

令和 4 年 6 月 17 日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2021

課題番号：18K13890

研究課題名(和文)日本における高層建築の構工法の変遷に関する研究

研究課題名(英文)Transition of Building Construction Method of High-rise Buildings in Japan

研究代表者

権藤 智之(GONDO, TOMOYUKI)

東京大学・大学院工学系研究科(工学部)・准教授

研究者番号：50608396

交付決定額(研究期間全体):(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文):日本の高層建築の構工法の変遷について、1960年代の黎明期から現代まで、資料調査やインタビューを元に生産性向上やプレハブ化など複数の切り口からまとめた。揚重の発展などいくつかの業種については、元請け施工会社から専門工事会社への移行や専門化などの変化を指摘した。生産性向上については同一資料の変遷をたどることによって、生産性向上がどのように語られてきたのかの変遷をまとめた。高層建築の施工写真等については、説明を日英でつけたウェブサイトを制作中であり、成果として近日中の公開をめざす。

研究成果の学術的意義や社会的意義

都市環境や景観に大きな影響を与えるが、特に施工技術史的な点からの検討が進められてこなかった日本の高層建築について、特に具体的な建物において用いられた工夫に着目して技術的な発展を明らかにした。工期短縮や、揚重、プレハブ化など、いくつかの傾向について、興味深い取組みが見られた高層建築を取り上げ、主に1960年代から現代まで、どのような変遷が見られたかをまとめた。技術者OBへのインタビューや資料の悉皆的な収集によって、興味深い取組みや変化が明らかになり、これを海外の事例と比較しながら位置づけることが今後の課題である。

研究成果の概要(英文):This research revealed the transition of building construction method of high-rise buildings in Japan, from the beginning of 1960s to recent days. The research method is literature review and interviews. As for several sub-contractors such as lifting and transportation, this research pointed out the recent increase of specialized sub-contractors of lifting and transportation. By reviewing the back number of "Seko (Construction)", this paper revealed the changing process of the description of productivity, and pointed out the ambiguity of "productivity". For the publication of the research results, the author are making web-site to share the information and visual images of constructions of high-rise buildings.

研究分野：建築生産

キーワード：構法 施工 日本 高層建築 変遷 生産性

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

1968年4月に日本初の本格的な高層建築・霞ヶ関ビル(高さ147m)が建設されてから2018年で50年を迎える。現在、高さ150mを超える建築は日本国内には200棟以上が竣工しており、我が国の都市景観・生活環境に強い影響を与えている。高層建築建設では構造や設備に加えて、構法・施工面でも技術開発が継続して進められてきたが、こうした構工法の変遷に関する研究は希少である。一方、昨今の建設需要増加や技術者・技能者不足を受けて生産性向上は喫緊の課題と言える。労働力調査(総務省)によると、2016年の建設技能労働者数はピーク時(1997年)の71.6%まで低下し、高齢化も進行している。

しかし、現在進められている生産性向上の取り組みを見ると、技能者不足等の問題意識や技術自体、過去にも類似事例が見られたものも多い。最も代表的な例として、1990年代に取り組みされた高層建築の自動化施工がある。自動化施工とは揚重や溶接などのロボットを取り付けた施工プラントが施工とともにせり上がっていくもので、省力化や品質安定、工期短縮を図ったものである。しかし、十数事例が適用されたものの普及に至らず2000年頃以降は使われなくなった。現在、こうした自動化施工を再び行おうとする動きが複数の建設会社で見られるが、これを実質的な生産性向上に結びつけられるためには、過去に普及しなかった要因について批判的検討は必須と言える。しかし、過去の生産性向上の取り組みを批判的に分析した研究は希少であり、各技術開発によってどの程度の生産性向上が実現したかを示すデータもほとんど残されていない。

2. 研究の目的

本研究の目的は、日本において高層建築生産が始まった1960年代から、自動化施工で構工法開発が一つの頂点に達したと考えられる1990年代までの、高層建築における構工法の変遷を具体的な事例調査を元に明らかにすることである。副次的な目的として、散発的に残る高層建築の施工記録の収集・整理、今後個々の建築の生産性を評価するために記録すべき項目の把握、諸外国と比較した日本の高層ビル施工の特殊性の解明、の3点も念頭におき研究を進める計画である。

3. 研究の方法

(1) データベース化

一般社団法人日本建築センターが評定審査を行った高層建築物性能評定シートや関連建築雑誌を元に1960年代から2000年までに竣工した高層建築の基本情報(構造種別、高さ、延床面積、設計者、施工者等)をデータベースにまとめる。特に、特徴的な構工法が使われた高層建築およびその内容を上記データベースに加える。

(2) 詳細調査・抽出調査

複数の高層建築を対象とし、構工法に関する資料収集、関係者インタビューを行う。資料調査から得られた構工法の変化について()部位・部門(地上躯体、地下、内外装、管理技術等)、()変化の方向性(機械化、プレハブ化、省人化等)の2つの視点から整理し直し、どのような構工法の変化が見られたかをまとめる。具体的な技術に関しては専門工事会社等を含めてインタビューを行い、特に初期の高層建築における構工法の特徴やそれがどのように決定されたかを詳細に把握する。

(3) 成果の取りまとめ・公開

研究成果を国内外の論文誌に投稿する。作成した高層建築データベースを整理し、インタビューの記録(資料調査の図版含む)とともにウェブサイトにて公開する。

4. 研究成果

(1) データベース化について

建築雑誌「施工」で特徴的な施工方法について記載のあった112事例について建物名称、設計者、施工者、竣工年、施工方法の特徴等についてまとめたデータベースを作成した。加えて、建設会社および協力会社史、業界団体史などから、以下の調査と関連して、揚重、情報化、生産性向上などに結びつく記述の整理をおこなった。他には、高層建築の施工写真に着目し、20事例ほどの施工写真を選定し、これについて各和文1000字程度の説明をつけ、英訳も行った。これを公開するためのウェブサイトを構築した(2022年度中に公開予定)。これによって施工技術の発展や面白さががビジュアルに理解でき、日本の独自の技術発展について海外にも発信できると考えている。

(2) 高層建築の構工法の変化の方向性

上記のデータベースに基づき、高層建築の構工法の変化について、工程管理、揚重、プレファブ化、機械化、地下工事の各項目について整理を行った。特に、バブル期の自動化施工に関わった施工技術者や生産性向上について特徴のあった高層建築の施工に関わった技術者へのインタビューや資料収集を実施した。

工程管理については、霞ヶ関ビルディング(1968)について行われたPERTを用いた基準階繰

り返しの工程計画から、同時期の東京卸売りセンター（1970）頃から見られる積層工法（1層ずつに工事を完結させる）DOC工法に代表される多工期同期化、PCa等による躯体工事削減日数の取組みについてまとめた。揚重については後述する。プレファブ化についてはホテルニューオータニ（1964）のユニットバスや霞が関ビルディング（1968）の床上配管システムといった初期のトライアルから新宿住友ビルディング（1974）や梅田センタービル（1987）などに代表される設備を組み込んだユニットフロアに至る流れや、仙台第一生命タワービル（1985）のト型PCaや近年のいわゆる蓮根PCなど様々な形状のPCa化の取組みについて明らかにした。機械化については、三田43盛ビル（1983）に導入された耐火被覆ロボットSSR1など初期の取組みに始まり、1980年代後半に始まる大手施工会社による自動化工法の開発競争、近年の職人不足を受けたロボット開発等の動きについてまとめた。地下工事においては、大型建築において地下工事が費用・工期の面でリスクになりえることを指摘した上で、OWS工法等に代表される連続壁工法の展開や、逆打ち工法の登場についてしてきた。

上記の5項目について、雑誌で変遷に関する記事を2019年1月から5月にわたって連載した。連載記事では、資料調査の結果を元に、施工において特徴的な工夫が見られた高層建築を取り上げ、施工の変遷について主に設計者向けに解説した。書籍2冊において、日本の高層建築の変遷および機械化施工について文章を執筆した。霞が関ビルディング（1968）の施工の特徴については、雑誌の特集記事を企画するとともに、主に工期短縮の工夫について国際会議で発表した。

（3）専門工事会社の変化について

揚重については、揚重専門会社による一括揚重が特に都市部の高層集合住宅建設で一般化しており、この一般化する過程について、資料調査、インタビュー、アンケート調査、現場調査によって明らかにした。具体的には、霞が関ビルディングでマスト・旋回体分割式のセルフクライミングクレーンが開発されるなど、タワークレーンの容量が増加する。1990年代になると職人の賃金が高騰するとともに、高層マンション等の施工によって揚重する資材量が増大し、それまで元請けのゼネコンや各専門工事会社が行ってきた揚重業務が、専門の揚重業者によって担われるようになった。一方で、現場調査から、元請けのゼネコンとの連絡不足等によって、非効率な揚重業務が行われている実態も明らかにした。一括揚重を前提とした揚重専門会社の実態調査は過去に例がなく、実際の一括揚重の現場調査と合わせて多角的に実態を明らかにしたものと見える。2018年度に実施した調査に基づき、高層建築の揚重に着目した論文を第35回建築生産シンポジウム（日本建築学会）で発表し、発表した学生が若手研究者優秀発表賞を受賞した。高層建築施工における揚重技術の発展について査読付き英語論文誌に論文が掲載された。本論文では主として2000年以降の専門揚重業者について取り上げているが、1960年代の初期の高層建築から現在までの特徴的な高層建築施工の事例についても解説している。

他にも情報化や外装、特殊型枠について、資料整理や専門工事会社へのインタビュー等を実施した。具体的には、シーリング施工会社、タイル施工会社、カーテンウォール設計施工会社、PCaカーテンウォール製作会社、特殊型枠製作会社などである。いずれについても、建築量の増大等によって専門工事会社に知識や経験の蓄積が進むのと同時に、元請け施工会社が配置する技術者の減少等によって、専門工事会社が担う領域が拡大する傾向が見られた。

（4）設計プロセスの分析について

日本初の超高層建築である霞が関ビルディングについて、カーテンウォールの設計・施工過程について、建設委員会の議事録約100回分を詳細に分析し、開発的な設計過程の特徴や、カーテンウォールの設計案が徐々に収束する過程を具体的に明らかにした。特に、発注者、設計者、施工者の役割の変化について、カーテンウォールについて重要な決定がなされた2回の議事録をリンコグラフという発話分析の手法によって分析し、発注者が意思決定において担う役割が時期によって変化している点を明らかにした。

（5）生産性の向上について

生産性の向上について、どのように生産性が評価・記述されてきたのかを、建築雑誌「施工」に掲載された施工レポート80件を対象にして、技術開発の流れとともに明らかにし、生産性の数値化や捉えられ方の変遷を明らかにした。60年代から70年代前半黎明期にかけて鉄骨に関する生産性指標が多く見られた。これは初期高層建築では建て方の合理化が工期短縮に直結したためと考えられる。70年代は鉄骨部材と組み合わせたユニットフロアや先行揚重など、他分野への発展が見られ、同時に工程・揚重計画へのコンピュータの利用など、超高層化に対応する試みが開始された。80年代は超高層建築が増加し、資材搬送量が増加したことから揚重センター・揚重専従班を設置する動きが見られ、労務事情が逼迫し始めたことから複合化工法が発展し、ユニット化・PC化に関する生産性指標が多く見られるようになった。90年代も複合化工法が多く施工され、自動化施工による省人化も推進された。概して、時代が進むにつれて生産性指標が複雑化・多様化する傾向が見られた一方、生産性評価の方法は様々であり、特に在来工法との比較では「在来工法」の定義が曖昧であるという問題を指摘した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Gondo Tomoyuki, Miura Reiji, Kurosaka Masato	4. 巻 19
2. 論文標題 Lifting and transportation in high-rise building construction in Japan: the beginning of integrated lifting and transportation and recent developments	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Asian Architecture and Building Engineering	6. 最初と最後の頁 502~514
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/13467581.2020.1758109	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 三浦玲児, 黒坂雅人, 権藤智之	4. 巻 35
2. 論文標題 日本における高層建築施工の揚重・運搬の実態に関する研究	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 第35回日本建築生産シンポジウム	6. 最初と最後の頁 97-102
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 中村健太郎, 権藤智之	4. 巻 42
2. 論文標題 議事録を基にした建築プロジェクトの設計プロセス可視化手法の提案 - 霞が関ビルディング建設委員会におけるカーテンウォール決定過程を事例として -	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 第42回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集	6. 最初と最後の頁 72-77
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 MITOMO Kanna, MIURA Reiji, GONDO Tomoyuki	4. 巻 24
2. 論文標題 DESIGN PROCESS OF BUILDING SYSTEM IN KASUMIGASEKI BUILDING	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 AIJ Journal of Technology and Design	6. 最初と最後の頁 1183~1188
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3130/aijt.24.1183	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Tomoyuki Gondo
2. 発表標題 The technological development of the construction in Kasumigaseki Building, the first super high-rise building in Japan.
3. 学会等名 Seventh International Congress on Construction History (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 今田多映、黒坂雅人、三浦玲児、権藤智之
2. 発表標題 日本における高層建築施工の揚重・運搬の変遷に関する研究
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集（北陸）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 権藤智之
2. 発表標題 構法：カーテンウォール決定の試行錯誤
3. 学会等名 2019年度日本建築学会大会（北陸）建築計画部門パネルディスカッション資料（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三浦玲児、三友かんな、権藤智之
2. 発表標題 霞が関ビルにおける構法決定プロセス 建設委員会におけるカーテンウォール構法の検討
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集（東北）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 黒坂雅人、権藤智之
2. 発表標題 高層ビル施工の変遷に関する研究-揚重・運搬に着目した生産性向上の取り組み-
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集(東北)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計3件

1. 著者名 権藤智之	4. 発行年 2019年
2. 出版社 一般財団法人 日本建築センター、公益財団法人建築技術教育普及センター	5. 総ページ数 2
3. 書名 日本の近代・現代を支えた建築 建築技術100選 (50超高層ビルを分担執筆)	

1. 著者名 権藤智之	4. 発行年 2019年
2. 出版社 丸善	5. 総ページ数 2
3. 書名 日本の建築文化事典(建設機械を担当)	

1. 著者名 権藤智之	4. 発行年 2019年
2. 出版社 日本建築士会連合会	5. 総ページ数 20
3. 書名 日本の高層建築における施工技術の変遷(日本建築士会連合会会誌において2019年1月~5月号に連載)	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------