

特集

建築生産における高度化の取組み

昨今の建設業を取り巻く環境は厳しいものがありますが、このような状況にあっても、建設企業においては、将来の建築生産の発展につなげるべく企画段階から維持保全段階に至る業務に関わる情報連携の強化や施工段階での高度化されたシステム導入などの取組みが行われています。

本特集では、建築生産における高度化の取組みに焦点を当てることとし、生コンクリート製造分野におけるトレーサビリティの向上を目的とした「建築生産における IC タグの活用」、現場生産性の向上と高品質の確保を目的とした「進化する ICT を駆使した品質管理」、鉄骨工事における三次元モデルと RFID タグを活用した施工支援手法に関する「三次元モデルと RFID を用いた施工支援手法の取組みについて」、建物の設計から維持管理までのフェーズにおける設計データを活用する手法（BIM）を用いた事例として「建築施工における BIM の活用について」、設計施工維持一貫システムの中で、業務効率・生産性向上を行うための技術として「設計施工における ICT を利用した生産性向上への取組み」、包括的な新しい建築生産プロセスが実現できる可能性の報告として「新建築生産システム（TPMs）への取組みについて」を、それぞれ紹介します。

建築生産における IC タグの活用

— コンクリートのトレーサビリティ確保技術の高度化に向けて —

国土交通省国土技術政策総合研究所
住宅研究部住宅生産研究室 室長
杉山 央

1 はじめに

平成20年6月、本来使用が認められていない材料を混入させた生コンクリートが出荷され、マンションや戸建住宅の建築に使用されていた事実が発覚した。この偽装事件は大きな社会問題となり、コンクリート製造分野におけるトレーサビリティ*確保の重要性が強く意識されるようになった。そもそもコンクリートは硬化前の半製品のような状態で生コン工場から出荷され、建築現場に納入される。納入時にスランプ、空気量等の試験を行うが、圧縮強度は適正か、耐久性を損なうような不具合は発生しないかどうか等が判明するのはコンクリート硬化後（一般的に製造から28日以後）である。この時点で不適切なコンクリートであることが判明しても、その修復には多大な費用、労力を必要とし、工期へのダメージも大きい。このような点で、コンクリートは他の工業製品よりも綿密なトレーサビリティ確保体制および偽装防止体制を必要とする建築材料といえる。

一方、近年では製品の生産管理、流通過程におけるトレーサビリティの向上を目的として、食品産業や流通産業を中心に IC タグの技術が導入されている。コンクリートの製造・施工過程においても IC タグ技術の導入により、トレーサビリティの高度化や偽装防止対策をはじめとして、品質管理や検査等の合理化・省力化にも寄与するなど数多くのメリットが期待できる。

本稿では、コンクリート製造分野における偽装

防止および品質管理や検査の合理化・省力化を目指し、IC タグを活用してコンクリートの製造、現場への運搬、荷卸し、施工に至るまでの履歴情報を記録・保存するトレーサビリティ確保技術の開発に向けた取り組みについて紹介する。

※ “トレーサビリティ” は追跡可能性などと訳され、「製品などの生産・流通履歴を明確にすることで、その製品の安全性等を証明することができる」ことを意味する。

2 IC タグとは

IC タグとは書き込み可能な IC チップと小型アンテナを内蔵した荷札である。IC チップ内の情報は専用の無線通信機器（リーダ／ライタ）を用いて外部から読み書きすることができる。IC タグには次のような数多くのメリットがあり、これまで利用されていたバーコード等に代わる次世代の個体識別・管理技術として期待されている。

- ① 非接触で通信するため、隠れていてもデータの読み書きが可能である。
- ② 新たなデータを追記することができる。また、データの変更を禁止することもできる。
- ③ 複数の IC タグのデータを同時に読み取ることができる。
- ④ **写真1** に示すようにラベル型、カード型、コイン型、スティック型など各種形状に加工できる。
- ⑤ 周波数帯によっては通信距離が長いものもある。

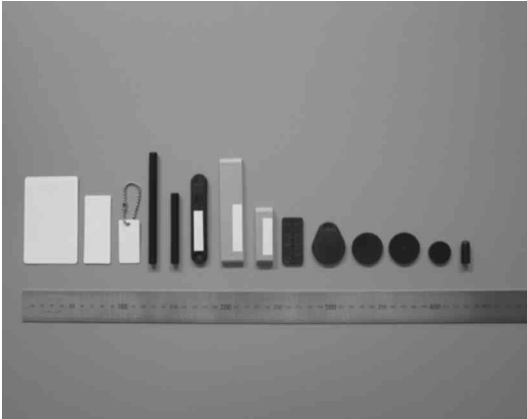


写真1 各種 IC タグ



写真2 ハンディ型リーダ/ライタ

IC タグの通信に使用する周波数については、現在日本で最も普及している HF 帯 (13.56 MHz) に加え、135kHz 以下、2.45GHz および UHF 帯 (860~960MHz) がある。UHF 帯は日本では主に携帯電話の周波数帯として用いられているが、2006年1月改正の国内電波法により IC タグの分野でも利用可能となった。日本では UHF 帯の中でも 952~954MHz の帯域が IC タグの通信に利用されている。表1に IC タグの周波数帯別の特徴を示す。

IC タグは電波の送受信方式によってパッシブ

タグ (受動タグ) とアクティブタグ (能動タグ) に分けられる。パッシブタグはリーダ/ライタからの電波をエネルギー源として動作するため、電池を内蔵する必要がない。すなわち、リーダ/ライタから比較的強めの電波を送信し、IC タグからの非常に微弱な反射波を受信する原理となっており、IC タグ内の情報はこの反射波に乗せて返される。パッシブタグはアクティブタグに比べて通信距離は短い、ほぼ恒久的に利用することができる。他方、アクティブタグは電池を内蔵した IC タグである。自ら電波を発するので、通信距

表1 IC タグの周波数帯別の特徴

	135kHz 以下	HF 帯 (13.56MHz)	UHF 帯 (952~954MHz)	2.45GHz
伝送方式	電磁誘導方式	電磁誘導方式	電波方式	電波方式
通信距離*1	~10cm	~30cm	~5 m	~1 m
通信速度	非常に遅い	遅い	速い	速い
指向性	弱い	比較的弱い	比較的強い	強い
水の影響	小さい	比較的小さい	やや大きい	大きい
金属の影響*2	比較的小さい	大きい	大きい	大きい
日本での利用状況	旧式の IC タグに利用されている。	現在日本では主流として利用されている。	欧米では主流として利用されている。日本でも普及しはじめている。	日本でも一部では利用されている。
参考	船舶無線の周波数帯	ラジオの周波数帯	携帯電話の周波数帯	電子レンジの周波数帯

*1 パッシブタグの通信距離を示す。なお、通信距離はアンテナの大きさ、リーダ/ライタの出力等によっても異なる。

*2 金属の影響を少なくするための対策が施された特殊仕様もある。

離が長い。ただし、電池の寿命とともに機能が停止するため、継続使用するためには電池を交換する必要が生じる。

リーダ／ライタには据置型、ゲート型、ハンディ型などがある。写真2にハンディ型リーダ／ライタを示す。

3 IC タグをコンクリートに埋め込む

一般にICタグは接着剤、ビス等を用いて取り付けますが、コンクリートでは硬化前にICタグを内部に埋め込むという方法も考えられる。この方法では、接着剤、ビス等が不要であり、ICタグが剥がれて紛失することもない。さらに、コンクリートによってICタグが衝撃や劣化から保護されるというメリットも期待できる。ICタグをコンクリート中に埋め込んでも通信、すなわち情報の読み書きが可能かどうかについては、写真3に示すようにすでに小型コンクリート試験体（寸法100×100×400mm）にHF帯、2.45GHzおよびUHF帯の各種ICタグを埋め込んだ基礎研究を実施している^{1),2)}。その結果、コンクリート中のICタグは空気中よりも通信距離は短くなるが、情報の読み書きは可能であることが明らかになった。特にUHF帯のICタグおよびリーダ／ライタを使用した場合には、ICタグをコンクリート

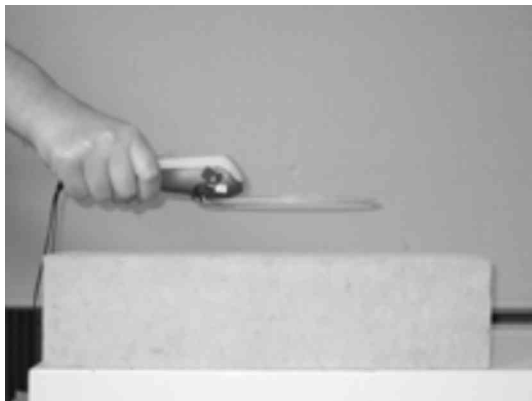


写真3 コンクリート試験体中に埋め込んだICタグの通信距離の測定状況

中の深さ50mmの位置に埋め込んでも1,000mm以上の通信可能距離が得られた（小型試験体のため、埋め込み深さ50mm以上の実験は未実施）。

しかし、埋め込まれたICタグがコンクリートの耐久性等に悪影響を及ぼさないか、コンクリート中のどの程度の深さまで埋め込んでも通信可能か等については解明されていない部分が多く、今後詳細に検討する必要がある。

4 IC タグを活用したコンクリートのトレーサビリティシステム

ICタグを活用してコンクリートの製造、現場への運搬、荷卸し、施工に至るまでの履歴情報を記録・保存するトレーサビリティシステムについては種々の方法が考えられる。一例として、図1に示すように初期情報を記録したICタグを製造過程のコンクリートに投入し、現場での受入れ検査、施工後の検査等において発生した新たな情報をコンクリート中のICタグに追記する方法が考えられる。このトレーサビリティシステムでは、次のようなメリットが期待できる。

- ① 一度コンクリート中に入れたICタグを取り出すことは困難なので、情報の改ざん防止になる（ICタグ内の情報については、追記のみ可能であり、変更や消去は不可能な仕組みとする）。
- ② 履歴情報がコンクリート自身に保存されるため、紛失することがない。いわば保証書のような役割を果たす。
- ③ 建物において、どの部分のコンクリートが、どこの生コン工場から出荷されたものか明確にわかる。大きなマンション建設など複数の生コン工場から出荷されたコンクリートを使用した場合、容易に識別が可能である。
- ④ 万が一、瑕疵が発生した場合、原因究明、保証責任、補修材料・方法の選定に役立つ。
- ⑤ 受入れミスの防止をはじめ、施工の合理化・省力化につながる利用も期待できる。これまでプレキャストコンクリートやコンクリ

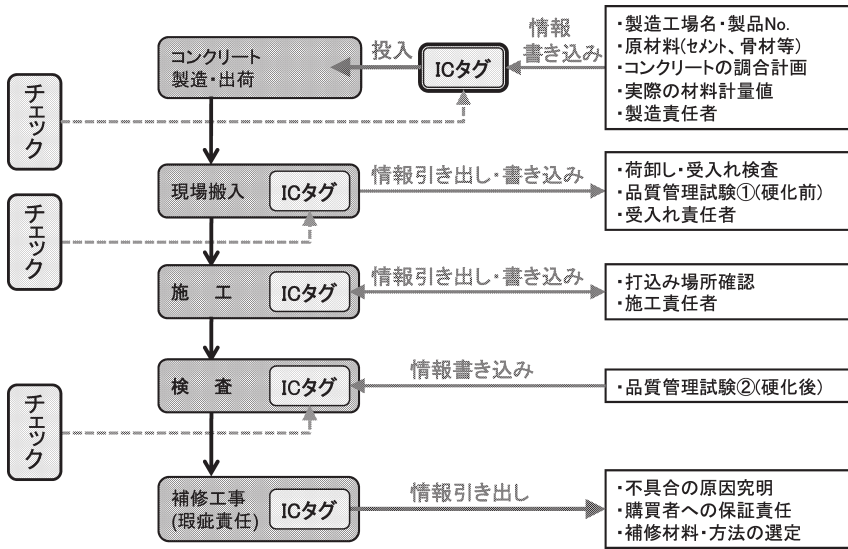


図1 ICタグを活用したコンクリートのトレーサビリティシステムの例

ート強度管理用供試体にマーキングの代わりとしてICタグを埋め込む(貼り付ける)という試みは行われているが、上記のように製造中の製品そのものに履歴情報を記録したICタグを埋め込むという試みは例がない。このような点で、とても大胆な取り組みともいえる。

その一方で、コンクリート製造中や生コン運搬車でのアジテート中にICタグが破損しないか、コンクリート荷卸し時にICタグが確実に排出されるか(生コン運搬車に残らないか)などの問題が予想される。このため、コンクリート荷卸し時にICタグを投入する等の様々なケースも検討する必要がある。

さらに、将来実用化の段階に至った際にはコストの問題が浮上する。このようなシステムを生コン工場に導入する場合には設備投資が必要なのはもちろんのこと、コンクリートの価格にICタグの価格が上乘せされることになる。1㎡のコンクリート中に何個のICタグを入れるかという点がポイントになるが、通信距離が短いICタグであれば数多く入れる必要があり、通信距離が長い高性能なICタグであれば1個で十分かもしれない。

い。前記のようにICタグが生コン運搬車に残ってしまう可能性があるならば、余裕を持った数量としておく必要がある。

ICタグの利用期間(情報の保存期間)についても課題となる。建物が解体されてコンクリートが再生骨材として再利用されるような時期、すなわち50~100年後までICタグが利用できれば理想的である。しかし、ICタグの耐久性や規格の存続については不透明な部分がある。私見であるが、新築住宅の瑕疵担保責任期間である10年後までICタグが利用できれば、とりえず大きな役割は果たせるものと考えられる。

5 共同研究プロジェクト

コンクリート製造分野における偽装防止および品質管理や検査の合理化・省力化を目指し、ICタグを活用してコンクリートの製造から現場への運搬、荷卸し、施工に至る履歴情報を記録・保存するトレーサビリティ確保技術の開発に向けた官学民共同研究が昨年8月にスタートした。参加機関は、国土交通省国土技術政策総合研究所、広島

大学、独立行政法人建築研究所のほか、東京都、神奈川県、茨城県、千葉県、埼玉県の各生コンクリート工業組合である。共同研究を推進するための委員会が組織され、委員長には大久保孝昭教授（広島大学大学院 工学研究科 社会環境システム専攻）が就任した。共同研究では次の項目を検討対象としている。

I コンクリートに投入する IC タグに要求される基本性能に関する検討

- (1) 物理的性能（形状，耐水性，耐熱性，耐衝撃性，耐摩耗性および耐久性）
- (2) 通信性能（コンクリート中での通信，リーダー／ライターへの要求性能）
- (3) 記録情報の保存性

II トレーサビリティシステムの構築

- (1) 全体フローの形成
- (2) 各種ケーススタディの詳細検討（IC タグの投入時期，情報を記録するタイミング）
- (3) 記録情報の整理（記録・保存すべき情報）
- (4) 記録情報をチェックする仕組みの検討

III 生コン製造工場および施工現場におけるフィールド実験

- (1) 生コン製造過程
- (2) 運搬・荷卸し過程
- (3) 施工過程
- (4) トレーサビリティシステム導入による合理化・省力化の効果の評価

IC タグについては、通信に使用する周波数や形状のほかに、データ記憶領域の大小による別もある。データ記憶領域が大きければ、IC タグ内のチップそのものに情報を記録・保存できる。データ記憶領域が小さければ、IC タグには製造番号のような固有の番号を付しておき、情報は別途サーバー等から引き出すことになる。それに応じてトレーサビリティシステムも変わってくるが、共同研究では様々な可能性を検討する方向である。

また、トレーサビリティシステムの有用性を現場で検証するため、実際の生コン製造設備を使って、製造、出荷、荷卸し等を行うフィールド実験を予定している。フィールド実験は施工過程まで幅を広げる計画もあり、今後ゼネコンへの協力要請を進める方向である。

6 あとがき

我が国のほとんどの生コン工場では徹底した製造管理のもと、品質の高いコンクリートを製造し、出荷しているのが実情である。平成20年6月に発覚したコンクリートの偽装事件はとても稀なケースである。しかし、コンクリートは使用する原材料、調合設計、計量、品質管理等を欺いても見破るのが難しい建築材料であるという問題を再認識させられる出来事であった。また、一度でもこのような事件が発生すると、すべてのコンクリートに対する信頼が低下してしまうのも事実である。コンクリートのトレーサビリティについて真剣に考えなければならない段階に至ったように感じる。

近年の先端技術の一つである IC タグと古くから建築に使用されてきたコンクリートという対照的な組み合わせであり、しかも製品であるコンクリート自体に保証書の役割も兼ねて IC タグを埋め込むという斬新な技術の実現を目指した共同研究プロジェクトがスタートした。コンクリートの製造・施工・品質管理の合理化や偽装防止対策に役立つことを期待したい。

（参考文献）

- 1) 杉山 央，大久保孝昭，中島史郎：コンクリート中に埋め込んだ各種 IC タグの通信性に関する研究，日本建築学会技術報告集，日本建築学会，第15巻，第29号，pp.9～14，2009.2
- 2) 杉山 央：コンクリート中に埋め込んだ各種 IC タグの通信性調査，セメント・コンクリート，セメント協会，No.749，pp.18～27，2009.7

進化する ICT を駆使した品質管理

株式会社大林組 東京本社
総合企画室長
国本 勇

1 建設業を取り巻く環境の変化と対応

昨年の政権交代による政府建設投資の削減に加え、一昨年後半から続く世界的経済危機による景気の後退の影響で、製造業を中心とした民間設備投資の抑制や不動産市場の低迷により、建設会社の工事受注量が伸び悩んでいます。

一方、建設現場における若年労働者の入職率の低下で熟練作業員の高齢化が進み、現場生産性や品質の低下が懸念されます。

そういった建設業を取り巻く厳しい環境下、いかに工事原価を削減しながら、要求される品質を発注者に提供するかが、我々に与えられた大きな課題といえます。

そこで、当社では現場生産性の向上と高品質の確保という目的で、建築生産の高度化に向けた様々な取組みを行っています。年頭にあたり、進化する最新の ICT（情報通信技術）を駆使した現場生産における品質管理技術をご紹介します。

2 ICT を駆使した新しい品質管理技術

昨今の構造計算書偽装や鉄筋の配筋ミスによるまでもなく、建築物の発注者・利用者から品質の確保に対する要求が益々高まっています。また、品質管理の記録・履歴をいつでも確認できるようにするための施工品質のトレーサビリティが重視

されるようになりました。これらの社会的要請に応えるには、従来以上に精緻な検査の実施と検査結果の記録・保存が必要です。当社では以下のようにより、最新の ICT を現場に導入し、作業工数を低減しながらも、高度な品質管理を実現する技術を実用化しています。

(1) 配筋検査支援システム

鉄筋コンクリート造の建築物では、躯体の品質確保のためには鉄筋工事の品質管理が最重要です。しかし、従来鉄筋が設計図通りに正しく配置されているかを確認する配筋検査には、次のような課題がありました。

- ①配筋情報が構造図や施工要領書に散在し、現場に多くの図面を所持しなければなりません。
- ②記録写真の撮影枚数が非常に大量になります。
- ③大量の検査結果と記録写真を整理し、検査報告書を速やかに作成しなければなりません。

そこで、これらの課題を克服するため、現場でも使用可能な PDA（携帯端末）を利用した配筋検査支援システムを開発しました¹⁾。

本システムの特徴は次のとおりです。

- ① PDA に全ての検査情報を入力し、その日の検査箇所・写真撮影箇所をあらかじめ明示しておくことによって検査業務を容易にするとともに、検査の進捗が確認できるため、検査漏れを防止します。
- ②現場では PDA の画面から必要な図面を参照し、検査結果を記録します（写真 1）。

- ③カメラメモ機能付きデジタルカメラを利用することで工事写真を自動的に仕分けできます。
- ④検査結果や写真情報をもとに、検査報告書や写真帳の作成が自動化できます。



写真1 配筋検査支援システムの利用状況

図1のとおり、本システムの利用により、作業工数は従来の配筋検査に比べ約3分の2に削減され、すでに多数の現場に導入しています。

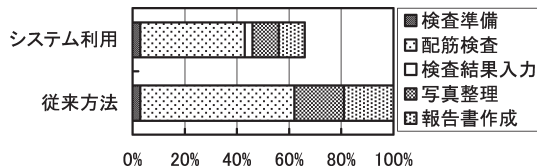


図1 一工区あたりの配筋検査工数の比較

(2) 三次元計測システム

鉄骨造やプレキャストコンクリート(PCa)造の躯体工事では、柱や梁等の部材は工場での品質管理のもとで製作され、現場に納入して所定の位置に建て方されます。その際、現場では正しく設置されたかどうか、建て方精度を計測します。

従来のトランシット等の測量機を用いて鉄骨やPCaの柱部材の垂直精度を計測する場合、直行する2方向にトランシットを設置して計測する必要がありました。一方、図2のような光波測量機(TS:トータルステーション)を用いると、計

測点の3次元座標を一度の計測で取得できます。そこで、PDAやパソコンからTSを制御し、鉄骨やPCa部材の設置精度を効率よく計測する三次元計測システムを開発しました²⁾。

本システムの特徴は次のとおりです。

- ① PDAやパソコンに表示した平面図で、計測する部材と計測点を選択することにより、簡単に計測できます。
- ② PDAやパソコンとTSを無線で接続することにより、離れた場所からTSが制御できます。
- ③ 複数の計測点を自動的に巡回して計測することができます。
- ④ ひとつの部材に計測点を2ヶ所以上設ければ、部材の回転状態も計測できます。
- ⑤ 計測結果の報告書を迅速に作成できます。

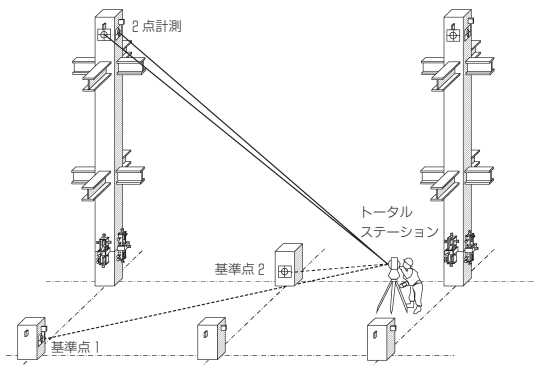


図2 三次元計測システムの構成

本システムの利用により、作業工数は従来方法に比べ約2分の1から3分の2に削減されます。また、柱が鉛直ではないタワー構造物や、曲面を含む複雑なPCa構造物の計測管理に特に効果が期待でき、すでに現場で威力を発揮しています。

(3) 仕上げ検査システム

建築物の内装工事や設備工事では、軽鉄間仕切、下地組みやボード張り、建具取付け、クロス仕上げ、電気・空調・衛生設備等、様々な専門工事会社によって行われます。施工者は個々の工種

特集 建築生産における高度化の取組み

の施工状況の確認に加え、工事監理者からは最終的な仕上がり具合の確認と不具合箇所適切な是正指示が求められるため、全室において仕上げ検査を行います。

従来の仕上げ検査では、平面図を記録用紙として現場で検査結果を書き込み、専門工事会社ごとに仕分けした是正指示書を作成したり、検査記録をパソコンで電子データとして再入力したりしていました。特に一戸ごとに検査を行う集合住宅工事では次のような課題がありました。

- ①専門工事会社及び施工者による自主検査や、工事監理者や発注者による検査に加え、購入者・入居者による内覧会のように、検査主体を変えて同様の検査が繰り返して行われます。
- ②大規模や超高層の集合住宅では住戸数が多くなり、管理する検査データが膨大になります。
- ③セレクトプランやフリープラン等入居者の希望に応じた仕様の自由度を特長にした物件が増え、検査内容が住戸ごとに異なります。

そこで、写真2のような、現場で検査結果を電子データとして記録できるPDAを利用した仕上げ検査システムを開発しました³⁾。

本システムの特徴は次のとおりです。

- ①PDAに平面図を登録しておくことで、図面上の位置に検査結果を直接入力記録できます。
- ②専門工事会社ごとの仕分けや是正指示書の出力



写真2 本システムによる仕上げ検査の状況

が自動化できます。

- ③検査記録のパソコンへの保存が容易で、清書された報告書が自動的に作成できます。

図3のとおり、本システムを利用しますと、検査終了後の是正指示書や報告書の作成にかかる工数削減に大きな効果があります。

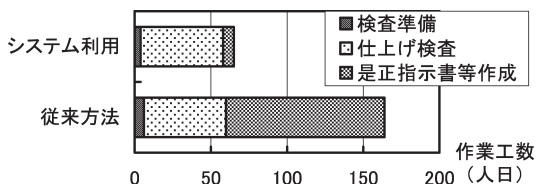


図3 仕上げ検査業務の工数削減効果

(4) 排水管通水検査システム

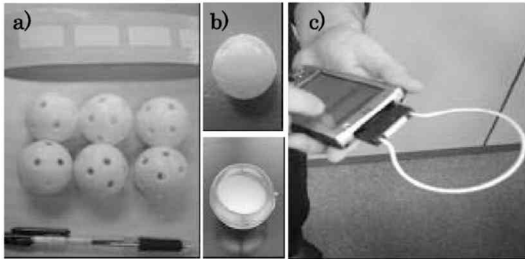
設備の排水管が正確に配管され、本管と接続されているかどうかを確認することは重要な管理項目の一つです。当社では配水管の施工状況を調べる排水管通水検査を設備工事の必須検査項目に定め、原則として全ての現場で実施しています。

排水管通水検査では、実際に排水を行って、検査箇所から投入した試験体が所定の排水経路終端に正しく到達することを確認していますが、検査箇所が多く、しかも竣工直前の限られた期間内に検査を行う必要があり、信頼性ととも、効率化が求められていました。

そこで、非接触で情報を書き込みできるICタグの特徴を活用した排水経路の状況の確認が確実な排水管通水検査システムを開発しました⁴⁾。

本システムは、写真3のような内部にICタグを挿入したボール(a)、b))を試験体として利用します。試験体は繰り返し利用でき、試験体のICタグへの情報の書き込みと読み取りは、アンテナ付きのPDA(c))で行います。

本システムによる排水管通水検査の要領は、図4のとおりです。試験体のICタグに正規の排水経路と投入時刻を書き込み、排水管に投入しま



a) プラスチック球 b) 熱可塑性樹脂球 c) PDA
写真3 試験体 (IC タグ内蔵) 及び PDA

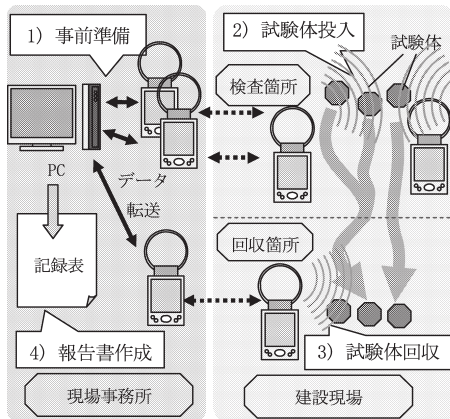


図4 排水管通水検査システムによる検査作業

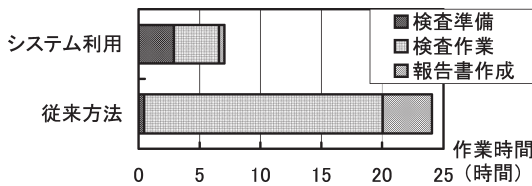


図5 作業時間の比較

す。そして、試験体が正規の排水箇所到达了たのかどうかを追跡し、状況を確認します。検査結果は PDA からパソコンに転送し、報告書を作成します。

図5 のとおり、本システムを利用した場合は、検査作業の時間や報告書作成時間が大幅に短縮でき、全作業時間が約70%短縮できました。

3 さらなる建築生産の高度化に向けて

これまでご紹介したとおり、ICT を有効活用

した効率的な現場生産における品質管理が実現しています。一般製造業ではすでに製造から流通、販売まで ICT を駆使した管理が進んでおり、製品とその管理情報が一致していることが重要なポイントです。現地一品生産である建築工事の品質管理でも同様に、実際の出来形や施工精度と設計図に記されている要求性能とが一致していないと、優良な建築物が提供できません。

そこで、出来形検査や施工精度の計測結果を設計図に随時フィードバックすることが必要です。ICT による品質管理に関する情報と、現在建築分野で開発が進んでいる、設計から建築生産に関するあらゆる情報を盛り込んだ BIM (Building Information Modeling) を組み合わせると、より高度な建築生産が実現できるでしょう。例えば、精度計測データや仕上げ検査記録が 3D 設計図に記入されれば、次工程の対応が容易になります。また、こうして蓄積された品質管理情報は、建築物の運用段階での有効活用も可能になります。

当社ではさらなる建築生産の高度化に向けて、PDA や IC タグの他、携帯電話の機能を高めた情報機器や無線 LAN による通信システム、レーザー計測機、携帯電話で容易に取り取れる QR コード等の様々な最新の通信・計測・識別技術の施工管理業務への導入も研究開発を進めています。

[参考文献]

- 金子他：配筋検査支援システムの開発，日本建築学会大会，2009. 8
- 池田他：三次元計測システムの開発と工事適用，日本建築学会大会，2006. 8
- 金子他：携帯端末に対応した図面ベース情報共有ツールの開発と適用，日本建築学会建築生産シンポジウム，2006. 7
- 近藤他：IC タグを利用した排水管通水試験システムの開発，大林組技術研究所報 No.70，2006.11

三次元モデルとRFIDを用いた施工支援手法の取組みについて

鹿島技術研究所 建築生産 Gr.
土橋 稔 美
吉田 知 洋

1 はじめに

施工段階において、三次元モデルを活用することによる施工支援がこれまで数多く行われていた。特に施工計画段階では、施工プロセスを可視化し視覚的に確認することの効果は大きく、関係者間の情報共有や理解の向上が期待される。本報では、鉄骨工事の施工計画段階から工事着工後の施工管理段階までを対象に、三次元モデルとRFID (Radio Frequency IDentification) を活用した施工支援手法の概要とその支援機能について紹介する。

2 三次元モデルとRFIDを活用した鉄骨工事の施工支援手法

(1) 三次元モデルを活用した施工支援手法

三次元モデルを活用した施工支援手法は、柱や梁といった部材ごとにモデル化した三次元データと工程データを連携させることで、鉄骨工事の計画段階における計画内容を自動判定する方法と、三次元表示による施工プロセスの可視化方法から構成される。

計画内容の自動判定は、①使用するクレーンの選定、②クレーンブームと既設躯体部材間の干渉、③部材の組立順序、④作業順序の判定を三次元モデルの持つ部材の形状や取付位置の情報と工

程情報を元に自動判定しており、無理のない工程計画を支援する。

三次元表示による施工プロセスの可視化は、計画内容や作業の進捗状況を視覚的に確認することで、容易に理解可能とするものである。例えば、施工の進捗状況については、遅れの有無や部材単位の実績揚重時間の表示により、工程上の問題の把握や計画の改善を支援する。そのほか、建方工事に含まれる複数の職種での作業の実施状況を表示することで、作業間の調整での活用が考えられる。

(2) RFIDを活用した施工支援手法

RFIDを活用した施工支援手法は、RFIDタグを鉄骨部材に取り付けることで、計画通りの施工が実施されているかを、部材単位の作業の進捗と検査の結果を収集することにより管理する手法である。鉄骨部材の現場搬入から施工完了までの各工程において、各工程の完了時点でRFIDタグを読み取ることにしている。このRFIDタグの読み取り情報をもとに、①進捗管理と品質管理における施工実績の記録作成と②収集した実績情報の「見える化」により、効率的かつ確実な検査の実施を支援する。

3 鉄骨工事の施工支援システムの支援機能

(1) システムの概要

本システムの概要を図1に示す。システムの機

器構成は、システムをインストールした管理用PCと、現場で進捗及び検査結果を入力するPDA、鉄骨部材1ピース単位の識別に用いるRFIDからなる。

(2) 施工計画機能

① 三次元モデル作成

三次元モデル作成の支援機能として、構造設計用のCADデータのインポート機能と専用の三次元モデル作成ソフトの利用により、効率的なデータ作成が可能となる。また鉄骨部材のほか、計画に必要な作業構台、前面道路などの背景や電線、電柱などの障害物も作成可能である。

② 建方工程計画

建方工程計画は、工程表画面上での工程（バーチャート上のバー）の作成と作成した工程への部材の割り当てにより、どの範囲（建方工区）をいつ施工するかを計画を支援する。選択と同時に1

日あたりの作業量や建方順序を自動判定している。これらの判定をリアルタイムに行うことで、工程及び建方工区割りを効率的に立案できる。

③ 揚重計画

揚重計画は、工程表画面で作成した工程ごとに、クレーン機種の選定と三次元モデル上への配置を支援する。建方対象の全部材に対し、揚重可能かどうか、クレーンブームと既設躯体間の接触が無いかをリアルタイムに自動判定することである。判定した結果は、三次元モデル上で色分けして表示され、揚重計画の良否の把握が容易となる（図2）。

(3) 施工管理機能

① PDAへの当日作業予定配信機能

計画した工程に対し、当日作業予定としてその工程に割り当てられた部材リストとその工程で実施する検査項目をPDAへ送信する。PDA上で

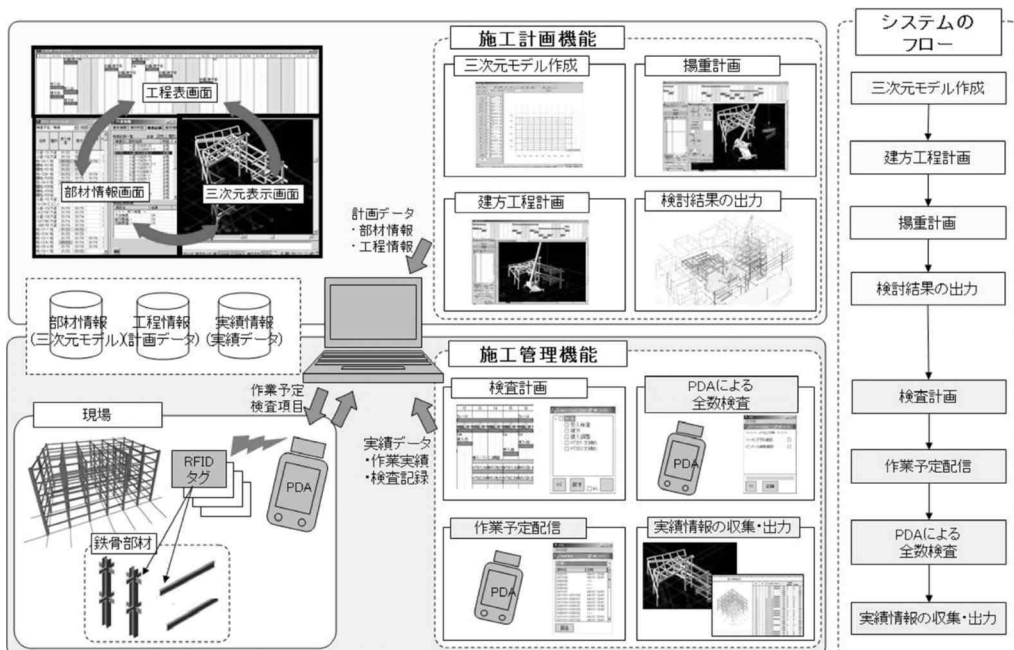


図1 鉄骨工事の施工支援システムの概要

は、当日作業予定部材の一覧を見ることができ
る。このリスト上では検査の実施状況も表示さ
れ、当日の予定に対し現在どこまで実施してい
るかを確認することができる(図3)。また、部材
の取付位置を三次元表示した画像をPDA画面
上で確認することも可能である(図4)。

② PDAによる進捗管理・検査支援機能

進捗や検査結果の実績情報の収集には、RFID
を用いた管理システムを利用する。本システムで
は、部材の識別と検査履歴を記録するため、鉄骨
部材1ピースごとにRFIDタグを取り付ける。
RFIDタグの読み取りは、各作業が完了した時点
とし、作業者がPDAに取り付けたリーダーを使
用する。読み取りと同時にその作業で確認する検
査結果もPDA上で入力する(図5)。これを建
方や本締めなど鉄骨工事に含まれる作業ごとに実
施することで、進捗情報(完了時間)と検査結果
の情報(受入時の不具合や建入精度など)を実績
情報として鉄骨部材ごとに記録する。これによ
り、詳細な施工記録を効率的かつ確実に収集す
ることが可能となる。検査の内容によっては、問題
点の記述などPDAによる入力が困難な場合もあ
り、施工状況を撮影した写真も登録することが
できる。

また、RFIDにはデータを書き込むことが可能
なため、各作業の読み取り日時を検査履歴とし
て書き込んでおけば、先行する作業が完了してい
ることをその場で確認しながら検査を行うことも
可能である。なお、RFIDを用いず、PDA上で部
材番号を選択する方法も可能である。

③ 施工実績の三次元表示機能

PDAで入力した実績情報は、①無線LANを
用いたりアルタイムな送信及び②当日作業の終了
時にUSB接続による送信により管理PC上で蓄



図2 揚重判定画面



図3 作業予定表示画面

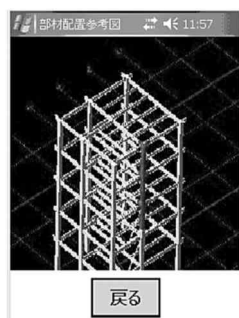


図4 取付位置表示

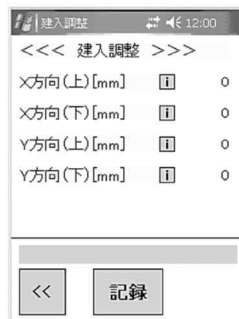


図5 検査結果入力画面

積される。蓄積した実績情報は、三次元モデルに
反映され、部材単位で作業や検査の進捗を色分け
して表示する(図6)。検査結果の三次元表示と
して、部材1ピースごとに未検査・合格・再検査
を色分けして表示する。これにより、遅れている
部分や検査で不合格の部分の把握が容易となり、

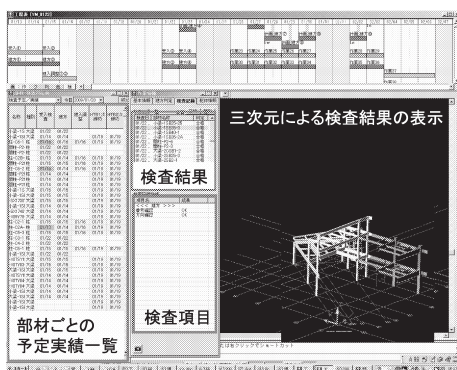


図6 検査結果の三次元表示

より視覚的に問題箇所の把握が可能となる。

④ 管理帳票の出力機能

収集した実績情報を帳票として出力することが可能である。検査結果の出力機能は、部材全数の実施日時と検査結果をチェックシート形式の管理記録帳票として自動作成する(図7)。進捗状況については、時系列の出来高グラフを出力することで、全体工程に対する現在の進捗を容易に把握することができる。

建方作業検査記録									
部材	階	名称・寸法	検査日時	検査結果	検査員	確認	備考	検査日時	検査結果
柱	1	302101	20090901	合格	OK				
柱	1	302102	20090901	合格	OK				
柱	1	302103	20090901	未検査					
柱	1	302104	20090901	未検査					
柱	1	302105	20090901	合格	OK				
大梁	1	302101-302102	20090901	合格	OK				
大梁	1	302101-302103	20090901	合格	OK				
大梁	1	302101-302104	20090901	合格	OK				
大梁	1	302101-302105	20090901	合格	OK				
大梁	1	302101-302106	20090901	合格	OK				
大梁	1	302101-302107	20090901	未検査					
大梁	3	302101-302108	20090901	合格	OK				
大梁	3	302101-302109	20090901	合格	OK				
大梁	3	302101-302110	20090901	合格	OK				
大梁	3	302101-302111	20090901	未検査					
大梁	3	302101-302112	20090901	合格	OK				
大梁	3	302101-302113	20090901	合格	OK				
大梁	3	302101-302114	20090901	未検査					
大梁	3	302101-302115	20090901	合格	OK				

図7 出力帳票例(チェックシート)

4 おわりに

3階建鉄骨造の現場で本システムを試行しており、適用状況を図8と図9に示す。工事担当者からは本システムの有効性として、未検査部材の把握が容易になり、検査もれを無くすことによる品質の確保が期待される点が評価された。その他、当日の実績をすぐに帳票化できる点や、三次元モデルから必要な検査記録を検索可能な点が、施工管理の効率化に有効との意見を得た。



図8 現場適用例(RFID取付状況)

RFIDは、竣工後も部材に取り付けておくことでトレーサビリティ情報を提供することが可能となり、躯体部材の品質証明や将来的なりリニューアル時の適切な計画立案に有効と考えられる。そのためには、①RFIDに記録すべき施工プロセス情報の標準化、②建築現場外の鉄骨加工工場での部材製作段階への適用による製作情報の追加、③現状では記録容量に限りがあるため業界共通となるコード化、④RFIDの耐久性の向上と低コスト化が必要になると考えられる。



図9 現場適用例(PDA入力状況)

(参考文献)

- 1) 吉田知洋他；3次元モデルを活用した鉄骨工事の施工支援システム，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.347-348，2009年

清水建設の建築施工における BIM の活用について

清水建設株式会社
生産技術本部
田淵 統

1 はじめに

清水建設では、建築施工における品質の確保と生産性の向上に向け、構工法や機械技術の開発に取り組むと共に、施工計画・施工管理での BIM (Building Information Model) の活用に取り組んできました。

2 構工法・機械技術の開発

当社において、建築施工の姿を大きく変えるきっかけとなったのは、全天候型のビル施工法である「スマート工法」でした。

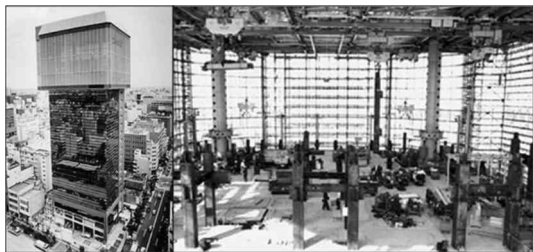


図1 「スマート工法」

建設労働者の高齢化と減少が予測される中で建設作業の3K（「きつい」「汚い」「危険」）からの脱却に向け「施工最上階を工場化する」ことをコンセプトに開発されたこの工法は、最上階に風雨を遮る屋根と建設資材の水平搬送設備を設け、仮設マストでリフトアップしながら施工するもの

で、PCa（プレキャストコンクリート）床版やCW（カーテンウォール）、配管のユニット施工等の構工法技術と、垂直・水平搬送装置や溶接ロボット、大型の昇降装置とそれらを制御する機械技術により構成されています。作業環境の改善により安全性が確保され、安定した工程の維持が可能となり、また、最新の構工法技術と機械技術による生産性の向上が可能となりました。

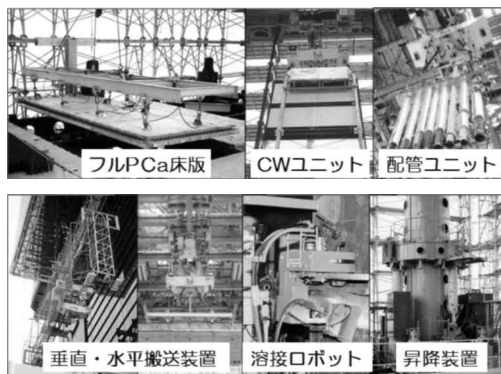


図2 スマート工法に適用された建設技術

「スマート工法」で課題となった建設コストの低減に向け、躯体・外装・設備の更なるPCa化・ユニット化や仮設・機械技術の開発を進めて生まれたのが「シズ積層工法」です。各階を小工区に分割し、各工区が並行して1日単位で施工することを特徴としており、緻密な施工計画と適切な施工管理を行うことにより、労務の平準化と高密度・連続施工が可能となりました。

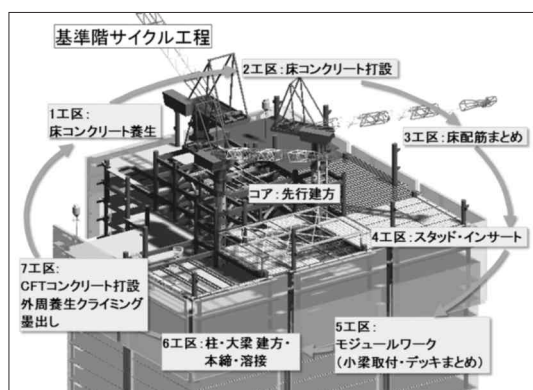


図3 シミズ積層工法

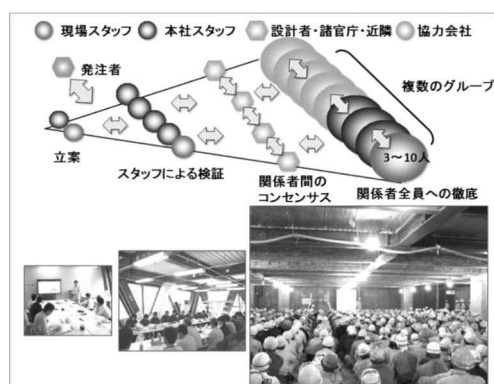


図4 建築施工における関係者間の意思疎通

3 施工計画段階における BIM の活用

当社が施工する建築の多くが一品生産であり、試作（モックアップ）により確認できることは極わずかです。また、不具合を修正するために要するコストと時間は、施工計画の立案から施工図・製作図の作成、部品の製作、搬入・取り付け・検査に至るプロセスの中で、後工程になればなるほど幾何級数的に増大します。

一方、顧客・設計者（工事監理者）・専門協力会社・近隣居住者・監督諸官庁等多岐にわたる人々が複雑に絡みあう中でプロジェクトが進行するため、受注から維持管理に至る各プロセスにおけるこれら関係者間の意思疎通の成否が、プロジェクトの行く末を大きく左右します（図4）。

当社の建築施工における BIM 活用のねらいは、建物そのものと施工プロセスの Q（品質）・C（コスト）・D（工程）・S（安全）を「みえる化」することにより、

① プロジェクトの初期段階で、ものづくりに携わる関係者の知恵やノウハウをプロジェクトへ

結集し、検討の密度を上げることにより、後工程における不具合の発生を未然に防ぎ、修正に要するコストと時間を削減するとともに、合意形成と意志決定を早期化する。

② プロジェクトに関わる全ての関係者に、施工方針・計画を周知・徹底し、関係者間のコラボレーションを強化することにあります。

具体的な活用分野は、納まりの確認と干渉チェック、数量把握、仮設や施工手順の検証、施工図との連動等、多岐にわたっています。

(3.1) 納まりの確認と干渉チェック

施工計画を開始する前に、先ず納まりの確認と干渉チェックを行います。その目的は、設計の性能上・施工上・維持管理上の問題点を洗い出し修正することにより、施工計画・施工段階での手戻りを防止することにあります（図5, 6, 7）。

(3.2) 数量把握

数量把握の目的の1つは、鉄骨等の発注・手配数量を正確に把握することです。BIM モデルが持つ属性情報を利用し、材料・材質毎の数量を調達計画に反映することが可能となりつつあります。

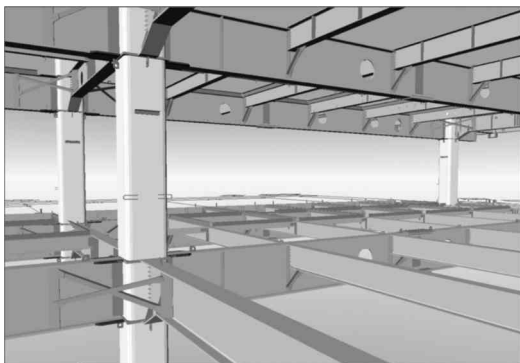


図5 鉄骨納まりの確認

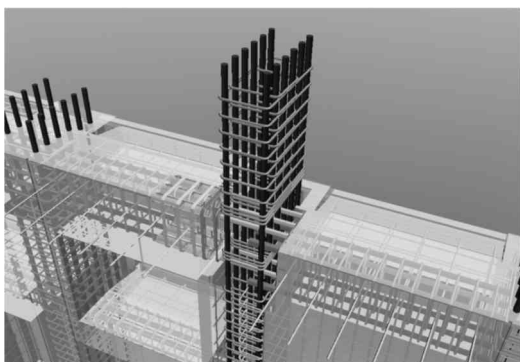


図6 PCa版の納まりの確認

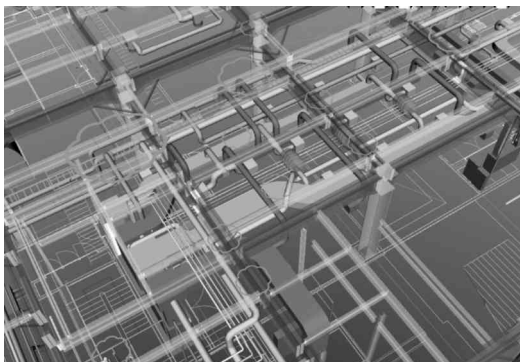


図7 躯体と設備の干渉チェック

もう一つは、タワークレーン等の揚重機的能力を最大限発揮するために、鉄骨やPCa等の重量を正確に把握することです。鉄骨を地組みしたり、床をユニット化し一括揚重する場合には、ユニットの総重量とともに重心位置の把握も必要となる場合があります



図8 床ユニットの揚重計画

4 施工管理段階における BIM の活用

施工管理段階における活用の一例として、「シミズ積層工法」を適用した事務所ビルにおけるサイクル工程管理の事例を紹介します。

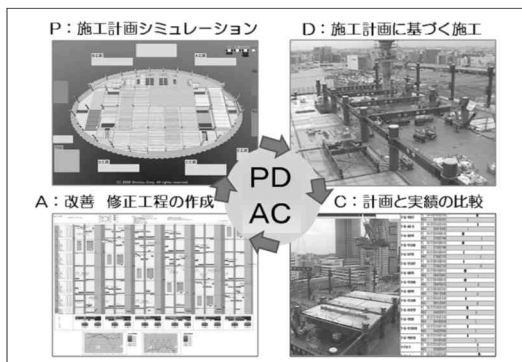


図9 サイクル工程管理における PDCA

(4.1) 施工計画・シミュレーションでの活用
 施工計画段階では、

- ① 躯体のPCa化や鉄骨・設備のユニット化等、
 施工計画に合わせてBIMモデルを組み替える
 と共に、工区や揚重の順序といった施工特有の
 属性を付加し、
- ② 仮設・重機等の施工計画を表現するための部
 材を入力すること、
 から始めます。

この作業により作成した「施工計画モデル」
 を、現場で作成した工程表に従って4D化するこ
 とにより、工程表だけでは見つけることが難しい
 工種間や工区境での問題点を発見することが可能
 となります。

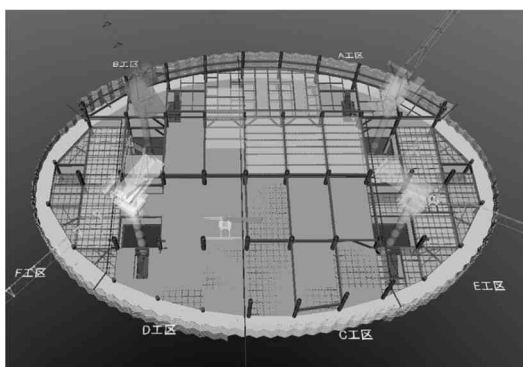


図10 サイクル工程の可視化

IT技術の進歩により、現場にウェブカメラを
 設置して遠隔地から現場の様子を確認することが
 一般的に行われるようになっており、この技術を
 応用して撮影した映像から実績や歩掛りを測定
 し、計画と比較することも可能です。

遅延等の問題が発生した場合には、撮影した映
 像を見ながら遅延の原因の分析や計画の見直しを
 行い、4Dによるシミュレーションにより確認

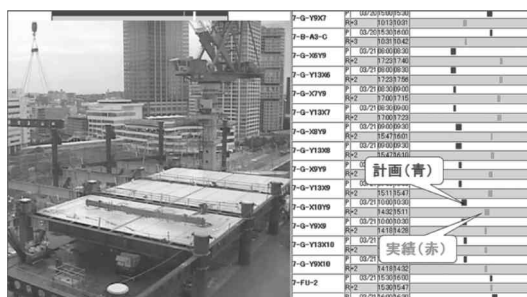


図11 撮影した映像による計画と実績の比較

し、工程表を修正のうえ、次工程に反映すること
 を繰り返すことにより、当初計画した高密度・連
 続施工が可能となります。

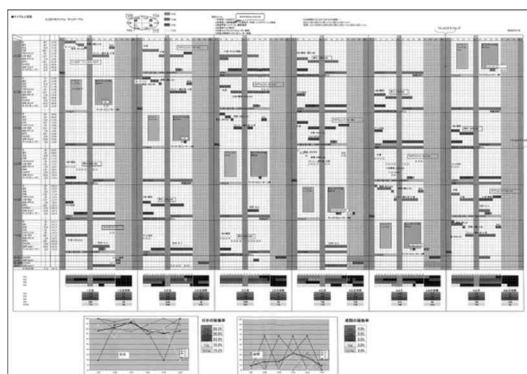


図12 修正工程表の作成

5 おわりに

これまで、当社の施工段階におけるBIMの活
 用について紹介してきましたが、今後、設計から
 維持管理に至る建物のライフサイクルを通して
 BIMを活用していくためには、以下に示す様々
 な課題に取り組んでいく必要があります。

- ① BIMソフト間のデータ連携

設計事務所や協力会社との連携はもとより、
 設計施工案件においてさえ、未だ設計のBIM

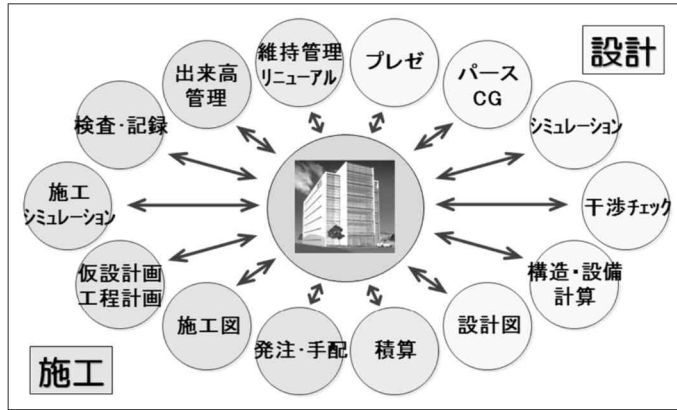


図13 建物のライフサイクルを通した活用

情報を有効に活用できているとは言えません。今後共単一のソフトウェアで全ての業務を処理することは不可能であり、IFC (Industry Foundation Classes) をはじめとしたデータ連携のしくみの整備と建設業界での標準化に取り組んでいく必要があります。

② 関連するソフト間のデータ連携

設計・施工・維持管理を通して既に膨大なソフトウェア資産があり、それらのソフトウェアで既に作成されている情報と BIM モデルを関

連づけ、有効に活用するしくみを整備する必要があります。

③ 入力負荷の低減

BIM ソフトを活用するためには、3次元の建物情報と属性情報の入力が必要です。従来の3次元 CAD においては形状情報のみを扱っており、寸法によりデータの正確性を確認できましたが、今後、膨大な属性情報を入力・確認・維持するためのしくみを整備する必要性を痛感しています。

設計施工における ICT を利用した 生産性向上への取り組み

株式会社竹中工務店
設計本部 設計管理部
能 勢 浩 三

竹中工務店では、設計施工維持一貫システムを「最良の作品」を創るためのシステムであると考えています。企画・設計から施工、維持にいたるまでの建築工程のすべてに責任を負うことで、お客様の「想いをかたちに」変えて最良の作品を提供し、お客様の信頼に応え続けていくことを目指しています。

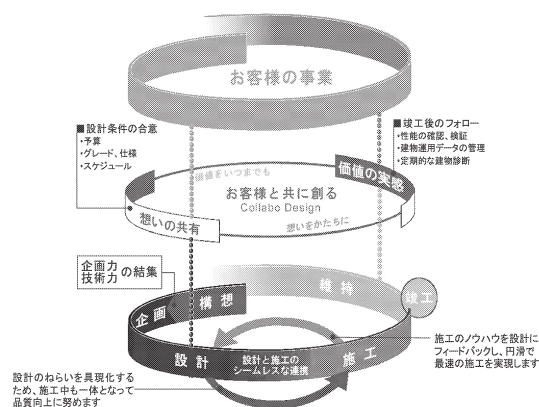
ご紹介します。

1 CS ブリーフ®

これまでのお客様との打合せは、先方に出向いて打合せを行い、その記録をとり、持ち帰って当社の方針を決め、次に提案をするという繰り返しでした。最終的に、お客様からの要求は設計図書という形でまとめ上げるわけですが、その過程におけるさまざまな合意形成を仕様書や図面・パースなどといった従来の方法だけで行うことは、お客様からの要求事項が複雑化し、またプロジェクトに関わる関係者が増え、建築物自体にもさまざまに高度化されたシステムが組み込まれる状況にある現在にあっては困難になってきました。

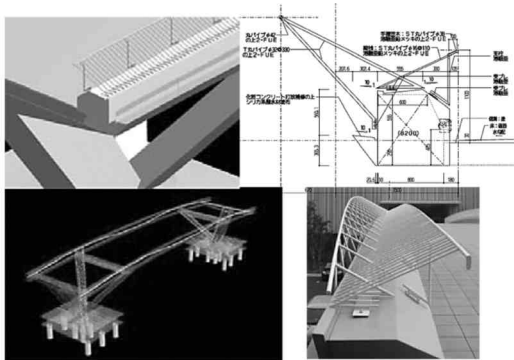
そこで、弊社では「CS ブリーフ®」という仕組みを用い、お客様との想いを共有し、確実にかたちに変わっていく手法を使い始めています。CS ブリーフ® の目的は、打合せ・設計プロセスをお客様と共有し、共に考え納得して決めるという合意形成をタイムリーに行い、透明性を確保しながら効率的に業務を進めることです。

CS ブリーフ® を使った進め方は、打合せのはじめに「議題スケジュール」を立て、優先順位を明確にします。打合せのたびに項目を整理し、わかりやすいドキュメントを作成します。このドキュメントには、当社が必要な内容を説明しなけれ



1990年代以降、建設業の生産性は他の製造業が IT の導入活用等によって生産性を向上させているのと比較すると、むしろ落ち込む傾向にあると評価されています。これは、建設単価の落ち込み等に起因する部分も多いと考えますが、企業として競争力を高めるためには、業務効率を向上させ、生産性を向上させることは大きな課題です。設計施工維持一貫システムの中で、お客様の満足度を高めながら、業務効率・生産性向上を行うための竹中工務店の ICT 技術の活用について一部を

モデルの作成、検討自体も、作業に最適なビューを用いて行うことが可能です。また、このモデルを用いて、お客様との合意形成を行うためにも活用します。これまでのCG用のモデルは建物モデルをすべて作成することは希でしたが、設計の中で作成されるモデルは、建物全体が、その設計段階に応じて作成されます。そのため、ルートさえ作成すれば、簡易なアニメーションやインタラクティブに建物の中を歩くことが容易に行えます。当然このモデルを利用して、より高度なCGソフトでパースやアニメーションを作成することが可能です。また、複雑な形状についてより詳細な検討も行うことが可能になっています。

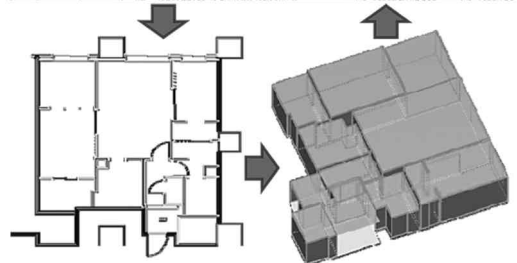


モデルによるディテールの検討

上図は、最近、竣工した建物に付属する連絡橋です。当初は図面と模型だけで設計を進めていましたが、3Dでスタディを行うことで、さまざまな不整合を設計段階で修正することができ、配筋の検討や型枠図への展開を行うことができました。また、モデルを仕様と連携させる試みも始めています。オブジェクトモデルは仕上などの属性の管理も可能ですが、その中でデータを入力、管理することは手間のかかる行為です。そこで、仕上表とオブジェクトモデルを連携させ、自動的に床・巾木・壁・天井などの属性データをもった仕

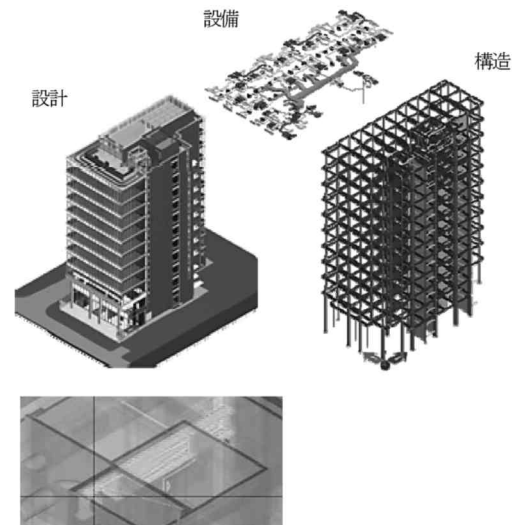
上形状を発生させるシステムを構築しています。発生されたデータから数量をフィードバックすることが可能です。こうしたことも3Dモデルを使って設計する利点の一つです。

階	Room	数量	単位	仕様	材料	色	形状	面積	体積	重量	備考
1F	0101	1	㎡	床	床	白	床	100.00	0.00	0.00	床
1F	0102	1	㎡	床	床	白	床	100.00	0.00	0.00	床
1F	0103	1	㎡	床	床	白	床	100.00	0.00	0.00	床
1F	0104	1	㎡	床	床	白	床	100.00	0.00	0.00	床
1F	0105	1	㎡	床	床	白	床	100.00	0.00	0.00	床
1F	0106	1	㎡	床	床	白	床	100.00	0.00	0.00	床
1F	0107	1	㎡	床	床	白	床	100.00	0.00	0.00	床
1F	0108	1	㎡	床	床	白	床	100.00	0.00	0.00	床
1F	0109	1	㎡	床	床	白	床	100.00	0.00	0.00	床
1F	0110	1	㎡	床	床	白	床	100.00	0.00	0.00	床
1F	0111	1	㎡	床	床	白	床	100.00	0.00	0.00	床
1F	0112	1	㎡	床	床	白	床	100.00	0.00	0.00	床
1F	0113	1	㎡	床	床	白	床	100.00	0.00	0.00	床
1F	0114	1	㎡	床	床	白	床	100.00	0.00	0.00	床
1F	0115	1	㎡	床	床	白	床	100.00	0.00	0.00	床
1F	0116	1	㎡	床	床	白	床	100.00	0.00	0.00	床
1F	0117	1	㎡	床	床	白	床	100.00	0.00	0.00	床
1F	0118	1	㎡	床	床	白	床	100.00	0.00	0.00	床
1F	0119	1	㎡	床	床	白	床	100.00	0.00	0.00	床
1F	0120	1	㎡	床	床	白	床	100.00	0.00	0.00	床



内部仕上表とモデルの連携

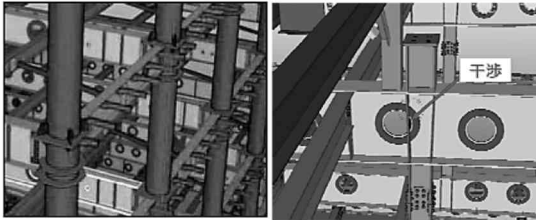
作業での生産性を向上させるためには、設計段階で施工レベルの調整をできるだけ済ませておく必要があります。着工までに、設計・構造・設備のモデルの精度を上げることで、施工検討も高い精度で行うことが可能になります。作成されたモ



各機能モデルと自動干渉チェック

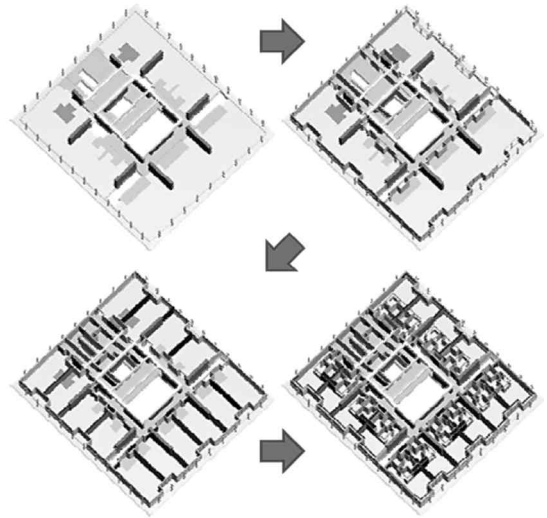
特集 建築生産における高度化の取組み

デルを用いて干渉チェックなどを行うことで、施工時に発生するさまざまな課題をビジュアルな形で共有でき、実際に解決できます。さらに着工までに協力会社と連携して、精度を上げることをめざし、躯体のデータをより詳細に詰めていきます。鉄骨に関しては、従来、施工が始まってから行っていた2次部材や付帯鉄骨等もモデル化して検討します。



着工前の鉄骨躯体モデルによる検討

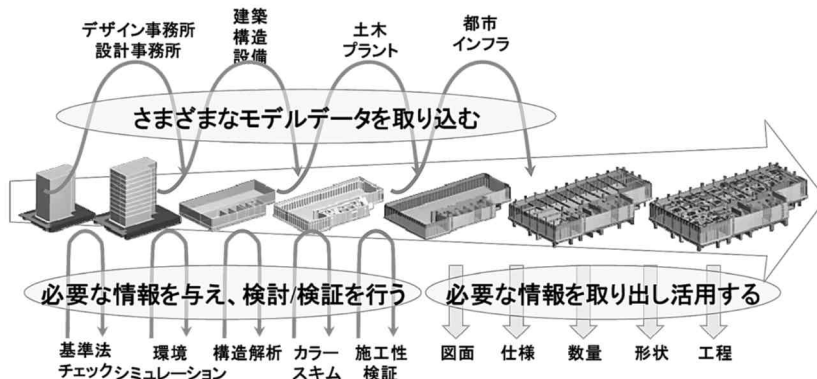
仮設材までモデル化することに、上図右のようなタワークレーンの基礎がスリーブと干渉するといった、これまで着工してからでなければ不整合が発見できないようなレベルの検証が、事前に調整が可能になってきました。作業所での作業効率を上げるためには、協力会社の方々に、工程などをわかりやすく説明して手戻りが無いようにする必要があります。データはこうしたことにも活用ができます。こうした一連の活動を継続して行



作業所の仕上工程説明への活用

い、建築プロセスの各段階に応じてモデルを作成してさまざまな形で継続的に活用し、設計・施工の品質向上を行うことが竹中工務店の BIM 推進の目的です。

以上述べたように、こうした設計の企画段階から施工までを、ICT を活用してお客様とのコミュニケーションの質を高め、設計・生産の品質、業務効率を向上させる取り組みは現段階では一部のプロジェクトで取り組み始めたところですが、今後さらなるプロジェクトへの展開を目指して活動を行っているところです。



竹中工務店が目指す BIM 活用の方向性

新建築生産システム（TPMs）への取組みについて

前田建設工業株式会社
TPMプロジェクト推進室
曾根巨充

1 はじめに

建設業界を取り巻く環境は世界同時不況による工事着工件数の減少、耐震強度偽装をはじめとする事件により一般消費者の信頼を失うなど厳しさを増している。また地球温暖化対策としてCO₂排出量削減への活動が活発化するなど、ここ数年の間には社会全体も大きく変化しており、あらためて業界全体での変革が要求される時代となっ

た。このような中で建設業界においては3次元CADを用いたBIMという言葉が広く知られるようになり、仕事の進め方に変革をもたらす概念として期待されている。ところが今までの作業プロセスを変えずに新しい概念をそこに当てはめ、効率化や生産性の向上を目指し、変革を求めるには無理があるのか、本格的に普及しているとは今だ言い難い。これは3次元CADという道具（ツール）のみがクローズアップされ、業務に携わる人たちの中心にあるはずの情報連携というコミュ

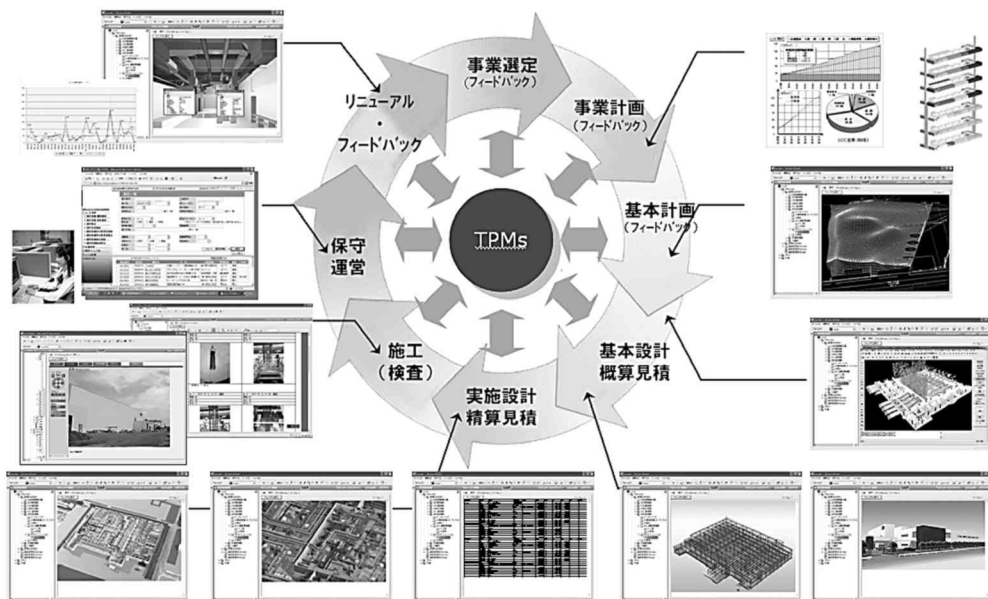


図1 TPMsのサークル

ニケーションに対する扱いの議論が欠けているのが普及を遅らせている原因のひとつと思われる。そこで本稿では建設会社の立場として、3次元CADを含めた情報の扱いに着目することで、設計品質、施工品質やトレーサビリティ（流通履歴）を向上させる新しい建築生産プロセスが実現できる可能性について事例をふまえて報告をする。これは、建設業界内で抱えている課題解決への糸口を、クライアントや一般消費者に示すひとつの手法として位置づけられるものである。

2 TPMsの導入

わたしたちは建物ライフサイクル全般にわたる新しい建築生産システムの構築を始め、それを「TPMs^{*1}」と呼んでいる（図1）。建物ライフサイクルにわたり発生する建物に関する情報に着目して、一度作成した情報をとことん使い続け、それらの情報を関係者間で一元化（共有）すること

で、建築生産プロセスにおける情報の流れを整流化し、情報の渋滞を低減させる。また、この状況を関係者に開示することで無駄の少ないプロセス管理が容易となり、クライアント（建物所有者）、設計者、施工者（協力会社含む）の3者にメリットのある仕組みが提供できるようになるのである（図2）。新しい建築生産システム（TPMs）は以下に示す数式でも表すことができる。

$$TPMs = BIM + ICT + SKILL$$

新しい建築生産システムは必ずしも3次元CADありきで考えるのではなく、クライアントや業界内でのニーズに対してBIM以外のSKILL（技術、モラル）やICTツールをアッセンブルする技術も必要であることを表しており、情報の取扱いを中心として建築生産システムを再構築するためには必要不可欠な考え方であると認識している。

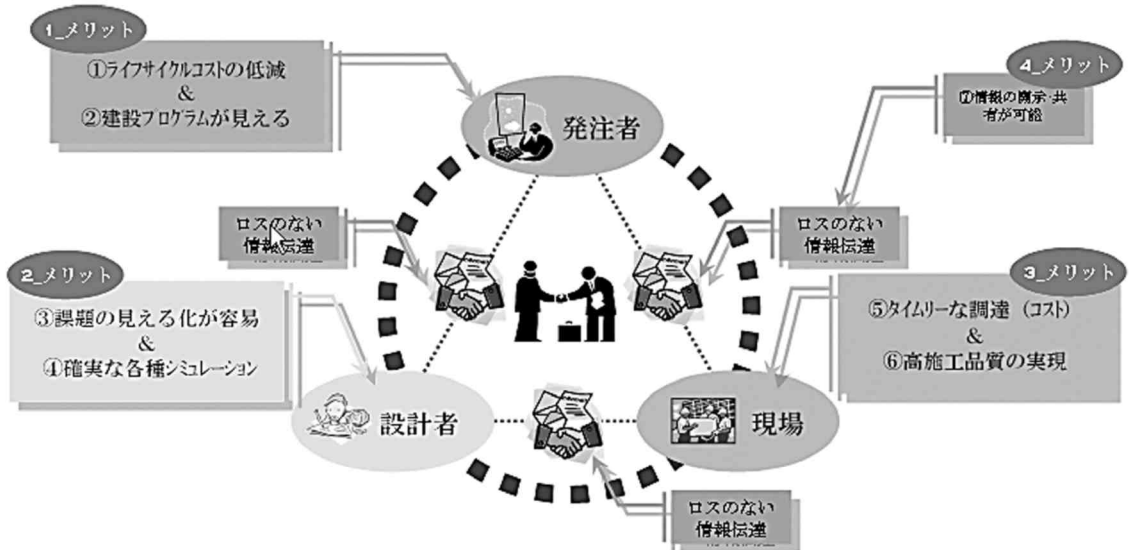


図2 TPMsの狙い

3 TPMs 適用事例

(1) クライアントとの情報連携【BIM+SKILL】

設計者は設計段階においてクライアントからどのような建物を考えているのか等のニーズをきちんと把握し、設計に反映をさせる必要がある。このような注文を設計者はコストをにらみながら整理し、具現化を行うのだが、この段階でイメージが共有できていないと後工程に大きな影響を及ぼす場合も多く、3次元CADを用いることにより、これらの課題を解決しやすいのは周知の事実である。ところが設計段階で作成した3次元情報は施工情報に置き換わることなくフェードアウトする場合も見られ、これは設計段階で作成された3次元情報が施工段階で必要とされる詳細な納まりや設計変更に追従できていないことによると思われる。そのため、設計段階では決められなかった項目の3次元情報を施工プロセスにあわせて更新することでクライアントへの説明が設計段階から継続されることになり、意思決定がさらに効率的に行われることになった。写真1は施工期間中に開催されている定例会議にクライアントが参加し、3次元の映像を見ながら意思表示をしている



写真1 3次元モデルを使用した定例会議

状況である。

施工が始まってからも設計変更が多くなりがちな場合は、クライアントに納得をしてもらうために、設計者や施工者はいかに承諾プロセスを効率的に行うかを工事工程やコストをにらみながら作業を進めることになる。施工が始まってからもクライアントが3次元の仮想空間上の建物（空間）を手に入れたことにより、施工直前の最終社内合意形成においても手順が効率的となり施設建設の進め方に大きな影響を与えた（図3）。竣工後に追加で発生しがちなコストを抑えるだけでなく、以前建設した同種の建物より使い勝手や設備を含めてすっきりとした空間が実現できたと喜ばれ、顧客の信頼を獲得することになった（図3）。



図3 3次元CADのモデル

このような空間マネジメントを中心とした新しい建築生産システムをクライアントが体感することは、施工者にとっても承諾工程の短縮という恩恵を享受することにもなり、クライアントを含めた3者がお互いにメリットのある納得した建設プロセスを実現させることにつながった。

(2) 施工担当者間の情報連携【BIM+SKILL】

設計、施工担当者は発注者との合意形成をスムーズに行うと同時に協力会社への指示も的確でなければいけない。その中でも重要になってくるの

が、異工種の間で発生する「取り合い」である（例えば外装アルミ建具と外装アルミパネルの関係）。各協力会社が作成してくる図面の中には自分たちの施工範囲において有利になるような内容も見受けられ、当然それらの図面には異工種間の取り合いは明確になっておらず、このような取り合いの調整は建設会社が行うことになる。異工種間の取り合い部分が検討不足であると、意匠的な見栄えが良くない場所が発生するばかりか、竣工後の不具合につながるような場合もある。このような取り合い部分の納まりを2次元でいろいろな図面を見ながら各自の頭の中で推測し検討するのではなく、3次元で立体化させることで容易に問題点を共有し、見落としが低減できるようになった。このような情報の連携により、協力会社を含めて確実な施工品質の向上につなげることが容易になるのである（図4）。

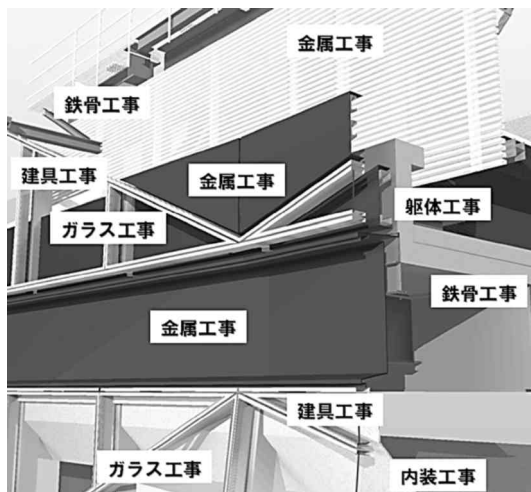


図4 取り合いの検討

(3) 品質開示【BIM+ICT+SKILL】

建築生産のプロセス管理においてはインターネットを介してリアルタイムに設計図書、各種提案

書、品質管理記録等の情報をシステムに登録し、開示する仕組みを構築している（写真2）。



写真2 インターネットによる情報共有

従来、建設会社が作成するこれらの情報は社内ですべて共有される場合が多かったが、近年はプロジェクトの大型化にともない、クライアントをはじめ、参画する社外の担当者も増える傾向にあり、メールのような担当者間での情報共有では不十分な場合も想定される。そこでクライアントへ安心も提供するという意味を含め、3次元CADによる設計段階から「3次元情報」「図面」「各種議事録」「品質管理記録」「進捗状況」等を開示することを『品質開示』と呼んで適用を始めている（図5）。



図5 品質開示の概念図

これにより工程管理、品質管理、コスト管理等の検証がきちんとできていることをクライアント

に示すことが容易になった。この特性を活かして、2007年には全国に五十数拠点ある施設（工場、店舗）の全国一斉改修工事を受注した。クライアント、設計事務所、コンサルタントの拠点はすべて東京に集中しており、全国各地のいたるところで進んでいる工事の情報をどのようにマネジメントするのが施工におけるポイントのひとつであった。そこで、東京にしながら現地の状況をインターネットを介して報告・指示ができるワンストップの全社工事体制を整え、日々更新されるこれらの情報を、週1回東京で開催される定例会議時以外でも必要な情報を入手発信する体制を整えることで、確実な情報マネジメントを行った。その結果、クライアント要求事項であった工程の遵守、全国統一の施工品質確保を実現させ、顧客満足度を向上させることにつながった。

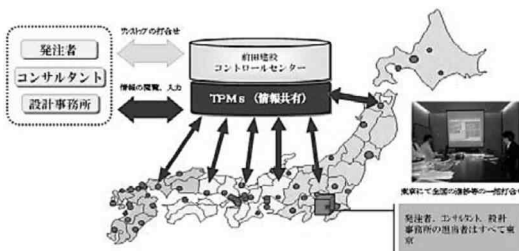


図6 多拠点の情報マネジメント

施工期間中は WEB カメラを現場内に設置することで工事進捗情報の映像もリアルタイムで開示する体制も整えている（写真3）。たとえば集合住宅の販売センターへの施工プロセスの映像配信（写真4）やクライアント側のホームページに WEB カメラの映像を連携させることで、さらに多くの方に仮囲いの中で行われていることを身近に感じていただいている。仮囲いの中では多くの関係者が額に汗して働いており、このような情報開示が社会とのコミュニケーションとなり、建設



写真3 現場内に設置された WEB カメラ



写真4 販売センターへの映像配信

業界への信頼回復の一步になればと考えている。

(4) コンクリート打設管理システム【ICT】

建物の品質を確保するには特にコンクリートや鉄筋をはじめとする躯体部分の施工管理を確実に行う必要がある。作業所ではコンクリート打設計画の検討やコンクリート打設前後のチェックを行うことで不具合の低減を図っているが、近年では建設資材のトレーサビリティを要求されることもあり、現場に搬入される前の状況も容易に把握や記録ができる体制を構築することが大切になる。そのため今回はコンクリートのトレーサビリティに注目をし、生コン車が生コンプラントを出荷し

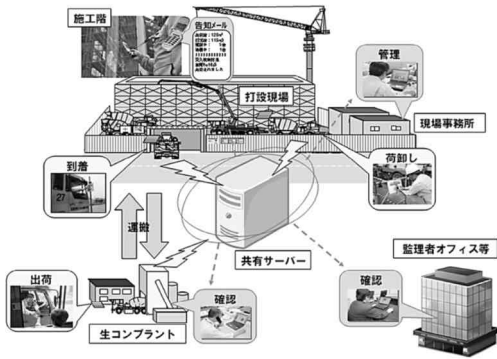


図7 生コンクリート打設管理システム

てから作業所の到着、荷下ろしまでのトータルな時間を携帯電話とICカードを組み合わせることで容易に、かつリアルタイムで記録できるシステムを構築した(図7)。生コン車の運転手が持つICカードを、生コンプラント出荷時、現場到着時、荷卸し完了時にそれぞれの場所に設置してあるICカードリーダー(携帯電話)にタッチすることにより運行データが共有サーバーに記録され、現場にいなくてもインターネットを介して出荷、到着、打設完了までの正確な時間をリアルタイムに把握できる。これらの時刻情報を基に練混ぜ開始から打込み終了までの時間が確実に管理できるほか、平均運搬時間の表示や渋滞などで到着が遅れて制限時間が近づけば警告をメールで送信したり、受入検査や供試体採取対象車出荷時の告知メールを担当職員へ発信することも容易となった。また、受け入れ検査結果や打ち重ね管理の報告書等を自動作成できる機能も付加することで、職員の業務効率化も実現させた。さらに施工階に設置されたWEBカメラの映像と連携させることにより、生コンプラント側においてタイムリーな出荷調整も可能となる。このように生コン車の運行状況をリアルタイムに把握することにより現場

周辺で発生していた待機中の生コン車両の低減にもつながり、本システムにより躯体品質の向上や周辺環境の負荷低減にも貢献することとなった。

4 おわりに

今後は地球環境のためにもゆとりのある優良な社会ストックを形成するために長持ちする建物をつくることが要求されるであろう。設計や施工期間中に構築された3次元情報や施工記録は維持管理の基本情報となり得る(図8)。



図8 3次元による維持管理情報管理

竣工後もこれらの情報を随時更新し、建物ライフサイクル全般にわたって情報マネジメントを行うことで、クライアントとはイニシャルだけの関係ではなく、ライフサイクル全般でサポートできる関係を構築しながら信頼を獲得できるように、今後も新建築生産システムへの取組みを推進していく予定である。

タイビーエムエス トータルプロセス マネジメント システム
* 1 TPMs は Total Process Management System の略称です。

前田建設の登録商標。BIM は TPMs の主要要素のひとつです。