

鉄骨製作実プロジェクトデータを用いた ネットワーク型工程シミュレーションの試み Trial of Network-type Process Simulation Using Actual Steel Frame Manufacturing Project Data

○古川 暁*1, 吉田 知洋*2, 紀乃元*3, 角田恒夫*4, 古阪秀三*5

Satoru FURUKAWA*1, Tomohiro YOSHIDA*2, Chi NAIYUAN*3, Tsuneco KAKUTA*4, Shuzo FURUSAKA*5

*1 M.C.S. STEEL PUBLIC COMPANY LIMITED

*2 鹿島建設株式会社

Kajima Corporation

*3 M.C.S. STEEL PUBLIC COMPANY LIMITED 会長 博士 (工)

Executive president M.C.S. STEEL PUBLIC COMPANY LIMITED, Dr. Eng.

*4 M.C.S. STEEL PUBLIC COMPANY LIMITED M.C.S. STEEL PUBLIC COMPANY LIMITED

*5 立命館大学 OIC 総合研究機構 グローバル MOT 研究センター客員研究員.

Visiting Researcher, Open Innovation & Collaboration Research Organization Global Management of Technology Center, Ritsumeikan University, Dr. Eng.

キーワード : 建築鉄骨; 生産管理システム; 設計意思決定; 実プロジェクト情報; 工程シミュレーション

Keywords: Architectural steel; Production management system; Design decision making

Actual project information; Process simulation.

1. はじめに

鉄骨建築は高い耐震性が要求される日本において、大規模な建築物を作る場合にしばしば選ばれる主要な構造である。建築鉄骨には様々な機器設備・昇降設備・内外装仕上げ材・建具・仮設資機材などが取り付けられる。また、杭・地中スラブ等の基礎構造との一体性も求められる。この為、建築鉄骨の詳細に関する設計意思決定には、様々な専門工事業者との間で情報交換と調整を行う必要がある。

鉄骨ファブリケータは建設プロジェクトの早い段階で設計図書を提示され見積・契約を行うが、この時点で決定しているのは建物構造のアウトラインと物量であり、実際の鉄骨詳細情報は建築現場が立ち上がり基礎調査が進められ、各専門工事業者が選定され、施工計画が検討される中で決定されていく。建設プロジェクトが進行する中で何か不具合や想定外の事態が起こった場合、あるいはプロジェクトのマネジメントに問題がある場合には、そういった設計意思決定が遅れたり変更が多発したりすることが考えられる。

設計意思決定の遅れは生産の現場を混乱させ工期・価格・品質への悪影響を生じる事は予想できるが、どの意思決定を優先すればよいのか、また何をいつまでに決めれば酔うのか、決定が遅れた場合に生じる影響の大きさ

などを判断する為の明確な基準はない。

本研究の目的は、建築鉄骨製作に関わる設計意思決定のタイミングと所要期間、およびその決定が製作に及ぼす影響を合理的に判断できる仕組みを構築することである。

2. 研究の方法

2.1. 実データの分析

筆者らはこれまでの報告で、建築鉄骨製作に関わる業務プロセスを WBS (Work Breakdown Structure) によって分析し、業務プロセス間の依存関係と主な実行者を特定した。この中で特に設計意思決定プロセスと製作プロセスのタイミングおよび所要日数がわかれば、現実的な工程シミュレーションが可能になる。

この為、筆者らは実在の鉄骨ファブリケータで実際に進行中の建設プロジェクトのデータを分析し、それぞれの設計意思決定が何時行われたのか、またそれによって影響を受ける製作業務の実行時期と期間を調査している。前回の報告¹⁵⁾では、基準階の代表的な節・部位として7節の大梁を対象として、鉄骨詳細図の発行日(設計意思決定の日)と、修正図面が多い製品についてその理由(設計意思決定の遅れの原因)を分析した。その結果、耐震ブレース基部、タワークレーン基部、斜め梁の外壁ファスナー・デッキ受けなどで、修正が多発していることが

分かった。

前回の報告では全体スケジュール・構造図履歴・鉄骨詳細図履歴を分析したが、詳細図の分析は7節大梁の一部までであった。現在筆者らは、以下に挙げる主な設計意思決定項目とそれが行われるタイミングに注目し、複数節の節の主要部材（大梁・支柱・小梁・間柱など）を分析している。

- ① 工区割り（全体の作業ボリューム、見積りに必要）
- ② 主材の材質・断面・長さや建物レイアウト（材料発注に必要）
- ③ 耐震ダンパー、ブレース等の仕様（梁補強部の寸法・構造決定に必要）
- ④ 設備業者選定（機器架台など付帯金物の仕様がメーカーごとに異なる）
- ⑤ 階段・EVなど昇降施設の業者選定（階段・EVなどのフレーム・金物の形状・仕様決定に必要）
- ⑥ 外装業者選定（PCファスナー・母屋など外装金物の仕様決定に必要）
- ⑦ 仮設・楊重計画策定（仮設関係付帯金物詳細・デッキ割り付け・タワークレーン基部仕様などの決定に必要）
- ⑧ 防火計画及び意匠設計（塗装、メッキ、耐火被覆等の範囲を鉄骨詳細図に反映）

これらの意思決定と鉄骨製作業務実施のタイミングの関係、及び各プロセスの所要日数を明らかにする事で、工程シミュレーションに必要なプロセス間の前後関係と個々の作業期間を把握する事が期待される。

2.2. ネットワーク工程シミュレーション

ここまでの研究で分かった鉄骨製作のネットワーク工程モデルを Excel 上に表現する事により、簡易的な工程シミュレーションを行うことが可能である。前回の報告¹⁾で述べたように、ネットワーク工程モデルは対象とするプロジェクトの業務プロセスを前後関係のネットワークで結んだもので、それぞれの業務プロセスには作業日数（Duration）がある。

また、業務プロセスの開始時期・終了時期は二つある。一つ目は最早開始日（Earliest Start Time）・最早終了日（Earliest Finish Time）であり、これは「最短で何時迄に完了可能か？」であり、プロジェクトの開始日を起点にしてそれぞれのプロセスの作業期間を積み上げていくことで計算できる。

これに対して最遅開始日（Latest Start Time）・最遅完了日（Latest Finish Time）は、「何時迄に完了しなければならないか？」で、プロジェクトの完了指定日を起点に、それぞれのプロセスの作業期間を逆算していくことで計算できる。

現在の課題は、実プロジェクトの記録データから実際

にそれぞれの業務プロセス完遂に要した作業期間を求め、これをシミュレーションモデルに当てはめる事でネットワーク工程シミュレーション手法の妥当性を検証する事である。

3. ネットワーク工程モデルへの適用

今回の報告では、ネットワーク工程モデルとデータの妥当性を確認する為、Excel による簡易シミュレーションを試みた。以前の報告²⁾で詳細な業務フローを提案したが、これは項目数が多く、また前後関係を示すフロー矢印の分岐・合流が多い。分岐・合流が多ければ Excel 上での入力が煩雑で誤入力も起こしやすくなり、モデルとデータの概要を把握するには複雑すぎるため簡略化を行った。

図1に鉄骨製作の業務プロセスの流れを示す。これは Excel でのシミュレーションがやり易い様に項目を整理して全体が A4 一枚に収まる程度にした。

図2にネットワーク工程シミュレーションの結果（一部分）を示す。本来のネットワーク工程シミュレーションは矢印（業務プロセス）とノード（業務プロセスの始点・終点、合流・分岐にも用いる）を別けるが、今回は表を簡略化のため業務プロセスを表にまとめ、一行の中に次業務プロセスの番号を記した。

4. 結果

今回の検討では、各業務プロセスの作業日数を推定する事が目的なので LST・LFT のみを計算した。鉄骨製作の完了日（製品検査日）から逆算した業務実施時期は図2の灰色（■）部分である。一方四角形（□）で囲んだ範囲は、ファブリケータの実作業記録からわかる業務実施時期である。各業務の期間（Duration）は推定値である。

5. まとめ

本研究は現在も継続中である。今回は試験的にネットワーク工程シミュレーションを実装し、全ての業務プロセスを入力し関連付けてみた。今後の課題としては以下の事が考えられる。

- ・ LST・LFT のみならず EST・EFT の計算も併せて行い、各業務プロセスの余裕度を明らかにする
- ・ 建物>工区>節>部位（支柱・大梁・壁・床・小梁・間柱など）>製品と言った階層構造をモデルに取り入れる
- ・ 実データの分析および関係者からのヒアリングを進め、より現実に近い作業期間を求める。

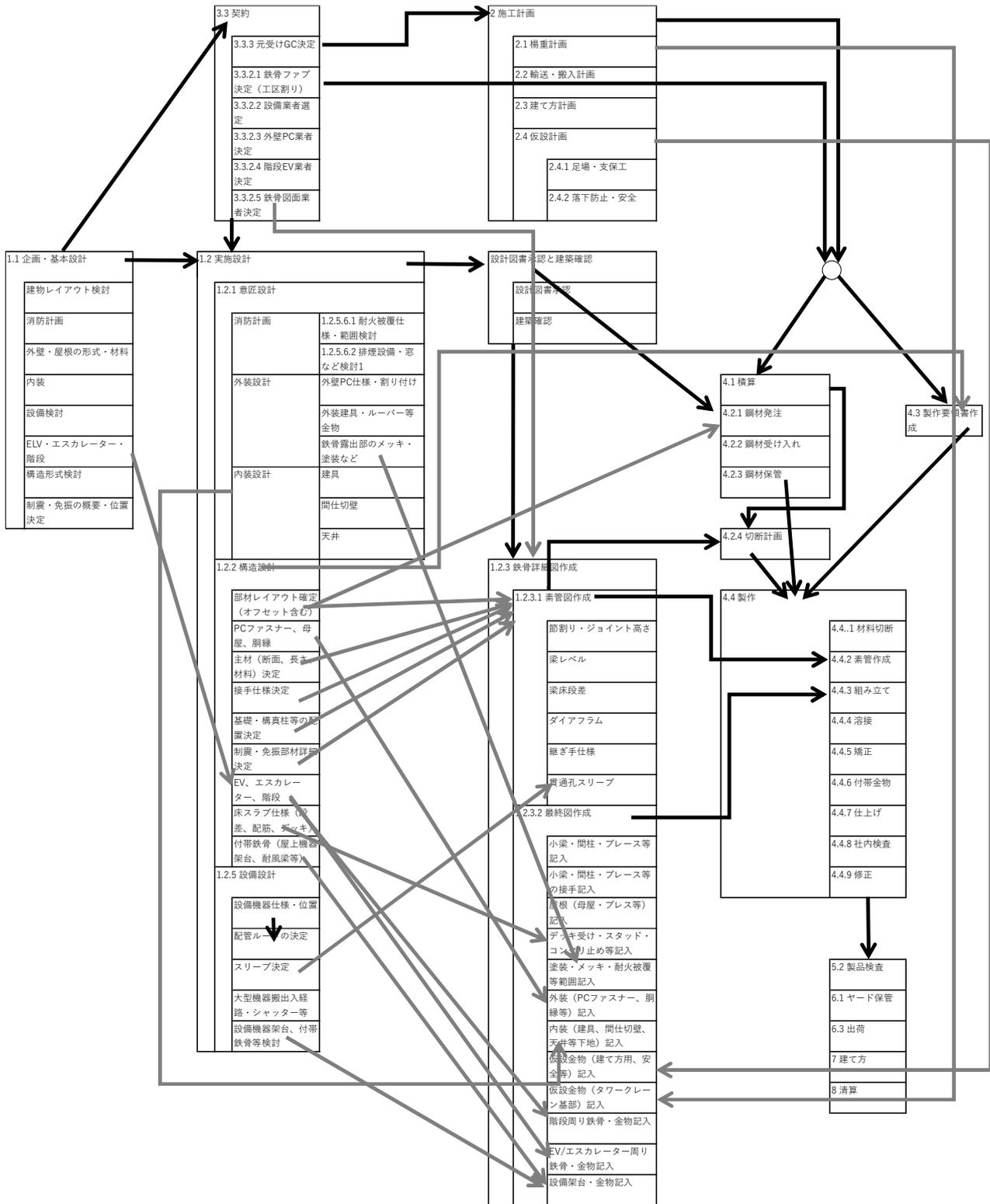


図1 鉄骨製作業務プロセスの流れ（関係線は一部省略）

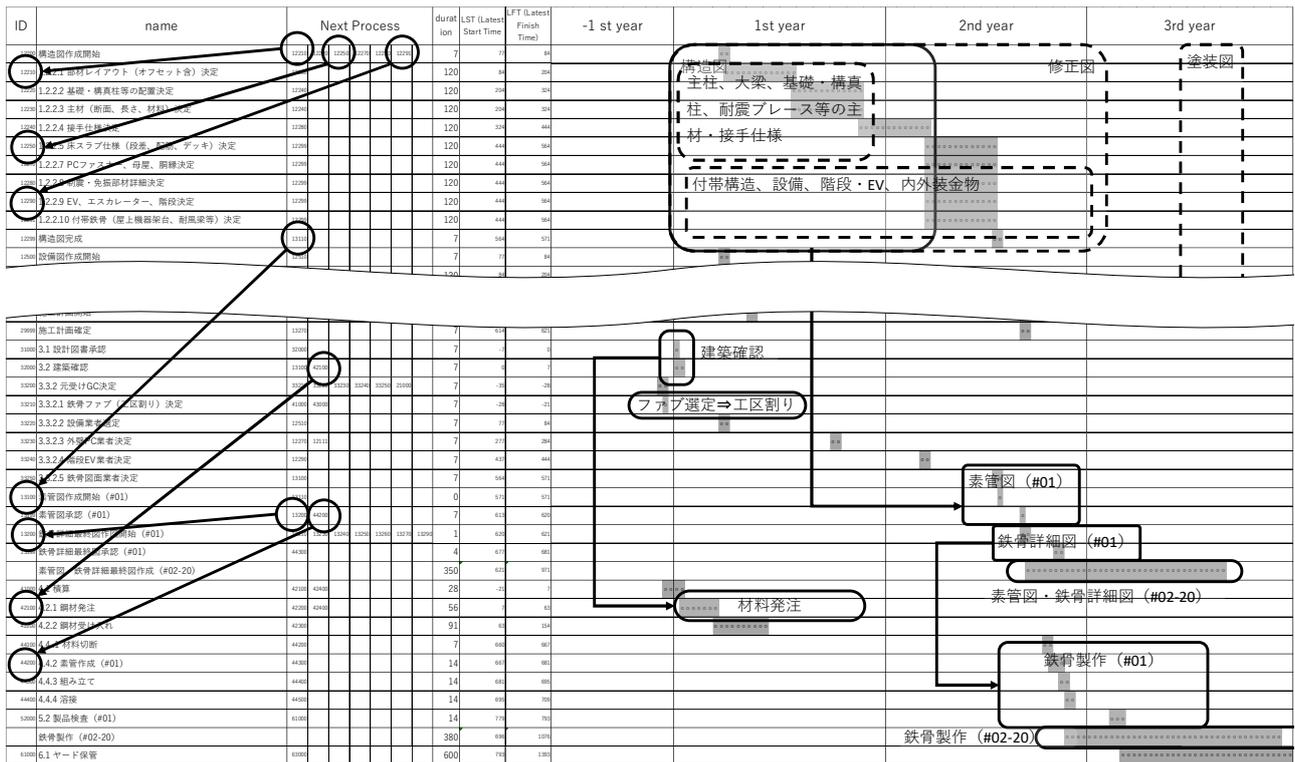


図2 ネットワーク工程シミュレーション (一部分) ■計算値 □実績

[参考文献]

- 1) 田村篤, 藤井寛明, 片田匡貴, 古阪秀三: 建築工事において施工段階に作成される図面の役割-日本の建築生産プロセスに着目して-, 日本建築学会第 31 回建築生産シンポジウム, 2015.7
- 2) 蟹澤宏剛, 安藤正雄, 浦江真人, 北条精志: 鉄骨製作段階における生産設計の実態, 日本建築学会第 10 回 建築生産シンポジウム, 1994
- 3) 蟹澤宏剛, 安藤正雄, 浦江真人, 北条精志: 鉄骨ファブリケータの業務から見た生産設計の実態, 日本建築学会第11回 建築生産シンポジウム, 1995
- 4) 金 貞坤, 紀乃元, 角田 恒男, 古川曉, 古阪秀三: 設計変更に対する鉄骨ファブリケータの意思決定の仕組み, 日本建築学会計画系論文集, 第 77 巻, 第 681 号, pp2611-2618, 2012.11
- 5) 金 貞坤, 紀乃元, 角田 恒男, 古川 曉, 古阪 秀三: 鉄骨工事における生産変更の発生要因と鉄骨ファブの対応, 日本建築学会建築社会システム委員会, 第 27 回建築生産シンポジウム論文集, pp213-218, 東京, 2011.7
- 6) 古川曉, 紀乃元, 角田恒男, 古阪: 鉄骨生産管理システムを用いた製作リードタイムと不良率の分析, 日本建築学会第 32 回建築生産シンポジウム, 2016.7
- 7) The management of projects : Peter W.G.Morris, Thomas Telford Services Ltd, pp262-269, 1994
- 8) 吉田知洋, 古川曉, 紀乃元, 角田恒男, 岡本裕之, 古阪秀三: 鉄骨生産プロセスの WBS による記述とネットワーク手法による鉄骨生産プロセスの最適化, 日本建築学会第 35 回建築生産シンポジウム, pp161-166 (図 5), 2019.7
- 9) 古川曉, 吉田知洋, 紀乃元, 角田恒男, 岡本裕之, 古阪秀三: 鉄骨生産プロセスの WBS による記述と, その活用による生産リードタイムと鉄骨製品品質の関係の検討, 日本建築学会第 35 回建築生産シンポジウム, pp167-172, 2019.

- 10) 古川 曉, 吉田 知洋, 紀乃元, 角田 恒男, 岡本 裕之, 古阪 秀三: 鉄骨生産プロセスに於ける設計意思決定過程の分析と実態調査, 日本建築学会第 42 回情報・システム・利用・技術シンポジウム, pp338-341, 2019.
- 11) Satoru Furukawa, Tomohiro Yoshida, Naiyuan Chi, Hiroyuki Okamoto and Shuzo Furusaka: Analysis and survey of design decision making process in steel production process, ICCEPM 2020 (The 8th International Conference on Construction Engineering and Project Management) Dec. 7-8, 2020, Hong Kong
- 12) 古川 曉, 吉田 知洋, 紀乃元, 岡本 裕之, 古阪 秀三: 実プロジェクト情報を用いた鉄骨設計意思決定タイミングの分析, 日本建築学会第 43 回情報・システム・利用技術シンポジウム, pp244-247, 2020.12
- 13) 古川曉, 吉田 知洋, 紀乃元, 岡本裕之, 古阪秀三: 鉄骨生産プロセスにおける意思決定過程の分析と工程計画モデルの検討, 日本建築学会第 44 回情報・システム・利用技術シンポジウム, 2021
- 14) “ネットワークによる工程の計画と管理”の指針 同開設, 日本建築学会, 1968年9月10日
- 15) 構造図・鉄骨詳細図の履歴データ分析による設計意思決定過程の調査-ネットワークモデルによる表現への検討にむけて-, _第37回建築生産シンポジウム, pp175-180, 2022.8