

建築生産システムの単純化と高度化 という二つの潮流

早稲田大学 理工学術院創造理工学部建築学科 准教授 石田 航星

1 はじめに

今回のハンガリーでの調査においては、ハンガリーにおける建築プロジェクトのヒアリングや工事現場の見学、Archicadの開発ベンダーであるGraphisoftの訪問をした。加えて、東欧の研究者を中心として開催される国際学会であるCreative Construction Conference（以下、「CCC」という）へ参加した。この訪問を通じて、日本の建築産業との違い、特に工程計画に対する考え方の違いを感じた。ハンガリーにおける建築工事では非常にシンプルな工程を採用しており、これが部材の大型化や建設機械の導入に貢献していると筆者は考えた。一方、CCCではBIMやDfMA（Design for Manufacture and Assembly）を始めとした建設産業の高度化に関して盛んに研究が実施されていた。我が国における建築生産の効率化において非常に示唆に富む内容であり、この両者について紹介し、考察を行いたい。

以下に本稿で述べる要点を示す。

- (1) 省人化施工のための部材や建設機械の大型化において専門工事会社に仕事の権限を付与し、シンプルな工程にすることの重要性
- (2) 日本の建設産業が追求してきた生産方式に類似する建築生産システムの高度化について国際会議において注目されており、技術開発分野では工業化工法を追求する潮流が存在すること

2 ハンガリーにおける物価

本題に入る前にハンガリーにおける物価を紹介する。筆者が滞在した首都であるブダペストはビッグマックセットが1,400フォリントで588円（2023/7/1時点で1フォリント=0.42円）、トラムの30minute ticketが530フォリントであり、訪問時の物価としては日本の東京と同等か少し安いぐらいの感覚である。なお、滞在先の近くに不動産仲介の店舗があり、掲示を見る限り、2ベッドルームや3ベッドルームの中古住宅が3,000万フォリント～9,000万フォリントで取引されていた。



写真1 ブダペストの住宅売買の広告

3 ハンガリーにおける建築プロジェクトの形態

ハンガリーにおける建築プロジェクトの形態についても現地でも訪問した日系ゼネコンへのヒアリ

ングを基に簡単に解説する。ハンガリーではオルバン政権の政策により、工場建設時に事業費に対して補助金が政府より供出されることもあり、外資系企業の工場建設が盛んに行われていた。ハンガリーにおける建築プロジェクトでは①設計施工分離型、②設計施工分離型（+ファストトラック）が主流である。基本的には日本の設計施工分離方式に相当する方法が一般的で、設計施工一貫方式をとることは日系ゼネコンくらいのことだった。一方で工期とコストが早期に決定できる設計施工一貫方式を評価する欧州やアジアのグローバル企業も多く存在しているとの説明を受けた。

4 ハンガリーにおける工程計画の特徴

ハンガリーにおける建築プロジェクトと日本の建築プロジェクトの大きな違いとして、躯体、設備、内装など各領域に専門工事事業が存在し、この1次下請けに相当する専門工事事業が任せられた領域の範囲内の工事に関する全責任を持ち、賠償責任も負うという点にある。そのため、元請けとなるゼネコン側は建築プロジェクト全体のマネジメントに徹していた。また、日本国内での総合仮設計画に相当する行為が元請け側に存在せず、クレーンや足場などの仮設資材は専門工事事業が用意することが一般的であった。

写真2はブダペスト市内での工事の状況である。ここにあるようなとんぼクレーンも専門工事事業が用意し、自分の担当工事が完了すると撤収し、次に工事現場に来る専門工事事業が同様の装置を必要とする場合は、次の専門工事事業が自前



写真2 ブダペスト市内での工事の例

で用意し再度、設置する方法をとっていた。

このように、仮設物や建設機械の用意が専門工事事業側に存在するハンガリーにおいては、工事現場には一つの専門工事事業だけが存在するような工程を組むことが多い。つまり、図1上段に示すような一つの工事が完了するまで、次の工種の工事を始めない方法が採用されていた。これは図1下段に示すような日本でよく行われる複数工種を並行的に導入する工程と対局をなす方法である。

工種毎の直列的な工程を採用するハンガリーでは躯体が完成後に次の工種が参加することになる。写真3はブダペスト市内でのRC工事が完了した様子である。躯体工事が完了後、窓が養生シートで仮止めされ、足場なども解体作業が行われていた。たまたま通りかかった工事なので詳細に確認したわけではないが、工種毎に工事を完了させる状況を象徴する状況だと感じた。

このように、躯体工事は躯体工事を行う専門工事事業の責任により工事が実施され、ゼネコンと

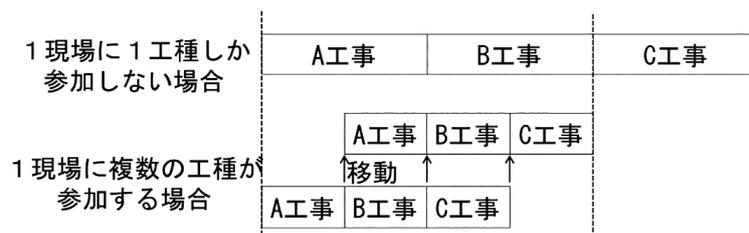


図1 ハンガリーと日本の工程計画の違い

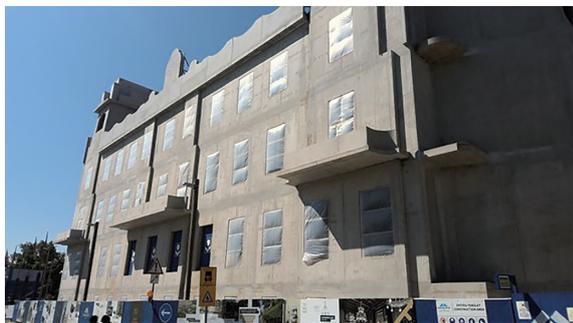


写真3 ブダペスト市内での躯体工事の例

の契約にある期日までに所管の箇所を完成させる方法がとられていた。

このほかに、ハンガリーでの新築工事における特徴として、建築部材の一つひとつのサイズがかなり大きいこと、建設機械も大型の機械が広く使われている点がある。写真4はブダペスト郊外での工場建設の例である。プレキャストコンクリート造の躯体工事が完了した状態であるが、一つひとつの部材が非常に大型であることが確認できる。

このほか、ヒアリングによれば、写真5に示す Concrete Laser Screed Machineと呼ばれるコン



写真4 ブダペスト郊外でのPCa造の工事現場



写真5 自動床均し工事で用いられる大型の建設機械

クリート工事の効率化を図る機械が導入されていた。

そのほか、以下にハンガリーの建設工事で用いられる建設機械の例を示す。写真6は基礎工事で用いられる大型の建設機械の例を、写真7には外装工事に用いられる高所作業車を示す。

なお、前述のようにハンガリーにおいては、工事現場では工事に用いる機器を専門工事が用意する方法をとり、かつ1工種ずつ工事を行う方法がとられていた。このような方法をとることは、建設機械の大型化や大型機械の導入におけるメリットが存在すると考えられる。

以下にそのメリットを列挙する。

- (1) 部材の大型化やユニット化、大型の建設機械の導入などの工数を削減する動機が専門工事に発生する。



写真6 基礎工事で用いられる大型の建設機械



写真7 大型の高所作業車

- (2) 部材の大型化や工事の機械化による特定工種の作業期間の短縮が全体工期の短縮にも反映される。

上記のメリットのうち、二つ目に掲げた内容については少し解説が必要となる。

図2に図1のA工事の作業時間が半減した場合に関する例を示す。一つの現場に一つの工種しか参加しない場合の工程では、A工事の作業時間の短縮がそのまま建築プロジェクト全体の工期短縮

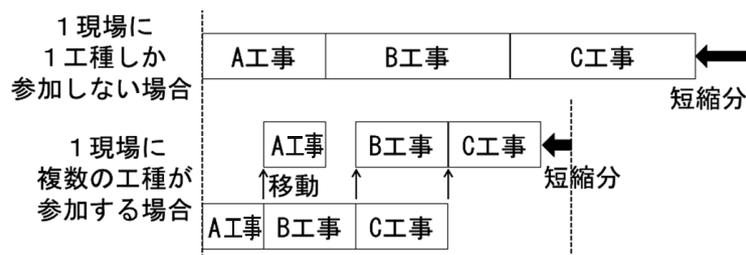


図2 特定工種の作業時間の短縮効果

に繋がる。この場合、専門工事会社、元請け、発注者の三者全体にメリットが共有される。一方で一つの現場に複数の工種が並列的に参加する場合、A工事の作業時間の短縮分は、タクト工程として平行する作業の数の分だけ、工期の短縮効果が減少する。A工事が早く終わった場合、後続のB工事の作業時間が変わらないと、B工事の担当チームが次の担当工区に移動するまでの間に、空き時間が発生してしまうことになる。この場合、作業時間の短縮のメリットが建築プロジェクト参加者に共有されないこととなる。

もともとの工期の長さや前提となる条件が大きく異なるものの、ハンガリーで実施されている建築プロジェクトの運営手法は、建設ロボットの導入などにおいて重要な示唆を含む方法であると感じた。

5 ハンガリーにおける工業化工法

Creative Construction Conferenceの基調講演においては、BIMの高度化やシンガポールにおけるDfMAの取組み、藤本壮介氏によるHouse of Hungarian Musicの施工プロセスの解説が行われた。

このような多彩な基調講演の中で特に印象的だったのは、BuildabilityやDfMAに関する講演である。DfMAは本誌においても度々取り上げられている概念である。これら基調講演に対して、旧共産圏からの参加者が多かったこともあり、旧共産圏諸国で生産された工業化住宅と関連させた質問が飛び交った。

旧ソビエト連邦における工業化住宅はしばしば「フルシチョフカ」と呼ばれる。このような工業化住宅は他の旧共産圏諸国でも生産され、ハンガリーにおいてもPanelház（写真8）と呼ばれる生産効率を高めた集合住宅が開発されている。

ブダペスト郊外において、今も多くのPanelházが残っている。このPanelházはブダペスト周辺にある四つ¹の住宅工場（Former housing factories：Volt magyarországi házgyárak）で生産され、第1工場では年間1,800～3,300戸¹の住宅が生産されていた。このような工業化された住宅は、戦後の住宅難を解決する手段として大きく貢献したが、近年は老朽化してきており、Panelprogram²と呼ばれる取組みにより、高断熱化、省エネ化、近代化に関する改修が行われている。

なお、Panelházで使われている構法は、考えとしては日本のPCa化された壁式RC造に類似性がある構法となっている。そのため、日本住宅公団を始めとした工業化された集合住宅の経験と類似性が感じられた。

このような工業化住宅に関する技術開発の経験を有する東欧の国々からの参加者からは、意欲的な技術開発への賛辞を述べた上で、建築生産シス

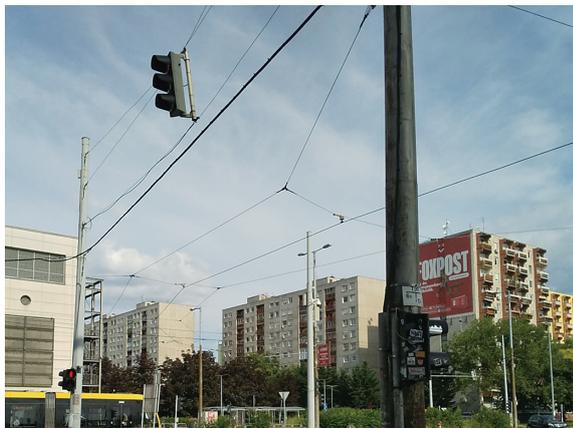


写真8 Panelházと呼ばれるブダペストの集合住宅群

1 これらブダペスト周縁の四つの工場は第43州建設会社：43. Sz. Állami Építőipari Vállalat（ÁÉV）の支配下にあり、最大の第3工場では年間3,600-4,200戸の住宅が供給されていた。

テムが高度化することでの参加できる施工者の減少、老朽化に対する対策や、経済自由化後の市場競争下での陳腐化への対策など、含蓄を含む質問も投げかけられていた。

6 BuildabilityとBuildable Design Appraisal System

CCCにおいても注目されていたシンガポールにおける工業化された建築生産方式の評価であるBuildabilityは我が国でも注目される指標である。

ただ、シンガポール政府におけるBuildabilityの評価方法は、80年代末に日本で盛んに考案された合理化工法の評価方法の影響を幾分か受けたものである。

Buildabilityに関する解説を行うシンガポール建設庁発行（Building and Construction Authority）のCODE OF PRACTICE ON Buildability³には、The Buildable Design Appraisal Systemに関する解説があり、ここに日本の建築生産システムとの関係が記載されている。以下に抜粋する。

“The concern for buildability, or the need to integrate design with construction, has also been taken up in developed countries. In Japan, this integration is maximised as most projects proceed on a design-and-build basis.

Major Japanese contractors such as Takenaka Corporation, Taisei Corporation and Kajima Corporation have developed their own in-house buildability appraisal systems. BCA's Buildable Design Appraisal System is modelled after Takenaka's system.”

筆者訳：Buildabilityへの関心、つまり設計と施工の統合の必要性は、先進国でも取り上げられている。日本においても、この統合は、デザイン・ビルド方式を基として、ほとんどのプロジェクトにおいて最大限

活用されている。竹中工務店、大成建設、鹿島建設などの日本の主要な建設会社は、Buildabilityに関する独自の社内評価システムを保有している。シンガポール建設庁のBuildable Design Appraisal Systemは竹中工務店のシステムをモデルにしている。

この竹中工務店が独自に作成した社内評価システムが何を指すかは、シンガポール建設庁発行の資料に記載はないが、「複合化工法」を指す²と考えられる。

複合化工法に関する資料の中には、各工事における複合化工法の導入の度合いを工事毎に評価する方法が存在していた。複合化の度合いの計算はやや複雑な式となっていたが、主に三つの項目から成り立っており、以下の計算式のような合計点で計算されていた。

複合化の度合い=
 外壁における合理化工法の適用得点
 +床板における合理化工法の適用得点
 +複合化工法の採用件数に関する得点

また上記の複合化率の計算式を基に、支店毎の複合化工事比率も計算されていた。

このような複合化率の考えは、現在のBuildabilityの評価にも反映されていると考えられる。例えばB-Score (Buildable Design Score)の評価式は以下の式となっている。

B-Score=
 Buildable Design Score of Structural System (including Roof System)
 +Buildable Design Score of Wall System
 +Buildable Design Score of DfMA Technologies

2 複合化工法という用語に関する文献がCinii等を通じて閲覧できなかつたが、Web上で閲覧できるものを発見できなかった。ただ、筆者が竹中工務店の関係者から複合化工法に関する資料が存在することを確認し、保管されていた当該ページの内容を目視で確認した。

竹中工務店で用いられた複合化率では、「壁の複合化率」「床の複合化率」「複合化構法の採用数」の三つの合計点で構成される一方で、B-Scoreでは「躯体の作りやすさ」「壁の作りやすさ」「DfMA技術のスコア」の三つの合計点で構成されており、多少の類似性のある計算方法となっている。

このように、シンガポール政府を始めとした建築生産システムの高度化の流れは日本でも長年にわたり取り組まれてきた方法論であり、多くの研究者の支持を受けた方式であると感じた。

7 おわりに

このように、建築生産システムの高度化を図る仕組みも、国際的には広く行われている。ここで紹介したように、日本の建設業界が長く実施してきた方法や、旧共産圏で盛んに実施されてきた工業化住宅に関する技術を、BIMと組み合わせる最先端の技術にブラッシュアップする古くて新しい技術が多いのも事実である。

日本の建築産業がこれまで実施してきた建築生産システムの高度化に関する技術開発は、今後も重要な技術として活躍することが期待でき、継続的な研究開発が重要となる。

一方で東欧で実施されているように、汎用的な建築物については、シンプルな設計や工程を積極的に採用し、部材や機械の大型化を図る方法も有力な方法であると感じた。

(参考文献)

- 1) Kerekes Dóra: A 43. Sz. ÁEV 3. Sz. Házgyára (The System Building Factory in Dunakeszi), Dunakeszi története II. 1910-2017., pp.549-560, 2018
- 2) Panelprogram: <https://hu.wikipedia.org/wiki/PanelprogPan>, 2023/11/27閲覧
- 3) Building and Construction Authority: CODE OF PRACTICE ON Buildability, 2023/11/27閲覧