

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 Analysis and survey of design decision making process in steel production process

○古川 暁*1, 吉田 知洋*2, 紀 乃元*3, 角田 恒男*3, 岡本 裕之*3, 古阪 秀三*4
Satoru Furukawa*1, Tomohiro Yoshida*2, Naiyuan Chi*3, Tsuneo Kakuta*4,
Hiroyuki Okamoto*4 and 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 (工学)

Excutive 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 Grobal 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; 製作リードタイム; 設計意思決定; WBS

Keywords: Steel member fabrication; Production management system; production period; Work Breakdown Structure

1. 研究の目的と背景

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。

この理由としては以下に挙げる事が考えられる。

- ① 地盤や資材搬入道路の状況など詳細な現地調査と施工検討で明らかになることがある
- ② プロジェクト毎に鉄骨ディテール（特に接合部）が異なる
- ③ 鉄骨製作を分担するファブ毎にノウハウ・能力や保有する加工機の特性が異なる
- ④ 専門工事業者毎に設備機器や内外装・建具など仕様が異なる
- ⑤ 付帯金物（二次金物）には足場や落下防止など仮設金物やクレーン架台など施工計画段階で詳細が定まる部品が多い

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する。また、決定が後送りされ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、に関しては明確な指標がない。

本研究では、鉄骨工場の設計から現場建方完了までの業務/作業の詳細工程を実プロジェクトの調査に基づいて分析して WBS・ネットワーク工程表で示し、各業務/作業の前後関係、担当者等を特定する。

これにより建築鉄骨製作業務の各工程、特に意思決定から実施完了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ような影響を生じるのかを合理的に判断できるようにし、構築と有効性を検証することを目的としている。本報告ではこれまでに行った調査の進捗、収集した資料の位置づけと、今後の調査の方針を説明する。

(Figure 1)

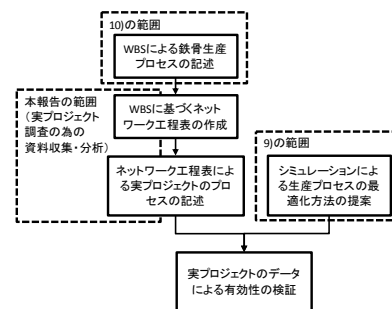


Figure 1 研究全体の枠組み

2. これまでの成果

2.1 製作期間と不良件数の分析

筆者らは⁷⁾鉄骨製作期間と製品品質の関係に着目して、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）の相関関係を分析した。しかし、製作期間が長くなると不良件数が減少する負の相関関係が予想されたが、明確な結論は得られなかった。（Figure 2）

この分析では、図面の承認日（変更があった場合は変更日）から製品検査までの日数を製作期間とし、社内検査の不良件数を品質の尺度として考えた。しかし実際の建築鉄骨製作では、主材のサイズや材質など鉄骨設計の早い段階で決定される事項もあれば付帯金物の様に後から決定される事項もある。また、製品の不良・不具合にも深刻さ（コスト・工期・品質への影響）が異なる様々なものがある。

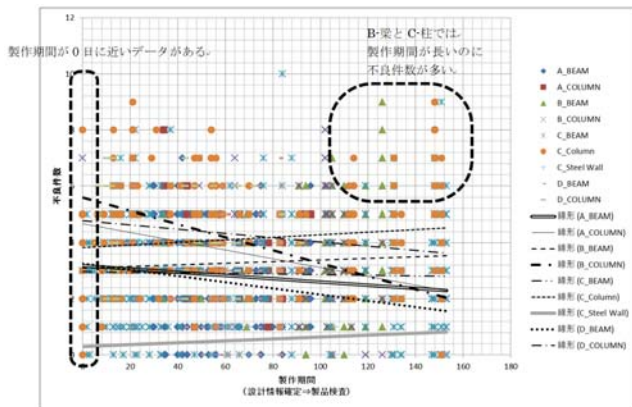


Figure 2 製作期間と不良件数の関係

2.2. WBS、OBS、RBS、業務フロー

次に筆者らは、鉄骨製作業務の全体像を把握するために、P.Morrisの提案したプロジェクト計画手法（Project Planning Process）⁸⁾を参考に、鉄骨製作の全工程を列挙し、それらを実施する人・組織の特定と、工程間の前後関係の分析を試みた¹⁰⁾（Figure 3）。

このなかでは、鉄骨製作の各工程を WBS（Work Breakdown Structure）で記述、鉄骨製作に関わる人・組織を OBS（Organization Breakdown Structure）で記述し、どの人・組織がどの工程を担うのかを RBS（Responsibility Breakdown Structure）にまとめた（Table 1）。

鉄骨詳細図を作成するのは鉄骨図面作成会社（ファブの一部門である場合も多い）であるが、この為には専門工業者が提供する設備、階段・EV、PC 外壁、建具、等に関する情報が必要である。同様にゼネコンが行う仮設・楊重・建て方などの施工計画も鉄骨図面に反映される。

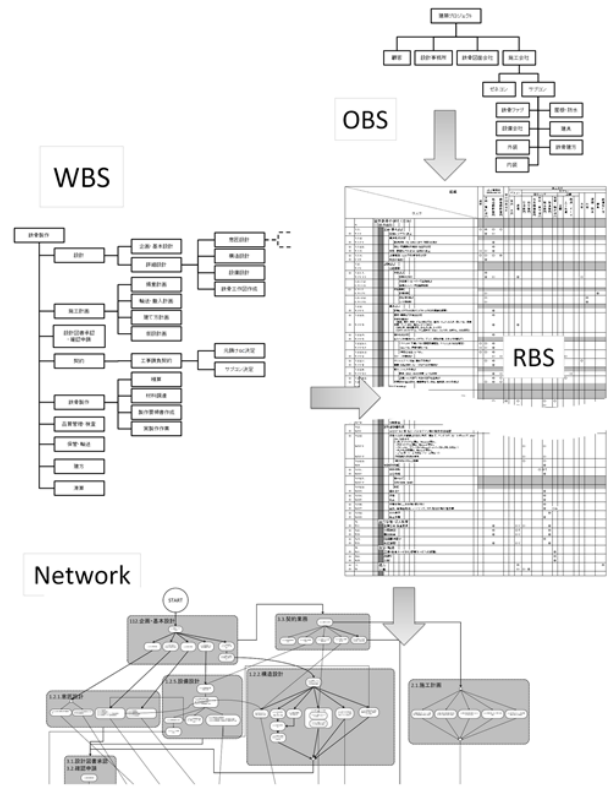


Figure 3 プロジェクト計画手法における WBS、OBS、RBS の関係

さらに、それぞれの工程の前後関係を業務フロー図にまとめた。主材の設計情報（材質、断面、長さ、継手仕様など）は構造詳細設計の段階ではほぼ決定されるが、二次金物（設備機器架台、階段・EV 廻り部材取付け金具、PC ファスナー、建具廻り補強などは専門工業者によって仕様異なるものが多いため業者選定後に詳細が確定される事が多い。

2.4. ネットワーク手法による工程シミュレーション

WBS を用いた鉄骨生産プロセスの記述を元にネットワーク工程表の形に表現する。

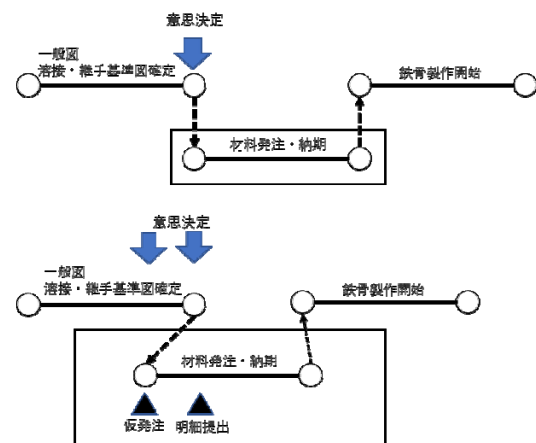


Figure 4 工程間の制約条件

Figure 4 に示す例では、作図⇒材料発注⇒製作の各工程には前後関係の制約があるが、一部の意思決定を前倒しする事で発注・加工開始時期を早め重複して作業を実施できる。ネットワーク手法を用いた実プロジェクトの

工程シミュレーションは、この様に変更可能な制約条件が緩い工程を見出して制約条件を変更する事で、工程の最適化を行う事ができる。

Table 1 RBS (Responsibility Breakdown Structure、一部)

組織 タスク	設計事務所 (設計監工①②③④)													施工会社										
	設計事務所													施工会社										
	調査	企画・意匠部門	構造設計部門	設備設計部門	鉄骨回廊会社	ゼネコン 本店・支店	現場	管理部門	現場部門	材料・厚手部門	対外調整部門	製造部門	保管・輸送部門	空調	上下水道	機械・E・L・V	内装	外装	塗装	電気	鉄骨建て方			
1.1. 建築鉄骨の製作(全体)																								
1.1.1. 鉄骨設計																								
1.1.1.1. 企画・基本設計	○	●	○	○																				
1.1.2. 建築物レイアウト決定	○		●	○																				
1.1.2.1. 構造形式決定	○																							
1.1.2.1.1. 構造種別 (S・SRC・CFT・特種) の決定	○			○																				
1.1.2.1.2. 制震・免振部材の位置・位置の決定	○																							
1.1.3. 外壁・屋根などの形式・材料の決定	○	○	○	○																				
1.1.4. 設備・エレベーター等の概要の決定	○	○	○	○																				
1.1.5. 内装の検討	○	○																						
1.2. 詳細設計																								
1.2.1. 意匠設計																								
1.2.1.1. 外観設計	○																							
1.2.1.1.1. 外観PC制作	○	○																		○				
1.2.1.1.2. 外観施工・ルーバー等金物検討	○																							
1.2.1.1.3. 鉄骨のトウキ・意匠検討	○																							
1.2.1.2. 内装設計	○																							
1.2.1.2.1. 建具検討	○																					○		
1.2.1.2.2. 間仕切り検討	○																					○		
1.2.1.2.3. 天井用検討	○																					○		
1.2.2. 構造設計																								
1.2.2.1. 建築物レイアウトの決定(オフセットを含む詳細な配置)	○																							
1.2.2.2. 基礎・柱位置等の配置決定	○																							
1.2.2.3. 主材仕様決定 (断材、長さ、材質、ビルト材か否か、節材、ジョイント高さ、梁レベル、設 位置、デッキ受け、露出しスラブ受け) (SRC造: 鉄筋貫通孔、かんざし筋、セパル) (CFT: タイプフレーム、空気を抜く穴・ボルト、カマラ穴、蓋ぎPL、充填用孔)	○			○																				
1.2.2.4. 隠す仕様決定	○			○																				
1.2.2.5. 床スラブ仕様決定(レイアウト、デッキ、配筋仕様、スタッド仕様など)	○																							
1.2.2.5.1. -ベースPL下層レベル(基礎天端確定、ベースモルタル厚確定)	○	○	○																					
1.2.2.5.2. -床レベル、屋根勾配レベル	○	○	○																					
1.2.2.5.3. -床断差位置、レベル。	○	○	○																					
1.2.2.6. スリーブ位置決定	○												○	○										
1.2.2.7. PCファスター、母屋・鋼梁等の検討	○			○																				
1.2.2.8. 制震・免振部材(ブレースなど)の仕様決定	○			○																				
1.2.2.9. 継手、シャフトの検討	○																							
1.2.2.9.1. 階段、ESC、EVの位置、レベル検討	○			○												○								
1.2.2.9.2. 階段シャフト開口、吹抜け開口位置検討	○			○																				
1.2.2.10. 付帯鉄骨(欄干鉄骨、階段梁台等、周柱、耐風壁、etc)の検討	○			○																				
1.2.3. 鉄骨完成検査																								

Table 2 調査対象の文書

文書・データ	得られる情報	
①スケジュール	①-1 現場マスタースケジュール	プロジェクト全体スケジュール初期案
	①-2 FAB 側担当者の工程案	途中過程の資料だが鉄骨製作の全体把握に便利
	①-3 ファブ内実製作工程表	製品毎の実製作スケジュール
②図面	②-1 設計図書 構造図	契約時の設計・仕様 鉄骨の特徴
	②-2 承認図	鉄骨詳細図、契約時と製作時での違い 追加された情報
	②-3 ファブ図	工場で使用される製作用図面、継手・詳細をリスト形式から一枚一枚の図面に転記したもの
③変更	③-1 設計変更記録	オーナー、設計事務所都合による変更 GC指示による変更
	④品質管理	ミス手直しなどファブ都合による追加作業
⑤メール	設計図書⇒鉄骨詳細図の意思決定過程 変更指示・追加作業・修正の経緯	
⑥打合せ議事録	GC・他 SC からの指摘・指示など	

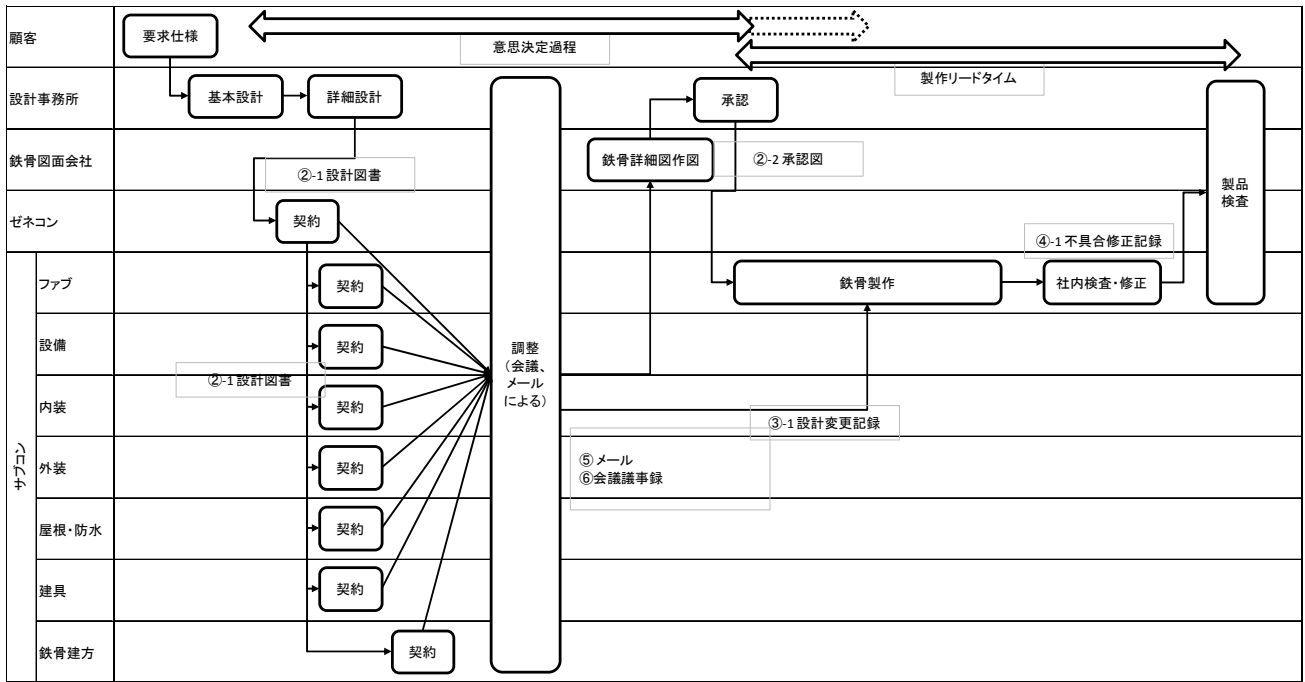


Figure 5 文書の発生タイミングと役割

3. 今後の検討課題

現在、筆者が所属する鉄骨ファブの社内文書を対象として実プロジェクトの記録を収集・分析している (Table 2)。調査対象の文書は、①工程表、②図面、③変更記録、④品質管理記録、⑤メール、⑥議事録などがある。これらは設計段階～契約～詳細検討・鉄骨詳細図作成～鉄骨製作～製品検査のそれぞれの段階で発生したものと考えられる (Figure 5)。

例えば契約時の図面 (②-1) と承認図 (②-2) を比較する事で施工段階で加えられた情報がどの様なものであるかを知ることができる。

今後は実プロジェクトの記録の収集と分析を進めると共に、設計者とゼネコンへのヒアリングを行い鉄骨生産プロセスに於ける設計意思決定過程を明らかにしたい。

【参考文献】

- 1) 田村篤, 藤井寛明, 片田匡貴, 古阪秀三: 建築工事における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
- 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, 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, 柳町 誠, 古阪 秀三: 建築プロジェクトの設計段階における CM 業務に関する研究, 日本建築学会建築社会システム委員会, 第 25 回建築生産シンポジウム論文集, pp75-80, 東京, 2009.7
- 6) 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
- 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
- 8) The management of projects : Peter W.G.Morris, Thomas Telford Services Ltd, pp262-269, 1994
- 9) 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
- 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.