

CPS の概念を導入した土木技術開発手法について（その1）

－ CPS の概念を土木技術開発に導入する取り組み概要 －

大成建設㈱ 技術センター 正会員 ○名合 牧人 青木 浩章
大成建設㈱ 技術センター 正会員 片山 三郎 石井 喬之

1. 概要

CPS（Cyber-Physical Systems）の概念は2006年米国のNSF（National Science Foundation）によって提唱されたり、現実空間における様々な情報をセンサとネットワークを通じてサイバー空間に収集し、データの分析・解析を行い、その結果を現実空間にフィードバックすることで、産業システムの全過程に対して効率化することを目的としている。近年、都市計画の分野においてもスーパーシティやスマートシティの実現を目的として、現実空間の計画を検討する上で、まずはサイバー空間上に産業ごとのレイヤモデルを作成し事前検討しておくことの必要性が報告されている²⁾。更には、建築施工分野においても、クレーン施工を対象にサイバー空間上で施工シミュレーションを行い、現実空間の施工を速やかに行う取り組みが発表されつつある³⁾。

筆者らは、土木施工分野における生産システムの抜本的な改良を目的として、土木施工方法の改善・新規技術開発段階においてCPSの概念を導入することを試みている。

2. 土木分野におけるCPSの活用について

サイバー空間に情報を集約し、分析・解析を行い、施工方法の最適化、シミュレーションを行うことは、土木施工分野においては新しいことではない。例えば、大規模地下空洞や困難な施工を強いられる地下構造物の情報化施工では、事前の地質情報を基に設計・施工されるものの、施工中の日々の地質観察データや計測データをリアルタイムでサイバー空間にデジタル化し、データに基づいてモデルを見直す。そしてモデルの見直しに伴って、変形、応力などの予測シミュレーションを行うことにより、設計、施工方法の妥当性を確認しながら工事が進められる。膨大な計測、観察、設計、施工に関わるビッグデータを、サイバー空間の中で再構築し、様々な立場の関係者が共有化された情報の中での確かな判断を加えていくことが求められる。Fig.1に日本原子力研究開発機構殿の幌延地下施設工事における情報化施工サイクルの概念図を示す。図に示す通り、情報化施工においては、施工データと地質観察データ、計測データ、予測解析データ（設計）を常にリンクさせる必要がある。筆者らはこれらの関連するデータの分析を行うために、3次元地質情報・施工状況可視化システム⁴⁾を開発した。Fig.2に同システムを用いた北海道電力殿の京極地下発電所情報化施工時の地質観察データ、計測データの表示例を示す。図には大規模地下空洞の地質観察スケッチとアンカー孔穿孔時における穿孔検層データを示す。地質観察データと計測データを併せて表示することにより地質構造の理解を促す。

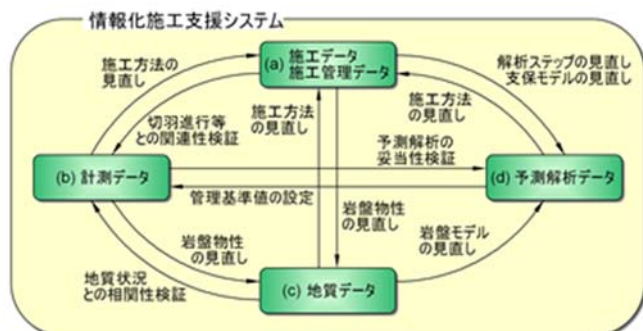


Fig.1 幌延地下施設工事における情報化施工データの関連（観察、計測、施工データの関連を分析して設計を決定）

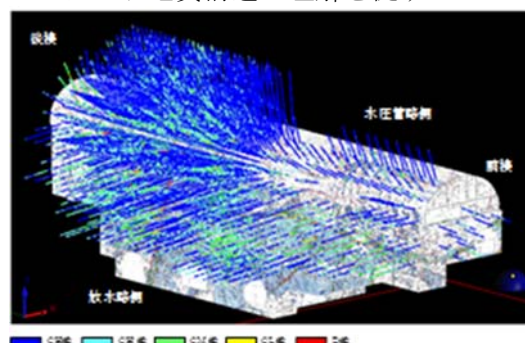


Fig.2 京極地下発電所におけるデータ表示例（地質観察データと穿孔検層データ）

3. CPS の概念を導入した土木技術開発手法について

土木施工の技術開発においては、現実空間でモニタリングされた多様なデータが、サイバー空間において数

キーワード CPS, デジタル化, シミュレーション, ロボット, スーパーシティ, イノベーションエコシステム

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設㈱技術センター生産技術開発部 TEL 045-814-7247

値分析、最適化、シミュレーションを通して、ロス・ムダの低減による施工性の向上やロボット化などによる生産性向上の形で現実空間にフィードバックされる。

Fig.3 に CPS の概念を導入した土木技術開発手法のイメージを示す。まず、現実空間における施工状況を GNSS (Global Navigation Satellite System)や ICT (Information and Communication Technology)センサ、画像などによりモニタリングし、デジタルデータ化してサイバー空間に上げる。次にデジタル化されたデータを多変量解析などにより各データの関連性や影響評価を行う。この結果、施工方法にロスやムダがないかを見直す一方で、最適化された施工方法を自動化可能かの検討を行う。自動化においては生産システム全体系への影響度や人力作業の疲労度などを考慮し、ロボット化やパワードスーツの適用などを検討する。ロボット化においては設計したアルゴリズムが想定通り稼働するかを検討するためにシミュレーションを行う。ここまでの開発をサイバー空間で行い、シミュレーションにより検証された設計に基づき製作されたロボットにセンサや制御装置を取付け、現実空間での適用を試行する。

筆者らは、この一連の開発業務の中で、モニタリングにおいては、GNSS を利用できない環境を対象として、重機の移動経路をデジタルデータとして記録を残すために、画像から重機の位置を測定できるアプリケーションの開発を進めている。詳細は別報（その2）に譲る。また、人力作業をロボット化すべきか、あるいはパワードスーツなどを適用する程度で生産システムの合理化が可能なのかを分析評価するために必要な指標の構築を目指している。詳細は別報（その3）に譲る。更に、指標に基づき建設生産システムの全工程に対して自動化が最も効率的であると判断された場合に、自動化された機械のアルゴリズムの妥当性を確認する初期段階として重機制御シミュレーションの開発を行っている。詳細は別報（その4）に譲る。

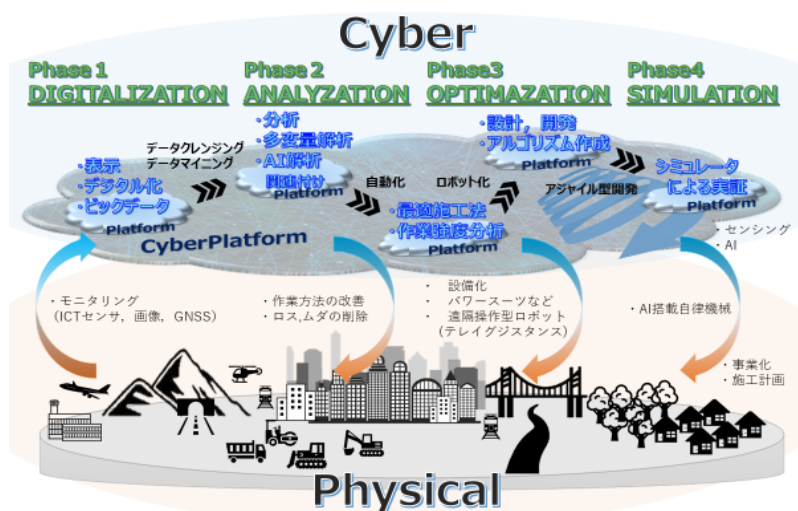


Fig.3 CPS の概念を導入した土木技術開発手法のイメージ

4. おわりに

先に紹介した 3 次元地質構造・施工情報可視化システム (Geo-Graphia, 開発販売元: 株式会社地層科学研究所) は、現在十数社の建設会社、コンサルタントの方々に利用されている。土木技術開発の分野においても、このような CPS を活用した技術開発のプラットフォームを構築し、先進技術を保有する企業の方々とのイノベーションエコシステムの形成を目指し、多くの土木技術者に使って頂けるようなアプリケーションを開発、提供することで、今後の土木業界の発展に寄与したい。特にフィールドを持つ建設会社としては、データを取得してデジタル化しておくことが建設業全体としての CPS の中でも最も重要な役割、使命と認識している。

参考文献

- 1) NSF : Workshop in Cyber-Physical Systems, Research Motivation, Techniques and Roadmap, 2006.
- 2) 総務省: 情報通信国際戦略局, ICT 街づくり推進会議スマートシティ検討 WG 第一次取りまとめ, 2017.
- 3) 西脇: 日本クレーン協会, 機関誌, CPS 活用によるクレーンの作業範囲規制とマシン・イタンス, pp46-57, 2018.
- 4) 重廣ら: 「3 次元地質構造可視化ソフトを利用した情報化施工支援システムの導入」土木学会年講, 2010.