

2018年度(平成30年度) 研究報告

2020.8.28現在

NO.	氏名	所属研究機関・職名	研究課題	ページ
1	ウノ サトシ 海野 聡	東京大学大学院 准教授	中世興福寺の諸建築にみる復古思想の解明	1～4
2	オオウエ ナオキ 大上 直樹	京都美術工芸大学 特任教授	「枝割制」再考 —「枝割制」の疑問と新たな平面寸法決定法の提案—	5～10
3	オオノ サトシ 大野 敏	横浜国立大学大学院 教授	近代の文化財建造物の保存活用に関する基礎的研究 —神奈川県立歴史博物館(旧横浜正金銀行本店本館)を事例として	11～14
4	キタノ ノブヒコ 北野 信彦	龍谷大学 教授	近世社寺建造物における油彩系塗装彩色材料・技法の調査と保存修理・資料活用に関する研究	15～19
5	スギノ ミナ 杉野 未奈	京都大学大学院 准教授	伝統木造建物の柱材の完全非破壊型密度推定法の構築	20～21
6	タキノ アツオ 瀧野 敦夫	奈良女子大学 准教授	根継ぎを有する柱を含めた板壁構面の耐震性能評価	22～25
7	ナカオ ナナエ 中尾 七重	山形大学 客員研究員	重文堀家住宅(賀名生皇居)の建築年代調査と当初復原	26～29
8	ミヤモト ミツヒロ 宮本 慎宏	香川大学 准教授	社寺建築物に用いられる厚塗り土壁を有する木造軸組架構の耐震性能評価法の構築	30～31
9	ムラモト マコト 村本 真	京都工芸繊維大学 准教授	伝統木造建築の保存設計のための土壁と壁土の実験データベース構築による土壁の性能分析	32～34
10	メグロ シンゴ 目黒 新悟	奈良文化財研究所 アソシエイトフェロー	越後大工・小黒杢右衛門の建築活動と建築作品の特徴	35～38
11	ヤマダ コウジ 山田 耕司	豊田工業高等専門学校 教授	柱脚浮き上がりを許容した壁を含む架構の水平耐力に関する縮小試験体による実験的検証	39～42

※50音順

※原則、所属研究機関・職名は申込時を記載。

研究課題

中世興福寺の諸建築にみる復古思想の解明

研究代表者 海野 聡（東京大学大学院）

1. 研究目的・概要

中世において、大陸から新たに持ち込まれた大仏様や禅宗様が隆盛し、細部意匠は和様建築にも波及したことが知られている。いっぽうで興福寺ではそれ以前の伝統的な建築形式が堅持され、室町時代も同様であった。中世の興福寺以外でも近世における考証学や現代における復元など、伝統形式の継承や再興による〈復古〉は日本建築史を通じて行われてきている。ゆえに中世興福寺の諸建築と造営にかかわる文書を通して設計手法や背景を施主・技術者の両面から検討することで、日本建築史に通底してみられる伝統継承の思想と〈復古〉に対する技術的解釈の解明に迫る点は大きな意義がある。

中世の建築技術については、大仏様・禅宗様に焦点が当てられ、和様、特に奈良時代建築の継承という点には看過されてきており、大きな特色ある着眼点である。現存建築・文献資料・発掘資料・春日社寺曼荼羅・「興福寺建築諸図」（東京国立博物館蔵）などの絵画資料という多彩な資料を用いる本研究の研究手法は独創的である。

興福寺の鎌倉再建の現存建築としては、北円堂と三重塔が残り、これらの検討とともに、同時代、あるいは礎石を採用した〈復古〉的な建築を比較対象として、興福寺の中世における〈復古〉について検討する。また興福寺の中世の様相を知るうえで、主要な史料である「興福寺建築諸図」があり、ここには興福寺の中世以降の建物の情報を多く含んでいる。この「興福寺建築諸図」をもとに現存しない建築の情報も多く含んでいる。

2. 「興福寺建築諸図」について

この「興福寺建築諸図」は興福寺の図面及び書貫帳で、江戸時代の作成とみられる。享保2年（1717）の火災前後に描かれた建物の実測図または焼失後の再建計画図と推測され、現在は東京国立博物館に所蔵される。

この「興福寺建築諸図」に関する論考は濱島正士¹⁾、川上貢²⁾らの研究があり、食堂に関しては、古式を伝える建築図として拙稿でも取り上げている³⁾。この「興福寺建築諸図」の図は現況の実測図・修理計画図・再建計画図のそれぞれの性格を有している。

「興福寺建築諸図」は主に中金堂を含む一帯が失われた享保2年前後に描かれたものであるが、食堂は火災を免れている。それゆえ鎌倉再建の建物が残

っていた食堂・竈殿については、ここから鎌倉時代の再建建築の構造を知ることができる。

食堂は永承元年(1046)と治承4年(1180)の2回の焼失のみで、鎌倉再建の食堂は明治年間に中学校・県庁と利用されたが、その後、取り壊されて現存しない。竈殿も享保2年の火災では焼けておらず、食堂と同じく鎌倉時代のものがこの時にも残っており、その図面であるとみられる。これをもとに鎌倉再建の食堂・竈殿の様相を窺うことができる。

3. 興福寺の中世の再建

現存する興福寺北円堂・三重塔をもとに中世の再建における特徴を見てみたい。京下工・官行事所工・寺工らが興福寺の造営に参加したことが知られ、二つの技術系統があった。三重塔は「部材の寸法が細く、洗練・瀟洒」だが、北円堂は「力強い印象を与えるもの」で、これを京都系と奈良系の意匠の違いをよく示すものとする(24)。後者は寺家沙汰であったことが知られ、寺工の関与からも奈良系のもので、三重塔は京都系とみられる。

これを踏まえて食堂・竈殿をみると、食堂は鎌倉復興の最初期の養和元年(1181)に造営に着手し、同年10月3日には軒を張らない仮葺であるが、新造になっている。この時点では軸部は完成していたとみてよかろう。そのうえで「興福寺建築諸図」をみると、食堂は桁行9間、梁間5間の四面廂の柱配置で、入母屋造で描写される。二重虹梁豕扱首の構造で、妻飾りも豕扱首とし、軒は二軒で、出組で支え、中備は間斗束とする。軸部は丸柱を地覆・腰貫・飛貫・頭貫で固め、柱間装置は板戸とする。貫に着目すると、少なくとも妻側の梁間方向に飛貫と腰貫、入側柱の桁行方向に飛貫と腰貫を用いている。この二方向の貫は妻側で交わるとみられるが、梁間方向・桁行方向で高さが異なっており、背違いとすることで、柱位置で貫が同高で直交しない軸組としている。また側柱と入側柱をつなぐ繫虹梁の入側柱の端部が柱を貫通しており、入側柱筋の頭貫と組んでいる。いずれの虹梁尻も鯖の尾が付く。

同様に竈殿をみると、桁行9間、梁間4間で入母屋造とし、煙出しが付く。組物は平三斗、二軒とし、虹梁豕扱首で支える。軸部は丸柱を地覆・腰貫・頭貫で固める。竈殿の貫についても、外周の腰貫の高さが梁間方向と桁行方向で異なっており、背違いで納めている。また内部は入側柱の頭貫が桁行方向だけではなく、梁間方向にも入っており、さらに根肘木で支えている描写がある。この頭貫の上には斗を置き、虹梁を支えている。いずれの虹梁も鯖の尾が付く。

以上のように「興福寺建築諸図」に描かれた食堂・竈殿をみると、屋根形状や組物(25)などは古代にもみられる手法を用いており、全体的には「古代的」な外観を見せていたと考えられるが、虹梁尻の鯖の尾・背違いの貫など、細部では奈良時代の建築の形式を継承したのではなく、建設時の手法が用いられたとみられる。

4. 興福寺における〈復古〉思想

興福寺の鎌倉復興において、〈復古〉として何を目指し、どの程度、オリジナルが重視されたのであろうか。〈復古〉における取捨選択を通して、オリジナルの追求についてみてみたい。

まず「興福寺建築諸図」の食堂・竈殿を見ると、建築規模が一要素としてあげられる。規模に関しては、発掘調査を通して、規模の継承が明らかになっている。食堂の身舎を梁間三間とする構成は古代食堂の流れを継承するものである。

いっぽうで虹梁尻の鯖の尾など、当時の意匠を取り入れる部分もみられ、オリジナルに対する過度な追求はうかがえない。前身建物の焼失という歴史的背景もあろうが、細部に関しては、オリジナルと同時代の類例を参照するといった行為は志向しなかったのであろう。

鎌倉再建の現存建築をみると、北円堂では二重虹梁を用いており、構造強化を図っている。さらに古代の建築技術からの発展があり、入側柱筋では内法貫が内法長押の下方に表出し、内部空間には変化が窺える。これに対し、側廻りの内法貫は外観に表出しない配慮をしている。

鎌倉復興に限らず、中金堂・東金堂・五重塔・南大門では礎石が再利用されており、規模の継承が確認でき、建物規模はオリジナルの継承の重要な要素であったとみられる。中金堂に関していえば、「興福寺建築諸図」や「春日社寺曼荼羅」（鎌倉時代）の描写からみて、単層裳階寄棟造という姿が鎌倉・応永の再建で継承されており、奈良時代以来の姿を志向していると考えられる。

興福寺の〈復古〉においては建物規模や屋根形状などのおおまかな建物構成の継承が志向されたことは疑いなかろう。いっぽうで、そのオリジナルへの追求は現代の一部の遺跡復元にみられるような過度なものではなく、新しい技術や細部意匠の導入を許容するものであった。

5. 興福寺の〈復古〉の特殊性

興福寺では北円堂で貫が使用されていることが知られ、鎌倉時代の再建の竈殿でも、もちいられた可能性がある。同様の貫の使用の早い例としては平等院鳳凰堂の両翼廊がある。これは今後の研究課題であるが、本研究により貫の発生年代を考えるうえで、重要な視座が得られている。

また同時代の奈良の事例を法隆寺でみても、聖霊院や東院礼堂をみても、ほぼ古代の建築の形式で足固貫が一部、用いられる程度である。法隆寺の鎌倉復興には興福寺の工匠の関与がうかがわれ、全体としては古式を継承するという興福寺の〈復古〉の思想に通じる要素がうかがえる。

おなじく中世の大阪南部の密教寺院である金剛寺・観心寺では密教寺院とい

うこともあるが、平面的には中世の密教本堂の形式として礼堂付加があり、古代の状態をそのまま継承しているとはみがたい。さらに観心寺では双斗の中備が用いられており、新しい要素が取り込まれていた。

興福寺の〈復古〉の様相が特殊であることは、国分寺の再建からもうかがえる。周防国分寺は室町時代に再建、そして江戸時代に現在の金堂が建てられているが、同位置で継承されているものの、規模は大きく変わっており、近世寺院の特徴を示している。

以上の比較からも、興福寺の鎌倉復興における〈復古〉思想は南都諸寺や同時代の寺院と比べても特殊である。さらに同位置での継承がなされる事例はほかにもみられ、これも〈復古〉思想とも考えられるが、周防国分寺のように、建築形態や規模は大きく変わる者も多く、この点からも興福寺の例は特異であるといえる。

注

1) 濱島正士「「興福寺建築諸図」について」『東京国立博物館研究誌』461、東京国立博物館、1989年。本論文では「興福寺建築諸図」の内訳として名称・大きさ・種別・縮尺・年紀・大工名・備考の項目を示し、制作年次・制作者を示している。また同氏は『設計図が語る古建築の世界—もうひとつの「建築史」』（彰国社、1991年）において、享保の現況図と修理計画図の違いを示している。

2) 川上貢『建築指図を読む』中央公論美術出版、1988年

3) 海野聡「東大寺食堂にみる古代食堂の建築的展開について」『東大寺の新研究3 東大寺の思想と文化』法蔵館、2018年

「枝割制」再考

—「枝割制」の疑問と新たな平面寸法決定法の提案—

RECONSIDERING THE “SHIWARI SYSTEM”

The question of “SHIWARI system” and the proposal of a new plane dimensioning method

大上 直樹*

Naoki OOUE

Keywords : SHIWARI SYSTEM, KIWARI SYSTEM, FRONTAGE, Rafters pitch

枝割制, 木割術, 表の間, 垂木歩

はじめに

本研究は、中世社寺建築の平面寸法決定において常識とされる「枝割制」について、その疑問点を指摘し、「枝割制」に代わる新たな平面寸法決定技法を提案するものである。

「枝割制」とは、鎌倉時代後期ころに「六枝掛」とともに成立したとされる平面寸法決定技法で、1 枝寸法をはじめに定め、それに垂木数を乗じて柱間寸法を決定すると考える。

本来、社寺建築は表の間（正面間口）をまず決定し、順次小さい寸法を決めていくものであるが、中世の社寺建築の表の間は、古代のように完数値ではなく端数のつく値になるため、「枝割制」はそれをよく説明できる技法として、広く受け入れられてきた。最近では、中世仏堂だけでなく、禅宗様仏殿や法隆寺金堂までもが、「枝割制」であるとする論考が提示されている。

しかし、「枝割制」には多くの矛盾点があり、それらを説明するためには、本来の正しい設計法を明らかにしなくてはならない。

1 枝割制の疑問

1.1 近世以前の枝・枝割

「枝」は「シ」、「シュ」と呼び「支」、「首」が当てられる他、「本」、「挺」などがある。

「匠明」などの近世木割書、規矩術書においてその意味を検討すると、「枝」は垂木の本数を示す語彙で、現代のように垂木真々間の長さの概念はなく、垂木幅と小間を加えた値とも認識されていたことが窺われる。

1.2 近代の枝・枝割・枝割制

『文化財講座建造物 3』によれば、「枝割制」は「垂木の間隔を基準として、これから柱間寸法を定める技法」とされる。そうした理解の基礎は文化財建造物修理の蓄積の上に大森健二博士の「六枝掛」と「枝割制」によって軒廻りの整理されたとの解釈であった。その後、浜島正士博士の塔や、溝口明則博士の1 丈宛何枝という1 枝寸法の出自を問う解釈は、扇垂木の禅宗様仏殿や古代の法隆寺金堂までもが「枝割制」であると解釈が広がった。

他方、「枝割制」に疑問を呈する文化財建造物修理工事報告書は少なからず存在する（富貴寺本堂、不動院本堂他）。また、村田健

一は、溝口の『法隆寺の設計技術』の書評で、内容に触れず「枝割制」とはまったく逆の設計工程を主張した。しかし、否定しただけで、「枝割制」に代わる設計法の提示はおこなわれなかった。

1.3 「枝割制」の疑問

現代では「枝割」は「枝割制」と同じ意味で使われる。つまり、自律した垂木歩を先に定め垂木数を乗じて柱間寸法を定める意味である。しかし、江戸時代の木割書では柱間を何本の垂木で割込む、つまり垂木割の意味であり、まったく反対の解釈になっている。

また、垂木歩（1 支寸法）が端数のつく値である場合が多い。さらに同一建物の中で、柱間によって垂木歩が異なる点は、「枝割制」では説明ができない。

そのほか、近世の大工技術書を検討しても垂木歩を先決めする記述は確認できない。

2 本研究の視座

これまで矛盾がありながら「枝割制」が一定の正当性を有していたのは、鎌倉時代後期頃以降、表の間が整数値ではなく、端数のある値であったため、表の間が先に決定されたと考え難かったことによる。その原因は、緒寸法の捉え方に問題があったためと考えられ、本研究においては以下の4つの視座を明確にした。

2.1 平面寸法を押さえる基準の多様性

これまでは柱や垂木の真々だけを基準にしてきたが、近世木割書においても、以下の三種類の基準が確認できる。

中墨（真々）、ヲゼ（外法）、ダキ（内法）の3基準である。柱真は、柱を3基準に据えた後求められる。

2.2 度量衡の問題「裏目尺」の使用

中世では通常の尺より $\sqrt{2}$ 倍の長さである裏目尺が、平面寸法などにも使用されていたことを、近年の修理工事報告書で指摘されるようになってきた（十島菅原神社本殿他）。裏目尺は唐尺とも呼ばれ中国や沖縄で吉凶を占うのに使用される露般（斑）尺であった可能性がある。

裏目尺の使用は、建物全体の場合もあるが、建物で最初に定められる表の間に使用されてた可能性が窺われる。

2.3 境内の建物相互の関係性

* 京都美術工芸大学 建築学科 特任教授・博士（学術）

Professor, Dpt. of Architecture, Kyoto arts and crafts Univ., Ph.D

社寺建築はそれぞれが自由に設計されているのではない。『匠明』においても七間堂以上の堂の場合五間大門とし、中央間は本堂より柱1本狭くするとの記述がある。

実際の遺構を調べてみても、神社本殿と拝殿や門、寺院本堂と門、鐘楼、塔の表の間には明快な比例の関係が認められる。したがって緒建築は「枝割制」が説く、垂木歩(1支寸法)から決められたのではなく、建築全体の規模を規定する表の間から定められたことが推察される。

2.4 整数比或いは比例論

「枝割制」を主張する溝口は、我が国の建築の設計において比例論は科学的根拠がないとするが、それは全くの間違いで、すべての寸法は表の間から比例によって定められる。もちろん近世木割書は比例による設計理論である。現代では簡単な比例(例えば3:2など)は認識できるが、少し複雑な整数比で表現することが少ないため、気付かないことが大変多い。

例えば、 $1:\sqrt{2}$ に按分する事例は、「延小目割」といい、様々な寸法決定に使用されている(塔の相輪の割付など)。

3 五間堂の平面寸法決定法

3.1 「枝割制」の否定と新しい設計法の提案

「枝割制」の問題点は、はじめに自律的に決定する垂木歩(1支寸法)に端数があること、同一建物で柱間によって垂木歩の値があることである。我々は疑問に思いながら、これらの点に目を逸らしていたのである。それらの事実ははじめに垂木歩が決められたことを否定している。また近世大工文書の検討からも、垂木歩は後に決定されてきたことは明らかである。

3.2 「柱間按分法」

本研究では新たな平面寸法決定法として「柱間按分法」を提案する。その基本は、建築の正面間口である表の間をまず決定し、それを按分して柱割をおこない、各柱間を垂木割をおこなうのである。したがって垂木歩は最後に求められる。現代の「枝割制」とはまったく反対の工程であるが、それが建物本来の設計の流れであろう。

なお、すべてが一様な流れではなく、基本的な流れに対し2つの二つの変化した工程がある。「基本型」、「枝数型」、「外法型」である。

「基本型」は、表の間を裏目尺(露般尺)完数で定め、整数比B:B:A:B:Bで按分して柱割をおこない柱を据える。次に整数比の値をn倍した値を垂木数として垂木割をおこなう(倍数は2~4が多い)。垂木数はnB:nB:nAnB:nBになる。柱割と垂木割の比が一致するから垂木歩はすべて揃う。垂木歩の値は端数のあるものとなないもの両方がある。

「枝数型」は、柱割までは「基本型」と同じであるが、垂木割を柱割の比と関係なく自由に決める。Y:Y:X:Y:Yである。したがって、各柱間の垂木歩は揃わない。一般には中央間で大小の値となる(柱割と垂木割の比は関係がない)。

「外法型」は、柱割までは「基本型」と同じであるが、端の柱の外側を表の

間の端に据えるのである。したがって端間の柱真は柱半分短くなる。中央間と脇間は「基本型」に準じて柱割の整数比にn倍した値を乗じて垂木数を決め、端間は任意の枝数で垂木割をおこなう。C:nB:nAnB:Cとなる。柱の径がちょうど垂木歩2本分であれば、すべての垂木割は揃うが、そうでない場合は端間が揃わない。

3.3 事例研究1 柱間按分法 基本型

大報恩寺本堂 鎌倉時代前期 安貞元年1227

表の間 裏目 46.0 尺(1.40) ()内は裏目尺への換算値

柱 割 5:7:8:7:5

垂木割 15 枝:21 枝:24 枝:21 枝:15 枝



その他、鎌倉~室町時代の40棟が「基本型」であることを検証した。なお、五間とも同じ柱間寸法とするものが3棟あり、この中に分類した。

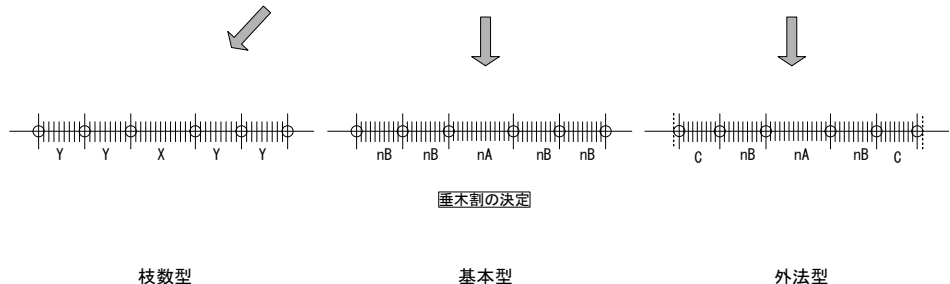
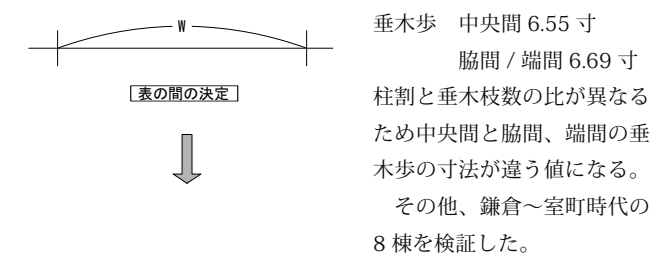
3.4 事例研究2 柱間按分法 枝数型

西明寺本堂 鎌倉時代前期 当初の五間堂時代の平面

表の間 裏目 34.0 尺(1.41)

柱 割 8:8:9:8:8

垂木割 14 枝:14 枝:16 枝:14 枝:14 枝



3.5 事例研究 柱間按分法 外法型

長弓寺本堂 鎌倉時代後期 弘安2年 1479

表の間 裏目 36.0 尺 (1.41)

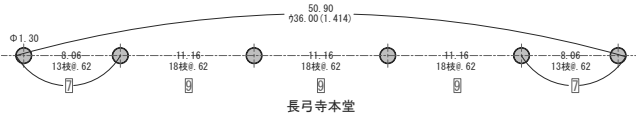
柱 割 7(ヲゼ):9:9:9:7(ヲゼ) ヲゼ=外法

垂木割 13枝:18枝:18枝:18枝:13枝

垂木歩 中央間/脇間 6.20 寸

端間 6.20 寸 (柱径が垂木歩2つ分であるため歩は揃う)

その他5棟の遺構はすべて鎌倉時代後期に限られる。



3.6 総括

中世の五間堂 56 棟の平面寸法の決定法を検証し、「枝割制」では説明出来なかった矛盾点を「柱間按分法」で矛盾なく説明することができた。その内訳は下表のとおり。

時 代		基本型	枝数型	外法型
鎌倉時代	前 期	2	3	—
	後 期	8 (1)	—	6
室町時代	前 期	14 (1)	4	—
	中 期	9 (1)	—	—
	後 期	8	2	—
合 計		41	9	6

「基本型」は、垂木歩 (1 枝寸法) がすべて揃う平面寸法の決定法で最も棟数が多く全国に分布する。代表的な遺構は、長寿寺本堂、鏝阿寺本堂、浄土寺本堂、本山寺本堂 (香川)、新長谷寺本堂など。「枝数型」は、垂木歩が揃わない。近江、若狭地方に分布する。代表的な遺構は、明通寺本堂、法界寺阿弥陀堂、桑実寺本堂など。「外法型」は、端間で垂木歩が揃うものと異なるものがある。代表的な遺構は、霊山寺本堂、大善寺本堂、長保寺本堂などで奈良を中心に鎌倉時代後期だけに見られる。

4 七間堂の平面寸法決定法

4.1 柱間按分法

七間堂も五間堂と全く同様に「柱間按分法」で柱割、垂木割がおこなわれる。やはり、「基本型」、「枝数型」、「外法型」がある。

4.2 事例研究 1 基本型

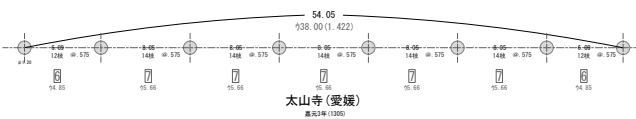
太山寺本堂 鎌倉時代後期 嘉元3年 1305

表の間 裏目 38.0 尺 (1.42)

柱 割 6:7:7:7:7:7:6

垂木割 12枝:14枝:14枝:14枝:14枝:14枝:12枝

垂木歩 5.75 寸



4.3 事例研究 2 枝数型

常楽寺本堂 室町時代 延文5年 1360

表の間 48.0 尺 (1.416)

柱 割 9:9:9:9:11:9:9:9

垂木割 16枝:16枝:16枝:20枝:16枝:16枝:16枝

垂木歩 中央間 5.515 寸

脇間 1/ 脇間 2/ 端間 5.638 寸



4.4 事例研究 3 外法型

観心寺金堂 室町時代前期 正平年間 (1346-1369)

表の間 裏目 46.0 尺 (1.42)

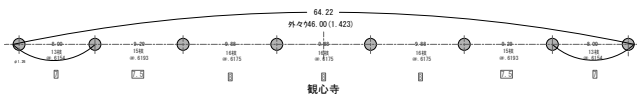
柱 割 7(ヲゼ):7.5:8:8:8:7.5:7(ヲゼ)

垂木割 13枝:15枝:16枝:16枝:16枝:15枝:13枝

垂木歩 中央間/脇間 1 6.175 寸

脇間 2 6.193 寸

端 間 6.154 寸



4.5 総括

中世の七間堂 11 棟 (比較のため桃山期の園城寺金堂を加えた) の平面寸法の決定法を検証し、五間堂と同様に「柱間按分法」でよく説明出来ることを明らかにした。

時 代		基本型	枝数型	外法型
鎌倉時代	前 期	—	—	—
	後 期	1	1	—
室町時代	前 期	4 (1)	1	1
	中 期	1	—	—
	後 期	1	—	—
桃山時代		1	—	—
合 計		8	2	1

「基本型」の代表的な遺構は、延暦寺転法輪堂 (旧園城寺金堂)、金剛輪寺本堂、善水寺本堂、朝光寺本堂など。近江や瀬戸内地方に分布する。

「枝数型」の代表的遺構は、太山寺本堂 (兵庫)。

「外法型」は観心寺金堂 1 棟である。

5 柱断面寸法の決定法

5.1 近世木割書の決定法

近世木割書において柱の断面寸法の決定法は、通常の仏堂や社殿では中央間や脇間などひとつの柱間に寸数え (0.1 倍の意) などと係数を乗じるものと塔などでは総間 (土居) に係数を乗じる 2 種類がある。それらは簡易な方法と言えるだろう。

5.2 成岡家文書の三間堂の柱断面寸法の決定法

中世からの大工家の流れを汲む成岡家蔵の大工文書「鎌倉様御秘伝書」、「木割秘伝規矩」は慶長頃のもので (江戸末の写し)、古式な木割書と推察される。

三間堂については「三間割堂」とあり、「枝割制」ではないことが明らかである。また表の間 18 尺のとき柱の断面寸法は 0.42 を乗じて決定する。この係数 0.42 はどのような根拠で求められたのか検討すると、以前から筆者が考えていた「脇間整数比差法」で説明できることが判明した。

「脇間整数比差法」とは、三間堂の中央間と脇間の比（ともに真々）に対し中央間真々と脇間外法の比の差から柱の断面寸法を求める方法である。成岡家文書の18尺の三間堂を例にとると、

柱真々の比 7 : 10 : 7 … ①
中央間真々と脇間外法の比 3 : 4 : 3 … ②

②式は表の間の外法を示し①式は真々であるから、その差が柱の断面寸法となる。この式から表の間の真々に対し柱は、

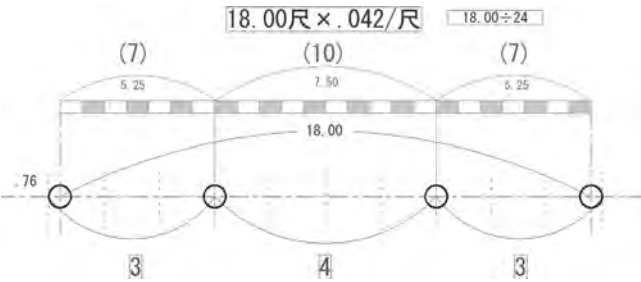
$$2/27 = 1/24 = 0.0416\cdots \div 0.042$$

となり、成岡家文書とおりとなる。またこの時中央間に対する柱断面寸法の比は、

$$2/20 = 0.10$$

となり、木割書でよく見られる比率となる。

この条件を実際の満たす遺構は、西願寺阿弥陀堂がある。



5.3 成岡家文書の五間堂の柱断面寸法の決定法

「五間割堂」では柱の断面寸法を表の間が31尺の場合、係数0.0265を乗じて決定する。これを「安き法」つまり簡易法という。

これも「脇間整数比差法」で導くことができる。木割書から、
柱真々の比 7 : 7 : 9 : 7 : 7 … ④

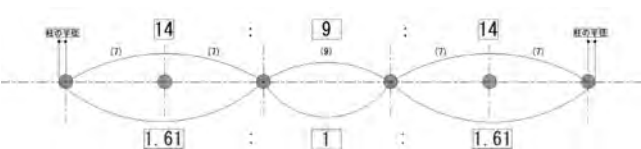
脇間、端間をまとめて 14 : 9 : 14 … ⑤

中央間真々と脇間外法の比を 1.61 : 1 : 1.61 … ⑥

と仮定して、⑥式から⑤式の差を取ると、柱の断面寸法を得る。

$$0.98/37 = 0.0264986\cdots \div 0.0265$$

⑥式の1.61は中央間に対して脇間を黄金比とした値である。



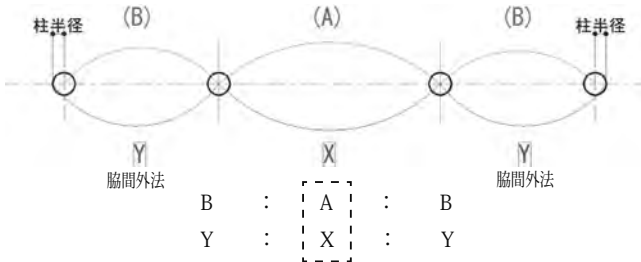
6 禅宗様三間仏殿の平面寸法決定法

6.1 三間仏堂の平面寸法決定法

三間仏堂の平面寸法の決定法は、「柱間按分法」と考えられる。はじめに表の間を裏目完数で定め、それを整数比で按分して柱割をおこなうのである。和様仏堂であれば、さらに各柱間を垂木枝数で除して垂木割をおこなう。さらに、柱の断面寸法は、「脇間整数比差法」で決定されと考えられる。

平面寸法と柱断面寸法の基本モデルと計算式を以下にまとめた。A、BやX、Yは比率であるが、中央間真々であるAとXの実際の長さは等しい。

柱真々の比に対し、ヲゼ真（脇間は中央間側が柱真、側は柱外法までと中央間真々）の比の組合せは、一義的に決まってい下表に示すパターンが考えられる。そこから柱の断面寸法は比率によって、以下の式で定められる。



表の間に対する柱径の比率

柱径/総間真々(R0)

$$\frac{2(BX - AY)}{X(A + 2B)}$$

中央間に対する柱径の比率

柱径/中央間真々(R1)

$$\frac{2(BX - AY)}{AX}$$

真々			外法・真々			柱径	
脇間	中央間	脇間	脇間外法	中央間	脇間外法	柱/総間	柱/中央間
B	A	B	Y	X	Y	R0	R1
4	5	4	$\sqrt{3/2}$	1	$\sqrt{3/2}$	0.051	0.132
7	8	7	8.5	9	8.5	0.051	0.139
9	13	9	3	4	3	0.048	0.115
2	3	2	6.5	9	6.5	0.048	0.111
4	5	4	6	7	6	0.044	0.114
7.5	9	7.5	8	9	8	0.042	0.111
7	10	7	3	4	3	0.042	0.100
2	3	2	5	7	5	0.041	0.095
3	4	3	4	5	4	0.040	0.100
1	$\sqrt{2}$	1	3	4	3	0.036	0.086
6.5	8	6.5	6	7	6	0.034	0.089
2	3	2	$\sqrt{2/2}$	1	$\sqrt{2/2}$	0.035	0.081
5	6	5	7	8	7	0.031	0.083
9	13	9	6.5	9	6.5	0.025	0.060

R0 は、表の間に対する柱断面寸法の比

R1 は、中央間に対する柱断面寸法の比

この柱間按分法によって、すべての禅宗様仏殿の平面寸法と柱断面が求められる。一部の遺構だけに可能な「枝割制」や完数などはない。本篇では中世の40棟の分析結果を一覧にまとめた。

6.2 事例研究

本篇では全遺構の分析結果を纏めたが、本梗概では代表的な遺構として正福寺地藏堂を掲げる。

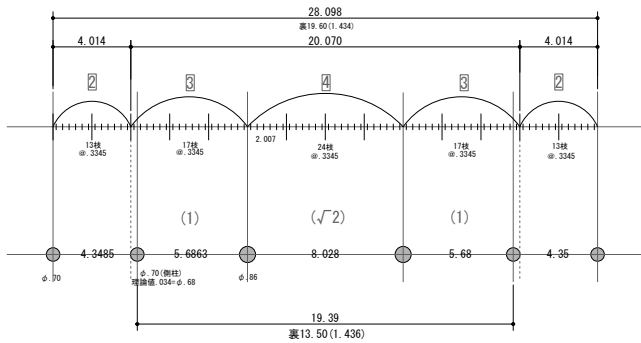
正福寺地藏堂 室町時代中期 応永14年1407

表の間 裏目 13.50尺(1.44)

真々 1 : $\sqrt{2}$: 1

ヲゼ真 3 : 4 : 3

R0 = 0.035 R1 = 0.085



6.3 小 結

禪宗様仏殿 40 棟の検証の結果、すべてにおいて、「柱間按分法」、「脇間整数比差法」で柱割や柱断面寸法を導くことが可能であることを示した。

また、「アイタ」といっても、柱断面寸法を含めると3つのパターンが存在することも判明した。

近世木割書にみられる中央間に寸数えなども、「脇間整数比差法」で、その根拠を導くことができることを示した。

7 三間社の平面寸法決定法

7.1 三間社本殿の平面寸法決定法

これまで神社社殿も垂木歩に端数があること、中央間と脇間で垂木歩の値が異なることなどから矛盾点があった。

また、三間堂と同様に「柱間按分法」の可能性がありそうであるが、社殿は仏堂に比べ中央間と脇間の差があまりないため難しい。そこで「三分割法」を提案した。

設計工程は、まず表の間を裏目完数(尺乃至5寸単位)で定める。それを三等分して基準とする。柱断面寸法を定め柱の真、側面を三分割した基準に据える。その後柱真が決定され垂木割をおこなう。

さらに、はじめに定める表の間を内法とするものの他、外法、中墨の3つのパターンがある。

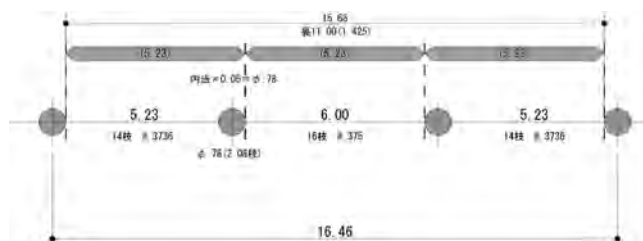
7.2 事例研究1 三分割法内法基準

大篠原神社本殿

表の間内法 裏目 11.00 尺 (1.43)

柱の断面寸法 表の間の 1/20

中一脇差 2 枝



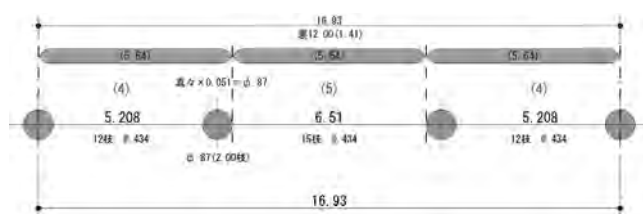
7.3 事例研究2 三分割法 真々基準

勝部神社本殿 室町時代後期 明応6年 1497

表の間真々 裏目 12.00 尺 (1.41)

柱断面寸法 表の間 1/20

中一脇差 3 枝



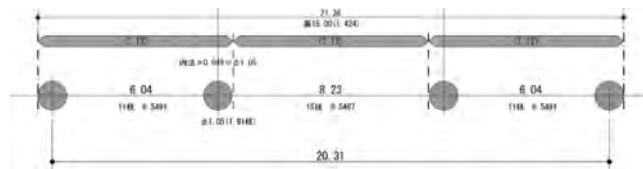
7.4 事例研究3 三分割法 外法基準

園城寺新羅善神堂 室町時代前期 貞和3年 1347

表の間外法 裏目 15.00 尺 (1.42)

柱断面寸法 表の間 1/20

中一脇差 4 枝



7.5 事例研究4 柱間按分法

三間社の一部には三間堂と同じ「柱間按分法」によると考えられる遺構も確認された。

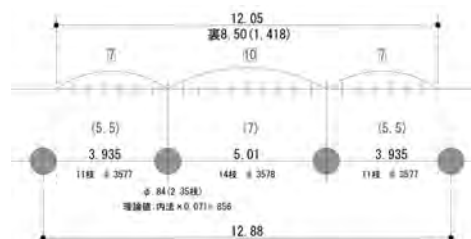
苗村神社西本殿 鎌倉時代後期 徳治3年 (1308)

表の間 内法裏目 8.50 尺 (1.42)

内 法 7 : 8 : 7

真 々 5.5 : 7 : 5.5

中一脇差 3 枝



7.6 小 結

今回は 22 棟の検証をおこない、「三分割法」が 18 棟で内訳は、内法基準が 13 棟、真基準が 2 棟、外法基準が 3 棟、「柱間按分法」が 4 棟であった。

「三分割法」、「柱間按分法」とともに「枝割制」では説明できない端数のつく垂木歩、柱間で異なる垂木歩を無理なく説明することができる。

8 塔の平面寸法決定法

8.1 塔の木割と既往研究

阿部家文書などの中世木割書における塔の木割では、垂木割は柱間の跡に記述されることから、垂木歩は「枝割制」の説く基準ではなく後決めである。しかし、浜島は、柱間が完数値でない場合は「枝割制」であると断じている。

本稿では、塔の平面寸法は、初層の規模、各層の減衰法と柱割、各層の垂木割の決定というプロセスで決定されていると考える。

8.2 層塔・多宝塔の平面規模の決定

塔の初層は、本堂など主要建物から決められることは『匠明』に、金堂中央間二間に揃える旨の木割があるが、石山寺本堂の中央二間(真々)と多宝塔の初層(外法)はよく一致する。

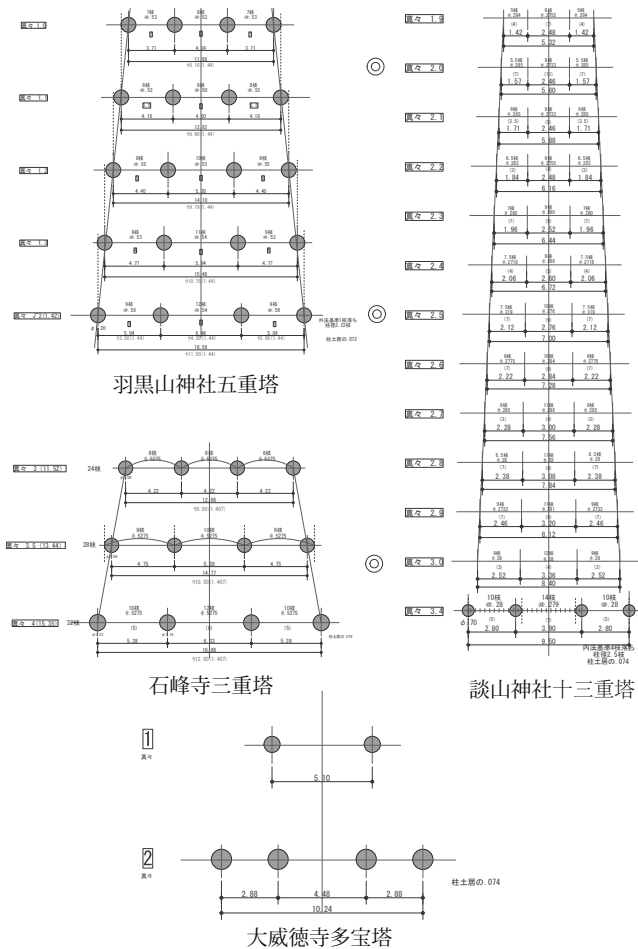
各層の減衰は「枝割制」に則り枝数を減じて決められるとするがやはり端数のつく垂木歩や柱間毎の垂木歩の相違は問題であろう。

最古の法隆寺五重塔の各層の減衰は、8 : 7 : 6 : 5 : 4 と完全に比によって決定されているが、他のすべての塔においてもバラつきはあるが整数比によって減衰すると考えられる。

各層の総間が決定した後各層ごとに柱割をおこなうが、それは「柱間按分法」によると考えられる。なお近世以降は平面を枝数で指定されている遺構が増えるが、これは垂木歩より巻斗を整然に揃えるのが目的であったと考えられる。

8.3 事例研究

五重塔 15 棟、三重塔 28 棟（八角塔含む）、多宝塔 15 棟、十三重塔を上記の仮説で分析をおこなった。代表的な遺構の分析図を下に掲げる。いずれの遺構からも「枝割制」で設計されたとは考え難いものであった。



9 古代寺院の平面寸法決定法

9.1 法隆寺

古代寺院の平面寸法は、「完数制」によるとされ、法隆寺の非再建論は高麗尺がその根拠とされてきた。本稿では、法隆寺は天平尺によるもので、「分割法」によって設計されたものとして新たな設計法を提案した。

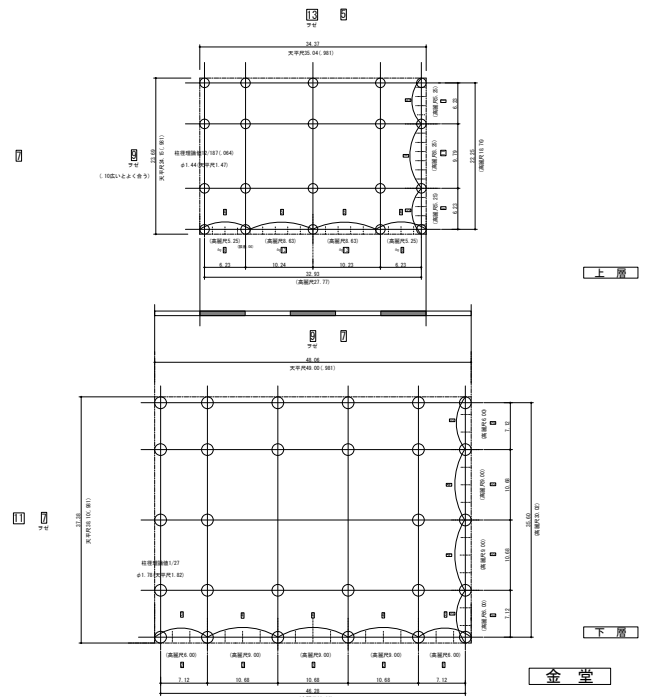
「分割法」とは、奈良代の五間堂以上の仏堂において表の間を 20 程度に分割し、それを基準に柱を真や外法、内法に据えて柱割をおこなうもので、神社社殿の「三分割」の規模の大きなものである。

法隆寺金堂の分析事例を下図に掲げた。

詳細は本編に譲るが基本のプロセスは以下の通りである（単位は天平尺）。

初層の表の間（ヲゼ）を 49.0 尺、側面（ヲゼ）は表の間に 9：7 で 38.1 尺に定める（49.0 尺の根拠は不明）。表の間を 18 分割し 3：4：4：3 に取り、側面は 14 分割し 3：4：4：3 に取り柱を据える基準とする。正面、側面ともに端の柱は表の間を外面に他は分割線上に据える。柱の断面寸法は表の間の 1/27 である 1.82 尺とする。

上層の表の間は、正確に下層の 5：7 で 35.0 尺、梁間は 9：



法隆寺金堂の平面寸法決定法

13(黄金比)の 24.15 尺とする。以降の柱割、柱断面寸法の決定は下層に準じて決定する。

9.2 その他の古代寺院の平面計画

同様に「分割法」によって、唐招提寺金堂、新薬師寺本堂の分析をおこない、詳細は本篇に述べる。

10 本研究のまとめ

10.1 枝割制が存在しないということ

現代の「枝割制」では、中世建築において垂木歩（1 枝寸法）に端数があり、表の間が古代建築のように完数にならないこと。また同一建物において垂木歩が異なる柱間が存在することが説明できない矛盾点であった。

また、近世木割書等古記録を検討しても、「枝割制」を比定しうる記述は認められず、「枝割制」は昭和 30 年代頃に文化財修理の中で考え出された技法と考えられる。

10.2 平面寸法の決定技法の提案

「枝割制」に代わる平面寸法の技法として、主に仏堂の計画には「柱間按分法」、三間社では「三分割法」、そして古代寺院には「分割法」を提案し、多く遺構で検証をおこない「枝割制」の矛盾点をうまく説明できることを示した。

また、「柱間按分法」と「脇間整数比差法」を併用することで、柱の断面寸法も同時に導くことが出来ることも明らかにできた。

以上により、現代では日本建築史の常識とされる「枝割制」は、存在した根拠がなく、矛盾した技法であることを指摘し、それに代わる平面寸法の決定技法を明らかにすることが出来たと思う。

謝 辞

本研究は松井角平財団の研究助成によって、まとめることができました。深く感謝いたします。

平成30年度 公益財団法人松井角平記念財団 助成研究「近代の文化財建造物の保存活用に関する基礎的研究 ― 神奈川県立歴史博物館（旧横浜正金銀行本店本館）を事例として」 研究実績要旨・概要書

大野敏*1・丹治雄一*2・守田正志*3・菅野裕子*4

はじめに。本研究の目的と方法

本研究は、神奈川県立歴史博物館として保存活用されている重要文化財旧横浜正金銀行本店本館の建築について、今後も健全な保存活用を推進するための管理活用計画策定にむけた基礎資料整備を行う。

具体的には本館建築資料の確認、実測平面図の作成、内部空間における履歴確認、類例調査も含めた本館建築の特質と今後の維持管理に向けた課題抽出、を行う。

1. 資料確認調査

神奈川県立歴史博物館所蔵の本館建築に関する維持管理関係資料の目録作成と内容確認を行った。概要は表1に示す。表1を含めた建築関係資料の状況は、旧横浜正金銀行本店本館の履歴を①創建から関東大震災直前まで、②関東大震災の被災から復旧工事まで、③復旧工事竣工後から東京銀行横浜支店時代まで、④神奈川県立博物館への移行から人文系博物館への改修直前まで、⑤神奈川県立歴史博物館への移行期以後、の5期において概観する。

①創建から関東大震災直前まで： 明治37年(1904)7月～大正12年(1923)8月

この時期における図面原図や設計資料は確認できなかった。すなわち、『横浜正金銀行要覧』(1904)および『建築雑誌』(1904)掲載の竣工時平面図や仕様等の情報を得ることはできなかった。

②関東大震災の被災から復旧工事竣工まで：大正12年(1923)9月～大正14年(1925)10月

先行研究において22件の資料の存在が確認済みであるが、整理番号22「本館改築に関する図面（部分図）」40点を目録化した。設備図面表紙1点、青焼図面あるいは青焼図面に描写や書込したもの39点で、図面内容は本館建築の床構造や鋼材補強関係4点、漆喰天井詳細図5点、建具や開口部関連図11点、電気設備関係図7点、空調・暖房関係図面3点、衛生給水関係図面9点、2階平面図1点である。すなわち資料名称のとおり本館改築すなわち震災復旧工事の設計図面の一部を伝えるもので、全体像を知りうるものではない。図面の種類は縮尺1/100の平面図を利用した図面13点、縮尺1/200の各階平面を1枚にレイアウトした図面4点、詳細図21枚、給水系統図1枚である。この中で本館建築を知るうえで重要な資料は平面図で、復旧修理における室名が把握できる。また各階平面図を描いた図1-29は1階平面図に壁の真々寸法が記され注目される（図1、寸法は尺らしい）。また、詳細図はそれぞれの具体的な工事内容が判明する点で貴重で、断片的な点が惜しまれるものの、「決定見積書」と照合することにより利用価値は高いといえる。復旧工事は大正13年夏頃から始まり、本店が営業再開した同14年10月22日までには終了していたと考えられる。

③震災復旧後～銀行として使用された最終期：

大正14年(1925)10月22日～昭和39年(1964)3月

表1 神奈川県立歴史博物館所蔵の旧横浜正金銀行本店本館関係資料 整理概要		
凡例 S55:昭和55年 H3:平成3年		
資料名称	点数	備考
図1	40点	既目録化資料(本館改築二階スル図面(部分図) 整理番号22(朱書)(横浜正金銀行)(マジック))。震災復旧工事図面の一部。当時の室名や壁真寸法の理解、工事内容の一部が判明。
中性紙	123点	東京銀行時代の設備管絃図面と譲渡直前の平面図。および神奈川県立博物館改修時に作成した平面図とドーム復元図。S42頃の「神奈川県立博物館改修工事の概要」(国建築事務所)。
箱1	17点	神奈川県立博物館時代の書類・図面。人文系博物館構想関係書類も含む。
箱2	19点	おもに神奈川県立博物館時代の管理・営繕関係書類と図面。一部に神奈川県立歴史博物館時代へ転換後の書類と図面も含む。
箱3	29点	神奈川県立博物館時代の管理・営繕関係書類と図面。S56バラベットの工事、S59シャッター塗装工事、S59エレベータ耐震工事ほか。
箱4	26点	神奈川県立博物館時代の管理・営繕関係書類と図面。設備点検改修と消防関係の種類あり。
箱5	38点	おもに神奈川県立博物館時代の管理・営繕関係書類と図面。他にS39横国大河合研究室の「I. 構造物耐久力調査」H5人文系博物館設備工事施工計画書。
箱6	9点	主に神奈川県立歴史博物館時代の消防・防災関係書類。一部の消防関係書類にそれ以前の神奈川県立博物館時代の書類含む。
箱7	17点	主に神奈川県立歴史博物館展示工事関係資料(H5～)。他に自衛消防関係資料(H2-57-8)ほか。
箱8	16点(内4点未確)	S40[博物館建物改修調査報告書]、神奈川県立博物館への改修工事関係書類・図面。S46シャッター改修写真。S59火災報知機改修工事関係。ほか
箱9	14点(他に未整理あり)	S42か「博物館建築改修工事(神奈川県立博物館改修工事の概要)中性紙010の複写」。神奈川県立博物館への改修工事関係書類・図面。S54改修工事写真。S56改修工事写真。
箱10	22点(他に未整理)	S63F博物館総合診断調査報告書。以下は神奈川県立歴史博物館への改修に関する展示関係資料主体。
箱11	9点	神奈川県立歴史博物館展示及び設備関係書類・図面が主体。
箱12	16点	神奈川県立歴史博物館展示及び設備関係書類・図面が主体。
S41改修工事写真35mmモノクロネガ	623カット	国建築事務所撮影の改修工事写真ネガ。2枚ずつ白黒プリントし、デジタルデータ化して神奈川県立歴史博物館と横浜国立大学にて保管。本館の構造・意匠や改修歴に関して貴重な写真が含まれる。

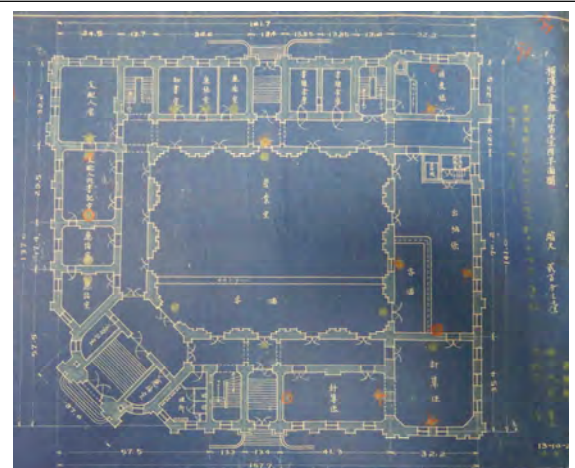


図1 横浜正金銀行本店本館震災復旧修理工事1階平面図

*1 横浜国立大学教授 *2 神奈川県立歴史博物館企画普及課長 *3 横浜国立大学准教授 *4 横浜国立大学特別研究教員

この時期の資料は、昭和 30 年代の設備改修関係図面 30 点・書類 1 点・平面図 4 点（うち 2 点は付属建物）・書類 1 点である。ここでは昭和 38 年 4 月 3 日付の縮尺 1/100「老階平面図」と同 39 年 1 月 10 日付の縮尺 1/200「東京銀行平面図」が注目される。前者はその後の本館平面図では意識されていなかった東面各室の歪み（南側へ向かうほど東西方向長さが少しずつ広がる）を描き、後者は地階～3 階までの室名が確認出来る点で重要である。確かに『横浜正金銀行要覧』・『建築雑誌』が伝える本館当初平面図は東面各室の平面を歪んで描いている。一方、神奈川県が本館を取得以降に作成した平面図はこの歪みを考えずに作図が行われている。我々も今回あらためて平面実測を行って、初めて東面各室における平面の歪みを確認した。この歪みがなぜ生じたのかは現時点では明らかでない。なお、昭和 38 年の「老階平面図」は、壁真基準の寸法表記も注目される。記載寸法を図 1 と比較した結果、東京銀行作成平面図は、既存図（大正 13 年の震災復旧工事図面まで遡る可能性がある）をもとに調整したと考えられる。

④神奈川県立博物館時代（準備期間含めて）：昭和 39 年(1967)4 月～平成 5(1993)年 3 月

神奈川県が東京銀行から建物と敷地を取得（買収）して神奈川県立博物館への改修整備事業を行い、総合博物館として公開してきた時代の資料は、概ね表 2 の中性紙資料以下の過半を占める。県立博物館構想の進捗経緯と旧横浜正金銀行本店本館の取得経緯に関する重要資料が含まれるほか、本館建築の実測調査や構造調査、ドーム復元などに関する委託調査の状況も把握できる。実測調査は平面実測のほか写真測量による立面図作成も企画されたが、立面図は確認できなかった。平面図も各階寸法を詳細に実測したものは確認できたが、平面図として完成された形式は確認できなかった。また、博物館改修工事の関係資料は、基本計画書と実施仕様書のほかに工事写真、設計図が断片的に確認できたが、一括した工事資料は認められなかった。ただし、当初の調査対象とは 35 mm モノクロネガフィルムの存在（博物館への改修工事の設計監理者であった国建築事務所から博物館が長期借用している。一部は工事写真に含まれる）が確認された。そのため本研究によりプリントと電子データ化を行った（表 1 の末尾）。

博物館開館以後、平成 5 年 3 月に人文系博物館への改修のため一時閉館に至るまでの期間は、設備関係の維持修理関係資料が目立ち頻繁に手が加えられていたことがわかる。建築本体の修理は昭和 50 年代半ばにバラベツトやシャッター修理が注目される。また、消防の点検書類や防災訓練関係の書類が良く残されている。以上の書類は、建物の維持保全に留意してきた歴史を知るうえで重要である。

⑤神奈川県立歴史博物館時代（準備期間含めて）：平成 5 年(1993)4 月～現在

人文系博物館への改修は、その構想段階において、重要文化財建造物の存在価値と公開義務、人文系博物館としての資料保存・公開の使命をいかに両立させるか、について多くの検討がなされた。

旧横浜正金銀行本店本館は、博物館転用後の昭和 44 年に重要文化財指定されたが、指定範囲は外観と 1 階旧正面玄関部分に限定されていた。しかし文化庁は震災修理の影響が大きいとはいえ内部空間も文化財的価値を重視した保存活用を求め、博物館は収蔵・展示・研究空間を十分確保しながら文化財建造物の価値継承と活用を模索した。その結果、基本計画は従来の新設部分を拡充して博物館機能の多くをそこに集約しつつ、本館は営業室を中心に内部空間を本来形式に復原したうえで展示空間利用を提言した。この基本計画は実現しなかったが、展示室の一部は営業室の吹き抜け空間がわかるように整備された。以上の経緯や改修工事に関する資料は、おもに「箱 10」「箱 11」「箱 12」に含まれていた。この改修工事の経緯は、『復元の記録』（平成 6 年）として公刊された。そこには報告書が刊行されなかった昭和 41 年の改修工事の知見やドーム復元の様子、さらには震災復旧修理の内容に関する記録の紹介も行われた。

2. 平面実測調査

資料調査の結果、旧横浜正金銀行本店本館に関する正確かつ完成された実測図面は確認できなかった。そのため本研究における実測平面図作成は重要な位置づけとなる。実測してみると、昭和 39 年の河合研作成の実測調査書は多くの部分で正確であったが、東面各室の歪みを見逃していた。この点の是正を平面図作成では留意した。

次に、実測した寸法をもとに平面図を作図するうえで、基準寸法を検討した。まず煉瓦壁（外周部は石積壁も併用）が壁真想定構成か、内法を基本とする計画かの検討を行った。この際、上階程壁厚が薄くなることも考慮した。壁厚使い分けは『横浜正金銀行建築要覧』に若干記述はあるが、全体把握は実測によるほかなかった。ここでは階段部分の検討、外壁との比較なども交えて、壁真を想定して煉瓦積厚を設定した建築と解釈して実測平面図を作成した。大正震災修理時の平面図の寸法を見ても、必ずしも均等かつ完数尺に収まっていない。

なお、類似調査を実施した岩手銀行(旧盛岡銀行)旧本店本館の設計図は煉瓦壁の真々を尺寸で計画しているし、貨幣博物館で開催されていた日銀本店の建築図面展示で確認した日銀本店の設計図も煉瓦・石積の真々寸法を基準としていた。さらに4節で述べる類似調査の結果も壁真々制で尺寸表記が標準であった。このことも踏まえ、横浜正金銀行本店本館の平面実測図について壁真々を基準として作図したことは、現時点では妥当と判断する。ただし、岩手銀行(旧盛岡銀行)旧本店本館詳細図の寸法を見ると、壁真々寸法と壁内法寸法の双方とも微妙に細かい尺寸表記するものがある。このような場合は、壁真々寸法を概数で押えたうえで、壁厚と内法寸法を考慮して若干調整して壁真々寸法を決定した可能性があろう。この点を踏まえて、今後も旧横浜正金銀行本店本館の平面寸法計画を検討していく必要がある。

3. 内部空間の履歴確認

資料調査において旧横浜正金銀行本店本館の5期にわたる平面図の存在が確認できた。また、既往研究により震災時の修理内容の概要も把握できる。また、博物館転用時の改修工事写真により、震災時の修理状況と当初部材の残存状況もある程度把握できる。そして平面実測の過程で各室の現状も確認できた。これらの成果をもとに、本館における各階の室構成の変遷を一覧表化した。

一覧表には備考欄に「大まかな評価」として構造部分の時代性と内装の時代性に関してA当初、B震災改修時、C博物館転用改修以後の3区分により現状観察の結果を記入してみた。ただし「天井の構造は当初のままだが床仕上げは震災時あるいは博物館転用改修時に改めた」とか「旧天井下に天井を設けた」とか「構造・内装とも当初をとどめるが、室内に入れ子式に空間を仮設している」など、状況が複雑な場合も少なくない。そのような場合は注記を付した。この一覧表をもとに、各室の履歴を踏まえたうえで、管理活用計画などの検討を進めることが望ましいが、そのためには「大まかな評価」部分の精度を高めるための継続的な調査が必要である。

4. 類似調査を通じた旧横浜正金銀行本店本館の特質と今後の課題

本研究推進にあたり、北東北・北海道の近代銀行建築6施設の調査と資料収集を行った。特に留意したのは建築時の設計図の存在、営業室および金庫室の空間構成と利用形態、施設全体の利用形態である。

図面調査は、存在が確認できた5例において壁真々制の尺寸表記が認められた。日本銀行本店本館の震災復旧修理時作成の平面図も壁真々制の尺寸表記である。したがって旧横浜正金銀行本店本館の震災復旧工事の作成平面図が壁真々制の尺寸表記されることは、明治末～大正期における標準的な傾向に従ったと考えられ、旧横浜正金銀行本店本館の創建時の平面寸法計画も同様な考えが適用された可能性が高い。なお、類似調査対象とした6例に比べ、旧横浜正金銀行本店本館は規模が大きく、煉瓦造と石造を錠聯鉄構法で強化する手法も斬新で、鉄骨・波型鉄板・煉瓦・軽量コンクリートを駆使した防火床構法（旧日本銀行小樽支店は床と屋根に防火構造を採用した）、地階と1階を結ぶ昇降機など、煉瓦造・石造の近代銀行建築として年代・規模・構法・設備の面で日本銀行本店本館に続く代表的遺構と再確認した。

営業室が吹抜の事例は4件で、いずれも吹抜空間を活かした利用がなされていた。この点は、高大な吹抜空間を3層に増床して展示室に利用する旧横浜正金銀行と大差がある。吹抜空間をそのまま継承すると、上階の面積と動線制約が大きい。そのため県立博物館クラスの機能を旧横浜正金銀行本店本館で実現するためには吹抜空間を犠牲にしないと難しい。この点は人文系博物館への改修基本構想時に提案されたように、新館に博物館機能を移し、本館は文化財として復原的に整備し記念館的利用がなされることが望ましい。

金庫室が残る施設は5件で、いずれも公開活用している（一部公開も含）。この点も金庫室が地階に集中しており、博物館収蔵施設として重要物品収蔵に充てている旧横浜正金銀行本店本館の様相が異なる。

このように近代銀行建築に関して、その代表的空間といえる営業室と金庫室を活用しながら建築の用途転用を図って継承する場合、その空間利用のあり方は2つの方向性が認められる。すなわち、当初から博物館利用を念頭に既存建物をその目的に合わせようとした旧横浜正金銀行本店本館の場合は、歴史的建造物としての価値継承は既存部材の維持やドーム復元として尽力したが、展示空間確保のために営業室の空間構成を仮設床設置により犠牲にし、金庫室は収蔵空間に充てざるを得なかった。一方、類例調査対象はいずれも、歴史的建造物をその内部空間の公開まで含めた目的のもとに利用形態を検討し、美術館・記念館・資料館など展示施設への転用を図っている。なお、類似調査対象ではなかったが、ホテルに転用（HOTEL HAKOBA）された旧安田銀行函館支店（S7 RC造2階）の利用形態は、調査時に宿泊して状況を体験したが、こうした宿泊施設としての転用形態も本来の空間の特質を生かしながら既存の近代銀行建築を継承していくうえでは潜在力が高いと感じた。

おわりに 本研究の総括

まず旧横浜正金銀行本店本館（神奈川県立歴史博物館）の建築実態解明に関する資料を①創建、②震災復旧、③銀行業務再開、④神奈川県立博物館への転用、⑤人文系博物館への再整備、の5期に分類整理した。その結果、建築当初記録は少ないが、震災復旧時および博物館転用時の資料は一定数存在し、それをもとに慎重な建物観察を行い類例にも留意すれば、建築当初の形式を把握しうる可能性があることを確認した。

当初形式把握に関する可能性は、平面実測において各室の構成を概観した結果においても実感できた。すなわち、一見改装甚大に見える部分であっても、基本的構造は当初形式を留め、内装も当初あるいは震災復旧時の形式を留めている場合が少なくない。しかも各階の室構成の変遷表を作成してみたところ、旧営業室以外は比較的空間利用の実態が大きく変わっていないことを再確認した。そのため今回の資料調査と平面実測調査の知見を踏まえて各室の構造・内装に関する時代的評価を試みた。

さらに図面資料調査・実測調査・類例調査を通じて、旧横浜正金銀行本店本館における寸法計画は壁真々制を尺寸で表現と想定し、実測平面図を作成した。ただし寸法計画に関しては壁厚と内法寸法の関係について、今後とも検討を進めるべきである。また、平面図は各階とも東面の各室において歪みが認められるが、その理由は明らかでなく、今後留意する必要がある

利活用に関しては、類例調査を通じて営業室の吹抜空間と金庫室まわりの空間が、近代銀行建築の大きな魅力であることを確認した。この潜在力の高い空間をいかに公開活用すべきであるは旧横浜正金銀行本店本館の将来構想における根本的な課題であることを実感した。ただし、現状を踏まえると、創建時の銀行営業室を復原し、重厚堅固な金庫室を公開し、なおかつ博物館機能を充足させることは難しい。とはいえ、そうなることを明確に意識し目標とするためにも、既存建築における現状を把握し、その中における歴史的経緯を示し、それぞれの時代における改造の意味を理解したうえで建物を継承していくことの重要性を説明することが必要である。

本研究で整備した実測平面図と各階における室構成変遷比較表はそのための基礎資料で、これをもとに本館建築調査と類例調査を継続することにより、図面の精度と比較表の内容を充実していくことが望ましい。

付記：紙面の制約により研究成果である実測平面図と室構成表ははじめ多くの資料が掲載できなかった。今後、神奈川県立歴史博物館と公開の可否を協議確認したうえで、できるだけ多くの資料の公開を目指したい。

謝辞： 本研究遂行にあたり、調査に協力していただいた下記の方々に深く謝意を表する。（順不同）

鎧浩史、吉田智春、瀧口千春、小山祐吾、松木浩雄、小石川透、佐藤俊介、石川直章、磯崎亜矢子、山田菜穂、細川利信、関口かをり、池上重康、野村祐一、富澤晃、熊谷則雄（以上類例調査）、

柳澤伸明、チェン・スイ・イー、壽川剛平、飯沼大輝、益田丈、柿崎友衣、可児綾加、五嶋薫子、杉本冴慧、谷口慶多、勅使河原大誠、花田幹也、藤田恭平、幸響生、吉田宗谷（以上実測調査参加者）

平成30年度 公益財団法人 松井角平記念財団研究助成

「近世社寺建造物における油彩系塗装彩色材料・技法の
調査と保存修理・資料活用に関する研究」

研究成果報告書

龍谷大学・文学部・歴史学科（文化遺産学）教授

博士（学術）（史学） 北 野 信 彦

序論:本研究の目的と方法

1、本研究の目的

近世社寺建造物の塗装彩色材料には、漆塗料や膠材料以外、チャン塗・油拭塗・桐油塗などの乾性油系塗料や唐油蒔絵などの油彩系絵具が使用されたことが各種文献史料から知られるが、伝統的な仕様や使用の実態には不明な点が多い。一方、近年の文化財建造物の塗装彩色修理では、造営当初のオリジナルに復した施工や、その後の美装化修理を含む保守管理方法の策定が求められている。しかしオリジナルの状態を生かした油彩系塗装彩色材料による修理を行った場合、工事施工後に固化不良に伴う不具合を生じる事例もみられ、その原因の解明と対策は急務である。さらに今日の伝統的建造物の修理では近代建築が対象となる場合も多く、このような近代建築のなかでも明治10年代の明治初頭期に登場する擬洋風建築の塗装彩色材料については、輸入塗料であるオイルペイントなどの乾性油系塗料を調達する、もしくは本研究が研究対象とする伝統的な油彩画系塗装彩色を調合して使用したと想定される。ところがこれらに関する基礎研究もほとんど為されていない現状がある。

本研究はこれらの点を考慮に入れて、①油彩系塗装彩色材料に関する実態調査、②日光社寺建造物などの近世社寺建造物で使用記録がある油彩系塗装彩色材料の文献史料の製法を参考とした劣化促進実験に供するための復元手板の作成、③北野らにより塗装彩色塗膜の固化状態が良好であることを確認した日光東照宮陽明門東西壁面の唐油蒔絵(油彩画)の材料・技法・線描に関する比較調査を行った。この一連の調査は、近世社寺建造物、さらには近代の擬洋風建築で多用されたであろう油彩系塗装彩色材料の製法や使用の歴史に関する実態を総合的に明らかにして今後の修理施工に役立てることを主目的としている。近代の擬洋風建築には地方の小学校などの学校建築も多いが、これらには近世の寺院が経営していた寺子屋を明治初期の学制により小学校としたものも含まれている。その点では、近世社寺建造物との関係も少なからずあろう。さて、このような建造物で使用された乾性油系の塗装彩色材料には西洋から輸入されたオイルペイント塗料やペンキ塗料もあるが、その一方で、本研究が調査対象とする伝統的な乾性油系の塗装彩色材料も含まれる。このような乾性油系の塗装彩色材料の使用例の一つは、幕府御用絵師であった狩野派画工が18世紀前～中期に油彩画技法を用いて建造物壁面に大絵画を描いた事例である。この事実は、これまで美術史分野では認識されてこなかった。そのため本研究が取り上げる江戸時代中期頃の狩野派画工集団が建造物塗装彩色修理にどのように関わったかを学術的に明確にすることは、これらの正当な評価や保存・活用を進める上でも意義が深いと考える。

一方、国外の中国・朝鮮半島・モンゴルなどの仏教寺院建造物の塗装彩色においても油彩系塗装彩色材料が中心あったとされ、北野もモンゴルのアマルバヤスガラント寺院などの塗装彩色調査でその状況を確認しているが、報告例は少ないようである。

さて日本の油彩系塗装彩色技法に関する先行研究には、山崎一雄らが正倉院御物や法隆寺玉虫厨子の彩色について蛍光ライト観察を行い、大陸から伝来した密陀絵技術が応用されたことを報告している研究が良く知られている。その後、桃山文化期のキリスト教宗教画の作成に伴い西洋画技術がヨーロッパから導入されたことが知られるが、北野らも当世具足の肌色や緑色塗装で油彩系塗料の使用を確認し、これらが西洋画技術の応用であろうと報告した。なお本研究では、京都市中の元禄期頃の工房跡(旧柳池中学校遺跡)出土資料群のなかに緑色と青色の油彩画塗料(油絵具)が付着した曲物容器を分析で新たに確認した。近世前期頃の油彩画材料の一つであると理解したので、本報告書でと関連するこの成果も併せて報告する。西洋の油彩画技法は、技術系譜の断絶期を経て18世紀後期頃の蘭学盛隆に伴い司馬江漢らが長崎から技術を導入して開始したとされるが、日光社寺建造物群ではこの油彩画技法の断絶期である元禄年間に唐油蒔絵(油彩画)技術が採用されている。本研究ではこの技術が漆工の密陀絵技術の系譜か建造物塗装の代用漆塗料の技術か、西洋の油彩画技術を狩野派が独自に導入した結果なのかに関する比較調査を行うとともに、現在行われている油彩画塗装彩色技術の改良に向けた基礎調査と曝露試験を行い施工に反映させることも目的の一つとした。このような基礎研究は、今後、近世社寺建造物における塗装彩色の保存修理と活用に有用となろう。

2、調査対象資料

本研究で、①油彩系塗装彩色材料の実態調査、②文献史料の製法を参考とした復元手板の作成と劣化促進実験、③日光東照宮陽明門東西壁面の唐油蒔絵(油彩画)材料・技法・線描表現の比較調査、にわたった調査対象資料は以下のとおりである。

①文化財建造物などの油彩画系塗装彩色材料

本調査では、本研究の調査対象である油彩系塗装彩色材料が使用されたと想定される近世社寺建造物のみならず、現在塗装修理が実施されているか、塗装修理計画中のため基礎調査が必要な近代の擬洋風建築なども含めた。

日光二荒山神社本殿造営当初の塗装彩色材料＝漆塗料・乾性油塗料・膠材料それぞれ検出した。

旧柳池中学校構内遺跡出土の緑色・青色彩色材料＝寛永期に油彩画塗料の調合を確認した。

厳島神社大鳥居の旧塗装材料＝現在の朱-S-4の合成塗料、それ以前の鉛丹塗装と異なり、明治期塗装では朱＋オイルペイント塗装であることを確認した。

龍谷大学・本館・北齋の明治12年造営当初期の旧塗装材料＝輸入ペンキ塗料やオイルペイント塗料とともに、伝統的な春慶塗系塗装仕様の併用を確認した。

首里城正殿・権現堂に関する文献史料＝朱桐油塗・黒桐油塗に関する記述が多々見られた。

② 劣化促進実験用の復元手板の作成

- ・手板作成の参考とする文献史料＝日光東照宮修理関連文書(寛政九年塗師方本途直段)など
- ・劣化促進実験 上記の調査方法と同様の調査を現地において実施：UV・温湿度データロガー設置

③日光東照宮陽明門東西壁面の唐油蒔絵絵画の材質・技法と類例の絵画資料調査

本調査では幕府奥絵師狩野派宗家(中橋狩野家)狩野祐清英信下絵、表絵師作画の日光東照宮陽明門東西漆箔壁面作画の唐油蒔絵絵画彩色と類例の絵画資料の高精細画像の詳細な筆描観察(作風比較)して行った。

- ・ 日光東照宮陽明門東西壁面の狩野祐清英信下絵の唐油蒔絵絵画
- ・ 龍谷大学大宮学舎本館貴賓室所蔵の狩野祐清英信作画の八曲一双「松鶴図」金碧屏風
- ・



写真 1-1: 日光東照宮油彩画復元塗料の手板作成①

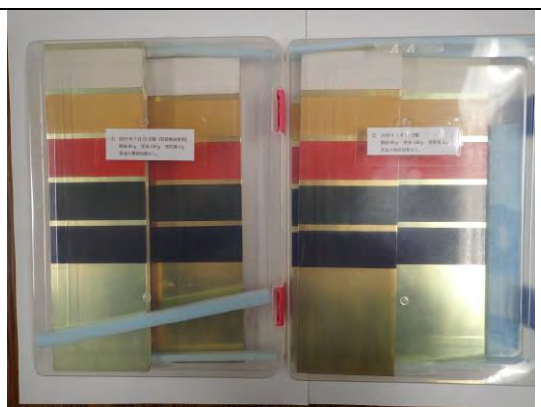


写真 1-2: 日光東照宮油彩画復元塗料の手板作成②



写真 1-3 日光東照宮油彩画復元塗料の手板作成③



写真 2: 琉球王国権現堂の乾性油塗装彩色



写真 3-1: 修理終了後の現状(西側羽目板)

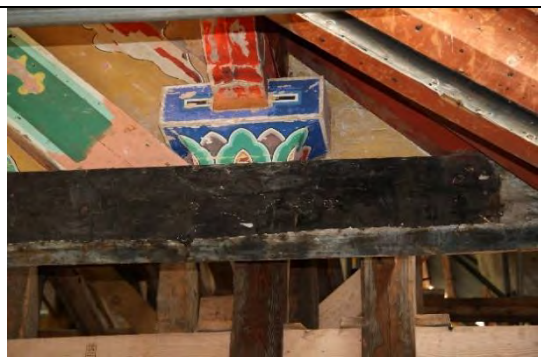


写真 3-2: 同 修理終了後の現状(東側羽目板)



写真 4-1:修理終了後の現状(西側羽目板)



写真 4-2:同 修理終了後の現状(東側羽目板)



写真 5-1:修理終了後の現状(西側羽目板)



写真 5-2:同 修理終了後の現状(東側羽目板)



写真 6-1:青色・緑色油彩塗料が付着した出土柄杓

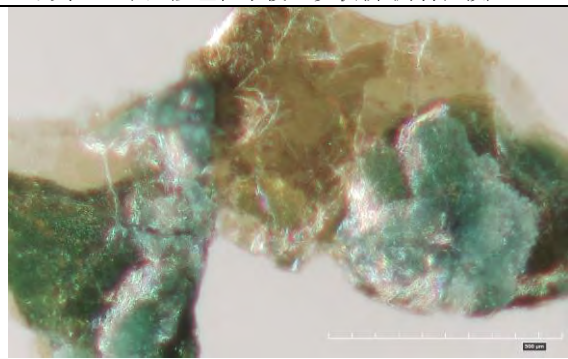


写真 6-2:緑色油彩塗料の拡大観察



写真 7-1:修理終了後の現状(西側羽目板)

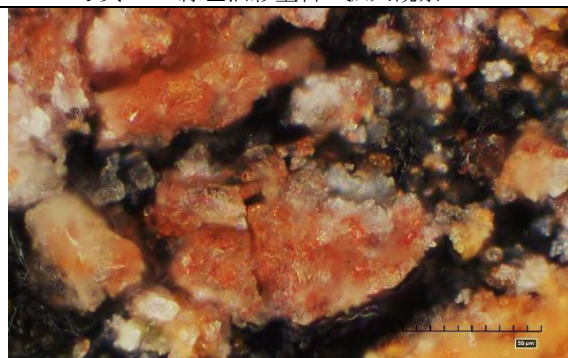


写真 7-2:同 修理終了後の現状(東側羽目板)

伝統木造建物の柱材の完全非破壊型密度推定法の構築

京都大学大学院 准教授 杉野未奈

1. はじめに

我が国では大地震の発生が懸念されており、文化財的価値の高い伝統木造建物に対しても耐震診断や適切な耐震補強が必要とされている。耐震診断において、立体解析モデルを用いた数値解析を行う際には、部材のヤング係数や材料強度を設定する必要があるが、文化財建物などにおいては無等級材として材料強度を低めに設定せざるを得ず、どうしても耐震補強箇所が多くなってしまふ。そこで、既存木造建物を対象として、完全非破壊な材料試験法により、曲げヤング係数推定を行い、機械等級区分より各種材料特性の推定を行うことができれば、より実情に近い耐震性評価と、不必要な耐震補強の回避が期待できる。

速水ら²⁾は、柱材を対象とした完全非破壊な衝撃弾性波法を提案し、木材表面を繊維方向に伝播する弾性波を用いた曲げヤング係数の推定を行っている。しかし、曲げヤング係数の推定精度を向上するためには、対象建物で使用されている木材の密度を非破壊で把握する必要がある。

2. 材料特性推定法

両端がピン・ローラー支持された柱の中央に、錘が付加された柱の曲げ振動を考える。柱の全長は l 、密度は ρ 、断面積は A 、曲げヤング係数は E 、断面2次モーメントは I と表す。錘は、柱中央の集中質量 m としてモデル化する。錘無し、錘有りの場合の1次固有振動数をそれぞれ f_0 、 f とすると、密度 ρ と曲げヤング係数 E は、下式のように近似的に表される。

$$\rho = \frac{35f^2m}{17Al(f_0^2 - f^2)} \quad (1)$$

$$E = \frac{\pi^2 l^3 m}{12I(1/f^2 - 1/f_0^2)} \quad (2)$$

3. 試験体

柱の振動特性を把握し、推定法の精度を検証するため、伝統木造建物における垂壁付き独立柱を模擬した試験体を製作して実験を行った。試験体の立面図を図1に示す。柱はC1、C2、C3、C4、C5の5本で、全てスギ材で用いているが、JAS機械等級区分と断面寸法が異なっている。土台は鉄骨土台にアンカーボルトで緊結し固定している。また、鉄骨土台から単管パイプでフレームを組み、差鴨居を面内方向に、桁を面内・面外方向に拘束している。

4. 試験方法の検討

柱に設置する錘を、図2に示す。錘の合計質量は、部材Bの材料を変化させ、木材、セメント、鋼材の場合、それぞれ1.38、2.64、6.29kgとなっている。柱を振動させる際、鋼球ハンマーを用いて柱を極軽く打撃する。錘を付加しない柱を対象に、試験方法やデータ処理方法について下記のような検討を行った。



写真1 独立柱の例

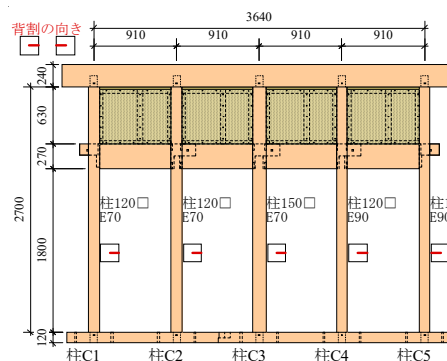


図1 試験体

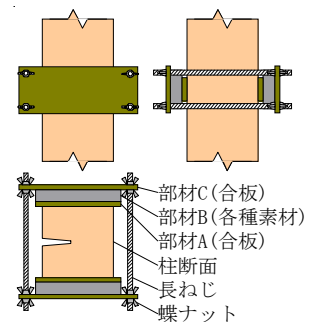


図2 錘

(1) 打撃ハンマーの鋼球径

打撃に用いる鋼球ハンマーの直径を3通り (5mm, 10mm, 20mm) に変化させ振動性状の違いを分析した。

(2) 打撃位置と打撃方向

C2 柱の中央を架構面内、面外方向に、また、打撃高さを変化させて、振動性状を比較した。

(3) データ処理方法

一部の柱では、架構の拘束に用いた単管パイプの固有振動数に相当する振動が、打撃した柱で計測された。柱の固有振動数を特定するためのデータ処理方法について検討を行った。

5. 密度推定結果

各柱について、付加する錘の質量を3通り (1.38, 2.64, 6.29kg) に変化させて、密度や曲げヤング係数の推定精度の検討を行った。錘を変化させて打撃した際に得られた柱 C1 のフーリエスペクトルを図3に示す。また、(1), (2)式を用いて推定された密度と曲げヤング係数の相対誤差を図4に示す。

まず、密度については、錘の質量が大きいほど誤差のばらつきが小さくなり、推定精度が高くなっている。錘の質量が 6.29kg の場合、差鴨居下端から土台上端までの柱質量の約半分程度の質量となっており、誤差は約 7% 以下の値となっている。一方、曲げヤング係数推定については、実測値よりも 40% 程度大きく推定される傾向が確認された。これは、端部の回転拘束の影響を無視して推定していることが要因と考えられる。

6. まとめ

本研究では、伝統木造建物の柱部材を対象として、質量付加による固有振動数の変化に基づき密度を推定する方法（質量感应法）の精度検証と実際の現場での適用可能性向上を目的として、垂壁付き独立柱を模した実大平面架構の試験体を用いた検討を行った。本研究では、柱の境界条件が不明確であること、架構全体を拘束するのに、単管パイプを用いて、解体修理現場により近い条件で検証を行っている点にも意義がある。

以下に得られた知見を示す。

- 1) 柱の1次固有振動数は打撃に用いた鋼球ハンマーの直径や打撃位置に、振動モードは錘重量に大きく影響を受けない。
- 2) 解体現場などで、計測対象柱の周辺に、単管パイプなどの振動しやすいものがあれば、1次固有振動数の推定が困難となる場合がある。その場合でも、time window を施すことで、1次固有振動数の推定のロバスト性を高めることが可能であることを示した。
- 3) 提案した方法では、付加される錘が重たいほど、密度の推定精度は高まる傾向にあり、柱重量の3割程度以上の錘を付加することで、推定誤差は約 7% 以下であった。

参考文献

- 1) 符栄吉, 飯島爽太, 杉野未奈, 林康裕 : 衝撃弾性波によるヒノキ柱の非破壊試験法の提案, 日本建築学会大会梗概集, 2020 (掲載予定)。
- 2) 速水紀文, 村瀬詩織, 杉野未奈, 林康裕, 衝撃弾性波を用いた大径木材の完全非破壊型材料特性推定に関する研, 日本建築学会技術報告集, 第 24 巻, 第 57 号, pp.649-654, 2018。

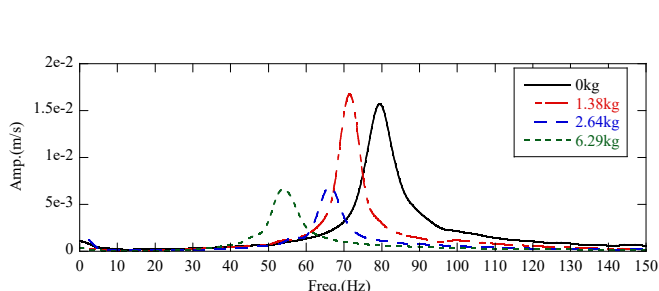
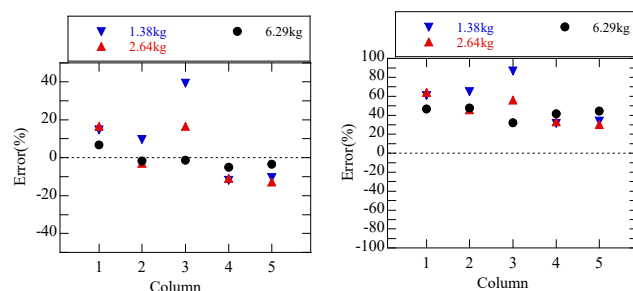


図3 錘質量による振動特性の変化 (柱 C1)



(a) 密度 (b) 曲げヤング係数

図4 材料定数の推定精度

1. はじめに

社寺建築物を含めた伝統木造建築では、劣化した柱の補修として柱の根継ぎがよく行われる。これは腐朽や虫害の被害を受けやすい柱脚だけを新材に取り替え、可能な限り既存部位を残すために行われるもので、日本における優れた伝統技術の一つと言える。柱の根継ぎには金輪継ぎが用いられることが多いが、研究代表者が過去に実施した金輪継ぎの曲げ実験¹⁾では、無垢材の半分にも満たない荷重で曲げ破壊が生じることがわかっており、鉛直軸力のみでの伝達であれば大きな問題は生じないが、地震荷重のように水平荷重を受けた際に柱の根継ぎ部に曲げモーメントやせん断力が作用すると非常に不利な構造体になり得る。特に社寺建築物で見られるような板壁構面を構成する柱を根継ぎした場合には、地震力を受けた板壁に作用した圧縮抵抗力により柱に曲げせん断力が作用するため²⁾、根継ぎ部の構造評価を行うことが必要不可欠であるが、これまでにそのような実験を実施した事例もなく、設計者や現場の担当技師の判断に委ねられているのが実状である。実状としては特に気にすることなく根継ぎを施している可能性も高いが、このような危険性が生じることがわかったとしても、どの程度の安全性を有するのか、またその対策をどのようにすればよいのかがわからないという状況である。

そこで本研究では、まずは板壁構面に根継ぎを施した場合に、どのような破壊が生じ、どの程度の耐力低下が生じるのかを明らかにすることを目的とし、いくつかのパラメータ実験を通して破壊性状、変形状、復元力特性の評価を試みる。

2. 実験方法

試験体の基本形状と継手寸法を図1に、試験体一覧を表1に示す。ここで、紙面右向きを載荷の正方向とする。柱、梁、土台には□-180×180mmのヒノキ材を、貫には□-50×120mmのヒノキ材を、板壁には厚さ18mmのヒノキ材を用いた。板壁を挿入するために板壁周辺の軸組に溝があり、各試験体に板壁を10枚挿入した。本実験の継手方法は金輪継ぎとし、込み栓にはカシ材(□-15×15)を用いた。なお、柱脚は土台仕様とし、柱-梁、柱-土台仕口は短ほぞとし、貫は楔を用いた接合とした。さらに柱頭、柱脚にはホールダウン金物(ビス止めホールダウン：U35kN)を取り付けた。

試験体は全部で5体を用意した。試験体1は、根継ぎのない標準試験体である。試験体2、試験体3、試験体5は継手を左柱に継手を設け、試験体4は右柱に継手を設けた。構面の変形時に板壁が柱を押し出す方向に対して、試験体3は継手を強軸方向に、試験体2、試験体4、試験体5は継手を弱軸方向に取り付けた。また、継手部分での局所的な破壊を防ぐために、試験体5では鋼材を継手に2箇所巻きつけて補強している。載荷方法は柱脚固定式で行い、梁に連結した油圧ジャッキで加力を行った。

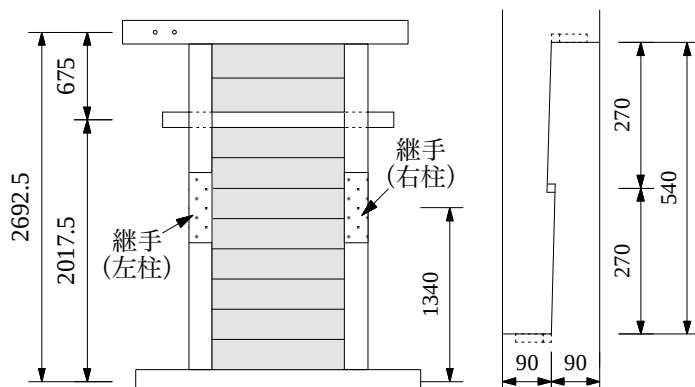


図1 試験体の基本形状と継手寸法

表1 試験体一覧

試験体名称	継手			
	有無	位置	向き	補強
試験体1	—	—	—	—
試験体2	○	左柱	弱軸	—
試験体3	○	左柱	強軸	—
試験体4	○	右柱	弱軸	—
試験体5	○	左柱	弱軸	○

載荷は変位制御で行い、変形角が $1/450$ 、 $1/300$ 、 $1/200$ 、 $1/150$ 、 $1/100$ 、 $1/75$ 、 $1/50\text{rad}$ となるように正負交番繰り返し加力を行った。同一変形角での繰り返しを 2 回ずつ行い、最後に $1/10\text{rad}$ まで片側加力を行った。

3. 結果と考察

$1/10\text{rad}$ 時の試験体 1、試験体 4 の構面全体の様子をそれぞれ写真 1 に、各試験体の継手の様子を写真 2 に示す。試験体 1 は木材が連続的に変形していたのに対し、継手を有する試験体は継手の切り欠き部分から柱に割裂が生じた。さらに、継手を弱軸方向に取り付けた試験体 2、試験体 4 では割裂により発生した亀裂が著しく進行し、継手位置での局所的な変形が見られた。継手に補強を施した試験体 5 では、鋼材により継手位置での部材間の隙間が広がるのを抑えることができ、亀裂の進行が抑制された。また、継手位置の局所的な変形は見られず、靱性能の観点から十分な補強効果を得ることができたと考えられる。

荷重－見かけのせん断変形角関係の一覧と正側の包絡線を図 2 に示す。正側包絡線の結果を比較すると、初期剛性に若干の差は見られるものの、全ての試験体で荷重－見かけのせん断変形角関係に大きな差は見られなかった。本実験では全て 1P 試験体を用いたことで、板壁の圧縮抵抗によるたわみが両柱で大きくなり、板壁の抵抗が十分に発揮されなかったためであると考察しているが、より詳細な検討を行う必要があり、今後の課題である。

次に、柱のたわみ量について比較を行う。本研究では、根継ぎを有する側の柱の水平変位を計測し、試験体 1 については比較のために左柱の水平変位を計測した。なお、上下の梁と土台からの相対変位を柱のたわみ量とし、 $1/50$ 、 $1/30$ 、 $1/15$ 、 $1/10\text{rad}$ ごとに表したものを図 3 に示す。根継ぎを有する試験体 2～試験体 5 では、試験体 1 と比較して継手位置で柱が大きいたわみ、特に継手を弱軸方向に取り付けた試験体 2、試験体 4、試験体 5 で強軸方向に取り付けた試験体 3 と比べて $1/15\text{rad}$ から継手位置での柱のたわみ量が著しく増大していることが分かった。また、本実験での鋼材による補強は柱が分離しないことを意図したものであり、継手位置での曲げ性能を向上させるものではないため、試験体 2 と試験体 5 に大きな差は見られなかった。

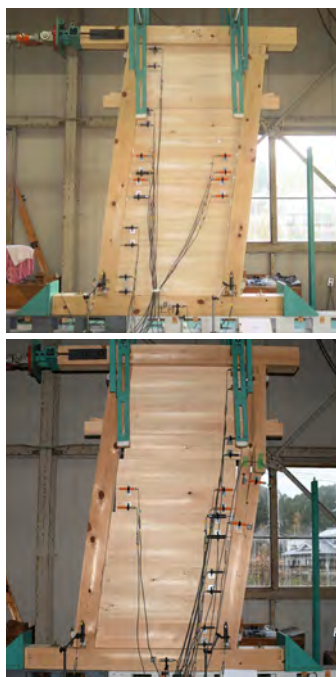


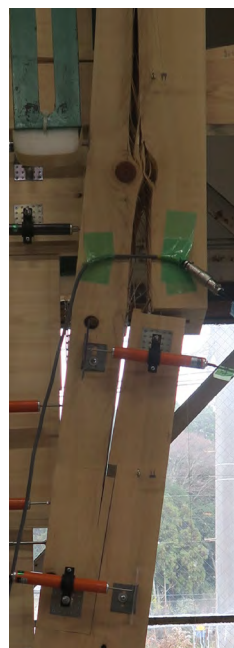
写真 1 $1/10\text{rad}$ 時の様子
(上: 試験体 1 / 下: 試験体 4)



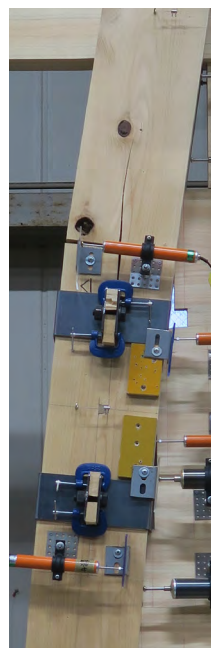
< 試験体 2 >



< 試験体 3 >



< 試験体 4 >



< 試験体 5 >

写真 2 $1/10\text{rad}$ 時の継手の様子

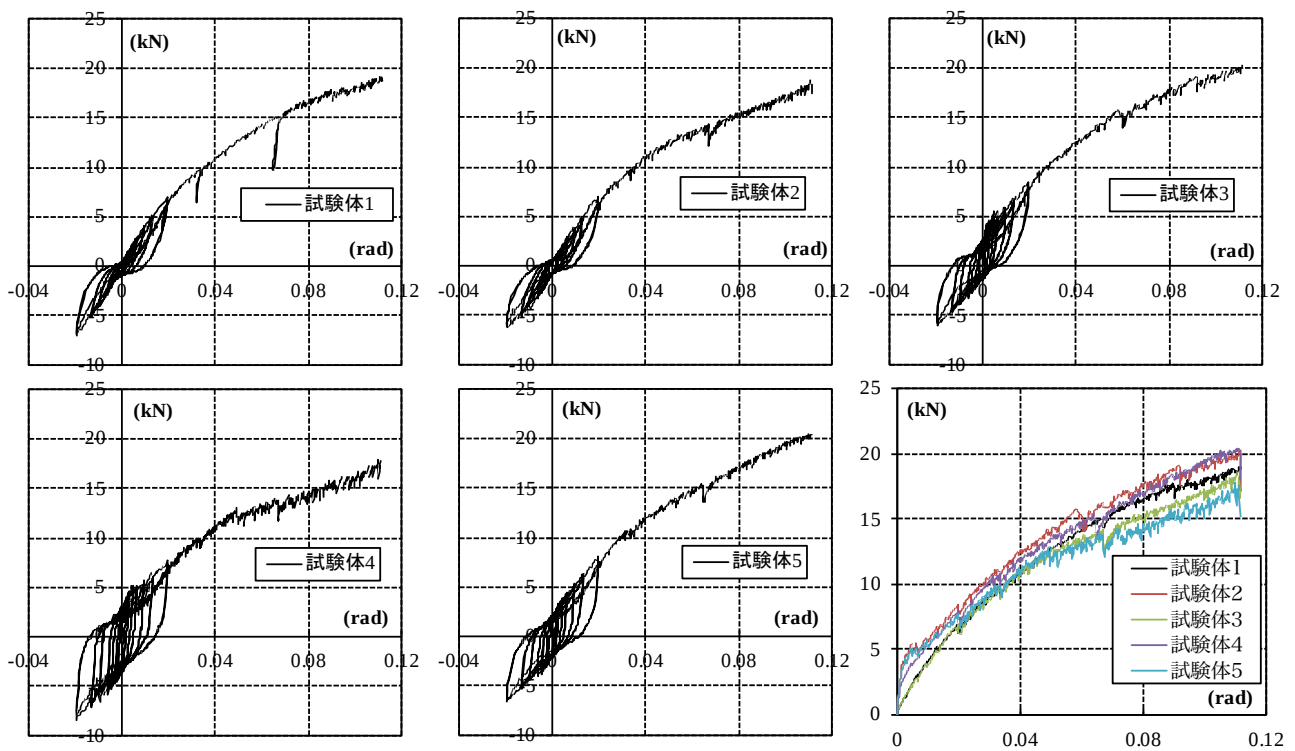


図2 荷重-見かけのせん断変形角関係とその包絡線の比較

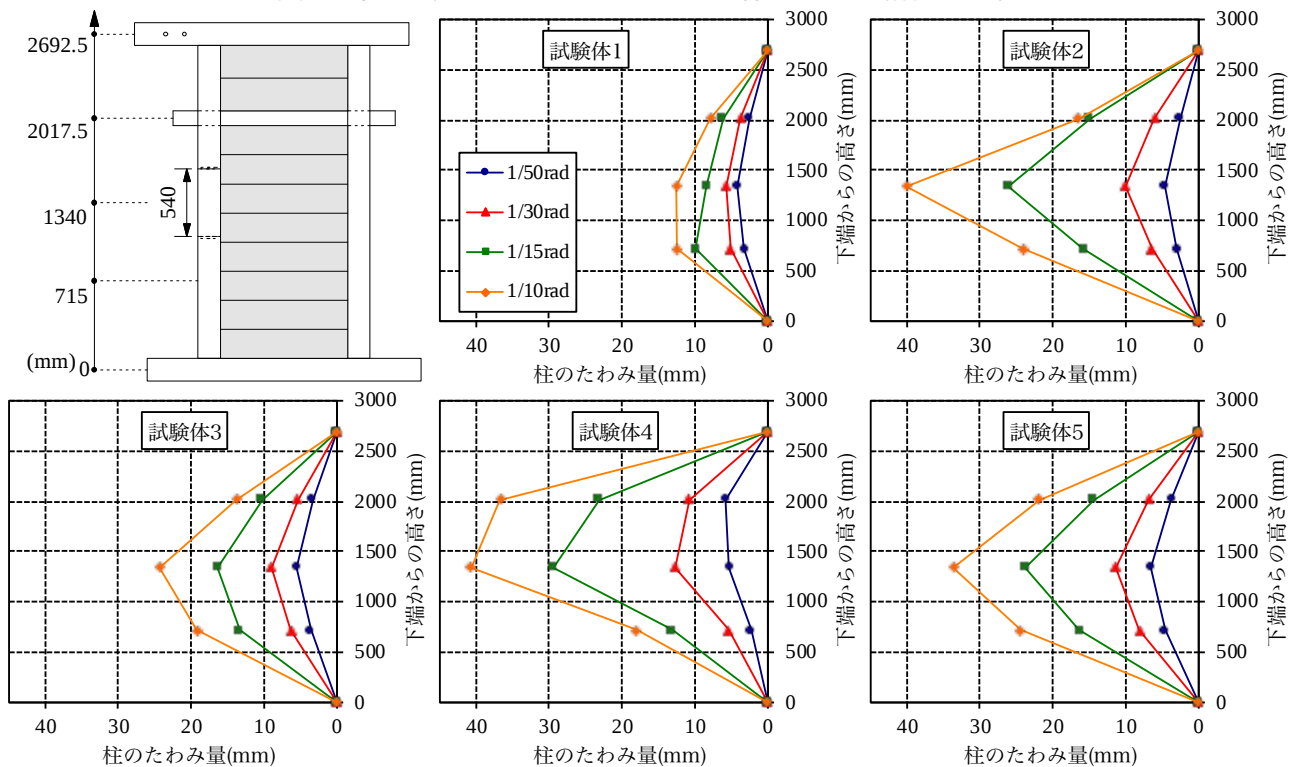


図3 柱のたわみ量の比較と計測点の位置

継手の回転角を板壁構面の見かけのせん断変形角ごとに示したものを図4に示す。なお、強軸方向、弱軸方向の継手の回転角は図5に示す変位計①と変位計②の計測値の差分をその距離で除したものとした。試験体3は見かけのせん断変形角の増加に伴って線形的に増加しているのに対し、試験体2、4は0.02rad付近から急激に増加している。これは割裂により生じた柱の亀裂が広がるのに伴って、継手部分の部材間の隙間が広がったためであると考えられる。また、試験体4では0.08rad付近から継手の回転角の増加量が小さくなったが、これは継手の回転角の算出に用いた変位計よりも上側の位置において部材の折損が進行したためであると考えられる(写真2)。試験体5では、継手の回転角が試

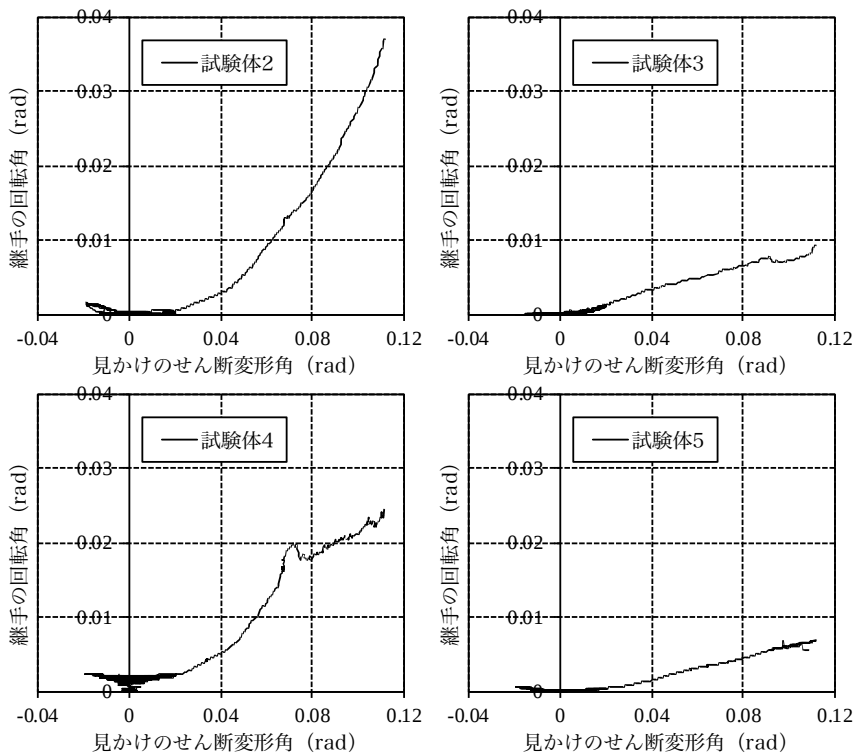


図4 継手の回転角-見かけのせん断変形角関係

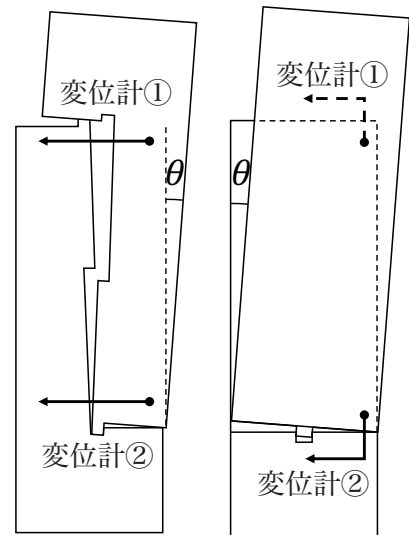


図5 継手の回転角の計測方法
(左：弱軸方向／右：強軸方向)

験体2と比べて大幅に低い値となり、継手部分の部材間の隙間が広がるのを抑制できていることが分かった。

4. まとめ

本研究では、根継ぎを施した柱を有する板壁構面の繰返し載荷実験を行い、柱の根継ぎが構面全体の構造性能に及ぼす影響を考察した。得られた結論を以下に示す。

- ・全ての試験体で荷重-見かけのせん断変形角関係に大きな差は見られなかった。
- ・継手の切り欠き部分から割裂破壊が発生し、それにより生じた亀裂の進行は弱軸方向で顕著であった。以上より、根継ぎを施すことによって板壁構面の靱性能が低下することを確認できた。
- ・柱のたわみ量と継手の回転角の比較により、継手位置で局所的に変形していることが分かり、特に継手が弱軸方向の場合に大きな変形が見られた。
- ・継手に鋼材を巻いて補強することで、継手の回転角の増加と、割裂により生じた亀裂の進行を抑制することができたため、靱性能の観点から十分な補強効果が得ることができたと考えられる。
- ・継手の有無による変形性状、破壊性状の違いは顕著に見られた一方で、耐力に大きな差が見られなかった原因について、更なる検討を要する。

5. 参考文献

- 1) 根継ぎ部に炭素繊維補強を施した柱の曲げ実験：瀧野敦夫，八神紗良，村上雅英，日本建築学会技術報告集，Vol.24，No.56，pp.141-146，2018.2
- 2) 社寺建築物における板壁構面の繰返し載荷実験と解析的検証：日比野惇，瀧野敦夫，村本真，宮本裕司，日本建築学会大会学術講演梗概集，構造Ⅲ，pp.177-178，2018.9

謝辞

実験の実施において、奈良県森林技術センターの柳川靖夫氏には多大なるご協力を頂きました。ここに深く感謝の意を表します。

重要文化財堀家住宅 (賀名生皇居) の建築年代調査と当初復原
研究報告要旨

研究代表者 中尾七重 山形大学
共同研究者 大野敏 横浜国立大学
共同研究者 坂本稔 国立歴史民俗博物館
共同研究者 門叶冬樹 山形大学
共同研究者 箱崎真隆 国立歴史民俗博物館

1. 重要文化財堀家住宅について

重要文化財堀家住宅 (奈良県五條市西吉野町賀名生) は、江戸時代以前の古民家である。堀氏は初代熊野別当長快を先祖とし、承久の乱後、賀名生の地に住みついたという。後醍醐天皇と後村上天皇が賀名生に行宮を置き、両天皇に尽くした堀信増は位階を賜ったと伝わる。

1999 年の文化財保存修復工事の調査から、室町末期当初は二階建ての建物だったことが判明した。これは民家研究の常識を覆す知見であった。そこで、松井角平記念財団の助成により、古建築を対象にした放射性炭素 (^{14}C) 年代調査法を用いて堀家住宅の復元研究を行った。



Figure 1 重要文化財堀家住宅 外観

2. 堀家部材の放射性炭素 (^{14}C) 年代調査

^{14}C 年代法は、大気中の ^{14}C を取り込んだ生命体の生命活動終了後、放射壊変により生物遺体の ^{14}C 濃度が次第に減少することを利用した年代測定法で、この研究によりリビー氏は 1960 年にノーベル化学賞を受けている。 ^{14}C 法の古建築適用研究は、中尾と国立歴史民俗博物館研究チームが 2004 年に開始し、現在実用段階に入っている。

堀家部材の ^{14}C 年代調査を行った。文化財保存修復工事で小屋裏に保存されていた非再用部材を中心に、ウィグルマッチ法 (1 部材 3 点の ^{14}C 測定を行い、最外年輪形成年を求める高精度測定) を適用した。 ^{14}C 測定は AMS 法を用いて山形大学高感度加速器質量分析センターが行った。

Table 1 測定データ一覧

部材番号	部材名番付	表面樹種	年輪位置最外層1	測定番号	^{14}C 年代yrBP $\pm\sigma$	校正年代calAD	ピーク値1位 2位
堀1	天井貫に三	芯持材マツ	1-5	YU-10015	323 $\pm$ 20	1499-1605 (75.0%)	1633 1527
			9-13	YU-10016	335 $\pm$ 20	1619-1643 (20.5%)	
堀2	梁ぬ又三〜ぬ七	芯持材マツ	1-5	YU-10017	359 $\pm$ 20	1478-1528 (60.4%)	1512 1618
			10-14	YU-10018	356 $\pm$ 20	1593-1634 (35.0%)	
			19-23	YU-10019	362 $\pm$ 20		
堀3	天井貫は七〜に七	四ツ割材辺材ありマツ	1-5	YU-10020	360 $\pm$ 20	1496-1531 (24.4%)	1604 1514
			11-15	YU-10021	323 $\pm$ 20	1545-1547 (0.3%)	
			24-28	YU-10022	346 $\pm$ 20	1561-1637 (70.8%)	
堀4	桁は七	芯持材マツ	1-5	YU-10023	333 $\pm$ 20	1487-1535 (36.4%)	1626 1523
			9-13	YU-10024	349 $\pm$ 20	1558-1641 (59.1%)	
堀5	棟束又へ	芯持材剥マツ	1-5	YU-10025	326 $\pm$ 20	1530-1644 (75.8%)	— —
						1651-1682 (19.6%)	
堀6	柱へ三	ヒノキ	1	YU-10026	324 $\pm$ 20	1533-1645 (75.9%)	— —
						1655-1685 (19.6%)	
堀7	柱へ四	ヒノキ	1	YU-10027	334 $\pm$ 20	1528-1647 (75.6%)	— —
						1649-1681 (19.8%)	
堀8	差鴨居へ七〜ち七	板目厚板ヒノキ	1-5	YU-10028	現代炭素		— —
			21-25	YU-10029	現代炭素		
			41-45	YU-10030	現代炭素		
堀9	柱ち七	芯持材ヒノキ	1-5	YU-10031	310 $\pm$ 20	1523-1601 (72.5%)	1538 1642
			8-12	YU-10032	303 $\pm$ 20	1627-1649 (24.9%)	
			16-20	YU-10033	341 $\pm$ 20		
堀10	小屋裏柱へ四	四ツ割材ヒノキ	1-5	YU-10034	351 $\pm$ 20	1564-1613 (95.4%)	1577 1591
			21-25	YU-10035	314 $\pm$ 20		
			40-44	YU-10036	280 $\pm$ 20		

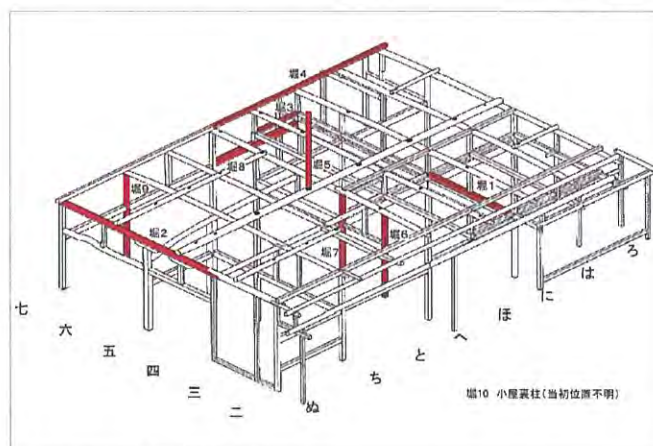


Figure 2 調査部材位置図

測定で得られた ^{14}C 年代を、国立歴史民俗博物館解析ソフト RHC を用いた部材年代の分析で、堀家の部材は 16 世紀前半 (天文頃)、16 世紀末期 (室町末期)、17 世紀前半 (江戸前期) の 3 つの年代に分類されることが分かった。

3. 二階柱と扱き柱

堀家住宅が二階建てだったとする根拠となったのは、二階柱と扱き柱 (コキバシラ) の痕跡である。

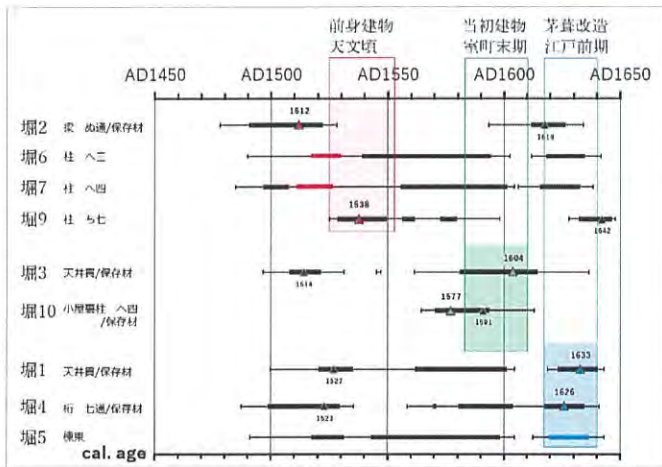


Figure 3 部材年代

堀家の胴梁にホゾ差しされていた小屋束は、その側面に板壁痕や土壁痕や辺付が残り、元は二階柱だったこと、茅葺平屋建て改造の際に二階柱の上部を切断し、小屋束として使用されたことが判明した。二階柱を受ける胴梁は、略鎌で一階柱や扱き柱の側面に取り付く差物である。

扱き柱は、柱穴をあけた落とし込み梁を扱き柱に落とし込み、柱どうしを繋ぐ落とし込み工法に用いられる柱である。堀家住宅の扱き柱は二階床梁を落とし込んだものと考えられるが、「に四」柱と「ろ七」「に七」「ほ七」束の4本しか残されておらず、落とし込み梁も残されていない。元の扱き位置に天端を合わせて胴梁が差されている。この痕跡から推測されるのは、この4本の扱き柱は、扱き柱構造建物から再用された転用古材ということである。

これまで扱き柱を用いた落とし込み工法は民家の技法と考えられてきた。民家では、内法横架材を落とし込む場合と一階床梁を落とし込む例があるが、堀家の扱き柱のような二階床梁の落とし込みは類例が見いだせない。

一方、鹿苑寺金閣は堀家のような二階床梁の落とし込み工法を用いている。1397年に足利義満が北山殿に建てた金閣は鹿苑寺舍利殿として維持されてきた。1950年に放火により焼失し、1955年に再建・当初復原された。

金閣は一・二階の通し柱が扱き柱である。金閣の扱き柱は下部（一階）が約180mm角、上部（二階）が約150mm角で、堀家の扱き柱よりもひと廻り大きい。周囲16本の柱が全て扱き柱であった。梁行と桁行の落とし込み梁が2階床を支える床梁となっている。扱き柱による落とし込み構造のため、一階（法水院）と二階（潮音洞）は同じ広さ・同じ柱位置である。三階（究竟頂）は柱筋も異なる別構造で二階上部に載っている。

二階の荷重を受けるための金閣の落とし込み工法と同

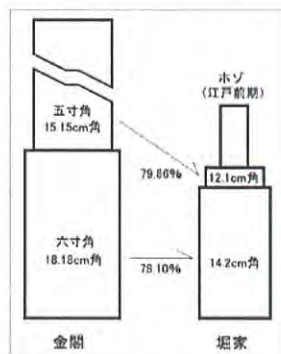


Figure 4 扱き柱比較

様、堀家の扱き柱も二階床を支える落とし込み構造であったと考えられる。堀家の扱き柱の寸法は上部下部ともちょうど金閣の扱き柱のおよそ80%である。

以上、二階柱と胴梁と扱き柱を検討し、堀家住宅は、①扱き柱を用いた前身二階建て建物、②胴梁を用いた当初二階建て建物、③扱き柱・二階柱を切り縮めた平屋建て茅葺建物、の3回の変遷が推定された。

4. 町家風復元案の検討

堀家住宅修理工事報告書（1998年）では、当初復元案は切妻二階建ての妻側に切妻平屋建てが接続している。当初材が多く残る土間部は切妻だったことが判明する。土間部に倣い、二階部分も切妻としたのが当初復元案である。4寸勾配で杉板葺きの切妻屋根を持つ二階建て復元案は、町家をイメージしているように思われる。

二階建て町家は、洛中洛外図屏風歴博甲本で確認できる。その景観年代1525年は、¹⁴C年代調査で判明した堀家住宅当初建物の建築年代と近い。室町通の二階建て町家は隣家の平屋建て町家と隣接しているが、間には細長い隙間の空間がある。また、京都の町家は通し柱と胴梁からなる構造である。奈良の町家は柱上に大梁を載せる茅葺民家と同様の構造である。通し柱型町家も大梁型町家も扱き柱は使用されていない。さらに、描かれた二階建て町家は街区中央の住戸で、町並みのなかで特に目立つ。町秩序における役家や身分を表現したと考えられる。近世初期以前の二階建て町家は都市計画・都市秩序の要素として位置づけられ建築された。翻って、堀家住宅は町並みや街区といった都市的要素の全くない山中に立地している。1500年代に賀名生の地において二階建て町家風の建物が建てられる社会的・政治的背景は見いだせない。

5. 丹生川の景観

堀家住宅は丹生川・宮谷川合流点の川べり低地に建つ。防災的に不適切な立地であるにもかかわらず堀家住宅がここに位置するのは、景観環境によるためである。

堀家住宅八畳の間の襖絵は、丹生川から堀家住宅を描いている。「賀名生古行宮真趣 庚戌春日敬寫前景」の詞



Figure 5 堀家住宅の立地

書は、古行宮の真の趣が滝や巨岩の溪谷美に現れるという。古行宮のイメージを投影する景観こそが、堀家住宅がこの位置でなければならない理由と考えられる。さらに、堀家住宅の背後には、北畠親房墓所が遠望できる。

6. 地下遺構の検討

文化財保存修復工事時に、住宅部分の地下調査が行われ、AからHまでの8本のトレンチが入れられた。現状の地表より約30cm下に旧地表面の層があり、旧地表面（緑色部分）「は通〜C通」間と判明した。「は通」より東側は、石垣による整地以前は地盤に沿って丹生川に下っていた。「と通」東側の葛石11個は東側を化粧として据えられており、「と通」東側が旧地表面、西側はそれ以降の時期に現状の地表面が築かれた事が分かった。

六通り南側に葛石と同じ高さの礎石が検出された。礎石間隔の2.3mを基準寸法と仮定すると、東西6.9m、南北

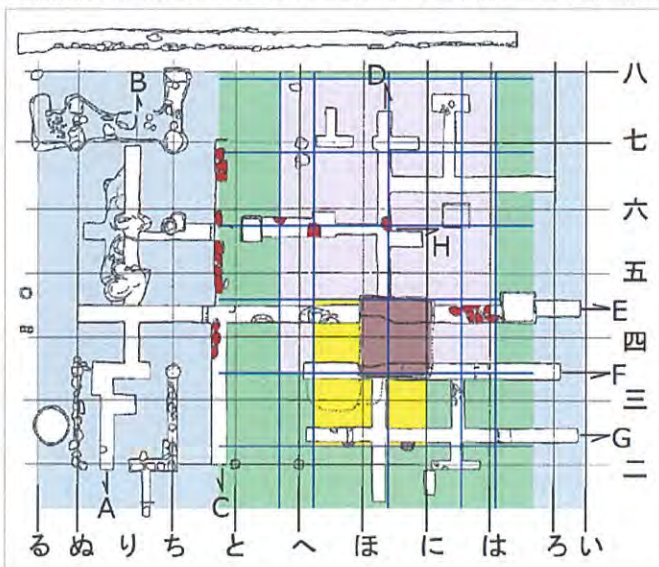


Figure 6 旧地表面推定復元

・地下調査区域図（修理工事報告書）に2.3m基準のグリッド作成
赤色：礎石・葛石・敷石、茶色：竪穴・掘立柱、桃色：前身建物、黄色：火災区域、緑色：旧地表面屋敷地、灰色：現状地表面屋敷地

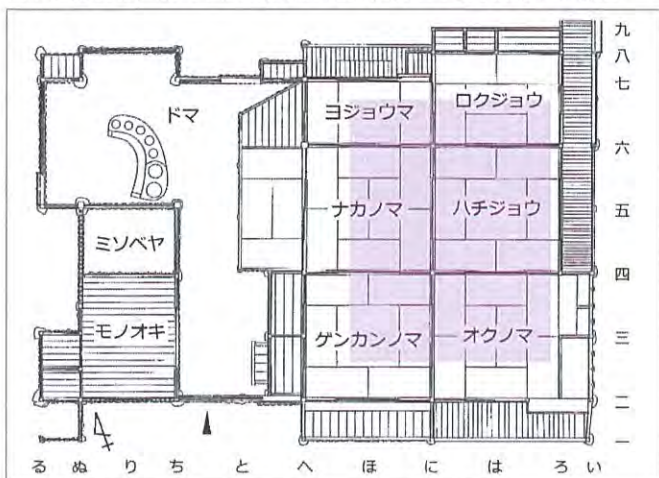


Figure 7 堀家住宅現状平面図 推定前身建物の広さ（桃色）

9.2m すなわち四間二面の前身建物が推定復元される。この前身建物規模は、当初建物の2階建て部分に該当する。

四通の方形竪穴（東西2.4m×南北2.5m、深さ1.4m）は壁面が垂直に掘られ、前身建物の遺物と思われる炭化木片・焼けた壁土・竹石混入焼土で埋土されていた。

G通に、掘立柱炭化柱根2本とその下部に根石が検出された。柱根と方形竪穴付近は焼土が堆積しており、火災領域が推定される。礎石や葛石は火災の影響を受けていないので、火災より前の時代の遺構と考えられる。

以上より、火災以前は前身屋敷地（緑色）に二階建て前身建物が建っていた。前身建物に付属する掘立柱建物が焼失し、二階建て前身建物は焼け残った。火災後に30cmの盛土・整地をして屋敷地を広げ、当初建物が建てられた。当初建物の礎石や地表面に火災の痕跡は無い。

以上、I期：屋敷地旧地表面「は通〜C通」、II期：火災・屋敷地を30cmかさ上げ拡大「い通〜通」、III期：南側を整地、長屋門建設（江戸時代前期）、となる。

7. 堀家住宅の変遷

堀家住宅の変遷については、修理工事報告書で「①当初（室町末）切妻造、植物性屋根葺、土間より1間東で落屋根」、「②当初改造 壁面補強」、「③1次（江戸初期）入母屋造茅葺」、「④2次（江戸中期）土間広敷増設、北側出入口変更」、「⑤3次（江戸後期）柱間装置の変更」、「⑥4次（江戸末期）南側に式台増設、土間に室増設」、「⑦5次（明治）大改造、差鴨居、床の間、便所」と7回の変遷が記されている。

建物の変遷①〜③と、発掘による屋敷地の変遷I〜IIIと部材年代を対応させると、【⑩I 16世紀前半】、【①②II 16世紀後半】、【③III 17世紀前半】となる。⑩は前身建物、①は当初建物、②は現状建物（重文堀家住宅）である。

Table 2 屋敷地と建物の変遷

変遷	I期	火災	II期	天禄化	III期
西暦	16世紀前半	16世紀末期	16世紀末期	1616年	17世紀前半
屋敷地	は通〜と通	又二通〜又四通 火災	屋敷地拡大 い通〜通		い通〜通
建物変遷	前身建物		当初建物		1次建物
二階建て建物	庭園建築 は又F〜又F〜 又又六〜又又六	一部被災 南側掘立柱建物焼失	ろ二〜ほ二 ほ七〜ろ七	二階建て 建物と土 間部建物	平屋建てに改造 茅葺入母屋 い〜ぬ二 ぬ七〜い七 門
土間部建物	庫裏建物 切妻妻入 別の場所	無事	ほ二〜ぬ二 ぬ七〜ほ七	を合体 杉皮葺	

I期に建てられた二階建て建物（前身建物⑩）は扱き柱の落とし込み構造であったが、I期の終わりに火災によりいったん解体された。そしてII期に屋敷地が拡大され、平屋建て一部二階建ての建物（当初建物①）が建てられた時に、扱き柱が再利用され、胴梁構造に変更された。

土間部は当初材が多く残存しており、最初は平屋建ての切妻屋根だったこと、板葺きか杉皮葺きだったことが判明している。土間の梁と柱（堀2、堀9）は16世紀前半の年代となったが、I期には土間部分の敷地は存在しない。

「ぬ通」まで敷地を拡げたのは火災後のⅡ期である。上屋根には当初以前の痕跡もあり、前身建物が存在した可能性がある。すなわち、当初土間部一階建て建物（Ⅱ期）以前に、別の場所にあった前身土間部建物（Ⅰ期）を移築改造して当初土間部建物が建てられたと考えられる。

8. 前身二階建て建物

丹生川に面した景観を庭園に見立てた堀家住宅は、浄土庭園における庭園建築と考えられる。堀家住宅の復元に見出される扱き柱、二階建て以上、杉皮葺きの緩い屋根勾配などは、鹿苑寺金閣と共通性を持つことが窺える。

堀家の扱き柱は一辺のサイズが金閣の80%であった。金閣は平面規模が11.7m×8.5mで、堀家前身建物の大きさは推定9.2m×6.6mなので、金閣のほぼ80%の大きさとなる。高さについても、金閣の二階屋根の稜線を延長すると二階棟高は約30尺で9.09mである。修理工事報告書で推定された堀家前身建物の二階棟高は7.2mであるから、高さも金閣のほぼ80%となる。以上より、堀家前身建物は金閣の80%のサイズで作られたと考えられる。金閣など庭園建築は最上層が遮滅しているので、堀家前身建物にも三階あるいは四注屋根の明り取りなど外観を整えるための構造物があったと推測される。

9. 前身土間部建物

堀家住宅土間の部材はⅠ期（16世紀前半）の年代を示している。現在の土間の敷地はⅠ期には存在しないので、Ⅰ期に現在の敷地ではないところに建てられ、火災後に現在の位置に移築され、二階建て建物と接続されたと考えられる。その前身土間部建物は、勾配が緩く杉皮葺きか板葺きの切妻屋根で、屋内土間の大きい間取、そして2本の差梁が桁行に両差しで渡り下りる差物架構を持つ。このような上部荷重を受ける差物架構は、中世寺院建築付属屋や近世禅宗寺院庫裏に見られる。

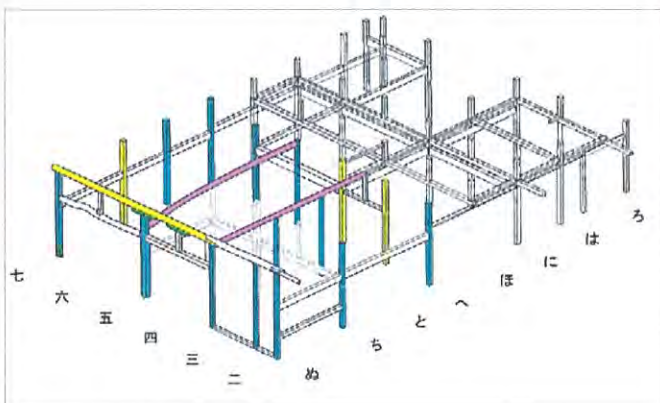


Figure8 堀家住宅架構図土間部

黄色:年代調査部材、青色:柱、桃色:差梁、緑色:舟肘木

堀家住宅の切妻妻側出入口が復原される「ぬ通り」に舟肘木が存在する。切妻妻側に出入口があり、妻面に舟

肘木のある建物は禅宗寺院の庫裏である。鹿苑寺にも切妻妻入りで舟肘木の妻飾りの庫裏がある。堀家住宅前身土間建物も切妻妻入の庫裏建物であった可能性が高い。

10. 堀家前身建物建設の背景

堀家住宅は賀名生皇居の由緒を持つため、常に政治的動向に影響されてきた。北畠親房の墓所の存在は、堀家住宅の立地と建設に大きな意味を持つと考えられる。北畠親房は後醍醐天皇の側近筆頭で、「神皇正統記」を執筆し、南朝を率い、1354年に賀名生で没した。

親房以降、北畠氏は伊勢国司・守護を務めた。七代晴具は天文（1532-1555年）頃に大和に侵攻した。北畠氏の支配に応じ、親房墓所が整備され、南朝を偲ぶ庭園建築（堀家前身建物）が建てられたと考えられる。

堀家には、南朝由緒の品々が伝えられている。「日の丸の旗」は後醍醐天皇の下賜品と伝わる。¹⁴C年代測定の結果、1463～1528年あるいは1553～1634年に作られた絹製であることが分かった。15世紀後期～16世紀前期の年代は堀家住宅前身建物の建築年代と一致する。絹糸の太さや形、織り方も室町時代ごろの特徴と一致するという。北畠晴具の大和侵攻を契機に、堀家と北畠氏が北畠親房顕彰および南朝追慕の一大事業として住宅建設や遺品作成を行ったと考えられる。その背景には、「花の御所体制」が在地有力者にも及び、日本各地に室町殿「写し」の建物が建設されたことがある。

11. 堀家前身建物の復元

堀家前身建物復元景観図を作成し、木製パネルに納めて堀様に寄贈した。今後堀家住宅において、展観に供してくださる予定である。



Figure 9 堀家住宅前身建物復元景観図

謝辞 重要文化財堀家住宅堀丈太様、元奈良県教育委員会文化財保存事務所主幹吉井博様、竹中工務店伝統建築グループ上田忠司様、エル・ライブラリー（大阪産業労働資料館）特別研究員下久保恵子様、阿部和建築文化研究所安井妙子様、京都府教育庁指導部文化財保護課様に感謝申し上げます。

社寺建築物に用いられる厚塗り土壁を有する木造軸組架構の耐震性能評価法の構築

香川大学 創造工学部 准教授 宮本慎宏

1. はじめに

土塗壁は伝統構法の社寺建築に多く見られるが、既往研究は主に部材寸法の小さい住宅建築を想定しており、社寺建築の土塗壁を想定した研究例は少ない。本研究では社寺建築を想定した土塗壁を有する木造軸組架構の静的加力実験とフレーム解析モデルを用いた静的増分解析を行い、実験結果と解析結果を比較することで社寺建築における土塗壁の構造性能評価を行うことを目的とする。

2. 静的加力実験概要

試験体は図 1 に示す軸組架構体の試験体Ⅰ,Ⅲと土塗壁を有する試験体Ⅱ,Ⅳの計 4 体である。樹種は桧材とし、柱間寸法は 1400mm、高さは 1900mm、柱は 180×180mm、頭貫は 80×130mm、内法貫および足固貫は 50×90mm である。各柱の頂部には大斗を想定した角材を置いて木ダボで固定し、頭貫 - 柱接合部の仕口は輪薙ぎ込み、内法貫および足固貫 - 柱接合部の仕口は渡り顎楔止めとした。土塗壁は全体の厚さを 50mm とし、層構成は荒壁土と中塗り土の 2 種類、荒壁土および中塗り土ともに香川県の粘土を使用する。

図 2 に示すように静的載荷実験は押し引き両動の油圧ジャッキを用いて頭貫に水平荷重を加え、柱 1 本当たりに上載荷重 20kN を与える。真のせん断変形角 γ_0 が 1/200, 1/100, 1/75, 1/50, 1/30, 1/20, 1/15rad において正負 3 回ずつの正負交番加力とし、1/10rad は負方向に 1 回加力を行う。

3. 実験結果

試験体 4 体の実験結果の比較図を図 3 に示す。図 3 から明らかなように、4 体の試験体における最大水平荷重は試験体Ⅳ,Ⅱ,Ⅲ,Ⅰの順に大きく、試験体のすべてに 1/20 ~ 1/15rad にかけて急激な荷重の低下がみられた。これは、柱と足固貫および内法貫の接合部に割裂破壊が生じ、土塗壁の面外変形が進行したことが原因として挙げられる。1/15rad 時における土塗壁の破壊性状を図 4 に示す。土塗壁部分の縦横比が 1:1 の試験体Ⅱは 1/15rad 時に壁全体が剥落し、土塗壁部分の縦横比が 2:1 の試験体Ⅳは実験終了時まで壁全体の剥落が生じることはなかった。このことから、土塗壁は縦横比によって破壊性状が異なることがわかった。

4. 静的増分解析概要

株式会社構造システム製の汎用解析ソフト SNAPVer.7

を用いてフレーム解析モデルを構築する。静的増分解析の対象とする試験体は実大実験を行った試験体と同じとする。柱脚はピン拘束とし、頭貫の左端部から水平右方向に 0.1mm の増分で強制変位を与え、変位が 190mm に達した時点で終了とする。フレーム解析モデルでは柱傾斜復元力を水平バネ、柱と貫の接合部の復元力を回転バネ、土塗壁をトラスで表現する。柱傾斜復元力は文化庁による既往の計算式¹⁾、柱 - 貫接合部におけるめり込み抵抗は既往の通し貫の計算式²⁾に頭貫と柱のめり込み抵抗³⁾を加味したもの、土塗壁は既往の荷重変位関係¹⁾から算出した。

5. 実験結果と解析結果の比較

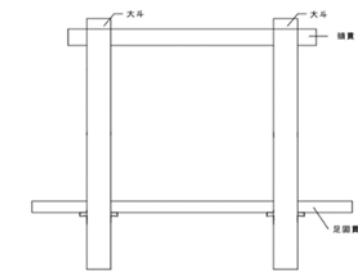
各試験体の静的加力実験結果と静的増分解析結果の比較図を図 5 に示す。図 5 から明らかなように軸組架構体における解析値と実験値は概ね一致しており、挙動特性を再現できている。しかし、土塗壁を有する軸組架構体では載荷中に土塗壁の面外変形が発生したため急激に耐力が低下し、実験値と解析値に差異が生じた。図 6 の解析結果における各抵抗要素の荷重変形角曲線に注目すると、試験体Ⅰ,Ⅲでは内法貫が増加すると初期時における貫の荷重は大きくなり、終局時には抵抗要素が貫のみとなることが明らかとなった。試験体Ⅱ,Ⅳでは内法貫が増加すると初期時における貫の荷重は大きくなり、終局時には抵抗要素が貫と土塗壁のみとなることがわかった。

6. まとめ

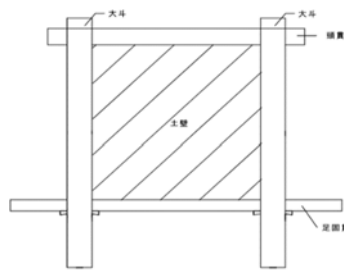
本研究では土塗壁を有する軸組架構体の静的載荷実験を行い、荷重変形関係および破壊性状を把握した。その結果、1/20 ~ 1/15rad にかけて内法貫および足固貫の接合部に割裂破壊、また、土塗壁の面外変形が生じたため、急激な荷重の低下がみられた。この実験結果を踏まえて静的増分解析を行った結果、木造軸組架構体の解析値と実験値は概ね一致し、挙動特性を再現できていたが、土塗壁を有する木造軸組架構体においては土塗壁の面外変形が生じたため、解析値と実験値で差異が生じた。

参考文献

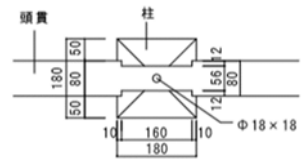
- 1) 文化庁「重要文化財(建造物)耐震基礎診断実施要領」pp.12-13, 2013.06
- 2) 日本建築学会:木質構造接合部設計マニュアル, pp.254-264, 2010.09.01
- 3) 稲山正弘:木材のめりこみ理論とその応用, 東京大学工学部博士論文, 1991.12



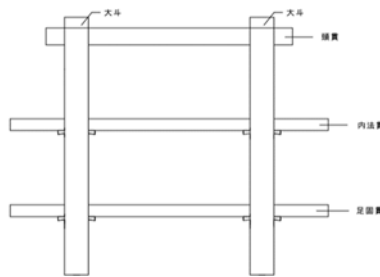
(a) 試験体I



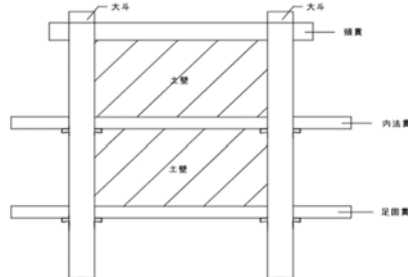
(b) 試験体



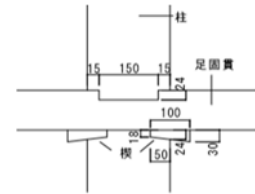
(c) 頭貫



(c) 試験体III



(d) 試験体



(f) 内法貫・足固貫

図1 試験体の詳細図

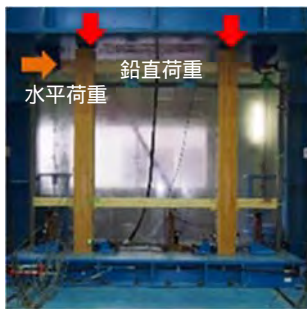


図2 載荷時の様子

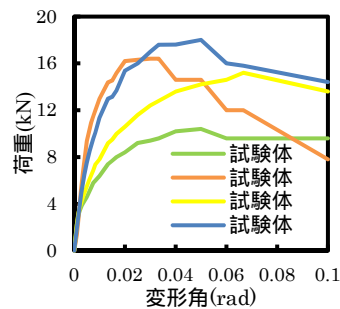
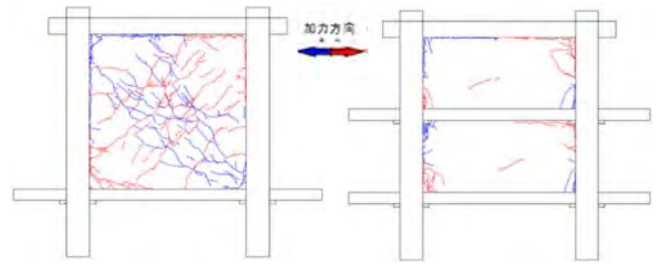


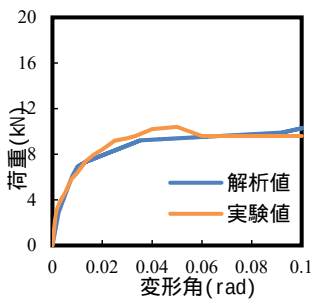
図3 実験結果の比較



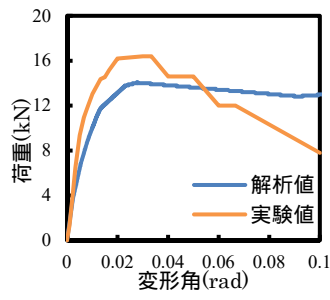
(a) 試験体II

(b) 試験体IV

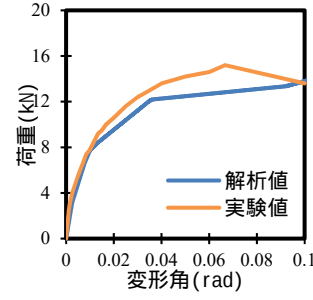
図4 1/15rad 時における土塗壁の破壊性状



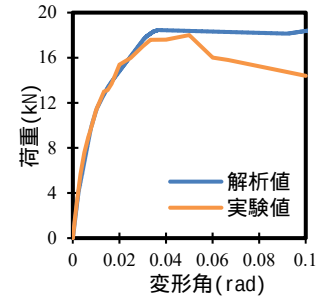
(a) 試験体I



(b) 試験体II

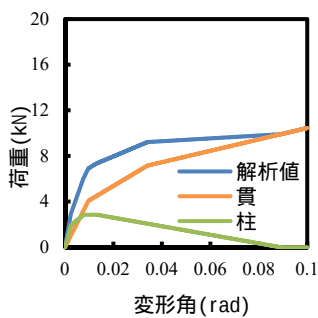


(c) 試験体III

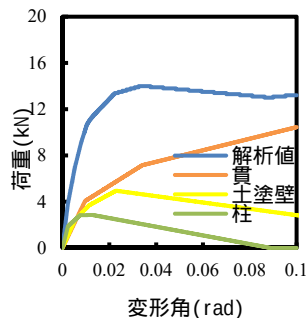


(d) 試験体IV

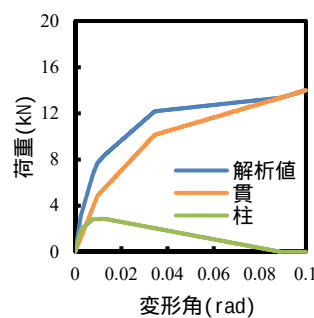
図5 静的増分解析結果と静的加力実験結果における荷重変形角曲線の比較



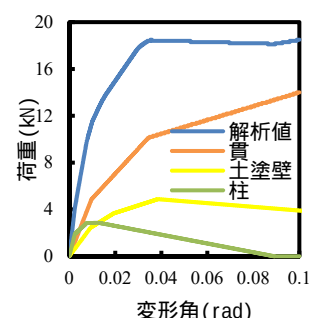
(a) 試験体I



(b) 試験体II



(c) 試験体III



(d) 試験体IV

図6 各抵抗要素の荷重変形角曲線

伝統木造建築の保存設計のための土壁と壁土の実験データベース構築による土壁の性能分析

京都工芸繊維大学 デザイン・建築学系 村本 真

1. はじめに

文化財建造物には土壁を有する建物が多い。建物の価値を失わないように保存・活用するためには、耐震診断と補強計画で、信頼性の高い評価情報が必要である。しかし、これまでの耐震性能評価では、実験情報が必ずしも十分に整理されて活用されているわけではない。本研究では、既往の土壁実験・壁土の材料実験を網羅的にデータベース化し、様々な仕様の土壁の分析を進め文化財の保存設計に供することを目的としている。

2. 壁厚が薄い場合の土壁の耐震性能

これまでの実験報告には、壁厚が薄い場合がほとんどなく、これまでに作成してきた土壁実験データベースにも当然ながら収録されていない。しかしながら、茶室・数寄屋建築においては、薄壁となる場合があり、壁厚は土壁の耐力に必ずしも比例関係にあるわけではないため、壁厚が薄い土壁を有する架構の耐震性能を評価する必要がある。そこで、新たに壁厚 45mm 程度の土壁の繰り返し載荷実験を実施し、土壁データベースに追加した。ここでは、開口を有する場合、および茶室でみられるような丸柱の場合の軸組架構の耐震性能についても調べた。

実験の結果、壁厚が 45mm と薄くとも柱径 90mm 程度で長柄ほぞ込み栓打ち接合部となる場合は、接合部破壊が生じ、柱が浮き上がり浮き上がらない場合に比べてかなり低い耐力となることなどを確認した。

3. 壁土の実験データベースの構築

土壁の実験データベースは、上記のように、かなりの数を収集し整理しているが、土壁の耐力に影響を与える壁土の材料特性を把握できるようなデータベースは未開発であった。そこで、土壁の場合と同様に、既往の実験報告を収集し、材料特性値を整理した。圧縮試験の結果で、応力-ひずみ関係が図示されているものは数値化し弾性係数を JIS A 1216(2009) に準じて算出した。また、試験体の情報として、壁土の分類、壁土の産地、調合、試験体形状、試験体寸法なども整理した。

4. 壁土の実験データベースを用いた深層学習による強度推定

作成したデータベースを用いて、壁土の材料特性を分析する。はじめに土壁の性能分析のために重要な特性値である壁土の圧縮強度を推定する方法を検討した。ここでは、データベースから、1つの試験体から圧縮強度、弾性係数、密度の3つの材料特性が把握できたものを1つのデータセットとし、334個のデータセットを処理する。実験報告の全てで3つの材料特性値が示されているわけではなく、データベースには欠損がある。既往の実験報告を利用するならば、壁土の材料特性に産地や試験体形状による特性の違いがあることから、必ずしも材料特性値間に単純な関係性があるとは限らない。そこで、本報告では非線形回帰を用いることとして、深層学習（以降、DNN と呼ぶ）による壁土の強度推定を試みた。

本研究では、Neural Network Console (NNC)¹⁾ を用いて上記のデータセッ

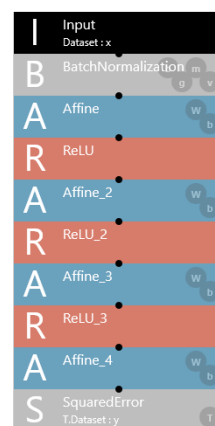


図1 DNN モデル

ト一式を処理した。設計した DNN モデルを図 1 に示す。Input には弾性係数、密度、壁土の分類、試験体形状からケース毎に説明変数がそれぞれ入力される。これらの特性値や質的変数から、いくつかの DNN モデルを検討した。最終的に、弾性係数、密度、壁土の分類、試験体形状を設定して学習を行った結果、生成された DNN モデルから出力される推定値と実験値との相関は図 2 のようになった。相関係数は全データの場合 0.93、評価データのみの場合 0.81 であった。この DNN モデルが最も高い推定精度となった。

これらの検討では、同じ壁土配合であっても、試験体形状によって実験結果が異なっていることが DNN の推定精度に影響していることもわかった。この手法を用いることで、新たな地域の壁土実験を追加する場合にも、壁土強度の推定を効率化できる。さらなるデータ収集により推定精度の向上が期待できると思われるが、試験体形状に関する影響をどのように評価すべきかについては課題がある。

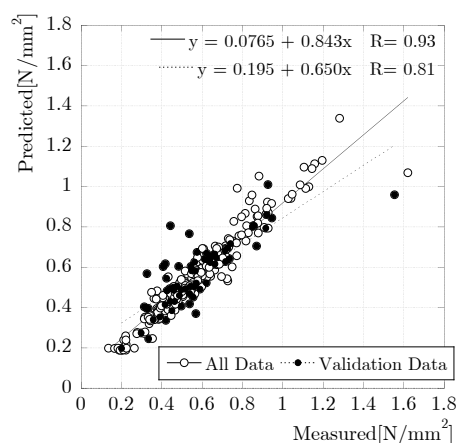


図 2 弾性係数、密度、壁土の分類と試験体形状による DNN の推定結果

5. 京都深草産壁土の材料特性の分析

上記の壁土の実験データベースに収録した他研究者らの実験報告からは、地域毎の壁土の密度、弾性係数と圧縮強度が揃ったデータセットを必ずしも十分に得られないことがわかった。そこで、産地を京都に絞り 2014 年～2019 年までに筆者らが実施した壁土圧縮実験の結果を整理し、壁土の材料特性を再評価することとした。本報告では、京都深草産壁土の材料特性を統計的に検討し、応力-ひずみ

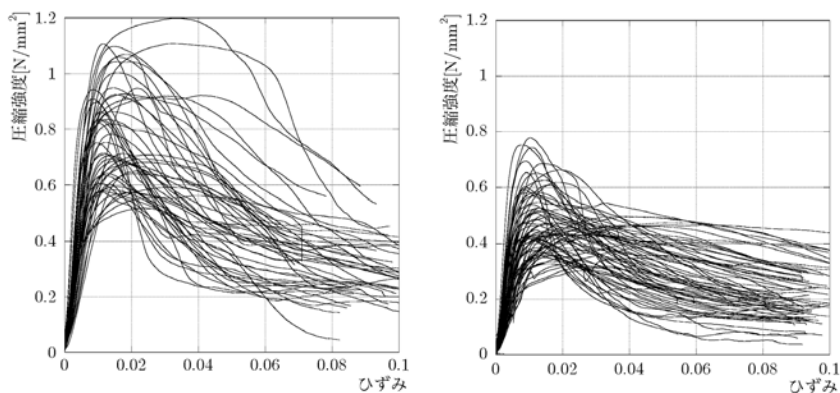


図 3 実験の応力-ひずみ曲線

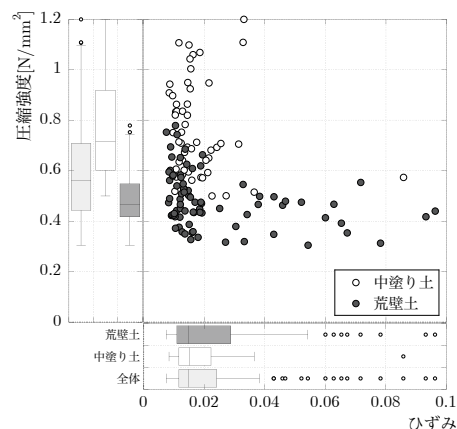
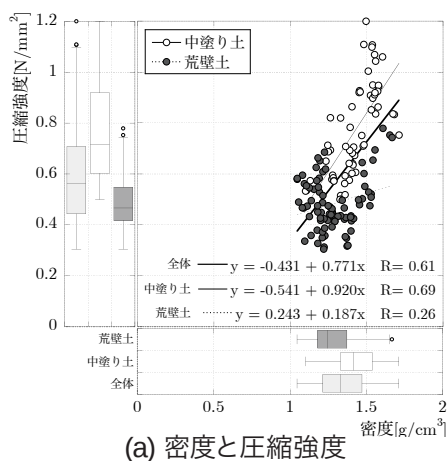
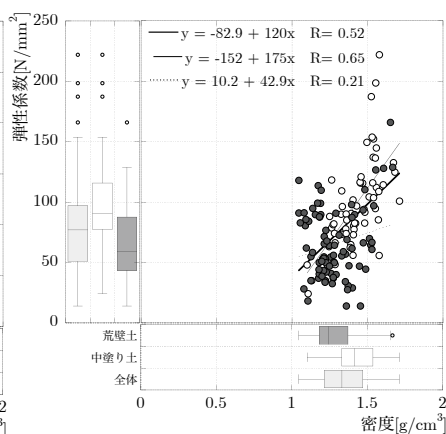


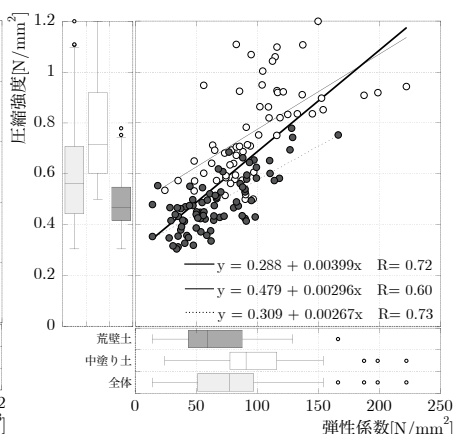
図 4 圧縮強度点の位置



(a) 密度と圧縮強度



(b) 密度と弾性係数



(c) 弾性係数と圧縮強度

図 5 材料特性値間の関係

み曲線を整理した。整理した実験結果を図3に示す。これらの応力-ひずみ曲線での圧縮強度点は図4のような分布となっていて、荒壁土と中塗り土で分布領域に特徴がみられる。

図3を整理し、壁土の種類毎に材料特性値間の関係を図5に示す。中塗り土と荒壁土の特性値の範囲は一部で重なっている。荒壁土のみでは密度との関係で相関が低い。中塗り土と全体では、全てで相関がみられるが、荒壁土に相関係数が影響を受けている。京都深草産の壁土では、壁土の分類をせずに全体として材料を評価することで、材料特性値間に関係性をみることができる。

6. おわりに

本研究では、土壁実験のデータベース^{2), 3)}に新たに壁厚30mm～45mm程度の薄い壁厚の実験結果を追加して整備した。また、新たに壁土に関する強度試験報告を収集し壁土実験のデータベースを作成した。壁土実験のデータベースを用いて、深層学習を用いた強度推定方法を検討した。さらに京都深草産壁土の圧縮実験146体の結果を整理し、材料特性値間の関係性を示し、応力-ひずみ曲線を整理した。なお、壁土実験のデータベースの整備については、材料特性値が必ずしも揃っているわけではなく、欠損がある。

謝辞

既往の実験報告の収集と整理では、京都工芸繊維大学大学院生の朝倉尚平君、櫻田理沙子さんの協力を得ました。また、深層学習による壁土強度の推定では、高知工業高等専門学校ソーシャルデザイン工学科の中山信准教授の協力を得ました。ここに感謝してお礼申し上げます。

参考文献

- 1) Sony Network Communications Inc.: Neural Network Console, <https://dl.sony.com>, (accessed:2019.5.5)
- 2) 村本 真, 田邊雄太, 平田 良, 森迫清貴: 全面土壁の静的繰返し載荷実験に基づく壁倍率の統計的検討, 日本建築学会構造系論文集, 第82巻, 第732号, pp. 215-225, 2017. 2
- 3) 村本 真, 田邊雄太: 一間幅全面土壁の静的繰返し載荷実験の統計的検討に基づく土壁の荷重-変形角包絡曲線の推定方法, 日本建築学会構造系論文集, 第82巻, 第739号, pp. 1391-1401, 2017. 9

発表論文

- [1] 村本 真, 中山 信: 壁土の材料実験結果を用いた深層学習による強度推定, 日本建築学会近畿支部研究報告集・構造系, 第60号, pp. 17-20, 2020. 6
- [2] 朝倉尚平, 村本 真: 京都深草産壁土の材料特性とその応力-ひずみ曲線, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2p., 2020. 9 (掲載予定)

越後大工・小黒左右衛門の建築活動と建築作品の特徴

目黒 新悟

（独立行政法人国立文化財機構 奈良文化財研究所 研究員）

1. 序

1-1. 目的 村上藩味方組大庄屋の住宅であった、重要文化財旧笹川家住宅（新潟市南区）の大工棟梁、小黒左右衛門重命（在世：1769－1856、以下「重命」と仮称）は、村松藩で代々続く大工一族の五代で、初代は出雲崎大工の出自をもつ¹⁾。重命は、村松藩から脇立肝煎上座、苗字帯刀、二人扶持を与えられた²⁾。本研究は、大工棟梁としての重命の建築活動と建築作品の特徴を明らかにすることを目的とする。

1-2. 方法 建築活動については、古文書などを資料として、重命が手がけた建築作品の名称とその所在地を把握した。その所在地を、文政年間に作成された「越後蒲原一郡鹿絵

図」³⁾と対照し、当時の領分を確認した。その上で、存否を確認するため踏査した。現存建築については実測調査を行い、作成した調書や図面に基づき検討を行った。

1-3. 先行研究 拙稿では重命の建築活動の一部を紹介し、曹洞宗寺院本堂と旧笹川家住宅表座敷とにみられる空間構成の類似性を指摘した²⁾。高橋恒夫氏は、既刊の報告書などから、小黒姓の越後大工による建築作品の一覧を作成した³⁾。これは、報告書等に掲載された現存建築が中心で、重命の建築作品はごく一部に限られ、重命に主眼を置く本研究とは目的が異なる。本研究は重命を対象に、活動のみならず建築作品の特徴を検討する点で異なる。

表1 重命の建築活動と現存建築の構造形式

No.	建築作品	上棟年	現在の所在地	領分	類型	主な典拠	存否	構造形式の主な点（規模は桁行×梁行）
①	愛宕神社社殿	享和元年（1801）	五泉市村松	村松	社殿	旧記帳	現存	9.7m×7.2m、寄棟造（妻入）、銅板葺（元茅葺）、組物なし、扇垂木
②	日吉神社本殿	享和2年（1802）	加茂市大字黒水	村松	社殿	推定	現存	1間社流造2.2m×3.5m、銅板葺、出三斗、二軒繁垂木
③	日吉神社拝殿	享和2年（1802）	加茂市大字黒水	村松	社殿	墨書	現存	3間7.2m×3間5.5m、向拝付、入母屋造、銅板葺、拳鼻付出組、二軒繁垂木
④	曹洞宗・願成寺三門	享和2年（1802）	五泉市川瀬	御料所（白河預）	門	旧記帳、名鑑	現存	1間1戸四脚門3.7m×3.0m、切妻造、銅板葺（元茅葺）、出三斗、二軒繁垂木
⑤	曹洞宗・正善寺本堂	文化（1804-1818）初年頃	五泉市小野	御料所（白河預）	仏堂	旧記帳、名鑑	現存	14.5m×11.4m（六間取）、寄棟造、銅板葺（元茅葺）、大斗絵様肘木、一軒繁垂木
⑥	味方組大庄屋・旧笹川家住宅居室部	文政4年（1821）	新潟市南区味方	村上	上層民家	棟札	現存	26.5m×27.5m、複合屋根、銅板葺（元柿葺）、〈船形造〉一軒繁垂木
⑦	味方組大庄屋・旧笹川家住宅表座敷	文政9年（1826）	新潟市南区味方	村上	上層民家	棟札	現存	33.4m×17.6m、式台庇付、複合屋根、銅板葺（元柿葺）、〈船形造〉一軒繁垂木
⑧	真宗大谷派・了尊寺本堂	文政10年（1827）	新潟市秋葉区小須戸	新発田	仏堂	棟札	現存	17.0m×18.7m、向拝付、入母屋造、棧瓦葺（当初柿葺）、拳鼻付出組、〈船形造〉正面二軒繁垂木（側背面一軒繁垂木）
⑨	曹洞宗・吉祥寺本堂	天保3年（1832）	五泉市橋田	御料所（白河預）	仏堂	棟札	現存	23.9m×18.0m（変形八間取）、向拝付、入母屋造（元寄棟造）、棧瓦葺（元茅葺）、拳鼻付平三斗、〈船形造〉二軒（地垂木疎垂木、飛檐垂木繁垂木）
⑩	住吉神社拝殿	天保9年（1838）	五泉市村松	村松	社殿	棟札	現存	11.2m×10.2m、向拝付、複合屋根、銅板葺（元茅葺）、拳鼻付平三斗、二軒繁垂木
⑪	法華宗陣門流・本行寺鬼子母神堂	天保13年（1842）	五泉市村松	村松	社殿	棟札	現存	3間5.4m×2間3.7m、向拝付、入母屋造、銅板葺、拳鼻付出組、一軒繁垂木
⑫	白山神社拝殿	天保13年（1842）	三条市長沢	村松	社殿	棟札	現存	3間5.5m×2間4.6m、向拝付、入母屋造、棧瓦葺、拳鼻付出組、一軒繁垂木
⑬	日枝神社本殿	弘化2年（1845）	五泉市村松	村松	社殿	旧記帳	現存	3間社流造3.7m×2.3m、銅板葺、拳鼻付出組、二軒繁垂木
⑭	日枝神社拝殿	弘化2年（1845）	五泉市村松	村松	社殿	棟札	現存	10.0m×10.0m、向拝付、複合屋根、銅板葺、拳鼻付平三斗、二軒繁垂木
⑮	浄土真宗東本願寺派・専徳寺本堂	嘉永4年（1851）	燕市長所	高崎	仏堂	高橋1997	現存	14.2m×15.0m、向拝付、入母屋造、棧瓦葺、拳鼻付出組、二軒繁垂木
⑯	法華宗陣門流・本行寺山門	幕末（1853-1869）	五泉市村松	村松	門	村松町史・上	現存	1間1戸四脚門2.7m×2.4m、切妻造、棧瓦葺、出三斗、一軒繁垂木
⑰	日蓮宗・真如寺本堂	?	五泉市村松	村松	仏堂	旧記帳	現存	3間7.2m×3間8.4m、向拝付、入母屋造、銅板葺、拳鼻付出組、〈船形造〉一軒繁垂木
⑱	法華宗陣門流・本成寺三十番神堂	?	三条市西本成寺	朱印地	社殿	旧記帳	現存	1間社流造2.1m×3.5m、銅板葺、拳鼻付出組、二軒繁垂木
⑲	浄土宗・安勝寺庫裡	文化8年（1811）	五泉市吉沢	白河	庫裡	旧記帳、明細帳	滅失	「間口六間奥行九間」（明細帳）
⑳	真宗大谷派・正進寺本堂	文政10年（1827）	新潟市秋葉区小須戸	新発田	仏堂	名鑑	滅失	?
㉑	新津組庄屋（大庄屋）・桂善正東吾家住宅	天保（1830-1844）初年頃	新潟市秋葉区新津本町	御料所（新発田領内継所村）	上層民家	旧記帳、目黒・黒野2019	滅失	40.0m×40.0m、式台庇・寄付庇付、複合屋根、棧瓦葺（目黒・黒野2018）「前通り式十式間程、裏行式十式間余り」（旧記帳）
㉒	曹洞宗・福昌寺庫裡	?	五泉市牧	村松	庫裡	旧記帳	滅失	?
㉓	白山社本殿	?	五泉市牧	村松	社殿	旧記帳	滅失	?
㉔	白山社拝殿	?	五泉市牧	村松	社殿	旧記帳	滅失	?
㉕	鶴森組後須田村名主（庄屋）・小林八十八家住宅	?	加茂市大字後須田	新発田	上層民家	旧記帳	滅失	?
㉖	本成寺地内の寺（1）	?	三条市西本成寺	朱印地	仏堂	旧記帳	不明	?
㉗	本成寺地内の寺（2）	?	三条市西本成寺	朱印地	仏堂	旧記帳	不明	?
㉘	本成寺地内の寺（3）	?	三条市西本成寺	朱印地	仏堂	旧記帳	不明	?

表1注：存否の別で並べ、それぞれ年代順に並べた。No.は、存否の別で色分けした。領分は、「越後蒲原一郡鹿絵図」による。「小黒左右衛門旧記帳」は「旧記帳」、「新潟県寺院名鑑」は「名鑑」、「新潟県寺院明細帳」は「明細帳」の略称をそれぞれ用いた。3章での検討対象である建築作品、および検討項目である〈船形造〉は、太字とした。なお、①と⑫の上棟年には別の説があり、これらの検討は今後の課題である。

2. 建築活動

「小黒空右衛門旧記帳」^{注1)}、『村松町史』⁴⁾、『新潟県寺院名鑑』⁵⁾などから、現時点で28棟の建築作品を把握した(表1)。「越後蒲原一郡亀絵図」^{注2)}などの資料や現地調査により、地理的範囲を確認した(図1)。そのうち18棟の現存を確認し、現存建築については構造形式をまとめた。7棟は滅失しており、それ以外の3棟は不明であった。

2-1. 地理的範囲 村松領の13棟を中心に、白河領の1棟、白河藩預地で御料所の3棟、新発田領の3棟、新発田領継所村で御料所の桂家の1棟、村上領の笹川家の2棟、御朱印地の本成寺の4棟、高崎領の1棟であった(計28棟)。小藩分立の越後において、重命は村松藩のみならず、周辺の他領でも建築活動を行っていた。

2-2. 建築類型 調査に基づき、建築類型^{注3)}(社殿、仏堂、民家等の別)を整理した。現存建築の実測図、および滅失した建物の指図に基づく復元図を作成し、平面図を集成した(図2,3)。宗教建築を中心とするが、他領の大庄屋(庄屋)・庄屋(名主)格の住宅^{注4)}、さらに寺院庫裡などの住居系の建物が6棟ある。ほか社殿11棟、仏堂9棟、門2棟がある。

3. 建築作品の特徴

現存建築を対象として、主要な特徴を検討した。旧笹川川住宅は、大庄屋の造りとして表座敷や居室部で船柵造とすることが知られる⁷⁾(図4)。重命による他の建築作品について概観すると、船柵造に類似する構法を持つ寺院本堂が散見する。力垂木状や登り梁状の部材で軒を支

持する例もあるが、本稿ではそれらを含め船柵造に類似する構法であると広義に捉え、〈船柵造〉と表記・検討する。

まずその例には、旧笹川家住宅とほぼ同時期で、大規模な専寺本堂(1827)が挙げられる(図5)。古文書によれば、

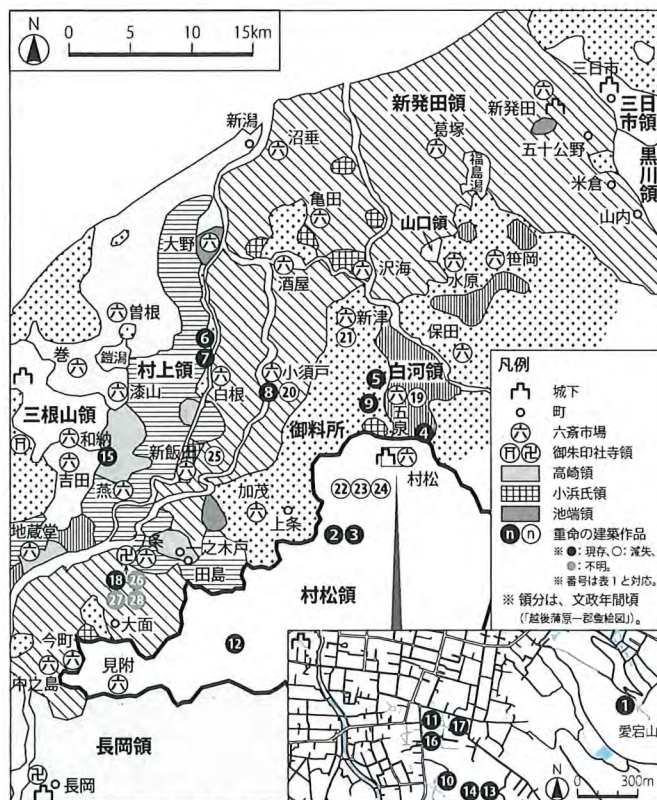


図1 重命の建築活動の地理的範囲 (小村 1983 に基づき作成)

上層民家

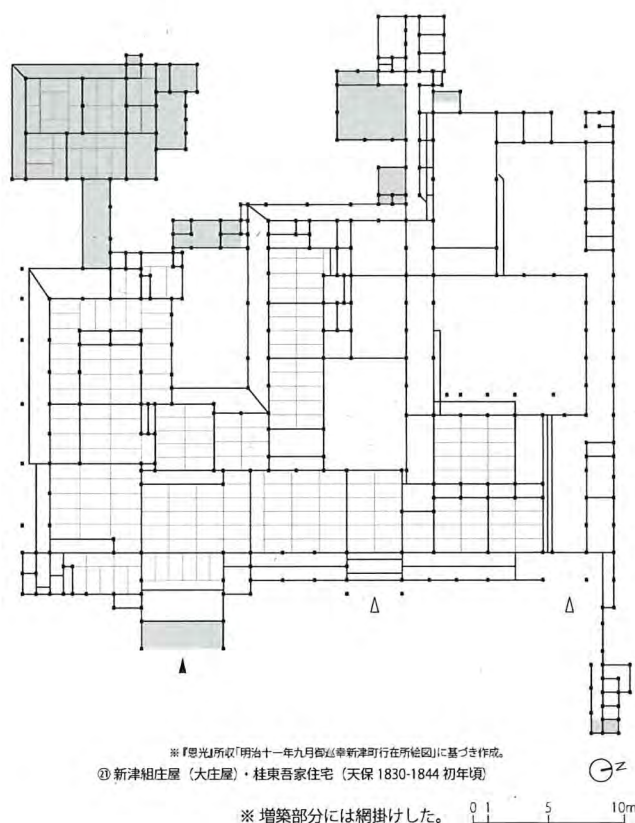
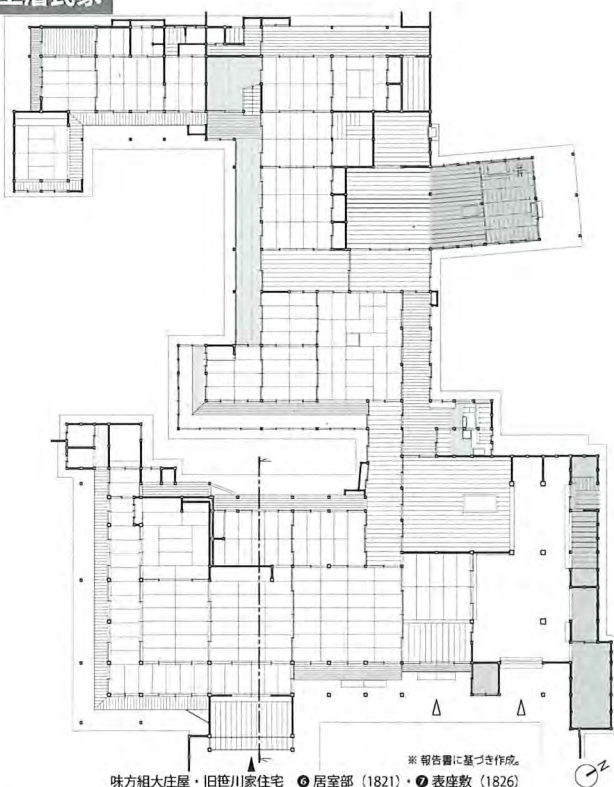
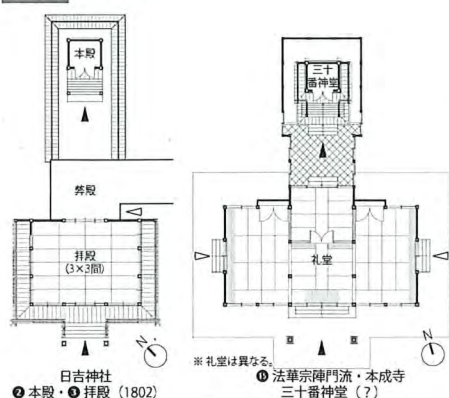


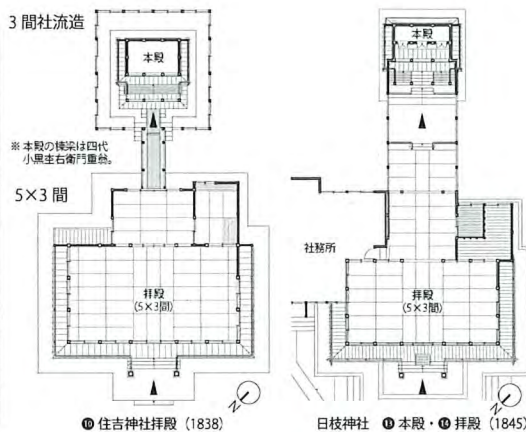
図2 重命の建築作品の平面図 (上層民家) S=1:500

社殿

1 間社流造



3 間社流造

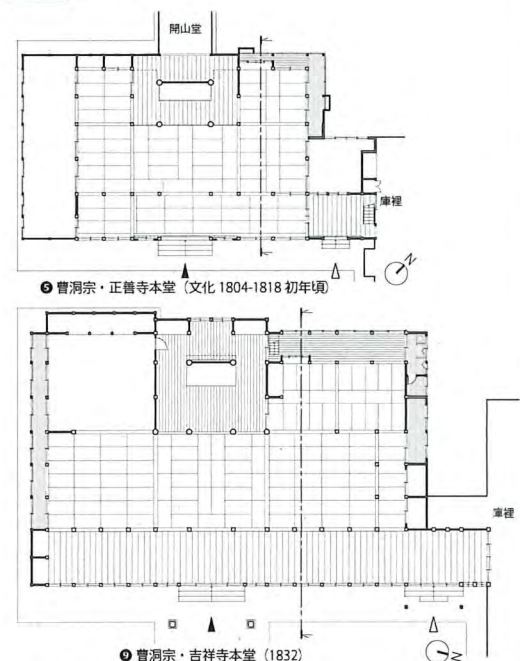


その他



仏堂

曹洞宗



浄土真宗

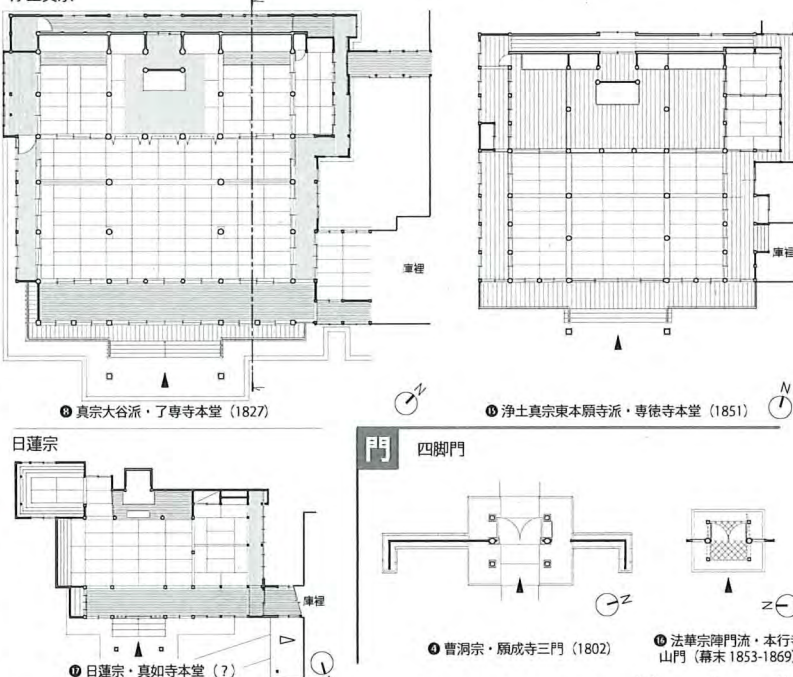
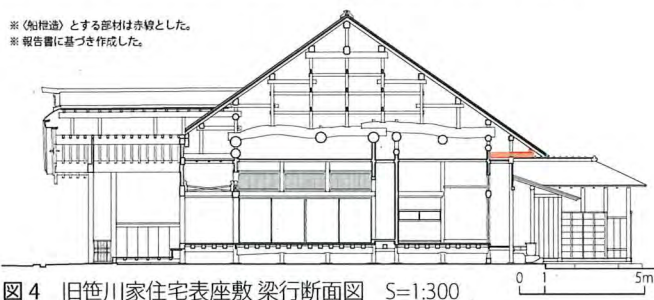


図3 重命の建築作品の平面図 (社殿・仏堂・門) S=1:500

※ 〈船柁造〉とする部材は赤線で示した。
※ 報告書に基づき作成した。



当初は柿葺とされる^{注5)}。正面および側面の正面側1間は二軒繁垂木である。それ以外の3面は一軒と思われるが、正面側の木負・茅負がひと続きに巡るようだ。茅負まで伸びる登り梁状の力垂木を疎らに配置し、現状で木負・茅負間に軒天井を張る (写真1)。丸桁・木負間は、一部に旧軒天井板が残る。力垂木の鼻に茅負を置き、梃子の原理で軒を支持する点は、構造的に船柁造に類似すると思われる (写真2)。なお、正面側では小屋梁を片持梁状とし、側柱筋を

※ 後補材は灰色で網掛けした。
※ 〈船柁造〉とする力垂木や梁は赤線で示した。
※ 登り梁状の力垂木は、正面以外の3面に設ける。
※ 2005年に小屋組・床組が改修された。

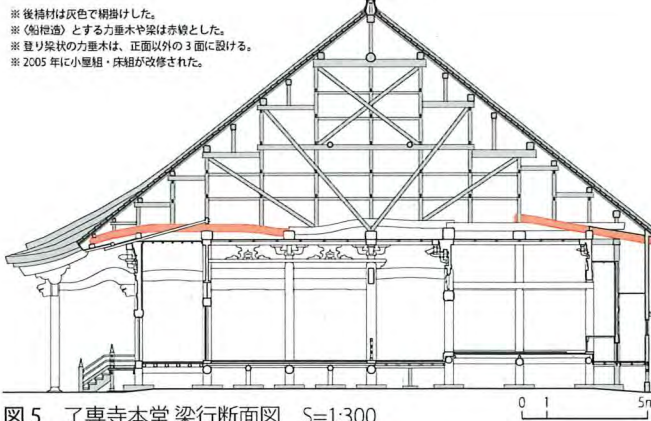


写真1 了専寺本堂 南側隅

写真2 了専寺本堂 側面側小屋組

越えて外部に張り出し、その鼻で現状の鼻母屋を受ける。

次に、年代として了専寺本堂に次ぎ、大規模な吉祥寺本堂（1832）にも〈船柵造〉がみられる（図6）。この建物は、1989年以前は寄棟造で、旧茅葺の銅板仮葺であった。力垂木・登り梁状の地垂木を疎垂木とし、飛檐垂木を繁垂木とする（写真3）。側柱筋の軒桁・木負間に軒天井を張る。地垂木の鼻に出桁状の木負を置き、梃子の原理で軒を支持する点は、構造的に船柵造に類似すると思われる。正面および側面の正面側1間のみ、地垂木の鼻に絵様・線形を施し、装飾的にする（写真4）。了専寺本堂では、茅負まで伸びる力垂木を正面以外の面で配するが、吉祥寺本堂では力垂木・登り梁状の地垂木を全面に配する点で異なる。

さて、こういった構法は、大規模な寺院本堂に限らない。小規模であるが、真如寺本堂では出組の通肘木上から腕木を出し、船柵造とする（写真5）。正面および側面の正面側1間では、出桁の上からさらに垂木を出す。それ以外の3面では、正面側の出桁や茅負がひと続きに巡るようで、腕木を茅負まで長く伸ばし、垂木は置かず、軒天井を張る（写真6）。正面側の茅負は、側面・背面側に伸びて出桁となる。

以上のような、梃子の原理で軒を支持する構法は、重命の初期の建築作品と思われる正善寺本堂（文化年間1804～1818初年頃）にもみられる（図7）。側柱筋上の土居桁を支点として登り梁状の部材を置き、その尻を入側の柱間の中央で押さえ、鼻に出桁を置き、収首を支持する（写真7）。この部材は化粧として見せずに枯木のような役割を担い、構造的に上述の建築作品に類似すると思われる。

上記の5棟をみると、旧笹川家住宅以後の例では、〈船柵造〉の部材を化粧材として見せている。これらの構法は若干異なるものの、真如寺本堂を含め、いずれも構造的には船柵造に類似すると考える。特に、寺院本堂で正面側とそれ以外の面とで、一軒と二軒を併用する例（了専寺本堂）、疎垂木の地垂木と繁垂木の飛檐垂木を併用し二軒とする例（吉祥寺本堂）や、出組の上でさらに船柵造とする例（真如寺本堂）は珍しいと思われる。また、正面および側面の正面側1間で構法が変化する建築表現は、設計の中で正面性を重視したためと考える。これらは重命による複数の建築作品に散見する特徴で、作風のひとつと言えよう。

4. 結

本研究では、まず地理的範囲と建築類型からみた重命の建築活動を明らかにし、その一覧表を作成した。その上で、建築作品を〈船柵造〉の観点から捉え、特徴の一端を明らかにした。〈船柵造〉は、重命による複数の建築作品に散見することから、重命の作風のひとつと思われる。今後の課題として、他の歴代の小黒左衛門の建築作品や、周辺の同時代の類例建物との比較・検討を進めたい。

付記

本研究の一部は、2020年度日本建築学会北陸支部大会にて発表予定（投稿済み）である。

※ 後補材は灰色で網掛けした。
※ 〈船柵造〉とする登り梁状の地垂木は赤線とした。
※ 1989年に小屋組が改修された。

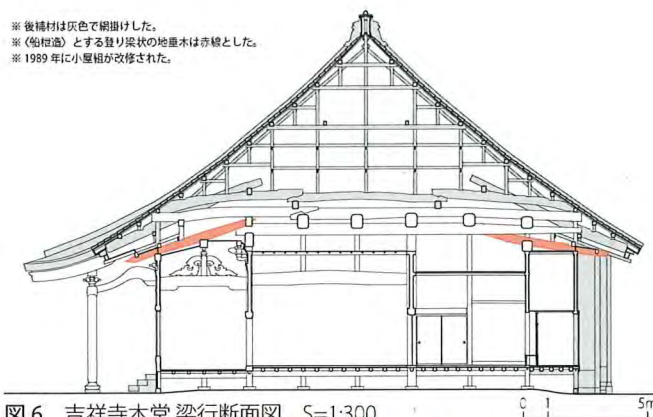


図6 吉祥寺本堂 梁行断面図 S=1:300



写真3 吉祥寺本堂 正面北側



写真4 吉祥寺本堂 南東側隅



写真5 真如寺本堂 正面東側



写真6 真如寺本堂 東側面北側

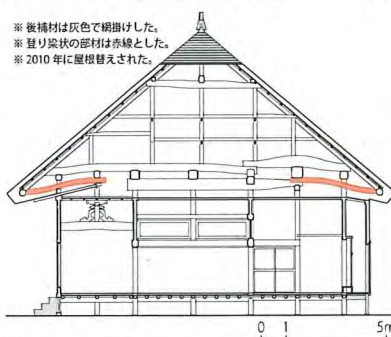


図7 正善寺本堂 梁行断面図 S=1:300



写真7 正善寺本堂 正面側
小屋組

注

- 注1) 個人所蔵「小黒左衛門旧日記帳」。「小黒左衛門八十二歳書 嘉永四年四月」とある。
- 注2) 新発田市立歴史図書館所蔵「越後蒲原一郡集絵図」(x01-1国1)。「文化二乙丑初冬赤浪組戸石村名主助之丞仕立之 同六年己巳年六月坂部甫作良蔵書 文政八乙酉初夏藤藤儀右衛門忠検写之」とある。
- 注3) 本稿では、建築類型（ビルディングタイプ）の分類において、神の占有空間を内包する建物およびその付属建物を社殿とした。
- 注4) 新発田藩では、他藩での組庄屋（大庄屋、村庄屋、庄屋）を名主と呼んだ。
- 注5) 「小黒左衛門旧日記帳」に「小須戸町了専寺御堂破風造りこけら葺」とある。

参考文献

- 1) 「小黒左衛門先祖由来之事」『松韻 村松藩の遺文を読む』古文書倶楽部、2001
- 2) 日黒新悟、黒野弘靖「越後大工・小黒左衛門重命による禅宗寺院と旧笹川家住宅に共通する空間構成」『日本建築学会北陸支部研究報告集』(57)、pp.553-556、2014
- 3) 高橋恒夫「江戸期および明治期における越後の出雲崎大工とその活動に関する研究」平成8年度科学研究費補助金（基盤研究C）研究成果報告書、1997
- 4) 『村松町史』上巻、村松町教育委員会事務局、1983
- 5) 『新潟県寺院名鑑』新潟県寺院名鑑刊行会、1983
- 6) 小村一『幕藩制成立史の基礎的研究 越後国を中心として』吉川弘文館、1983
- 7) 『重要文化財世川家住宅修理工事報告書』新潟県教育委員会、1960
- 8) 日黒新悟、黒野弘靖「越後大工・小黒左衛門重命による桂馨正東吾家住宅と旧笹川家住宅に共通する外観の建築的特徴と空間構成」『日本建築学会北陸支部研究報告集』(61)、pp.369-372、2018
- 9) 日黒新悟、黒野弘靖「史料にみる新津組大庄屋桂家住宅の空間構成の変遷」『日本建築学会北陸支部研究報告集』(62)、pp.207-210、2019

研究課題：柱脚浮き上がりを許容した壁を含む架構の水平耐力の実験的検証

研究代表者：山田耕司

1. 序

伝統構法木造住宅では石場建てを用いることもある。石場建ては、基礎に柱を緊結しないため、その柱が耐力壁に付随している場合は、地震時などで柱に引っ張り力が生じ、柱脚が浮き上がる可能性がある。壁に付随した柱の柱脚が浮き上がれば、その壁の水平耐力が発揮されない。しかし、壁を含む構面全体での水平耐力を考えれば、壁耐力を十分に発揮させることも可能と考えられる。木造住宅を対象とした柱脚浮き上がりを検討した事例として文献¹⁾があるが、浮き上がり時の骨格曲線の提案まで至っていない。そこで前報⁴⁾では、柱脚浮き上がりを許容した場合の横架材を含めた架構での水平耐力の発現の有無を検討し、その際の必要横架材断面および土塗り壁の耐力特性の修正法を提案した。結果として、1層の架構で横架材断面の検討を行えば、その横架材断面を2層の架構へも適用可能であることが計算事例から得られた。そこで本報では、1/2縮小試験体により効果の確認を行う。実験は、平屋モデルおよび2層モデルを扱い、荷重－変形曲線の精度を検証対象とした。なお、本稿では紙面の都合上、実験概要および平屋モデルの実験結果の一部を報告する。

2. 実験概要

試験体は図1に示す1層もしくは2層の架構を1/2に縮小した試験体とする。試験パラメータとして、D, G点に作用させる抑え込み自重を既報を参考に2セット、梁背を2種類、採用する（計4×4=16ケース）。加えて、比較用として柱脚固定試験体4体を用意する。耐力壁は合板大壁として、釘本数で耐力を制御し、実大の1/5程度の水平耐力とする。浮き上がりを発生する支点A, Bを除き、支点Cは金物で固定する。

柱はスギ90mm角、梁はスギ105および120mm角、壁は構造用合板大壁仕様とし耐力を釘N38の本数で調整した。実際の壁耐力は1P土塗り壁で5kN、2P土塗り壁で10kN程度を想定していた。しかし、安全対策の都合上自重相当分の錘を20%程度にせざるを得なかったため、実験用耐力壁の耐力は、1P相当で1kN、2P相当で2kN程度とした。釘本数は、枠組み壁工法の計算式を用いて計算し、1P相当壁で柱に釘4本・梁に釘2本、2P相当壁では柱に釘4本・梁に釘3本とした。

試験体一覧を表2に示す。ここで、柱頭、柱脚を固定する場合は、羽子板ボルトを使用している。柱・梁接合部は短ボゾとしている。ただし、長ボゾ込栓仕様では、カシ ϕ 15.4mmを用いている。含水率は、柱が13-14%、梁が8-13%であった。

計測は、水平荷重、1F水平変位、2F水平変位を主とし、付随的にA点鉛直変位、B点鉛直変位、柱軸力（2ゲージ法、柱真ん中、AD材、BE材、CF材、DG材、EH材、FI材）、モーメント（2ゲージ法、梁中央、EF材、HI材）を計測した。また、実験終了後に梁の単純支持1点集中荷重試験を行い、梁のヤング係数を求めた。この時の集中荷重は $P=0.392\text{kN}$ とした。曲げヤング係数推定値は、1P相当試験体スギ105mm角で 6764 N/mm^2 、同120mm角で 7432 N/mm^2 であり、2P相当試験体スギ105mm角で 7455 N/mm^2 、同120mm角で 4728 N/mm^2 、2F試験体胴差105角で 10419 N/mm^2 であった。

荷重装置は、T社製汎用静的荷重装置を用いた。荷重スケジュールは、1/200, 1/150, 1/100, 1/75, 1/50 radで1回正負繰り返し荷重を行った後、1/15radまでA点の柱脚が浮く方向に荷重した。

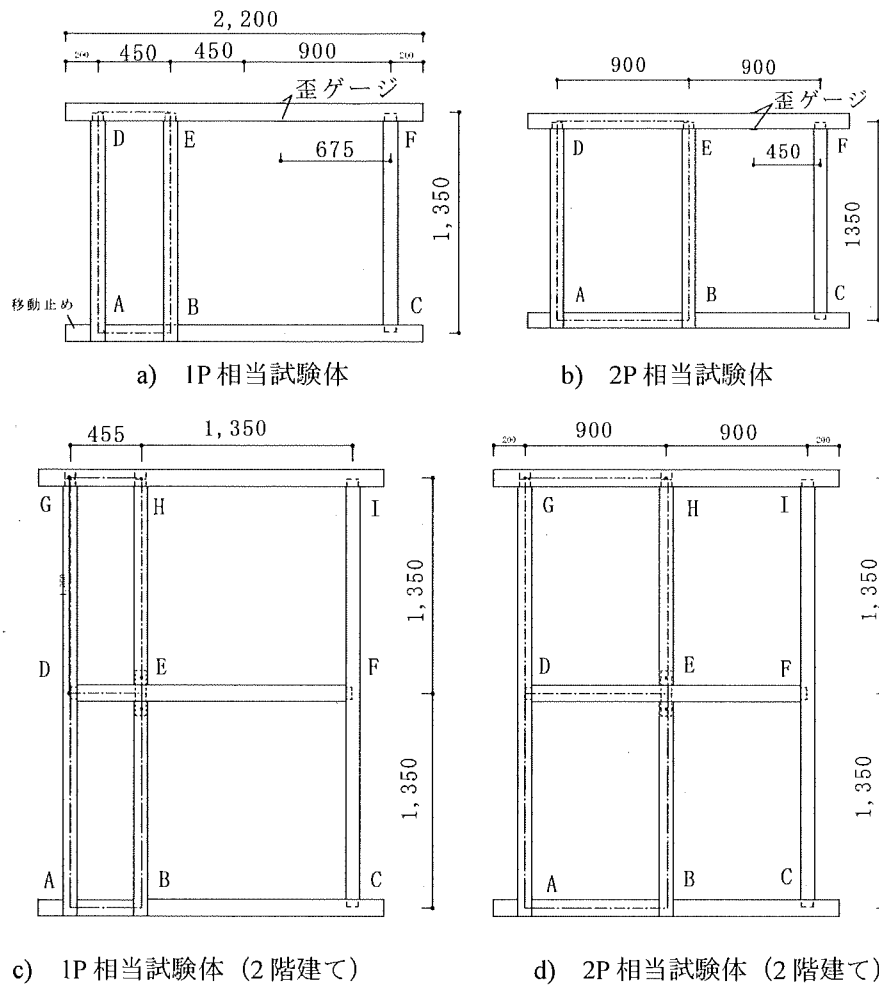


図1 実験対象とする架構

表2 試験体一覧

壁種類	階数	柱脚 AB	柱頭 DE	梁	自重	試験コード
1P	平屋	全ピン	未固定	梁小	無	1F1P105F
		未固定	未固定	梁小	自重 A 自重 B	1F1P105A 1F1P105B
		未固定	固定	梁小	自重 A 自重 B	1F1P105AF 1F1P105BF
		未固定	未固定	梁大	自重 A 自重 B	1F1P120A 1F1P120B
		未固定	固定	梁大	自重 A 自重 B	1F1P120AF 1F1P120BF
		未固定	固定	梁大	自重 A 自重 B	1F1P120AF 1F1P120BF
2P	平屋	全ピン	未固定	梁小	無	1F2P105F
		未固定	未固定	梁小	自重 A 自重 B	1F2P105A 1F2P105B
		未固定	固定	梁小	自重 A 自重 B	1F2P105AF 1F2P105BF
		未固定	未固定	梁大	自重 A 自重 B	1F2P120A 1F2P120B
		未固定	固定	梁大	自重 A 自重 B	1F2P120AF 1F2P120BF
		未固定	固定	梁大	自重 A 自重 B	1F2P120AF 1F2P120BF
1P	2 階建	未固定	長ホゾ込栓	梁小	自重 A	2F1P105AK
2P	2 階建	未固定	長ホゾ込栓	梁小	自重 A	2F2P105AK

表3 自重設定（錘個数：0.196kN/個）

壁種類	階数	自重	節点 D	節点 E	節点 G	節点 H
1P	平屋	自重 A	2	6	—	—
		自重 B	4	6	—	—
2P	平屋	自重 A	2	6	—	—
		自重 B	4	6	—	—
1P	2階建	自重 A	0	6	4	6
2P	2階建	自重 A	0	6	4	6

3. 結果・考察

本稿では紙面の都合上、1層 1P 相当試験体の実験結果のみを示す。まず、壁耐力を試験体 1F1P105F にて確認した。図 2 に層間変位と耐力の関係および層間変位と梁の曲げモーメントの関係を示す。図より耐力に降伏状態が見られない事、および、柱頭部を固定しないため、梁の曲げモーメントが微小であることが分かる。なお、図中の●は、後に変形を計算するための等価剛性計算点である。

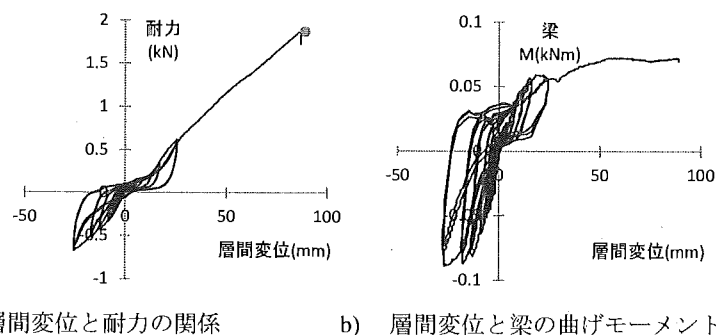


図2 層間変位と耐力の関係および層間変位と梁の曲げモーメントの関係（試験体1F1P105F）

次に柱脚浮き上がり時における自重の耐力への影響を柱頭を固定しない試験体 1F1P105A, 1F1P105B で比較する。図 3 に両試験体の層間変位—耐力関係および最終加力時の耐力差を示す。図中の耐力差予測値は、D 点に加えた錘の差 0.392kN に壁の長さとの高さの比 1/3 を乗じたものである。計算上は、試験体 1F1P105A は 0.131kN, 試験体 1F1P105B は 0.261kN, で浮き上がり始める。結果として、耐力差は一時的に予測値を超えるが、最終的に予測値に近似している。

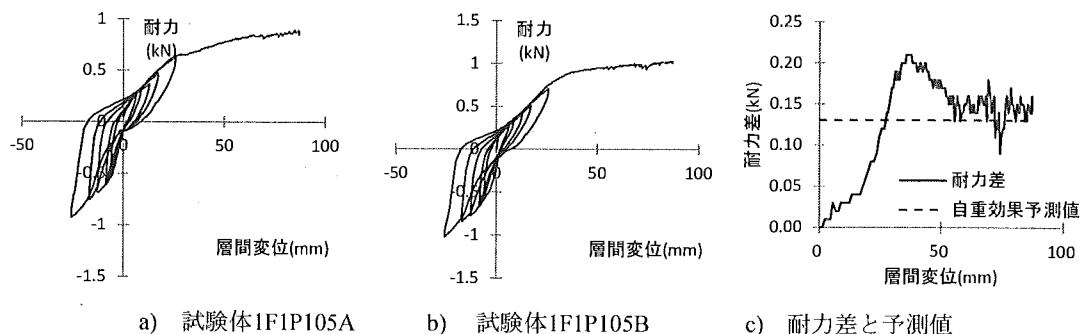
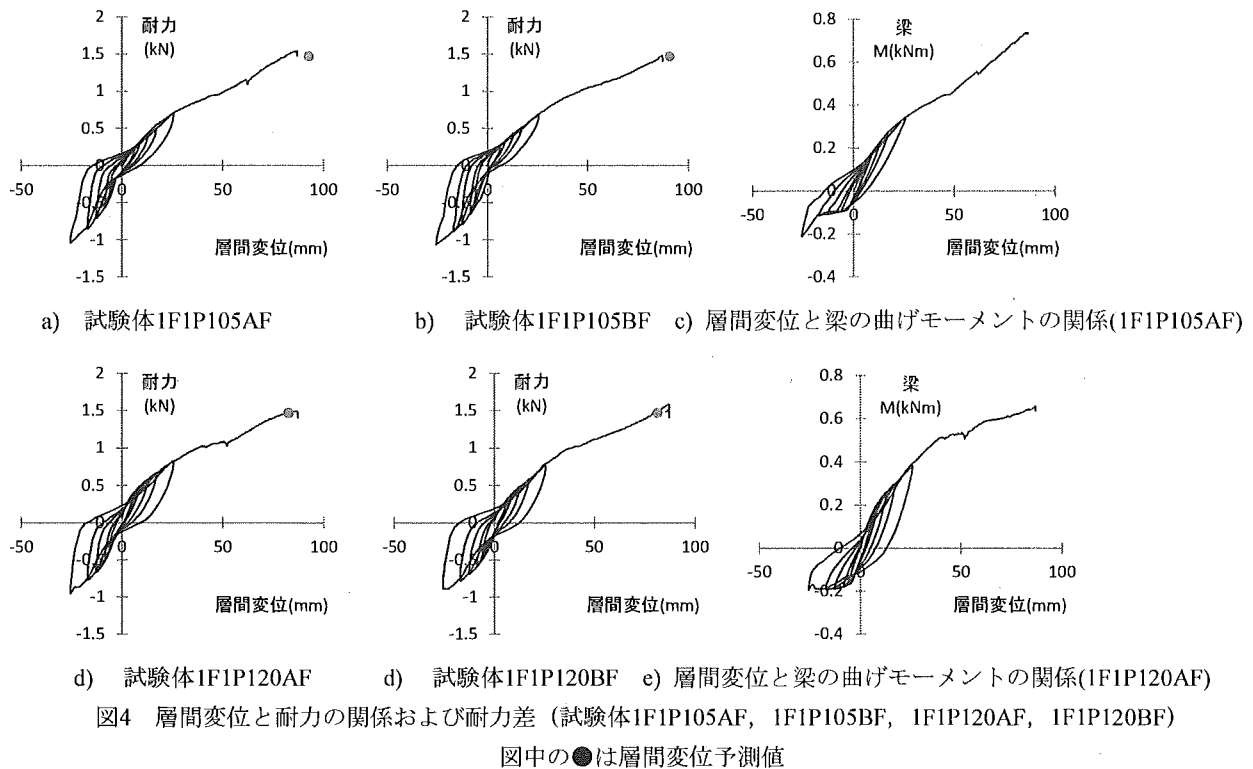


図3 層間変位と耐力の関係および耐力差（試験体1F1P105A, 1F1P105B）

次に層間変位—耐力関係とその予測法の妥当性を柱頭を固定した試験体 1F1P105AF, 1F1P105BF, 1F1P120AF, 1F1P120BF, で検討する。図 4 に各試験体の層間変位—耐力関係と耐力 1.47kN 次の層間変位予測値（●）を示す。層間変位予測法は既報 4)を用い、耐力壁の割線剛性は図 2 の点から計算した。図より既

報 4)の層間変位予測法は良い対応をしていることが分かる。また、梁の曲げモーメント最大値も 0.6-0.8 kNm あり、図 2 b)と比較しても、梁の曲げ戻しによる耐力が生じていることが分かる。



4. まとめ

本稿では、既報4)で提案した柱脚浮き上がりを許容した場合の土塗り壁の耐力特性の修正法を確認するため、1/2縮小試験体で実験を行った。結果として、壁耐力の骨格曲線から得た割線剛性と計測された横架材のヤング係数を用いて、既報4)の層間変位予測法は良い対応をしていることが分かった。

参考文献

- 1) 吉敷 祥一・窪田 裕幸・柳瀬 高仁・染井 健二・和田 章：柱脚の浮き上がりを許容することで心柱効果を期待したロッキング制御型木質耐力壁の振動台実験，日本建築学会構造系論文集 74(644), pp.1803-1812, 2009
- 2) 山田耕司・中治弘行・長瀬 正・鈴木祥之：伝統構法木造軸組における土塗り小壁の復元力評価法，歴史都市防災論文集 Vol.11, pp.95-102, 2017.7
- 3) 「伝統的構法の設計法作成及び性能検証実験検討委員会」：平成22年度 事業報告書，p.2-47, 2011. (http://green-arch.or.jp/dentoh/report_2011.html アクセス日2018.1.31)
- 4) 山田耕司：柱脚浮き上がりを許容した壁を含む架構の水平耐力，歴史都市防災論文集 Vol.12, pp.31-36, 2018.7