

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 Analysis of design decision making timing in actual project

○古川 暁^{*1}, 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}, Naiyuan Chi^{*3}, Hiroyuki Okamoto^{*3}, and Shuzo Furusaka^{*4}

*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 Stelle 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

*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. はじめに

1.1. 研究の背景と目的

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。それらの意思決定（所謂モノ決め）は上流工程の設計段階で早期に行われることが望ましいが、現実には施工計画の検討や専門工事業者の選定などを経た後で詳細が決定されることも多い。

この理由としては、地盤や周辺道路など現地調査で詳細が明らかになる条件がある事、プロジェクト毎に鉄骨ディテール（特に接合部）が異なる事、ファブ毎にノウハウ・能力・加工機等が異なる事、設備機器や内外装・建具などの取付金物の仕様が専門工事業者毎に異なる事、付帯金物（二次金物）には仮設やクレーン架台など施工計画段階で詳細が定まる物が多い事、などが挙げられる。

本来、専門工事業者は設計図書に示された仕様に基づき見積り・契約を行い業務を実施する。契約時点で詳細が決定されていない場合には工期と価格が変動するリスクが増大し、決定が後送りされて鉄骨製作期間が圧迫されれば製品品質への悪影響が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指標がない。

本研究は建築鉄骨製作業務の各工程、特に意思決定から製作開始までのリードタイムがどの程度必要か、それらの関係がどう変化すれば工程が遅れ（とりわけクリテ

ィカルパスの変化)、鉄骨建方に至るまでの工程にどの様な影響が生じるのかを合理的に判断できるようなくみの構築と有効性を検証することを目的としている。

1.2. これまでの成果

筆者らはまず、鉄骨製作期間と製品品質の關係に着目して、鉄骨ファブ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（社内検査記録の不良数）の相關關係を分析した⁷⁾。しかし、この分析では製作期間と不良率の間に明確な相關關係が見られなかった。この原因として、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もタイムスタンプが新しい図面の日付を設計情報確定の日とした事、及び品質の尺度として不良件数のみを取り上げてその不良の深刻さ（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。

次に筆者らは、鉄骨製作に関わる設計意思決定～製作～納品～精算に至る全業務を分析し、WBS（Work Breakdown Structure）に列挙し、業務を担う者または組織を OBS（Organization Breakdown Structure）及び RBS（Responsibility Breakdown Structure）に、業務相互の前後關係・依存關係を業務フロー図にまとめた¹⁾。

2. 研究の方法

2.1. 今回の調査・分析の範囲

鉄骨製作業務のネットワーク図を Figure 1. に示す。設計や請負契約者選定など上流の業務の中でも鉄骨製作に

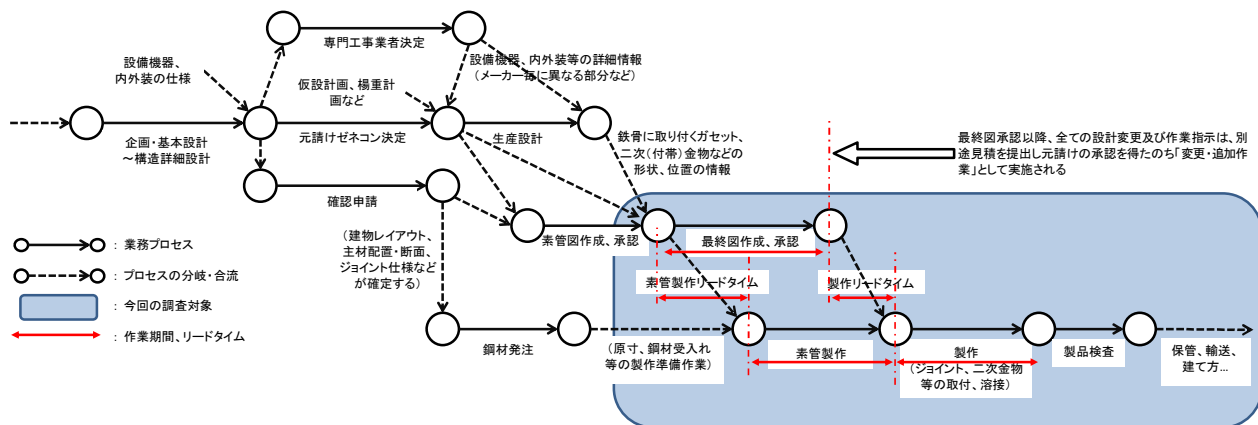


Figure 1. 鉄骨製作の業務ネットワーク図

係る様々な情報が決定されていくが、今回調査・分析を行ったのは図中の灰色で囲った部分、素管図配布開始から鉄骨製品製作完了までの業務である。

2.2. 研究対象としたファブの業務形態

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ち、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社タイ工場では日本・韓国などから輸入した鋼板を用いて支柱・大梁・耐震ダンパー・ブレースなどをビルト材で製作する一方、中国廈門の工場では小梁・間柱・機器架台など型鋼を用いた鉄骨製品を製作する。

それぞれの工場で作成した鉄骨製品は現地にて製品受入検査を受けたのち船便にて日本に運ばれる（タイから日本へは10～14日、中国廈門から日本へは7～10日）。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する。

2.3. 調査内容

本報告の調査対象としたのは階数およそ40階程度（地下部有り）、用途は事務所・ホテル・集会所等、延べ面積36万㎡、設計施工分離のプロジェクトである。

このプロジェクトに関する資料のうち、本報告では以下に示す資料を調査・分析した。

- ① 現場マスター工程、ファブ製作スケジュール（案として現場に提出したもの）
- ② 鉄骨詳細図（全てのファイル）、鉄骨詳細図管理表（ファブ側で受領図面の管理に用いたExcel表）
- ③ ファブ社内の製造管理システムの作業データ
- ⑤ 設計変更及び追加作業指示：

“Inspection List (Addition & Change)”（製品ごとに設計変更履歴を整理したファブ社内資料）

この他、構造図（契約図面）、キックオフ会議資料（ファブ側の作業開始時社内資料）などからプロジェクト概要

を把握した。

3. 分析

3.1. 部材数量および変更・追加作業指示部材の割合

通常、設計変更とは設計者による変更を意味する。しかしM社の場合契約相手は元請けGCであり、指示内容にも施工上の都合によるもの（仮設金物類、小梁払い込み方向など）が多く含まれている。この為、M社では設計変更とGCによる作業指示を区別せず、最終図（承認を受けた鉄骨詳細図）受領以降の全ての設計変更およびGCによる追加作業指示に対して書面（“Design Change List”）を提出し追加費用と作業内容の承認を得たのち作業を行っている。

M社の製造管理システムには組立、溶接、矯正など全ての作業について、製品ID、作業班、日時、変更・追加作業指示書による作業の場合は指示書の番号が記録されている。

Table 1.に梁の製作本数と変更・追加作業指示があった部材の本数を、Table 2.に柱の製作本数および変更・追加作業指示があった部材の本数を示す。

Figure 2.に梁の変更・追加作業指示があった部材の割合を、Figure 3.に柱の変更・追加作業有無の割合を示す。

いずれも中間節（3節～12節）で製品本数が多く、変更・追加作業指示の割合が少ない事、上の節に進むにつれて変更・追加が少なくなる傾向、5節と12節で一時的に変更・追加が増加している事がわかる。

13～14節では梁の本数が大幅に増加しているが変更・追加作業指示があった部材の割合は10%以下である。構造図を見ると調査対象とした建物は13節から上で大きく変化しており、12節以下が大断面・大スパンの梁部材を主に用いているのに対して、13～14節では小断面・短スパンの梁部材を多数用いている事がわかった。

一方14節の柱では変更・追加作業指示があった部材の割合が80%を超えている。ファブ社内記録によると2件

Table 1. 梁製作本数と変更・追加作業があった本数

Beam	変更・追加指示なし	変更・追加指示あり	総計
s01	1	102	103
s02	51	167	218
s03	146	122	268
s04	243	151	394
s05	91	177	268
s06	99	169	268
s07	163	231	394
s08	131	137	268
s09	232	36	268
s10	267	127	394
s11	160	103	263
s12	59	52	111
s13	740	55	795
s14	376	23	399
	2,759	1,652	4,411

Table 2. 柱製作本数と変更・追加変更作業があった本数

Column	変更・追加指示なし	変更・追加指示あり	総計
s01	17	30	47
s02		40	40
s03	2	38	40
s04	21	52	73
s05	10	30	40
s06	11	29	40
s07	48	25	73
s08	22	18	40
s09	29	11	40
s10	56	17	73
s11	55	15	70
s12	18	19	37
s13	104	20	124
s14	17	94	111
	410	438	848

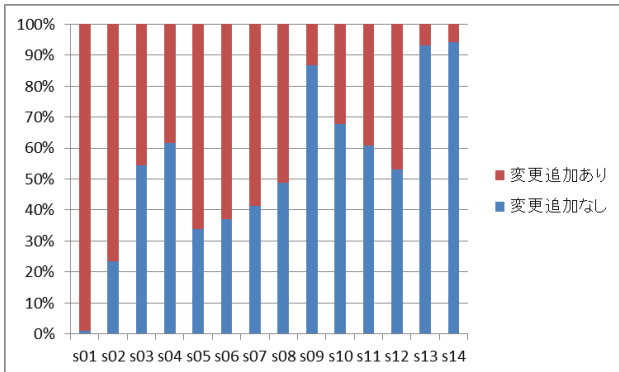


Figure 2. 梁の設計変更・追加作業があった部材の割合

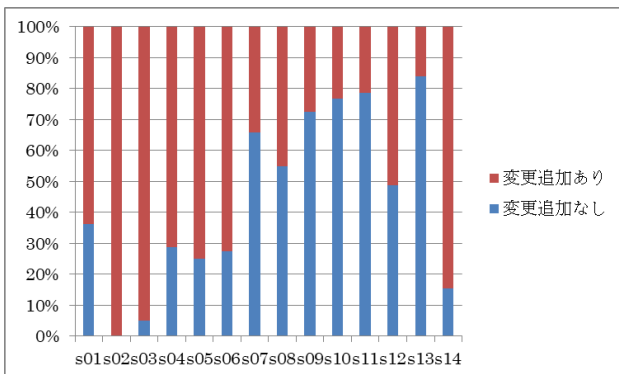


Figure 3. 柱の設計変更・追加変更があった部材の割合

の該当する設計変更・追加作業指示があり、内容は柱頭へのボックス追加および柱頭 PH 接続部の形状変更であった。

3.2. 素管図配布から製作完了までの日数

次に製造管理システムのデータから素管図配布、素管図製作、最終図配布、製作（組立＋溶接）のそれぞれの作業期間（開始日～完了日）を節ごとに分析した。Figure 4. に梁製作の作業期間（実績）を示す。上の節に進むにつれて、作業期間、リードタイム共に短くなっている。

素管図配布完了から素管製作開始までのリードタイムは2～3か月あり、ほとんどの節で素管製作開始と製作（組立＋溶接）開始はほぼ同時期である。素管製作に必要な設計意思決定は素管図配布時に完了しているため、素管の製作を早めることは可能であると思われる。しかし、実際の工場ラインは、材料切断→素管製作→矯正→組立→溶接とつながっているため、素管製作完了の段階で鉄骨製品を工場から保管ヤードに移動する事は、荷繰りの手間・保管場所確保・移動保管中の劣化や損傷を考慮すると必ずしも効率的ではない場合も多い。この事から Figure 4.に見られる素管製作リードタイムは素管製作準備に必要な準備期間よりは長く、工場での作業効率を考慮した結果だと思われる。

各節の作業期間を比較する為、Figure 5.と Figure 6.に梁の各節の素管図配布開始を起点とした作業日数を示した。Figure 5.は素管図配布開始から素管製作完了までの作業日数、Figure 6.は最終図作成開始から製作完了までの作業日数である（最終図作成日数は素管図配布完了から最終図配布開始までとした）。

4. おわりに

筆者らは、建築鉄骨製造における様々な設計意思決定が実際にいつ行われるのか、その後の製作工程にどの程度の日数がかかるのか、をファブリケータが保管している実プロジェクト情報から調査・分析した。この作業は現在も継続中である。

今後の課題としては、より上流の設計意思決定の実態を知る為、設計者や元請け GC からのヒアリングを行いたいと考えている。

[参考文献]

- 1) 田村篤, 藤井寛明, 片田匡貴, 古阪秀三: 建築工事に於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-, 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, 第 10 回 建築生産シンポジウム, 1994

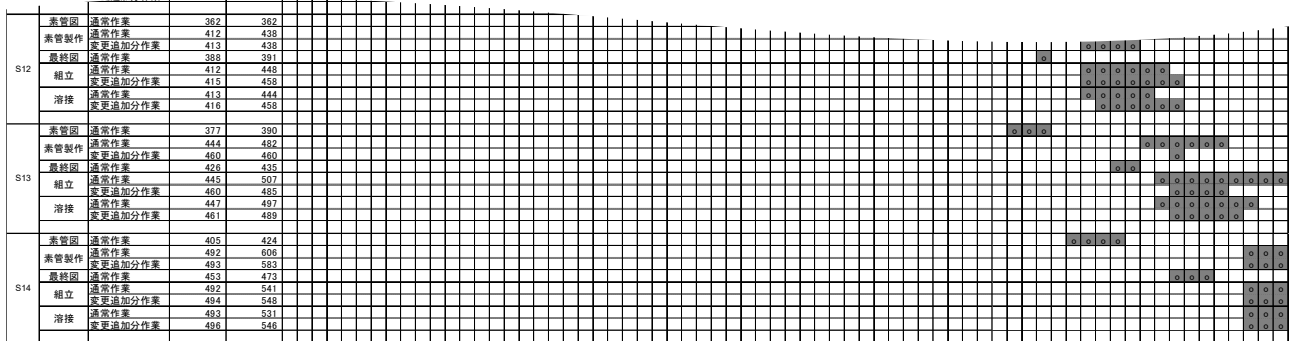
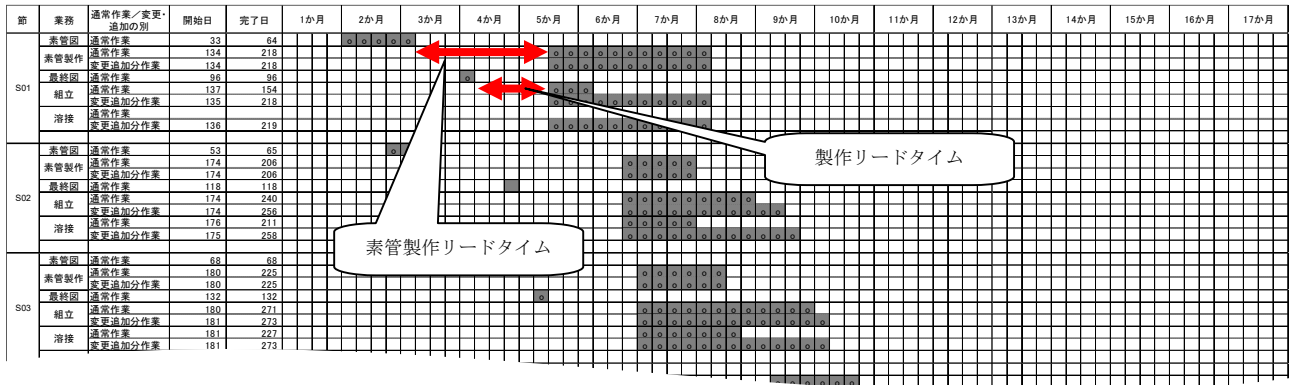


Figure 4. 製造実績（梁）

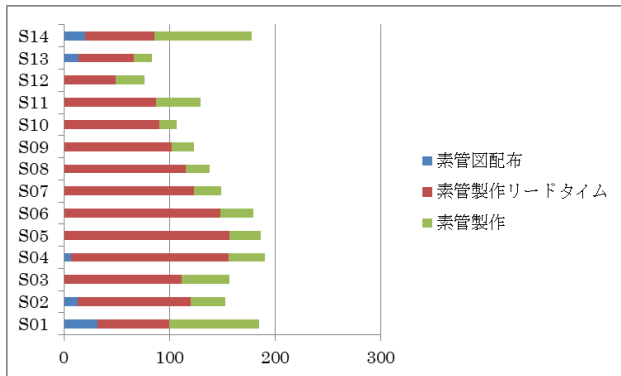


Figure 5. 素管図配布から素管製作完了までの日数（梁）

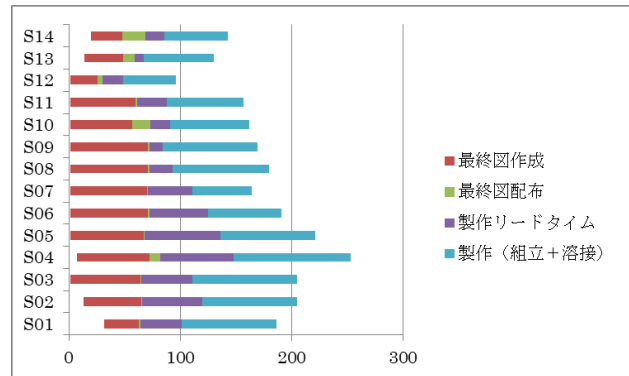


Figure 6. 最終図作成開始から製作完了までの日数（梁）

- 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ーの業務から見た生産設計の実態, 第 11 回 建築生産シンポジウム, 1995
- 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ー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
- 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
- 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, 第 32 回建築生産シンポジウム, 2016. 7
- The management of projects: Peter W.G.Morris, Thomas Telford Services Ltd, pp262-269, 1994
- 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, 第 35 回建築生産シンポジウム, pp161-166, 2019. 7
- 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, 第 35 回建築生産シンポジウム, pp167-172, 2019.
- 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, 第 42 回情報・システム・利用・技術シンポジウム, pp338-341, 2019.