設計変更に対する鉄骨ファブリーケータの意思決定の仕組み

DECISION MAKING FRAMEWORK TO RESPONSE DESIGN CHANGE ORDERS IN A STEEL FABRICATOR

金 貞 坤*, 紀 乃 元**, 角田恒男***, 古川 暁****, 古阪秀三*****
Junggong KIM, Naiyuan CHI, Tsuneo KAKUTA,
Satoru FURUKAWA and Shuzo FURUSAKA

Design change orders during steel fabrication can have a tremendous negative impact on steel fabricators and general contractors mutually. Also, it is liable to take project delay and cost escalation. Such change orders are impossible to predict and it takes some time for the steel fabricator to understand the implications of changes made by the contractor and review the response scope and method properly. Additionally, steel fabricator's staffs are usually in charge of both structural steel production and responding to change orders at the same time. Therefore, it is necessary to develop an effective and reasonable decision making framework to respond design change orders and to minimize negative effects.

This paper introduces a decision making framework, developed based on ISO9000 for design change orders in a large-scale steel fabrication shop, including detailed production organization and their production works. In addition, in order to review effective methods to reduce decision making time and make decisions more rationally, we discuss an improvement method and those effects of the decision making framework as using a meeting system, attended sub-managers from departments/teams in the steel fabricator.

Keywords: *Structural steel fabrication, Design change order, Structural steel fabricator, ISO9000, Decision making, Meeting system*

鉄骨製作, 設計変更, 鉄骨ファブリーケータ, ISO9000, 意思決定, 会議体

1. はじめに

1-1 研究の背景と目的

建築プロジェクトにおける鉄骨工事は建築物の躯体を構成する重要な工事であり、多様な生産主体の協力に基づいて行われるため、その生産過程は複雑なものとなっている。そのため、鉄骨工事に設計変更のような突発的な問題が発生した場合、伝達・入手された関連情報の再検討などに一定以上の手間と時間がかかり、他工事との業務調整や対応策の立案が困難となる場合が多い。その結果、多くの鉄骨工事においては、工期延長や工事費の上昇などの恐れが潜在しており、生産性低下といった大きな影響をプロジェクト全体に与えている¹⁾²⁾³⁾。さらに近年では、鉄骨ファブリーケータ(以下、鉄骨ファブと呼ぶ)として外国業者が参加するようになり^{注1)}、鉄骨工事の施工体制がより多様化されつつあるため、鉄骨製品の生産と調達を仕組みを安定的に構築することが重要な課題となっている⁴⁾⁵⁾。

前述したような設計変更対応問題を根本的に解決するためには、

鉄骨工事に関わる各生産主体の業務と情報の流れを明確化し、合理的な設計変更対応体制を構築する必要がある。

したがってこれらの課題解決の第一歩として本稿では、鉄骨ファブが設計変更に応じてどのように対応しているかを明確にすることを目的とし、それらに関する情報提供に協力が得られ、設計変更プロセスが明確な大規模な鉄骨ファブを選定・分析することにより、設計変更対応業務と意思決定の仕組みを考察する。

1-2 既往研究の考察

建築プロジェクトにおける設計変更の発生と対応、その影響に関する既往研究では、Hanna¹⁾、Ibbs²⁾³⁾がプロジェクトに与える設計変更の影響を、生産性を基に研究し、Ibbs⁶⁾、Lee⁷⁾、Song⁸⁾、Motawa⁹⁾は設計計変更対応のための業務管理モデルを開発している。また、鉄骨ファブの生産工程と設計変更業務に関する主な既往研究では、浦江¹⁰⁾、蟹澤¹¹⁾がプロジェクト事例から鉄骨生産情報の確定過程、

* 京都大学大学院工学研究科建築学専攻 博士課程・工修

** MCS スチール 会長・工博

*** MCS スチール 副社長

**** MCS スチールジャパン システム開発部長

***** 京都大学大学院工学研究科建築学専攻 准教授・工博

Ph. D. Candidate, Dept. of Architecture and Architectural Eng., Graduate School of Eng., Kyoto Univ., M. Eng.

Executive Chairman, M.C.S. STEEL PUBLIC Co., Ltd., Ph. D. Eng.

Vice President, M.C.S. STEEL PUBLIC Co., Ltd.

System Development Manager, M.C.S. STEEL-JAPAN PUBLIC Co., Ltd.

Assoc. Prof., Dept. of Architecture and Architectural Eng., Graduate School of Eng., Kyoto Univ., Ph. D. Eng.

渡辺¹²⁾がアンケート調査により鉄骨生産システムの現況と問題点、金¹³⁾が鉄骨ファブの設計変更対応方法などの研究がある。また、Karumanasseri¹⁴⁾が鉄骨生産計画の立案方法、Song¹⁵⁾が労働生産性の測定モデルを開発している。しかし、いずれも部分的・概念的な解決方法に関する研究であり、鉄骨工事の設計変更対応全般を具体的に扱った研究は少ない。

本研究は、設計変更に関する鉄骨ファブの対応を明らかにするため、鉄骨ファブの生産組織体制や設計変更関連業務を確認、意思決定の仕組みを実際プロジェクトに即して実証的に分析する点に特徴がある。

1-3 研究の範囲と方法、調査対象

(1) 研究の範囲

本稿では、鉄骨工事の設計変更対応に関する全体的な仕組みを考察するため、まず鉄骨製作と設計変更対応業務を担当している鉄骨ファブを研究対象・範囲として選定し、設計変更対応業務の仕組みを分析した結果を報告する。図1にその概念を示す。

図1 設計変更要求情報の流れと本稿の研究範囲

(2) 研究の方法

- 研究の方法は以下のとおりである。
- ①ヒアリングによる基礎調査を行い、鉄骨生産組織と設計変更に関する基本的な体制や問題点を把握する。
 - ②鉄骨ファブのISO9000（以下、ISOと呼ぶ）や社内の業務資料などに基づき、全般的な鉄骨ファブの生産業務と設計変更対応業務のプロセスを分析する。
 - ③①と②の知見に基づき、鉄骨ファブの社内業務と会議に参加し、設計変更に対する意思決定の過程と内容を考察する。

(3) 調査対象の鉄骨ファブの特徴およびプロジェクト事例の概要

調査対象とする鉄骨ファブの選定に関して、多数の鉄骨ファブを選定・意思決定の仕組みを調べる方法と、特定の1社の鉄骨ファブが一般的な鉄骨ファブといえることを確認したうえで当該鉄骨ファブの意思決定の仕組みを詳細に調べる方法がある。本稿では後者の方法をとった。一般的な鉄骨ファブとして選定した根拠は、①国際的な相互認証制度であるISOの認証を取得しており、また、②全国鉄骨評価機構からSグレードの評価を取得しており、③日本の複数のゼネコンと多数のプロジェクトでの取引実績があり、④当該企業の鉄骨生産ラインはほぼ全体が情報開示されており⁵⁾、⑤設計変更データが詳細に情報提供されることによる。一方で、調査対象鉄骨ファブは、①主生産工場が海外にあり、生産リードタイムが長く、

②工場の技能労働者を直接雇用しており、③材料調達、図面作成、切断、製作に至る業務を一貫して社内で行っているため、全体的な鉄骨ファブの設計変更対応業務の様子を把握することが比較的容易、という他の鉄骨ファブと異なった特徴を有する。さらに設計変更対応については、ISO方式¹⁶⁾（以下、回覧方式と呼ぶ）を基に独自のやり方と文書システムを持っているなど、鉄骨生産工場と現場に対する一貫管理体系の構築に関する検討が可能である。

また、設計変更実務を正確に理解するために、特殊な工法や問題に起因する設計変更が多発したプロジェクトではなく、多様な内容の設計変更が発生した3つのプロジェクトを対象事例として選択した。3つの事例はいずれも異なるゼネコンが元請となった大規模なプロジェクトであり、建物の用途は事務所、事務所(官庁)、研究所である。

表1はプロジェクト事例の概要を示すものであり、その中で設計変更に関するデータは調査対象の鉄骨ファブが生産を担当した部分に該当する。

表1 プロジェクト事例の概要

プロジェクト区分	I	II	III
建物の用途	事務所	事務所(官庁)	研究所
建築面積	約11千㎡	約9千㎡	約70千㎡
延床面積	約135千㎡	約94千㎡	約303千㎡
階数と棟数	地下1階、地上20階、1棟	地下3階、地上14階、1棟	地下なし、地上10階、5棟
軒高	約97m	約68m	約35m
工事期間	24ヶ月	26.5ヶ月	20.5ヶ月
ファブ鉄骨製作期間	10ヶ月	9ヶ月	5ヶ月
組織構成	ゼネコン	1社	7社
	設計	ゼネコン	設計事務所
	鉄骨ファブ	5社	5社
ファブ製作鉄骨類		柱、大梁	柱、大梁
ファブ製作量(トン)		約6,700	約3,400
鉄骨生産数(個)		約2,000	約1,000
設計変更	変更件数(件)	74件	47件
	変更鉄骨(個)	495	944
	変更部品数(個)	約4,000	約14,800

2. 鉄骨ファブの業務と生産組織体制

鉄骨ファブの業務は、通常生産業務と設計変更対応業務に分けられる。その二つの業務プロセスは異なっており、とりわけ設計変更対応業務は、意思決定の過程とその結果を通常生産業務に反映する過程を要する。したがって、設計変更に対する鉄骨ファブの意思決定の仕組みを明確にするためには、まず設計変更に関する意思決定の重要な制約条件となる生産スケジュールを生産業務とともに理解した後、生産組織体制の観点で生産業務と設計変更対応業務を考察する必要がある。ここでは、事例調査の結果を基に、鉄骨ファブの業務と生産組織体制について述べる。

2-1 鉄骨ファブの業務と生産スケジュール

鉄骨ファブの業務は、社内の各部署の協力によって行われるが、通常生産業務は各生産節の生産スケジュールを通じて管理されている。一般に生産スケジュールは、現場の工事日程を基に主要な業務段階の所要期間を計算し、バーチャートなどを用いて作成される。

図2 鉄骨生産リードタイム(一節の例)

そのため、生産スケジュールは設計変更に関する意思決定の主要な制約条件となっており、鉄骨ファブの業務全体における生産スケジュールの有する意味を明確に理解する必要がある。本稿では、研究対象とした鉄骨ファブの生産スケジュールの事例を調査・分析した。

その結果、鉄骨ファブは主要業務開始時点を基に、五つの生産段階に分けて業務リードタイムを決めている。つまり決めなければならないリードタイムは、①鋼材発注(厚板など)、②図面作成(工作図・現寸・切断計画・製品リスト・部品リストなど)、③鉄骨製作(切断・組立・溶接・穴明など)、④製品検査(UT・寸法検査、第3者検査など)、⑤輸送(運送・船積など)である。さらに実際のプロジェクトの生産節別のリードタイムは、その生産量(ロットサイズ)と現場日程の変動に伴い、作業・余裕期間が異なるようになっている。

生産スケジュールにおける主要業務開始時期とリードタイムの決定方式に関する調査結果を整理して図2に示す。

2-2 鉄骨ファブの生産組織体制

鉄骨ファブの生産組織には、直接鉄骨生産に関与する組織と、会社の運営と管理を支援する組織がある。また、直接鉄骨生産に関与する組織は、2. で述べたとおり、通常の生産業務と設計変更対応業務を同時に担当しているが、各業務に関与する度合い(範囲や構成)は必ずしも一定ではない。それを整理し、図3に表す。鉄骨ファブの生産組織体制を見ると、製造管理、エンジニアリング業務、

プロジェクト統括管理、会社運営統括管理の四つの主な業務部門に大別され、図面作成などの製作準備業務を行うエンジニアリング業務と、工場内の生産活動を管理する製造管理の二つの業務部門が主要な役割を果たしている。

しかし、調査した鉄骨ファブでは、特に現場との業務調整を円滑に行うため、プロジェクト統括部署を別に設置し、生産スケジュール管理および設計変更対応などの業務を総合的に調整している。

各業務部門の主な業務内容を整理し、以下に示す。

- ・ 会社運営統括管理部門：会社の運営部門として会計・労務管理、輸出入・通関管理など
- ・ プロジェクト統括管理部門：プロジェクトを統括して現場との窓口、生産スケジュール管理、設計変更管理など
- ・ エンジニアリング業務部門(設計・見積・製作計画)：鉄骨製作に必要な全ての情報を作成するなど
- ・ 製造管理部門(鉄骨製作・品質管理)：鉄骨製品生産に関する工場内での全ての業務指示と管理、品質管理、運送など

3. 鉄骨ファブの設計変更対応業務

鉄骨ファブの設計変更対応業務の把握並びに効率的な設計変更対応業務の処理方式を検討するため、調査対象ファブの設計変更対応業務と意思決定の仕組みを詳細に分析・考察する。なお、当該ファブでは、設計変更対応業務の迅速な推進のために意思決定の仕組みを改善している。

図3 大規模な鉄骨ファブリケータの組織体制(事例)

図4 調査した鉄骨ファブのDCL事例

3-1 鉄骨ファブの設計変更対応業務（改善前）

近年、建設分野においても社内業務と品質管理に関する体制整備のため、ISOを導入する企業が徐々に増えている。調査した鉄骨ファブは鉄骨生産に関わる全ての業務、とりわけ設計変更対応業務を、ISOを用いて対応する仕組みとしている。

ISOでは、設計変更対応について管理文書の表紙に、変更内容、生産状況、検討者のサイン、検討開始・完了時間などを記入し、関連部署が検討する回覧方式を勧告している。この鉄骨ファブもDCL(Design change list)^{注2)}と呼ばれる一枚の文書(図4)と添付資料を用いて設計変更対応業務を行っている。

図5の(A)は回覧方式を用いて設計変更対応業務の体制を構築した設計変更対応業務プロセスの事例を分析したものである。もちろん、各企業の業務方式や組織体制などの違いにより、設計変更対応業務プロセスが異なる場合が多い。

調査した鉄骨ファブは設計変更内容の検討前に図面課のマネージャーが事前検討を行い、緊急の変更内容に対しては、主要部署のマ

(A) 改善前

(B) 改善後

図5 鉄骨ファブの設計変更対応業務プロセス

ネージャー4 人による緊急マネージャー会議を通じて対応しており、全ての設計変更対応業務にプロジェクト統括管理部門が関与している。また緊急ではない設計変更に対しては、各部署に DCL を回覧しながら変更内容の検討とフィードバックを行い、意思決定の結果が不明確な場合には再検討を実施することもある。

ここで、設計変更対応業務プロセスの全体的な効率性を論じるためには、各対応業務の検討応答時間を用いて評価することが最もわかりやすい方法である。そこで、プロジェクト事例を取り上げて稼働時間(1 日 8 時間)を基準とし、各業務にかかった平均検討応答時間を分析した。具体的には、3つのプロジェクト事例を選択し、DCLに残っている各検討者のサインおよび検討開始と完了時間(図4の㉔)を基に、各検討業務にかかる平均検討応答時間を計算し、表2に整理して示す。

表2 設計変更対応に関わる各業務の平均検討応答時間		
区分	平均業務時間	備考
図面	29 分	図 5 の(A)-㉔
切断計画	28 分	図 5 の(A)-㉔
見積 1	8 分	図 5 の(A)-㉔
品質管理	3 時間 55 分	図 5 の(A)-㉔
製造管理	11 時間 13 分	図 5 の(A)-㉔+㉔
見積 2	2 時間 29 分	図 5 の(A)-㉔

その結果、製造管理部門における製造ラインの生産計画を調整する業務に長い時間がかかっていることが分かった。その理由は、当時製造管理部門が新プロジェクトの生産計画作成と、設計変更に対する意思決定の結果を生産計画に反映する業務を同時に担当しており、製造ラインの業務調整が難しくなった為である。つまり、①設計変更する鉄骨の製作状況を明確に把握することに一定の時間がかかる。②各製造チームの作業遂行状況と鉄骨の製作状況を同時に考慮して設計変更の対応業務時期を判断することが難しい。③新しいプロジェクトの作業と設計変更作業を各製作チームに配分する時に業務の重要度や優先順位を判断することが難しい。このような理由のために、製造ライン調整の意思決定に平均 11 時間以上かかっている。また、品質管理課と見積課の検討にも 2 時間半から 4 時間程度の時間が所要され、全体的な基本検討の応答時間は、18 時間以上かかっている。

ただし、このような検討応答時間の分析結果を通じて設計変更対応業務を理解するには二つの注意を要する。第一に、実際設計変更ごとの発生時期や業務量、各プロジェクトの遂行環境などが異なるため、検討応答時間を直接的に比べることはできないこと、第二に、この分析は DCL に記入されている検討業務の開始・完了時間を基に行ったため、同時に複数の業務を行う場合の割合などは考慮していないことである。さらに DCL の伝達過程などにかかった時間も入っているため、この分析結果は設計変更 1 件当りの実平均検討応答時間を正確に示したものであるとはいいがたい。しかし、この検討応答時間の分析結果は、設計変更要求に対する鉄骨ファブの回答までにかかる時間を評価することに関しては十分に意味があると考える。

3-2 鉄骨ファブの設計変更対応業務の改善（改善後）

研究対象の鉄骨ファブの生産工場は海外にあるため、運送を考慮した、より迅速な設計変更対応などが主要な課題になっていた。このため、鉄骨ファブは新たな会議体^{注3)}を導入することにより設計変更対応業務の合理化を図った。

具体的には、毎日一定の時間に設計変更の意思決定に関与する各部署のサブマネージャー6 人^{注4)}を集め、DCL を一緒に検討し、意思決定を行う会議体を構築した。改善後の設計変更対応業務プロセスを図5の(B)に示す。設計変更要求内容は、メール・fax などによる指示と図面への書き込みで受け付け、図面担当者はこれら进行分析、変更箇所・内容をリストアップする。また、製造担当者が製造ラインの稼働状態と該当鉄骨製品の製作状況を確認する。

これらの情報は DCL の添付資料としてサブマネージャー会議で検討される。最終的にその結果はプロジェクト統括部門を通じて各関連部署に伝達される。このような変更対応業務における会議体の運営とその情報の伝達過程を整理したものが図6である。

3-3 設計変更対応業務の相違点と改善効果の分析

鉄骨ファブの設計変更対応業務の改善内容を明確にするため、図5の(A)、(B)に示したサブマネージャー会議体導入前後の設計変更対応業務プロセスを比較し、表3に示す。

図5と表3によると、㉔業務の改善により、㉔と㉔の業務が変更され、㉔、㉔、㉔業務が追加された。

このようなサブマネージャー会議体の導入により、設計変更対応

図6 鉄骨ファブの設計変更に関する会議体と変更情報の伝達体系(改善後)

表3 業務内容の相違点の比較

	(A) 改善前	(B) 改善後
㉐	図面課のマネージャー：緊急マネージャー会議の開催判断、図面スケジュールの確認と図面変更担当者の選任	
㉑	緊急マネージャー会議体：重大な変更内容に対して対応可否判断	
㉒	各部署の担当者：回覧して関連内容を検討	サブマネージャー会議体：変更内容検討・意思決定
㉓	製造課マネージャー：製造ライン業務を検討・調整	製造課マネージャー：製造ライン主要業務を検討調整
㉔	見積担当者：変更所要費用計算・追加費用明細書作成	
㉕	社長：設計変更対応内容・文書検討	
㉖	プロジェクト統括：文書検討	プロジェクト統括：文書確認
㉗	なし	図面課：検討した図面と内容添付
㉘	なし	製造課：鉄骨製作状況確認
㉙	なし	5つの部署：サブマネージャー会議の検討結果を通報

について社内各部署間の意見交換が円滑になり、時間短縮（会議時間は1時間以内に終わることが基本方針）とともにより明確な意思決定が可能となった。これらの直接的な改善効果とともに間接的な効果もある。例えば、①特殊なケース以外の設計変更対応はサブマネージャーが担当してマネージャーとサブマネージャーの役割分担関係がより明確になった。②設計変更対応に関する各部署の文書作成や管理などの役割分担と責任関係が確立されて業務の迅速化が可能となった。③設計変更対応検討とともに、部署間で多様な情報の交換ができる仕組みになった。

しかし、この業務改善で注意を要することとして、課題となったことは以下のとおりである。

①検討応答時間の短縮と業務調整負担の減少を求める余りに拙速な会議体の導入は、かえって無用な混乱（不明確な意思決定、複雑な情報の流れなど）を生ずる恐れがあること。従って、実質的に改善効果があるプロセスを中心に会議体を構築して実践に移すことが重要である。

②意思決定の権限に関するマネージャーとサブマネージャーの役割分担の明確化が重要であること。

③設計変更の重要度による意思決定の基準などを明確に定義する必要があること。とりわけ、サブマネージャーの意思決定に関する具体的な権限の限界範囲を提示する必要がある。

4. 設計変更に対する意思決定の仕組み

4-1 意思決定の過程とその内容

鉄骨ファブが行う設計変更に対する意思決定の内容は、主に二つある。第一は対応時期の決定である。つまり設計変更の要求時期、例えば製作開始前、製作中、品質検査前、品質検査後などにより生産計画・製作ライン状況などを考慮し、いつ変更作業を実施するか決めることである。第二は対応方法の決定である。変更内容と製作状況によって変更部位又は部品に関する作業方法を決める。具体的な対応方法としては、部品の追加・変更・移動・取消・切り取りなどが挙げられる。

本稿では、表1に示す3つのプロジェクト事例を取り上げ、社内資料^{注5)}と担当者からのヒアリングに基づいて意思決定の過程とその内容を詳細に分析した¹³⁾。

その結果、対応時期の決定（図4の㉑）については、製作開始の可否（レベル1）、製作ラインの状況（レベル2）、変更処理の可能時期（レベル3）に関する情報を用い、段階的に検討・判断している。さらに、対応時期に関する判断を細かく分類すると、六つのタイプにまとめられる。このように対応時期のタイプが分類される理由は、設計変更が製造ラインに与える影響を最小にし、生産を継続しながら設計変更に対応する意思決定を行うためである。それらのタイプを整理し、分岐ダイアグラムとして図7に表す。

図7 変更対応時期の判断に関する意思決定

さらに、3つのプロジェクト事例を図7の設計変更に対する意思決定の対応時期によって分類し、実質的な設計変更業務量や影響を理解するために、鉄骨単位と部品単位で設計変更頻度をカウントしたのが表4である。表4ではその頻度を、全体を100として①～⑥の区分ごとの頻度を百分率で表している。部品単位でみた場合、I・IIプロジェクトでは95%以上が品質検査前（表4の区分①～③）に変更内容を処理したことが分かる。しかし、IIIプロジェクトの場合、I・IIより短期間に鉄骨を製作したため、品質検査後に対応を遅延して処理した割合が30%を超えたが、大部分は品質検査後に対応しても問題はさほど発生しないと言えるほど、小さなものであったことが予想される。ちなみに、表4でいう鉄骨とは柱、梁等の鉄骨製品に製作されたものといい、部品とは鉄骨製品になる前の、厚板から切り出された部材のことをいう。

実際にも鉄骨ファブは、主材などの重要な変更が発生した場合、該当鉄骨製品の製作を中断し、他の製作ラインに移動して対応し、主材以外に関する変更は製作を継続して対応することが一般である。

表4 設計変更対応時期に関する意思決定頻度（事例）

区分		①	②	③	④	⑤	⑥
I	鉄骨	19.2%	14.4%	56.5%	7.5%	0.2%	2.1%
	部品	30.4%	8.5%	55.6%	4.3%	0.01%	1.1%
II	鉄骨	28.7%	21.0%	32.8%	12.8%	0.4%	4.2%
	部品	23.4%	27.7%	44.6%	3.3%	0.3%	0.7%
III	鉄骨	7.9%	16.3%	42.5%	29.8%	0.6%	2.2%
	部品	7.7%	18.0%	36.7%	35.4%	0.3%	1.5%

一方、対応方法に関する意思決定については、通常、図面に表記されている内容を図面担当者が読み取って変更対象の部品リスト（bill of material）を作成し、DCLの添付資料とする。他部署は、

それに基づいて設計変更に対する対応業務を具体化する。例えば、切斷計画の担当者は、その部品リストと図面を用いて新たな切斷計画を作り、見積の担当者は変更対応にかかる材料量と労務量を計算するなど、各部署はDCLを基に設計変更対応業務を行っている。

設計変更対応の具体的な内容を明確にするために、設計変更対応を部品ごとに「追加（部品の追加）」「変更（部品寸法の変更）」「移動（部品位置の移動）」「取消し（部品の取り消し）」「切り取り（取り付けた部品の切り取り）」の5つの対応方法に分け、それぞれの対応方法を採用する頻度を、全体を100として対応方法の5つの区分ごとの頻度を百分率で表したものを表5に示す。

表5 設計変更への対応方法に関する意思決定内容(事例)					
区分	追加	変更	移動	取消し	切り取り
I	73.1%	18.3%	6.0%	2.6%	0.1%
II	76.3%	3.5%	1.5%	15.8%	2.8%
III	70.9%	13.9%	8.3%	5.8%	1.2%

表5から次のことが言える。いずれのプロジェクトも部品の追加業務が70%以上を占めている。つまり、鉄骨製作開始後になっても、設備など他の工種との取合い検討、現場施工環境の変化、構造的な不備の修正など様々な検討の間違いや遅れのため、部品の追加業務が多く発生している。また、寸法変更・位置移動・部品の取消し業務が生じる割合が、21～28%程度であった。また、設置した部品を切り取る作業は、IIプロジェクトの場合全設計変更部品数の2.8%を占めているが、他のプロジェクトでは少なかった。切り取り作業が多く発生すると製作費が高くなり、鉄骨ファブの生産性も低下する。特に、IIプロジェクトの場合7社のゼネコンが工事を分担したため、一回変更した鉄骨を再度変更したケースもある。

このような対応時期と対応方法に関する二つの意思決定の内容は、明確に分けられるものではなく、両方を考慮しなければならない。例えば、製作完了後に部品を変更した場合、まず取り付けた部品を切り取り、新たな部品を追加する。

一方、製作開始前に部品を変更した場合、図面変更のみで対応できる時であれば、変更部品を除いて製作を継続して対応する時もある。さらに意思決定過程では、この二つの情報と共に変更に要する費用・必要材料の保有状況・新たな切斷計画に関する検討も行われる。

上述のような比較的対応しやすいものもあれば、幾つかの困難な状況も起こりうる。たとえば、設計変更一件で数多くの製品・部品が関わるもので、製作開始後に変更要求があった場合、主要部材の材料不足が発生することがある。また、設計変更の責任が不明確な状況が発生することもある。具体的には、設計変更要求に対する鉄骨ファブの意思決定が遅くなり、追加的変更費用が発生した場合、鉄骨ファブにも責任の一端が生ずる。これらに迅速に対応するためにも、設計変更に対する鉄骨ファブの意思決定の仕組みを改善する必要がある。

4-2 鉄骨ファブの会議体の仕組み

鉄骨ファブの設計変更と生産業務に対して実務者のヒアリングと資料分析により、会議体の仕組み、各会議体の参加者と意思決定の範囲、会議体の位置付けを詳細に分析した。その結果は既に述べたとおりであるが、調査対象鉄骨ファブが構築している会議体の仕組みは、設計変更関連対応のものより通常の生産関連対応の会議体のほうが多く、さらに設計変更対応業務に必要な情報の一部は生産関連会議体を通じて明確になっている。

このような鉄骨ファブの会議体の仕組みを意思決定の権限と役割分担の面で見ると、調査対象鉄骨ファブに関しては、機能的組織(functional organization)^{注6)}の形態から、徐々に分権的組織(decentralized organization)^{注7)}に移行しているとみなすことができる¹⁷⁾。すなわち、会社規模の拡大や生産量の増加により、ほとんどの重要な意思決定と業務調整をマネージャーが担当する仕組みから、生産性を高めるため、サブマネージャーを会議体に参加させる仕組みに変化してきたと考えられる。しかし、これが鉄骨ファブ一般の傾向か否かは判然としない。

5. まとめと今後の課題

鉄骨生産システムの合理化における主な課題の一つが設計変更への効率的な対応である。本稿では、鉄骨工事の合理的な設計変更対応体制を検討するために、実際に鉄骨工事の設計変更を担当している鉄骨ファブの対応業務とその意思決定の仕組みを詳細に分析した。また、より円滑な意思決定を行うために、サブマネージャー会議を導入した事例を取り上げ、導入前後の改善効果と課題を考察した。

その結果、鉄骨ファブがサブマネージャー会議体を導入すること

表6 鉄骨ファブの各会議体の位置付けと参加者の範囲								
	会長	社長	副社長	マネージャー	サブマネージャー	係長	社員	会議内容
設計変更 関連 会議			緊急マネージャー会議					鉄骨生産に大きな影響を与える設計変更を検討する緊急にマネージャー会議
					サブマネージャー会議			通常の設計変更対応策と業務調整を検討するサブマネージャー会議
生産 関連 会議		週間会議						毎週1回全部署の主要業務担当者を集めて生産日程を調整する会議
		役員会議						会社の運営に関する全般的な事項を検討する会議
		社長会議						生産・設計変更を含めて各部署の業務をチェックする会議
			マネージャー会議					他部署との業務協力と調整を要する生産関連問題を検討する会議
			各部署内部会議					各部署の内部で業務の指示と確認、並びに業務調整を行う会議

によって、設計変更要求に対して意思決定のプロセスを迅速化し、設計変更対応業務時間を短縮する効果を上げていることを実証的に検証した。一方で、この業務改善で注意を要することとして、いくつかの課題を提示した。

今後は、鉄骨ファブの課題として、①会議体を効率的に支援することが可能な情報システムの確立、②会議体の編成・役割分担の明確化について取り組みたい。

また、鉄骨工事に関わる各生産主体の業務と情報の流れを明確化し、合理的な設計変更対応体制を構築するという視点では、発注者、設計者、ゼネコン、そして鉄骨ファブとの設計変更対応業務を含んだ鉄骨生産システムの一貫管理体制の構築について検討していきたい。

注

注 1) 日本の「鉄骨製作工場認定制度」に登録されている海外の鉄骨生産工場は、2011 年現在、約 20 社に至って、中国・タイ・韓国などに所在している。

注 2) DCL とは、Design change list と呼ばれる様式の略語であり、設計変更に関する鉄骨ファブの ISO に規定されており、細部的な内容は会社別であるが、基本的に変更内容、製作状況、検討・日付などの記入欄に構成されている。

注 3) 会議体とは、正確な意思決定のために、企業内部の業務担当者又は意思権限を持つ人が集まって行うものである。

注 4) 研究対象とした鉄骨ファブでは、各部門長としてのマネージャー、部下としてサブマネージャーが位置する。しかし、サブマネージャー会議に参加するサブマネージャーの権限は組織位階とは異なり、各部署内の業務と役割分担に依存する位置である。

注 5) 分析に使った社内資料は、プロジェクトの生産スケジュール、製作計画、DCL、製品リスト、部品リスト、現場との打合せ議事録などである。

注 6) 機能的組織とは、外部環境の流動性かつ不確実が低い際には、社内部門間において業務調整の必要性和困難性も低いと、ほとんどの重要な意思決定と業務調整を組織階層の上位者としてマネージャーが担当し、個々の部署は、意思決定に必要とされる情報を十分に持つことが出来ないことが短所として指摘されている。

注 7) 分権的組織とは、組織の各部門の独立性と自律性を持たせた下位組織を作り、意思決定の権限を分権した組織体制である。また、執権的組織 (centralized organization) の反対概念であり、下位組織間の調整が困難する場合が多く、役割が不明確になる短所がある。

参考文献

- 1) Awad S. Hanna, et.al: Quantitative Definition of Projects Impacted by Change orders, Journal of Construction Engineering and Management, Vol. 128. No. 1, pp57-64, 2002.2
- 2) William Ibbs: Impact of Change's Timing on Labor Productivity, Journal of Construction Engineering and Management, Vol. 131. No. 11, pp1219-1223, 2005.11
- 3) William Ibbs, et.al: Quantified Impacts of Project Change, Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice, Vol. 133. No. 1, pp45-52, 2007.1
- 4) 梅国章他：鉄骨製作における分業体制に関する考察、日本建築学会大会学術講演梗概集、F-1 都市計画 建築経済・住宅問題、pp1287-1288, 2010.7
- 5) 金貞坤他：鉄骨生産における情報一貫管理に関する考察、日本建築学会技術報告集、第 17 巻、第 37 号、pp1037-1042, 2011.10
- 6) William Ibbs, et.al: Project Change Management System, Journal of Management in Engineering, Vol. 17. No. 3, pp159-165, 2001.7
- 7) S.H. Lee, et.al: Web-Enabled System Dynamics Model for Error and Change Management on Concurrent Design and Construction Projects, Journal of Computing in Civil Engineering, Vol. 20. No. 4, pp290-300, 2006.7
- 8) L. Song, et.al: Virtual Shop Model for Experimental Planning of Steel

Fabrication Projects, Journal of Computing in Civil Engineering, Vol. 20. No. 5, pp308-316, 2006.9

- 9) I.A. Motawa, et.al: An integrated system for change management in construction, Automation in Construction, Vol. 16, Issue3, pp368-377, 2007.5
- 10) 浦江真人他：ファブ-ゼネコン間の連携資料からみた鉄骨製作段階における仕様決定の実態：その 1 仕様の決定の遅れ・変更の発生する部分とその内容、日本建築学会大会学術講演梗概集、F 都市計画 建築経済・住宅問題、建築歴史・意匠、pp1031-1032, 1994.7
- 11) 蟹澤宏剛他：ファブ-ゼネコン間の連携資料からみた鉄骨製作段階における仕様決定の実態：その 2 鉄骨ファブの工程プロセスと仕様の確定状況、日本建築学会大会学術講演梗概集、F 都市計画 建築経済・住宅問題、建築歴史・意匠、pp1033-1034, 1994.7
- 12) 渡辺克己他：鉄骨ファブの業務に関する研究、日本建築学会大会学術講演梗概集、F-1 都市計画 建築経済・住宅問題、pp1125-1126, 1997.7
- 13) 金貞坤他：鉄骨工事における設計変更の発生原因と鉄骨ファブの対応策、日本建築学会、第 27 回建築生産シンポジウム論文集、pp213-218, 2011.7
- 14) G. Karumanasseri, et.al: Decision Support System for Scheduling Steel Fabrication Projects, Journal of Construction Engineering and Management, Vol. 128. No. 5, pp392-399, 2002.10
- 15) L. Song, et.al: Measuring and Modeling Labor Productivity Using Historical Data, Journal of Construction Engineering and Management, Vol. 134. No. 10, pp786-794, 2008.10
- 16) ISO9000 resource homepage, <http://www.iso9000resources.com/ba/engineering-change-procedure.cfm/> (2011 年 5 月 20 日検索)
- 17) 古川久隆：組織デザイン論-社会心理的なアプローチ、pp29-33, 1988.9

(2012 年 2 月 10 日原稿受理, 2012 年 7 月 24 日採用決定)