



情報化 施工 特集

ITを用いた出来形管理の提案 —情報化施工の一形態として—

有 富 孝 一・松 岡 謙 介・上 坂 克 巳

本報文は、現場における施工管理、監督検査の無駄を省く業務改善の事例紹介である。例えば、丁張り設置、出来形管理に必要な情報を電子化し、準備、計測時間の作業時間短縮に寄与することを示した。施工管理に必要な座標や設計条件があれば、丁張り設置、出来形管理が実施できる十分な情報の電子化により業務改善が可能となる。

キーワード：IT、施工管理、監督検査、情報化施工、トータルステーション、XML

1. はじめに

従来、「情報化施工」は、トンネル工、一般土工、基礎工などにおいて、反力、変位などを測定する計測機器を活用し、安全、迅速、確実な掘削機械施工などの制御を実現する技術として知られてきた。しかし、機械システム、制御情報の作成が高価であることから、トンネル工事、大規模掘削等特殊な現場での導入にとどまり、中小規模の現場普及に至っていない。

一方、平成8年度以降建設 CALS^{*1}の電子納品推進により設計・工事図面、書類の電子化が進められてきたが、それらの再利用は進んでいない。たとえば、設計段階では3次元での検討が主流となってきたが、納品図面は2次元であるため、3次元の設計情報が、施工現場での計測作業に直接用いられることはほとんど無かった。

そこで筆者らは、設計時の電子情報から施工に必要な3次元情報を抽出し、施工管理や監督検査に直接利用して、それらの合理化を図ることも、「情報化施工」の重要な一形態と考えている^{1)~9), 16), 17)}。

本報文において「情報化施工」とは、「工事の設計から竣工に至るまでの様々な作業で必要となる情報を、位置座標によって統合的に作成、取得、管理、利活用することで、施工管理の大幅な効率化をめざして建設工事を行うこと」と定義する。工事準備測量、出来形管理などの施工管理、監督検査においても、ITの活用により業務改善を進めることが可能である。ここで

は、施工管理、監督検査分野における情報化施工による業務改善について論ずる。

2. 従来の丁張り設置、出来形管理

現在の出来形管理のスタイルは、昭和30年代～昭和40年代に作成された土木施工管理基準に端を発している^{10)~15)} (図-1, 図-2)。当時の現場マニュアルによると、^{やり}遣型(丁張り)の設置について図解入りで詳細に記述されており、設計図に示された構造物を、現地地形を考慮して、現場でうまく構築するための知恵が示されている。^{やり}遣型(丁張り)とは、木杭、水糸、下げ振りなどを用い、設計図に示される構造物の構築

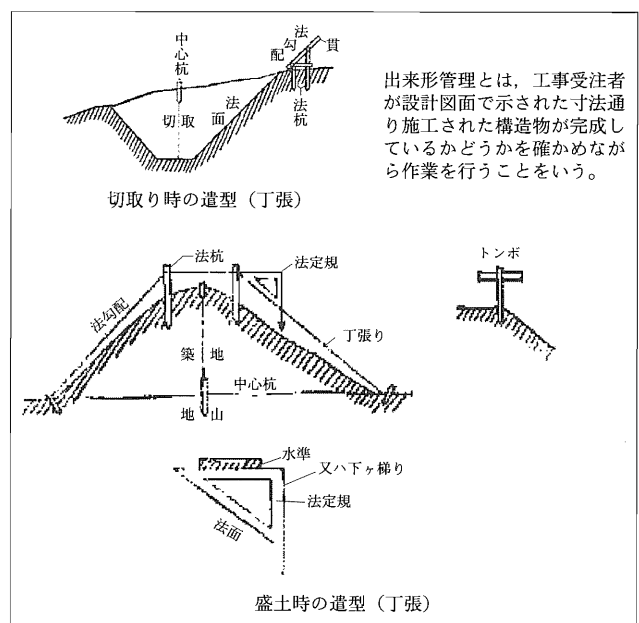


図-1 遣型(丁張り)の設置方法(図:昭和38年現場施工の手引きより)

*1 公共事業支援統合情報システム; Continuous Acquisition and Life Cycle Support

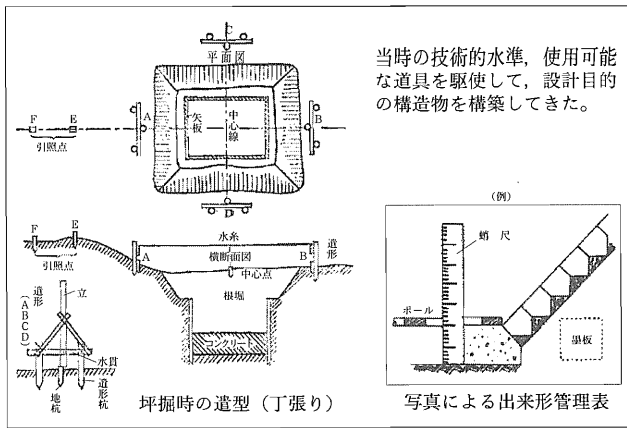


図-2 造型の設置と出来形管理 (図: 昭和38年現場施工の手引きより)

を立体的に指示する目印である。しかし、人手による作業の負担が大きく、計測器で角度を計測し、巻き尺、水準器(レベル)を組合わせて目標地点に丁張りを設置し、設計図面通り、施工出来ているかを管理してきた。これらの基本技術は現在でも通用しており、現場施工管理の基本として見習い技術者が身につけるべき基本技術となっている。

また、出来形管理とは、設計に従って構造物が出来ているかどうかを、造型を手がかりにして形状を計測しながら施工する管理手法を言う。

3. ITを活用した丁張り設置, 出来形管理

(1) 丁張り設置

当研究室では、従来型の施工管理に代わり、ITを活用した施工管理技術の提案、業務改善効果について研究している。具体的な手法としては、従来の図面を使った情報管理から、座標による正確な3次元情報を用いた管理へと移行し、コンピュータ、トータルステーション(TS^{*2})などの計測機器をうまく活用した、3次元情報のデータ交換が特徴である。

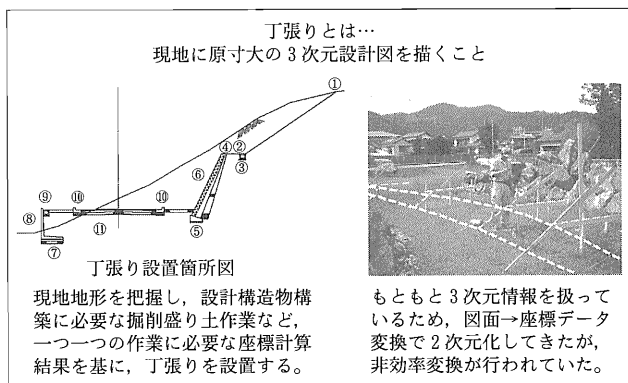


図-3 一般的な丁張り設置箇所と丁張りのイメージ

*2 Total Station: 角度と距離をレーザにより測定し3次元座標を取得する計測器

丁張りは現況地形に応じて設計構造物を構築するための目印を設置する仮設物である。設計図面より3次元の現場空間に木杭を設置するために必要なすべての木杭一つ一つの座標計算(平面座標値、高さ)が必要となる(図-3)。

通常、発注者から貸与される設計図には、平面図、縦断面図、横断面図等であるが、丁張り設置に必要な情報は、道路中心線の起終点座標、曲線半径、縦断変化点座標、縦断曲線長、標準横断幅員、横断勾配等である。これらは、図面上に文字で記述されているので、工事請負業者は図面から上記の情報を読み取り、電卓、コンピュータに手入力し、図-3に示す施工に必要な丁張り設置位置(5~10mピッチ)の平面座標値と高さを計算しなければならない。

通常これらの座標計算には専用ソフトを使用した準備作業が必要であるが、本研究では、設計情報の数値化を行うことで、これらの準備作業が大幅に簡素化できることを示す(図-4)。

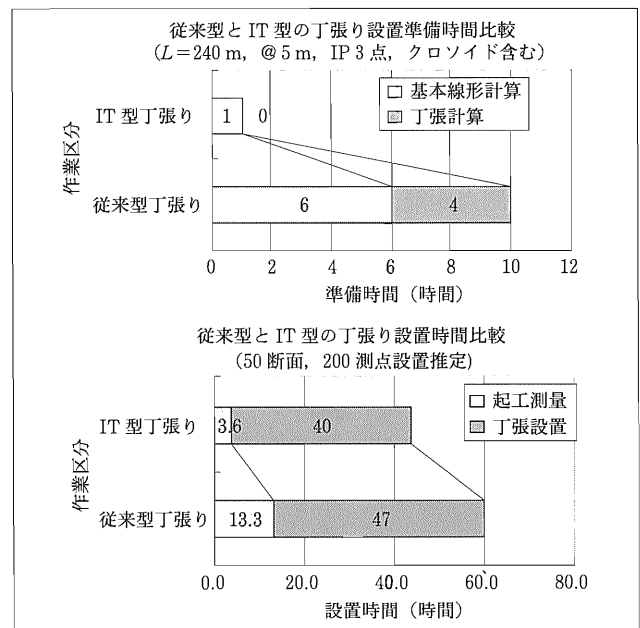


図-4 ITによる丁張り設置による改善効果

丁張り設置について、従来型とIT型を比較したところ、従来型では準備時間に中心線座標、曲線半径、縦断変化点、標準横断幅員などの情報を入力し、計算結果が設計図面と合っているかを確認する基本線形計算に多くの時間を有する。また、設計図面にはない5~10mピッチの丁張り設置断面上の丁張り座標値計算にも多くの時間を有する。しかし、IT型では3次元の線形情報を現地計測器に内蔵し、即座に任意地点の丁張り計算が可能であり、これらの準備計算はほぼ不要である。それに対し、設置作業については、木杭

を設置する作業に多少の改善が見られるものの、大幅な時間短縮効果はない。丁張りに必要な設計情報には、道路構造物の場合中心線の線形情報（IP*³、曲線半径、縦断勾配、標準横断幅員等）であり、海外で実績のある LandXML にはこのうち IP、曲線半径などの情報が格納されている（図—5）。

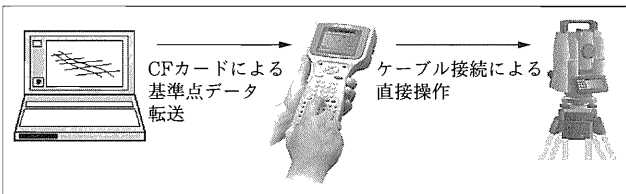
```

<CoordG 直線
  <Line length="21.22707468" dir="138.275429477457">
    始点位置
    <Start>-66901.01800000 -5831.55500000</Start>
    終点位置
    <End>-66868.65044830 -5849.71904475</End>
  </Line>
  始点側半径
  終点側半径
  <Spiral radiusStart="INF" radiusEnd="200.00000000" rot=
  
```

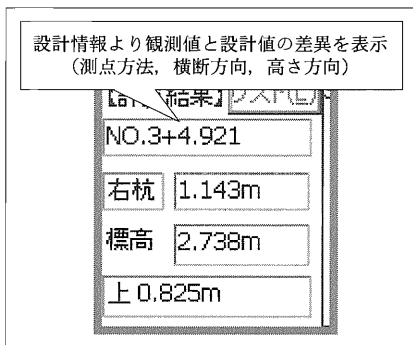
図—5 LandXML*⁴による設計情報の数値化事例

実験では、これらの情報を計測機器にデータ転送することで、丁張り計算を大幅に簡略化できることを示す（図—6、図—7、写真—1）。

実験用機器では、内蔵された3次元の設計情報により、任意の地点で計測した3次元結果と設計情報の中心線に対する接線方向に垂直な距離を計算することで、そのずれを計算でき、目標となる設計値に対して中心線にそった測点距離、横断方向の離れ距離、高さの差

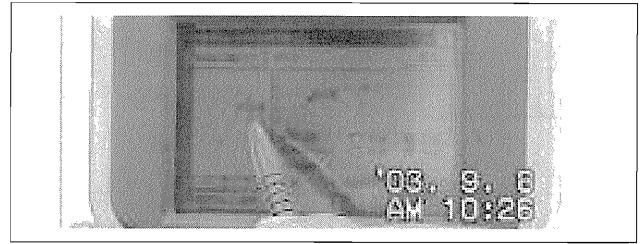


図—6 3次元CADと計測器との連携（CF*⁵カードによりデータコレクタ*⁶から計測機器にデータ転送）



図—7 実験用機器の画面イメージ

- *3 中心線の曲線部に接する2直線の交点。IP (Intersection point)。
- *4 測量技術者、建設コンサルタント担当者、土木技術者向けに開発された電子データの名称。国際共同体 LandXML.org が開発を進めている。
- *5 Compact Flash：コンピュータの外部記憶装置。
- *6 計測機器の観測値を記録保存し、測定作業を支援するコンピュータ。



写真—1 実験用機器の操作画面

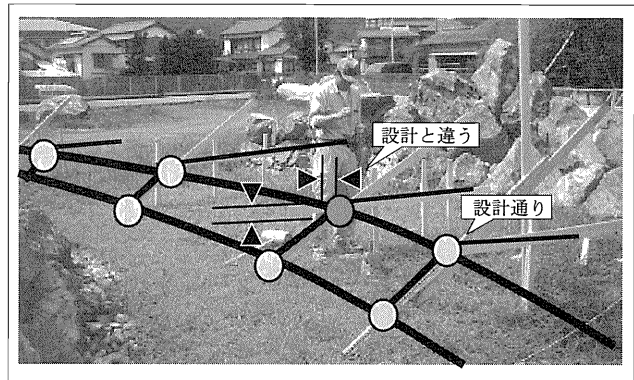
となって計算できる。そのため、従来のような、角度と距離から、XY座標値に計算し、図面上の設計値と比較する手間が必要なくなり、設計情報に従って丁張り設置作業に専念できる^{7), 16), 17)}。

(2) 出来形管理

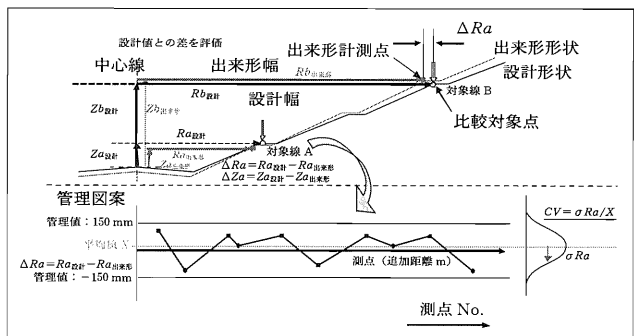
丁張り設置支援の技術は出来形管理にも応用できる。従来の出来形管理では、設計図面に示された平面距離、縦断高さ、横断寸法、高さなどを、巻き尺やレベル、スタッフ（標尺）によって計測した。この作業行為自体は、丁張りに従って構造物が構築されたかどうかを確認することに他ならず、目的は変えず、他の手法によってその目的を達成すればよい（図—8）。

本研究では、丁張り設置に使用した設計情報を、出来形管理にも活用することで、効率的な出来形管理が出来ることを示す（図—9）。

3次元計測結果と設計情報を比較するとき、丁張



図—8 出来形管理のイメージ



図—9 3次元計測情報を用いた出来形管理の概念

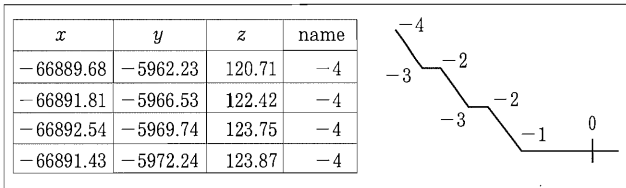


図-10 出来形計測結果と計測場所

表-1 CAD に表示した出来形値

| | |
|-------|----------------|
| 測 点 | : NO. 5+19.970 |
| 計 画 幅 | : 77.425 |
| 測 量 幅 | : -77.479 |
| 計画標高 | : 118.144 |
| 測量標高 | : 117.890 |
| 幅 員 差 | : 0.054 |
| 標 高 差 | : 0.254 |

ここで、項目の意味は次の通り。

- ・測 点：計測位置の測点番号と中心線上の追加距離
- ・計 画 幅：計画上の中心線からの離れ（負は左方向）
- ・測 量 幅：出来形を計測した位置の中心線からの離れ
- ・計画標高：計画上の標高値
- ・測量標高：出来形を計測した標高値
- ・幅 員 差：計画と計測した出来形の差異（法線方向の平面距離）
- ・標 高 差：計画と計測した出来形の差異（標高差）

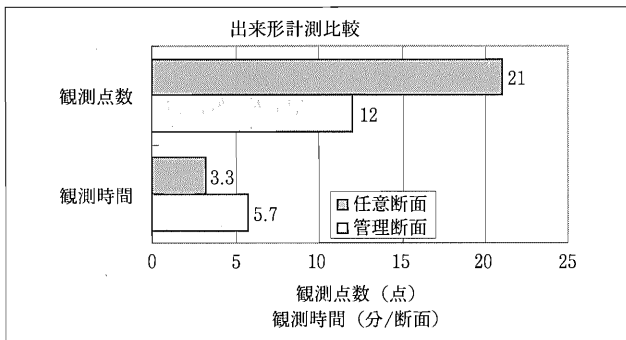


図-11 出来形計測点数観測に要した時間の比較

りで使用した中心線からの離れ距離を計算し、計測した地点の離れ距離と、設計上の離れ距離を比較することで、出来形管理が可能である。

このとき、出来形管理に必要な情報は、3次元計測結果だけではなく、設計情報のどこを計ったことに相当するののかという比較対象点の情報が必要であった(図-9)。例えば、 x, y, z の3次元計測結果から、法肩を計ったのか、法尻を計ったのか、法面の途中を計ったのかを判定することができない。そこで、設計上の横断の、法肩、法尻などの変化点に「name」項目を追加し識別番号をつけることで、計算で自動的に設計情報と3次元計測結果を比較することが可能となった(図-10, 表-1)。

*7 TSがプリズムなどの目標が移動するのに伴い、自動的にレンズの方向を動かして座標値を連続計測する装置。

従来型の出来形管理では、設計図にある20mピッチの横断面(管理断面)を、3つの杭などを中心線の左右と中央に配置し、管理断面位置を現地に再現し、巻き尺を使って幅員、高さを計測していた。IT型でも同様の作業が可能であるが、管理断面以外の断面(任意断面)においても自由に設計値と計測値を比較できる。任意断面と管理断面における測定点数と測定時間についてそれぞれ比較したが、管理断面を測定するより、任意断面の方が効率的だった(図-11)。

4. ITを活用した施工管理の将来像

このように、設計情報をITによりうまく活用することで、丁張り設置、出来形管理などで大きな業務改善効果が見られたことを示した。設計情報を受発注者で交換し、下請け作業者が現地計測、重機作業に活用することでさらなる業務改善効果が期待できる。

例えば、重機に丁張り設置情報を搭載することで、丁張りレスによる重機制御への応用により業務改善効果が期待される。また、

- ① 出来形計測を自動追尾型TS*7等により自動的に取得し、監督検査の立会時間を大幅に簡素化する、
- ② 事故発生時など原因究明に施工作业記録が活用できる、
- ③ 常時現場作業状況を監視し不良施工の発生を防止する、

などの効果が期待できる(図-12)。これらの技術は、一般土木現場の業務改善効果に寄与するだけでなく、危険、苦渋作業が強いられる災害復旧現場における自働施工(自働：無駄な動きを減らし、効率的な働きへと変える)にも寄与するものと考えている。

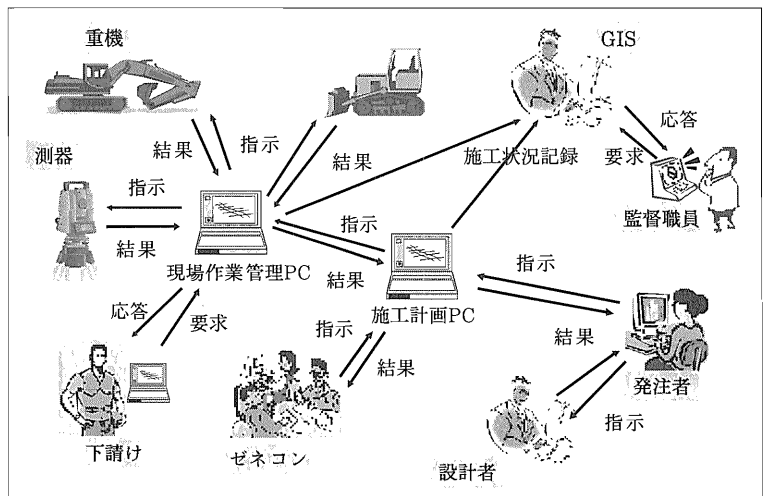


図-12 ITによる施工管理情報の活用イメージ

5. おわりに

調査計画段階の路線選定段階で道路中心線などの線形情報とともに、標準断面、部分拡幅情報など有用な電子情報が存在するが、実際は計算で生成された平面図、縦断面図、横断面図のみが交換されている。従来の施工現場では、図面情報からこれらの線形、標準断面、部分拡幅情報を読み取った後、丁張りに必要な座標計算に活用してきた。

そこで、これらの線形情報、標準横断等の電子情報を、LandXMLやSXF Level 2 v 3等の形式で出力することで、後の設計変更や施工管理に有効な情報になると考えている(表-2)。今後のCALSを推進する上で、施工段階の情報化は必要不可欠である。

表-2 調査計画段階から、施工に必要な情報をオブジェクトモデル*で電子化

| | 調査計画 | 設計積算 | 施工管理 監督検査 | 維持管理 維持修繕 |
|-------------|--------------------------------|---|-------------------------|-------------------------|
| 現 状 | 測量CAD 平面図 縦横断面図 | 分割発注が困難 平面図 縦横断面図 | 設計変更が困難 平面図 縦横断面図 | 台帳更新が困難 平面図 縦横断面図 |
| | 線形情報 標準断面情報 | 線形情報は電子データで流通していない。 図面ベースの業務モデルによる限界 | | |
| 利 活 用 | 平面図 縦横断面図 線形情報 標準断面情報 | 分割発注が容易 平面図 縦横断面図 | 設計変更が楽 平面図 縦横断面図 | 台帳更新が早い 平面図 縦横断面図 |
| | | 線形情報は電子データ(LandXML, SXF V 3)で流通。 オブジェクトモデルベースの業務モデルによる業務改善 | | |

謝 辞

本研究を進めるに当たって、共同研究者「(株)大林組、(株)トプコン、コマツ」、高知県建設技術公社スタッフ一同、鳥取河川国道事務所郡家国道維持出張所長、施工技術総合研究所情報化施工チーム、(株)Autodesk, LandXML.org (Nathan Crews)、福井コンピュータ(株)、(株)コイシなど多くの方々に助言を頂いた。この場を借りてお礼を申し上げる。



【参考文献】

- 1) 奥谷 正, 青山憲明, 新田恭士, 有富孝一, 他: 電子納品情報を活用した業務改善に関する研究, 平成 14 年度国土交通省国土技術研究会指定課題, 国土交通省, pp. 11. 1-11. 29, 2002
- 2) 有富孝一: 建設プロジェクトにおける施工情報の高度利用に向けて, JACIC 情報, 第 68 号, (財)日本建設情報総合センター, pp. 30-34, 2002
- 3) 奥谷 正, 有富孝一: 電子納品情報を活用した業務改善 (BPR) に関

*8 形や大きさなどを属性としてもつ図形を抽象的に定義した概念。図形名と属性値で図形を表す。

- する研究, 土木技術資料, 第 3 巻, 第 45 号, (財)土木研究センター, pp. 38-39, 2003
- 4) 有富孝一: IT 化による施工管理業務の改善, JCM マンスリーレポート, 12(7), (社)全国土木施工管理技士会連合会, pp. 3-6, 2003
- 5) 有富孝一, 先村律雄, 若井秀之: 土木施工の情報化と業務改善 (その 2) - プロダクトモデルを活用した施工情報の高度利用 -, 第 58 回土木学会年次学術講演会, CS 11-004, 2003
- 6) 奥谷 正, 青山憲明, 有富孝一, 岸野 正, 他: 電子納品情報を活用した業務改善に関する研究, 平成 15 年度国土交通省国土技術研究会指定課題 継続 4, 国土交通省, 2003
- 7) 有富孝一: IT を活用した施工管理の業務改善, 第 21 回建設マネジメント問題に関する研究発表・討論会講演集: 土木学会建設マネジメント委員会, pp. 147-150, 2003
- 8) 岸野 正, 奥谷 正, 有富孝一: システムアーキテクチャ構築による建設マネジメントの効率化, 第 21 回建設マネジメント問題に関する研究発表・討論会講演集: 土木学会建設マネジメント委員会, pp. 135-138, 2003
- 9) 有富孝一, 奥谷 正: 電子納品情報を活用した業務改善に関する研究, 土木技術資料, (財)土木研究センター, 第 3 巻, 第 46 号, pp. 30-33, 2004. 3
- 10) 安孫子義昭, 樹山清人: 建設施工管理の変遷に関する研究 - 明治時代の事例抽出について -, 土木学会年次学術講演会講演概要集第 6 部, Vol 55 巻, pp. 394-395, 2000
- 11) 国土開発技術研究センター, 施工管理の高度化検討業務報告書, 平成 9 年 3 月, (財)国土開発技術研究センター, 1996
- 12) 現場施工の手引き編集委員会: 現場施工の手引き - 河川編 -, 建設省監修, (社)全日本建設技術協会, 昭和 39 年 4 月, 1964
- 13) 現場施工の手引き編集委員会: 現場施工の手引き - 共通編 -, (社)全日本建設技術協会, 昭和 38 年 3 月, 1964
- 14) 関東地方建設局編集: 昭和 44 年度土木工事情品質及び出来形の規格値, 土木工事施工管理基準, (社)関東建設弘済会, 昭和 44 年 3 月, 1969
- 15) 関東地方整備局企画部: 土木工事共通仕様書, 土木工事必携, 平成 13 年版, (社)関東建設弘済会, 2000
- 16) 有富孝一, 松岡謙介, 奥谷 正: 出来形管理の変遷と IT による出来形管理の提案, 建設マネジメント研究論文集, 土木学会建設マネジメント委員会, 2004 (審査中)
- 17) 有富孝一, 松岡謙介, 上坂克己: 3 次元地形・設計データを用いた情報化施工 - 丁張り, 出来形計測を中心に -, 土木技術資料, (財)土木研究センター, 8 月号, 2004

【筆者紹介】



有富 孝一 (ありとみ こういち)
国土技術政策総合研究所
高度情報化研究センター
情報基盤研究室
主任研究官



松岡 謙介 (まつおか けんすけ)
国土技術政策総合研究所
高度情報化研究センター
情報基盤研究室
研究官



上坂 克己 (うえさか かつみ)
国土技術政策総合研究所
高度情報化研究センター
情報基盤研究室
室長