
土木におけるICTの活用と課題
 —事例紹介—
 (株)大林組 技術研究所
 古屋 弘

Outline of This Presentation

- Introduction —情報化施工とは—
- 情報化施工導入の目的 —土木工事の場合—
- 近年実用化されている情報化施工技術
- ICTの活用事例をもう少し紹介
- 情報化施工の効果
- 情報化施工を用いる場合の課題
- まとめ



Introduction
 情報化施工とは

情報化施工の定義の変遷

Phase1：信頼設計のためのツール

- ・主として現場計測 → 安全、品質管理(計測データをフィードバック)(施工管理により、結果的にコスト縮減に寄与)
- ・土工、掘削(山留め)工事等における動態観測(=観測施工)
- ・トンネル掘削におけるフィードフォワード、シールドマシン管理

Phase2：「IT(ICT)施工管理」

- ・インターネットの活用
- ・トータルステーション、GPSの普及
- ・重機施工における新たな試み(主として土工・舗装機械)
- ・ガイダンスシステム、MC(マシンコントロール)、無人化施工
- ・3次元データの活用
- ・新しい施工管理手法(GPS転圧管理、新しい管理機器等)

Phase3：「CIC施工管理」

- ・データの横断的な活用：設計から施工、維持管理まで
- ・設計から維持管理までのライフサイクルコストの縮減
- ・WWW、無線LAN、DBMS、GIS、3D-CAD等の現場での活用
- ・設計図書とのデータ共有(シームレスなデータ交換)
- ・プロダクトデータの活用

Construction by Information Retrieval System

Information and Communication Technology

Computer Integrated Construction

扱う情報の量

開発される機器(システム)と領域



情報化施工導入の目的
 —土木工事の場合—

情報化施工導入のメリット

建設(構造物)に対する当事者

ユーザー(国民)

工事発注者


施工企業など



情報化施工導入のメリット (1/3) - ユーザーのメリット -

ユーザー(国民)


1. **確実で安心できる品質を提供する**
 - ・ 手抜き工事の防止
 - ・ 瑕疵に対する責任の所在の明確化
2. **工期短縮**
 - ・ 効果の早期発現 → 結果的に(LCC)コストダウン
 - ・ 工事に伴う社会損失(渋滞や騒音・振動等)の低減
3. **CO₂の発生量を抑制**
 - ・ 施工精度の向上
 - ・ 建設資材の使用量の低減が期待
 - ・ 全プロセスで発生するCO₂の削減が期待できる



情報化施工導入のメリット (2/3) - 工事発注者のメリット -

工事発注者


1. **出来形・品質の確認が容易になる**
 - ・ 施工データ, 材料データ, 建設機械の稼働情報を人手を介さず連続的に把握
 - ・ 監督・検査等の業務を効率化
2. **施工精度の向上による設計のスリム化への期待**
 - ・ これまで設計で考慮されてきた施工のばらつきに対する安全率の見直し等による設計のスリム化
3. **効率的・効果的な管理を支援**
4. **迅速かつ柔軟な技術者判断を支援**
 - ・ 調査・設計, 施工, 維持管理で得られる情報を有効利用



情報化施工導入のメリット (3/3) - 施工企業のメリット -

施工企業など

1. **現場作業の効率化を実現**
 - ・ 工期短縮・省人化 ← AMC, AMG
2. **熟練者不足への対応**
 - ・ 作業員の熟練度に大きく依存しない施工の実現
3. **工事現場の安全性の向上**
 - ・ 建設機械と人間の分離
4. **建設現場のイメージの向上**
5. **技術競争力の強化**
6. **高付加価値の商品市場を拡大する可能性**
 - ・ 付加価値の高い情報化施工機器の市場の拡大
 - ・ 情報化施工技術を共通利用 → 海外市場への参入




近年実用化されている
情報化施工技術

情報化施工 : 活用場面



グレーダAMC



GPSローバー



ブルドーザAMC



バックホウAMG

TS等による出来形管理技術

現行の巻尺、レベルに代って出来形を3次元座標位置で計測

1. 測量作業の迅速化 → 出来形管理の効率化
2. 測量から帳票の作成まで一連のシステムとしてデータ処理 → 帳票作成の効率化とデータ転記のミスの未然防止
3. 出来形計測と同時に現地で設計値との比較が可能 → 出来形不足などが迅速に確認、速やかに施工に反映できる

①基本設計データの作成
将来は3次元設計完成により省略が可能

②TSによる出来形計測
任意の位置における計測と同時に設計との対比が可能

③出来形帳票の作成
データ登録のみで出来形帳票自動作成

完成検査

建設機械の情報化施工

測量・設計

3次元CAD設計 → 3次元設計データ

施工高さ算出

油圧制御

位置変化

RTK-GPS 固定局

GPS補正信号

3次元位置計測

施工

建設機械の3次元マシンコントロール

3次元デジタル設計データを重機のコントロールシステムに入力し、TSやGPSを用いた計測技術により、施工の効率化や施工精度の確保を実現している。

- ・所要の施工精度となるようにオペレータを支援（モニタ表示等）する「マシンガイダンス技術（AMG）」
- ・油圧制御技術を組合せることで、3次元デジタル設計データに従って土工板を自動制御する「マシンコントロール技術（AMC）」

ブルドーザやグレーダ等のマシンコントロール（数均し）

油圧ショベルのマシンガイダンス

車載システム

無線アンテナ

無線ユニット

GPSボックス

無線アンテナ

コントロールボックス

GPSアンテナ

フォトセンサ

PPC/EPC ハイブリッドバルブ

自動/手動SW

情報化施工の事例（1/5）

トンネルナビのシステム

山岳トンネルの施工で、前方のコア（サンプル）を採取せずに掘削機の挙動（振動）を解析し、これから掘削する地盤を予測する。

トンネルナビの機能一覧

基本機能

- 1) 断層破砕帯、風化・変質帯の検出
- 2) 地山の強度・判定
- 3) 地山分類

オプション

- 4) 湧水性
- 5) 断層性、弾出し性地山の判定
- 6) 断層性の2次元分布

トンネルナビのバイナリー

ノンコア掘削調査の実施状況

情報化施工の事例（2/5）

コンクリート自動運搬システム

コンクリートバケットをコンピュータからの指令で最適な振れ止めを行いながら打設位置に移動し、打設面での安全を確認してコンクリートを放出するシステム。バケット位置のGPSによる管理と、過去のパターンに基づく振れ止めのフィードフォワード制御を実施。

システム構成

自動制御の概念図

主梁のサグ量の変化

軌道のサグ量の変化

垂直方向の振れ

水平方向の振れ

制御するクレーンの振れ

パンカー繰り

パンカー

打設機が振れ止めに

情報化施工の事例 (3/5)

URUP工法

従来、シールド工法では立坑を施工後、そこからシールドマシンを発進させトンネル掘削を行ってきたが、アンダーパス工事のような場所で、立坑を必要とせず地上から掘削機を発進させ、再び地上に到達させることで、アプローチ区間を含む全線を短期間で施工を実現。

URUP (Ultra Rapid Under Pass)工法

掘削機が地上で掘削し、トンネルを掘削し、再び地上に到達する。この工法は、アンダーパス工事のような場所で、立坑を必要とせず地上から掘削機を発進させ、再び地上に到達させることで、アプローチ区間を含む全線を短期間で施工を実現。

情報化施工の事例 (4/5)

配筋検査支援システム

配筋検査における検査作業の効率化と品質管理の向上を図るため、PDA(携帯端末)とデジタルカメラを連携させて、配筋の全箇所・全数検査記録と工事写真を一括管理する。

PDAによる検査状況

一工区あたりの配筋検査工数の比較

PDAによる検査内容確認画面

情報化施工の事例 (5/5)

土工事統合管理システム

施工領域を3次元化した後、施工指示を現場の管理システムで一元的に行うもので、現場無線LANやGPS等を活用し、施工指示の確実な伝達、および丁張りレスによる施工の合理化を実現する。

システム構成とデータの流れ

システム運用の状況

ICTの活用事例をもう少し紹介

(1) ICTにより複雑な機械制御に対応

より複雑な作業にも対応

双腕式油圧ショベル

(2) オペレータ支援から無人化へ

無人化施工

危険な作業に対して、オペレーターは遠隔操縦により重機を制御

無人化施工(遠隔操作による重機オペレーション)

- 近年、災害現場での活躍がめざましい
- 日本が誇るICTを駆使した「実用化ロボット技術」

(3) 無線LANの現場での利用 (センサーネットワーク) (1/3)

【目的】計測データを常時モニタリングし、Webを介してデータ管理を行うシステム

インターネット、データセンター、クライアント等、VPN、データベースサーバ、データ配信用サーバ、現場事務所、工事エリア、計測機器・中継局(メッシュルータ)、中継局(メッシュルータ)、無線LAN、騒音・振動計設置状況、計器箱内部

(3) 無線LANの現場での利用 (2/3) 通信モニタリング

無線通信状況の確認

無線LAN(メッシュネットワーク)

無線通信状況(良好時)
メッシュネットワーク監視用ソフトによる通信状況表示例

- 使用周波数帯: 2.4GHz
- 規格: IEEE802.11g

(3) 無線LANの現場での利用 (3/3) リアルタイムモニタリング

地区ごとの瞬時値表示
騒音
振動
管理基準ライン
地区ごとの10分間値の経時変化図表示
Webモニタリング表示画面例
1時間値の【データ表示】

(4) 運行管理システム (1/5) システム構築の背景

生産性向上、品質確保、安全性向上
↓
情報化施工の導入が進む
作業の効率化、省力化を期待

トータル運行管理システム

- ①ダンプトラックの運土管理
- ②走行中のダンプトラックに対する危険箇所での注意喚起

サーバー、管理用PC、各ダンプトラックにGPS携帯を搭載

(4) 運行管理システム (2/5) システム概要1

トータル運行管理システム

- ①ダンプトラックの運土管理
- ②走行中のダンプトラックに対する危険箇所での注意喚起

①運土管理システム
・材料種類別の運土量の管理ができ、管理PCで帳票出力が可能

②注意喚起システム
・音声による注意喚起
・誘導員の省力化

融合ポイントです。一時停止してください
一時停止箇所
道路B
道路A

(4) 運行管理システム (3/5) システム概要2

荷卸場所・現場事務所

実績データ、携帯電話、サーバー、本社、現場事務所、携帯電話

データ閲覧・帳票作成

- 荷卸完了時に、積込から荷卸までの実績をサーバに送信する
- データ送信時に圏外にいた場合、圏内復帰時にデータを送信する
- モニタリングソフトウェアでデータの閲覧、帳票作成を行う

(4) 運行管理システム (4/5) 現場での運用1

車両の種類は変更可能
車両の向きは進行方向に従う

MAP画面

運行中車両の情報

運行モニタリング画面

(4) 運行管理システム (5/5) 現場での運用2

掘削工事運搬土量 月報(6月)

材料別・日別運搬土量

日別運搬土量

累計運搬土量

材料別累計運搬土量

日付

月報グラフ・データ出力例

(5) その他の重機における情報化 (1/2) : バックホウ

掘削 : 現場丁張りなしで掘削
※ただし厳密意味での3次元データ活用ではない

(5) その他の重機における情報化 (2/2) : 地盤改良

地盤改良 : 深層混合の施工位置を丁張り(杭芯測量)なしで施工


(5) 出来形計測 : GPSを用いたワンマン測量

情報化施工の効果

情報化施工の効果 - 情報化施工導入の主な効果 -

情報化施工の効果

1. 現場安全性の向上
2. データ取得の変化
 - ・ 多数のデータを容易に取得
 - ・ リアルタイム
3. 新しい手法を取り入れた施工管理
4. コストダウンの可能性
5. 施工精度の向上



情報化施工の効果

情報化施工導入の効果 (1/6) - 現場安全性の向上 -

品質管理
従来手法と
新技術の比較



(1) 外部ロック (2) フィルター
従来技術による試験計測状況



新技術によるデータ取得状況(振動ローラにて施工を行いながらデータ取得)

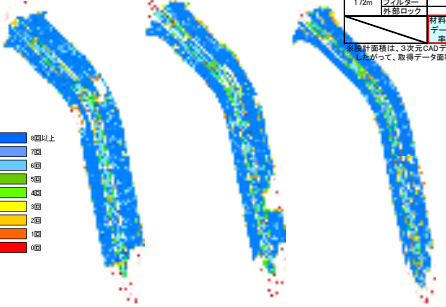
情報化施工導入の効果 (2/6) - 多くのデータを取得可能 -

取得データ
施工エリア全体の90%以上の
データを取得

管理標高 E.L.	施工部位	設計面積 (m ²)	取得データ面積 (m ²)	取得データ取得率 (%)
166m	コア	4,266	4,244	99.5
	外部ロック	47,843	43,770	91.5
	コア	7,591	7,153	94.2
169m	フィルター	3,582	3,527	98.2
	外部ロック	47,922	38,981	81.3
	コア	4,004	3,753	93.7
172m	フィルター	3,334	3,168	95.0
	外部ロック	33,843	31,845	94.1
	コア	3,833	3,633	94.8
		材料別取得		
		コア		94.3
		外部ロック		81.3
		フィルター		94.2
		外部ロック		93.7


設計面積は、3次元CADデータから当該作業での面積を求めたものである。したがって、取得データ取得率はあくまでも参考数値である。

データを統計的な解釈で判断することも可能

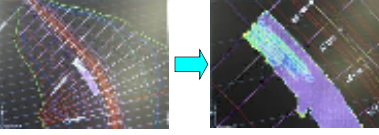


情報化施工導入の効果 (3/6) - 新しい施工管理 -

リアルタイム管理 : 現場重機と事務所で同時に状況を把握

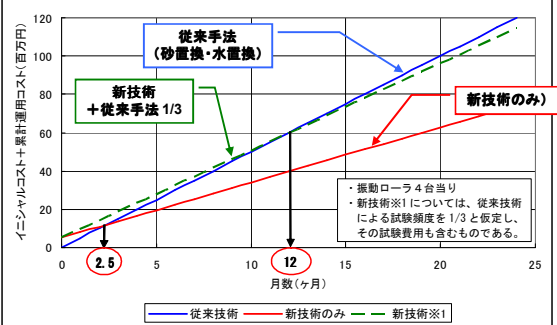


車載PC画面にて踏み残し確認



事務所側 管理クライアントPCにて施工状況のリアルタイム確認

情報化施工導入の効果 (4/6) - コストダウンの可能性 -



イニシャルコスト+累計運用コスト(百万円)

月数(ヶ月)

従来手法 (砂置換・水置換)

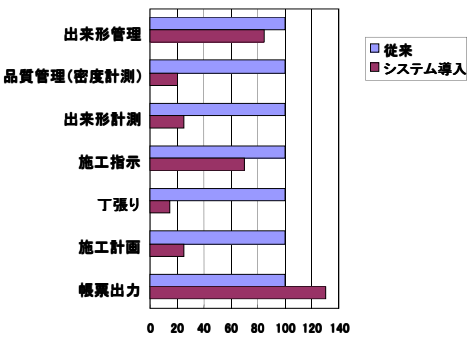
新技術 + 従来手法 1/3

新技術のみ

・ 振動ローラ 4台当り
・ 新技術※1については、従来技術による試験頻度を1/3と仮定し、その試験費用も含むものである。

— 従来技術 — 新技術のみ — 新技術※1

情報化施工導入の効果 (5/6) - コストダウンの可能性 -



出来形管理

品質管理(密度計測)

出来形計測

施工指示

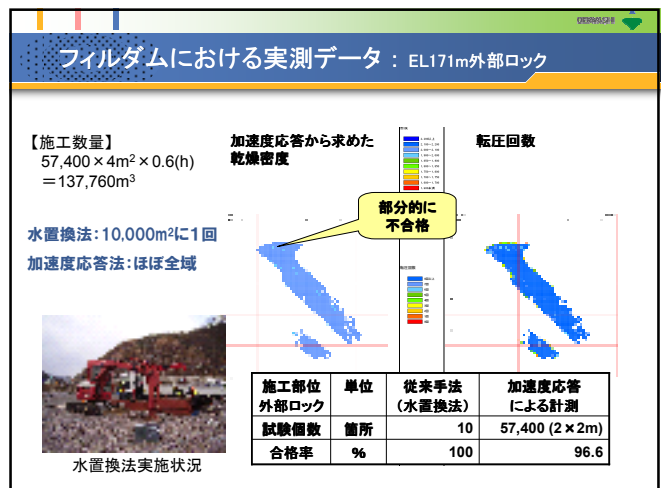
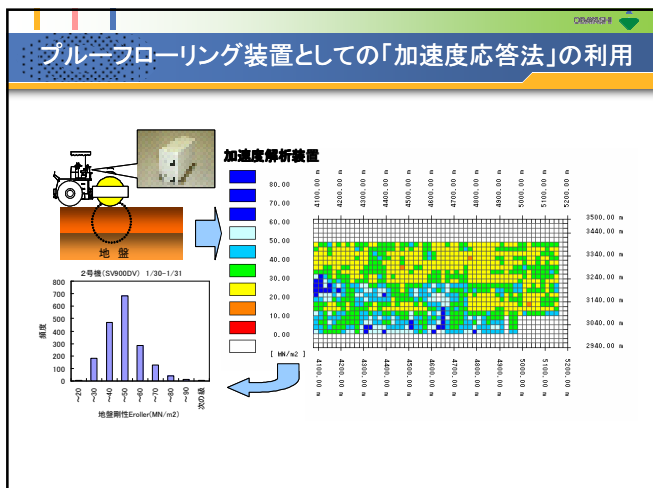
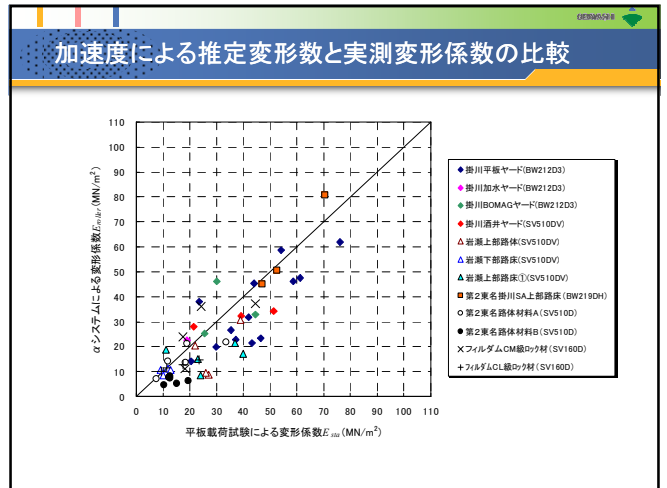
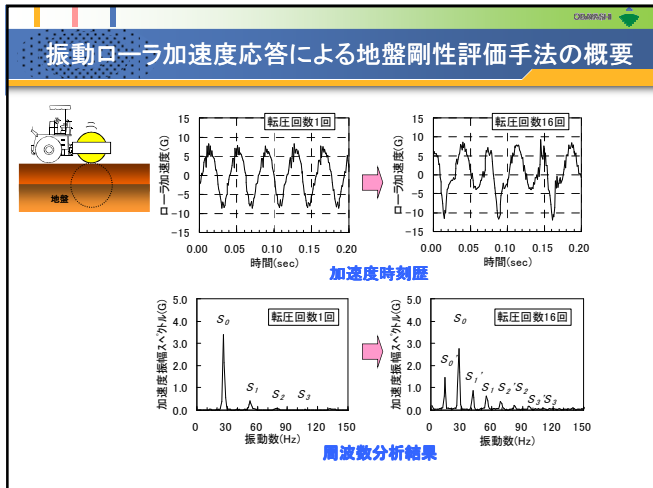
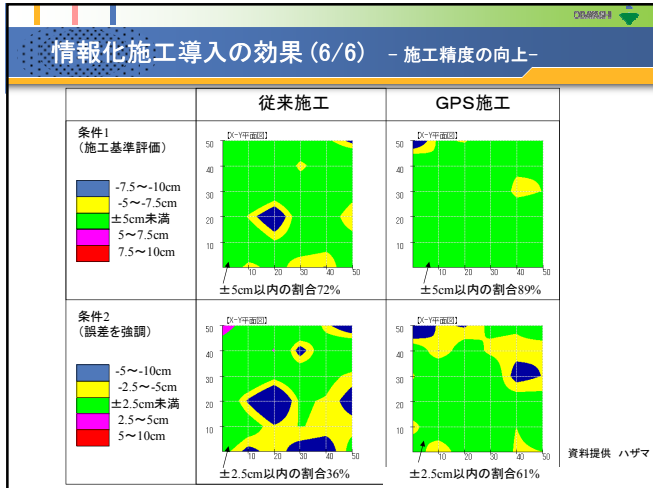
丁張り

施工計画

帳票出力

0 20 40 60 80 100 120 140

■ 従来 ■ システム導入



サンプル(抜取り)検査による品質管理の課題

土の締め管理を例にとると・・・

現状の施工管理(品質管理) 砂置換法

施工1,500m²に1回(3点)計測
→ 全数が管理基準値を満足すれば合格

施工1層毎15点計測
→ 平均値が管理基準値を満足すれば合格

ちょっとしたICT化 RI法

(a) 全数が管理基準値をクリア → C(不合格数)=0

(b) 平均値が管理基準値をクリア → C(不合格数)=1,2,・・・

サンプル検査の標本分布は上記のような場合が考えられる

多くのデータを取得することの意味は...? (1/2)

盛土工事を想定し、1,500m³に1回の標準的な品質管理を実施したとする

直感的に、どちらが信頼できそうか・・・

(a) 3点のサンプルによる管理

(b) 15点のサンプルによる管理

信頼度 = $(r+1)/(n+2)$

n: サンプル試験の個数
r: 基準値に対する合格数

それぞれの方法でサンプルすべてが管理基準値を満足した場合

(a;0.80) < (b;0.94) → (b)の方が信頼できそう

多くのデータを取得することの意味は...? (2/2)

盛土工事を想定し、1,500m³に1回の標準的な品質管理を実施したとする

(a) 3点のサンプルによる管理

(b) 15点のサンプルによる管理

(a)の信頼度と同等な信頼度を(b)に用いると
15点のうち1つは基準値を下回っても良いことになる

サンプル数	信頼度	
	不合格0	不合格1
3点法	0.80	0.60
15点法	0.94	0.88

一定の不良率Pは常に存在する

基準以下の部分 $p=(\mu, \sigma)$
 $P \leq X \%$

標準偏差 σ

加速応答

M=平均値

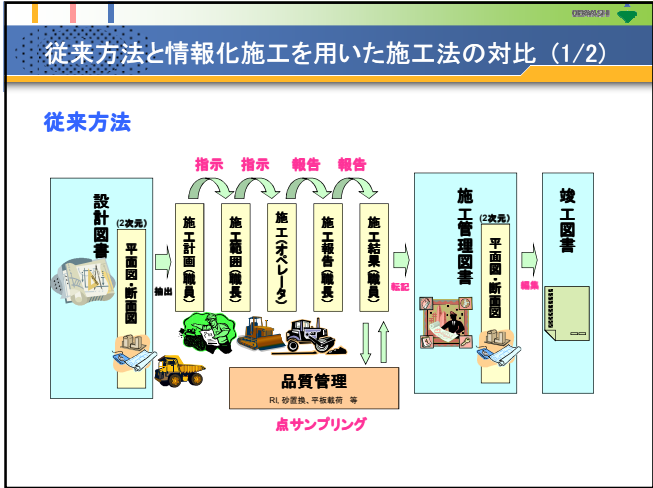
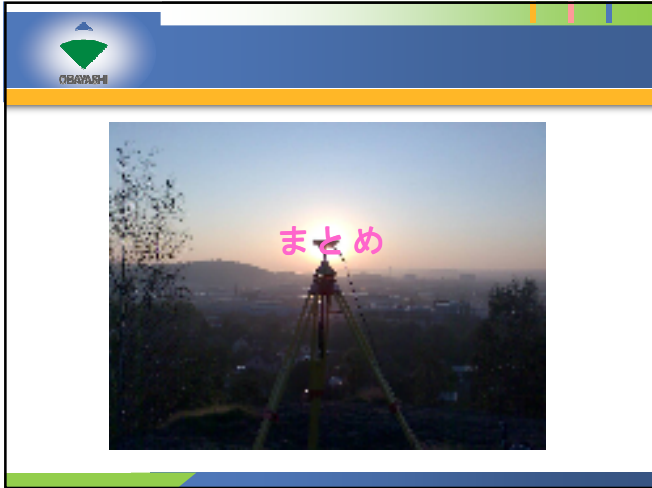
$\mu - \sigma$ $\mu + \sigma$

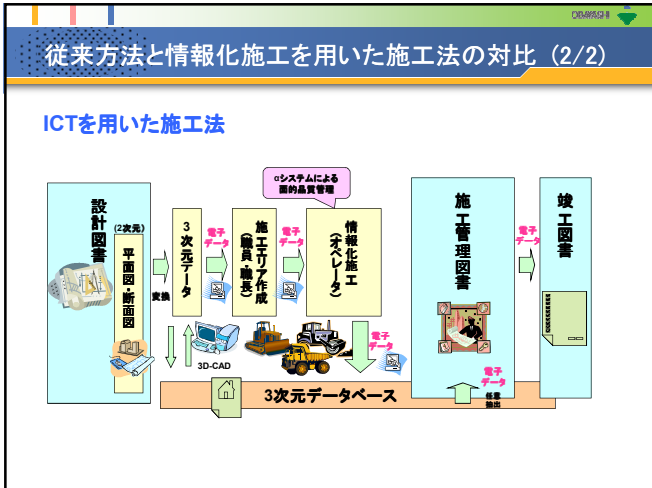
$\mu - 1.28\sigma$

T_g 管理基準値

計測データを取得するにあたり...

- ICTは情報化施工を一変させる可能性
ツール(センサ, 通信技術等)や解析技術の発達
- 多点計測も容易に実現可能
- ただし, 多点計測を行うと「エラー」が必ず現れる
- 従来の管理基準では対応できない場合もある
- 技術の進歩に伴った管理基準や手法を適切に設定する必要性
- ただし, ばらつきの管理等も併用することが重要





情報化施工の目的と現実

情報化施工の効果・認識

	キーワード	安全性の向上	品質の向上	工期短縮	対外的なアピール度	コストダウン	ライフサイクルコスト低減	メリット	
								施工者	発注者
信頼性設計のためのツール	CIRS	◎	◎	△	△	◎	◎	○	○
ICT施工管理	ICT	○	◎	◎	◎	◎	◎	△	◎
CIC施工管理	CIC	—	◎	○	○	×	◎	△	◎

◎非常に効果あり, ○効果あり, △改善の余地あり, ×効果なし

情報化施工の岐路 —情報化施工を推進するために—

情報化施工がなぜ進展しないか

問題点

- 情報化施工はそれ自体では何も生産しない
- 発注者の仕様書に明記されず設計変更の対象とならない分野である
- 性能規定法式やCALS/ECIは過渡期であり今後の方向性が不明確
- 投資効果に関する明確な検証がない (技術を導入した場合としない場合の比較がない)
- 情報化を導入した場合、業務フローは変わるはずであるが、従来方法を踏襲 (せっかくの費用低減効果を失わせている)

どのように考えたらよいか

※青字は改善されつつある部分

●情報化施工の意義を再検討し、効果を発注者・施工者で認識

●コントラクターとしては差別化技術が必要

●情報化施工導入の目的を明確にし、技術的に適切な評価を与える

●コスト負担・対価を検討し、魅力ある技術に高める

情報化施工の重要性の増大

- マルチな情報交換・共有 → データアーキテクチャの重要性が増大 (例えば標準化, データ交換ルール)
- 情報化の技術の進歩 → 有効活用により成果が生まれる
- データの蓄積 → 新しい手法での解析用により新たな技術的知見が得られる可能性
- 技術の形式知化 → 技術の継承と省力化 (ただしリテラシーの向上が必要)

問題点

- システム導入に伴うインシヤルコスト : 誰が負担するのか (?)
- 標準化の重要性 : CAD, メタデータレポジトリ(データ辞書)等
- 上記の進行が意外と遅い(電子化以外) ← 色々な利害 (?)

情報化施工を進展させるためには！ ?

- 情報化施工は
 - 「物(機器・ソフト)」
 - 運用する「人」
 - 活用するための「ルール」
 で構成される
- 上記のどれが欠けても(不備でも)進展を阻害
- 今後の進展には「人」と「ルール」作りが重要

Presented by Dr. Furuya

Thank You !