

欧州における情報化施工等の状況

山口 崇

我が国と比べ情報化施工に代表される ICT を活用した建設生産の普及が進んでいる欧州の状況について、ドイツとフィンランドを対象に調査を実施した。ドイツとフィンランドにおける情報化施工の状況、ドイツにおける盛土締固め管理の方法と ICT の活用、我が国における CIM (Construction Information Modeling) と同様の取り組みであるフィンランドにおける Infra FINBIM の計画について、調査概要を報告する。

キーワード：情報化施工，3次元情報，盛土締固め管理，CIM，欧州，ドイツ，フィンランド

1. はじめに

平成 25 年 3 月 29 日に、平成 25 年度から 29 年度を戦略期間とする、新たな「情報化施工推進戦略」(情報化施工推進会議、委員長：建山和由 立命館大学教授、事務局：国土交通省総合政策局公共事業企画調整課)が策定・公表された。推進戦略では、中長期的な目標となる情報化施工の目指す姿を明らかにし、5 年間の目標とその達成に向けて取り組む項目として、5 つの重点目標と 10 の取り組みを設定している。

また、建築分野で先進的に取り組みが進められている BIM (Building Information Modeling) の概念を土木分野に適用する CIM の検討が平成 24 年度より開始されている。設計、施工、維持管理の業務実施フローの改革と、改革を実現するためのデータモデルの検討が始まっている。

情報化施工や CIM に関する産学官の取り組みによる建設生産への ICT の活用を通じて、我が国の建設生産は新たな段階へと進みつつある。そのため、先導的な事例として、我が国と比べ情報化施工に代表される ICT を活用した建設生産の普及が進んでいる欧州の状況について、ドイツとフィンランドを対象に調査を実施した。

本稿では、ドイツとフィンランドにおける情報化施工の状況、ドイツにおける盛土締固め管理の方法と ICT の活用、我が国における CIM (Construction Information Modeling) と同様の取り組みであるフィンランドにおける Infra FINBIM の計画について、調査概要を報告する。

2. 調査先

今回の調査では、政府関係機関、研究所、施工現場(施工者、コンサル)、関連メーカーに対して調査を実施した。ドイツとフィンランドの調査先を以下に示す。

(1) ドイツ

(a) 高速道路施工現場

- ・アウトバーン (Autobahn) A8 号線ウルム (Ulm) —アウクスブルク (Augsburg) 間の拡幅工事
- ・マシンコントロール (MC), マシンガイダンス (MG), 統合管理システムの導入現場

(b) 連邦道路交通研究所 (Bundesanstalt für Straßenwesen : BAST/Federal Highway Research Institute)

- ・道路施工、橋梁・土木構造物、交通工学、自動車工学、交通安全分野における連邦政府の研究機関
- ・日本とドイツにおける盛土締固めに関する研究の状況報告と意見交換

(c) 高速鉄道施工現場

- ・ドイツ統合交通プロジェクト 8.2 (Verkehrsprojekt der Deutschen Einheit 8.2 : VDE8.2) 高速鉄道路線エアフルト (Erfurt) —ライプチヒ/ハレ (Leipzig/Halle) 間の新設工事
- ・振動ローラによる加速度応答を用いた連続的な締固め管理 (Continuous Compaction Control : CCC) の導入現場

(d) ボーマック社 (BOMAG GmbH)

- ・各種締固め機械等を世界的に供給しているドイツ

の建設機械メーカ（締固め機械のシェアは世界トップクラス）

- ・欧州における締固め機械の実態と盛土締固めに関する研究の意見交換

(2) フィンランド

(a) フィンランド交通庁(Liikennevirasto Mahdollistaa/ Finish Transport Agency : FTA)

- ・運輸通信省(Liikenne- ja viestintäministeriö/Ministry of Transport and Communications) に属する道路等の交通インフラの整備・維持管理等を行う行政機関
- ・Infra FINBIM プロジェクトの状況と情報化施工について意見交換

(b) 道路施工現場

- ・設計・施工一括発注方式による橋梁・アンダーパスを含む道路の新設工事
- ・MC, MG, 統合管理システム, Infra FINBIM の導入現場

3. 調査結果

(1) ドイツとフィンランドにおける情報化施工の状況

(a) 契約条件等

調査したドイツの事例は、PPP (Public-Private Partnership) による 30 年の維持管理（修繕と除雪作業）付きの延長約 40 km の高速道路拡幅工事（順調に工事が進めば更に約 15 km の区間を受注できるオプション付き契約）である（図一1）。ドイツでは、収益の見込める有料道路等の大規模工事において PPP の発注件数が増加しつつある。



図一1 調査したドイツの施工現場

情報化施工の活用は、発注者からの指定ではなく、受注者の判断による導入である。追加受注のオプションが情報化施工を導入する要因ではなく、施工を効率化

する観点から導入している。また、情報化施工機器を自社で保有しているため、効果がある施工現場には導入することが普通になっている。厳しい工事検査や品質管理、工期短縮のニーズに応えるために自主的に情報化施工を導入しており、投資に見合う効果が実感できるため情報化施工機器を保有しているとのことである。

調査したフィンランドの事例は、設計・施工一括発注方式による道路新設工事である。フィンランドでは、交通庁における工事発注の約 50% が設計・施工一括発注方式の工事である（図一2）。



図一2 調査したフィンランドの施工現場

Infra FINBIM の導入工事であり、発注者から 3 次元モデルを活用することが指定された工事であるが、情報化施工の導入については、発注者からの指定ではなく、受注者の判断による導入である。また、情報化施工機器は、自社で保有しており、元請が保有している情報化施工機器を下請に貸与している。

ドイツ、フィンランドともに、発注者から情報化施工の導入を指定することはなく、情報化施工の活用、工期の短縮、品質の向上に対する発注者からのインセンティブもないが、受注者の判断により情報化施工の普及が進んでいる。

(b) 3次元情報

ドイツでは、受注者が現況に応じた施工図面や情報化施工に必要な 3 次元情報を作成している。発注者は、工事基準点、道路平面座標、道路縦断座標を提供しており、3 次元情報の提供は基盤的な情報に限定している。また、正当な理由があれば受発注者協議の上柔軟に設計形状を変更することができ、工期短縮等の具体的メリットがある場合は、施工性の観点から MC や MG に適した設計形状に変更することもできる。

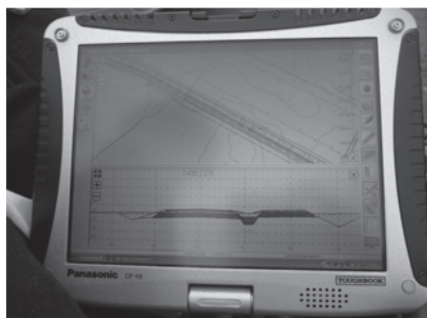
フィンランドでは、設計・施工一括発注方式の工事の全てにおいて Infra FINBIM の導入を計画している。設計・施工一括発注方式では、詳細設計を施工者が実施することになる。施工着手後に 3 次元情報の変更の発生を極力未然に防ぐため、発注者は高精度な初

期情報（地形、既設構造物形状、地質、支障物の位置等の情報）を取得し提供している。

(c) 情報化施工技術

①統合管理システム（図—3）

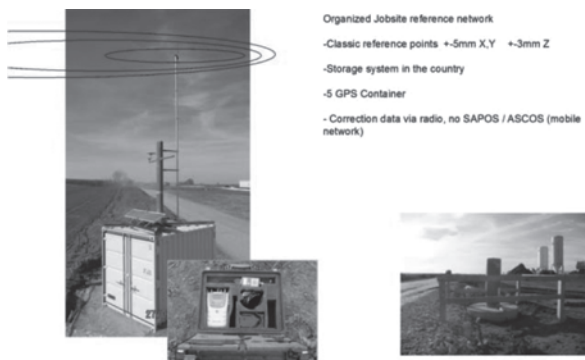
ドイツ、フィンランドともに、調査した事例では、統合管理システムを導入している。統合管理システムは、MC や MG などの情報化施工技術をリアルタイムにネットワーク上で管理するシステムであり、施工機械の稼働状況の把握、情報化施工に必要な3次元情報などの共有連携などが可能である。タブレット端末を用いることで、施工現場でリアルタイムに施工状況や設計形状などの情報を確認することも可能である。



図—3 統合管理システム

②高精度 GNSS システム（VRANS）（図—4）

調査したドイツの事例において、高精度 GNSS システムが導入されていた。詳細な技術情報を確認できていないが、現場内で複数の基準点を選択し、基準点同士を整合（ローライゼーション）させた上で、現場内に VRS 基地局を設置することで、高精度測位を実現している。俄には信じ難いが水平方向±5mm、鉛直方向±3mm 程度の精度を確保できるため、調査した事例では出来形管理に用いることが認められている。



図—4 高精度 GNSS システム（VRANS）

(2) ドイツにおける盛土締固め管理の方法と ICT の活用

ドイツにおける盛土締固めでは、品質（最終結果）だけを重要視しており、発注者は要求品質を示すが、

どのような施工方法（材料、機械、手法）を用いるかは、施工者の任意となっている。一方、フランス、イギリス、アメリカでは、材料、機械、施工厚さ、パス回数など施工方法に関する仕様が存在している。

ドイツにおける盛土締固めに関する品質管理は、M1, M2, M3 からなる3種類の管理方法（表—1 参照）があり、その中から管理方法を選定して実施している。どの管理方法を選定するかは、工事の仕様書で規定することとなっている。ただし、合理的な理由がある場合は、施工着手前に受発注者が協議を行い、管理方法を変更することができる。

表—1 ドイツにおける盛土締固めの管理方法

管理方法	概要
M1 点管理	抜き取り試験により品質管理（密度と剛性）。サンプル数、合否判定は統計手法による方法を規定。
M2 面的管理 CCC	測定システムを搭載した締固め機械を用いて連続的に品質を測定し管理。合否判定は統計手法による方法を規定。基準となる加速度応答値を試験施工により決定し、施工と同時に品質管理。
M3 弱点部管理	5,000 m ² に3点の割合で、地盤剛性が弱い点を品質管理（密度と剛性）。密度と剛性の測定は、対象範囲の中で相対的に弱い箇所を選定。

現在、ドイツにおける盛土締固めに関する品質管理の主流となっているのは、弱点部を把握して管理を行う M3 である。抜き取り試験により点管理を行う M1 はほとんど用いられおらず、ICT を活用して面管理を行う M2（CCC）もあまり用いられていない。CCC は、振動ローラによる起振力の自動制御と加速度応答の計測により、品質の向上と管理を行う技術であり、米国では IC（Intelligent Compaction）と呼ばれている。

M1 と M3 における密度や地盤剛性の測定方法と弱点部を把握する方法については、特に規定されていない。M2（CCC）における測定システムの校正手法と測定手法については、技術文書とガイドラインに規定されている。CCC に関する標準化の検討も進められており、将来的に Euro-Code または ISO となる可能性もある。

M3 における弱点部を把握する方法として、ICT を活用した CCC を用いる場合が多くなっている。CCC を品質管理方法とする場合（M2）は、施工毎に校正を行う必要があり手順が煩雑となる。M3 では相対的に剛性の弱い箇所を把握する方法として CCC を用いているため、施工毎の校正が必要ない。そのため、専門家による目視やブルーローリングなどで弱点部を

把握する従来の方法よりも便利で安価であるとして、CCCが多く用いられている。

(3) フィンランドにおける Infra FINBIM

(a) Infra FINBIM

フィンランドでは、2010年より産学官が参画するInfra FINBIMというプロジェクトが実施されている。このプロジェクトは、BIMを活用することで、社会資本の計画から維持管理までに携わる受発注者双方のワークフローを効率化することを目的としている。施工段階においては、MCやMGへ活用することを前提とした3次元プロダクトモデル(図-5)の導入が検討されている。なお、3次元プロダクトモデルは、誰でも使えるオープンスタンダードとして、研究開発が進められている。

このプロジェクトの実施方針を以下に示す。

- ① Infra FINBIMの試行導入は、設計・施工一括発注方式の工事を対象に推進する。設計と施工を分離した場合、Infra FINBIMの導入によるワークフロー全体の合理化・最適化が困難であるとの考えから、設計・施工一括発注方式の工事を対象としている。
- ② Infra FINBIMの当面の導入目的は、設計と施工間の3次元プロダクトモデルの流通による施工段階の効率化とする。維持管理段階での3次元プロダクトモデルの利活用は、設計と施工間の流通と業務プロセスの組み換えが実現してからの、将来的な検討課題として位置づける。建設生産システム全体を当初から対象にすると、用途が多岐にわたるため3次元プロダクトモデルを最適化することが困難であるとの考えから、設計と施工間を当面の対象としている。
- ③ 施工者・CADベンダー・大学等の研究機関からなる団体を組織し、建築用BIMソフトの流用ではなく土工、橋梁等の土木用に特化した使い勝手の良い専用ソフトを開発を促進する。
- ④ 3次元プロダクトモデルは、設計ではなく、施工のために使いやすいモデルでなければならないことから、モデルの仕様は施工者による提案を採用する。

(b) これまでの成果と今後の予定

道路事業における3次元プロダクトモデルの案を作成し、試行導入を開始している。設計・施工一括発注方式の工事において、3次元プロダクトモデルを用いた発注や施工管理が効率的に実施できることを確認している。また、FTAでは、2014年4月より主な発注

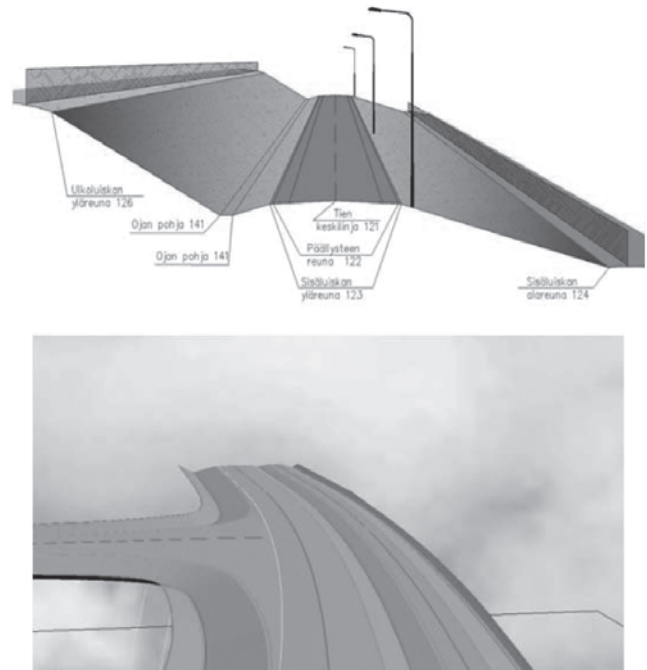


図-5 Infra FINBIMの3次元プロダクトモデル

工事において、Infra FINBIMを導入する予定である。

4. おわりに

ドイツとフィンランドの2カ国の限られた事例ではあるが、欧州におけるICTを活用した建設生産の状況を報告した。入札・契約制度や要求仕様など、我が国とは技術を取り巻く状況が異なることも多分にあると思うが、技術を用いる人が効果を実感し、我が国の建設生産へのICTの普及が進んでいくことを期待している。

最後に、本調査の実施にあたり、神田氏(コマツ)、中村氏(トプコンヨーロッパポジショニング)、高橋氏(欧州コマツ)、クロバート氏(ポーマック)、ハッキラ氏(オウル大学)から、様々なご指導やご助力を頂きました。ここに記して感謝の意を表します。

JICMA

《参考文献》

- 1) 国土交通省の情報化施工に関するHPのURL
http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/constplan/sosei_constplan_tk_000017.html
- 2) Infra FINBIMに関するHPのURL
http://www.infrabim.fi/infrabim_uusi/index.html

【筆者紹介】

山口 崇(やまぐち たかし)
 (独)土木研究所
 つくば中央研究所 技術推進本部
 主任研究員(先端技術)