

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 7 日現在

機関番号：32665

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2022

課題番号：19K04813

研究課題名(和文)旧海軍施設を中心とした鋼材にみる建築部材の変遷に関する研究

研究課題名(英文)A Study on the Transition of Building Components in Steel Materials, Focusing on Former Naval Facilities

研究代表者

水野 僚子(MIZUNO, Ryoko)

日本大学・生産工学部・研究員

研究者番号：80736744

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：これまであまり調査されることのなかった旧海軍建築のほか、工場や病院といった特殊な建築について、解体時に現地調査し、その構造や部材について確認することができた。また、所有者および解体工事関係者の協力のもと、部材収集を行い、鋼材については引張試験、成分分析、組織観察を行い、コンクリートコアについては配合試験や圧縮試験を行うなど、貴重なデータをとることができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近代建築の歴史的調査において、建築技術は大きな評価の一つであるが、建築に多く用いられている鋼材については、ロールマークでもない限り、見た目ではわかることには限度がある。また、成分分析など科学的手法によってわかることはあるが、歴史的調査でそこまでの費用がかかる調査を行うことは難しく、事例も少ない。

本研究では5棟の近代建築について、現地での構造調査と鋼材やコンクリートといった部材調査から新たな知見を得ることができた。今後、似たような建築が解体されるに当たってしまつた場合、比較データがあることで、歴史的に見た構造や材料の調査が行え、近代建築技術史の解明が進むことにつながる。

研究成果の概要(英文)：Special buildings such as former naval buildings, factories, and hospitals have not been investigated very much so far. We were able to confirm their structures and materials by conducting on-site investigations at the time of demolition. With the cooperation of the owners and demolition contractors, we were able to collect valuable data, including tensile tests, component analysis, and microstructural observations for steel materials, and mixing and compression tests for concrete cores.

研究分野：近代建築史

キーワード：技術史 鋼材 近代建築 八幡製鉄所

## 1. 研究開始当初の背景

近代建築において、躯体材料である鋼材は構造体として重要な要素といえる。日本の鉄鋼技術はたたら製鉄から始まる歴史で語られ、製法や業界について取り上げられることはあるが、製品や建築材料についての情報は少ない。そのため、近代建築において歴史的調査を行う場合、竣工時の史料や材に残るロールマークでも残っていない限り、得られる情報は限られているのが現状である。

また、近代の産業遺産は、「明治日本の産業革命遺産 製鉄・製鋼、造船、石炭産業」が世界遺産になるなど、稼働しながら文化財となるものも出てきた。しかし、戦前の工場建築の多くは耐久性の問題から取り壊されることが通常で、工場などは記録に残されないで無くなることも多い。先端技術を取り入れつくられることの多い工場のような近代建築において、調査が進み、保存活用が進む上でも、その評価ができるようになることが重要である。

## 2. 研究の目的

本研究は、最先端の技術を投入していたと考えられる海軍施設を中心に、解体時に現地調査を行い、その構造を確認するとともに、どのような鋼材が建築材料に用いられていたのか調査・分析することで、今後の参考となる指標を得ることを目的とする。

## 3. 研究の方法

研究の主となるのは、現地における解体時調査である。本研究期間に調査できたのは、昭和5年頃の旧海軍技術研究所科学及電気研究場、昭和10年の旧横須賀鎮守府倉庫、明治41年の旧横須賀海軍工廠造機部仕上場、昭和14年頃の旧横須賀海仁会病院、昭和13年の旧三井染料工業所J工場の5棟である。

当初はイギリスおよびアメリカでの海外調査を行い、明治末期に輸入していた会社等についても調べる予定であったが、新型コロナウイルス感染症蔓延のため、難しい状況になったことで、急遽解体の情報が入った旧横須賀海仁会病院と旧三井染料工業所J工場を取り上げることとした。そのため、海外については主に資料調査をオンラインで行う形とした。

## 4. 研究成果

### (1) 旧海軍技術研究所科学及電気研究場

旧海軍技術研究所科学及電気研究場は、目黒の防衛装備庁艦艇装備研究所に残る昭和5年頃竣工の庁舎である。この建物は、海軍省建築局長であった真島健三郎が提唱した柔構造が反映されている、海軍の耐震構造の設計事例として『工事画報』や『海軍施設系技術官の記録』に紹介されている。この柔構造については、科研番号16K06695「海軍施設における真島健三郎の柔構造理論の展開に関する研究」にて明らかにしてきた。本研究では解体時調査を行うことでその実態を検証した。

平面は長方形で、梁間約16mに中廊下が通り、約6mの桁間20スパンの間3か所に階段室が設けられている。全長約133mは他の海軍庁舎と比較して、長手方向が長い建物である。断面は3階建て(中央の一部は4階)の陸屋根で、中央部塔屋の高さは17mある。

解体現場ではほとんどの鋼材に刻印は見られなかったが、一部で八幡製鐵所のロールマークが確認できた。内外壁は金森式の鉄筋煉瓦が使用されていて、煉瓦の一部には小菅集治監で製造されたことを表す桜の花弁の刻印が確認できた。この頃には小菅集治監での煉瓦製造は終了していることから、他で使用されていたものが利用された可能性がある。

柱梁はコンクリートの被覆された組立材が用いられ、鉄筋量は現在の鉄骨鉄筋コンクリート造に比べて極めて少なく、コンクリートの剥落防止のための鉄筋と考えられる。よって被覆コンクリートは耐火被覆の役目もあったかもしれないが、柱梁の架構種別としては鉄骨コンクリート造といえる。

柱梁接合部に関しては、梁鉄骨の納まりより、ピン接合を想定した形状をしており、真島建築局長の考案した柔構造理論を実践したものと考えられる。基礎部に関しては、柱脚がコンクリートに被覆されていて確認できないが、近くに建っていた同時期の物理化学及材料研究室の基礎の遺構から、ピン形式を想定したものと推定される。

微動における固有周期は0.341秒で、コンクリート被覆の柱梁と鉄筋煉瓦の内外壁により柔構造派が大地震時に想定した周期に比べ短い周期であった。ただし、内部鉄骨の多くの接合部でピン形式を想定したディテールとなっていることから、大地震時の周期は伸長するものと推察される。

建物は2018年11月から解体が始まり、現場関係者のご協力のもと、約2.8mの大梁・小梁・柱をコンクリートがついた状態のまま収集することができた。そこで、コンクリートのコア抜きをし、配合試験および圧縮試験を行った。セメントと骨材の比率は1:11となり、当時の基準における「強度を要しない構造物」の配合とほぼ符合していた。圧縮強度のばらつきは大きいですが、25N/mm<sup>2</sup>程度の強度を示すものが多く、セメント量が少ないことを考慮すると、圧縮強度は良好であったものと推察された。

次に、収集した鋼材について、引張試験、成分分析、組織観察からわかったことをあげると以下のとおりである。

- ・主材であるアングルの引張強さは 412～419N/mm<sup>2</sup>、つなぎ材であるプレートの引張強さは 425～438N/mm<sup>2</sup>であった。
- ・アングルとプレートの金属組織は、フェライト・パーライト組織であり、プレート材の方が細かい組織であった。
- ・リベットは、施工時の加熱による熱影響を受けた組織であった。
- ・清浄度は、0.07%～0.08%であった。
- ・観察された介在物は、MnS と推定される A 系、アルミナ系と推定される B 系、Mn 酸化物や Si 系が混在したと推定される介在物が観察された。
- ・硬さは、アングルが 129HV、プレートが 123HV とほぼ同様であり、リベットは 155HV であった。
- ・成分分析では、アングルやリベットよりプレートの方が Si と Cu が低い傾向がみられ、N はアングルとリベットが 40ppm、プレートが 30ppm であった。

引張試験ではばらつきがなく、降伏強度は 235 N/mm<sup>2</sup> を超え、引張強さが 400N/mm<sup>2</sup> を超えた値であった。成分分析から平炉鋼と推定され、組織調査では、アングルおよびプレートのいずれもフェライト・パーライト組織で、清浄度は 0.07～0.08% と通常の形鋼の 0.20～0.35 程度と比べて、清浄な鋼材と考えられた。

## (2) 旧横須賀鎮守府倉庫

旧海軍横須賀鎮守府倉庫は昭和 10 年竣工であり、関東大震災後に建て替えられた、横須賀鎮守府庁舎周辺に建つ建物である。旧海軍技術研究所科学及電気研究場から 5 年ほどたち、柔構造による耐震思想がまだ少し残っていた時代の建物と推察される。

平面形は梁間 9.48m (4.74m が 2 スパン)、桁行 24.05m (4.81m が 5 スパン) の長方形である。また、2 階建ての陸屋根までの高さは 9m と、倉庫のため規模は大きくはない建物である。旧海軍技術研究所科学及電気研究場と同様に柱梁にはコンクリートが被覆された組立材が用いられ、鉄筋量は現在の鉄骨鉄筋コンクリート造に比べて少なかったことから、鉄骨コンクリート造といえる。鋼材にはロールマークなど生産場所を特定できるような情報はなかった。

解体は 2018 年 4 月から始まり、現場協力のもと切り出した、組立 H 形断面梁 4 体と組立箱型断面柱 5 体をご提供いただいた。それらの鋼材を用いて引張試験、成分分析、組織観察からわかったことは以下のとおりである。

- ・主材であるアングルの引張強さは 412～419N/mm<sup>2</sup>、つなぎ材であるプレートの引張強さは 425～438N/mm<sup>2</sup>であった。
- ・アングルとプレートの金属組織は、フェライト・パーライト組織であり、プレート材の方が細かい組織であった。
- ・リベットは、施工時の加熱による熱影響を受けた組織であった。
- ・清浄度は、0.07%～0.08%であった。
- ・観察された介在物は、MnS と推定される A 系、アルミナ系と推定される B 系、Mn 酸化物や Si 系が混在したと推定されるものが観察された。
- ・硬さは、アングルが 129HV、プレートが 123HV とほぼ同様であり、リベットは 155HV であった。
- ・成分分析では、アングルやリベットよりプレートの方が Si と Cu が低い傾向がみられ、N はアングルとリベットが 40ppm、プレートが 30ppm であった。

これらのことから、建屋に使用されていた鋼材については、同じ形状の梁や柱でも、異なる鋼材が使用されていたことが確認された。このことは、海軍では鋼材を転用して使用することがあることが影響していると思われる。

鋼材分析では、引張試験でアングル材の強度と伸びに差異が見られたことから、成分分析を行うと、元素の数値に差異が認められたため、同一形状の部材でも構成している鋼材に異なる鋼材が使用されていたと推定された。また、成分分析では窒素量から転炉材か平炉材かを検討することが可能であると考えられた。そして、組織観察をすることで、引張試験と成分分析で得られたデータの補足を行うことができ、一つの情報を得ることができた。

## (3) 旧横須賀海軍工廠造機部仕上場

旧横須賀海軍工廠造機部仕上場は、防衛研究所戦史研究センター史料室に竣工史料が残っており、仕様書と図面 3 枚を確認することができる。これによって、建物は明治 41 年 3 月起工、10 月竣工で、工事費額 26,450 円であったことがわかる。

建物は平屋の鉄骨造で、艦装工場が立ち並ぶ小海周辺にあり、艦装関係の工場として使用されていた。平面は、梁間約 12.2m、桁行 7m が 8 スパンの全長 56m の長方形で、当初は横に桁行 4 スパン分もう一棟付いていたが、昭和 12 年の配置図からこの時点で無くなっていたことがわかる。また、当初搭載されていた 10 トン起重機はなくなっていた。屋根は垂鉛引波形鉄板葺の空気抜き付き切妻屋根で、キングポストラスが 17 組、1 スパンあたり 3.5m の間隔で長手方向に配置されている。

建物には仕様書のとおり部材が確認でき、柱には H 形断面の鋳鉄が用いられているが、クレ

ーン支柱や間柱には鋼鉄材が使用されていた。また、小屋組のトラスには鍛鉄が使用されていて、斜材はT形、鉛直水平部材は丸棒と、部材にかかる応力負担を考えて使い分けられている様子が見受けられた。

海軍では明治末期に輸入鋼材による工場が建てられているが、それより前には鑄鉄柱に鍛鉄の小屋組で建てられた時期があり、この建物は仕様書に官渡材による古材の記述が見られることから、その前の時期の部材構成で建てられた建物であると考えられる。

建物の基礎部分も竣工史料のとおり、基礎間を石材によるアーチ構造とコンクリート壁で連結させたフーチング基礎と、各基礎には支持地盤の深さに応じた長さの松杭が確認できた。フーチング基礎は割栗石を敷き詰めた上に無鉄筋コンクリートが打設され、主柱の柱脚部を鋼鉄製のアンカーボルトとベースプレートを通して緊結されている。この構造形式は、建物全体の荷重を各杭に有効的に伝達して構造的均質性を高める効果があったと思われる。

本建物の同時期には、近くに英コーワン・シェルドン社製の200トンクレーン(2002年解体)や、英ドーマンロング社製の旧横須賀海軍工廠造機部製罐工場(2004年解体)が建てられた。このように、大規模工場や屋外クレーンでは輸入材の使用が行われていた当時において、それほど規模の大きくない工場では古材の鑄鉄柱と鍛鉄のトラスを用いて建てられていたと考えられ、海軍建築の構造の変遷をおう上で参考となる建物となった。

#### (4) 旧横須賀海仁会病院

旧横須賀海仁会病院は横須賀市に残る昭和14年3月に開院した、4階建て(一部5階)の鉄筋コンクリート造である。建物は下士官兵家族のための病院として、石本建築事務所によって設計されており、海軍の外郭団体のためか、海軍の営繕ではなく、民間の設計事務所によるものになっている。そのため、海軍の建物よりデザイン性のある建物となっている。

本建物は設計段階からの青焼き図面が残っており、現在のヨゼフ病院に引き継がれたもののほか、軽井沢高原文庫が所蔵している立原道造資料に図面5点、横須賀市立中央図書館に附帯設備工書の簿冊1点が確認できる。図面には石本、海老原、立原の印が見られ、その一人である立原道造は大学を卒業して入所したばかりであった。立原が描いたパース画は昭和13年7月号の巻頭に「某病院計画案」として掲載され、竣工後につくられた「横須賀海仁会病院案内」には新建築ではあった日の丸の旗の掲揚がなくなった形で全景として紹介されている。

軽井沢高原文庫の図面には第3案と書かれており、聖ヨゼフ病院所有図面には第2案と書かれた以外のもののほか第3案より後と思われる日付のものがある。昭和12年3月の第2案では直線的な平面形をしているのに対し、昭和12年6月の第3案ではカーブを持つ形になっている。

建物は実測の結果、第3案の青焼きに見られた寸法に近く、36m離れた地点を中心に70°分の弧を描いた曲線に沿っていることがわかった。昭和12年5月に描かれた立原のパース画でも現状に近い外観を見ることができることから、この段階で基本的な設計ができあがっていたものと思われる。また、戦後には4階部分のほか建物の一部に増築が行われており、間仕切りの改造もみられるが、当初の姿をよく残していた。

平面は曲面を持つ中央部に両翼が後ろにのびる形をしており、中廊下の両脇に各部屋が設けられている。中央部は、弧の内側では約4.88m、弧の外側では6.51mのスパンで柱が配置されていて、それらを曲面でつなぐ形をとったものと推察される。これにより生み出された外観のゆるやかな曲面には、水平連続庇がついている。また、スロープや玄関がつく北東の翼部には白いモザイクタイルが確認でき、昭和初期のモダニズム建築の姿が見られる。

解体工事は2022年7月から2023年5月にかけて行われた。床厚150mmには床暖房のために入っていたパイプを確認することができた。建物は鉄筋コンクリート造で、鉄筋はシングルで入っており、同時期の海軍施設に比べると頑丈さの印象は薄れる。しかし、建物は斜面に建ち、扇形に翼部がつく特殊な平面形を考えると、当時の構造計算技術の高さがうかがい知れる物件である。

#### (5) 旧三井染料工業所J工場

旧三井染料工業所J工場は三井化学株式会社大牟田工場に残る、昭和13年の鉄筋コンクリート造である。平面形は6mが8スパン、9mが6スパンという48mと54mの四角形に、3か所付いた階段部の出っ張りがでている。各階の高さは約6.5mある上に、当時としても数少ない7階建て建物であり、屋上手すりまで約46.8mの高さがある。また、床厚は176mmで中央部の盛り上がりから外に向かって傾斜がついていて、1・2階以外は間仕切りが一切ない。

このような平面や断面形を持っているのは、上の階から順次原材料を落としていくことで、動力なしで次の化学反応の工程へ進める染料工場であったためと考えられる。ドイツの染料工場を参考につくられたと言われているが、何が参考にされたかまでは確認できていない。しかし、柱を壁面から内側に離すことで、連続する窓を可能にして、採光面が多くなっているところなど当時のモダニズム建築の要素が見て取れる。

大牟田工場で所有する図面には昭和9年から12年にかけてのものが確認でき、当初2階建てでつくられたものを7階建てに増築した様子がうかがえる。また、三井文庫が所蔵する三井鉱山株式会社三池鉱業所旧蔵資料の中にも屋外階段増設工事資料が残っており、7階建てのJ工場など同時期に同様の高層工場が鉄筋コンクリート造でつくられていて、それらも低層でつくった後に増築していたことがわかった。

建物は2006年から使われなくなっていて、2022年5月から約1年をかけて解体された。スラブはシングル鉄筋の鉄筋コンクリートで、柱間3本のI形鋼で支えられている。柱2本からとられたコンクリートコア4点は、圧縮強度が31.9~45.6N/mm<sup>2</sup>で、平均38.9 N/mm<sup>2</sup>であった。解体時にはこのようにコア抜きしたコンクリートの圧縮強度試験が行われたほか、ドローンによる撮影も行われ、データをご提供いただくことができた。

以上のように、本研究では、柔構造の考えのもと建てられた昭和初期の庁舎建築(旧海軍技術研究所科学及電気研究場、旧海軍横須賀鎮守府倉庫)について、解体調査によって構造を確認することができただけでなく、部材を収集し引張試験、成分試験、組織観察などを行うことができた。また、資料研究では知られていた鑄鉄柱と鍛鉄のトラスでつくられた工場建築(旧横須賀海軍工廠造機部仕上場)を実物として初めて確認でき、石材によるアーチ構造と松杭で構成された基礎部分まで調査できた。そして、鉄筋コンクリート造の病院庁舎(旧横須賀海仁会病院)や工場(三池染料工業所J工場)の解体調査から、昭和初期の海軍以外での建築技術について情報を収集することができた。

これらの調査では、所有者および現場関係者に多大な協力をいただいたが、解体現場でできる調査は限られてくる。その中で、使える部材を同じ条件で揃えてもらうことは難しい。また、各自で得られたデータは比較対象がないと言えることは少なくなってくる。この2点は課題ではあるものの、本研究では貴重なデータをとることができ、今後の調査においても参考となるものが得られた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 山中美穂・藤本利昭・水野僚子
2. 発表標題 解体調査に伴う旧海軍技術研究所科学及電気研究場の構造に関する研究 使用材料の分析
3. 学会等名 鋼構造シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山中美穂・藤本利昭・水野僚子
2. 発表標題 体調査に伴う旧海軍技術研究所科学及電気研究場の構造に関する研究 その2 使用鋼材の分析結果
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 河地駿介・藤本利昭・水野僚子・山中美穂
2. 発表標題 解体調査に伴う旧海軍技術研究所科学及電気研究場の構造に関する研究
3. 学会等名 日本建築学会大会（関東）学術講演梗概集
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 水野僚子・藤本利昭・山中美穂・河地駿介
2. 発表標題 旧横須賀海軍工廠造機部仕上場の解体調査について
3. 学会等名 日本建築学会大会（北陸）学術講演梗概集
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

米倉陸・藤本利昭・水野僚子：明治末期に建造された旧横須賀海軍工廠建築の解体調査について，日本大学生産工学部第54回学術講演会，2021年12月11日，pp.13~16

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
研究分担者	藤本 利昭  (FUJIMOTO Toshiaki)  (30612080)	日本大学・生産工学部・教授    (32665)	

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
---------	---------