

特集「ICT を利用した建設技術の高度化」

解説

ICT を利用した建設技術の高度化

Advanced Construction Technologies Using ICT

山 本 彰 Akira Yamamoto

1. はじめに

ICT (Information and Communication Technology) 分野は、「半導体の集積密度は、18～24 ヶ月で倍増する」と言われるように目覚ましい発展を遂げており¹⁾、医療、製造、交通・運輸、流通・小売などさまざまな分野において技術革新をもたらしている²⁾。また、パソコン、携帯電話、スマートフォン、あるいはインターネットなど ICT は我々の日常生活や企業活動に深く浸透しており、社会生活や産業構造に大きな影響を与えている。

自動車、半導体、電気製品などの製造工場では、1990 年代以降いち早く ICT を取り入れた産業用ロボットによる自動化を進めており、ICT を基礎とする自動生産システムの導入により生産効率が画期的に向上している。一方、建設分野においては ICT の活用が遅れており、建設業の生産性は 1990 年代以降、製造業の 50% 程度の水準 (2808 円/人・時間 (2009 年)) に留まっている³⁾。建設分野での ICT 利用の遅れの原因としては、製造業が工場内環境下での繰り返し作業であるのに対して、建設工事は場所が広域で単品受注生産であり、企画から維持管理までの工程が分業生産であることが挙げられている⁴⁾。つまり、建設分野に ICT を全面的に導入するには三次元の測位技術、移動通信技術、機械制御技術、高速通信技術、高速・大容量データ処理技術などが必要となり、技術レベルの高い ICT と多額の費用を要することになる。しかし、現状において ICT は建設分野への実用化に供するレベルに達しており³⁾、今後建設分野においても ICT の導入がさらに進むと予想される。

また、建設分野では高度成長期に整備された橋梁、トンネル、河川堤防など社会インフラの高齢化が進行しており、社会インフラの高齢化は 2012 年暮れに発生した笹子トンネルの天井板崩落事故によって、一気に社会の注目を浴びることとなった。このため、これら社会インフラのモニタリングによる監視・健全性の評価、維持管理は、建設分野における喫緊の課題となっている。また、少子高齢化およびバブル崩壊以降の建設投資の減少に伴う技術者離れによって生じた、熟練技術者・技能者の不足が大きな問題となっている。このような社会および建設分野における問題に対する解決策の一つとして ICT の活用が注目されており、様々な分野において導入されるようになってきている^{5),6),7)}。

そこで、今回の特集では「ICT を利用した建設技術の高度化」と題し、大林組の保有する ICT を利用した建設技術について論文と技術を紹介することとした。なお、ICT に関する考え方は人によってやや異なると思われるが、今回の特集では GPS、センサ、無線 LAN、インターネット、タブレット、スマートフォン、パソコンなどの ICT を使って得られる電子情報を活用して、建設工程全体の生産性の向上や品質の確保、運用時における利便性向上等に供する技術を取り上げ紹介することとした。たとえば、BIM (Building Information Modeling) とリンクさせて設計に利用するシミュレーション解析技術⁸⁾についても、ICT の活用技術として取り扱うこととした。

2. ICT の発展と建設分野への利用

2.1 ICT の発展

ICT の基本技術は CPU (中央処理装置)、ストレージ (記憶装置)、ネットワーク (通信網) であり、これらの技術はいずれも日進月歩の発達を遂げている。その進歩の結果として生まれたのが、クラウドコンピューティング、スマートフォン、ビッグデータ等の最新技術である。Fig.1 に ICT 分野の技術の変遷を示す。

1950 年代後半から 1960 年代に集積回路が開発され、その後集積回路の集積密度は加速度的に増加してきており¹⁾、それに伴って CPU の処理能力も大きく向上している。たとえば、1969 年に月面着陸したアポロ 11 号に搭載されていたコンピュータの CPU は 1MHz 程度と言われている¹¹⁾のに対して、現在われわれが仕事や家庭で使用しているコンピュータの CPU は既に 3GHz 程度となっていることから、約 3,000 倍の処理能力を有していることになる。また、Fig.1 を見ても、1998 年から 2013 年の最近 15 年間で CPU は 100 倍程度となっている。一方、ストレージは種々の方式があり、形態を変えながら大きく変化してきた。Fig.1 で見ると、ストレージは 1998 年から 2013 年の 15 年間で約 3000 倍に達している。

ネットワークについては、1980 年代はアナログ電話回線とモデムを使ったデータ通信が行われていた。1989 年に、ア

アメリカにおいて軍事や学術以外でのインターネットの商用利用が可能となり、1990年代以降民間でインターネットが広く使われるようになった。1990年代中頃に、我が国においてもインターネットへのアクセスポイントが整備され始め、さらに Web ブラウザを搭載した Windows95 が発売されて、利用者が急増した。特に、1995年に発生した兵庫県南部地震でインターネットの利便性が認められると、その後利用者が急増した。

このころ無線機器は音声通信の用途が主体であったが、今日ではデータ通信の需要が急速に増え、スマートフォンやタブレット端末

などが主流となっている。通信速度の進歩を携帯電話で見てみると、1993年から始まったデジタル方式での通信速度は最大 2.4kbps 程度であった。その後、2001年には 384kbps、2006年には 14Mbps、2009年には 100Mbps となっており、16年間で約 4 万倍になっている⁹⁾。このような移動通信分野の利用拡大に伴って、利用できる周波数帯域の見直しが行われるなど通信環境の整備も進められている¹²⁾。この他にも、建設分野への ICT の利用拡大に当たって欠かせないのが GNSS (Global Navigation Satellite System) および GIS (Geographic Information System) の空間情報の発達である。測位システムが実用的かつ本格的に利用されるようになったのは 1995 年以降であるが、今や GNSS は航空機、船舶、カーナビ、携帯電話、無人飛行機など様々な分野で利用されている。我が国は 2010 年に準天頂衛星「みちびき」を打ち上げ、2010 年代後半には 4 機体制を目指しており、測位の高精度化による様々な分野での利用拡大が期待できる¹³⁾。この他にも、IC タグ、3D レーザースキャナ、デジタルカメラなど多くの ICT 分野の技術が開発・実用化されている。

2.2 建設分野における ICT 利用の変遷

ICT の発展とともに、建設分野における ICT 利用目的も時代とともに変化してきた。1970 年代は、手計算で処理していた給与計算や会計・経理などの業務をコンピュータ処理するようになりはじめた時代であり、事務処理の自動化・省力化のメインフレームとして OA 化 (この時代の ICT) が導入された。この時代、建設分野においては主に研究レベルで FEM 等による数値解析が実施されるようになった。

1980 年代は大型のコンピュータからパソコンに移行した時期であり、建設分野では新しい技術として種々の分野でエキスパートシステム、意思決定システムなどが数多く構築された¹⁴⁾。また、1980 年代後半にはスーパーコンピュータを導入し、建築構造物、流体、土木構造物、地盤等を対象とした高度で複雑な数値解析技術についての研究開発が盛んに行われた。大林組では、1988 年に技術研究所内に数値解析研究室を設立し、種々の解析ソフトを独自開発しており、今日の大林組における数値解析技術の礎を築いた時代である。一方、現場ではトンネル、盛土、土留め掘削等における施工中の挙動を各種センサで計測し、安全に施工するための手法として「情報化施工 (観測施工)」が行われるようになった。自動計測が導入されるようになり、計測データを電話回線とモデムを使って遠隔地に伝送し、複数の部門で情報の共有化が図られるようになった。

1990 年代後半には Web の広がりとともに、コンピュータや通信技術などの急速な発達により、パソコンが普及しインターネットと融合することで、建設分野の業務形態も大きく変化することとなった。たとえば、建設分野では設計業務に CAD が取り入れられるようになり、設計図書等が電子化されるようになった。一方、1991 年に発生した雲仙普賢岳の噴火を受けて、遠隔地で操作しながら無人で重機を動かす無人化施工技術の開発に取り組み始めた。また、GPS (Global Positioning System) を利用した盛土の施工管理システムや地すべり計測システム等が開発され、実用化されるようになった。2001 年には公共工事において CALS/EC が導入され、情報の電子化が促進された。



Fig. 1 ICT の変遷
Changes of ICT

2.3 現状における建設分野での ICT 利用

2000年代後半から、少子高齢化による人口減少のなかで、品質、コスト、安全、環境といった問題を解決するための建設生産システムの合理化が強く認識されるようになった。その代表的な技術が、2009年から建築分野で取り入れられるようになった BIM であり、その3年遅れで土木分野において推奨されるようになった CIM (Construction Information Modeling) である。BIM および CIM は、いずれもコンピュータ上に作成した三次元の形状情報に加え、適用箇所、材料・部材の仕様・性能、コスト情報等、構造物の属性情報を併せ持つ情報モデル (BIM あるいは CIM) を構築することで、調査・計画・設計から施工、維持管理に至る全生産工程の効率化・高度化を図る技術である¹⁵⁾。以下に、BIM や CIM の利用拡大とともに、融合すると考えられる ICT 利用技術を中心に、生産工程ごとに述べる。

調査・計画段階では、関係者が共通認識を持つうえで「見える化」の技術が重要となる。そのための基礎データである地形や既存構造物の形状・寸法を調査する方法として、デジタルカメラや 3D レーザースキャナが採用されるようになってきている。3D レーザースキャナによる計測には地上で測定する方法と有人・無人飛行機を使用して空中から測定する方法がある。さらに、これらの計測データに AR (Augmented Reality) を重ね合わせることで計画構造物を含めた完成時の「見える化」が図られている。一方、地盤分野では、公的機関からの地盤情報のオープン化が進んでおり、地盤の地質情報を三次元で「見える化」するための技術が開発され、首都圏を中心に大規模開発に役立てられている。また、コンピュータの高速化、メモリーの大容量化にともなって弾性波トモグラフィ技術等探査技術における三次元化が容易に行えるようになってきている。

BIM や CIM は、設計段階において発注者など関係者とのコミュニケーション強化と情報共有を図るのに有効であり、いわゆる「見える化」による合意形成に役立つと考えられている¹⁶⁾。さらに、BIM データと構造、気流、音、熱環境、避難など各種シミュレーション解析とをリンクさせることで、より安全で人にやさしい、合理的な構造形式の建物を提案するとともに、施設や構造の立体的な納まりについての検証が可能となる (Fig.2)。そのためにも、精度の高いシミュレーション解析技術の開発は欠かせない。CIM は、設計段階で取り入れる試みがなされているが、BIM ほどにはまだ進んでいないのが現状であろう。

ICT は施工時における生産性効率とともに、品質向上に大きく貢献すると期待できる。たとえば、BIM や CIM は、設備配管の取合いや配筋等の「見える化」によって協力会社と情報を共有するとともに、これら情報に対する協力業者の理解を深めることができ、品質の向上につながる。CIM は設計段階よりも施工段階での活用が進んでおり、大林組の CIM 活用の現場は 2014 年 9 月段階で 52 現場に上っている。また、タブレットを使用することで、配筋検査や設計図書との照合などを現場で実施する際に、紙による図面を持参することなく、タブレットにクラウドコンピュータに登録したデータを呼び出すことによりチェックできるシステムなどが実用化されている。大林組では現場職員全員がタブレットを携帯して、現場の様々な施工管理や検査等に活用している。

また、ICT および移動通信等の発展により建設ロボットの開発も加速している。建築分野では外壁の検査ロボット、床仕上げロボット、資材の運搬ロボットなどの建設ロボットを現場に導入して、省力化、熟練技術者不足等に対処している。今後、生産性の向上、および労働者不足・熟練技術者不足が予想されることから、建設ロボットに期待するところは大きい。

一方、土木分野では自動化による省力化、安全性向上等を目的として、GNSS による測位技術を用いた情報化施工が推し進められている¹⁸⁾。従来、

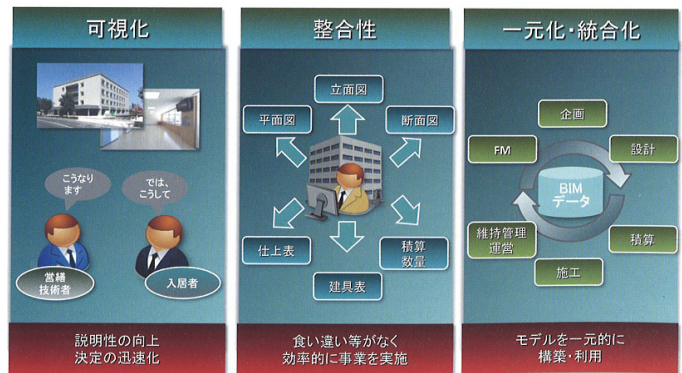


Fig. 2 想定されている BIM のメリット¹⁷⁾
Benefits of BIM

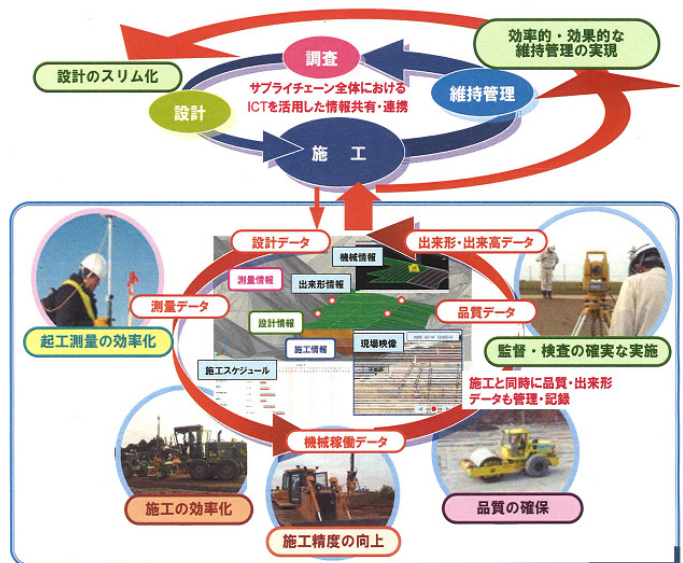


Fig. 3 情報化施工関連の概念¹⁸⁾
Concept of Real-Time Construction Control System

情報化施工とは各種センサによる計測を行いながら安全に施工を行うこと（いわゆる「観測施工」）を示していた。しかし、最近では、従来の「観測施工」に加え、建設機械のマシンコントロール (Machine Control) やマシンガイダンス (Machine Guidance), それに付随した測量機器の TS (Total Station) や GNSS などを用いて危険な場所で行われる遠隔操作による無人化施工、シールドマシンの制御など施工の自動化が進むようになってきており、このような技術も情報化施工と呼ぶようになってきている³⁾。Fig.3 に情報化施工関連の概念を示す。

維持管理段階では、地震被害の予測あるいは構造物の健全性評価において、ICT が活用されている。精密機械工場等では地震直後の早期に機械制御する必要があるため、気象庁が発表する「緊急地震速報」よりも、さらに早く精度良く揺れの到達時間や加速度を予測する技術が開発されている¹⁹⁾。また、地震が発生した場合には建物に留まることができかどうかを判断する必要があり、建物の安全性を診断する技術が開発されている。東京都では大規模災害発生時に、帰宅者が集中して混雑が生じるため、むやみに移動を開始せず建物にとどまることを奨励しており、このような地震直後の建物の健全性を即時に評価する技術が必要となっている。一方、土木分野では橋梁、トンネル、堤防等インフラ施設の高齢化に伴い、ICT をこれらインフラ施設の維持管理に役立てることが試みられつつある。たとえば、橋梁では振動センサを橋梁の桁に取り付けて固有振動数の変化から橋梁の劣化状態を評価する技術⁷⁾など、インフラ施設のモニタリング技術が注目を集めている。

運用時における技術としては、主に建築設備分野において ICT を取り入れた防犯システム、入退室管理システム、受配電設備のインテリジェント化、照明制御システム、ビルエネルギー管理システム、電力エネルギーのスマート化などが実用化されている²⁰⁾。

また、2011 年東北地方太平洋沖地震の復旧、復興においても、「就労履歴管理制度推進協議会」が導入した就労者履歴管理のための情報管理システム²¹⁾、建築研究所が開発した「被災建物調査ツール²²⁾」など、ICT が大いに活用されている。さらに、土木学会と電気学会は 2011 年東北地方太平洋沖地震の調査結果を踏まえ、「ICT を活用した耐災（防災・減災）施策」と題した緊急提言をまとめている²³⁾。その中で、通信制限下の非常用通信の確保の仕組みづくり、情報通信の多重化、マイクログリッド技術や電気自動車の移動電源供給機能を活かした被災時電源供給システム、地域に応じた多様電源や蓄電システムを提言するとともに、センサ等を活用した検知による被害の迅速把握および平時にもそれらを利用した維持管理費の大幅なコストダウンのための技術開発の必要性を提案している。

以上のように建設分野での ICT 活用について、その一部を紹介したが、他にも建設の各分野における ICT の利用技術が複数の専門誌等において紹介されている^{24)~28)}。

3. 大林組の保有技術

設計、施工、維持管理および運用の各段階に分けて、大林組が保有する ICT を利用した技術について紹介する。

3.1 設計段階における ICT 利用技術

構造物の立地にかかわる評価技術等は設計段階の初期における「計画」、個別の構造物に関する評価技術等は「設計」として分類し、以下に紹介する。

(1) 計画

構造物の計画に当たっては、周辺の風環境や動植物への影響評価、地震や津波に対するリスク評価等を事前に検討しておく必要がある。また、これら进行评估するためには周辺の地形情報や地盤情報が必要となる。そこで、設計初期（計画）の段階において活用できる ICT 利用技術の一覧を Table 1 に示す。表中にはそれぞれの技術がどのような点で効果があるのかを記号 {◎：効果が大きい，○：効果がある} で示している。

設計における地形データ取得を効率的に行う方法として無人飛行機 (UAV : Unmanned Aerial Vehicle) の活用を図っており、[特集論文](#)において紹介している。UAV を活用することにより、土工事の初期データの取得や出来形・出来高の計測、土砂災害ハザード予測および災害地の先遣データの取得などに活用できる可能性がある。また、地盤に関連する情報の取得技術として、地盤特性を把握するための「[広域地盤情報システム](#)」が挙げられる。「[広域地盤情報システム](#)」

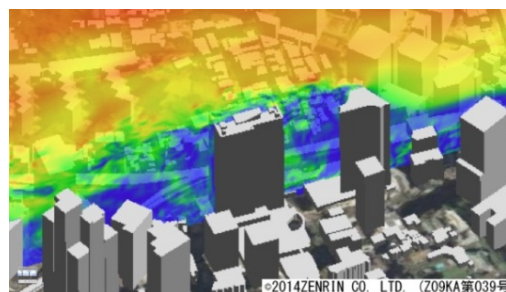


Fig. 4 風の道評価手法
Assessment of Urban Ventilation Path

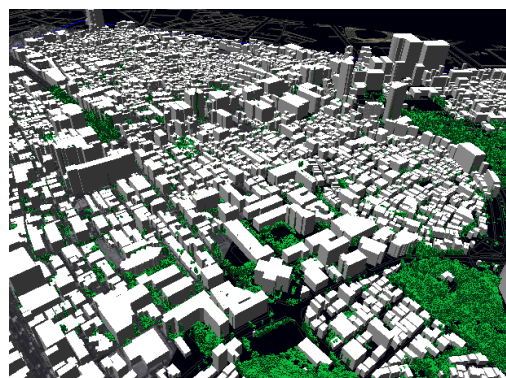


Fig. 5 都市緑地機能評価モデル
High-Precision Analysis Program
for Urban Vegetation

は、社内外の広域な地盤情報を集約・利用して三次元地盤構造モデルを作成することで、地下躯体の設計、施工時の地下水計画などに幅広く利用可能なシステムである。

風環境の評価技術として、風環境シミュレータ「Zephyrus/ゼフィルス[®]」、実験データベースの利用により風荷重評価を行う「耐風設計支援システム」が挙げられる。Zephyrusは建物周りの風環境（ビル風）を予測するためのソフトウェアで、ビル風発生時の植栽配置による防風効果を検討し、対策案の提案に用いられている。都市の風の道の評価機能が追加され、新たに建築計画が建物風下市街地に与える影響評価が可能となっている。今回の特集論文では、広域の建物の影響を取り入れたRANS/LESのHybrid解析による風の道評価に関して説明している（Fig.4）。

動植物環境の評価技術として、都市域緑地を抽出し解析する「都市緑地機能評価モデル」、生物多様性に配慮して都市緑地を計画するシステム「生息地評価モデル」が利用されている。「都市緑地機能評価モデル」は、高解像度衛星データと航空機レーザデータを用いて、都市緑地を三次元的に抽出し（Fig.5）、都市熱環境解析、パードネットワーク解析、CO₂吸収量解析を行う技術である。「生息地評価モデル」は、都市部に生息する樹林性の小鳥を指標種とするマイクロハビタットモデルおよびエコロジカルネットワークモデルを構築し、これを使用することで都市緑地を生物多様性に配慮して設計するためのツールである（Photo 1）。

また、施設の立地・配置等の計画時には、地震や津波といった自然災害による広域な被害予測に基づくリスク評価が必要となる。「地



Photo 1 生息地評価モデルの適用例
Example for the Habitat Estimation Model

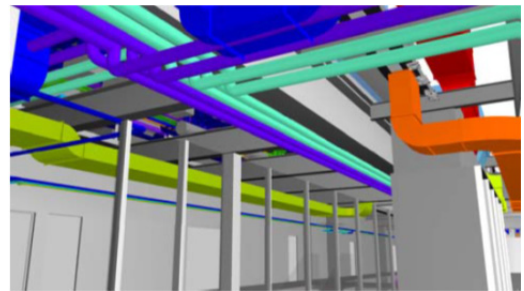


Fig. 6 設計段階におけるBIMモデルを用いた意匠・構造・設備の干渉確認
Inconsistency Detection between Architectural, Structural and MEP (Mechanical/Electrical/Plumbing) Designs

Table 1 設計段階（計画）におけるICT利用技術の一覧
Technology List Using ICT in Design Stage(Planning Stage)

技術の名称	特徴/概要	効果					
		効率化	合理化	省力化	高品質化	高精度化	安全性向上 環境配慮
無人飛行機 (UAV) を用いた地形計測	無人飛行機(UAV)により地形データを取得するシステム。土工事における出来形・出来高の計測、土砂災害ハザード予測および災害地の先遣データの取得などへの適用が可能。	◎		○		○	○
広域地盤情報システム	地盤情報の一元管理・表示、及び三次元地盤構造の作成が可能なシステム。基礎構造の合理設計、施工時の地下水管理の計画・支援に有用。	○	◎	◎			
Zephyrus/ゼフィルス [®]	建物周りの風環境（ビル風）を予測するためのソフトウェア。モデルの作成から解析・結果の表示までPC上で実行可能。風環境の他に、粉塵・汚染物質の拡散、風力発電量評価、「風の道」評価も実施可能。	○				○	◎
耐風設計支援システム	風洞実験結果のデータベースを活用し、建物の構造特性を入力することで風荷重や風応答を算出するシステム。		◎			○	◎
都市緑地機能評価モデル	高解像度衛星データと航空機レーザデータを用いて都市緑地を三次元的に抽出し、都市熱環境解析、パードネットワーク解析、CO ₂ 吸収量解析を実施。		○		○		◎
生息地評価モデル	都市部に生息する樹林性の小鳥を指標種とするマイクロハビタットモデルおよびエコロジカルネットワークモデルを構築し、これを使用することで都市緑地を生物多様性に配慮して設計するためのツール。		○		○		◎
最適経路選定システム	災害による通行不能箇所を考慮した最適経路のシミュレーションを行い、災害時の要員の参集所要時間や被害調査・復旧作業に要する時間などを算定。効果的な人員配置や初動体制の構築を支援。	◎		◎			◎
地震被害予測システム Quake Mapper [®] /Quake Ranger [®]	地震発生後の地震動による震度分布、地盤の液状化危険度および建築建物被害度を自動計算により迅速に予測。震災対策本部や復旧拠点スタッフの復旧活動に関わる迅速な意思決定を支援。	○	◎	◎			◎
津波避難シミュレーション	津波遡上シミュレーションと避難シミュレーションを組み合わせ、各種ハードとソフト対策による津波避難への効果を評価。		◎				◎

◎：効果が大きい、○：効果がある

震被害予測システム」は地震時の震度分布や地盤の液化化危険度を自動計算により地図上に表示し、立地による地震リスクの把握に寄与する技術である。「最適経路選定システム」、「津波避難シミュレーション」を用いると、地震時の社員の参集や津波時の避難といった観点から立地によるリスク評価が行えるとともに、設計にも反映させることができる。

BIM および CIM の利用では、設計の初期段階で三次元の図面データを用いてコンピュータ上で建物・構築物をモデリングし、設計や施工に活用する。Fig.6 は、設計段階において、BIM モデルを用いて意匠・構造・設備それぞれの干渉を確認した事例である。

(2) 設計

Table 2 は設計段階における ICT 利用技術の一覧を示しており、主に BIM や CIM とリンクさせることにより合理的な構造形式の提案に供する解析技術が多い。

建設サイトにおいて今後発生が懸念される地震に対する安全性を検討するための設計用入力地震動を作成する技術として、「設計用入力地震動作成技術」がある。今後発生が予想される南海トラフ巨大地震における地震動予測結果の一例を Fig.7 に示す。

設計段階で個々の構造物の十分な耐震性を確保した上で合理的な設計を行うには、地震に対する構造物の挙動を詳細に予測し、その結果を設計に反映させる必要がある。その際に利用される高度な構造解析技術として、主にコンクリート系構造物を対象とした「FINAL[®]」と、液化化地盤および液化化地盤中の構造物を対象とした「O-EFFECT[®]」がある。いずれも高精度な予測が可能であることから、新設構造物の合理的な設計や、既設構造物の耐震診断および補強対策工法の選定等に活用されている。両者の長所を合わせた「FINAL-Geo」も大規模モデルの高速な解析が可能である (Fig.8)。

また、構造物の設計の際には、構造の安全性だけでなく使用性の確保も重要である。日常的な居住環境を確保するために鉄道・道路等の外部から受ける振動や風揺れ等による振動を評価する技術として「環境振動予測技術」、「床振動簡易評価システム」、「環境振動設計目標」がある。「環境振動予測技術」は、地盤を介して伝わる生産機械や工事機械、鉄道、車両等による振動が周辺建物内の居住環境や精密機器などに及ぼす影響を高精度に予測できる。環境振動の事前評価として設計段階に用いたり、施工時における環境負荷の評価に用いられている。「床振動簡易評価システム」、「環境振動設計目標」は、目標とする居住性を確保するための設計や対策に役立てることができる。

都市部の建築物においては、冬季に雪氷が外壁に着雪して周辺に落下する被害が指摘されている。このような建築物外壁への着雪箇所や着雪量を予測する技術として「建物外壁への着雪予測手法」があり、効果的かつ経済的な着雪対策の提案に役立てている。

室内気流環境に関連した技術として、クリーンルーム内の気流状況、汚染物質の拡散状況を高精度に予測する「クリーンルームの気流解析」がある。電子デバイスや医薬、食品関連の製造施設において要求される清浄度は近年ますます厳しいものとなっているが、本技術により目的に応じて最適なクリーンルーム設計を行うことができる。

音環境に関連した技術として、ホールなどの音の響きをシミュレーションする「Harp」、工場などの騒音の伝搬をシミュレーションする「CALMANDO/カルマンド[®]」、鉄道等に起因した固体伝搬音の伝搬をシミュレーションする「クワイエットシステム」が挙げられる。建物を快適に利用するため、見えない「音」の性能の確保も建物の重要な要素の一つであり、シミュレーション結果の数値を「音」として試聴し、主観的な評価を可能としたシステム「AUVIS/オー・ビズ[®]」も多用されている。

電磁環境に関連した技術として、送電線から放射される電磁波を

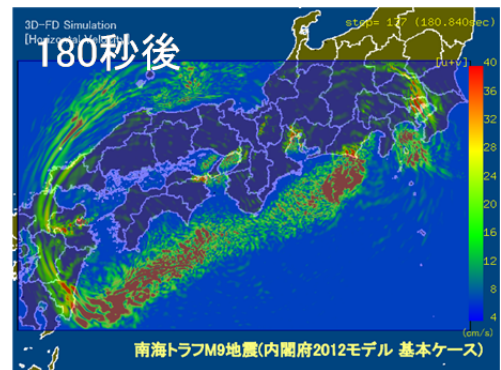
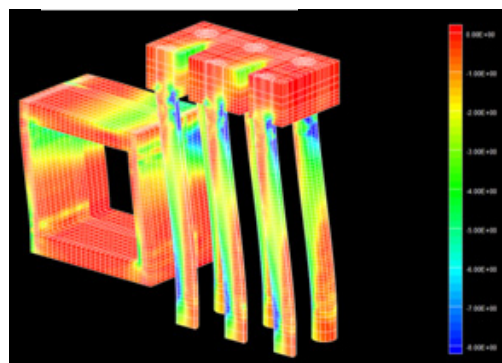
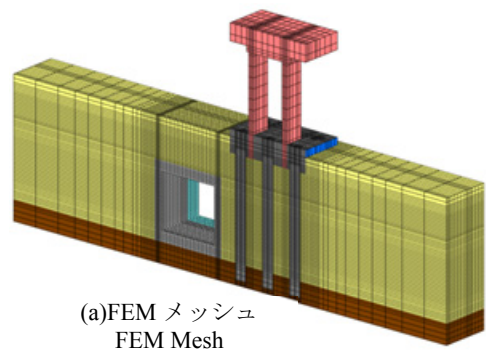


Fig. 7 南海トラフ巨大地震の地震動予測
Evaluation of Seismic Ground Motion during
Huge Earthquake along the Nankai Trough



(b) 圧縮応力度分布
Compressive Stress Distribution
Fig. 8 杭基礎とボックスカルバートが近接する
地盤の地震応答解析 (FINAL-Geo)
Seismic Response Analysis by FINAL-Geo of the
Ground which built a Box Culvert and the Pile
Foundation

シミュレーションし、電子機器や人体への影響を評価するシステム「電線ジバミル」が挙げられる。建物内では多数の電子機器が使われており、その安定動作や安全確保のために適切な電磁環境の確保に役立っている。

火災時の安全安心に関連した技術として、人間の行動をモデル化したエージェントをコンピュータ上の建物内に配置し、避難行動を模擬して計画建物の避難安全計画を評価するツール「火災時避難シミュレーション」が挙げられる。万が一の火災時も、建物利用者が安全に避難できる建築計画の検討に用いている。

省エネに関する技術として、省エネ手法選定総合評価システム「エコナビ®」が挙げられる。省エネの効果は、いく

Table 2 設計段階における ICT 利用技術の一覧
Technology List Using ICT in Design Stage

技術の名称	特徴/概要	効果					
		効率化	合理化	省力化	高品質化	高精度化	安全性向上 環境配慮
設計用入力地震動作作成技術	最新の知見に基づく震源・伝播・サイト特性を考慮した設計用の入力地震動作作成技術。		○			○	◎
FINAL®/FINAL-Geo	コンクリート系構造物の三次元非線形解析技術。独自の材料構成モデルに基づき、弾性から破壊に至るまでの挙動を高精度かつ高速で再現。	◎	○			◎	◎
O-EFFECT®	地盤-構造物-水連成系の有効応力解析技術。地盤の非線形性を考慮し、地震時の液化化現象や護岸の側方流動など地盤の挙動を高精度に予測。		○			◎	◎
性能設計対応地盤-構造物系非線形地震応答解析技術	標準貫入試験結果（N値）を元に地盤、杭、建物の非線形、及び液化化を考慮した地震応答解析を合理的に行うことを可能としたシステム。	○	◎			◎	○
環境振動予測技術	地盤を介して伝わる生産機械や工事機械、鉄道、車両等による振動が周辺建物内の居住環境や精密機器等に及ぼす影響を高精度に予測するシステム。		○			◎	◎
床振動簡易評価システム	床スラブの上下振動特性と居住性能を略算法で評価。梁とスラブの仕様を入力するだけで即座に居住性能を評価可能。	◎		◎			○
環境振動設計目標	日常的な振動（風揺れ、床振動、交通振動）を小型振動台で再現し、揺れの大きさを直接体感しながら、その場で揺れの性能ランクを決定可能。		◎		◎		○
建物外壁への着雪予測技術	建築物外壁への着雪箇所や着雪量を予測するためのソフトウェア。予測された結果をもとに、効果的かつ経済的な雪対策を提案。		○			○	◎
クリーンルームの気流解析	数値シミュレーションにより、クリーンルーム内の気流状況、汚染物質の拡散状況などについて高精度に予測。目的に応じた最適なクリーンルームの設計が可能。	○				◎	◎
Harp（ハーブ）	ホールの音響設計に用いる室内音響シミュレーションツール。音の波動性を考慮しながら、繰り返しの設計に必要な迅速な計算が可能。	○		○	◎	◎	
CALMANDO/カルマンド®	工場などの騒音予測に用いる、屋外伝搬シミュレーションツール。豊富なノウハウと組み合わせて、リーズナブルに騒音規制法を遵守。		○		◎	○	◎
クワイエットシステム	鉄道や道路などに起因した固体伝搬音のシミュレーションツール。軌道・地盤・躯体・室内の振動伝搬や音響放射を高精度に予測し、地中壁の防振の必要性を評価。				◎	◎	◎
AUVIS/オー・ビズ®	音響シミュレーションした結果を「音」として試聴するシステム。数値だけでは分かりにくい音の状況を、「聴いて」評価可能。騒音対策の効果の試聴も可能。		○		◎	◎	○
電線ジバミル	送電線から放射される電磁波をシミュレーションし、電子機器や人体への影響を評価するシステム。				○	○	◎
火災時避難シミュレーション	人間の行動をモデル化したエージェントをコンピュータ上の建物内に配置し、避難行動を模擬して避難安全計画を評価するツール。		○			○	◎
エコナビ®	建築の基本計画段階において、建物全体のシミュレーションを行うことが出来るソフトウェア。費用対効果の高い最適な省エネ手法の組み合わせを短期間で提案。	○	○	◎			◎
地盤/地下水連成解析 (GRASP-3D)	軟弱地盤における施工時の地盤変状と地下水の状況を地盤/地下水連成解析により高精度に予測するソフトウェア。設計・施工の合理化、施工時の安全性評価が可能。		◎			◎	◎
Laputa/ラピュタ®	モニタリングした地震動情報をフィードバックして建物の揺れを制御し、地面の揺れの1/30から1/50まで低減する技術。				◎	◎	◎

◎：効果が大きい、○：効果がある

つかの手法を適切に組み合わせることにより大きくなる。「エコナビ」は、建物全体のエネルギー消費をシミュレーションし、費用対効果の高い省エネ手法の組合せを可能にする。

地盤に関連した技術として、軟弱地盤の変状と地下水の状況を高精度に予測する解析技術「地盤／地下水連成解析 (GRASP-3D)」, 「高精度沈下予測」などが挙げられる。特集論文では「地盤／地下水連成解析」を用いて、軟弱地盤における盛土の設計・施工の合理化や施工時の安全性評価について詳述している。「高精度沈下予測」は、不整形地盤における複雑な沈下挙動を高精度に予測可能な解析技術で、基礎の経済設計や工期短縮につながる VE 提案, 施工時の安全管理に適用されている。

地震時の揺れを大幅に低減する技術として「Laputa／ラピユタ®」(Fig.9)がある。地震時にも目的に応じた最低限の居住性を確保することができ、また地震後にも早期に使用性を確保できるため、いかなる場合にも大きな揺れを生じさせたくない施設(精密機械の生産施設や病院など)や、地震による業務中断を最小限にとどめたいオフィスビルなどへの活用が期待されている。

3.2 施工段階における ICT 利用技術

Table 3 と Table 4 は施工段階における ICT 利用技術の一覧を示しており、施工計画, 施工管理, 施工時の環境モニタリングに分けて以下に紹介する。

(1) 施工計画

BIM や CIM は、施工段階での適用が進められており、特集論文「BIMを利用したコンクリート打設計画システム」はコンクリート躯体の BIM モデルを用いて、コンクリートの所要量やコンクリートの種類の打ち分けを確認した例である。「プロダクトモデルによる施工計画」は、構造物の三次元データを一体的なデータモデルとして定型化し、施工計画に反映させる。特集論文では CIM を発展させて、構造物の三次元データからプロダクトモデルを作成し、設計・施工のシミュレーションを行った事例を紹介している。

電磁環境に関連した技術として、送電線や工事配線から放射される電磁波をシミュレーションして計画の妥当性を評価するシステム「溶接キヨリミル」がある。

(2) 施工管理

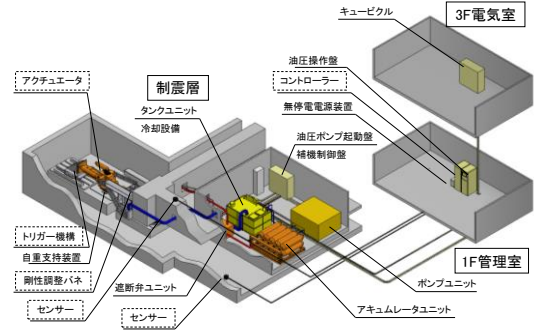
施工管理においては、品質管理, 工程管理, 安全管理として ICT が活用されている。

品質管理に利用する ICT 利用技術として、CFT 圧入施工管理技術「CFTpro Σ®」, 「三次元建入精度確認システム」, 「コンクリートの充填モニタリングシステム」, 「ダムコンクリートの施工・品質管理システム」, 「温度収縮ひび割れ解析技術」がある。

「CFTpro Σ」はコンクリート充填鋼管構造 (CFT 造) の圧入施工において、圧力と打込み高さを管理するシステムで、センサによる計測データから圧入の可否を総合的に判断し、ビジュアル化した品質管理を可能としている。鉄筋工事に関連したものは、「画像処理による配筋自動判定システム」がある。Photo 2 は、「画像処理による配筋自動判定システム」の現場における適用状況である。携帯端末を用いて配筋状態を写真撮影するこ



(a) 適用建物
Applied Building



(b) 装置構成
Device Composition

Fig. 9 ラピユタの概要
Outline of Laputa



Photo 2 配筋自動判定システムの現場適用状況
Application of the Automated Bar Arrangement Checking System to Construction Sites



Fig. 10 「αシステム」を拡張した土工事
統合管理システム運用の流れ
Operation System of the Earthworks Extended "α System"

Table 3 施工段階におけるICT利用技術の一覧（工程管理，施工管理）
Technology List Using ICT in Execution Stage(Process Management, Execution Management)

技術の名称	特徴/概要	効果						
		効率化	合理化	省力化	高品質化	高精度化	安全性向上	環境配慮
BIM・CIMによる施工の合理化	三次元の図面データを用いて、コンピュータ上で建物・構築物をモデリングし、設計や施工に反映。計画段階での適用（意匠・構造・設備の干渉確認）から施工段階での適用が可能。	◎	◎	○	◎			
プロダクトモデルによる施工計画	構造物の三次元データを一体的なデータモデルとして定型化し、施工計画に反映。作成されたモデルは施工管理や維持管理にも拡張可能。	◎	◎	○				
溶接キヨリミル	工事配線から放射される電磁波をシミュレーションし、電子機器の誤動作防止などの計画の妥当性を評価するシステム。				○		◎	○
CFT圧入施工管理技術「CFTproΣ [®] 」	コンクリート充填鋼管構造（CFT造）の圧入施工において、圧力と打込み高さを管理するシステム。センサによる計測データから圧入の可否を統合的に判断し、ビジュアル化した品質管理が可能。		○	○	◎	◎		
三次元建入精度確認システム	トータルステーション、GNSSなどの測位技術と画像処理などのICT技術を組み合わせて、三次元位置をリアルタイムに計測する技術。鉄骨やプレキャスト部材の建入精度の管理も可能。	◎		○	◎	◎		
コンクリートの充填モニタリングシステム	センサを用いてコンクリートの打込み・充填状況をコンピュータ上でリアルタイムに確認することができる技術。コンクリートの充填状況の数値判断など品質評価も可能。	○			◎	◎		
ダムコンクリートの施工・品質管理システム	ダムコンクリートの施工・品質管理を効率化するシステム。設計図書から、最適なコンクリートの打設数量や打設工程などが導かれるほか、コンクリートの締固めの数値判断など品質評価も可能。	◎	◎	○	◎			
温度・収縮ひび割れ解析技術	数値シミュレーションによるコンクリート構造体のひび割れ解析技術。マスクコンクリートをはじめとして、ひび割れ発生を防止するための材料検討や施工計画の立案に活用。		○		◎			
画像処理による配筋自動判定システム	携帯端末を用いて現場で配筋状態を写真撮影することで、設計図書との整合性がチェックされ、配筋検査を効率化するシステム。工事写真の一括管理など、一連の作業を合理的にまとめた。	◎	◎	◎	◎	○		
「αシステム」を拡張した土工事統合管理システム	施工する領域を三次元化して、現場における管理を一元的に行うシステム。無線LAN回線やGNSSなどを活用することで、施工指示の確実な伝達と、土工事における品質評価が可能。	◎	○	○	◎	○		
車両トータル運行管理システム	土砂などの工事資材の運搬管理や走行中の車両運転手への注意喚起を携帯電話やスマートフォンによって同時に行えるシステム。材料運搬のトレーサビリティおよび車両走行路における安全性を確実に確保。	○		◎			◎	
山岳トンネルCIM	山岳トンネルにおけるCIMを利用した設計・施工・維持管理システム。現場に合わせてカスタマイズし適用。タブレット端末を現場切羽で活用することで発注者と施工者間での情報を共有化。	◎	○			○	◎	
画像変位計測	デジタルカメラ画像を利用し、トンネルの内空変位を短時間で高精度に計測する技術。	◎			○	○	◎	
トンネルナビ [®]	山岳トンネルの切羽前方の状況（断層破砕帯、地山の硬軟、地山分類、湧水特性、膨張性・押し出し性、破砕帯の分布）をノンコア削孔で高精度に予測する技術。	◎	○			○	◎	
チャンパー内の土砂流動管理技術	土圧式シールドの隔壁に設置したフラッパーを回転させ、フラッパーの回転トルク値から流体解析を行うことで、チャンパー内の土砂の塑性流動状態を定量的に把握し、シールドの安全かつ安定した掘進を可能にする技術。	○			○		◎	
地下水管理技術	地下水計測・制御システムをネットワーク化することで、常時モニタリングと遠隔操作によるポンプ制御の無人化を可能とする技術。無線の利用により、機器の設置・移設等も容易に可能。	○	◎	◎			○	○
ICタグによる施工管理・検査の高度化	ICタグを用いて工用エレベータでの揚重実績を記録することで、資機材の揚重管理を効率化するシステム。ICタグを配管に流して通水検査を行うなど各種検査への適用可能。	◎	◎	◎				
タブレット端末による施工の省力化	施工現場の全職員がタブレットを保有しており、配筋検査、仕上げ検査、設備検査など、多業務にわたって利用を推進。併せて、サーバーとのデータ連携システムなど、枠組みを構築。	◎	◎	◎	○			

◎：効果が大きい、○：効果がある

とにより、設計図書との整合性がチェックされるほか、工事写真の一括管理など配筋検査に関わる一連の作業が効率化される。

土工事においては、Fig.10に示す「 α システム」を拡張した土工事統合管理システムがある。近年では、盛土工事に大型で高性能な締めめ機械が登場し、施工の効率化が図られている。「 α システム」は、締めめ施工中に盛土の剛性をリアルタイムに計測して、施工管理や締めめ機械の制御を行う品質管理システムである。このシステムを土工事統合システムに拡張し、GNSS、現場無線LAN、データベース（近年ではクラウドデータベース）を活用して、三次元データ化された施工計画を迅速かつ高度に実施できるようシステム化している。また、工事現場における資材の運搬管理や運転手への注意喚起等を、スマートフォンを用いて同時に行い車両の運行を円滑に行うための技術として、「車両トータル運行管理システム」がある。

工程管理に利用する技術としては、「山岳トンネルCIM」が挙げられる。Fig.11にトンネルCIMの3Dモデルの概念を示す。「山岳トンネルCIM」は、山岳トンネルの設計・施工・維持管理に関わる情報や技術を統合化したもので、施工の円滑化を目的としている。

安全管理においては、デジタルカメラ画像からトンネル内空変位を短時間で計測する「画像変位計測」、切羽前方の状況をノンコア削孔で調査する技術「トンネルナビ[®]」、シールドチャンパー内の泥土の流動状態を「見える化」して管理する「チャンパー内の土砂流動管理技術」、地下水管理をネットワーク化した「地下水管理技術」など様々なICT利用技術が施工の安全性向上のために適用されている。「地下水管理技術」は、施工時に用いる地下水管理機器をネットワーク化することで常時のモニタリングと遠隔操作により安全管理の省力化を実現している。

その他工事全般に関連したものは、「ICタグによる施工管理・検査の高度化」、および「タブレット端末による施工の省力化」がある。「タブレット端末による施工の省力化」により、配筋検査、仕上げ検査、設備検査など、多業務にわたってタブレット端末の利用を推進している。また、サーバーとのデータ連携システムなど、タブレットを施工に利活用していくための枠組みを構築している。

(3) 環境モニタリング

施工に当たっては工事の施工管理だけでなく、施工時における周辺施設の居住環境の確保、作業員の安全確保も重要な課題であり、振動環境、音環境、落雷などに対する管理が必要である。「工事振動簡易予測ツール」、「振動対策選定システム」は、工事による振動が近傍施設や近隣住民等におよぼす影響を評価する技術であり、影響を最小限とするような施工時の工法選定や対策立案に役立っている。また、実際に施工時の振動が許容内に収まっているかを確認するために、振動監視装置「ゆれ番人[®]」、「環境配慮型運転管理システム」といった技術を用いて、発生する工事振動をリアルタイムでモニタリングして許容値を超えないように管理し、施工時における現場周辺施設の居住環境の確保に努めている。

音環境に関連した技術として、壁などの音漏れ調査に用いる「遮音診断システム」や、工事騒音の目標値管理と超過原因特定に用いる工事騒音モニタリングシステム「音ジャッジ[®]」が挙げられる。「音ジャッジ」は、敷地外の騒音を除外し敷地内の騒音だけを監視することができる。また、騒音源を「見える化」して特定する点に特徴があり、施工時における現場周辺施設の



Fig. 11 山岳トンネル CIM の概念
Concept of Mountain Tunnel CIM

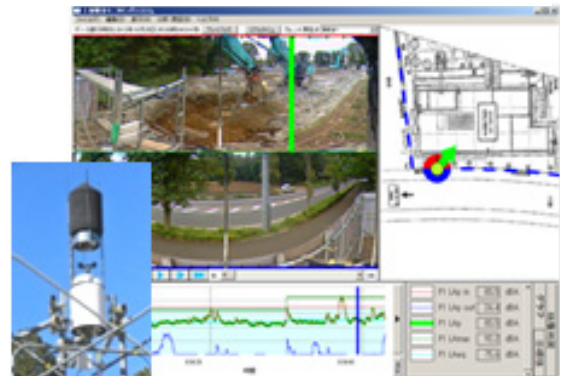


Fig. 12 音ジャッジ
Sound Level Monitoring System 'OTO Judge'
for Construction Site

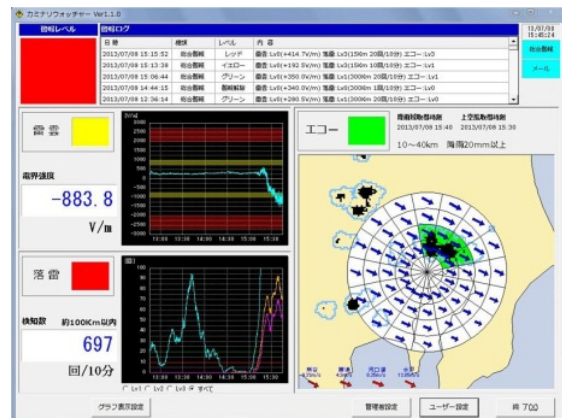


Fig. 13 カミナリウォッチャー
Lightning Warning System 'KAMINARI
Watcher' for Construction Site

Table 4 施工段階における ICT 利用技術の一覧 (モニタリング)
Technology List Using ICT in Execution Stage (Monitoring)

技術の名称	特徴/概要	効果						
		効率化	合理化	省力化	高品質化	高精度化	安全性向上	環境配慮
工事振動簡易予測ツール	振動源に応じた振動・騒音の簡易予測式により工事振動を予測。特別な振動の知識がない人でも振動源に応じた計算シートの所定のセルに必要な数値を入力するだけで簡易振動計算が実施可能。	○		○				◎
振動対策選定システム	土木工事における振動・騒音の対策工選定支援。各種振動予測技術による対策効果の定量化と費用対効果分析により、所定の工期に応じた必要能力・台数と予想振動レベルならびに費用の比較に活用可能。	○		○				◎
振動監視装置「ゆれ番人 [®] 」	工事振動を常時監視し、工事振動が要求条件を越えそうな場合に工事現場に警報をフィードバック、工事による生産施設や近隣住民等への影響を未然防止。	○				○		◎
環境配慮型運転管理システム	重機等により発生する振動をモニタリングし、管理値を超えないように工事振動を効率的に管理するシステム。	○	○			○		◎
遮音診断システム	高度な遮音性能が求められる建物で、施工途中に遮音性能の弱点を見付けるシステム。音が抜けてくる場所を「見える化」。				◎	○		◎
工事騒音モニタリングシステム「音ジャッジ [®] 」	工事現場で発生する騒音を監視し、騒音源を特定するシステム。音の到来方向を「見える化」して映像に重ね合わせ表示。	○	○	○		○		◎
施工現場向け雷警報システム「カミナリウォッチャー [®] 」	落雷の危険性を判定し、円滑な工事を支援するためのシステム。遠方の落雷に加え、上空の雲の状況を考慮して危険性を判定。		○			○	◎	

◎：効果が大きい、○：効果がある

居住環境の確保に役立っている (Fig.12)。

電磁環境に関連した技術として、雷警報システム「カミナリウォッチャー[®]」が挙げられる。「カミナリウォッチャー」は、落雷の危険性を判定し円滑な工事を支援するためのシステムであり (Fig.13)、作業員の安全確保に役立っている。

3.3 維持管理・運用段階における ICT 利用技術

施工完了後は、維持管理に係る ICT 利用、運用時における ICT 利用を提供している。Table 5 は維持管理段階における ICT 利用技術一覧を示しており、橋梁などのコンクリート構造物に対して、ビデオカメラなどを用いて継続的にモニタリングし、画像処理により構造物の変形を管理する技術として「画像処理による構造物の変形モニタリング技術」がある。また、Fig.14 に示すような大規模地下空洞の損傷範囲を光式 AE センサで測定する「光式 AE センサによる長期モニタリング」がある。「光式 AE センサによる長期モニタリング」は、センサ部も含め全て光ケーブルを用いることで高湿度条件や可燃性ガス噴出環境でもモニタリングを可能とし、大規模地下空洞工事の安全性や信頼性の向上に貢献しており、トンネルの維持管理でのモニタリング技術としての適用が期待できる。

維持管理段階での補修や修繕計画をサポートする技術として、RC 構造物の耐力低下予測システム「RC 耐力診断ナビ」と長期修繕計画システム「O・LCC[®]」がある。「RC 耐力診断ナビ」は、既設 RC 構造物の劣化進行の推定から構造物の曲げ耐力等の低下を予測する技術である。また、「O・LCC」は、建物の機能や快適性を維持するための修繕更新時期を予測する技術である。

地震直後の地震動が到達する前に、地震による揺れの大きさや到達時間を予測し、精密機械工場の機械制御、高層建物のエレベータ制御などに役立てる情報を提供する技術として、「緊急地震速報活用システム」と

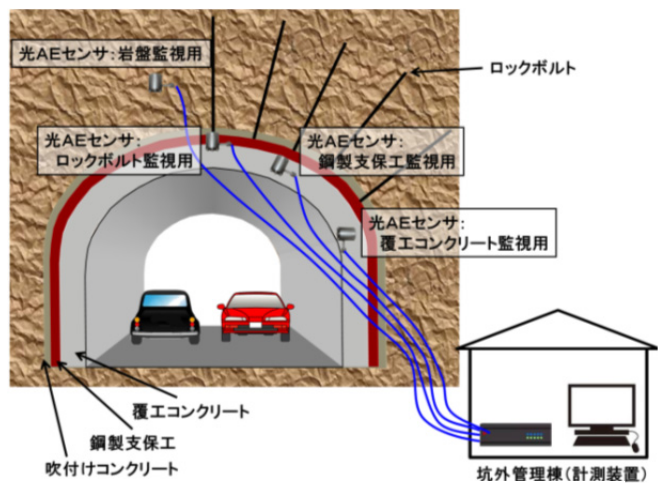


Fig. 14 光式 AE センサによるモニタリング
Monitoring System Using Fiber Optical Doppler Sensor

Table 5 維持管理段階における ICT 利用技術の一覧
Technology List Using ICT in Maintenance Stage

技術の名称	特徴/概要	効果						
		効率化	合理化	省力化	高品質化	高精度化	安全性向上	環境配慮
画像処理による構造物の変形モニタリング	橋梁などのコンクリート構造物に対して、ビデオカメラなどを用いて継続的にモニタリングを行い、得られた画像処理により構造物の変形などを管理するシステム。	○		○		◎	◎	
光式AEセンサによる長期モニタリング	トンネルや大規模地下空洞工事で、岩盤やコンクリートの損傷範囲をAEセンサにより捉える技術。光学式は高湿度条件や可燃性ガス噴出環境でも適用可能。		○		○	○	◎	
RC 構造物の耐力低下予測システム「RC 耐力診断ナビ」	既設RC構造物の塩化イオン浸透、鉄筋腐食、ひび割れ発生、かぶりの剥離という塩害の一連の劣化進行を予測し、構造物の曲げ耐力およびせん断耐力がどの程度低下したかを予測するシステム。	○	◎		○		◎	
長期修繕計画システム「O・LCC®」	建物の機能、快適性を維持するために必要な建物各部の修繕更新の時期とその費用を予測するシステム。	○	◎				○	
緊急地震速報活用システム	緊急地震速報を利用した高層建物のエレベータ制御を行ったり、地震発生後の震度情報を元に面的な被害予測を行い、被害把握や復旧活動を支援するシステム。	○				○	◎	
即時地震動予測	遠方で観測した地震記録を利用し、早期に大きな揺れが到達する時間と地震動の大きさを予測する技術。					◎	◎	
被害予測技術	GISを活用することで、地震に対する面的な被害予測（震度、地表面最大速度、液状化危険度、建物被害度）を行い、事前の危機管理等に利用するシステム。	○	○	○			◎	
携帯電話を利用した BCP 対応システム	携帯電話の位置補足機能（GPS、iエリア）、地図情報処理機能（GIS）および写真撮影機能を使って被害状況を報告し、対策本部のパソコンにて被害情報を集約・共有するシステム。	◎		○			○	
構造ヘルスマモニタリングシステム	RC構造物を対象としたスマートセンサと無線ネットワークによる損傷検知システム。地震後の建物の損傷度合いを構造ヘルスマモニタリングシステムにより検知し、地震被害状況の迅速把握が可能。	◎			○	○	◎	
建物地震被災度即時推定システム	超高層建物を対象として、建物1階もしくは地下階などに設置した1台の地震計の記録と信頼性の高い建物応答計算モデルから、自動的に建物の被災度を推定。建物管理者などによる被災度判断を支援。	◎			○	○	◎	
石垣保全情報管理システム	城郭石垣等の老朽化した石垣の保全・補修に関して、調査から診断、設計、施工、維持管理に至るまでをトータルでサポートする技術。	○	◎	○	○			

◎：効果が大きい、○：効果がある

「即時地震動予測」がある。「緊急地震速報活用システム」は緊急地震速報を利用することで、地震発生後の震度情報を元に面的な被害予測、被害把握や復旧活動に供する技術である。一方、「即時地震動予測」は気象庁が発表する「緊急地震速報」よりも、さらに早く精度良く揺れの到達時間や加速度を予測する技術である。特集論文では、震源に近い前線観測点の情報を用いて、地震の揺れが到達するまでの余裕時間をより長くする方法について詳細に検討している。

「被害予測技術」は地震に対する事前の危機管理に資する技術であり、GIS を利用して面的な被害予測や被害把握・復旧活動支援など BCP (Business Continuity Planning) や BCM (Business Continuity Management) に資する情報を提供する技術である。一方、事後対応の迅速化に寄与する被災予測技術として、地震直後に建物の被災度をモニタリングにより把握できる「構造ヘルスマモニタリングシステム」、「建物地震被災度即時推定システム」がある。また、先に紹介した「地震被害予測システム」、「最適経路選定システム」、「津波避難シミュレーション」も、計画段階だけでなく、効果的な事前対策の策定や、地震後の迅速な意思決定の支援といった事後対応の効率化に役立っている。これらは企業のリスク対策や事業継続性の向上に寄与する技術であり、今後も社会からのニーズは高いと推察される。

Table 6 は運用段階における ICT 利用技術一覧を示しており、運用に役立つ技術としては太陽電池システムの最適化に用いられる「太陽電池システム利用シミュレータ」があげられる。また、病院の運営に活用できる技術として「診療情報 BCP クラウド™」、「ビルコンΣ」、「アクティブ型 IC タグを用いたハンズフリーシステム」、「位置情報把握システム」、「ナースコール連動型病院セキュリティーシステム」がある。

Table 6 運用段階における ICT 利用技術の一覧
Technology List Using ICT in Operation Stage

技術の名称	特徴/概要	効果						
		効率化	合理化	省力化	高品質化	高精度化	安全性向上	環境配慮
太陽電池システム利用シミュレータ	発電・蓄電・電力利用・系統との連携を含む太陽電池システムの運用状況を年間気象データに基づきシミュレーションし、自立型から建物レベルまで電力供給システムについて最適化を検討するためのツール。	○	◎	○	○			◎
診療情報 BCP クラウド™	地震等の災害時や停電等の非常時にも、インターネットにつながる情報機器さえあれば診療情報を参照できるシステム。		○				◎	
ビルコンΣ	ビルのライフサイクル全体にわたって、建物・設備システムをオープンネットワーク上で管理制御し、省エネルギー、省力化、安全性・信頼性の向上および快適環境の実現を図るシステム。	○		◎	○		◎	○
アクティブ型 IC タグを用いたハンズフリーシステム	アクティブ型 IC タグを利用することで、施設を利用するユーザーの利便性を確保しつつ、施設のセキュリティレベルを向上させるセキュリティ技術。	○		○			◎	
位置情報把握システム	各所に位置情報把握用アンテナを設置し、移動体側に RFID タグを持たせることにより、電波を利用してリアルタイムに位置情報の監視、把握を行うシステム。	◎		○		○	◎	
ナースコール連動型病院セキュリティシステム	運用の煩雑さから対応が難しかった病棟のセキュリティを実現するために、入院患者が装着するリストバンドを利用したセキュリティシステム。	○		○			◎	

◎：効果が大きい、○：効果がある

4. おわりに

ICT は目覚ましい発展を遂げており、建設分野においても様々な用途で活用されようとしている。BIM や CIM はこれまで調査・計画・設計・施工・維持管理が分離していた建設の生産工程を「つなげる」役割を果たすものであり、生産性の向上等に大いに寄与すると考えられる。しかし、誰でもどこでも利用できるようなシステムの開発、統一したルール作り、大容量のデータの保存方法や維持管理段階でのデータの活用方法など今後解決すべき課題もある。また、施工性の向上、安全性の確保あるいは維持管理を目的として、建設ロボットの導入、ビッグデータの活用、M2M (Machine to Machine) 通信や IoT (Internet of Things) の導入など、今後新たな ICT 分野の技術の利用がますます進むものと考えられる。このような新たな ICT の導入は利便性が向上し、建設業界全体の合理化、省力化、高品質化、高精度化、安全性向上、施工性向上等に役立つと考えられるが、その利用方法を間違えると大きな損失や事故を引き起こす危険性もある。

このため、今後技術者はそれらを使いこなす能力、得られたデータを評価・判断する能力等が求められることになり、そのための人材の育成が必要になると考えられる。建設分野への ICT の導入がどこまで本格的に進むかはコストの問題等もあり、まだ不透明な部分もあるが、ICT の活用を一時期のブームで終わらせることなく地道に継続し、建設分野に適用していくことが重要である。

参考文献

- 1) 井上健, 小野木明恵, 野中香方子, 福田実 (翻訳): ポストフューマン誕生[コンピュータが人類の知性を超えるとき] (レイ・カーツワイル著), NHK 出版, 2014.4
- 2) 総務省: 平成 25 年度版情報通信白書, <http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h25/pdf/>, 2014.9.25
- 3) 岩立忠夫: 情報化施工の現状と今後の展望, 土木技術, Vol.66, No.4, pp.10-16, 2011.4
- 4) 建山和由: 建設 ICT 活用と情報化施工, 土木技術, Vol.66, No.4, p.9, 2011.4
- 5) 総務省: ICT 成長戦略ホームページ, http://www.soumu.go.jp/menu_seisaku/ictseisaku/ict_seichou_suishin/, 2014.10.16
- 6) 情報化施工推進戦略会議: 情報化施工推進戦略, <http://www.mlit.go.jp/common/000993021.pdf>, 2014.9.27
- 7) 国土交通省: 社会インフラのモニタリング技術活用推進検討委員会ホームページ, <http://www.mlit.go.jp/tec/monitoring.html>, 2014.9.27
- 8) 大林組技術研究所: 特集「数値解析技術」, 大林組技術研究所報, No.73, pp.1-10, 2009.12
- 9) 総務省: 平成 26 年度版情報通信白書, <http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h26/pdf/index.html>, 2014.10.11

- 10) NTT Do Co Mo：携帯電話のデータ通信速度の進化，NTT ドコモレポート，No.40，
https://www.nttdocomo.co.jp/binary/pdf/info/news_release/report/060223.pdf，2014.9.25
- 11) 岩本敏男：IT 幸福論，東洋経済新聞社，2013.12
- 12) 鈴木茂樹：電波の有効利用と安全性の確保，建築設備士，Vo.44，No.4，pp.8-12，2012.4
- 13) 国土地理院 測地観測センター・地理地殻活動研究センター：準天頂衛星「みちびき」の利用，
<http://www.gsi.go.jp/common/000065815.pdf>，2014.9.25
- 14) 土木学会：AI で描く未来，1990.9
- 15) 石川雄一：CALS から CIM へ進化する建設生産システム，建設 IT ガイド，pp.58-66，2013.2
- 16) 月刊「鉄鋼技術」編集部：国土交通省官庁営繕部における BIM の試行，鉄構技術，Vol.24，No.283，pp.44-47，2011.12
- 17) 国土交通省関東地方整備局営繕部整備課：官庁営繕事業における BIM 試行～見えてきた成果と課題～，建設 IT ガイド，pp.26-31，2013.2
- 18) 国土交通省 情報化施工推進会議：情報化施工推進戦略～「使う」から「活かす」へ，新たな建設生産の段階へ挑む～，<http://www.mlit.go.jp/common/000993021.pdf>，2014.10.13
- 19) 建築研究開発コンソーシアム：建築・住宅分野における「高度利用者向け緊急地震速報」の利活用事例及び新たな利活用方策に関する調査研究報告書，2012.3
- 20) 建築設備技術者協会：ICT 特集，建築設備士，Vol.44，No.4，pp.1-67，2012.4
- 21) 国土交通省：社会保障促進適用に向けた研究，<http://www.mlit.go.jp/common/000185956.pdf>，2014.9.23
- 22) 建築研究所：被災建物調査における携帯型情報端末の活用，Epistula，Vol.58，
<http://www.kenken.go.jp/japanese/contents/publications/epistura/pdf/58.pdf>，2014.9.23
- 23) 土木学会・電気学会 ICT を活用した耐災施策に関する総合調査団：緊急提言～ICT を活用した耐災（防災・減災）施策～，2011.7.13
- 24) 日本建築学会：特集 建築情報学 アーキインフォマティクス，建築雑誌，Vol.129，No.1658，pp.2-32，2014.5
- 25) 土木学会：特集 土木のイノベーション 建設 ICT と土木の未来，土木学会誌，Vol.95，No.1，pp.14-30，2010.1
- 26) 総合土木研究所：特集 基礎工における情報通信技術(ICT) の活用，基礎工，Vol.40，No.5，pp.1-83，2012.5
- 27) 日本コンクリート工学会：特集 建設業における IT 革命最前線，コンクリート工学，Vol.50，No.9，pp.761-882，2012.9
- 28) 鋼構造出版：特集 BIM・IT 活用の現状と可能性，鉄鋼技術，Vol.24，No.275，pp.29-55，2011.4