

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

Analysis of Decision-Making Process in Steel Production Process and Examination of Process Planning Model

○古川 暁*, 吉田 知洋*2、紀乃元*3、岡本裕之*4、古阪秀三*5

Satoru FURUKAWA*1, Tomohiro YOSHIDA*2, Chi NAIYUAN*3, Noriyuki OKAMOTO*4,
Shuzo FURUSAKA*5

*1 株式会社美浜スチールロジスティクス IT 担当

Person in charge of IT, Mihama Steel Logistics Co. LTD

*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 客員教授 工学博士

Visiting Professor, 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

Keywords: Building steel frame, Production management system, Design decision making process, Actual project data.

1. 研究の背景と目的

建築鉄骨は建築物の主要な構造材であると同時に、様々な機器、設備、昇降機器・設備（階段・ELV）、内外壁、仕上げ材、さらには仮設機材などが取り付けられる。このため、鉄骨の設計意思決定には発注者・設計者・元請 GC および様々な分野の専門工事業者との情報交換と調整が必要である。

専門工事業者は設計図書に示された仕様に基づいて見積り・契約を行い、工事を実施する。本来、契約時点で詳細が決定されていない事項は全て追加・変更工事であり、個別に見積り・工期調整を行い、合意・契約の後実施される。しかし現実には、地盤や周辺道路など現場毎に異なる条件、プロジェクト毎に異なる設計ディテール（例：鉄骨接合部）、専門工事業者毎に異なるノウハウ・能力・使用機材など、建築工事が開始されてから詳細が明らかになる事も多い。このため、設計意思決定の多くが建築工事の進捗に伴って詳細化し確定していくのが現実である。

建築鉄骨の製作においては設計から施工（鉄骨製作）に至る様々な段階で製品の仕様・材料・形状・加工法・検査方法等が検討される。これら設計意思決定（いわゆるモノ決め）は上流工程の企画～設計段階で早期に行われることが望ましいが、実際には一部の決定は前述のような原因により、鉄骨詳細図作成・原寸・材料調達・鉄

骨製作の時期にまでずれ込む事も多い。

設計意思決定の遅れは、工期・価格の変動リスク増大および製品品質への悪影響を生じる可能性がある。しかし、鉄骨製作に関わる様々な意思決定の中で何が優先すべき事項なのか、何を何時までに決めれば良いのか、決定が遅れた場合の費用・工期・品質への影響はどの程度なのか、これらに関しては明確な判断基準がない。

本研究の目的は建築鉄骨の製作業務に係る設計意思決定から製作開始までの期間がどの程度必要か、それらが遅れた場合の工程・品質への様な影響が生じるのかを合理的に判断できるようにしくみの構築と有効性を検証する事である。

2. 研究の方法

2.1. これまでの研究

筆者らは、鉄骨製作期間と製品品質の関係に着目して、鉄骨ファブリケータの社内資料を調査し、製作期間（設計情報の確定日から製品検査までの日数）と不良件数（社内検査の不良数）の相関関係を分析した。しかし、この分析では製作期間と不良率の間に明確な相関関係が見られなかった。その原因として、設計情報の確定が主材から付帯金物へと次第に詳細化していく過程を考慮せず、最終図面のタイムスタンプを設計情報確定の日とした事、および品質の尺度として単純な不良件数のみを取

り上げてその不良の内容（部位、コスト・工期・品質への影響）に応じた分類を行っていない事などが考えられる⁹⁾。

そこで筆者らは、設計意思決定～製作～納品～精算に至る鉄骨製作に関わる全業務を分析した。まず業務をWBS（Work Breakdown Structure）に、業務を担う者または組織をOBS（Organization Breakdown Structure）に列挙し、誰が（どこの組織が）どの業務を実施するかと言う関係をRBS（Responsibility Breakdown Structure）にまとめた。さらに、列挙した業務相互の前後関係・依存関係を業務フロー図にまとめた⁹⁾¹⁰⁾。

このフロー図は建築鉄骨の企画・設計～鉄骨詳細図作成～製作～製品検査・建て方までを含む広範なものであるが、筆者らが注目しているのは建築鉄骨の設計に関わる意思決定が何時行われるのか？そして意思決定が遅れた場合に鉄骨製作作業はどのような影響を受けるのか？である。このため筆者らは実際の鉄骨ファブリーケータの鉄骨製作データを収集し、節毎の素管図配布、最終図配布、素管製作完了、製作完了の時期を分析した。

この結果、基準階では上層に行くほど図面配布から作業までの準備期間が短くなる事、構造上の特徴が変化する層で設計変更・追加作業が多い事、などを確認した。また、素管図受領から最終図受領までの期間は1～2か月程度あるが、素管作成と製作は殆ど連続して行われており、設計情報の確定・受領よりも荷練りや保管場所確保など鉄骨ファブリーケータの工場運用上の都合が制約条件である事が分かった¹¹⁾¹²⁾。

2.2. 今回の報告の位置づけ

これまで筆者らは、まず鉄骨の設計～製作に関わる全ての業務を列挙して業務フローを明らかにし、これに実際の図面受領と鉄骨製作の記録を当てはめてデータの妥当性を検証した。ここまでの分析¹¹⁾¹²⁾は節毎に行ったが、本研究の最終目標は建築鉄骨工事の関係者である発注者・設計者・元請GC・鉄骨ファブリーケータが現実の鉄骨工事の工程管理実務に活用できる様なネットワーク工程モデルを確立する事である。そのためにはより具体的に一つ一つの設計意思決定と鉄骨製作作業の関係を分析・整理しなければならない。

今回の報告では構造図の内容と受領日、個々の鉄骨製品毎の鉄骨詳細図の承認日と変更記録、そして製作作業日（素管製作、組み立て、溶接を完了した日）を分析した。

3. 調査の概要

3.1. 調査対象としたプロジェクト

調査・分析の対象としたのは、タイに本社工場があり中国と日本に拠点を持つ、日本を主なマーケットとする

鉄骨ファブリーケータである（以下、M社と略す）。M社タイ工場（主柱・大梁・耐震ダンパー・ブレースなどビルト材で製作）と中国廈門の工場（小梁・間柱・機器架台など型鋼で製作）で完成した鉄骨製品は現地にて製品受入検査を受け、船便にて日本に運ばれ、日本の拠点では損傷チェック・補修・追加・変更作業などを行い建設現場へ納品される。

今回新たに収集したのは現在進行中の5つのプロジェクトの図面（構造図、鉄骨詳細図）と鉄骨製作管理システムの作業記録（素管製作、組み立て、溶接の完了日時）および設計変更・追加作業指示書である。

今回の報告はこのうちの一つのプロジェクト、地下4階、地上約50階の複合施設（事務所・店舗・ホテル・集会場）の基準階1節の柱・梁のデータを分析した。

3.2. コロナ禍の下での海外生産について

今回の調査は2020年末～2021年初頭に行った。指導・検査を行う人員の国際間移動が制限され現場スケジュールが遅延しがちな中でM社の場合、以下の様な対策を講じていた。

① 先行製作

工場を遊ばせないため、1～2年後に建て方の物件の先行製作を行っている。このためには設計者・GC・鉄骨ファブリーケータの間で以下の様な調整・合意が必要であった。

- 決定の前倒し
- 基準階先行
- 保管中の劣化や設計変更への対応
- 費用面での合意
- 保管場所の確保

② 検査・管理業務のリモート化

ビデオ会議、Zoom等を活用し、設計者・GC・鉄骨ファブリーケータの現地駐在員と日本側担当者が連携して検査・管理業務を行う。また鉄骨ファブリーケータ側の鉄骨製作状況を詳細に把握するため、モバイルカメラ、ドローン撮影の映像などをマルチ画面で見ながらリモート環境で討議している。

4. 分析結果

4.1 構造図

図1に構造図の内容と受領のタイミング（部分）を示す。

青色は見積～契約のための図面で、プロジェクトの鉄骨関連の検討が始まってから構造設計仕様が確定するまでほぼ一年程度かかっている。緑色は材料発注用の図面で、この時点で主材の断面・数量が確定している。その後、鉄骨製作に必要な細部の具体的な形状や処理について黄色の質疑応答図面のやり取りがあり詳細な仕様が確

定する。赤色は構造図確定後の設計変更・追加指示図である。

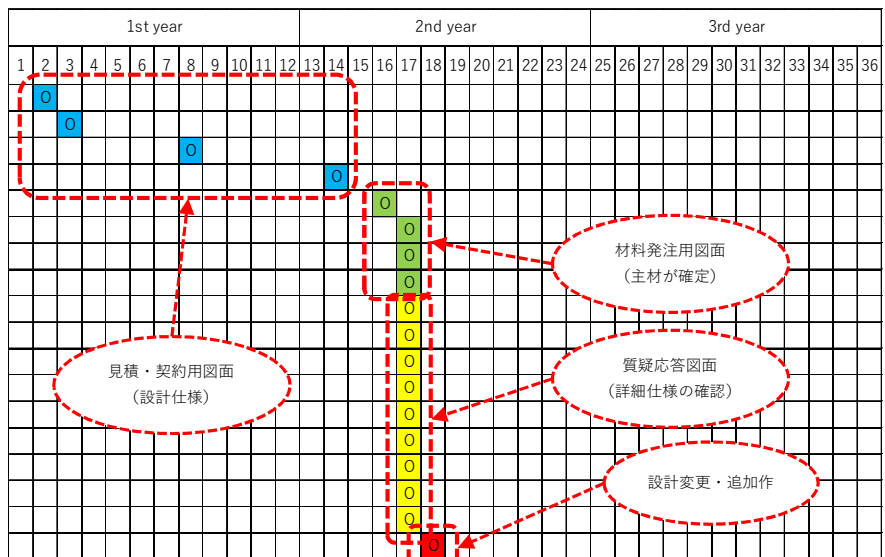
4.2. 鉄骨詳細図

図 2 は鉄骨詳細図承認状況を図化したものである（1節、柱梁の一部）。最初に素管図（B）が承認され、2ヶ月ほど後に最終図（F）が承認されている。最終図は柱・梁など部材毎に一節分を1~2回に纏めて承認されている。最終図承認後に設計変更・追加作業指示を受けたケースがあり、最も多かった製品では9回変更指示

を受けている。

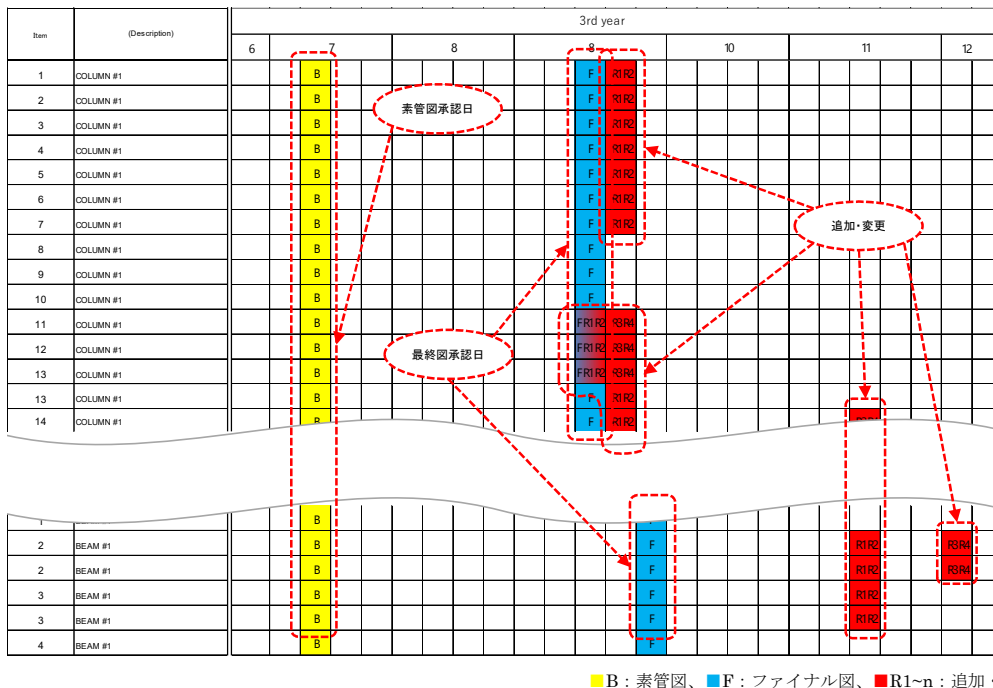
4.3. 製作

図 3 に柱・梁の製作データを示す。このデータは工場の生産管理システムが記録したもので、素管ビルトアップ（B）、組み立て（F）、溶接（W）の各作業が完了すると作業班のリーダーが携帯端末から報告する仕組みである。主材の製作だけでなく、ブラケットなど付属する部品要素の製作作業もすべて記録されているので、1製品につき複数の行（データレコード）となっている。



■ 契約用図面、■ 材料発注用、■ 質疑応答、■ 追加・変更、■ その他

図 1 構造図の内容と受領のタイミング（部分）



■ B: 素管図、■ F: ファイナル図、■ R1~n: 追加・変更指示

図 2 鉄骨詳細図承認状況（1節、柱・梁の一部）

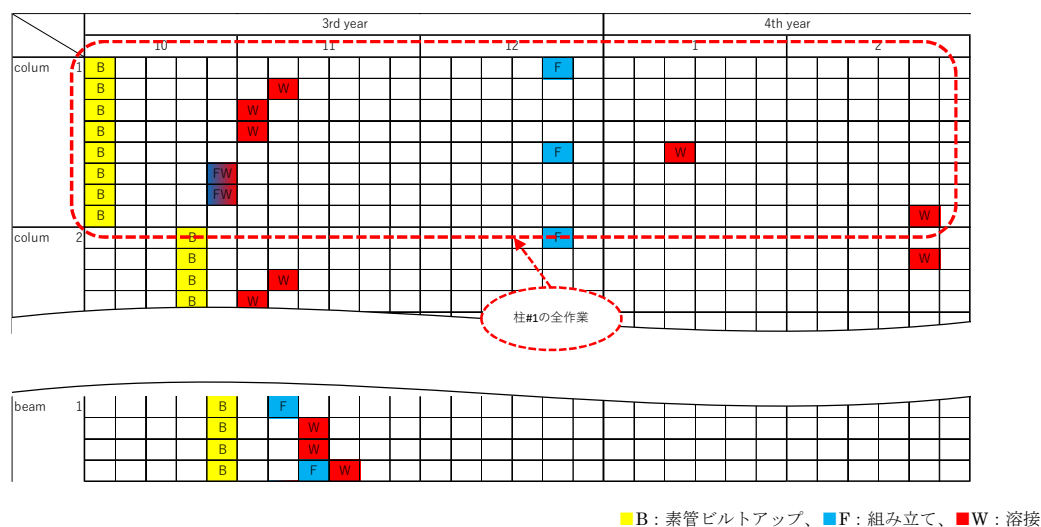


図3 製作実績 (1節、柱の一部)

昨年の報告¹²⁾とは異なり、今回の調査対象プロジェクトでは素管ビルトアップと組み当ての間が2ヶ月程度離れているケースが多い。前述した様に先行製作のための保管場所の確保や計画的な荷繰りを行っているためだと考えられる。

5. まとめ

本研究は現在も継続中であり、今回は経過報告として調査および収集したデータの概要について説明した。

当該のプロジェクトは基準階の設計が先行し、鉄骨ファブリケータへの参加打診から契約まで一年程度、その後半年ほどで構造設計の詳細まで決定した。一方、鉄骨の詳細図作図および製作はコロナ禍の影響もあり遅延気味だが、3年目後半から始まり4年目に至っている。

今後の課題として、それぞれの意思決定がどのような入力情報により行われたのか、そして原因となる出来事はいつ起こったのかを特定し、ネットワーク工程計画モデルの基礎データとしたい。このため、図面、メール交信記録の読解、および関係者へのヒアリングなどを進める必要がある。

【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 暁, 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 暁, 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) 古川暁, 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, 古川暁, 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, 2019.7
- 9) 古川暁, 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 暁, 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 暁, 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