

土木研究所における情報化施工プロジェクト

施工データ交換標準から新たな施工管理手法へ

藤野 健一・茂木 正晴・大槻 崇

これまで土木研究所では施工現場情報の流通・活用を円滑化するために、実現現場のデータ交換プロセスのモデル化とデータ交換標準の提案を行ってきた。

これらのプロジェクトの間、情報化施工推進戦略の策定などにより、情報化施工技術は本格的な普及段階を迎え、施工現場における情報活用環境も大幅に整備された。現在はさらなる取り組みとして、情報化施工によって得られた施工情報を活用し、高度な品質管理を行う技術が模索されている。

ここでは、このような情報化施工技術に関する土木研究所の活動を紹介するものである。

キーワード：ITC、情報化施工、土工、ISO、データ交換標準、ISO/TC127、情報モデル、データ辞書、品質管理、振動ローラ、締め固め、加速度応答

1. はじめに

独立行政法人土木研究所（以下、「土研」という）は土木技術に関わる独立行政法人として平成13年に発足した。

ここでは、最大限に社会貢献できる調査研究活動として、「建設生産活動」の情報化に着目し、多種多様な関係者が存在し、様々な様式・定義によってデータが作成・利用されている施工現場において、情報の流通・活用を円滑化するために、施工現場のデータ交換プロセスのモデル化とこれをもとにしたデータ交換標準の提案を行ってきた。このプロジェクトを推進している間、情報化施工推進戦略の策定や全国的な試験施工の推進、それに合わせた機器の導入・リースの普及などにより、情報化施工技術は本格的な普及段階を迎えた。

このように環境が整備されつつある中、情報化施工によって得られた施工情報を活用し、適切な品質管理を行う技術が模索されている。

ここでは、このような標準化活動と施工管理手法における土木研究所の活動を紹介するものである。

2. 施工現場のデータ交換の標準化

(1) データ交換標準の目的

施工現場にもICT（情報通信技術）が導入され、施工に関連する情報や各作業から受け渡される情報が電

子化され、ネットワークを活用し、組織間、事業段階における情報の交換、共有、連携が行われる時代になった。

しかしながら、現時点でも以下の課題が存在している。

- ① 測量機器・建設機械などにおいて、プログラムまでパッケージ化され、特定のデータ形式が採用されていることがある。
- ② 記述されているデータの定義（意味・品質・プロパティ）が個々の現場・システムに依存してまちまちになっていて解釈が出来ない。

建設生産は個々の現場でその場に応じた施工体制で行われるため、これらの課題は個別現場での情報システム構築の障害となり、施工現場の情報化推進の支障となっている。さらに、一般的に工場生産では生産管理・品質管理に生産情報の収集と統計的解析が用いられているが、データの定義内容もまちまちでは民間企業が広範な全社的な情報解析を行うにも支障が生じ、このような生産管理の改善も容易ではない。

そこで、これらの課題を解消し、情報化施工の普及とさらなる効率的な施工を実現するため、土研では「データ交換標準」を定め、広範囲な情報流通とその共通的理解を可能とする調査研究に平成18年度より着手した

(2) 研究のアプローチ

これまで土研で進めてきたデータ交換標準に関する

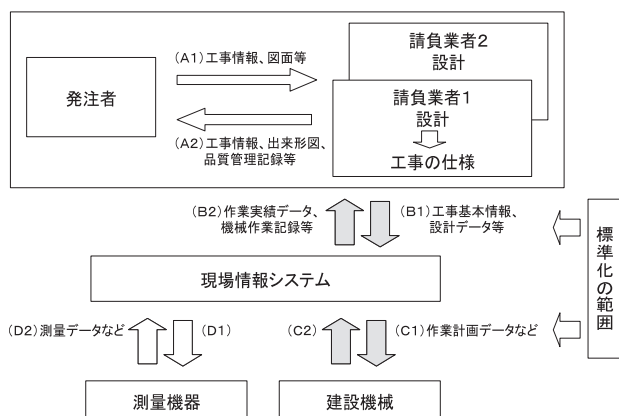
研究の流れは以下の通りである。

- ・ ニーズ・目的の整理・設定
- ・ 標準化対象領域の決定
- ・ 必要な交換情報の抽出
- ・ データ交換標準の作成
- ・ 規格の作成（規格書：JCMAS, ISO）

なお、本研究では土工建設機械のデータ交換を対象として選択し、対象工種は土木工事の中で多く実施され、標準化の効果が大きいと想定される盛土工とした。

(3) 施工における情報の流通と交換情報の抽出

施工現場の情報共有化を検討するためには、まず施工現場における情報がどのような主体間でどのように流通し、活用されているかを把握する必要がある。本研究では実際の現場調査・アンケート調査等の結果を踏まえ、ユースケース図・シーケンス図を活用してこれを明確化した。作業現場データにより管理される建設作業に関して、作業現場データ交換のためのデータを特定するもので、施工データの流れを示す情報モデルが必要となり、図一1に示すように、施工関係者間の情報項目を規定した。



図一1 施工現場におけるデータの流れ

(a) 施工現場の関係主体と情報の流れ

施工現場のデータの流れの調査において詳細な解析手法を適用する前に、実際の施工現場間での情報流通の概略を押さえ、主体と大まかな情報流通の方向性を明確化する必要がある。

図一1は施工現場におけるデータの流れの概略をモデル化したものである。この結果、施工現場の情報の流れを以下の4つに大別して考えることとし、標準化の対象を建設機械が関わる施工情報であるBとCのプロセスに絞ることとした。

(b) 施工プロセスの業務解析

一般的に、業務解析においては、概略レベルでは一

般化が可能であるが、詳細レベルになった段階で各現場や事業者の仕事の進め方によって必ずしも全く同じではない。しかしながら、工種・生産する構造物が同じである以上、その多くが共通的事実である。

このような状況を踏まえ、本研究においてはもっとも普遍的な作業プロセスのシナリオを定義し、これに基づいて情報交換場面、手順、交換する情報項目の設定、盛土工における具体的な情報項目の整理、情報交換に必要な情報項目の抽出を行った。

これらの解析では、建設生産のような多様な関係主体によって成立する生産システムの分析に適したUML（統一モデリング言語：Unified Modeling Language）を採用し、オブジェクト指向の解析を行った。

システムにどのような利用者が存在するのか、またどういった操作を行うのかなど、システムに対する要件（要求）の明確化は「ユースケース図」を採用した。また、オブジェクト（情報や機械、主体・人などシステム上で取り扱われる対象（「何か」））間の相互作用や時系列的な手順やイベントの流れの明確化は「シーケンス図」を採用した。

盛土工のシナリオに対応したユースケース図とシーケンス図を図一2, 3に示す。

(c) 情報モデルの構築—クラス図とスキーマ

ユースケース図、シーケンス図により、盛土工に関わる具体的な業務プロセスが明らかとなったが、この個別のプロセスについて具体的に流れている情報とその扱い方を把握すれば施工現場における情報流通の全体像が把握できる。

このような具体的なシステム構造の表現にはUMLではクラス図が用いられる。クラス図では、システム内の個々のオブジェクト（前掲）の構造特性と挙動（振る舞い）を把握することができる。

本研究においては、これまでまとめられた「TS・GPSを用いた盛土の締固め情報化施工管理要領（案）」、「土工施工管理要領」の項目と、現場ヒアリングの結果を整理し、この分析にクラス図を活用して施工現場における情報流通・活用の全体像と相関性の把握を行った。

図一4にこの結果得られた情報モデルを示す。このような施工データの流れを示した情報モデルをスキーマ（Schema）という。

(d) データ辞書

ここまでの調査によって、施工現場情報の流れが定義され、データ情報モデル（Schema）として整理さ

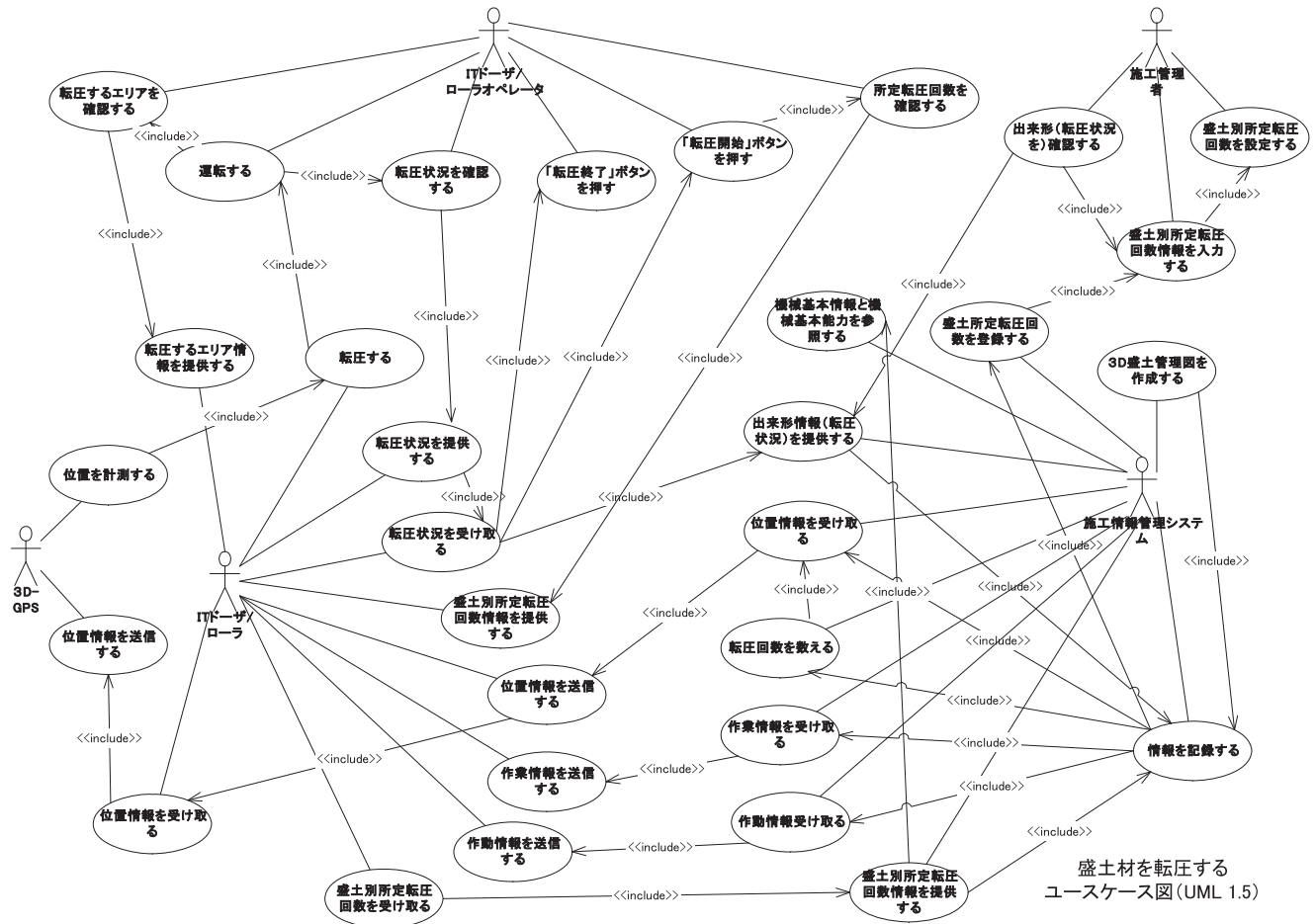


図-2 盛土材の転圧作業のユースケース図

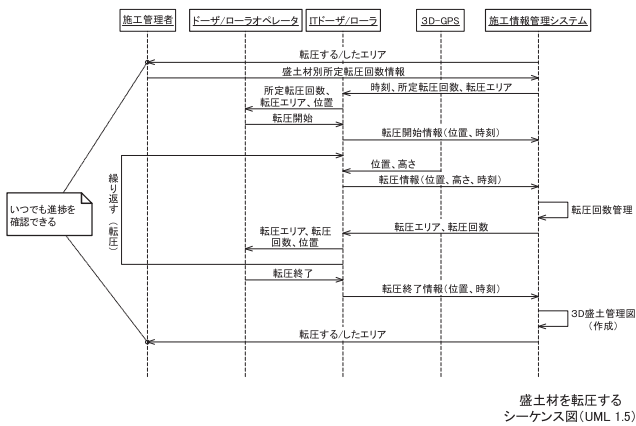


図-3 盛土材の転圧作業のシーケンス図

れた。これに基づいて実際に電子データを流通させるためには、使用されているデータの定義や表現を参照するためのデータベースが必要となる。このデータベースがデータ辞書である。

本研究では、盛土工に必要な情報項目 (TS・GPSを用いた盛土の締め固め情報化施工管理要領 (案), 土工施工管理要領の項目), ヒアリング結果などより得た必要項目を含めてデータ辞書を作成した。

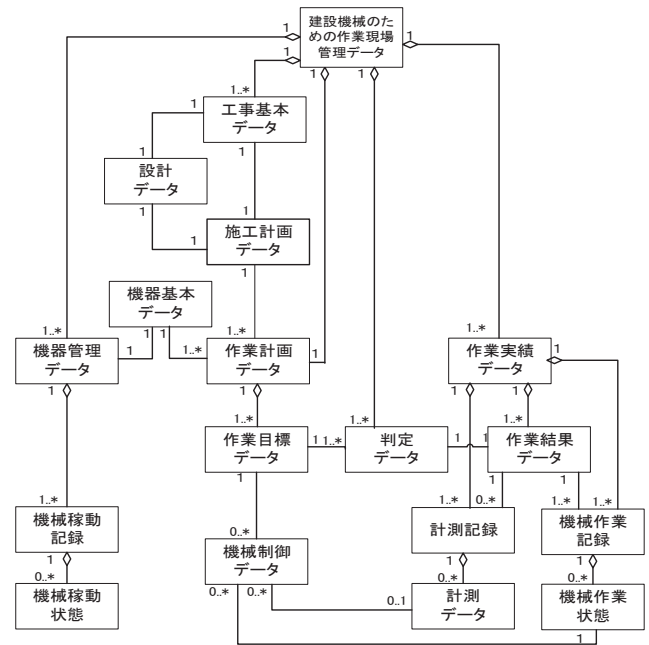


図-4 盛土施工における情報モデル (スキーマ)

データ辞書は、複数のデータ項目で表現の定義を共通利用することを想定し、データ項目の意味の定義と

表現の定義を2つの表で分けて管理している。また、情報はファイル単位ではなくデータ単位で管理し、より高い互換性を担保すると共に、工種増加などに対応するために、データ定義・表現の拡張を可能としている。

データ辞書は、「Data element table」と「Value domain table」の2つの表によって構成されている。このデータ辞書と情報モデル（スキーマ）によって情報化施工における情報の標準化が可能となる。

データ項目（「Data element table.」）を表一1に、データの表現（「Value domain table.」）を表一2に示す。

(e) データフォーマット

情報交換標準を具体的なプログラムやデータの中で活用するためには、これに対応したフォーマットを提案する必要がある。情報モデル、データ辞書で定義されたデータ項目を具体的にシステム間で情報交換を行

表一1 データ項目 (Data element)

分類スキーム項目
A) 工事基本データ (Basic project data)
B) 作業計画データ (Mission data)
C) 作業目標データ (Target data)
D) 計測データ (Measurement data)
E) 機械作業状態 (Machinery working state)
F) 機器基本データ (Basic machinery data)
G) 機械稼動記録 (Machinery running record)
H) 作業結果データ (As-built data)
I) 設計データ (planning data)

表一2 データの表現 (Value domain)

表現クラス名	表現クラス名の定義
1) コード	より長い値の代用となる、妥当な記号体系
2) 名称	対象物に対する指定
3) グループ	相互に関係のあるデータエレメントの集合に対する指定
4) テキスト	フォーマットされていない記述フィールド
5) 日時	暦日および時刻
6) 数量	計数による到達ではない、通貨以外の数値
7) 比率	別な数量あるいは量との関連において考察される、数量あるいは量
8) 測定	対象物の寸法、能力/量（通貨以外）の記録
9) カウント	計数によって到達される、通貨以外の数値
10) 画像	人物、対象物、あるいは景色の視覚的表現
11) 図形	図表、グラフ、数学的曲線、あるいは同様のもの
12) アイコン	類似性あるいは類推に基づいて、対象物を表す記号あるいは表現
13) 金額	通貨の数量

```
<?xml version="1.0" encoding="shift_jis"?>
<Data>JWDE base on ISO/WD15143
<Ver>0.5</Ver>
<Header>
<A-01 It="工事名1"><V02-03 Vn="工事名1">〇△工事</V02-03></A-01>
<A-02 It="請負人名1"><V02-02 Vn="請負人名1">△〇さん</V02-02></A-02>
<A-03 It="工期(日)"><V05-03 Vn="時間2">24926</V05-03></A-03>
<~ (中略) ~>
<D-4 It="時刻1"><V05-02 Vn="時間2">15:23:54
<D-1 It="X座標1"><V01-02 Vn="整数コード1">1</V01-02></D-1>
<D-2 It="Y座標1"><V01-02 Vn="整数コード1">1</V01-02></D-2>
<D-3 It="高さ1"><V01-02 Vn="整数コード1">0</V01-02></D-3>
<~ (中略) ~>
<D-23 It="ダイナミックコード1"><V01-03 Vn="整数コード2">3</V01-03></D-23>
<D-24 It="前後進 識別コード"><V01-02 Vn="整数コード1">0</V01-02></D-24>
</V05-02></D-04>
</RtData>
</Data>
```

図一5 データフォーマット (例)

う単位について整理したものを、データ形式（XML形式等）・構造として明確にした（図一5）。

3. 盛土施工の効率化と品質管理技術への展開

(1) 情報化施工のデータ活用と品質管理

情報化施工の普及においては、締め固め回数管理による施工管理手法やTS（トータルステーション）による出来形管理手法など、ICTの活用により、施工品質の向上に寄与する施工管理方法の提案が行われている。

これらの方法にも共通するが、情報化施工を活用した場合、作業の簡素化や広範な品質管理データの収集が可能となり、以下のメリットが考えられる。

- ①数値測定の簡素化及び代替指標の導入による施工管理・検査監督の合理化・省力化
- ②代替指標の導入による施工品質データの連続的（面的）測定の実現
- ③記録された施工データの保存と維持管理等における有効活用
- ④収集されたデータに基づく施工管理基準・施工管理要領のレベルアップ

特に、近代の工業生産においては、生産管理に統計的手法による分析とそれに基づく改善活動を行うことが不可欠である。しかしながら、建設生産においては、例えば盛土における品質管理は、様々な事情により盛土の密度や含水比、舗装厚、温度管理などを点的に測定する品質規定方式が主流であり、十分なデータ収集ができず、統計的手法の導入が難しい事情もあった。

情報化施工はこのような品質管理・施工管理基準に大きな影響を与え、建設生産のイノベーションを引き起こす可能性を秘めていると言えよう。

(2) 盛土施工の効率化と品質管理基準の向上技術に関する研究

現行の盛土施工管理基準においては、

- ①測定頻度が少なく、構造物の弱点箇所が把握できない可能性がある。
- ②盛土の要求性能と必ずしもリンクしていない仕様となっている。

点などの課題があるといわれる。さらに建設発生土・リサイクル材料等の盛土材料の多様化や本年8月に発生した東名高速道路の盛土崩落のようにレベル2地震への対応などにおいて従来の施工管理では性能が担保できない可能性の指摘、構造物の要求性能に応じた多様な設計が要求されていることなどから、より適切な品質管理手法が求められている。

これに対応するため、土研では、平成21年度より先端技術チーム・施工技術チーム・土質・振動チームが合同で「盛土施工の効率化と品質管理基準の向上技術に関する研究」を開始した。研究の主な予定は図—6のとおりである。

平成21年度は土質条件・施工機械・締め固め状態の相関関係の解析を行っており、その相関性が成立する現場の諸条件の整理もあわせて行っているところである。

また、新たな締め固め管理手法として開発されている加速度応答を用いた締め固め管理についてもあわせて検討を行っている。実際にドイツにおいては既に基準として採用されているが、現場の土質条件によっては適切な相関が得られない可能性や、日本と欧州において土質条件、とりわけ粒度分布（細粒分）と含水率

が異なること等を考慮すれば、ドイツの規格がそのまま日本で通用するとは言い難い点も多い。

しかしながら連続的に測定が可能で、土の締め固めの状況がリアルタイムで把握できる点などのメリットもあり、関西空港の施工において使用されたように、限定的な盛土の弱点調査での活用など、使い方によってはより強力な品質管理ツールと考えられる。

4. おわりに

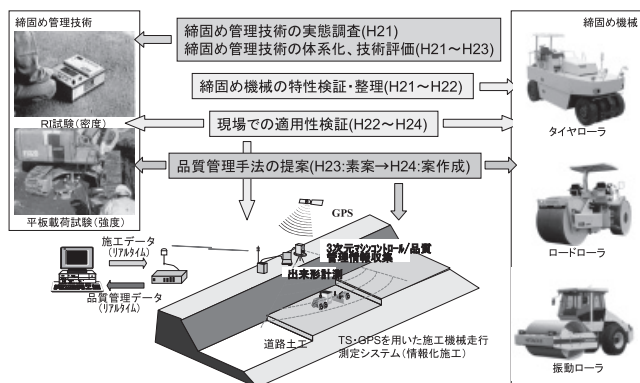
これまで土研では施工現場の情報交換標準を中心として研究活動を進めてきたが、この規格がISO15143としてISO投票を終了し、国際規格となる目処が立った。今後はISO15143の管理運営とあわせて、この共通利用可能な情報に基づいた生産管理の高度化を進めるために、様々な選択肢が考えられる。

今年、立命館大学建山教授が「岐路に立つ情報化施工」というテーマで講演されたが、まさに「機械・技術としての初期的な普及」から情報化のメリットを最大限に引き出し、生産活動・品質管理・維持管理に生産革命を起こしていくプロセスへの遷移領域の時代に入っているように感じている。

情報化施工が社会資本整備により貢献できるように今後も調査研究活動を展開していきたい。

JICMA

盛土施工の効率化と品質管理の向上技術に関する研究



図—6 盛土施工効率化の研究予定

[筆者紹介]



藤野 健一 (ふじの けんいち)
 (独)土木研究所
 技術推進本部 先端技術チーム
 主席研究員



茂木 正晴 (もてき まさはる)
 (独)土木研究所
 技術推進本部 先端技術チーム
 主任研究員



大槻 崇 (おおつき たかし)
 (独)土木研究所
 技術推進本部 先端技術チーム
 研究員