現況測量

伐採完了後、UAV による現況測量を 3 回に分けて実施した。UAV は、1 回のフライトが約 15 ～ 20 分、約 30,000m² の測量が可能で、約 10,000 枚の撮影を行うことができる。UAV の外観を写真 1 に、仕様を表 3 に、測量状況を写真 2 に示す。

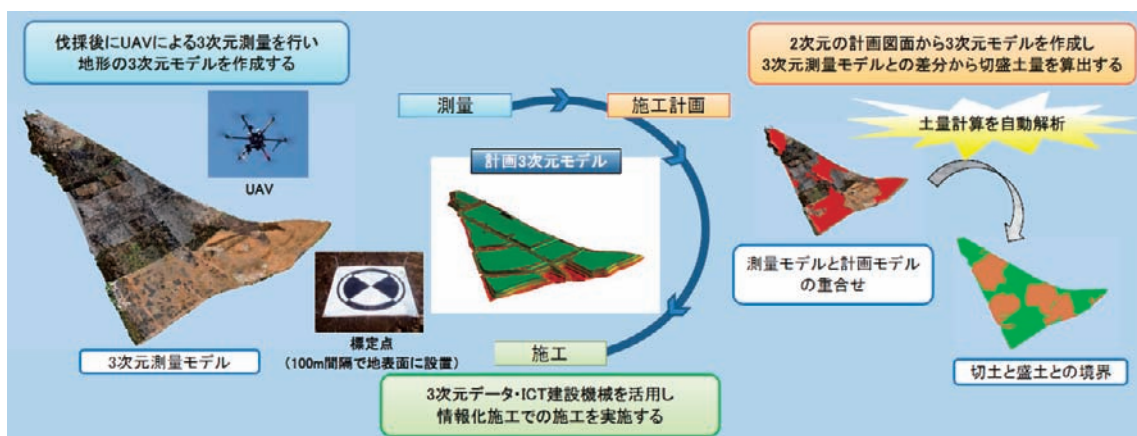


図3 ICT 建設技術の取組み概念図



写真1 UAV (SPIDER CS-6)



写真3 標定点 (中心に XYZ 座標)

表3 UAV (SPIDER CS-6) 仕様

項 目	仕 様
機 体 重 量	3,800g
外 形 寸 法	1,000 × 1,000 × 400mm
駆 動	モータ駆動
耐 風	15m/s 以下
飛 行 時 間	15 分～ 20 分
撮 影 範 囲	約 1,000m
到 達 高 度	250m

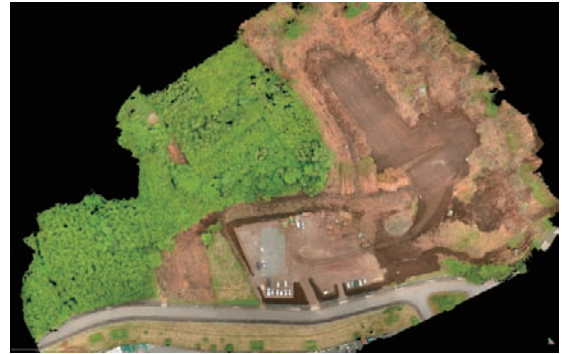


図4 航空写真



写真2 飛行 (測量) 状況



図5 UAV による点群データ

UAV に搭載したデジタルカメラで現況地形を連続的に撮影し、同時に約 100m に 1 箇所設置した標定点 (中心に XYZ 座標) (写真3) も撮影する。これらの航空写真を基に専用ソフトで画像解析を行い、不要なデータ削除して点群データを作成した (図4, 図5)。

航空写真から点群データ、及び3次元モデル作成に費やす時間は約 1 ～ 2 週間であり、30ha を超え

る面積の測量業務を大幅に削減することが可能となった。

高圧架空線に近接する範囲は UAV の飛行が不可能であるため、高圧架空線から 50m の範囲はレーザスキャナ (機器: Trimble TX8) を使用した。

レーザスキャナの仕様を表4、測量した点群データを図6に示す。

表 4 レーザースキャナ (Trimble TX8) 仕様

距離方式	ウルトラハイスピードタイム・オブ・フライト方式
最大スキャンスピード	100 万点/秒
最短スキャン距離	0.6m
最大スキャン可能距離(標準)	120m
測距精度	2mm(標準モード) / 1mm(高精度モード)
光源	1.5 μ m 不可視光レーザー
スキャン範囲	水平方向 360° 鉛直方向 317°
測角精度	水平/鉛直 80 μ rad

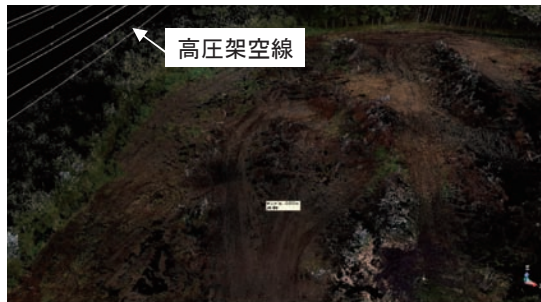


図 6 レーザースキャナによる点群データ

5. 施工計画

2次元図面から作成した最終計画の3次元モデルを図7、図8に示す。使用したソフトは AutoDesk



図 7 3次元モデル

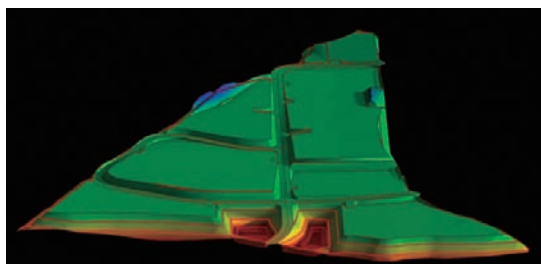


図 8 3次元モデル (高さを2倍にして表示)

社の「Civil 3D」である。

上記の最終計画の3次元モデルと、測量で求めた現況地形の3次元モデルを重ね合わせ、土量の等高線分布図を算出したものを図9に示す。

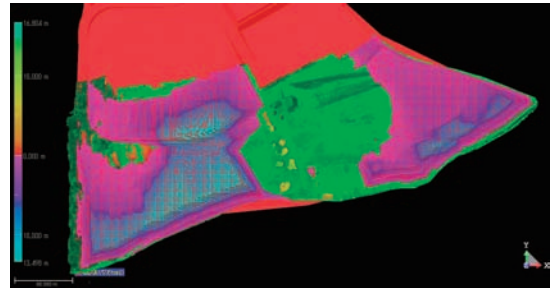


図 9 土量等高線分布図 (一部)

図より、緑色に着色した部分は最終計画より高い箇所(切土箇所)、低い箇所(盛土箇所)と表され、全体の切盛状況が色分けされて、容易に把握できる。

また、指定した範囲の切土量、盛土量が自動算出できるため、最適な運土計画を立てるのに役立つことができる。

6. 施工

6.1 測量

(1) 実施内容

測量作業は主に、VRS方式による測量を取り入れた。測位方法は、観測地点のGNSS測位情報を、携帯電話通信網を利用して配信事業者へ送信し、配信事業者は国土地理院から提供される電子基準点データを元にその観測点近傍に仮想基準点(VRS: Virtual Reference station)を構築する。移動局ではこの仮想基準点に対する補正情報等を配信事業者から受信し、移動局観測データと補正情報から基線解析を行い、移動局座標を得るものである(図10)。

測位機器は、観測点に配置されているGNSS受信機、GNSS受信機を制御するためのコントローラ、配信事業者との通信を可能とする通信モジュールで構成される(図11)。

測量状況を示す(写真4)。

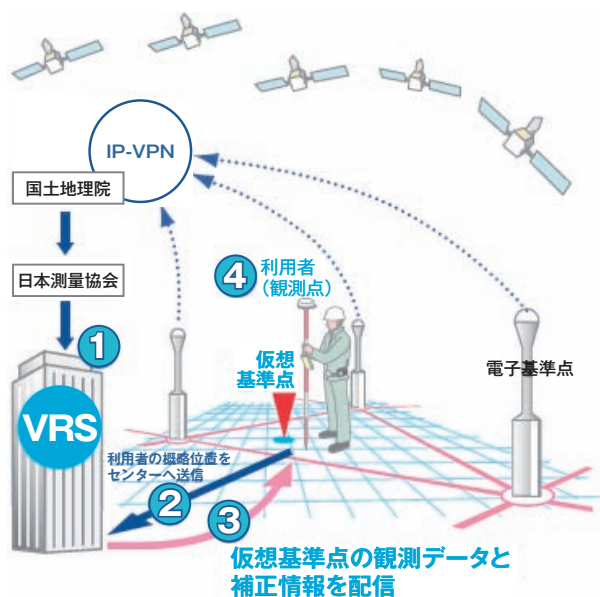


図10 VRS-GNSSのイメージ図



図11 VRS-GNSSの機材構成



写真4 測量状況

(2) 効果

VRS方式により、基本的に1人で測量作業を行うことができ、省人化、効率化を図ることができる。

6.2 敷均し作業

(1) 実施内容

盛土材の敷均し作業は、ブルドーザ（型式：CAT D6T LGP）を使用する。機体には高精度のGNSS受信機を設置し、予め取込んだ3Dデータをリアルタイムに照合して、機体位置の標高と設計高さを把握する。自動制御機能により排土板を施工箇所位置の設計撒き出し高さに自動で上下させ、撒き出し、および敷均しを行っていく。オペレータは、運転席のモニターで設計値と排土板の高さを確認しながら前後進を繰り返す。排土板は指定通りの高さまで自動で可動する（写真5、写真6）。

(2) 効果

本システムの導入により、基本的に測量杭は不用



写真5 排土板制御システム搭載ブルドーザ

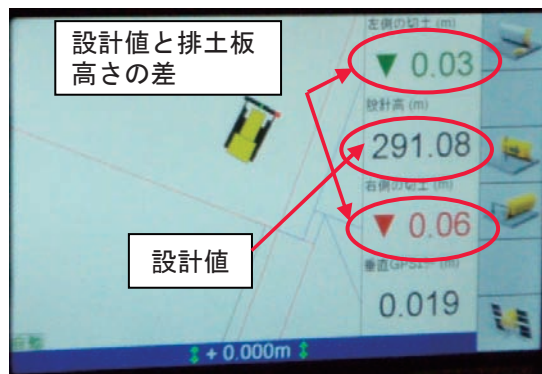


写真6 モニター画面

となるため、丁張りや検測作業がなくなり測量作業の省力化を図ることができる。また、作業も従来は丁張りを目安にした点の管理であったのが、モニター画面で施工範囲全面の面的な管理を行うことが可能となり、敷均し精度が向上する。また、経験の浅いオペレータが作業しても、熟練のオペレータによる施工と同等の仕上がりを行うことが可能となる。

6.3 締固め作業

(1) 実施内容

敷均し後の締固め作業は、振動ローラ（型式：SV513D）を使用する。機体の屋根に設置したGNSS受信機で位置を把握し、締固め面の施工情報（締固め範囲、高さ）に加え、締固め位置、締固め回数を運転席のモニター画面にリアルタイムに表示する。

オペレータは機体を操作しながらモニター上のメッシュ（50cm×50cm）の色が転圧する毎に変わっていくのを確認し、所定の回数（試験施工で決定した必要な回数）の色になるのを確認して終了とする



写真7 転圧管理システム搭載振動ローラ

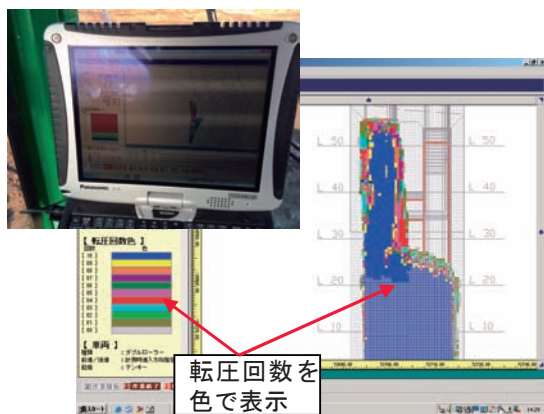


写真8 モニター画面

（写真7、写真8）。

(2) 効果

本システムの導入により、従来オペレータが目視とカウンタにより締固め回数の管理を行っていたが、この管理が自動化され、締固め不足や過剰な締固めを防止でき、オペレータの負担軽減となる。結果として、盛土の施工範囲全面において、均質な仕上がりとなる。また、施工記録（転圧範囲、回数、高さ）の自動保存が可能となる。

6.4 掘削・整形作業

(1) 実施内容

法面掘削作業は、バックホウ（型式：ZAXIS 200）を使用する。機体には高精度のGNSS受信機を設置し、アーム部に取付けたチルトセンサより、バックホウとバケットの位置を測定するガイダンス機能により作業を行う。オペレータのモニター画面には、3Dデータから得られる施工箇所の設計切土ラインとバケットの位置が表示される。オペレータはバケットの位置とバケットと設計ラインまでの距離をモニター上で確認しながら作業することができる（写真9、写真10）。

さらに、最終仕上げ時はマシンコントロール機能を使用して法面整形を実施している。バケット角度保持モード機能を搭載しているため、バケットの角度が固定され、オペレータは上下に操作するだけで、設計ラインに整形できるという仕組みになっている（図12）。

(2) 効果

本システムの導入により、法面の丁張り杭設置を大幅に削減でき、測量作業を大幅に低減できる。また、従来の丁張りによる線管理だと丁張り間の法面仕上げはオペレータの技量に左右されていたが、モニターに施工箇所全面の設計ラインが表示されるため、経験の浅いオペレータでも同等の仕上がりが行える。全面の掘削状況を管理できるとともに、整形作業時に、バケット角度保持モード機能を使用することで過掘削を確実に防止でき、法面の品質が向上する。



写真9 マシンガイダンスバックホウ

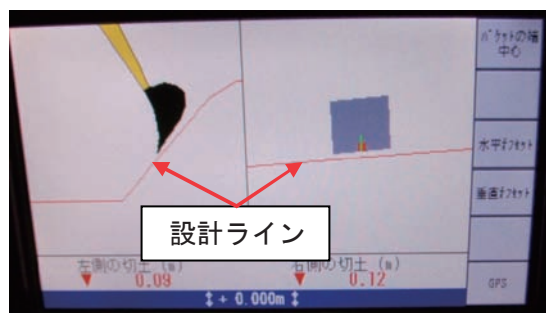


写真10 モニター画面



図12 マシンコントロール機能概念図

7. 施工管理

7.1 日々の出来形管理

日々の出来形管理として、排土板制御システム搭載ブルドーザに無線機（携帯データ通信：Wi-Fi）を搭載し、サーバーとのネットワークを構築することで情報の送受信を可能にして重機の位置情報を把握できるシステム（システム名：VisionLink）を導入した。

本システムにより、パソコン上で日々の重機や出来形の情報をリアルタイムに確認でき、現場管理の

「見える化」に役立っている。

ブルドーザの移動した範囲を可視化できる。図13の黄色で着色した箇所が移動範囲である。



図13 ブルドーザの移動範囲（進捗状況）

ブルドーザが作業している位置の標高を表示できる。任意の断面を設定して表示でき、計画に対して現在どのあたりまで仕上がっているか進捗状況を把握できる（図14）。

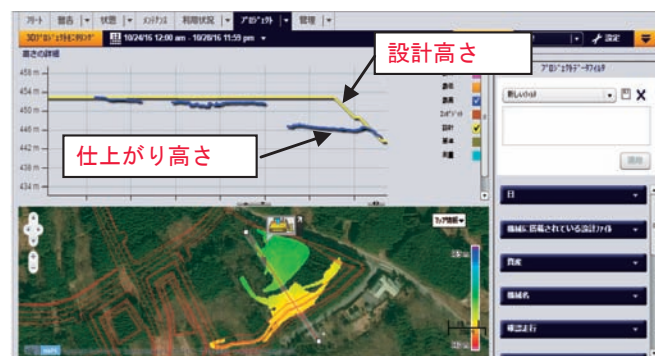


図14 ブルドーザの作業位置（標高）

ブルドーザが作業した範囲における概算の土量をリアルタイムに計算し、切土量・盛土量の確認を行うことができる（図15）。



図15 概算切盛土量

7.2 月毎の出来形管理

月毎の出来形管理として、空撮用の UAV を使用して撮影を行った。使用する UAV は測量用の UAV より画素数が低いが、進捗写真においては十分活用できる。施工範囲が広大な当現場において迅速に撮影ができ、月毎の写真を比較することで進捗状況が容易に把握できる（写真 11、12）。



写真 11 UAV (Phantom)



写真 12 空撮写真

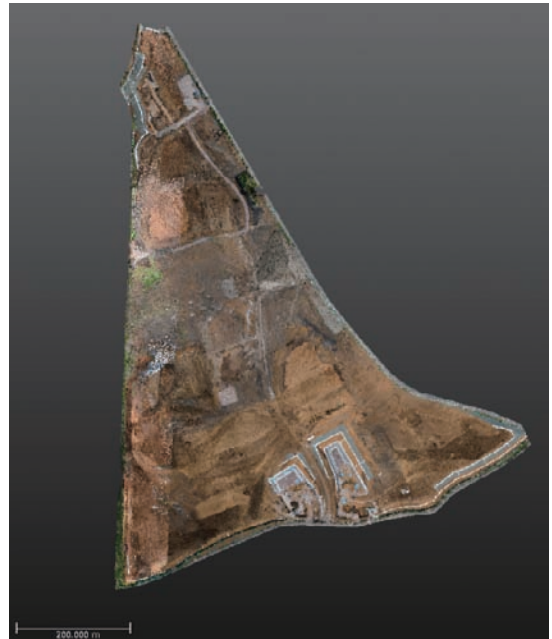


図 16 点群データ（全範囲）

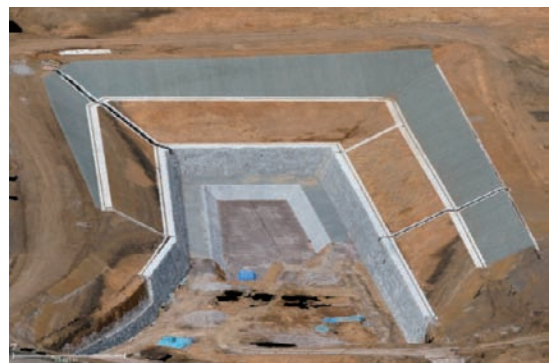


図 17 点群データ（調節池）

7.3 定期的な進捗管理

おおよそ 40% の進捗となった 5 月初旬に進捗確認を行う目的で UAV（SPIDER CS-6）とレーザスキャナを使用して測量を実施した。

工事範囲全面の点群データを図 16 に、調整池を拡大したものを図 17 に示す。

現況地形測量時と同様、設計計画高の 3 次元モデルと重ね合わせ、現状の出来形を確認した。切土分布図を図 18 に示す。計画高さより高くなるほど、黄色から緑色で表現されており、今後の切土作業を行う箇所を視覚的に把握できる。

盛土分布図を図 19 に示す。計画高さより低くなるほど、紫色から青色で表現されており、今後の盛土作業を行う箇所を視覚的に把握できる。

進捗管理測量により、今までの土工量が正確に把握でき、盛土量と切土量の残工事量の予測や、以降の工程計画を立てることができる。

次回は、80% の進捗となる 8 月中旬に測量を実施する予定である。

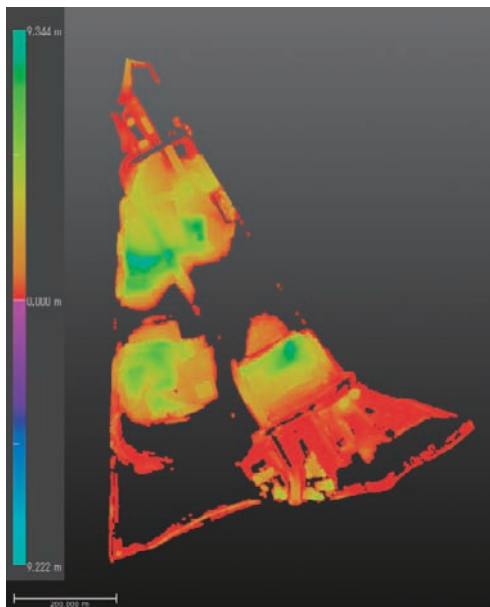


図 18 切土分布図

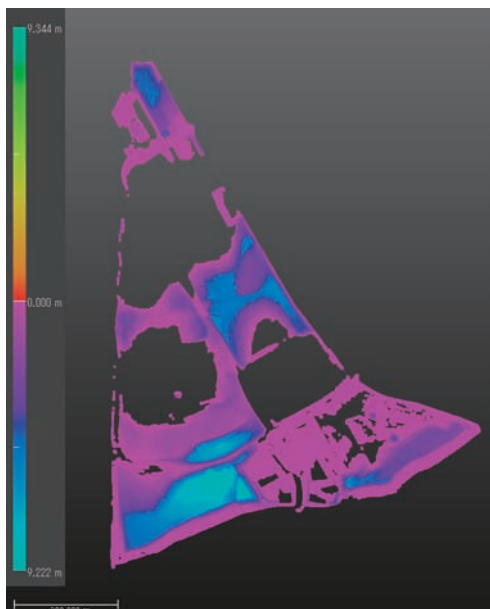


図 19 盛土分布部

8. まとめ

本工事は、当社としても施工当初から ICT 機械を導入した、初めての本格的な ICT 活用工事である。導入時は試行錯誤しながらの施工であったが、現在は、職員、協力業者とも ICT 建設技術の理解が深まり、円滑な施工を進めている。

伐採直後の現況地形を測量して 3 次元モデルを作成したことにより、設計数量との比較や ICT 建設機械への活用、土工量の把握による進捗確認などに

利用でき、施工の効率化に非常に役立っているといえる。今後、工事が進み、仕上がり高さに近づくため、より高い施工精度が要求される。さらに ICT 建設技術を駆使して施工を行い、品質や出来形精度の向上に努めていきたいと考えている。

大規模土工事に限らず、ICT 建設技術が活躍できる現場は数多くある。今後、ICT 建設技術をより一層広め、知識や技術をもつ職員、協力業者を育成し、さらに施工現場を増やしていきたいと考えている。

9. おわりに

工事は平成 29 年 5 月末時点で約 50% の進捗で、調度折り返し地点で最盛期を迎えている。社内外で注目度は高く、発注者の見学会や、当社の若手職員や協力業者の研修会として利用して数多くの来場者がある。今年中に土工事を完了する予定であり、来場者は益々増えることが予想される。

富士山を借景とした美しい景観のもと、今後も工事竣工に向けて、最先端の ICT 建設機械が活躍することであろう（図 20）。



図 20 富士山を背景に ICT 建設機械稼動状況

謝辞：施工にあたり、ご指導をいただいている発注者様や、ご協力をいただいている皆様に深く感謝申し上げます。

RC 造の躯体工事費と建物用途との関連性に関する研究

総合研究所部長 橋本 真一
技術研究課 主任研究員 丸木 健

1. はじめに

わが国の建設市場は、既存建築ストックを長期に亘り有効活用していく時代に入っており、所有者や利用者のニーズに応じてコンバージョンやリノベーション等が行われ、新築時の建物用途や仕様も変化していく。

その場合、構造躯体（スケルトン）は新築時のものを継続的に活用することが前提となり、躯体工事費により得られた性能が建築ストックの物理的耐用年数を大きく左右することとなる。そのことからコスト計画においてはライフサイクルを考慮の上、躯体と仕上げ・設備を明確に区分した、いわゆるスケルトン・インフィル（SI）分離の管理を行い、将来の用途変更等に柔軟に対応できる配慮が求められる。

躯体には建物用途に応じた室内空間の確保、仕上げや設備には得られた空間で建物の利用目的が達成される機能や性能が要求される。つまり、発注者が想定した建物用途のイメージに応じて躯体や仕上げ等の具体的な設計仕様が確定していく訳であるが、コンバージョンの実現にみられるように躯体単体が対応できる用途範囲は広い。故に躯体の設計や工事費の情報は、幅広い用途に対応させて管理することがこれからの時代では現実的と考える。本研究はそのような観点から躯体の概算工事費と用途との関連性を分析し、用途の枠を拡大させた躯体コスト管理の可能性を考察した。

躯体の概算工事費に関する既往研究としては文献^{1), 2), 3)}などがある。これらは躯体工事費に直接影響を与える躯体数量やスパン、躯体部位等の基本計画段階の設計情報に着目した分析が成されており、一定の概算予測の精度が得られている。

本稿の考え方はこれらの既往研究とは大きく2点の違いがある。まず対象とする概算時期を企画構想段階としたことである。スパン等の基本計画段階の

情報は企画段階では確定できないため、プロジェクト当事者が立場に関わらず容易に入手できる設計情報による価格推計を目指した。

2点目はプライスを対象としていることである。

工事費にはコストとプライスの関係があり、原価を積み上げて積算された工事費（コスト）は、市況等の経済動向を考慮して最終的な見積価格（プライス）として示される。既往研究は前者の工事費に着目した分析が主体であるが、本稿では後者の契約価格を分析に用いた。

基本的な工事費の分析に用いた用途はRC造の集合住宅とした。躯体概算に関する既往研究の多くは標本数や構造の類似性に着目してRC造集合住宅を取り上げており、本稿の内容が概算関連の研究と対比できるよう対象用途を合わせた。

筆者らはこれまで様々な用途の契約価格（プライス）に着目した研究^{4), 5), 6), 7)}を行ってきており、そこで得た成果や知見も分析に活用した。

なお、本論文は日本建築学会第32回建築生産シンポジウム（2016年）の論文⁸⁾の内容を加筆修正したものである。

2. 調査目的と方法

本調査の目的はRC造の躯体工事費の概算方法と、その工事費で対応できる建物用途拡張に関する基礎情報を得ることである。そのため下記3点の調査を実施した。

(1) コストとプライスの傾向

躯体工事費のコストとプライスの関係把握のため、総工事費や躯体工事費とそれらを構成する資材や労務等との時系列変動の傾向を確認した。

積算では原価以外の要因は一般的には諸経費で考慮されるため、理論的にはコストとプライスの差異は総工事費のレベルで現れる。しかし、重層構造の

建設業においては、元請けと専門工事会社間での取引にもコストとプライスの関係があり、発注者に示す見積価格は元請け会社の視点で設定されるため、専門工事会社に支払う原価とは必ずしも一致しない可能性もある。その実態を確認した資料は少ないため、本稿では契約価格に示された躯体工事費の価格傾向を分析した。

(2) 変数と母集団の傾向

企画段階においてプロジェクト当事者が容易に理解できる設計情報で一定の概算精度を得ることは、事業の実現性を早期に見極める上で有効となる。そのために必要な変数や母集団の分析を行った。

具体的には、躯体工事費に影響を与える要因（変数）を標準偏回帰係数により確認し、重要度の高い変数を整理した。また、変数や母集団を段階的に調整して概算精度の向上を図り、得られた価格推計式による試算を行い、実績値との対比により推計精度を検証した。さらに躯体工事費を構成するコンクリート、型枠、鉄筋の工事費と価格変動要因との関係も確認した。

(3) 母集団用途拡張の傾向

3点目は母集団用途拡大の検討である。躯体は特定の用途に限定されるものではないが、どの程度の用途まで拡張して考えることができるか、その可能性を検討した。調査はクラスター分析による躯体工事費と建物用途との関係を参考に、集合住宅以外の用途も含めた確認を行った。

3. コストとプライスの傾向

変数等の分析に先立ち、推計対象となる躯体工事費のコストとプライスの傾向を確認した。本調査では工事費と建物規模や用途等との相関性を分析するために契約価格情報（JBCI）^{9) 注1)} のデータを用いた。このデータは建設地や用途、構造、規模、仕様等の建物概要^{注2)} と科目別工事費で構成されており、工事費は最終的な値引き等も含めた契約価格であることからプライスと定義し、中央値を指数化した。一方、コストの傾向把握には原価の変動を集計した建築費指数¹⁰⁾ の年平均値を用いた。

それらのデータに建築着工統計による床面積当たり単価や工事費を構成する資材費、労務費等の情報も付加し、それぞれ指数化して傾向を確認した。

(1) 総工事費

図1に東京地区のRC造集合住宅の総工事費に関連した指数の動向を示す。建築着工統計の工事費は建築主が工事届けとして提出する価格であり、発注者が合意していることから契約価格（プライス）に近いものと考えることができる。JBCIと建築着工統計は近似した動きをしており、コストを示す建築費指数と比較すると変動が大きい。一方、建築費指数（工事原価）は、建築資材物価指数など投入される原価動向に近い動きとなっている。

2008年のリーマンショック前後は、JBCIや建築着工統計のプライスは建築費指数と比較して大きな変動を示している。また、2011年の東日本大震災以降は建設投資が活発になり、労務者不足などから建築費指数は上昇しているが、JBCIと建築着工統計の変動はそれ以上に大きく、売り手市場となっている状況が窺える。

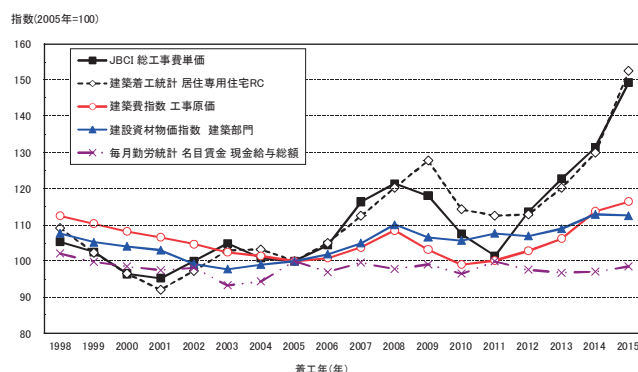


図1 総工事費単価の変動傾向

(2) 躯体工事費

図2に躯体工事費の指数動向を示す。

建築着工統計は躯体工事費の情報が得られないため、ここではJBCIと建築費指数のデータにより関連資材等との傾向を分析した。

2008年までJBCIは建築費指数に比べて大きく増加したが2008年以降は両者とも近似した変動を示している。2008年は鋼材の急激な高騰と下落があり、2011年の東日本震災以降は型枠工事費や鉄筋加工組立等の労務費が急騰しているが、JBCIや建築費

指数も、そのような原価変動を反映した動きをしている。

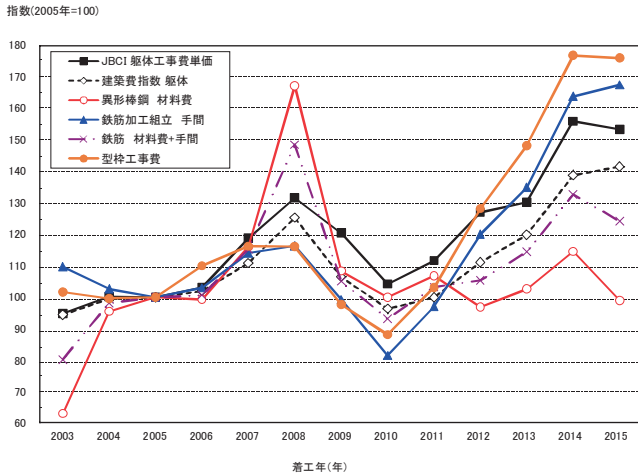


図2 躯体工事費単価の変動傾向

(3) 市況指数

海外ではコストとプライスの変動を市況指数(Market Condition Index)^{注3)}で表現している。本稿でもその内容を参考にJBCIの指数を建築費指数で除して同様の指数を作成した。図3に総工事費と躯体工事費の市況指数の動向を示す。

2003年以前は総工事費や躯体工事費は100以下であり、プライスがコストの変動を下回る買い手市場となっていた。一方、2006年以降はそれが逆転した売り手市場となっており、110付近で増減を繰り返している躯体工事費に対して総工事費は増減が大きく変動傾向の異なる時期もある。変動傾向に一部異なる部分もあるが、総工事費同様に躯体工事費にも原価以外の市場経済的要因が寄与していることが見える。

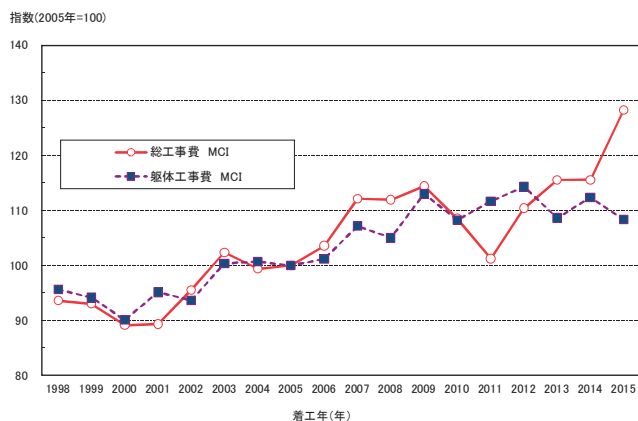


図3 市況指数の変動傾向

4. 変数と母集団の傾向

(1) 母集団データ

表1に調査に用いた母集団データの内容を示す。

表1 調査対象データの概要

区分	データの内容
用途 ()はサンプル数	分譲マンション(729), 賃貸マンション(526), ワンルームマンション(260), 社宅・家族寮(25), 独身寮(79)
地域	東京都, 神奈川県, 千葉県, 埼玉県
着工年	2006年～2015年
構造	RC造, SRC造, S造

(2) 変数(価格変動要因)と最適母集団の分析

工事費は規模や構造, 用途, 着工年, 地域等様々な要因の影響を受けて変動する。ここでは筆者らが過去に分析して有意性が確認できた要因の傾向と、最適な概算結果が得られる母集団設定を試みた。

以下に実施した分析内容とその結果を示す。

①説明変数の検証

東京, 神奈川, 千葉, 埼玉で建設された2010年から2015年までの標本を用いて, 躯体工事費単価を被説明変数, 建物規模(建築面積・地上階数・地下階数・階高・戸当り面積・上階比率^{注4)}・複合用途比率), 構造(RC造・SRC造・S造), 着工年, 用途(分譲・賃貸・ワンルーム・社宅・独身寮), 地域(都心5区・18区・23区外・神奈川・千葉・埼玉)を説明変数として標準偏回帰係数を算定し, 工事費に寄与する傾向を確認した。

分析に用いた数式は下記のとおりである。

$$y = a + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + b_3 \cdot x_3 + b_4 \cdot x_4 + b_5 \cdot x_5 + b_6 \cdot x_6 + b_7 \cdot x_7 + C_1 \cdot D_1 + C_2 \cdot D_2 + C_3 \cdot D_3 + \varepsilon \quad [1]$$

y : 躯体工事費単価(円/㎡), a : 定数項, $b_1 \sim b_7$: 係数
 $C_1 \sim C_3$: 係数ベクター, ε : 誤差項
 x_1 : 建築面積, x_2 : 地上階数, x_3 : 地下階数, x_4 : 階高,
 x_5 : 戸当たり面積, x_6 : 上階比率, x_7 : 複合用途比率,
 D_1 : 構造ダミー, D_2 : 着工年ダミー, D_3 : 用途ダミー,

表2の分析1に結果を示す。決定係数(R二乗値)は0.543であった。標準偏回帰係数の高い変数は着工年であり, 地域や建築面積, 階数, 上階比率, 複

合用途比率なども高い値となっている。一方、構造、用途はそれらに比べ低い値となっており、有意性も低い。構造に関しては母集団の多くが RC 造のため参考として考える必要がある。また、用途についての有意性は確認できない。このことから住宅系の建築については細かい用途を考慮することなく、躯体工事費の概算が可能であることが窺える。

②時点を考慮した母集団分析

工事費は着工年や地域の影響を強く受けることが確認できたが、それらを限定すると標本数が著しく減少して分析精度が低下する。ここでは、地域はダミー変数で対応し、着工時期を拡大した母集団設定と建築費指数による時点補正を行った母集団設定をしてその傾向を確認した。

表 2 の分析 2 に着工年の範囲を 6 年から 10 年に

表 2 標準偏回帰係数分析表（住宅系）

分析		分析 1		分析 2		分析 3		分析 4		分析 5		分析 6		分析 7		分析 8		分析 9							
母集団	着工年(年)	2010～2015		2006～2015		2010～2015		2010～2015		2010～2015		2010～2015		2010～2015		2010～2015		2010～2015							
	構造	S, RC, SRC		S, RC, SRC		S, RC, SRC		RC		RC		RC		RC		RC		RC							
	複合用途	含む		含む		含む		除く		除く		除く		除く		除く		除く							
	データ排除	無		無		無		無		平均値±2σ		平均値±σ		無		無		無							
	時点補正	無		無		有		無		無		無		無		無		無							
被説明変数(円/㎡)		躯体工事費単価																		コンクリート単価		型枠単価		鉄筋単価	
基本集計 (円/㎡)	サンプル数	622		1,320		622		482		461		358		451		451		451							
	平均値	54,429		52,881		55,696		53,201		52,319		52,060		14,609		19,423		18,410							
	標準偏差	13,045		12,646		11,147		12,348		11,302		8,973		2,818		6,745		5,517							
調整済 R 二乗値		0.543		0.490		0.338		0.507		0.551		0.655		0.217		0.687		0.349							
		標準化 係数	有意 確率	標準化 係数	有意 確率	標準化 係数	有意 確率	標準化 係数	有意 確率	標準化 係数	有意 確率	標準化 係数	有意 確率	標準化 係数	有意 確率	標準化 係数	有意 確率	標準化 係数	有意 確率						
建物規模	建築面積(㎡)	-0.275	***	-0.256	***	-0.337	***	-0.272	***	-0.250	***	-0.160	***	-0.333	***	-0.168	***	-0.375	***						
	地上階数	0.178	***	0.074	***	0.222	***	0.137	***	0.140	***	0.139	***	-0.051		-0.277	***	0.292	***						
	地下階数	0.151	***	0.117	***	0.195	***	0.158	***	0.140	***	0.182	***	0.197	***	0.021		0.119	***						
	階高(m)	0.093	***	0.149	***	0.121	***	0.114	***	0.080	***	0.019		0.060		0.050		0.044							
	戸当り面積(㎡/戸)	-0.029	***	-0.008	***	-0.053	***	-0.118	***	-0.054	***	-0.025	***	-0.061	***	-0.089	*	-0.032	***						
	上階比率	-0.166	***	-0.131	***	-0.203	***	-0.134	***	-0.129	***	-0.053	***	-0.236	***	-0.136	***	-0.124	***						
	複合用途比率	0.152	***	0.088	***	0.161	***	-		-		-		-		-		-							
構造	S 造	0.014		-0.014		0.099	***	-		-		-		-		-		-							
	RC 造	-		-		-		-		-		-		-		-		-							
	SRC 造	0.066	***	0.199	***	0.105	***	-		-		-		-		-		-							
着工年	2006 年	-		-0.544	***	-		-		-		-		-		-		-							
	2007 年	-		-0.385	***	-		-		-		-		-		-		-							
	2008 年	-		-0.224	***	-		-		-		-		-		-		-							
	2009 年	-		-0.326	***	-		-		-		-		-		-		-							
	2010 年	-0.622	***	-0.473	***	-		-0.592	***	-0.682	***	-0.804	***	-0.199	***	-0.767	***	-0.247	***						
	2011 年	-0.495	***	-0.369	***	-		-0.473	***	-0.545	***	-0.689	***	-0.186	***	-0.589	***	-0.163	***						
	2012 年	-0.333	***	-0.251	***	-		-0.316	***	-0.389	***	-0.449	***	-0.155	***	-0.349	***	-0.119	***						
	2013 年	-0.261	***	-0.199	***	-		-0.218	***	-0.287	***	-0.363	***	-0.152	***	-0.182	***	-0.063	***						
	2014 年	-0.031		-0.023		-		0.056		0.056		0.065		-0.035		0.025		0.119	***						
	2015 年	-		-		-		-		-		-		-		-		-							
用途	分譲マンション	-		-		-		-		-		-		-		-		-							
	賃貸マンション	-0.015		-0.053	***	-0.030	***	-0.091	***	-0.048	***	-0.005		-0.126	***	0.046		-0.137	***						
	ワンルームマンション	0.056		0.096	***	0.044	***	0.023		0.072		0.058		-0.005		0.112	***	-0.028							
	社宅・家族寮	-0.024		-0.044	***	-0.027	***	-0.004		0.001		-0.023		0.002		0.028		-0.014							
	独身寮	-0.049		-0.087	***	-0.073	*	-0.097	***	-0.059	***	-0.086	***	-0.093	***	-0.056	***	-0.069	***						
地域	埼玉県・千葉県	-0.245	***	-0.231	***	-0.271	***	-0.229	***	-0.203	***	-0.107	***	-0.281	***	-0.125	***	-0.227	***						
	東京都心 5 区	-		-		-		-		-		-		-		-		-							
	東京都 18 区	-0.158	***	-0.119	***	-0.169	***	-0.182	***	-0.148	***	-0.029		-0.253	***	-0.166	***	-0.152	***						
	東京 23 区外	-0.089	***	-0.127	***	-0.097	***	-0.106	***	-0.096	***	-0.050		-0.114	***	-0.095	***	-0.112	***						
	神奈川県	-0.180	***	-0.182	***	-0.201	***	-0.181	***	-0.173	***	-0.045		-0.275	***	-0.083	***	-0.172	***						

有意確率：1%以下：***，5%以下：**，10%以下：*
網掛け部分はダミー変数の基準値を示す

拡大した結果を、分析3に建築費指数（躯体）による時点補正をした結果を示す。

全てにおいて説明変数の有意性はそのまま保持され、標準偏回帰係数は全体的には前者が低下、後者が上昇している。また、決定係数は前者0.490、後者0.338と低下し、指数による時点補正の低下が特に大きい。

このことから本研究で用いた説明変数は有意であるが、概算精度を向上させるには求める時期に近い標本を用いると共に、時点は標本に応じた着工年ダミーによる補正を行うことが効果的であった。

③ RC 造に限定した母集団分析

前述の分析では複合用途や構造の変数が有意であった。企画構想段階では構造形式や複合用途の検討も行われるため、これらの情報は参考になる。一方、RC 造に限定した躯体工事費の概算精度を高めるには、このような標準外の標本を除外した母集団による検定も必要となるため、分析1の母集団から構造をRC 造に限定し、かつ複合用途を除外した標本による母集団の傾向を確認した。

また、個別的要因により躯体工事費が大きく乖離する標本も存在する。統計的にはそのような標本を除外して精度向上を図る手法も多く実用されていることから、標準偏差（ 2σ 、 σ ）以上乖離した標本を除外した分析も行った。

表2の分析4～6に結果を示す。標本をRC 造に限定すると決定係数は0.507とやや下がるが、標準偏差以外の標本排除により 2σ では0.551、 σ では0.655と精度は上がる。しかし、 σ 排除では標本の同質性が高まるために、地域や階高など価格変動要因として一般的に認識されている変数の有意性が失われる。そのため 2σ による標本の絞り込みがRC 造集合住宅には有効と判断した。

（3）実績値との比較

RC 造の標本から 2σ 排除した分析5のデータにより、概算値と実績値との対比を行った。図4に比較した結果を示す。

横軸は実績値、縦軸は推計値である。推計値は平均値52319円よりも低い価格帯ではやや高い値、高い価格帯ではやや低い値を示している。

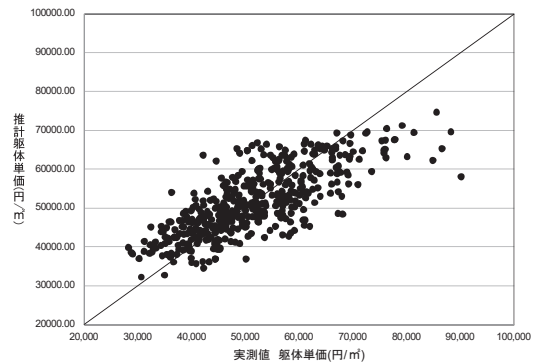


図4 推計値と実績値の関係（躯体工事費単価）

（4）科目工事費単価への応用

分析4の母集団を用いて、躯体工事費を構成するコンクリート、型枠、鉄筋の科目工事費単価と変数との関係を分析した。

表2の分析7～9に結果を示す。決定係数をみると、分析8の型枠単価が0.687と高い数値を示すが、分析9の鉄筋単価は0.349、分析7のコンクリート単価は0.217と低くなる。建築面積は全てにおいて有意であるが、地上階数はコンクリートは有意ではなく、地下階数は型枠では有意ではないなど、工種による説明変数の違いが視える。

以上、躯体工事費の大凡の概算単価は各変数で説明することが可能である。しかし、科目工事費単価の分析結果のように、躯体工事費を構成する科目レベルの工事金額は、必ずしも躯体工事費の変数が寄与するものではない。さらなる精度向上のためには、科目レベルでの推計値算定に資する変数や母集団設定が必要となる。

5. 母集団用途拡張の傾向

（1）RC 造建物用途の躯体工事費単価の類型

表3に筆者らが過去に分析¹¹⁾、¹²⁾した躯体工事費単価と用途との関係による類型を示す。RC 造は住宅、教育、医療、福祉厚生などの施設で多用され、縦軸の階高カテゴリによる用途の類似性が確認された。また躯体工事費については、各用途の構造別中央値を用いた群平均法による階層別クラスター分析により、高値からa、b、c……と横軸方向に区分した。

表 3 用途別躯体工事費の類型

構造	階高	a	b	c	d	e	f
RC	I 類 (3.6m 未満)					ハウジング (ワンルーム・社宅家族寮)	ハウジング (分譲・賃貸・独身寮) 福祉厚生 (有料老人ホーム)
	II 類 (3.6m 以上 4.3m 未満)				宿泊施設 (保養所)	事務所 (一般・金融) 教育 (学校・保育園・幼稚園) 医療 (医院・診療所) 福祉厚生 (デイサービス・デイケアセ ンター・障害者施設・軽費 老人ホーム・リハビリ施設)	福祉厚生 (老健施設・特養・養護・グ ループホーム) 医療 (一般病院・介護支援系病 院)
	III 類 (4.3m 以上)	スポーツ・ レジャー (プール)	文化施設 (市民・文化会 館・博物館・ 美術館) 事務所 (管理)	教育 (体育館・講堂) 流通生産 (清掃処理工場)	スポーツ・レジャー (公衆浴場・体育館) 流通生産 (研究) 文化施設 (コミュニティセンター・ 複合・宗教建築)	医療 (高機能病院) 教育 (図書館)	

表 4 標準偏回帰係数分析表 (用途拡張検討用)

分析		分析 4		分析 10		分析 11		分析 12	
母集団	着工年(年)	2010～2015		2010～2015		2010～2015		2010～2015	
	構造	RC		RC		RC		RC	
	複合用途	除く		除く		除く		除く	
	データ排除	無		無		無		無	
	時点補正	無		無		無		無	
	用途	住宅		住宅 福祉厚生		住宅 福祉厚生 事務所		住宅 福祉厚生 事務所 小学校	
被説明変数(円/㎡)		躯体工事費単価							
基本集計 (円/㎡)	サンプル数	482		620		643		654	
	平均値	53,201		52,241		52,522		52,639	
	標準偏差	12,348		12,697		12,910		12,960	
調整済 R 二乗値		0.507		0.500		0.506		0.499	
		標準化係数	有意確率	標準化係数	有意確率	標準化係数	有意確率	標準化係数	有意確率
建物規模	建築面積(㎡)	-0.272	***	-0.165	***	-0.160	***	-0.124	***
	地上階数	0.137	***	0.123	***	0.125	***	0.125	***
	地下階数	0.158	***	0.112	***	0.102	***	0.089	***
	階高(m)	0.114	***	0.123	***	0.172	***	0.157	***
	戸当り面積(㎡/戸)	-0.118	**	-		-		-	
	上階比率	-0.134	***	-0.072	**	-0.075	**	-0.059	*
	複合用途比率	-		-		-		-	
用途住宅系	分譲マンション	-		-		-		-	
	賃貸マンション	-0.091	**	-0.016		-0.014		-0.015	
	ワンルームマンション	0.023		0.073	**	0.072	**	0.074	**
	社宅・家族寮	-0.004		0.008		0.005		-0.001	
	独身寮	-0.097	**	-0.050	*	-0.049	*	-0.048	
用途福祉厚生	特別養護老人ホーム(介護老人福祉施設)	-		-0.047		-0.054		-0.055	*
	軽費老人ホーム(ケアハウス)	-		0.036		0.035		0.034	
	有料老人ホーム	-		-0.009		-0.012		-0.014	
	老人保健施設(介護老人保健施設)	-		-0.069	**	-0.074	**	-0.071	**
	グループホーム	-		0.008		0.008		0.010	
用途	一般事務所(自社ビル)	-		-		0.056		0.063	*
用途	小学校	-		-		-		0.049	
地域	埼玉県・千葉県	-0.229	***	-0.301	***	-0.288	***	-0.282	***
	東京都心5区	-		-		-		-	
	東京都18区	-0.182	***	-0.209	***	-0.205	***	-0.209	***
	東京23区外	-0.106	***	-0.140	***	-0.133	***	-0.147	***
	神奈川県	-0.181	***	-0.246	***	-0.237	***	-0.252	***

有意確率：1%以下：***，5%以下：**，10%以下：*
 網掛け部分はダミー変数の基準値を示す
 着工年ダミーは記載を省略した

集合住宅は、階高は低く価格帯は低額のグループに含まれている。この母集団に別の類型に属する用途の標本を加えて決定係数や変数の傾向を確認し、同一母集団として扱える用途の拡張性を調査した。

(2) 集計結果

①福祉厚生施設

分析4のデータに福祉厚生施設である老人ホーム、老健施設、グループホームの標本を加えた分析結果を表4の分析10に示す。

決定係数は0.500であり、各変数の有意性や標準偏回帰係数に大きな違いは見られない。用途ダミーについては老人保健施設で単価への影響が見られるが係数は低く、共同住宅のデータを福祉厚生施設まで拡張できる可能性が窺える。

②事務所

分析10のデータに一般事務所（自社ビル）の標本を加えた分析結果を表4の分析11に示す。

決定係数は0.506であり、福祉厚生施設同様に各変数の有意性や標準偏回帰係数に大きな違いは見られない。事務所の用途ダミーは有意ではなく共同住宅のデータを事務所まで拡張できる可能性が窺える。

③小学校

分析11のデータに小学校の標本を加えた分析結果を表4の分析12に示す。

決定係数は0.499であり、用途ダミーの有意性に若干の変化が見られたが、それ以外は事務所と同様に各変数の有意性や係数に大きな違いは見られない。

6. まとめ

調査を通じて躯体工事費の概算に関与する様々な知見を得ることができた。

躯体工事費は工事原価の一部であるため、諸経費を含む総工事費ほど市況の影響を受けないものと考えられるが、コストとプライスの分析では契約時の躯体工事費は原価以外の影響も受けていた。品質確保には原価の変動を当事者間で理解する必要があるが、実務においては工種別の科目レベルでもコストとプライス両面からコスト管理を行う必要性が窺え

た。

躯体工事費を説明する変数については着工年や地域との関連性が強い。これはコスト管理においては一般的に認識されているが、限られた標本を母集団とした価格推計には、建築費指数による時点補正よりも標本の特性を反映した着工年ダミー変数を使用することが精度向上に寄与する。

建築面積や階数等の規模に関する変数は、複数の用途に有意であり、集合住宅、福祉厚生施設、一般事務所、小学校などの用途は母集団を統合しても有意な関係が確認できた。このように変数の動向を丁寧に確認しながら母集団となる用途を段階的に追加することにより、概算精度を保ちながら対応する用途を拡大することが期待できる。

今後はS造についても同様の分析を行い、躯体工事費の標準的な概算方法と母集団設定の整備を図っていきたい。

参考文献

- 1) 李永鎬, 古阪秀三, 山崎雅弘, 石橋定真, 金多隆: ニューラルネットワークを用いた成長型躯体数量概算システムに関する研究, 日本建築学会計画系論文集 第509号 pp.173~180, 1998.7
- 2) 古阪秀三, 浜口進治: 集合住宅の概算法に関する研究, 日本建築学会計画系論文集 第363号 pp.71~81, 1986.5
- 3) 田中茂樹, 須賀好富: 建築構造物のコストスタディ 鉄筋コンクリート造, 鉄骨鉄筋コンクリート造と鋼構造の躯体コスト比較 その1, 日本建築学会計画系論文集 第454号 pp.155~163, 1993.2
- 4) 橋本真一, 丸木健: 契約価格情報からみたマンション工事費の価格変動要因と工事費推計に関する研究, 日本建築学会第28回建築生産シンポジウム pp.181~188, 2012.7
- 5) 橋本真一, 丸木健: 契約実績データからみた事務所の工事費変動要因に関する研究(その1: 建築工事, その2: 設備工事, 諸経費, 総工事費) 日本建築学会大会学術講演梗概集(F-1) pp.43~46, 2012.9
- 6) 橋本真一, 丸木健: 老人福祉施設における工事費の傾向と価格変動要因に関する研究, 日本建築学会第29回建築生産シンポジウム pp.69~76, 2013.7
- 7) 橋本真一, 丸木健: 工事費からみた流通・生産施設の類型化と価格変動要因の傾向, 日本建築学会第31回建築生産シンポジウム pp.19~24, 2015.7
- 8) 橋本真一, 丸木健: SI分離による工事費と建物用途との関連性に関する考察, 日本建築学会第32回建築生産シ

ンポジウム pp.9～14, 2016. 7

- 9) 建設物価調査会：JBCI（ジャパン・ビルディング・コスト・インフォメーション，建設物価調査会，2000～2015
- 10) 建設物価調査会：建築費指数，建設物価調査会，2016
- 11) 橋本真一，丸木健：クラスター分析による建物用途別工事費の類型化（その1 スケルトン），日本建築学会大会学術講演梗概集（F-1）pp.1261～1262, 2010. 9
- 12) 橋本真一，丸木健：躯体コストからみたスケルトンの類型化に関する研究，日本建築学会第24回建築生産シンポジウム pp.273～278, 2008. 7

注1) 一般財団法人建設物価調査会が非木造建築を対象に1999年から実施している契約価格をベースにした工事費調査の情報。全国の施工会社・設計事務所・発注機関などを対象に建物概要と契約時の科目別工事金額を調査し，工事費と建物規模等との分析結果を「JBCI」にて発表している。

注2) 建物概要では所在地，設計者属性，工期，法定延床面積，地下面積，建築面積，敷地面積，階数，軒高，杭支持地盤深さ，複合用途比率，外部仕上，受変電容量等について調査を行っている。

注3) Market Conditions Index は英国 RICS（Royal Institution of Chartered Surveyors）の関連組織である BCIS（Building Cost Information Service）で作成されており，入札価格指数（TPI：Tender Price Index）を建築費指数（GBCI：General Building Cost Index）で除して計算されている。

注4) $(延べ床面積 \div 建築面積) \div 階数$ で得た数値を上階比率とし，建物の率面形状を表現する変数として用いた。

市況気配による予測モデル式の適用資材の追加の研究

技術研究課 主任研究員 山本 高史

1. はじめに

建設資材の価格情報を含む市況動向の把握は、工事の予定価格の決定や実行予算の策定、施工中のコスト管理など業務遂行上、非常に重要な事項である。

近年では、日本国内の建設需要の盛り上がりから、建設資材の価格動向に社会的な耳目が集まっており、特に建設現場で大量に使用される鉄鋼製品といった主要資材は、将来的な価格動向についても注目されている。

しかし、建設資材の市場価格は、国内における需給動向のみならず、近隣諸国の経済状況や世界的な為替相場、原油取引価格の影響など様々な要因によって変動するため、数ヵ月先までの資材価格の変動予測は容易なことではない。

一般財団法人建設物価調査会（以下、「当会」という。）では、日本国内での建設資材の市場取引価格について継続的な調査を行っており、その調査結果を会誌「月刊建設物価」に掲載している。当会が毎月行っている定点調査によって長期的かつ時系列的な価格変動を把握し、その情報を基に価格変動が算出できれば、価格予測が可能であると考えられる。

これらのことから当会では、長年の調査結果として蓄積された時系列の変動データと、調査過程で得られた市況気配情報を用いて価格変動の予測モデル式を構築した。その予測モデル式を用いて、1ヵ月先の資材価格の予測に関する研究を進めており、一部の建設資材に適用して予測価格を算出し、「月刊建設物価」にて掲載している。

2. 市況気配を用いた予測モデル式

予測モデル式は、長年の資材価格調査によって蓄積された実績データを基に、予測価格を目的変数、以下の3つの要因を説明変数とした重回帰分析を行い、それによって導き出されたものを採用した。

①調査価格（今回調査月における市場での取引価格）

②直近変動（前回調査月の取引価格から今回調査月の取引価格までの変動の向きと大きさ）

③市況気配（今回調査月における市場の傾向や動向）（表－1）

表－1 市況気配と状況

市況気配	市場における状況
弱含み（よわぶくみ）	市場における取引価格が安くなる傾向にある状況
横ばい（よこばい）	市場における取引価格が安くも高くもなろうとしてない状況
強含み（つよぶくみ）	市場における取引価格が高くなる傾向にある状況

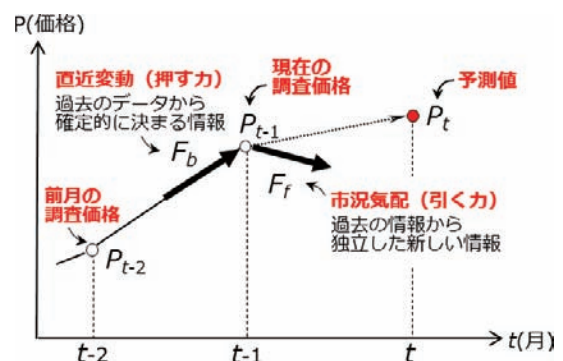
上記の市況気配を用いた予測モデル式概念図を図－1に示す。

予測モデル式は、現在（ $t-1$ ）の情報（今月の調査価格： P_{t-1} ）と過去（ $t-2$ ）の情報（前月の調査価格： P_{t-2} ）から確定的に決まる情報（直近の価格変動： F_b ）、過去の情報から独立した新しい情報（市況気配： F_f ）の3つを説明変数としている。

予測モデルの算定式を(1)式に示す。

$$y = a + b_1 \times x_1 + b_2 \times x_2 + c_1 \times D_1 + c_2 \times D_2 \quad (1) \text{式}$$

目的変数 y は予測対象月 t における予測価格であり、 a は定数、 $b_1 \cdot b_2 \cdot c_1 \cdot c_2$ は偏回帰係数、 x_1 は



図－1 予測モデル式概念図

今月 $t-1$ における調査価格, x_2 は前月 $t-2$ から今月 $t-1$ の価格の変動率である。 $D_1 \cdot D_2$ は今月 $t-1$ から予測対象月 t に向けた市況気配に関するダミー変数で, 市況気配が弱含み（市場価格が下落傾向）の時は $D_1=1 \cdot D_2=0$, 強含み（上伸傾向）の時は $D_1=0 \cdot D_2=1$, 横ばいの時は $D_1=0 \cdot D_2=0$ となる。

3. 適用資材の検証

現在, 当会では建設工事において使用量が多く, 主要資材の中でも価格変動が著しい4品目（表－2）について前述の予測モデル式を適用した予測価格を公表している。

その他の主要資材についても予測モデル式の適用が可能かを検証した。検証の対象とした建設資材は,

当会が発刊する「月刊建設物価」に掲載されている主要資材15品目（表－3）とした。

検証方法は, 偏回帰係数の決定期間（モデル同定期間）を2009年1月から2017年2月までの8年2ヵ月とした予測モデル式によって算出した予測価格と, その当該月の調査価格（実績値）の相対誤差（ RE ; *Relative Error*）によって評価し, 決定期間内の平均相対誤差（ RAE ; *Relative Average Error*）を比較することとした。

$$RAE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |P_{c,t} - P_{o,t}| / P_{o,t} \quad (2) \text{式}$$

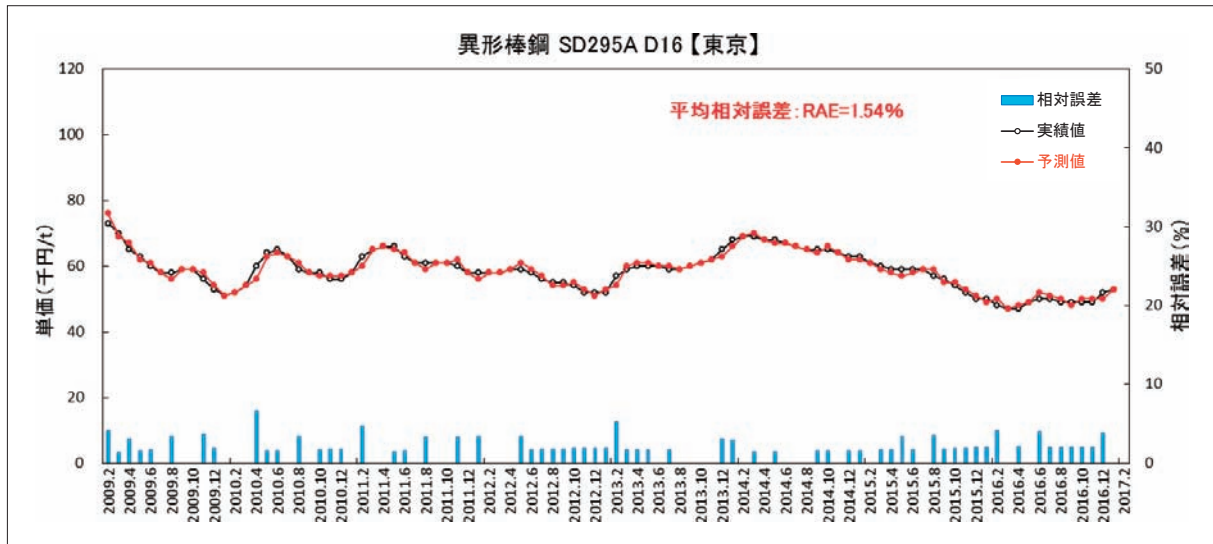
RAE は平均相対誤差（%）, n はデータ数, $P_{c,t}$ は予測価格, $P_{o,t}$ は調査価格（実績値）である。

表－2 現行の予測対象資材

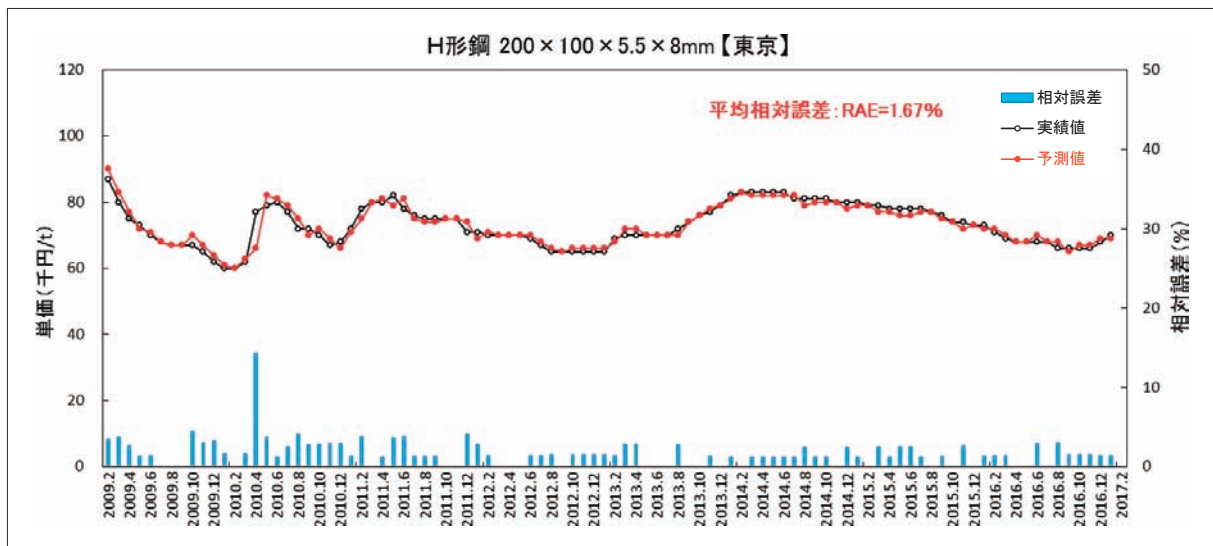
品 名	規 格
異形棒鋼	SD295A D16
H形鋼	SS400 200×100×5.5×8mm
コンクリート型枠用合板	厚 12mm×幅 900mm×長 1,800mm 輸入品
軽油	ローリー渡し

表－3 検討資材一覧

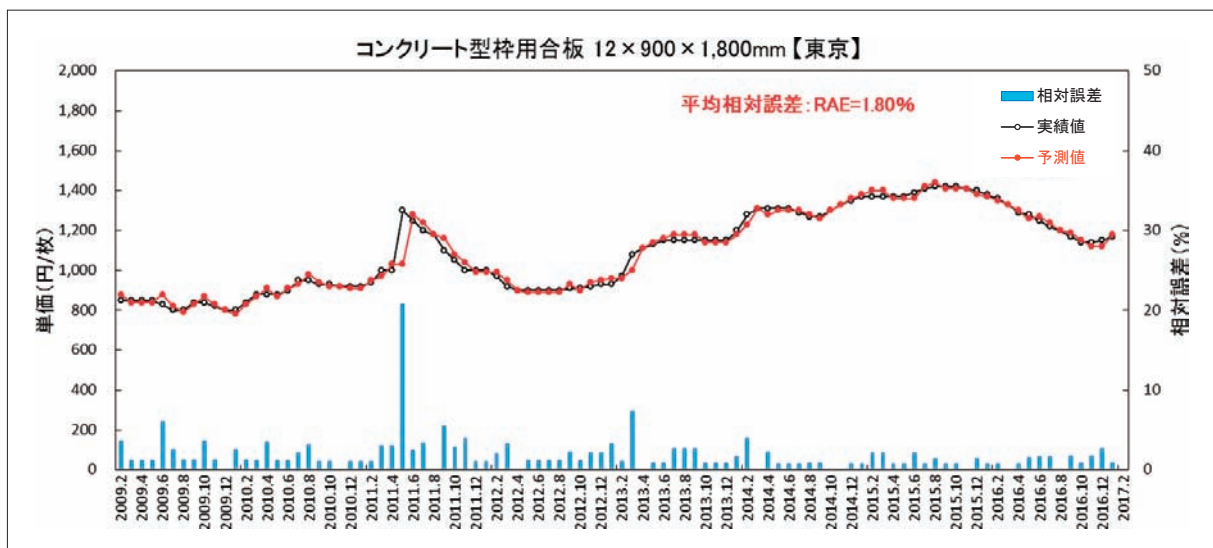
	品 名	規 格
1	等辺山形鋼	SS400 中形 厚 6mm×辺 50mm×辺 50mm
2	鋼板 中厚板（SPHC 又は無規格品）	厚 16～25mm×幅 1,524mm×長 3,048mm
3	カラー亜鉛鉄板（平板）	厚 0.35mm×幅 914mm×長 1,829mm
4	亜鉛メッキ鉄線 2 種	JIS G 3547 # 8 径 4.0mm
5	セメント（バラ）	普通ポルトランドセメント
6	管柱 杉（KD）	長 3.0m×厚 10.5cm×幅 10.5cm
7	ストレートアスファルト	針入度 60～80 ローリー
8	構造用合板	針葉樹 厚 12mm×幅 910mm×長 1,820mm
9	600V ビニル絶縁電線（IV）	1.6mm 単線
10	600V ビニル絶縁ビニルシースケーブル（平形）（VV-F）	2.0mm 2 心 単線
11	600V 架橋ポリエチレン絶縁ビニルシースケーブル（CV）	38mm ² 3 心 円形圧縮
12	配管用炭素鋼鋼管（ガス管）	白ねじ付管 呼び径 50A 2B
13	硬質ポリ塩化ビニル管（一般管）	VP：JIS K 6741 呼び径 100A
14	鉄スクラップ	ヘビー H2
15	銅スクラップ	1 号銅線



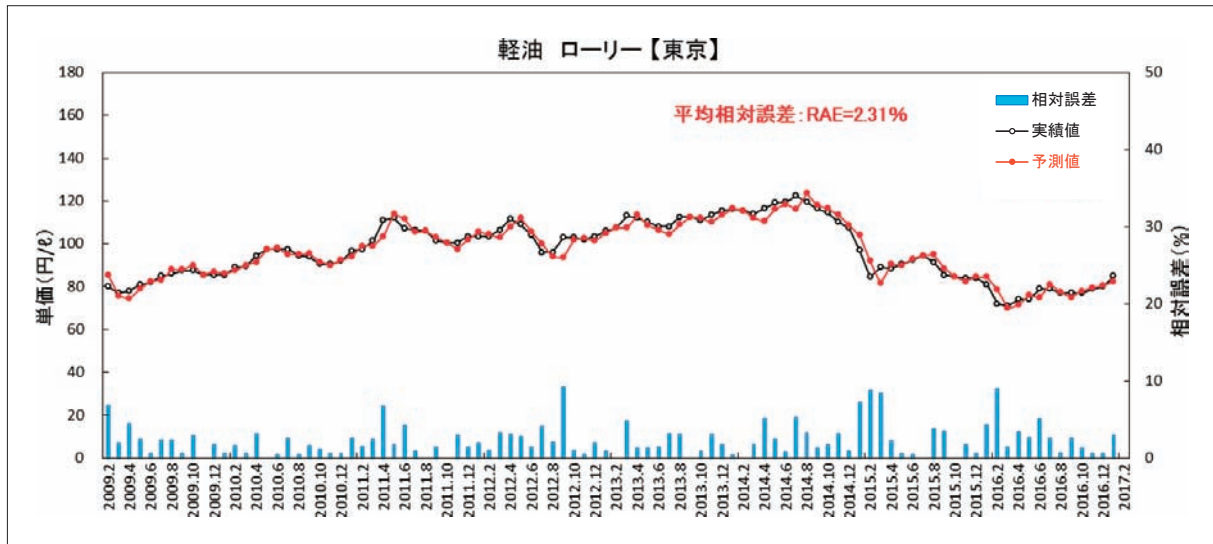
図－2 異形棒鋼の価格推移と相対誤差



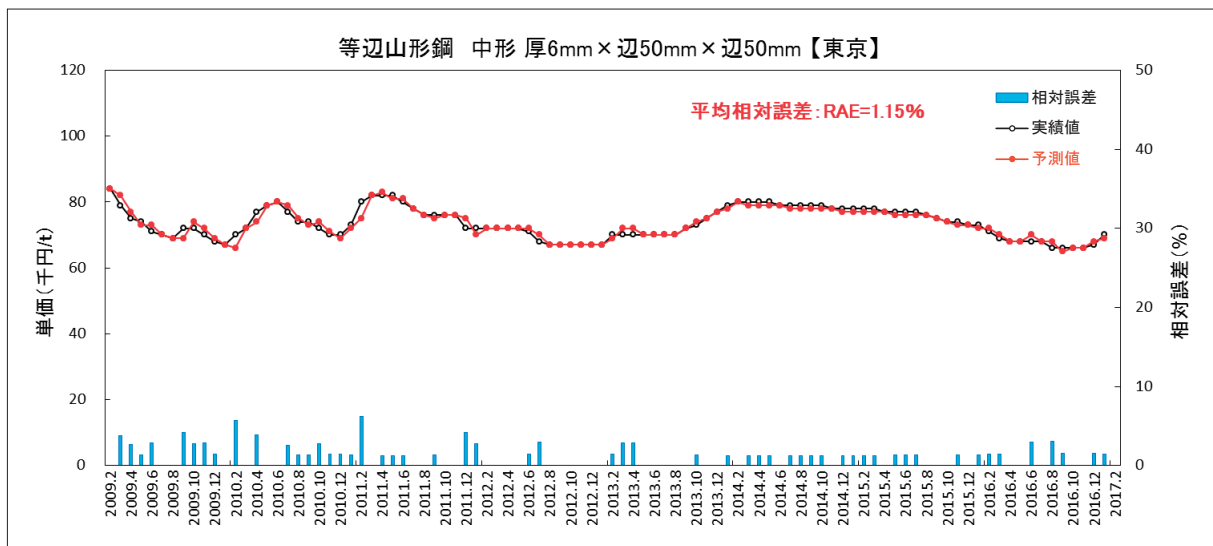
図－3 H形鋼の価格推移と相対誤差



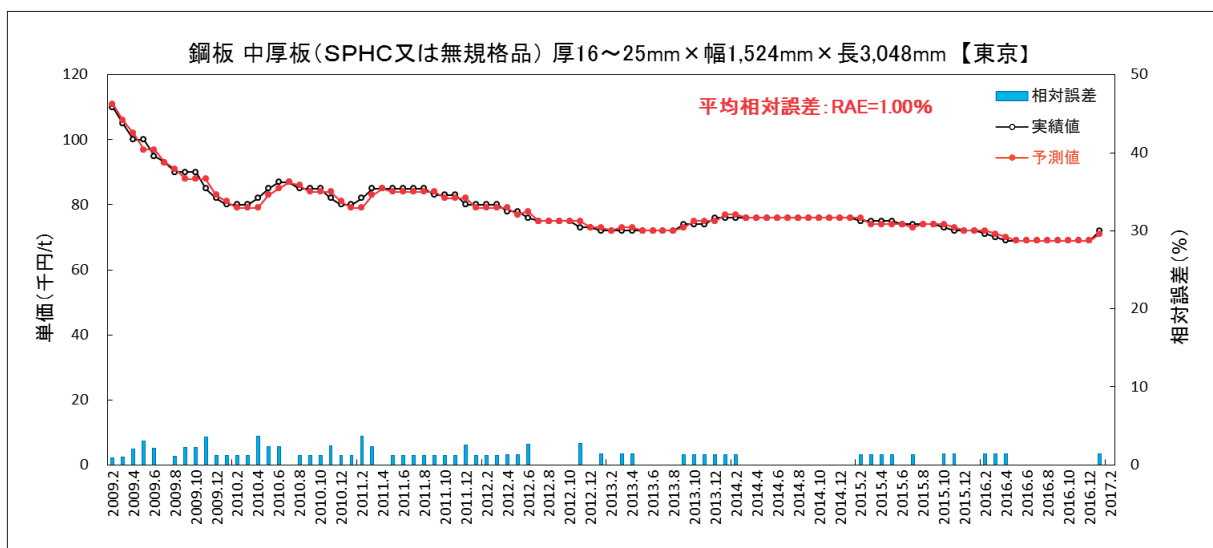
図－4 コンクリート型枠用合板の価格推移と相対誤差



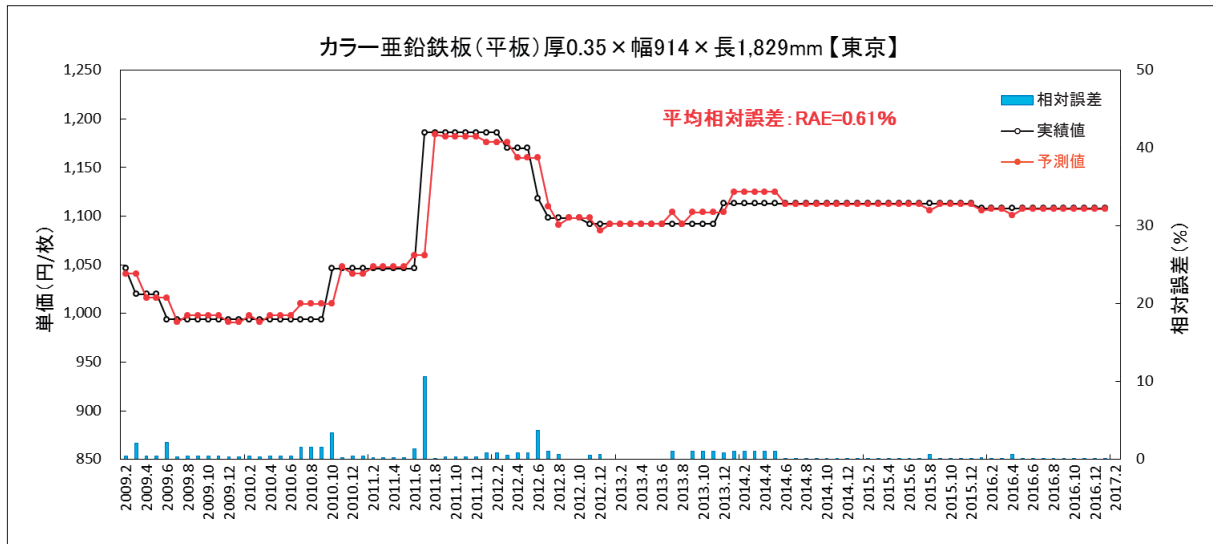
図－5 軽油の価格推移と相対誤差



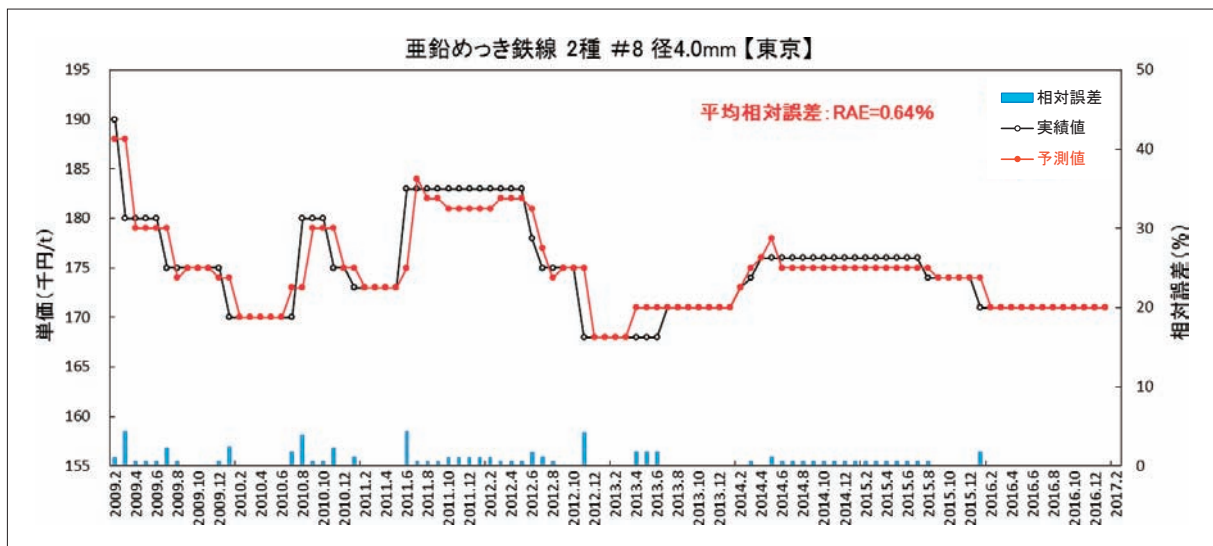
図－6 等辺山形鋼の価格推移と相対誤差



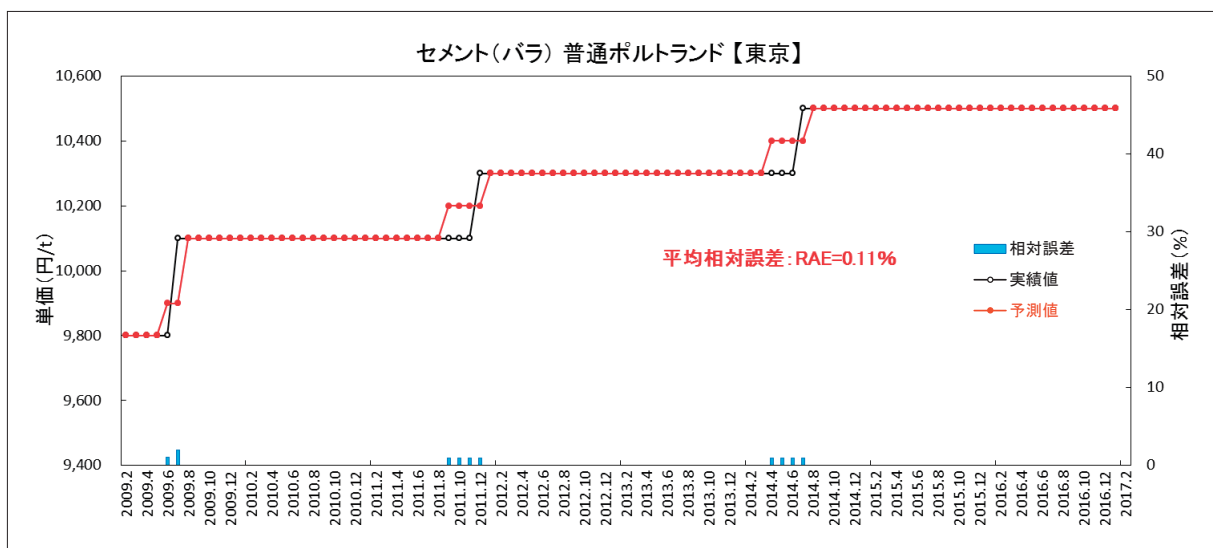
図－7 中厚板の価格推移と相対誤差



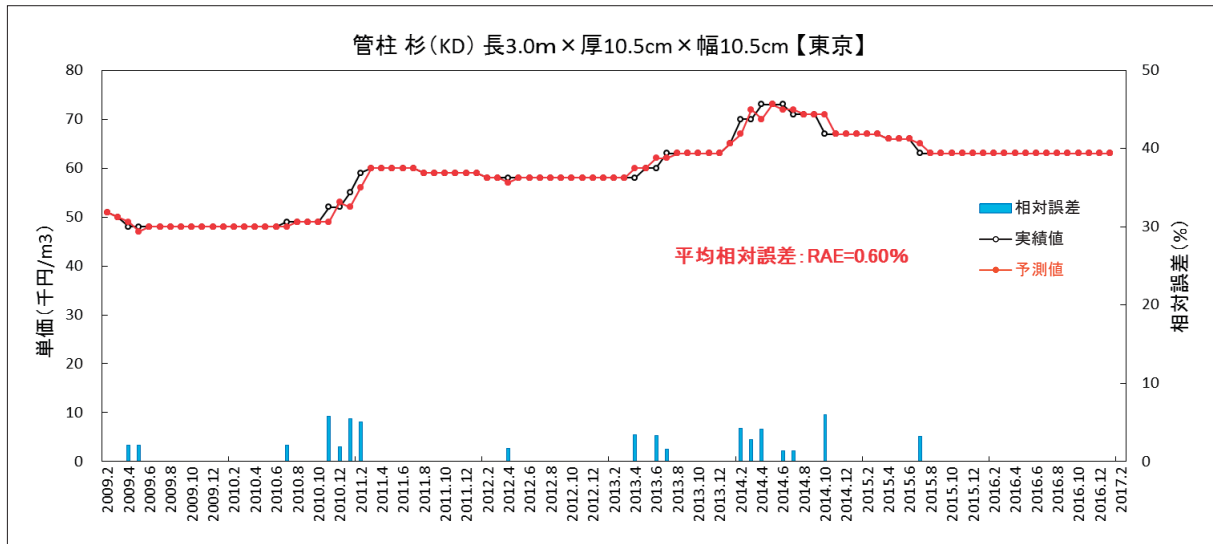
図－8 カラー亜鉛鉄板の価格推移と相対誤差



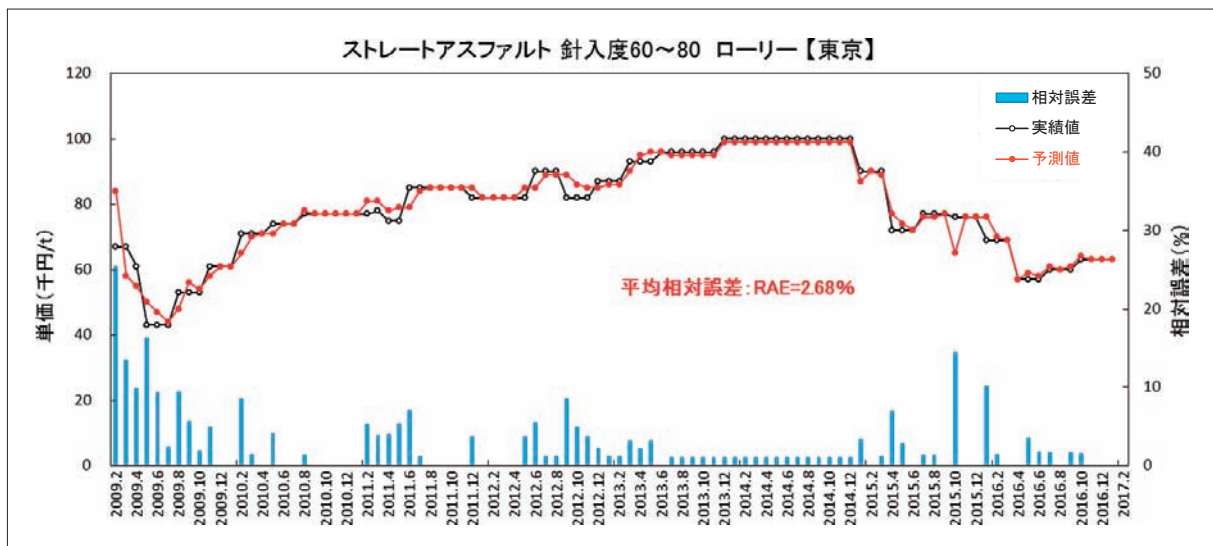
図－9 亜鉛めっき鉄線の価格推移と相対誤差



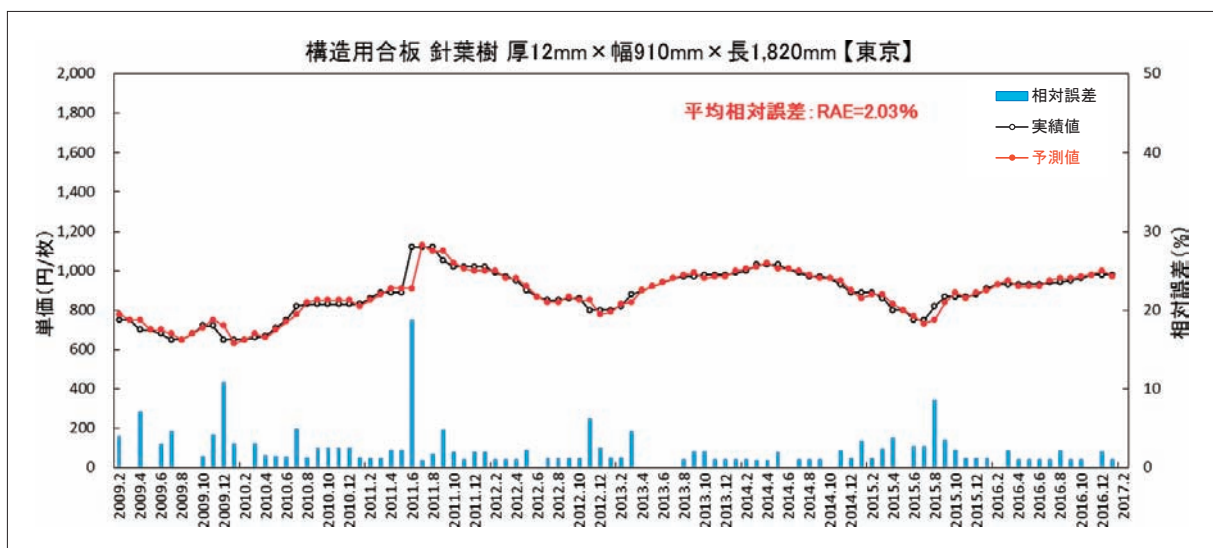
図－10 セメントの価格推移と相対誤差



図－11 杉の価格推移と相対誤差



図－12 ストレートアスファルトの価格推移と相対誤差



図－13 構造用合板の価格推移と相対誤差

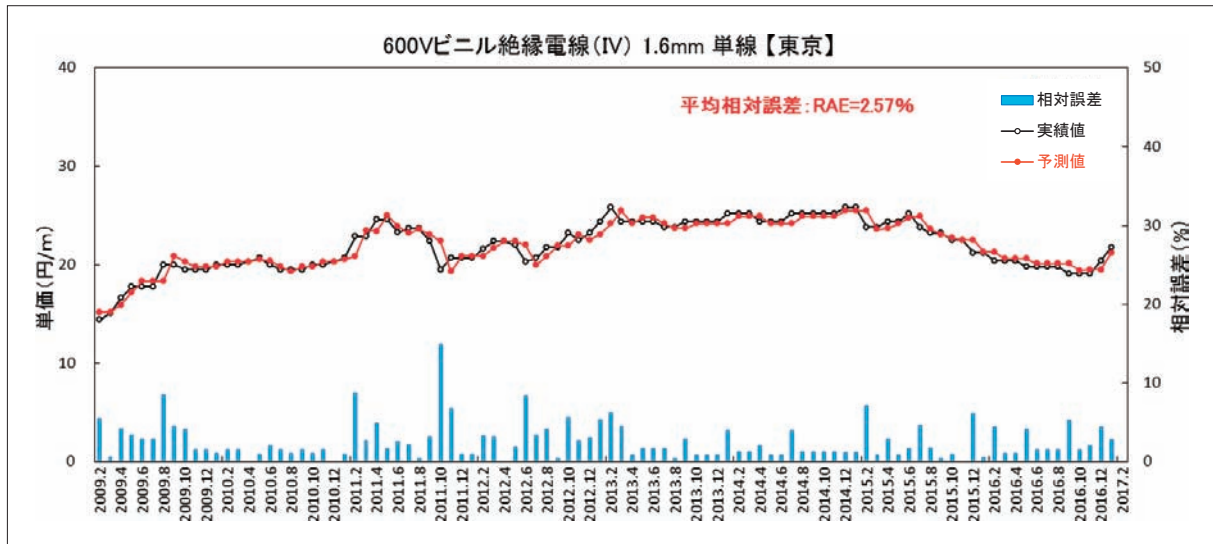


図-14 ビニル絶縁電線の価格推移と相対誤差

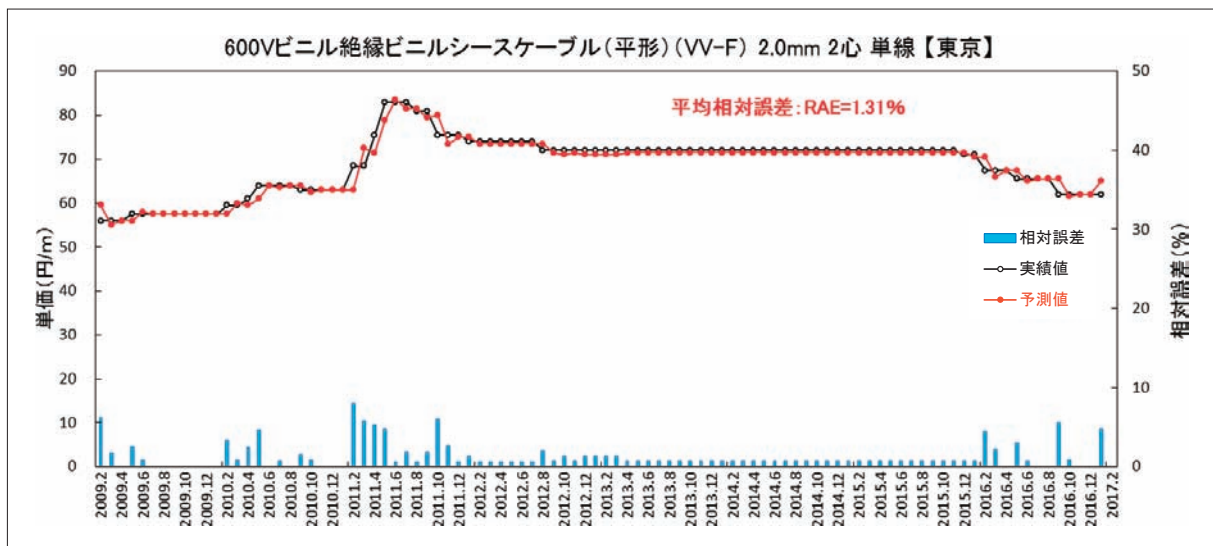


図-15 ビニル絶縁ビニルシースケーブルの価格推移と相対誤差

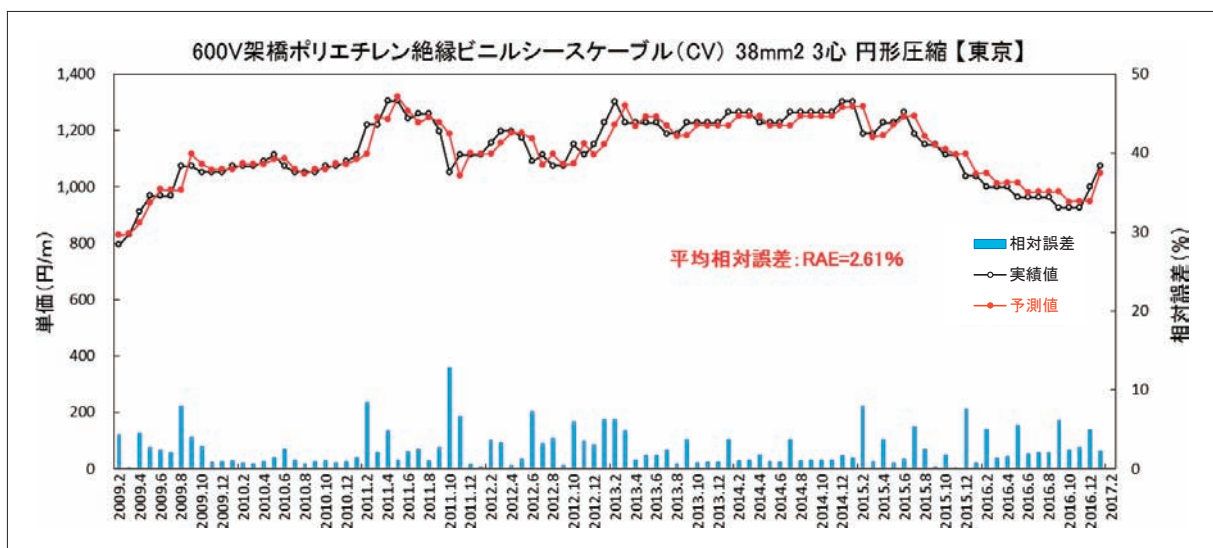


図-16 架橋ポリエチレン絶縁ビニルシースケーブルの価格推移と相対誤差

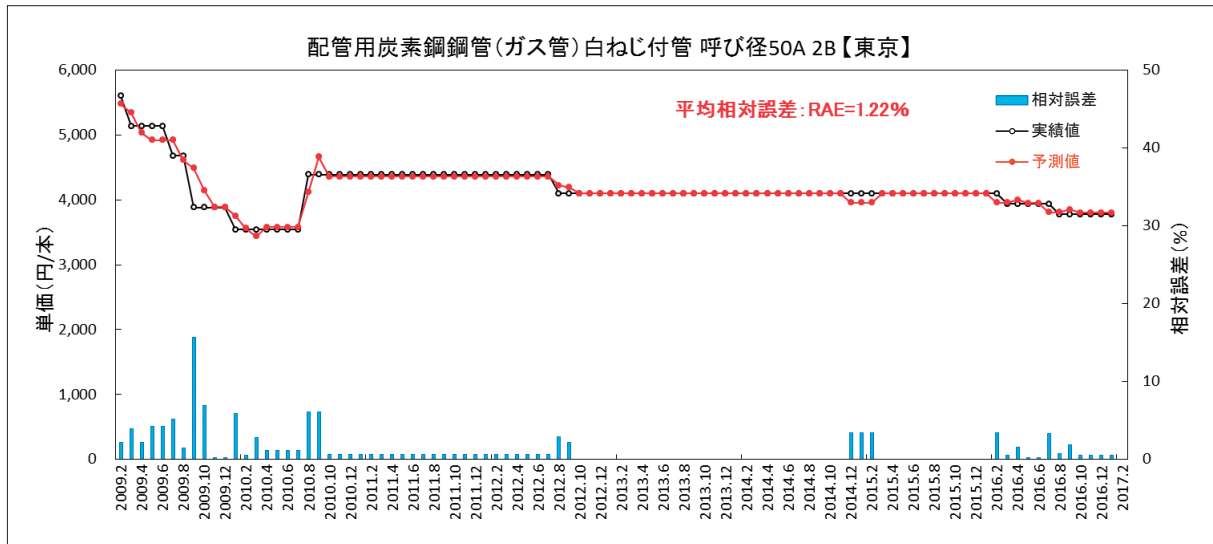


図-17 配管用炭素鋼鋼管の価格推移と相対誤差

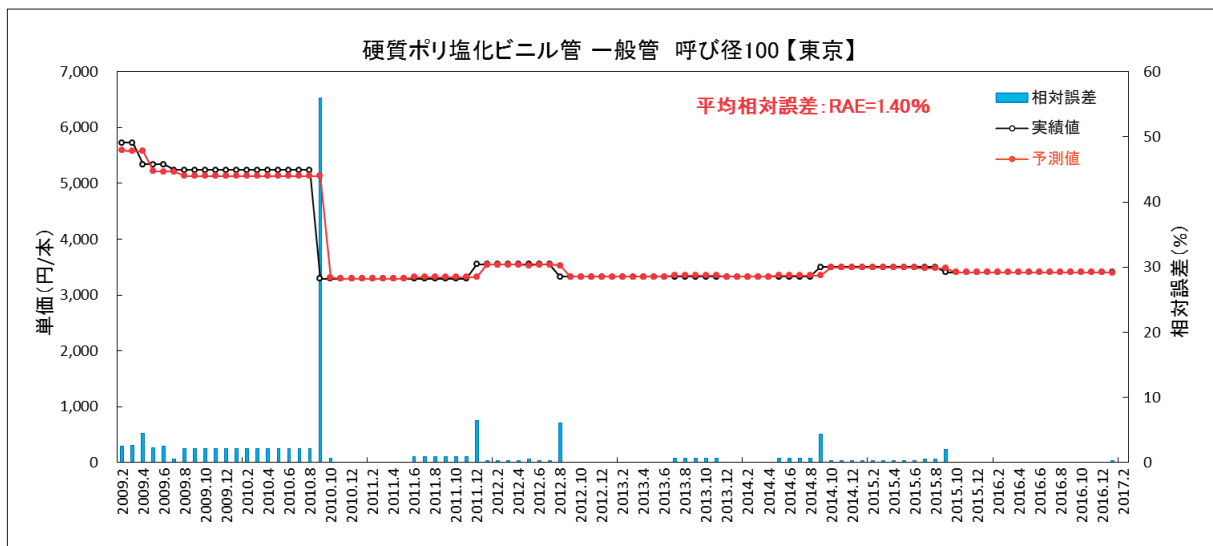


図-18 硬質ポリ塩化ビニル管の価格推移と相対誤差

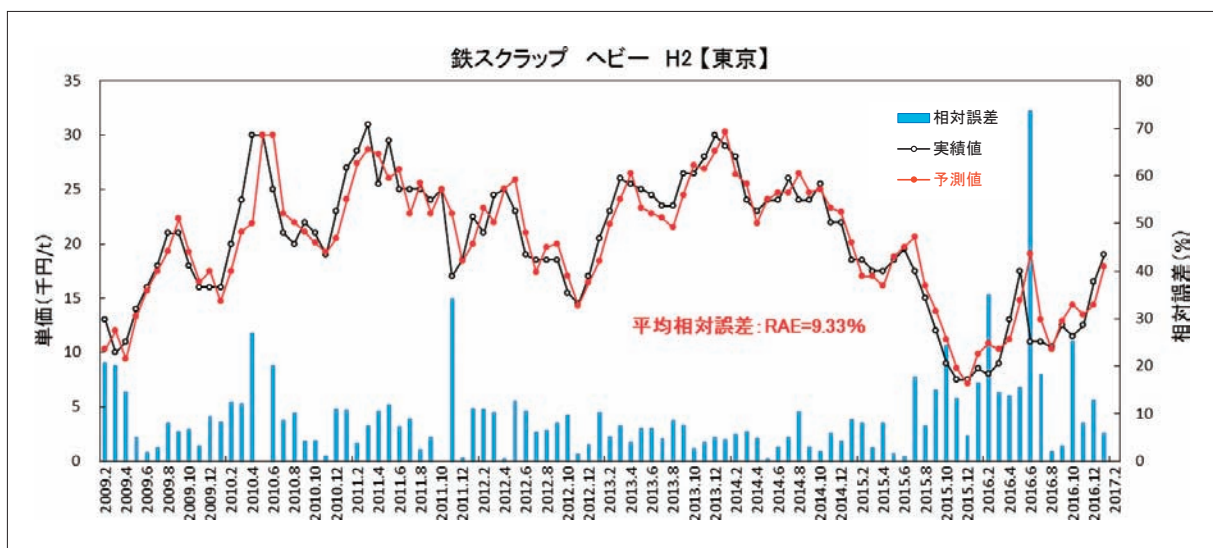
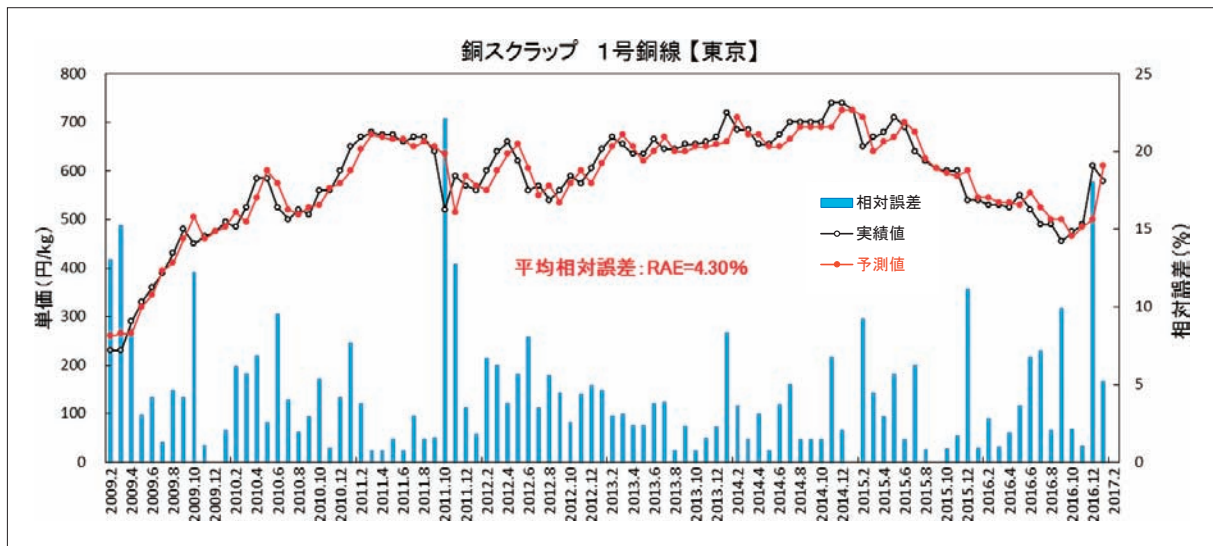


図-19 鉄スクラップの価格推移と相対誤差



図－20 銅スクラップの価格推移と相対誤差

既に予測モデル式を適用している資材4品目の平均相対誤差は下記（表－4）の通りとなった。

表－4 現行の予測対象資材の平均相対誤差

	品 名	平均相対誤差 (RAE)
1	異形棒鋼	1.54%
2	H形鋼	1.67%
3	コンクリート型枠用合板	1.80%
4	軽油	2.31%

一方、予測モデル式の適用を検討している資材15品目の平均相対誤差は下記（表－5）の通りとなった。

検証の結果、予測モデル式を適用済みの4品目の平均相対誤差（RAE）は、「異形棒鋼」の1.54%が最も小さく、「軽油」の2.31%が最も大きくなった。一方、予測モデル式の適用について検討対象としている15品目については、「セメント」の0.11%が最も小さく、「鉄スクラップ」の9.33%が最も大きくなった。

概ね平均相対誤差（RAE）が3.00%以下に収まっており、既に予測モデル式を適用している4品目の建設資材と比較しても、大きく乖離していないことが分かった。

「セメント」の平均相対誤差（RAE）が0.11%と全ての資材の中で最も小さくなったのは、資材価格の変動周期が長く、同値で推移する期間が長いからであると考えられる。これは、セメントはコンク

リートの主原材料の一つであり、セメントメーカーと需要家であるコンクリートメーカーとの個別の価格交渉によって値段が決まるため、市況のベースとなる価格が統一されておらず、個々の価格交渉の結果が市況の動向に反映されにくいことなどが要因として挙げられる。

一方、「鉄スクラップ」と「銅スクラップ」は他の資材と比べて平均相対誤差（RAE）が大きく、予測モデル式による予測価格の精度が低いことが分かった。

これは、「鉄スクラップ」や「銅スクラップ」の市場取引価格が、国内需要はもとより世界的な経済動向に大きく影響され、価格変動が頻繁に起きるためと考えられる。資材価格の変動周期が短いため、1ヵ月周期の定点調査によるデータだけでは精度の高い予測価格を導き出すことは難しい。

以上の検証より、「鉄スクラップ」と「銅スクラップ」以外の建設資材については、現行の予測モデル式が適用できるという結果が得られた。

4. おわりに

本研究では、多くの建設資材について、現行の予測モデル式を利用して精度の高い予測価格を算出することが可能であり、汎用性の高い予測モデル式であることが分かった。

しかし、この予測モデル式は、新興国の需要の急

表－５ 検討資材の平均相対誤差

	品 名	平均相対誤差（RAE）
1	等辺山形鋼	1.15%
2	鋼板 中厚板（SPHC 又は無規格品）	1.00%
3	カラー亜鉛鉄板（平板）	0.61%
4	亜鉛メッキ鉄線 2 種	0.64%
5	セメント（バラ）	0.11%
6	管柱 杉（KD）	0.60%
7	ストレートアスファルト	2.68%
8	構造用合板	2.03%
9	600V ビニル絶縁電線（IV）	2.57%
10	600V ビニル絶縁ビニルシースケーブル（平形）（VV-F）	1.31%
11	600V 架橋ポリエチレン絶縁ビニルシースケーブル（CV）	2.61%
12	配管用炭素鋼鋼管（ガス管）	1.22%
13	硬質ポリ塩化ビニル管（一般管）	1.40%
14	鉄スクラップ	9.33%
15	銅スクラップ	4.30%

増による資材価格の高騰やリーマンショックによる株価の暴落といった予期せぬ経済的な大規模変動が起きた場合の変動要因を包含していない。そういった突発的で大規模な経済動向による価格変動を予測モデル式にいかに組み込むことができるかが今後の大きな課題であると言える。

また、建設業界における経済活動の周期は、プロジェクトの規模にもよるが、半年から１年といった中長期であることが多く、本研究のように１ヵ月先の価格予測では短すぎるという指摘もある。このことから、予測対象時期の延伸は喫緊の課題である。

さらに、今後は都市の拡充を目指し、大阪・名古屋・札幌・福岡といった東京以外の大都市圏における予測モデル式の適用についても検討していく必要がある。

なお本研究は、当会の総合研究所独自の研究に基づく推計値であり、当会の調査部門における予測対象月の調査結果（実勢価格）とは一切関連しないことにご留意をいただきたい。

参考文献

- 1) 建設物価調査会：総研レポート 第 15 号 2016 年 9 月

建設物価・建築費指数の寄与度からみた指数変動について

経済研究課 上席研究員 吉田 光正

1. はじめに

「建設物価・建築費指数」は、建築工事費に関する物価指数として、1983年7月に1980年基準指数として公表を開始した。また、1996年10月から公表の1990年基準指数からは、それまでの標準指数・構造別平均指数（いずれも東京）に加え、地域指数（大阪、名古屋、福岡、広島、高松、金沢、新潟、仙台、札幌）の公表も開始した。

また、2015年には、月刊「建設物価」に掲載の「生コンクリート」の価格調査都市についての建築費指数（地域版）の試算を行い、同誌上で記事を連載した。

本稿は、約37年間の東京の時系列指数の中から大きく指数が変動した3つの時期について、参考資料として公表している「寄与度」に着目し、指数と寄与度の変動の関係把握を目的として情報を整理した。

2. 建築費指数の寄与度について

建築費指数を公表している「建設物価指数月報」¹⁾には、建築費指数の変動に対する細目寄与度を参考資料として掲載している。これは、建築費指数の変動分のうち、例えば鋼材（材料）がどれだけ上昇させたか、あるいは型枠（材工共）がどれだけ下落させたか等を、建築費（純工事費）の変動に対する細目の影響度合いを、基準時比、前年同月比、前月比について計測している。このうち本稿では、基準時比寄与度について整理した。

寄与度を求める算式は以下に示す²⁾。

$$i \text{ 項目の寄与度} = \frac{i \text{ 項目の指数のポイント差} \times i \text{ 項目のウェイト}}{\text{前期(基準時)の総合指数} \times \text{総合のウェイト}} \times 100$$

3. 指数変動と寄与度の関係

1980年からの建築費指数（RC造、S造）が大きく上昇・下落している時期は、以下の3つの時期である。（図1参照）

- ①バブル期前後
- ②世界金融危機（リーマン・ショック）前後
- ③東日本大震災発生後

以下に、3つの時期の指数の寄与度から見た変動について概観する。

なお、寄与度はあくまでも各基準年毎のウェイトで算出されるため、特に異なる基準年で算出された寄与度同士の比較には注意を要する。また、対基準年比の各細目の寄与度は、各細目の基準年平均価格の水準に影響を受けることに留意いただきたい。

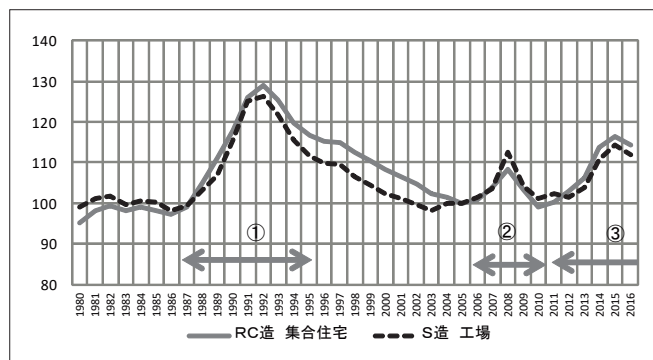


図1 建築費指数（東京）の推移（2005年平均=100）

（1）バブル期前後

1985年9月の先進5カ国蔵相会議（G5）でドル高是正に向けた合意（プラザ合意）が形成され、その後、円はドルに対し急激に高くなり、輸出産業と輸出競争産業が打撃を受け、円高不況となった。日本は、円高不況は1年で克服し、1987年から景気は急速に回復し、1988年から1990年まで5～6%といった高い成長率が続いた。これが「バブル景気」

であった。この時代の特徴は、特に株式投機と土地投機が盛んになり、株価と地価が急激・大幅に上昇したことである³⁾。

しかし、日本銀行の金融引き締め政策への転換と、政府の地価上昇抑制策により、株価は1990年の年初来から下落し、地価も1991年から下落が始まり、多額の資金を調達して土地や株式の投機を行っていた企業は多額の損失に見舞われ、バブルは崩壊した⁴⁾。

当会刊行の「建築と設備 コスト情報」の工事費概況⁵⁾によると、建築工事の施工単価は、1987年夏頃から、東京を中心に型枠工事、鉄筋組立加工の単価上昇が目立ち始めた。この単価上昇は、首都圏、京阪神地区に波及し、さらに全国で値上がりが見られた。また、単価上昇は型枠、鉄筋にとどまらず、仮設、土工事、鉄骨工事工場製作費や鉄骨現場建方から内装仕上まで、一部の工種を除いて、ほぼ全工種に及んだ。

建築施工単価の全面的な上伸の背景は、民間を中心に建設投資が活発であったこと、それにつれて建設労働者の人手不足が深刻さを増して、人手確保対策としての労賃や労務的経費が増大したことが考えられる。バブル崩壊により、建築着工統計・床面積合計は減少し、労働力のひっ迫が解消され、元請の専門工事業者への指し値が厳しくなったことと、専門工事業者は仕事確保のため、元請の指し値に応じざるを得なくなったことで、建築施工単価も1992年春頃から下落に転じる工種も出てきた。

建築費指数も1987年後半から上昇し、1991年後半にピークを迎え、その後指数は下落した。(図2)

バブル期前後で建築費指数の数値が高い1991年8月分の基準時比寄与度(表1)で見ると、RC構造別平均では、建築費指数変動分【35.85】、建築合計【30.14】、設備合計【5.71】となった。建築合計のうち、木製型枠(材工)が【14.01】を占めている。以下、寄与度の大きいものは、モルタル塗(材工)【2.87】、鉄筋加工組立(材工)【2.74】等となっている。(建築その他【10.50】は、主要細目以外の様々な建築細目の合計である。)

一方、S構造別平均では、建築費指数変動分【29.72】、建築合計【26.25】、設備合計【3.47】となった。建築合計のうち鉄骨加工(工)【6.75】が単一細目の寄与度では、一番大きい値となってお

り、次いで、木製型枠(材工)【3.55】となっている。一方、鋼材(材)が【▲2.15】とマイナスの寄与度となっている。

バブル期の建築費指数は、さまざまな材料や工事費の上昇が指数に大きな影響を与えたといえる。

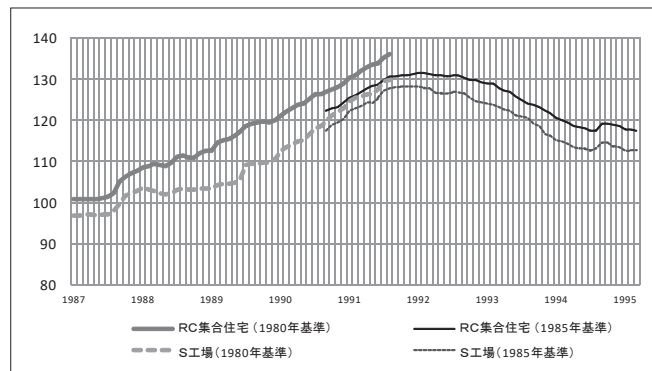


図2 バブル期前後（1987年～1995年）の純工事費指数（東京）の推移

表1 主要細目寄与度（1991年8月：東京）

主要細目寄与度 【対基準時(1980年)比】	1991年8月	
	R C構造別平均	S構造別平均
建築費指数変動分	35.85	29.72
建築合計	30.14	26.25
生コンクリート(材)	▲ 1.10	▲ 0.63
木製型枠(材工)	14.01	3.55
鉄筋(材)	▲ 0.75	▲ 0.28
鉄筋加工組立(工)	2.74	1.01
鋼材(材)	▲ 0.05	▲ 2.15
鉄骨加工(工)	0.14	6.75
製材(材)	▲ 0.31	▲ 0.29
大工手間(工)	1.64	1.64
モルタル塗(材工)	2.87	1.40
アルミサッシ(材工)	0.45	0.40
建築その他	10.50	14.85
設備合計	5.71	3.47
電気機器類(材)	0.06	0.10
電気電線類(材)	▲ 0.11	▲ 0.12
電気労務(工)	0.90	0.80
衛生機器類(材)	0.93	0.64
衛生管類(材)	0.12	0.07
衛生労務(工)	1.87	1.13
空調機器類(材)	0.36	0.11
空調ダクト類(材)	▲ 0.04	▲ 0.01
空調労務(工)	0.35	0.10
設備その他	1.27	0.65

(2) 世界金融危機（リーマン・ショック）前後

2008年9月15日に起きた「世界金融危機（リーマン・ショック）」の前後の数年間に建築費指数は大きく変動した。原油等の国際市場の上昇や中国、東南アジア諸国の経済成長等で、建設資材は総じて全般的に値上げ機運がみられた。

そのうち鋼材は、マンション、設備投資関連、都市部の大型再開発などの民間建築需要が好調であり、需要が増加した。メーカー各社は原材料の鉄くずの高騰等を理由に断続的に値上げを実施し、価格は急上昇した。2008年8月には、異形棒鋼（SD295A・D16）でトンあたり112,000円と年初比で42,000円上伸するという歴史的水準となった。また、H形鋼（SS400 200×100×5.5×8mm）も同年8月にトンあたり127,000円と過去最高値となった⁶⁾。

また、工事費は2006年後半頃からマンション、再開発物件を中心とする民間需要の高まりから、職人不足の状態となり2007年末まで鉄筋工事、型枠工事等で工事費の上昇もみられた⁷⁾。

しかし、アメリカのサブプライムローンの債務不履行から始まった金融危機は、2008年9月15日の同国の投資銀行のリーマン・ブラザーズの破綻で頂点を迎え⁸⁾、世界的な金融危機が発生し、日本国内にも大きな影響を及ぼした。

その後の景気減速・低迷のため、資材価格、工事費は全般にわたり、大きく下落した。

建築費指数についてみると、2006年頃から上昇傾向となり、2008年8月を頂点とし、その後は2009年末まで下落している。（図3）

世界金融危機直前に建築費指数が最高値を示した2008年8月の基準時比のRC集合住宅の主要細目寄与度は、純工事費で【11.26】、建築の寄与度は【9.06】、設備の寄与度は【2.19】となった。建築のうち最も大きい寄与度の数値は、鉄筋（材）【5.50】であり、次いで型枠（材工）の【1.67】である。鉄筋加工組立（材工）は【0.51】となった。（表2）

また、S工場の基準時比寄与度は純工事費で【17.22】、建築【14.01】、設備【3.20】であった。

最も寄与度の大きかった細目は、鋼材（材）【9.49】であり、次いで鉄筋（材）【2.02】であった。なお、鉄骨加工（工）は【0.04】であった。（表2）

世界金融危機直前の建築費指数は、材料（特に鋼

材）の上昇が指数に大きな影響を与えたといえる。

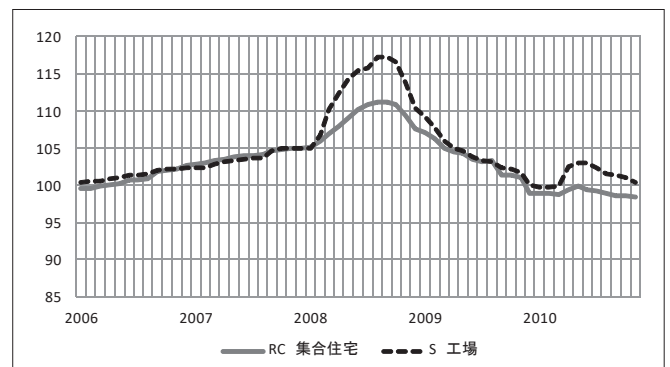


図3 世界金融危機前後（2006～2010年）の純工事費指数（東京）の推移（2005年平均＝100）

表2 主要細目寄与度（2008年8月：東京）

主要細目寄与度 【対基準時(2005年)比】	2008年8月	
	RC集合住宅	S工場
(純 工 事 費)	11.26	17.22
(建 築)	9.06	14.01
生コンクリート（材）	0.31	0.18
型枠（材工）	1.67	0.38
鉄筋（材）	5.50	2.02
鉄筋加工組立（工）	0.51	0.19
鋼材（材）	0.09	9.49
鉄骨加工（工）	0.00	0.04
アスファルト防水(材工)	0.02	0.01
木工（材工）	▲ 0.34	▲ 0.04
軽鉄軸組（材工）	0.00	0.00
モルタル塗（材工）	0.02	0.01
アルミサッシ（材工）	0.20	0.16
石こうボード（材工）	0.00	0.00
建築その他	1.08	1.58
(設 備)	2.19	3.20
電気機器（材工）	0.03	0.04
照明器具（材工）	▲ 0.01	▲ 0.02
電線・ケーブル（材工）	1.19	1.91
衛生機器（材工）	0.15	0.19
衛生配管（材工）	0.74	0.50
空調機器（材工）	0.00	0.05
空調ダクト（材工）	0.00	0.01
設備その他	0.09	0.53

(3) 東日本大震災発生後

2011年3月11日に発生した東日本大震災の災害復旧・復興工事と首都圏マンション新築工事、大型再開発、そして東京五輪関連工事需要で鉄筋工、型枠工を中心に職人不足が慢性化し、一部現場では工程遅延もみられた。専門工事業者は、雇用環境の改善や利益確保のために契約単価の引き上げを打ち出し、総合工事業者も労務確保のため、2015年秋頃までに数回の値上げを受け入れた。それ以後は、労務需給のひっ迫は薄らぎ、一部の工事費は弱含みとなった⁹⁾。

資材価格の状況は、鋼材については鉄くずの値上がりや需給の引き締まりで、2014年2月まで価格は上昇し、震災後の最高値となった。それ以後は原材料価格の下落や、国内需要の停滞を背景に弱含み傾向となっている¹⁰⁾。

建築費指数についてみると(図4)、純工事費指数は2012年春頃から上昇を続け、ピークとなった2015年6月のRC集合住宅の純工事費の寄与度は【17.50】、建築の寄与度は【14.85】、設備【2.65】である。建築寄与度の半分は型枠(材工)【7.30】が占めており、次いで鉄筋加工組立(工)【1.91】、電線・ケーブル(材工)【1.09】の順となっている。材料より工事費や材工共の寄与度が大きい。(表3)

また、S工場の純工事費の寄与度は【15.24】、建築は【11.11】、設備【4.14】である。寄与度の大きい細目は、電線・ケーブル(材工)【1.71】、型枠(材工)【1.65】、鉄骨加工(工)【1.61】であり、同じく鉄筋(材)、鋼材(材)の寄与度は小さい。(表3)

東日本大震災以降の建築費指数は、工事費や材工共の細目指数の上昇が指数に影響を与えたといえる。

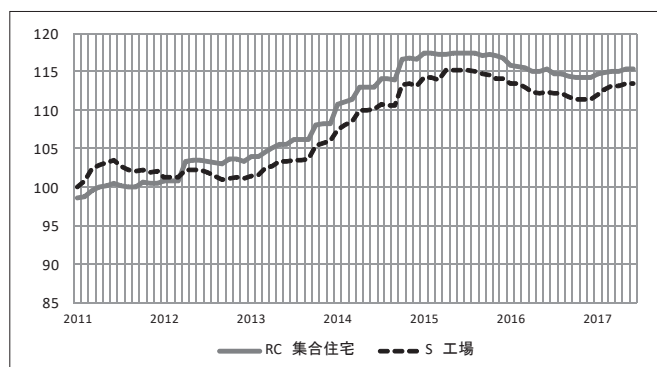


図4 東日本大震災後（2011年～）の純工事費指数（東京）の推移（2005年平均＝100）

表3 主要細目寄与度（2015年6月：東京）

主要細目寄与度 【対基準時(2005年)比】	2015年6月	
	RC集合住宅	S工場
(純工事費)	17.50	15.24
(建築)	14.85	11.11
生コンクリート(材)	0.94	0.55
型枠(材工)	7.30	1.65
鉄筋(材)	0.10	0.04
鉄筋加工組立(工)	1.91	0.70
鋼材(材)	0.00	0.38
鉄骨加工(工)	0.01	1.61
アスファルト防水(材工)	0.24	0.10
木工(材工)	▲ 0.01	▲ 0.00
軽鉄軸組(材工)	0.02	0.02
モルタル塗(材工)	0.14	0.04
アルミサッシ(材工)	0.08	0.06
石こうボード(材工)	0.32	0.31
建築その他	3.81	5.65
(設備)	2.65	4.14
電気機器(材工)	0.27	0.73
照明器具(材工)	0.03	0.06
電線・ケーブル(材工)	1.09	1.71
衛生機器(材工)	0.31	0.31
衛生配管(材工)	0.51	0.33
空調機器(材工)	0.13	0.20
空調ダクト(材工)	0.01	0.03
設備その他	0.31	0.76

4. まとめ

以上、3つの時期の建築費指数の寄与度からみた純工事費指数変動をまとめてみた。

同じ純工事費指数の変動でも、バブル期のように、様々な細目が大きく変動した時期と、世界金融危機のように主に建設資材の変動、東日本大震災後のように主に工事費・材工共の変動とそれぞれ異なるパターンとなった。

なお、③東日本大震災後の寄与度の分析は、本来は現在基準改定作業中の2011年基準指数での分析を行うのが、基準年ウエイトの内容により近く、望ましいと考えられる。今回は、暫定的に現在公表中の2005年基準指数の寄与度でとりまとめを行った。

建築費指数は、2018年春に2011年基準指数に切

り替えを予定している。この定期的な基準改定で、指数を計算するためのウェイトと毎月指数を計算するための細目価格の見直しを行う予定である。

今後とも、建築費指数を充実させ、定期的な提供を行っていく予定である。ご利用の皆様には、建築費指数に関するご意見ご要望等を、お寄せいただければ幸いである。

(e-mail : econ@kensetu-bukka.or.jp)

参考文献

- 1) 建設物価調査会『建設物価指数月報』建築費指数参照
- 2) 佐藤珠美「物価を測るー消費者物価指数のしくみと見方 (8)」『物価資料』1994年2月号 記事44ページ
- 3) 岩田規久男『日本経済を学ぶ』ちくま新書 2005年 44～46ページ
- 4) 浜野潔・井奥成彦・中村宗悦・岸田真・永江雅和・牛島利明『日本経済史 1600-2015』慶應義塾大学出版会 2017年 312～313ページ
- 5) 建設物価調査会『建築と設備 コスト情報』工事費概況 1990年上期版, 1990年下期版, 1991年上期版 記事1ページ
- 6) 建設物価調査会『建設物価』2007年12月号, 2008年12月号「特集 主要資材の需給と市況動向」記事6～22ページ
- 7) 建設物価調査会『建築コスト情報』2007年秋号, 2008年冬号, 2008年春号「建築工事費市況動向」記事2ページ
- 8) 石井里枝・橋口勝利『日本経済史』ミネルヴァ書房 2017年 298ページ
- 9) 建設物価調査会『建築コスト情報』2007年秋号, 2008年冬号, 2008年春号「建築工事費市況動向」記事2ページ
- 10) 建設物価調査会『建設物価』2014年12月号「特集 主要資材の需給と動向」記事10ページ

付録

総研リポート掲載報文リスト

(「*」は寄稿文)

- *伊豆 宏 (2007)：経済をかえる不動産の証券化，創刊号，1p..
- *河野 擴 (2007)：サステナブルな不動産市場の構築，創刊号，2p..
- *倉橋 透 (2007)：首都圏における相続税対策の貸家着工戸数への影響，創刊号，pp.3～12.
- 吉本隆英 (2007)：建築物リフォーム・リニューアル調査 平成17年度結果，創刊号，pp.13～21.
- 橋本真一 (2007)：耐震改修工事費のマクロ的価格傾向に関する研究，創刊号，pp.22～31.
- 松本精一 (2007)：江戸時代の土木設計・積算・施工技術を探る—「天保期の印旛沼堀割普請」の古文書を読む，創刊号，pp.32～69.
- *寶 馨 (2008)：地球温暖化と社会資本整備，Vol.2，pp.1～8.
- *松谷明彦 (2008)：人口問題から見る少子高齢化社会と社会資本の需要変化について，Vol.2，pp.9～21.
- 西方史子 (2008)：民間企業設備投資動向調査にみる土地購入費の動向，Vol.2，pp.22～26.
- 丸木 健 (2008)：く体工事の主要資材量に関する調査結果，Vol.2，pp.27～28.
- 池原一彦 (2008)：道路維持修繕工事施工単価の分析と作成，Vol.2，pp.29～38.
- 橋本真一 (2008)：マンション改修工事費のマクロ的価格傾向に関する研究，Vol.2，pp.39～51.
- 松本精一 (2008)：江戸時代の土木設計・積算・施工技術を探る (続編)，Vol.2，pp.52～71.
- 池原一彦 (2008)：ユニットプライス型積算方式事例解説，Vol.2，pp.74～102.
- *草柳俊二 (2009)：国際化の進行と建設産業が取り組むべき課題と将来展望について，Vol.3，pp.1～9.
- *小林康昭 (2009)：経済減速の激流に翻弄されるわが国の建設業，Vol.3，pp.10～19.
- 池原一彦 (2009)：切削オーバーレイ工施工単価算定システムの検討，Vol.3，pp.20～26.
- 丸木 健 (2009)：躯体工事の主要資材数量と変動要因に関する研究，Vol.3，pp.27～31.
- 橋本真一 (2009)：躯体コストからみたスケルトンの類型化

- に関する研究，Vol.3，pp.32～38.
- 池原一彦 (2009)：工事価格と施工条件の関係分析 (トンネル工事記録データを例として)，Vol.3，pp.39～49.
- 橋本真一 (2009)：建設資材の価格形成メカニズムに関する研究，Vol.3，pp.50～59.
- *牧角龍憲 (2010)：持続可能な地域社会を構築するために社会基盤整備が果たす役割，Vol.4，pp.1～7.
- *山本幸司 (2010)：我が国の社会資本整備と建設関連産業を取り巻く現状と課題，Vol.4，pp.8～12.
- 中村悦広 (2010)：滋賀における公営住宅家賃及び入居難の要因分析，Vol.4，pp.13～18.
- 吉田光正，西方史子，中村悦広 (2010)：マンション需要の価格弾力性の計測 地域別・時期別分析，Vol.4，pp.19～30.
- 橋本真一，丸木 健，中山健志 (2010)：建築着工統計からみたマンションの工事費変動要因に関する研究，Vol.4，pp.31～39.
- 橋本真一 (2010)：マンション改修工事費のマクロ的価格傾向に関する研究 (平成20年調査)，Vol.4，pp.40～52.
- 松本精一 (2010)：「村明細帳」にみる江戸時代の八ヶ岳南麓の農業水利，Vol.4，pp.53～70.
- *中村悦広 (2010)：社会資本の生産効果の研究レビュー，特別号，pp.4～12.
- *川出真清 (2010)：社会資本の生産性に関する研究レポート，特別号，pp.13～27.
- *中東雅樹 (2010)：日本の道路資本の現状分析—中東 (2010)の研究成果から—，特別号，pp.28～35.
- *亀田啓悟 (2010)：公共投資の雇用・民間投資誘発効果について，特別号，pp.36～43.
- *倉橋 透 (2010)：費用便益分析再考と New Approach to Appraisal，特別号，pp.44～56.
- *赤井伸郎，中村悦広 (2010)：公共建築による民間建築の「呼び水」効果について，特別号，pp.57～62.
- *赤井伸郎，亀田啓悟，中村悦広 (2010)：「建設工事受注動態統計調査」と「建築着工統計調査」の比較および改正建築基準法が建築の契約と着工の関係に与えた影響の分析，特別号，pp.63～72.
- *土居丈朗 (2010)：社会資本の最適規模と財政健全化に関する数値解析，特別号，pp.73～85.
- *根本祐二 (2011)：社会資本の老朽化と維持更新—震災復興と危機管理の観点から—，Vol.5，pp.1～8.

- *宮本和明（2011）：道路 PFI 事業と事業スキーム検討ツールの提案，Vol.5，pp.9～18.
- 岩松 準，建設物価調査会総合研究所（2011）：ミクロな資材価格データの時系列及び地域差の分析，Vol.5，pp.19～28.
- 宮本和明，建設物価調査会総合研究所（2011）：建設資材価格変動リスク分析のための時系列分析，Vol.5，pp.29～37.
- 中村悦広（2011）：事務所エネルギー消費に対する事務所稼働時間及び冷暖房使用日数の影響—DECC データを用いた事務所エネルギー消費削減効果の検証—，Vol.5，pp.38～48.
- 中山健志，橋本真一（2011）：中古マンション価格指数と建築費指数の連動性分析，Vol.5，pp.49～52.
- 中村悦広，橋本真一（2011）：建物の特性（品質）調整済みマンション工事費単価指数の計測—JBCI 個票データを用いて，Vol.5，pp.53～60.
- 橋本真一（2011）：JBCI データによる建物用途別工事費の類型化に関する研究，Vol.5，pp.61～65.
- 橋本真一，古阪秀三，韓 甜（2011）：中国と日本における積算基準と価格情報に関する比較研究，Vol.5，pp.66～72.
- 松本精一，牧野雅美，吉田光正（2011）：純資本ストックからみた農業基盤整備資本の現状，Vol.5，pp.73～82.
- *中野剛志（2012）：財政構造改革と公共投資（インフラ整備が抱える課題），Vol.7，pp.1～6.
- *古阪秀三（2012）：日中韓台の建築プロジェクトにおける品質確保のしくみに関する比較研究—鉄筋工事・鉄骨工事を例に一，Vol.7，pp.7～18.
- 清水隆博（2012）：建設投資分析，Vol.7，pp.19～24.
- 西方史子（2012）：実質民間住宅投資の決定要因に関する一考察—生産年齢人口と実質金利による分析—，Vol.7，pp.25～28.
- 中村悦広，橋本真一（2012）：東京都の分譲住宅及び賃貸住宅に関する建物特性調整済み工事費指数の計測，Vol.7，pp.29～36.
- 中山健志，橋本真一（2012）：超高層建築物の供給実態と市場について，Vol.7，pp.37～42.
- 橋本真一，丸木 健（2012）：契約実績データからみたマンション工事費の価格変動要因に関する研究，Vol.7，pp.43～47.
- 橋本真一，丸木 健（2012）：改修工事（集合住宅）のマクロ的価格傾向に関する研究（その5），Vol.7，pp.48～58.
- 橋本真一，古阪秀三，韓 甜（2012）：韓国・台湾と日本における積算基準と価格情報に関する比較研究，Vol.7，pp.59～65.
- 建設経済研究所，建設物価調査会総合研究所（2012）：LCC が建設コストに及ぼす影響に関する研究，Vol.7，pp.66～73.
- 村田裕介（2012）：非対称情報下における価格設定（調達）に関する研究の一考察，Vol.8，pp.78～84.
- 価値総合研究所，建設物価調査会総合研究所（2012）：価格情報および建設物価の価値に関する研究，Vol.8，pp.85～94.
- *家田 仁（2013）：「転換点に立つインフラ政策」—水平的展開の時代から垂直的発展の時代へ—，Vol.9，pp.1～7.
- 清水隆博（2013）：アベノミクスと公共投資，Vol.9，pp.8～18.
- 橋本真一（2013）：震災復興地域における建設資材・工事費単価等の推移と動向，Vol.9，pp.19～27.
- 橋本真一，丸木 健（2013）：契約実績データからみた事務所の工事費変動要因に関する研究，Vol.9，pp.28～32.
- 丸木 健（2013）：JBCI（建築工事費調査）について—データの概要とマンションの価格傾向—，Vol.9，pp.33～41.
- *高野伸栄（2013）：防災に係る市民意識を考える，Vol.10，pp.1～8.
- *藤川眞行（2013）：平成 25 年度建設経済見通しのポイント，Vol.10，pp.9～12.
- *藤川眞行（2014）：建築物リフォーム投資額のマクロ的な把握について，Vol.11，pp.1～6.
- *鈴木信行（2014）：新しい建設プロジェクトのマネジメント，Vol.11，pp.6～28.
- 橋本真一・丸木 健（2014）：契約実績からみた高齢者施設の工事費変動に関する研究，Vol.11，pp.29～36.
- 村田裕介（2014）：個人住宅の新築工事における建物概要と工事費の価格傾向，Vol.11，pp.37～45.
- 有森正浩・村田裕介（2014）：建設資材価格の定期調査において次回調査結果報告までの間に生ずる価格変動の予測，Vol.11，pp.46～51.
- 有森正浩・村田裕介（2014）：建築物着工統計の工事費予定額から資機材・労務調達の月別発注額を推定するモデル構築に関する一つの試み，Vol.11，pp.52～56.
- 有森正浩（2014）：西日本の積雪地帯における少雪傾向と少雪が水資源の不安定化に及ぼす影響，Vol.11，pp.57～65.
- 有森正浩・村田裕介（2014）：建設工事市場単価の定期調査後における価格動向の推定手法に関する検討，Vol.12，pp.1～6.

- *国土交通省総合政策局建設統計室（2014）：平成 26 年度建設投資見通し，Vol.12，pp.7～91.
- 有森正浩・村田裕介（2014）：建設資材価格の定期調査後における価格変動の予測，Vol.13，pp.3～8.
- 有森正浩・村田裕介（2014）：建設工事市場単価の定期調査後における価格変動の予測，Vol.13，pp.9～14.
- 有森正浩・村田裕介（2014）：建設資材の価格予測における予測期間と推定精度の関係—建設資材における 3 ヶ月先の価格予測の検討—，Vol.13，pp.15～22.
- 有森正浩・村田裕介（2014）：建設資材価格予測モデルの最適なモデルパラメータの決定方法に関する検討，Vol.13，pp.23～30.
- 有森正浩・村田裕介（2014）：建設工事受注動態統計の月別工事契約額から資材の月別調達額を推定するモデルの検討，Vol.13，pp.31～37.
- *倉橋 透（2015）：建設投資額のトレンドからの乖離と平成バブル期における乖離の背景と影響，Vol.14，pp.1～8.
- *五十嵐 健（2015）：次世代建設産業モデルとコスト情報のあり方，Vol.14，pp.9～18.
- 橋本真一（2015）：原価法による再調達原価算定の精緻化と価格情報等に関する一考察，Vol.14，pp.19～23.
- 橋本真一・丸木 健・村田裕介（2015）：木造住宅の工事費と価格変動要因に関する研究，Vol.14，pp.24～30.
- 西方史子・橋本真一（2015）：改修工事（集合住宅）のマクロ的価格傾向に関する研究（その 6），Vol.14，pp.31～41.
- 有森正浩・村田裕介（2015）：市況気配を用いた建設資材価格予測モデルにおける予測の仕組みに関する考察，Vol.14，pp.42～47.
- 有森正浩（2015）：西日本の積雪地帯における積雪量の経年変化推定—鳥取県の日野川流域における事例—，Vol.14，pp.48～56.
- 齋藤 彰（2015）：被災 3 県の建設資材価格・工事費の動向，Vol.14，pp.57～62.
- *蟹澤宏剛（2016）：建設業の重層下請構造の実態と技能者の処遇，Vol.15，pp.1～6.
- *鈴木信行（2016）：女性が建設産業に継続的に就業するための基礎条件に関する提案，Vol.15，pp.7～17.
- *鈴木信行・村田裕介・齋藤 彰（2016）：建設工事（香港）の契約条件書等からみた女性用現場設備に関する調査研究，Vol.15，pp.18～26.
- 橋本真一・丸木 健（2016）：倉庫・工場の工事費と価格変動要因に関する研究，Vol.15，pp.27～32.
- 建設物価調査会総合研究所（2016）：市況気配モデルによる建設資材等の価格予測の研究，Vol.15，pp.33～37.
- 村田裕介・大谷忠広・齋藤 彰（2016）：女性が働きやすい就労環境の改善費に関する研究，Vol.15，pp.38～45.
- 山本高史（2016）：“アジアのラスト・フロンティア” ミャンマーの建設経済の動向と街の様子，Vol.15，pp.46～56.
- *橋本 亮（2017）：i-Construction の現状と将来展望について，Vol.16，pp.1～6.
- *一般社団法人日本建設業連合会・土木工事技術委員会コンクリート技術部会・津川優司・前田敏也・佐藤文則・秋月敏政（2017）：現場打ちコンクリートの生産性向上への取り組みについて，Vol.16，pp.7～18.
- *建山和由（2017）：i-Construction の現状と将来展望，Vol.16，pp.19～28.
- *清沢唯志・和田 一・宮本勇太・森田晃司（2017）：熊本城再建における i-Construction の活用，Vol.16，pp.29～37.
- *神崎恵三（2017）：ICT 建設技術を活用した大規模造成工事の施工事例，Vol.16，pp.38～46.
- 橋本真一・丸木 健（2017）：RC 造の躯体工事費と建物用途との関連性に関する研究，Vol.16，pp.47～54.
- 山本高史（2017）：市況気配による予測モデル式の適用資材の追加の研究，Vol.16，pp.55～64.
- 吉田光正（2017）：建設物価・建築費指数の寄与度からみた指数変動について，Vol.16，pp.65～69.

◎総合研究所の自主研究の結果は、建設関連情報の総合サイト「建設 Navi」でご覧いただけます。(無料会員登録制)

〈技術研究課〉

- ・ Japan Building Cost Information (JBCI)
- ・ マンション改修工事費調査研究
- ・ 文教施設耐震改修工事費マクロデータ研究
- ・ 個人住宅工事費の価格傾向に関する研究

〈経済研究課〉

- ・ 建設物価指数月報
 - ・ 建設資材物価指数
 - ・ 建設機械・仮設資材賃貸料金指数
 - ・ 建築費指数
- ・ 民間企業設備投資動向調査

◇本誌の内容、数字等についてのお問い合わせは、下記へお願いします。

総合研究所 TEL 03-3663-7235

■禁無断転載

総研リポート

第 16 号

平成 29 年 7 月 3 日 発行

発行所 ©一般財団法人 建設物価調査会

〒 103-0011 東京都中央区日本橋大伝馬町 11 番 8 号

フジスタービル日本橋

・ オフィシャルホームページ

<http://www.kensetu-bukka.or.jp>

・ 建設関連情報の総合サイト「建設 Navi」

<http://www.kensetu-navi.com>

編 集 一般財団法人 建設物価調査会 総合研究所

印刷所 株式会社遊文舎



一般財団法人

建設物価調査会 総合研究所