

令和 6 年 6 月 20 日現在

機関番号：34315

研究種目：若手研究

研究期間：2021～2023

課題番号：21K14340

研究課題名（和文）テクトニック的観点による建設技術史と建築史の接続に関する研究

研究課題名（英文）Study on the connection between building technical history and architectural history from a tectonic perspective

研究代表者

木村 智（KIMURA, SATORU）

立命館大学・理工学部・講師

研究者番号：60846806

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,600,000円

研究成果の概要（和文）：帝国のアーチの建設において検討された施工技術が、ネルヴィの古代ローマ建築の建設技術の理解の結果として表現されていることを明らかにした。アーチの断面の形状、素材、接続部に着目したところ、ネルヴィが古代ローマ建築の技術をその当時の先端技術との連続性を見出そうとしていた。半円形アーチという古代ローマ建築様式の言語以外をネルヴィは探究していた。また、リベラはアーチの断面を楕円形というバロック的な要素を取り込もうとするが、ネルヴィは断面を四角形にして、ラーメン構造という鉄筋コンクリートで取り入れることが多い形状を検討し、アーチ内の主応力である圧縮力に耐えようとしていた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

帝国のアーチをテクトニック（構造と構法的な判断からその美学的性質を評価する）という観点から建築史との接続をおこなった。西洋建築史や近代建築史において、これまで行われることの少なかった建築的リバーエンジニアリングの研究方法を導入しました。それにより、歴史・構造・構法の橋渡しを行い、古代ローマ建築の様式と現代的な連続性を捉え、帝国のアーチの文化的意義を見出すことができた。また、未実施のプロジェクトにおいて、残された言説や図面から読み取ることのできる内容よりも深い、設計理念の探求を行うことができた。

研究成果の概要（英文）：The construction techniques considered in the construction of the imperial arch were expressed as a result of Nervi's understanding of the style and construction techniques of ancient Roman architecture. By focusing on the shape of its cross section, materials, and connections of the arch, Nervi was trying to find a continuity between the ancient Roman architectural techniques and the advanced technology of the time. Nervi was exploring something other than the language of the ancient Roman architectural style of the semi-circular arch. Adalberto Libera tried to incorporate a baroque element in the form of an elliptical arch cross-section. Nervi was considering a square cross-section and a ramen structure, a form often incorporated in reinforced concrete, to withstand the compressive forces that were the main stresses in the arch.

研究分野：建築論・西洋近代建築史

キーワード：帝国のアーチ ローマ万国博覧会 ピエル・ルイジ・ネルヴィ イタリア合理主義建築 アダルベルト・リベラ リバーエンジニアリング

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

帝国のアーチはピエル・ルイジ・ネルヴィが戦費期において、国家プロジェクトに関与したものであるが、未実施のため詳細な検証がなされていなかった。それは、西洋近代建築史においても、ネルヴィ研究においてもそうである。このアーチは1942年に開催予定であったローマ万国博覧会のメインゲートとなるもので(図1)、当初設計はアダルト・リベラが計画をしていた。このアーチは新都市エウル(EUR)に新設され、「平和の象徴」として来場者を迎え入れるはずであった。しかし、それ以上の意義付けはこれまでなされず、形態論的な考察に留まっているという他の研究者による指摘もあった。ネルヴィは実施に向けて、施工計画図や接合部などの図面を多数残しており、第二次世界大戦が勃発しなければ、施工できる状態であった(図2)。



図1：帝国のアーチの模型写真

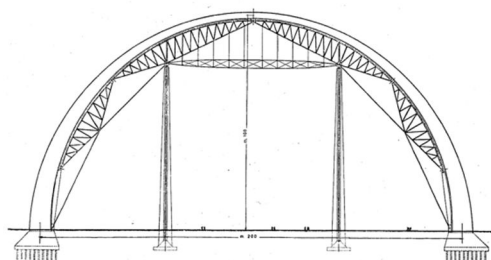


図2：帝国のアーチの立面図

2. 研究の目的

ネルヴィがローマ万国博覧会における帝国アーチの計画案の検討を通して確立した設計思想と、設計の際に参考にした古代ローマ帝国様式の理解とその表現に関する分析を行う(図3)。また、リベラがこの帝国のアーチに言及した内容や、ネルヴィの施工計画などの分析を通じて、ネルヴィの設計理念を建設技術史的な観点から考察を行うことである。そして、建築史におけるリバースエンジニアリングという方法について、検討することが本研究の目的である。また、テクトニックという構造と構法から美しいものに到達する概念について、帝国のアーチを題材として、建築史と建設技術史の統合を試みる(図4)。

3. 研究の方法

本研究は帝国アーチという未実施のプロジェクトのモデリングや構造解析を行い、建築家の意図により選択された手法が適切であったかを検証している。さらに、その検証により建築家の理念の解釈を深化させることが、この方法を選択した狙いでもある。そうした一連の検討を建築史的リバース・エンジニアリング(RE)と呼ぶ。リバース・エンジニアリングの一般的な意味は、既存の製品の形状データを測定し、それを元にその製品のCADデータを作成・解析することで、構造・構成を考察する手法である。建築史的リバースエンジニアリングでは、3Dモデリングに際して、必要な情報が全て図面化されているわけではない状況において、図面を読み込みながら、一部分想定することが必要である。この研究の意義として、REを用いて、テクトニックという観点から建設技術史研究や建築史研究を接続させる研究方法として適切かを検証という面もある。

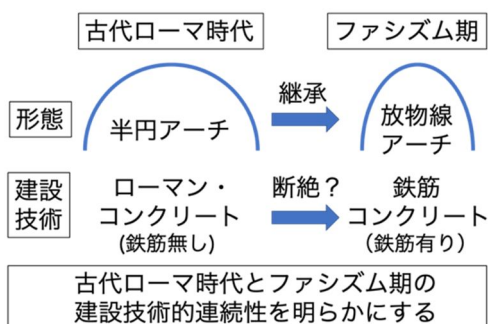


図3：建築技術史における歴史的連続性

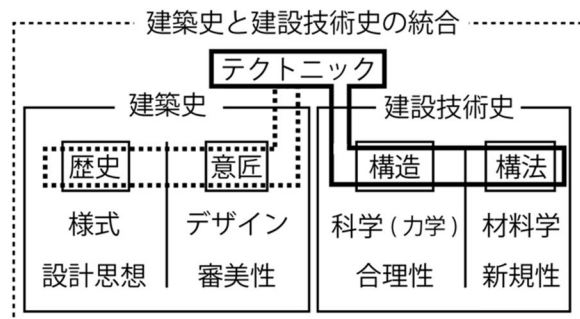


図4：テクトニックの概念の広がり

4. 研究成果

主な研究成果としては、「ピエル・ルイジ・ネルヴィの帝国のアーチにおける古代ローマ建築の解釈と構法的表現」(日本建築学会計画系論文集, 2024年 89巻 820号, pp. 1207-1214)としてまとめている。明らかにしたこととして、要点を以下に示す。

(1)ネルヴィの古代ローマ建築の理解 (アーチ/建設方法)

ネルヴィは直径 200m もの巨大なアーチを建設する際に、古代ローマを象徴するアーチである半円形アーチを不適としていた。素材は鉄筋コンクリートよりも無鉄筋コンクリートを用いるべきであると考え、形状については放物線の方がよいと考えていた。また、ネルヴィはローマのパンテオンの施工方法に関心があり、そのローマン・コンクリートや施工方法を帝国のアーチで展開しようとしていた。

(2) 帝国のアーチを経て確立したネルヴィの設計理念

ネルヴィはそのアーチを無鉄筋コンクリートといえるローマン・コンクリートの材料で建設する予定であった。計画としては、4分の1円を分割して、それぞれを無鉄筋コンクリートで打設する。それらを強固な足場で支え、接合部をモルタルで繋ぎ合わせる。さらに現場で、それぞれをつなぎ合わせて全体を覆う。最終的には一枚岩のようにすることで一体的なアーチを作ろうとした。ネルヴィは帝国のアーチを古代ローマ帝国の様式における形態を継承したかっただけではなく、建築材料や構法における継承を試みようとしていた。彼にとって、このプロジェクトは、古代ローマ時代のコンクリートの施工技術と現代を繋ぐ計画であった。

(3)建築史的リバーズエンジニアリングの貢献

今回の分析によって、ネルヴィ達が設計した帝国のアーチの内部には、ほぼ圧縮力のみ生じることが確認された。また、分節されたアーチのそれぞれの接合部において、リベラは均等に、ネルヴィは応力の変化に沿った位置で分節したいという考え方の違いを指摘している。それらは、残された文章では理解できない内容であった。さらに、2人が設計したアーチ断面の違いから、リベラよりネルヴィが無筋コンクリートで帝国のアーチを実現したいという意思の強さを表現されていた。それらの理由から、アンビルドのプロジェクトに対して設計者の意図の理解を深化させることに対して、建築的リバーズエンジニアリングが効果的であると思われる。

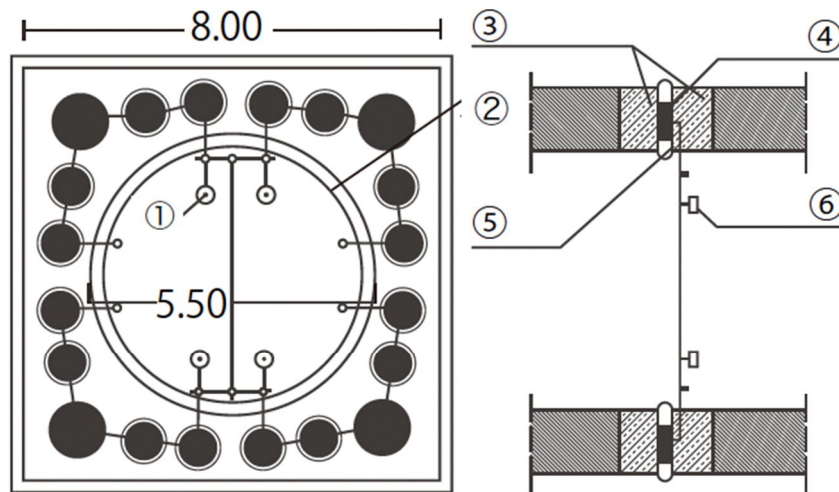
図註

図1 : Francesco Garofalo & Luca Veresani(ed.) : Adalberto Libera, Princeton Architectural Press, p.109, 1992.

図2、図8 : Pier Luigi Nervi: Un arco monumentale in conglomerato non armato, Casabella, n.176, pp.23-25, 1942.8.

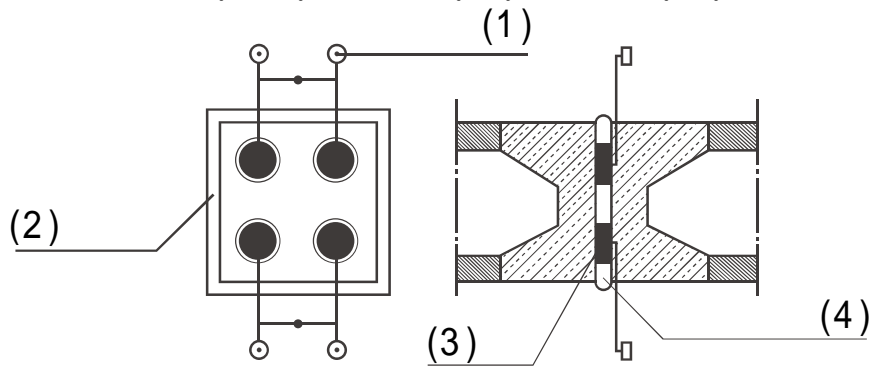
図3、図4 : 著者作成

図5、図6、図7 : Centro Studi e Archivio della Comunicazione 所収の図面を著者が写真撮影したものを参考に一部の図においてトレースした。



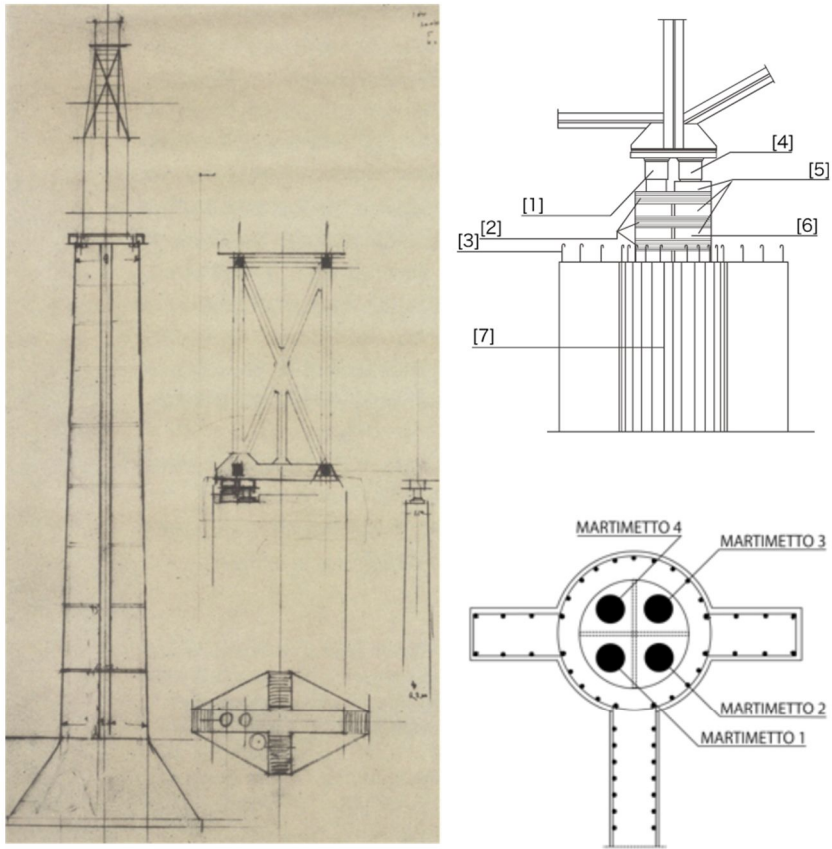
- 凡例 : ①制御用圧力計 ②圧力によるモルタル挿入箇所
③コンクリートの接合部 ④接合用軸受け
⑤接合部の補強用セメントモルタル ⑥圧力計

図12 : 接合部 I (基部) の平面図 (左) と断面図 (右)



凡例：(1)制御用圧力計 (2)圧力によるモルタル挿入箇所
 (3)接合用軸受け (4)接合部の補強用セメントモルタル

図6：接合部V(頂部)の平面図(左)と断面図(右)



凡例：[1]ジャッキ (1と4) [2]C-D上に接合部を持つ支保工
 [3]延長用の鉄筋 [4]ジャッキ (2と3) [5]A-B上に
 接合部を持つ支保工 [6]支保工 [7]支柱

図7：帝国のアーチの構台の立面・断面図(左) 詳細図(右)

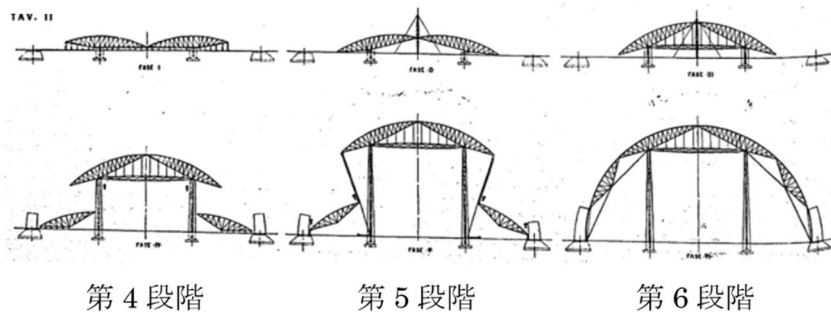


図8：帝国のアーチの足場の施工計画図

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 1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 木村 智	4. 巻 2022
2. 論文標題 ローマ万国博覧会の帝国のアーチにおけるA.リベラとP.L.ネルヴィの検討	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本建築学会 学術講演梗概集	6. 最初と最後の頁 745-746
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 木村 智	4. 巻 2022
2. 論文標題 ジュゼッペ・バガーノにおけるファシズム建築	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本建築学会近畿支部 研究報告・建築デザイン発表梗概集	6. 最初と最後の頁 477-480
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 木村智	4. 巻 2022
2. 論文標題 イタリア・ファシズムにおける古代ローマの構法的継承	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 構法史のアクチュアリティー構法と歴史から、いまつくることを考える	6. 最初と最後の頁 38-41
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 木村智	4. 巻 2021
2. 論文標題 ピエル・ルイジ・ネルヴィの戦間期におけるフェロ・セメントの検討	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本建築学会 学術講演梗概集DVD	6. 最初と最後の頁 629-630
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 オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 木村智	4. 巻 2021
2. 論文標題 ローマ万国博覧会におけるリベラの計画案について	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本建築学会九州支部 研究報告・建築デザイン発表梗概集CD-R	6. 最初と最後の頁 617-620
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 KIMURA Satoru, KIMURA Toshiaki, KOMIYAMA Yosuke	4. 巻 89
2. 論文標題 ビエル・ルイジ・ネルヴィの帝国のアーチにおける古代ローマ建築の解釈と構法的表現	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Journal of Architecture and Planning (Transactions of AIJ)	6. 最初と最後の頁 1207 ~ 1214
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3130/aija.89.1207	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 -

1. 著者名 木村智	4. 巻 63
2. 論文標題 ビエル・ルイジ・ネルヴィの帝国のアーチにおける構法的検討	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 日本建築学会近畿支部 研究報告・建築デザイン発表梗概集	6. 最初と最後の頁 381-383
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 -

〔学会発表〕 計6件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 木村 智
2. 発表標題 ローマ万国博覧会の帝国のアーチにおけるA. リベラとP.L. ネルヴィの検討
3. 学会等名 日本建築学会大会 (北海道)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 木村 智
2. 発表標題 ジュゼッペ・パガーノにおけるファシズム建築
3. 学会等名 日本建築学会 近畿支部
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 木村 智
2. 発表標題 ピエール・ルイジ・ネルヴィの戦間期におけるフェロ・セメントの検討
3. 学会等名 日本建築学会全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 木村 智
2. 発表標題 ローマ万国博覧会におけるリベラの計画案について
3. 学会等名 日本建築学会九州支部
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 木村 智
2. 発表標題 ピエール・ルイジ・ネルヴィの帝国のアーチにおける古代ローマ建築解釈と構法的表現
3. 学会等名 建築史学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 木村 智、木村俊明、小見山陽介
2. 発表標題 ローマ万国博覧会の帝国のアーチにおけるリバースエンジニアリング
3. 学会等名 日本建築学会全国大会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔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