

緊急事態時を想定した超高速施工システムとサプライチェーンの概念設計

工学院大学 ○遠藤 和義 1*
工学院大学 岩村 雅人 2*
工学院大学 尾門 智志 3**

超高速施工 緊急事態時 DFMA
サプライチェーン BIM ワークフロー

1. 研究の背景と目的、方法

災害の多いわが国では、緊急事態時に建築物の「超高速施工」のニーズがあり、それは平時でも早期の効用発現や資金回収につながり、プロジェクトの価値向上に直結する。本研究は、わが国建築界のすぐれた設計、施工の要素技術と最新のBIMやデジタル技術を活用し、設計の標準化、省力化施工による「超高速施工システム」の概念設計を提示することを目的とする。

本研究の方法、進め方は以下の通りである。

- ①施工の高速化に関する理論、コンセプトの整理
- ②内外の設計と施工の高速化、省力化に関する情報収集
- ③応急仮設住宅関連の文献調査、関係者へのヒアリング
- ④超高速施工のためのユニット化、生産設計の検討
- ⑤BIMを用いた病院の基本構成の検討
- ⑥設計-製作-施工、サプライチェーンの検討

2. 施工の高速化に関する理論、コンセプトの整理

施工を高速化させるための方策を以下に整理する。

(1)いわゆる突貫工事

現場に複数の職種の技能者を多く入れ、労働時間も長くして、一気に施工する。今後は「時間外労働の上限規制」の適用によって困難となる。施工手順の錯綜による品質低下、現場労務の過密による安全面の問題等デメリットも多い。

(2)クリティカルパス上の作業の短縮

工程が遅れた際の一般的な方策は、工期を決定する作業の連鎖、クリティカルパス上の作業を短縮することである。具体的な方法は下記による。

- ①法定時間内で投入する労務、技能者を増加する
- ②施工手順の再検討
- ③資機材の性能アップ
- ④プレファブ化された部材で現場作業を短縮する

(3)工区分割、同期化の導入

現場の作業空間をいくつかに分けて並行して施工する。

図1は、作業A（所要作業日数8日間）、作業B（同4日間）、作業C（同16日間）、作業D（同8日間）、作業E（同4日間）からなるプロジェクトを40日で施工した例である。各作業は、その施工に必要な固有の技能を持つ職種a、職種b、職種c、職種d、職種eが担当する。現場には工

期中毎日各作業を担当する職種1チームが投入され、投入労務の総量は40チーム・日となる。

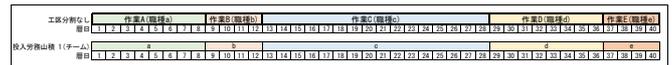


図1 ベースとなるプロジェクトの工程と投入労務の山積

図2は、図1のプロジェクトに施工面積で4等分した工区を設定して施工した場合を示した。現代の建設工事では、工事目的物の規模や形状によって工区分割が広く導入されている。

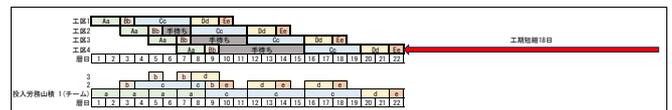


図2 4工区分割した工程と投入労務の山積

図2が示すように、4工区分割することによって、工区分割なしの場合の工期40日が22日（55.0%）へと短縮する。図中の「手待ち」と示したところは作業ができない。図2の下部は、投入される各職種のチーム数を示したものであるが、当然、投入労務の総チーム数は40チーム・日で工区分割のない場合と変わらない。

図3は、各作業の作業日数を8日に統一した40日の工程を示したものである。生産工学では、こうした各作業の工期を同一にすることを「同期化」、統一された作業の長さを「タクトタイム」と呼ぶ。



図3 タクトタイム8日に同期化した工程と労務山積

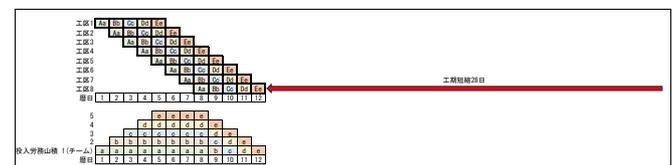


図4 図3のプロジェクトを8工区分割した工程

図4の工期は、12日（30.0%）に28日短縮された。図1～図4で示した工期の短縮過程は、いわゆるセル生産をライン生産に変換するプロセスにあたり、本研究では設計-製造-施工までをこのライン生産に見立てる。

3. 設計と施工の高速化、省力化に関する情報収集

詳細は略すが、内外の学会と国際会議への参加から本研究に関係の深い英国の産業政策 DfMA OSC、MMC という潮流のあることがわかった。DfMA (Design For Manufacture and Assembly) についてのみ記すが、「組立が容易な製品設計は部品数が最小になる」という考え方をもとに基本設計の段階で製造段階を想定した設計を行う手法で、効率的な建設を可能とする。国際会議の開かれたアイルランドでは、全産業の労働時間当り労働生産性の急上昇と建設業の労働生産性低迷の状況を受け入れ、政策も「建設プロジェクトを生産性の高い製造業等にシフト」させる方向性を持っていた。

4. 応急仮設住宅関連の文献調査、関係者へのヒアリング

建設の超高速化を目指す上で、それを実践している「応急仮設住宅」の建設システムを理解することは必須である。応急仮設住宅とは「災害救助法が適用された災害によって、住居に被害を受けた被災者のうち、自らの資力で住宅を確保することができない者に対し、プレハブ住宅等を建設し一時的な居住の安定を図るものである。

その概要は以下の通りである。

- ①1戸当たりの規模は、29.7㎡(9坪)を標準
- ②災害発生の日から20日以内に着工
- ③供与期間は2年以内

5. 超高速施工のためのユニット化、生産設計の検討

ここでは、応急仮設住宅の構法、プレファブ建築の要素技術の整理から、設備をビルトインしたフロアユニット工法、躯体としては入手性が高く市中に転用可能な中古ストックも多いコンテナハウスを選択した。

6. BIMを用いた病院の基本構成の検討

ユニット化する躯体の基本寸法は、図5に示すように、幅3400mm x 奥行き6800mm x 高さ3500mmとする。

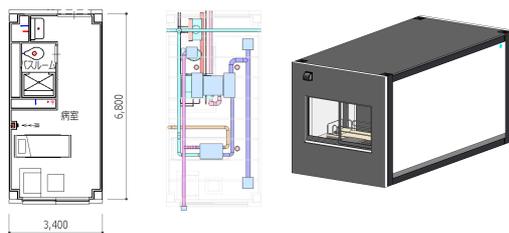


図5 躯体モデル外観 躯体寸法平面図

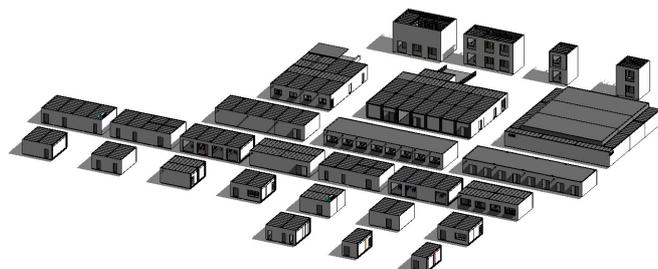


図6 ゾーンモデルによるユニットのカタログ化

この躯体に、工場で外装材・内装材・設備等が取り付けられ作成される。このユニットを1モジュールとして、組み合わせ、様々な諸室を作成する。BIMモデルをユニット化する手法として、「グループ化」を採用した。各ユニットへは、内外装材、設備を入力した。

7. 設計-製作-施工、サプライチェーンの自動化

敷地へ棟の配置、ユニットと設備のインフラとなるセンターコリドーの接続等は図7に示すようなプログラミングで自動化した。

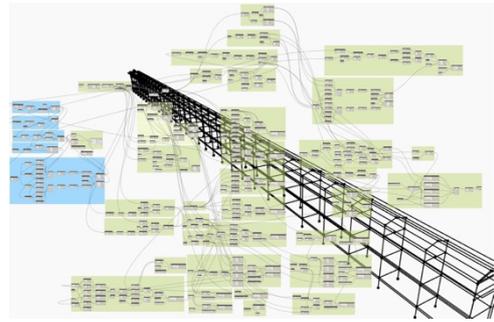


図7 プログラミングによるセンターコリドー作成

8. 研究の成果

本研究では、わが国建築界の設計、施工の要素技術と最新のBIM、DX、サプライチェーンを活用し、標準化設計、省力化施工による「超高速設計施工システムの概念設計」を示した。また、本研究に関連して参加した国際学会や国際会議において、目的や切り口は異なるが、技能者不足、生産性の向上を目指す、国際的な潮流とも課題は共有していることを確認し、国際化するサプライチェーンを通じた競争優位にもつながることがわかった。中長期に予想される国際的な労務不足に対する実質的な解決策としても意味あるものとする。

9. 今後の予定

これを社会的に実装するためには、さらに思考実験や発災時を想定したシミュレーション等の経験を重ねる必要がある。わが国の建設業が保有する要素技術をシステム化し、課題解決に向けて総力を結集する契機としたい。

謝辞

助成いただいた(一財)大成学術財団、調査にご協力いただいた皆様、学生諸君に感謝の意を表します。

主な参考文献

- 1) Kazuyoshi Endo, Thomas Bock, Thomas Linner, Rapid Return on Investment by Innovative Methods in Construction Visualized by Cash Flow Model, Proceedings pp 121-131, Creative Construction Conference 2013 in Budapest, HUNGARY, 6-9 July, 2013
- 2) 安藤正雄、多工区同期化工法に関する研究、日本建築学会大会学術講演梗概集 pp475-476、1983
- 3) 安藤正雄他、オフサイト・コンストラクションへと向かう英国建築産業政策の分析 Offsite Construction, MMC, Platform for DfMA に関する政策一次資料を中心に、日本建築学会 第38回建築生産シンポジウム論文集、pp102-104、2023年8月

*工学院大学建築学部建築学科 教授

**工学院大学建築学部建築学科 非常勤講師

* Professor, School of Architecture, Kogakuin University

** Part-time lecturer, School of Architecture, Kogakuin University