

CFT 充填管理システムの開発

小田 博志・塩田 博之・片寄 哲務

CFT 造とは鋼管内にコンクリートを充填した構造形式で、近年事務所ビルを中心に採用件数が増えている。今回開発したシステムは、レーザ距離計によるコンクリート面の距離測定を行い、圧入速度をビジュアル化することで圧入工法の品質管理に貢献している。さらに鋼管内という不可視箇所を目視するためにカメラ映像も統合化してシステムに取り込み、それらの情報をデジタル化し共有することで施工時の品質管理の向上と省力化を実現している。インターネットに拡張したネットワークも活用して積極的に IT を取り入れた事例を本報で紹介する。

キーワード：建築，CFT，高強度コンクリート，IT，施工，インターネット，レーザ距離計，ネットワークカメラ，施工の見える化

1. はじめに

CFT (Concrete Filled Steel Tube) 造とは鋼管内に、コンクリートを充填した構造形式で、鋼管とコンクリートの特性を十分に引き出すことにより、従来の S 造や、RC 造、SRC 造に比べ耐震・耐火性能に優れた特性を発揮するといわれている。このため計画の自由度が高くなり、特に事務所ビル用途において採用件数が増えてきている構造である。

CFT 造の性能は充填するコンクリートの品質によって左右されるといわれている。フレッシュコンクリートの調合などはもちろんだが、施工方法にも大きな要因があり、その充填管理の手法¹⁾が重要である。

また、2005 年に発生した耐震強度偽装事件以降、建物の品質に対する社会的要求の厳しさも増してきている。特に施工後に目視確認できなくなる部位についてはその品質を担保できるよう様々な記録を残さなければならない、施工者にとっては管理業務そのものが負担になってきているのも事実である²⁾。

これらの背景から CFT 充填管理システムは、品質管理の向上と省力化を実現するものとして開発された。CFT の圧入工法において重要なコンクリートの圧入速度管理を行いながら、自動記録によるトレーサビリティを実現している。さらにネットワークカメラを活用した施工情報の共有化は、IT で実現した『建築施工の見える化』と言える。

2. システム概要

図-1 は本システムの稼働イメージをカットモデルで表現したものであるが、本システムの基本構成は大きく分けると施工現場側とインターネット側に分かれる。施工現場側は「PC ユニット」「距離計・カメラユニット」「モニターユニット」「ネットワークカメラ」で構成され、インターネット側には「データ記録・配信サーバ」が配置されている (図-2)。

本システムは作業所内にローカルネットワークを構築し、施工に関する情報をデジタル化することを基本としている。実際の施工時は関係者が数フロアに分かれて作業に当たるため、上下階での情報共有は一番

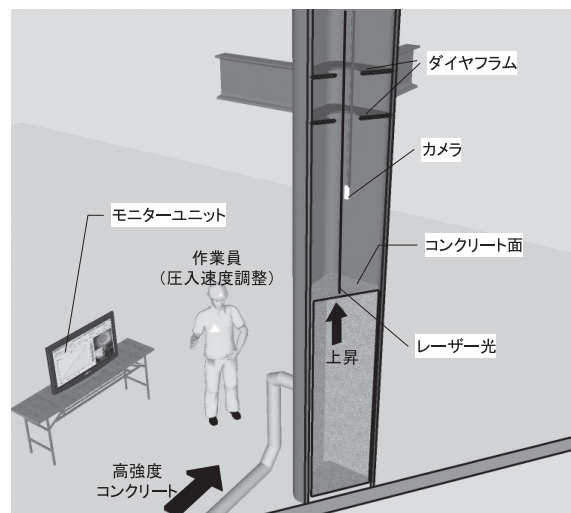
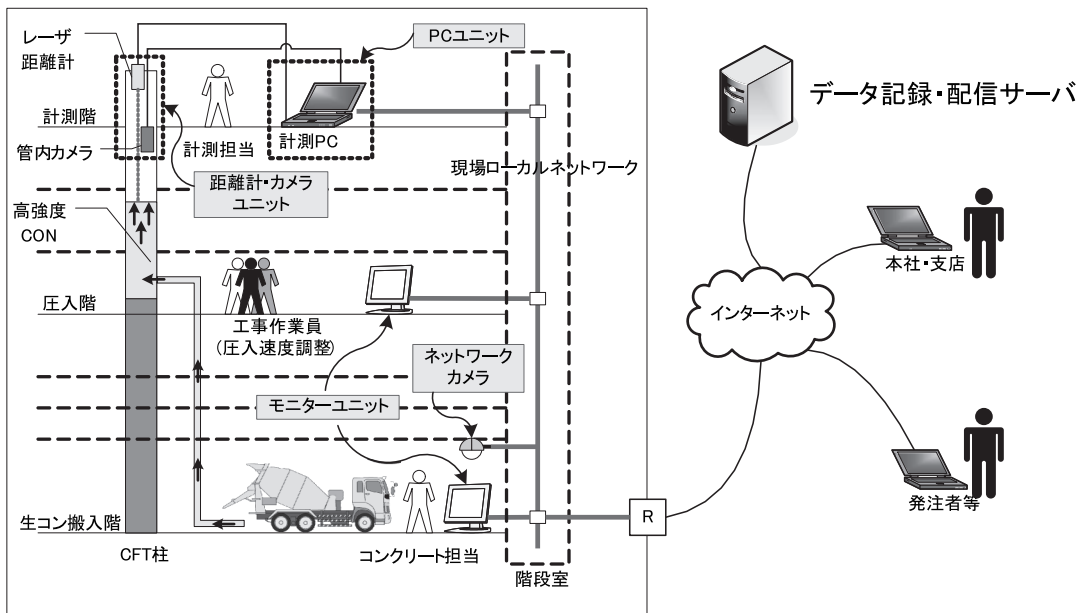


図-1 CFT 充填管理システム



図一 2 システム構成図

重要なポイントとなる。

情報をデジタル化することのメリットは、伝達距離の制限がなくなることで、情報共有の対象範囲をフレキシブルに設定できることにある。今回のケースでは、図一 2 にある現場ローカルネットワークに限っても、システム的な機能は満足するが、運用時の利便性、信頼性、可用性なども総合的に検討した結果、インターネットの利用が最も効果的であると考えた。

利便性に関して、柱の高さなど施工に関するデータは、事前に計測 PC にインプットしなければならない。そのためには、その PC に直接インプットするか、あるいは別の PC を使ってインプットしたデータを USB メモリなどにコピーして移す方法が考えられる。これをネットワーク経由でコピー可能にするだけでも、かなりの省力化が実現できる。

また信頼性に関しては、現場の中で計測 PC にすべてのデータが保存されてしまうと、PC がクラッシュしたときのデータ消失のリスクが高くなる。通常のオフィスの中のような安定した環境と違い、屋外で使用する PC はいつクラッシュするかもしれない危険を抱えている。データの記録という観点で、バックアップは重要なポイントとなる。

そこで利便性向上と信頼性向上を兼ねて、データのインプットとバックアップを行うシステムを、インターネット上のサーバに配置することにした。そしてこのサーバへのバックアップを自動的に行うことが、インターネット経由の施工のリアルタイム中継につながっている。作業所の内と外とを結ぶ「データ記録・配信サーバ」の役割は、本システムの大きな特長となっている。

3. システム詳細

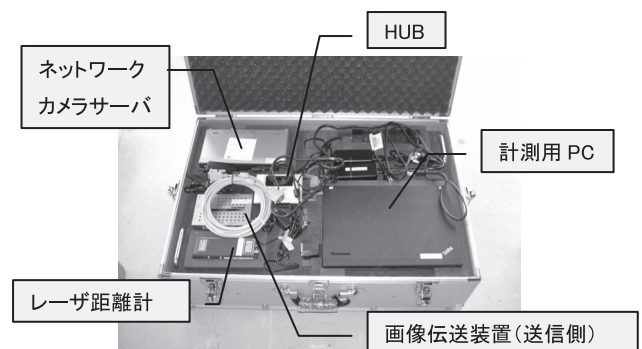
システムのユニットを詳細に説明する。

(1) PC ユニット

現場内での移動と取り扱いを容易にするため、計測に必要な機材一式をアルミ製のボックスに収納してある（写真一 1）。

運用時には蓋を開いた状態でこのままボックスに電源供給し、カメラなどとケーブルでつなぎ、PC を起動する。このボックスの中には計測用 PC の他に、次節以降で紹介するレーザー距離計、管内撮影カメラのアナログ映像をデジタルに変換するためのカメラサーバ、計測 PC の画面を送信する画像伝送装置が納められている。

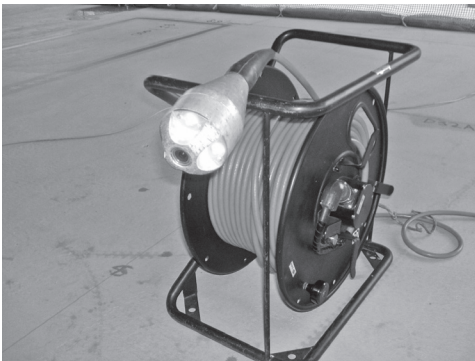
また施工中は、この計測用 PC がインターネットに接続され、計測データを後述するデータ記録・配信サーバに随時送る仕組みになっている。



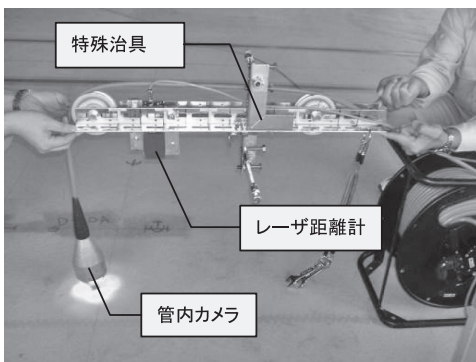
写真一 1 PC ユニット (運搬時)

(2) 距離計・カメラユニット

写真一2は管内撮影カメラである。これはレンタル業者より施工日程に合わせて借りている。このカメラは最上階の柱頭部より吊り下ろして利用するよう想定されているが、本システムでは中間階の圧入口を利用してカメラとレーザ距離計を一体化してセットできるように特殊治具を考案した(写真一3)。この治具はカメラヘッドとレーザ光の干渉を避けながら、短時間でのセッティングを可能にし、運用時の可用性を高めることに貢献している。



写真一2 管内撮影カメラ



写真一3 距離計・カメラユニット

またレーザ距離計は、毎秒ごとの計測結果をRS232C経由で出力するものを使用している。フレッシュコンクリートの場合、実用レベルで50m程度まで計測できることを、実験で確認している。

(3) モニターユニット

計測用PCの画面を離れた場所で見するためにパソコン用モニターと画像伝送装置の受信機をセットにしたものである。PCユニットの送信機1台に対して複数の受信機が接続でき、その間は通常のLANケーブルで接続する。写真一4は施工中に圧送オペレータがこのモニターユニット画面を見ている状況を撮影したものである。

またモニターユニットの送信側はPCのVGA出力



写真一4 モニターユニット設置状況

を使うため計測パソコンに負荷はかけない。受信側は遅延なくリアルタイムで画面を表示できることと、電源のシャットダウンに気を遣わなくてよいところが特長である。

(4) ネットワークカメラ

これはCFTのコンクリート圧入施工時に生コンの供給状況などを映像情報として補助的に提供することを目的にしている。LANで配信するネットワークカメラは設置場所がフレキシブルにでき、その映像を見る場所の自由度も高いのが特長である。

また用途は違うがPCユニット内に納められているカメラサーバもアナログカメラの映像をデジタルに変換したネットワークカメラの一種と考えることができる。

(5) データ記録・配信サーバ

CFTコンクリート打設前に施工に必要なデータをシステムに登録する目的と、打設中に計測されたデータを記録するために使用する。さらに打設中にはインターネット経由でのリアルタイム中継を実施する。

打設中にレーザ距離計が計測した距離データは一度計測PCに取り込まれ計算処理を行った後に、自動的にこのサーバに送るようプログラミングされている。

打設完了後にトレーサビリティ的に計測データを確認することもあるため、いつでもアクセス可能なインターネット上のサーバとしている。

施工に必要なデータとは、柱の打上げ高さ、中間階の梁位置(ダイヤフラム位置)、柱番号などであり、これらをCFT柱1本ごとに事前登録しておかなければならない。図一3はその入力画面の一例である。施工当日に計測PCからサーバにアクセスし、保存された設定済みデータをダウンロードして取り込むという流れになる。

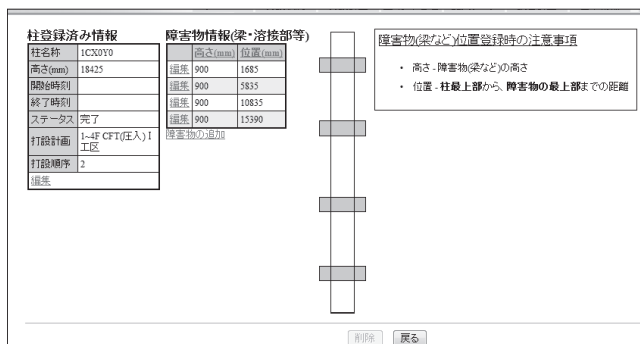


図-3 施工情報入力画面

(6) 共通インフラ

実際の施工では関係者が数フロアに分散してしまうため、システム共通の基幹インフラとしてLANケーブルを縦配線しておく必要がある。必要に応じて施工フロアでLANを分岐するため、移動可能な中継HUBも適宜準備しておく必要もある。そしてインターネット接続をするために、現場内に光ブロードバンド回線を事前に契約し、引き込むことも計画上重要である。ADSL程度の帯域があればシステム上は問題ないと思われるが、ネットワークカメラの映像配信は負荷をかける恐れがあるので、光回線のほうが望ましい。

4. 施工実績紹介

本システムは東京都内のHビル新築工事で適用された(表-1)。地上部分のCFT圧入工事でシステムを利用し、23本の柱を3節に分けて合計9日間の施工に使用した。1本の柱に要する施工時間は平均して25分程度であった。

施工日の人員配置は初回運用ということもあり、計測階に2名、圧入階に1名が専属でシステム運用を担

表-1 工事概要

用途	店舗, 事務所, 共同住宅
階数	地下:1階, 地上:18階
CFT柱の概要	<ul style="list-style-type: none"> ・総圧送高さ:51.85m ・柱寸法:□-700, 750, 850, 950 ・材質:BCP325 ・本数:23本
コンクリートの仕様	<ul style="list-style-type: none"> ・1階~3階(計105m³) 設計基準強度:60N/mm², スランプフロー:65cm, 65-65-20-M ・4階~18階(計652m³) 設計基準強度:36N/mm², スランプフロー:60cm, 54,60-20-N
施工時期	09.10~09.12

当した。コンクリートの圧送制御はオペレータに任せ、圧送開始と終了の連絡以外は音声連絡を行わず、すべて写真-4のようにモニターユニットの画面だけを見て施工を行っている。

5. システムの導入効果 『施工の見える化』

図-4はCFT圧入施工の計測階の状況を断面カットで表現したものである。次節の圧入口に特殊治具を挿し込んで、レーザー光とカメラが干渉しないよう、コンクリート面まで鉛直に降ろしている。もちろん通常は柱の外から内部の様子を見ることはできない。写真-5はその特殊治具の取り付け状況である。このような見ることができない部分をいかにして「見える化」するかが、品質管理上で重要になるのである。

レーザー距離計の計測値は、すぐ横にある計測PCで処理されグラフ化される。圧送制御を担当するオペレータは、「現在何mの高さまで打ち上がっているのか」「打上げ速度は守られているか」などを瞬時に判断しながら、細かな圧送制御をしなければならない。リアルタイム性が要求されるため、オペレータが直接計測PCの画面を見るのが理想である。しかし通常は計測を行うフロアより下階にいるため、画面伝送の遅延が少ないモニターユニットが必須になるのである。

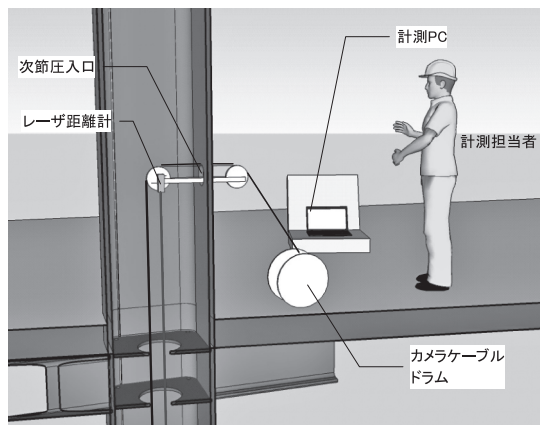


図-4 計測階のイメージ



写真-5 圧入口への計測・カメラユニットの取り付け

図-5は実際の計測画面である。施工関係者が直感的に理解できるようビジュアル化された情報として整理され、ネットワークカメラの映像も同じ画面内にレイアウトしている。特に管内撮影カメラの映像は品質管理面で効果大きい。例えばCFT施工で特に注意を要するダイヤフラムと呼ばれる柱・梁の接合部の補強箇所のコンクリートを充填する際、ダイヤフラム下部まで空隙なく充填できたかを、計測センサーだけではチェックしきれない。機械的な仕組みだけでは不完全な部分を補う意味で、データ+目視確認の構成は現実的であり、信頼性が高いシステムと言える。

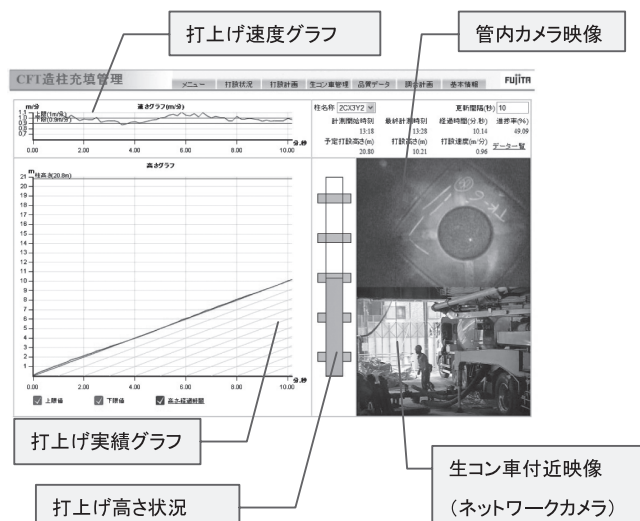


図-5 計測画面

またこの画面はモニターユニットを介して現場内の複数個所で見ることができ、これまで電話やトランシーバなど、1対1の音声通話に頼っていた情報伝達のあり方を変えることができた。例えば打設中には生コン車の入れ替えが発生し、そのときに圧送を一時停止することになるが、上階にいる作業員にとってはその詳細状況は把握できなかった。逆に下階にいる人にとっては上階で何が起きているのが掴めなかった。つまり今どういう状況なのか知らせるには、映像として見せることが一番確実なのである。しかも複数同時に行うことが、コミュニケーションを円滑にするという点で効果が高いことも実証できた。

もう一つ今回は試行的に、インターネット経由でリアルタイム中継されている画面全体を動画として記録している。映像だけの記録やデータだけの記録と比べて、「その時、どのようになっていたか」をそのまま記録しているので、トレーサビリティという点で新しい価値を見出せている。また記録された動画はCFT施工の経験者が少ない現状において教育用の資料とし

ても有効に活用でき、このあたりにも『施工の見える化』の効果があると言える。

6. 課題と今後の計画

本システムの導入は初回運用としてはかなりの成果を得られたと感じている。しかし同時に多くの課題も見つかっている。例えば、

- ① LANケーブルの取り回し対策
- ② システム機器の防水対策
- ③ 管内撮影カメラの巻き取り方法
- ④ レーザ距離計のノイズ対策
- ⑤ 動画記録の自動化
- ⑥ 記録した大容量動画ファイルの管理方法

これらのことはほとんどが運用段階に入ったときに直面する課題であり、一つずつクリアにしていかねばならないと考えている。特に今回は信頼性を重視して、ネットワークを有線で構築したことで、逆にLANケーブルの取り回しが発生し、大きな負担となった。この部分はセキュアで無線化したシステムに改善すべきと考えている。今後、現場職員と作業員だけで運用していくためには、システムの設置や操作方法について、より一層の簡略化を行う必要がある。さらにはシステムの取り扱いについての教育も課題となる。

JICMA

《参考文献》

- 1) (社)新都市ハウジング協会：CFT造の概要と設計・施工上留意点
- 2) 小田博志、塩田博之、片寄哲務：IT技術による品質管理方法の「見える化」、コンクリートテクノ、Vol.29, No.9, pp.47-51, Sep., 2010

【筆者紹介】



小田 博志 (おだ ひろし)
 (株)フジタ
 技術センター 先端システム開発部
 主任研究員



塩田 博之 (しおだ ひろゆき)
 (株)フジタ
 首都圏支社 建設統括部 建築技術部



片寄 哲務 (かたよせ のりちか)
 (株)フジタ
 建設本部 技術部