

建築研究協会誌

Architectural Research Association

No.38

令和6年10月



口絵1 田尻歴史館 洋館 正側面（南東より見る）



口絵2 田尻歴史館 洋館 背側面（南西より見る）



口絵3 田尻歴史館 洋館 1階広間（南より見る）



口絵4 田尻歴史館 洋館 1階書斎（北東より見る）



口絵5 田尻歴史館 洋館 1階食堂（北東より見る）



口絵6 田尻歴史館 洋館 2階寝室1（北より見る）



口絵7 田尻歴史館 和館 正側面（北東より見る）



口絵8 田尻歴史館 和館 2階和室4.5帖・6帖（南東より見る）



口絵9 竣工 滋賀県指定有形文化財徳源院三重塔 東面を見る



口絵10 同上 南西面を見る



口絵11 竣工 滋賀県指定有形文化財甲良神社本殿 南西面を見る



口絵12 同上 北西面を見る



口絵13 竣工 重要文化財金剛輪寺二天門 南東面を見る



口絵14 同上 南西面を見る

口 絵	
巻頭言 地震被害経験に正しく学ぶ伝統木造建物の地震対策 京都大学名誉教授 林 康裕	1
博物館・美術館施設における文化財保存環境に関する諸問題 京都大学大学院工学研究科准教授 伊庭千恵美	6
大阪府指定有形文化財 田尻歴史館（旧谷口家吉見別邸）耐震補強等保存修理工事について 主幹研究員 伊藤誠一郎	13
滋賀県指定有形文化財徳源院三重塔保存修理工事について 上席研究員 古荘貴也	43
滋賀県指定有形文化財甲良神社本殿保存修理工事について 上席研究員 古荘貴也	47
重要文化財金剛輪寺二天門保存修理工事について 上席研究員 古荘貴也	52
コラム 木材保存 常務理事 今村祐嗣	56
研究報告・事業報告	63
名 簿	68
編集後記	69

地震被害経験に正しく学ぶ伝統木造建物の地震対策

京都大学名誉教授 林 康裕

1995年兵庫南部地震が発生しておよそ30年が経過しました。文化財建造物に対する耐震診断法が構築され、耐震診断が一般的になったのは、兵庫県南部地震後のことです。歴史はまだまだ浅く、耐震診断法として完成の域に達しているとは言えません。そして、本年2024年元日には能登半島地震が発生しました。2007年の能登半島地震で被災し、耐震補強を行った黒島地区の文化財建造物が倒壊しました。耐震補強を行ったら安全という訳ではないことが示されました。現行の耐震診断法の妥当性や改善点を議論するだけでは課題を矮小化していると思います。

一方、約100年前の1923年関東大震災の際にも、鎌倉で多くの社寺建築が大きな被害を受けています。また、関東大震災以前においても、社寺建築が特徴的な被害を受けた歴史地震が数多くあります。我々は、これまで被った地震被害経験から学び、将来発生する大地震に対して、正しく文化財建造物の対策を行って大地震に備えたいものです。

さて、相模トラフ沿いの地震である1923年関東地震においては、鎌倉で円覚寺舍利殿や仏殿、建長寺仏殿・方丈・法堂・山門、鶴岡八幡宮の楼門・下拝殿をはじめとして、多くの社寺建築で倒壊被害が生じています¹⁾。諸井・武村の推定震度分布²⁾を見ても分かるのですが、東京に比べてかなり揺れが強かったと考えられます。また、同じ相模トラフ沿いの地震である1703年元禄地震においても、建長寺や円覚寺で倒壊を含む深刻な被害の記録が残っています。歴史は繰り返しているのです。建物被害については、揺れによる倒壊だけでなく、谷筋に建てられた寺院での液状化や斜面の崩壊による被害なども報告されています。つまり、被害を解釈して耐震対策を考える上では、揺れの性質とともに、鎌倉の地形やその成り立ちを理解しておく必要があります。

鎌倉の3方は丘陵地で囲まれています。もともとは深海で堆積した砂・シルト・粘土などで構成され、長い時間をかけて隆起してできたと考えられています。丘陵地を形成する軟岩は建築では「土丹（どたん）」と呼ばれ、地中では極めて安定した地盤ですが、露出していると風化が進み、もろくなっていきます。このため、風化した軟岩やその表面を覆う表土は、地震時に崩れやすくなっています。また、鎌倉の丘陵地には「谷戸」と呼ばれる谷状地形が複雑に入り組んでいます。甚大な被害を受けた多くの社寺は谷戸の縁辺部に

立地しています（図1）。谷戸の断面はすり鉢状ですから、周辺の斜面を切り崩してできた土丹を用いて盛土してできた地盤上に社寺建築が建てられたのでしょ。そして、谷筋には丘陵地からの河川が流れ込んできます。社寺建築の被害が、揺れだけでなく、液状化や土砂崩れが起きやすくなっている斜面の崩壊の影響を受けたことも納得できるでしょう。

一方、平坦な地域の地盤は、海面上昇した際に堆積した沖積地盤の土質の影響を大きくうけています。沖積地盤の厚さは最大でも25m程度でそれほど厚くはありません。そして、沖積地盤の厚さが15m程度までは厚さが厚いほど、家屋や神社の全壊率が高くなっています（図2）。これに対して、寺院の全壊率は沖積層厚さにあまり関係なく50%以上で、家屋や神社に比べて高くなっています。以上の傾向は、鎌倉における地震動の性質と寺院の固有周期が家屋・神社に比べて長いことを考慮すると、理解できます。巨大な断層面で生成された長周期成分とともに、少なからず含まれていた短周期成分が表層地盤によって増幅し、被害に関与したと考えられます。

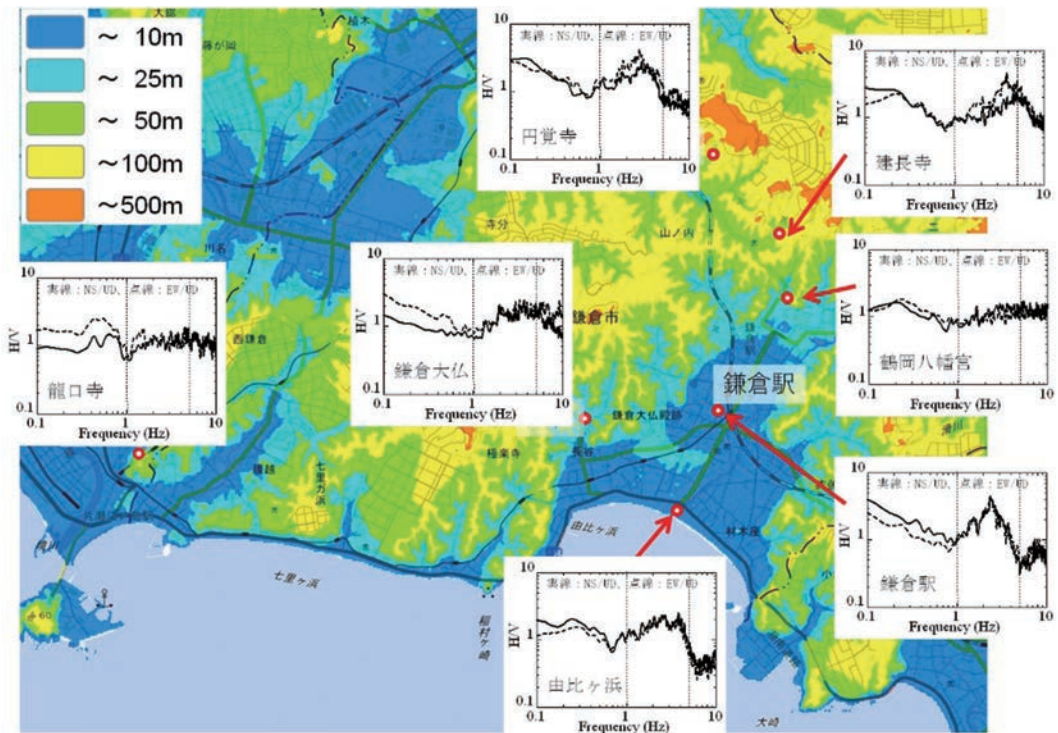


図1 鎌倉周辺の標高と代表点での微動計測結果

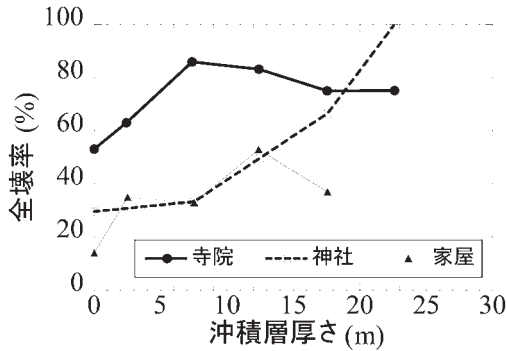


図2 鎌倉における全壊率
(文献³⁾を基に作成)

京都では、太閤豊臣秀吉が死去する2年前、天正地震の10年後、1596年慶長伏見地震が近畿地方を襲い、完成したばかりの伏見城天守が倒壊しています。東寺や醍醐寺の五重塔は倒壊を免れているものの、京都市内の町家はもちろんのこと、天龍寺や東寺でも倒壊被害が生じています。鳥羽離宮の跡地にある安楽寿院では、鳥羽天皇や近衛天皇の陵であった2基の三重塔（本御塔、新御塔）が倒壊したとされています。五重

塔は地震で倒壊した事例が無いと言われていますが、三重塔には倒壊事例があることとなります。町家については、上京では被害軽微でしたが、下京の四条町では町家の倒壊も含む甚大な被害が生じました。被害の違いを築年数で説明しようとする説があります⁴⁾。1573年に織田信長による上京焼き討ちがあったため二条通り以北の町家が燃えてしまったため、上京の町家の築年数が下京に比べて短かったというのです。しかし、後述のように私はこの説を支持しません。一方、京都盆地中央部に位置する東寺とは対照的に、東縁辺部に位置する東福寺では最も西側の仁王門が倒壊したとされる以外、倒壊した建物はありませんでした。東福寺では、1662年近江・若狭地震（寛文地震）でも倒壊建物はありませんでした。上京と下京の被害程度の違いや東寺と東福寺の被害程度の違いは、京都盆地の深い地下構造の違いに原因があると考えています⁵⁾。

京都盆地縁辺部には、花折断層や檜原断層などの南北に走る活断層が走っています（図3）。活断層に起因した地震により、周辺山地の隆起と盆地内部の沈降が起きます。そして、大阪湾の拡大した海進時に盆地内部に入り込んだ海水による海成粘土層と海退時の河川堆積により堆積地盤が構成されていきます。基盤上の堆積地盤は硬く、京都駅の南西に位置する東寺よりも以北は、鴨川によって形成された扇状地となっています。そして、上京（図3中A、B）や下京（図3中E、F）はこの扇状地上に位置しています。従って、表層地盤は薄く、大局的な地盤条件は極めて良好です。多くの文化財建造物は扇状地や盆地縁辺部に位置しています。多くの京町家も扇状地や自然堤防など比較的良好な地盤上に立地しています。このため、鎌倉と異なって表層地盤による増幅が、地震被害に大きく影響したとは考えられません。しかし、兵庫県南部地震における震災の帯形成と同様に、深い堆積地盤構造が被害に大きく関与したものと考えています。京都盆地内では、北から南に向かうにつれて基盤が深くなり、地盤の卓越周期が長周期化していきます。一方、京都盆地中

央部からは変化が大きくありませんが、鴨川周辺から東に向かうにつれて、徐々に堆積地盤が浅くなっています(図4)。これは、東縁辺部を南北に走る何本かの活断層位置で、地下の基盤に段差が生じているためです。このため、東寺周辺では約2秒の増幅が卓越するのに対して、上京や東福寺付近では、卓越周期が1秒以下となります。慶長伏見地震で京都盆地を襲った地震動はパルス性の地震動であると考えられます。伝統木造建物の被害に大きく関係するのは1~2秒の周期成分ですが、京都盆地東縁部や上京では増幅しにくいのです。これに対して、東寺など京都盆地中心部では、大きく増幅されるので被害が甚大となったと考えられます。すなわち、慶長伏見地震の伝統木造建物被害を解釈し、正しく伝統木造建物の対策を考える上では、京都盆地の深部地下構造を考慮する必要があります。

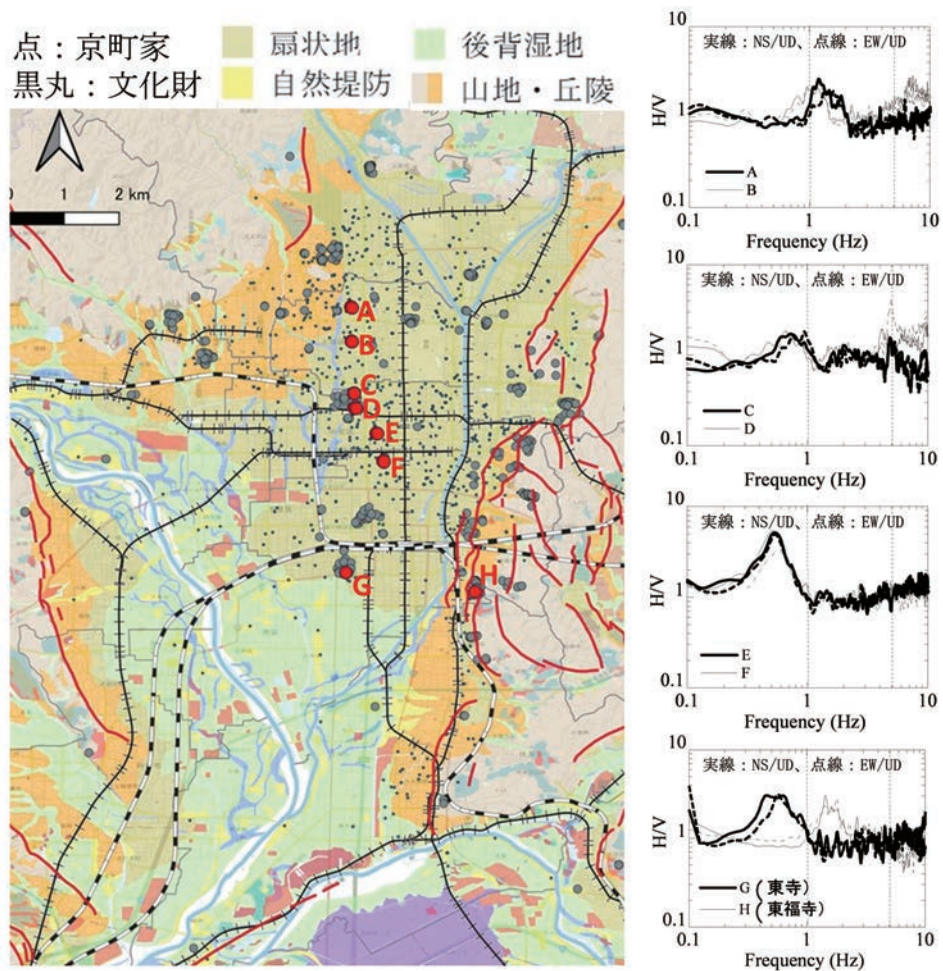


図3 京都盆地の地盤・地震環境と京町家(・)や文化財建造物(●)の立地地点の振動特性^{5),6)}

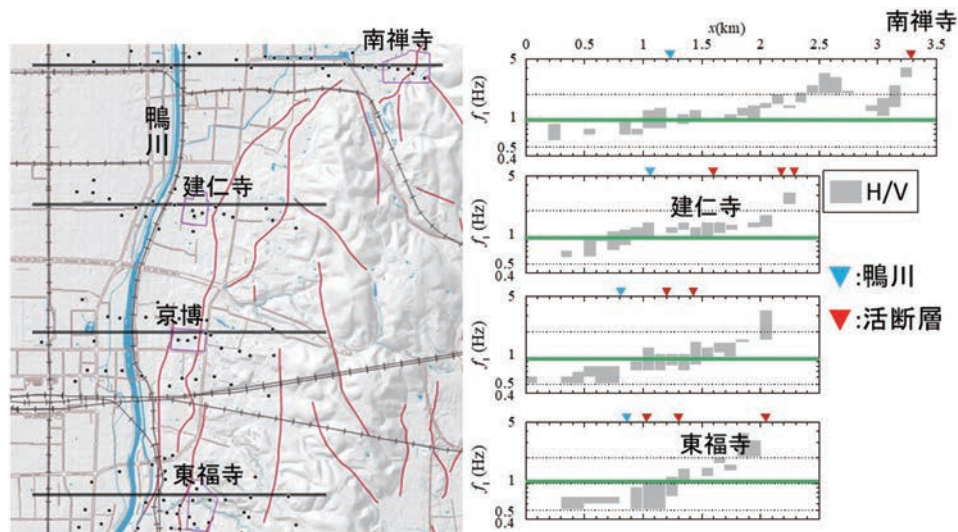


図4 京都盆地縁辺部の地盤の卓越振動数の変化

以上のように、地震動特性や地盤条件は耐震対策を考える上で重要です。例えば、前述のように京都盆地内の文化財建造物は京都盆地東縁部や北縁部に集中しています。すなわち、多くの文化財建造物は比較的 안전한場所に立地していることがわかります。過度な耐震対策は考え物です。しかし、東寺、東本願寺、西本願寺、二条城などの文化財建造物や京町家の多くは、京都盆地中央部に立地しています。耐震対策の重要度や優先度は高いと言えましょう。このように、地震被害経験を学び正しい対策を行う上では、地形や地盤を無視しては語れません。また、その影響は地域によって大きく異なることにも留意する必要があります。

参考文献

- 1) Namazu の会：新編鎌倉震災志、鎌倉町、2017年10月。
- 2) 武村雅之：関東大震災：大東京圏の揺れを知る、鹿島出版会、2003年5月。
- 3) 腰原幹雄、藤田香織、大橋好光、坂本功：1923年関東地震による鎌倉の社寺の被害、日本建築学会構造系論文集、第573号、129-135、2003年11月。
- 4) 西山昭仁、原田智也：1596年文禄伏見地震に関する地震像の検討：伏見・京都での地震被害を中心に、立命館大学歴史都市防災研究所 京都歴史災害研究、第23号、15-28、2022年。
- 5) 杉野未奈、谷嶋航、高石響平、吉川峻平、鶴岡典慶、林康裕：1596年慶長伏見地震における伝統木造建物被害の分析、構造工学論文集、Vol.69B、49-58、2023年4月。
- 6) 津田龍平、菅原隆樹、林康裕：城郭建築の振動特性に関する研究（世界遺産・元離宮二条城を対象として）、日本建築学会技術報告集、第30巻、第75号、650-655、2024年6月。

博物館・美術館施設における文化財保存環境に関する諸問題

京都大学大学院工学研究科准教授 伊庭千恵美

はじめに

博物館や美術館施設の収蔵庫や展示室では貴重な資料が保管・展示されており、厳密な環境管理が要求される。筆者らはこれまで、環境管理の現状と問題点を明らかにすることを目的に、国内数か所の博物館・美術館施設において、収蔵庫や展示室の温湿度環境や空調にかかる消費電力の測定を行い、各施設でのヒアリング調査を行ってきた。

貴重な資料を保管するという性質上、実際の温湿度環境やエネルギー消費量、資料になんらかの悪影響が生じる状況やその原因については公になりにくく、各施設の管理者や保存担当の学芸員が独自に試行錯誤して管理している現状がある。

本報告では、これらの調査から得られた文化財の保存環境に関する諸問題について述べた後、実際に調査を行った博物館施設の事例を紹介する。

1. 気候変動と社会情勢の変化

博物館や美術館施設の収蔵庫や展示室では厳密な環境管理が要求される。特に湿度に関しては、高湿によるカビや錆の発生、加水分解、吸湿膨張が生じたり、低湿による乾燥収縮が生じたりするなど、適切な制御を行わなければ資料に対して生物的・化学的・物理的劣化を生じさせる可能性があり、保存・展示の現場においても重要視されている。

しかしながら、世界中が気候変動へ対応を迫られる昨今、日本においても今後湿度制御がより困難になることが懸念されている。図1は、1970年から2023年までの東京における各年の6～8月の3か月の外気温と外気の水蒸気圧の平均値をプロットし、5年移動平均をとったものである。一般に温暖化の影響と言われる気温も上昇傾向ではあるが、2010年頃から水蒸気圧が著しく上昇していることが見てとれる。2023年度の値は27℃、77%

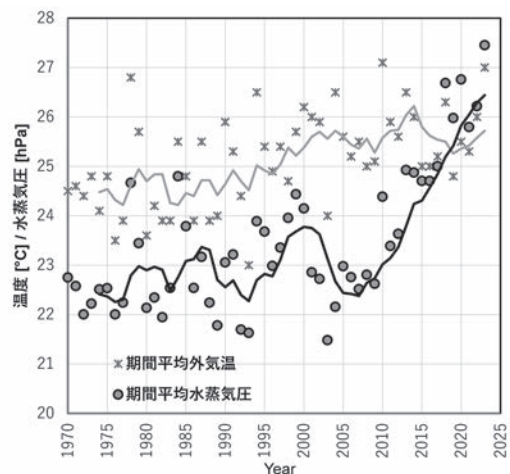


図1 東京における各年の6・7・8月の外気温と水蒸気圧の平均値(気象庁ウェブサイトより)
※水蒸気圧は筆者が計算により求めたもの

RH となっており、この時の露点温度は22.7℃である。次節で述べる温湿度管理基準に照らすと、収蔵庫や展示室において、従来通りの空調設備設計では対応しきれない、あるいは多大なエネルギーを要することが予測できる。

これに加え、近年のエネルギーコストの高騰が、博物館施設の運営をさらに困難にしている。2022年末には「光熱費の高騰により国宝等の文化財の保存が危ぶまれる」として東京国立博物館長が雑誌に緊急寄稿し、2023年には国立科学博物館が資料保存のための光熱費・原材料費の高騰を理由にクラウドファンディングで資金調達を行うなど、適切な保存環境の構築と省エネルギーの両立は喫緊の課題といえる。

2. 保存環境の指針の現状

2.1 保存・展示環境の温湿度管理基準

国内における環境管理の基準は、国宝・重要文化財を所有者から借用し展示を希望する場合は文化財保護法53条の規定に則る。文化財の展示空間や収蔵庫の環境調査を行い、文化財に適した環境であることを確認・報告し、文化庁長官の許可を得る必要がある。その際の温湿度基準は、国宝・重要文化財の公開に係る施設の要件を定めた「国宝・重要文化財の公開に関する取扱要項」(平成30年10月改訂)に展示環境の目安として記載された値(表1)が参照される。本要項では、温度に関しては「地域の夏期及び冬期の平均外気温の変化に応じ、季節によって緩やかな温度の変動はあっても良い」とされているが、相対湿度は「年間を通じて一定に維持すること」とされている。

それ以外の文化財に関しては、ICOM(国際博物館会議)、IIC(国際文化財保存学会)、ASHRAE(アメリカ暖房冷凍空調学会)らの機関が示している、資料の安全な保存を目的とした温湿度制御の目標値に基づいて、文化財を構成する材料を考慮して定められる場合が多い。文化庁の「文化財(美術工芸品)保存施設、保存活用施設設置・管理ハンドブック」では、温度については、高温になると施設内の絶対湿度が上昇するため管理

表1 国宝、重要文化財の公開における
展示ケース内温湿度条件
(文化庁長官裁定、2018年改訂より)

温度	22±1℃	公開を行う博物館その他の施設が所在する地域の夏期及び冬期の平均外気温の変化に応じ、季節によって緩やかな温度の変動は許容
相対湿度	55±5%	一般(年間を通じて一定を維持)
	50~55%	近代の洋紙を利用した文書・典籍類、図面類、写真類など
	50%以下	金属製品

※同一ケース内に材質の異なる文化財を展示する場合は重要文化財等の種類及び個々の保存状態に応じて適切に判断。

※ケース外で露出展示をする場合も、上表と同様の温湿度環境となるよう努める。

上好ましくなく、必ずしも恒温に保つ必要はないが、庫内で作業をする場合等を想定し、空調設備の基本性能として28℃以下への冷房が可能な出力を確保することが推奨されている。相対湿度は、65% RH 以上になるとカビ発生の危険度が上昇し、50% RH 未満になると乾燥によるひび割れ等の障害が懸念されるため、年間を通じて50～60% RH 程度を保つことが推奨されている。

近年では COVID-19 の流行により建物内への換気（外気導入）が重視された結果、夏季の冷房・除湿の負荷が増大した。さらに、「国宝・重要文化財の公開に関する取扱要項」に準じて保存環境の設定温度を22℃近傍にした場合、上述の通り夏季の露点温度が22℃を上回るような環境では、これまで見られなかった部位での結露やカビ等の問題が生じる可能性がある。外気を適切に処理して導入、換気を行うという観点から、今後より重要になるといえる。

2.2 収蔵庫の建物仕様

収蔵庫については、文化庁が「文化財公開施設の計画に関する指針」（平成7年8月）および「文化財（美術工芸品）保存施設、保存活用施設設置・管理ハンドブック」（平成27年3月）によって、文化財を保存・公開する施設の建物や空調設備について指針を示している。

平成7年の指針では、収蔵庫は地下水や日射の影響を避けるために、地階・最上階・南に面するなどの位置に配置しないこと、収蔵庫の空調は庫内だけでなく、二重壁内の空気層にも行うように配慮すること、間仕切り壁は二重壁として空気の流通が可能な空間を確保すること、照明による温度上昇を抑えることなどが望ましいとされている。さらに、収蔵庫の外壁が外部に面する場合、結露などの点検のために、外壁と接する二重壁には室内側から点検口を設けて、二重壁との間に点検用の空間を確保することなども述べられている。

平成27年のハンドブック（図2）では、床下、庫内、小屋裏スペースに設置された換気口を通して自然換気を行う従来方式の問題点として、望ましい環境を維持することが困難であること、後から空調設備を導入した際に結露等の問題が発生する可能性があること、換気口から汚染空気や虫の侵入リスクがあることが述べられている。そして、これを解決する新方式の例として、収蔵庫の気密・断熱性を高め、内部の温湿度環境を外部に逃がさない（空調負荷を低減する）構造とし、換気は収蔵庫・二重壁内・小屋裏・床下スペースを区切って必要に応じて個別に行うとする高气密高断熱・機械空調補助方式の図が示されている。さらに、「機械空調の導入にあたっては、停電や故障時による停止リスク、設備のランニングコスト、メンテナンスコストにも配慮した計画とする。」という文も追加された。

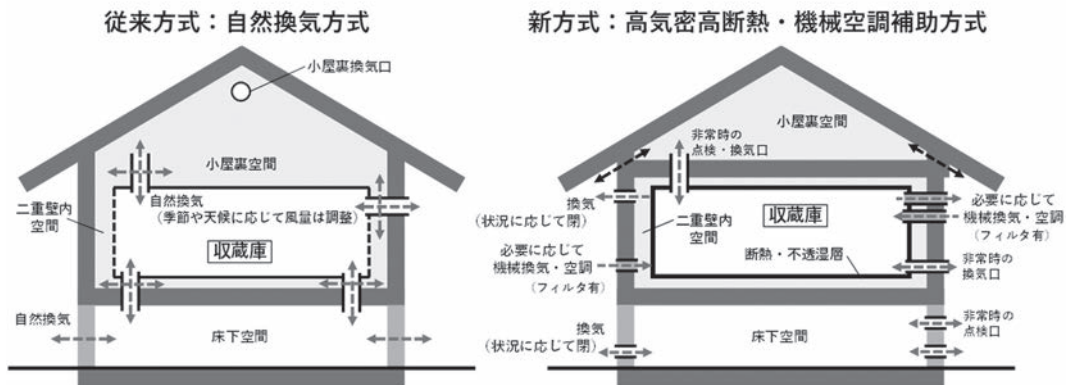


図2 平成27年のハンドブックに記載された収蔵庫の換気・空調方式と建物仕様
(ハンドブックの図を基に筆者が作成)

いずれにしても、文化庁が推奨する指針では収蔵庫を二重壁構造とすることが前提となっており、既往研究では、二重壁構造のメリットとして、①断熱性の向上による外気の影響の緩和、空調の発停時における温湿度の急変動の抑制（権藤ら）、②コンクリートからのアルカリ性汚染因子の放出による美術品の損傷などを避け、清浄な空気質の維持（荒井ら）、③地下水・高湿空気の流れ防止（見城ら）などが挙げられている。一方、デメリットとしては、①外気との通り道を複数意図せず作ってしまい（ハンドブックにおいても点検口や換気口の設置が求められている）、非空調外気の流入や虫の侵入につながる可能性がある、②メンテナンスがしづらい（①のような問題が生じていたとしても気づきにくい）といったことが挙げられる。

さらにこのような二重壁構造の収蔵庫に対し、温湿度の安定化、空気清浄化を図るため空調設備を導入するということが一般的になっている。しかしながら、二重壁構造の是非や、二重壁構造と空調方式の組み合わせ（図3）に関する問題については、あまり議論

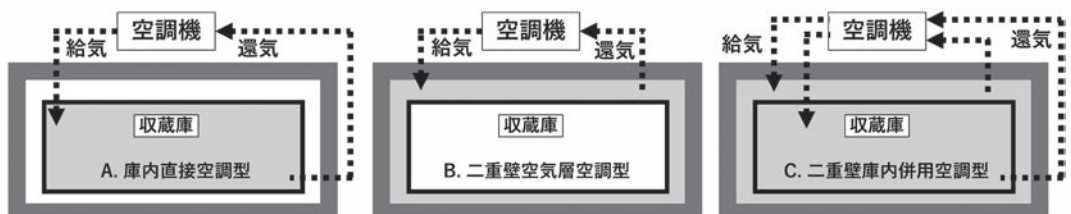


図3 二重壁構造の収蔵庫と空調方式の組み合わせの例

されてきていない。二重壁構造の目的が上述のメリット①のように外気の影響の緩和のみであるならば、図2の新方式に見られるように、収蔵庫の壁・床・天井の断熱・気密・防湿を着実に行うことで、二重壁構造とする必要性はなくなる。今後新しく収蔵庫を計画する際には、二重壁構造を前提とするのではなく、目的を明確にした上で採否の判断をすべきであると考ええる。

3. 二重壁内を空調する博物館収蔵庫の事例

国内で二重壁構造をもつ収蔵庫に空調設備が導入されている場合、多くは図3に示す3種類の空調方式のいずれかを採用していると考えられる。比較的小規模な施設の場合は、パッケージエアコンやヒータと除・加湿機の組み合わせ、サーキュレータによる空気の攪拌のみ、などの方法が取られる場合もある。

ここで紹介する事例は、関西地方に位置する博物館における、図3のBの二重壁内空間のみを空調する方式を採用した収蔵庫である。1980年代に竣工した建物であるため、設計時の意図が明確ではないものの、当時の空調の発停時における温湿度の急変動の抑制を目的として、このような方式が採用されたのではないかと推察している。

3.1 建物・設備概要と調査内容

収蔵庫の空調方式の概要を図4に示す。外壁はRC造内断熱で、二重壁の内壁・床・天井は木板で構成されている。収蔵庫の床面積は約90㎡、天井高さは約2.4mである。天井裏に換気のための排気ダクトが設置されているが、通常排気ファンは稼働していない。室の外気側に計6か所、二重壁の内外壁に小窓（約40cm×60cm）が設置されているが、おそらく排気ファン稼働時の給気経路として計画されたものと考えられる。小窓は常時閉じている。

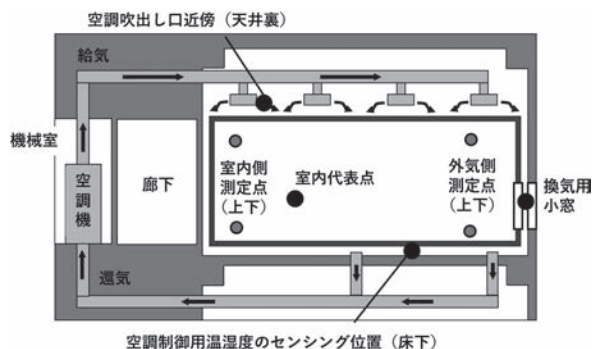


図4 調査対象収蔵庫の空調方式と温湿度測定点

空調は、機械室のパッケージエアコンと蒸気加湿器で温湿度が調整された空気を二重壁内に循環させる方式を取っている。吹き出し口は天井裏に15か所、吸込み口は床下に2か所あり、空調制御用のセンサは床下の吸込み口付近にある。1年を通して設定温湿度は21℃、49% RHである。

対象収蔵庫では、室内代表点（室の中央付近）、床下吸込み口近傍、天井裏吹き出し口近傍、

二重壁内小窓付近の4か所で年間の温湿度測定を行った他、夏季・冬季それぞれで室内各所の温湿度の集中測定を行い、分布を把握した。

3.2 温湿度測定結果と問題点

2022年の夏季、室内代表点は設定温湿度にほぼ保たれていた（図省略）。本収蔵庫の空調機には外気が導入されておらず、室内の空気を循環させて空調を行っていること、日常的な人の出入りが少ないことから冷房・除湿負荷も小さかったと推察される。ただし、空気を保つために新鮮外気を導入する場合は、換気用小窓から調整されていない外気を直接取り入れるしかないため、夏季は特に収蔵物への結露やカビ被害が懸念される。

図5に2022年9月～2023年3月の収蔵庫各所の温度変化を外気温と合わせて示す。なお、外気温は気象庁ウェブサイトで公開されている京都市のデータを用いた。外気温が低下するにつれて天井裏の吹出し口温度が約40℃となり、室内代表点の温度は12月頃から上昇し始め、冬季は約23～25℃の範囲にあることがわかる。この期間、相対湿度は40% RH程度まで低下しており、収蔵物への影響が懸念された。一方、空調制御用センサがある床下吸込み口近傍は21℃に保たれていた。

この原因を調べたところ、空調制御用の温湿度センサが設置されている床下に、二重壁外壁側の小窓の隙間から低温外気が侵入したことで、金属製の小窓によるコールドドラフトにより、センサが低温を感知し、空調機が過剰な暖房運転を行っていたことが確認できた。また、天井裏の高温吹出し空気により冬季は室内で約1.5℃の上下温度差が生じていた。

さらに、図5より二重壁内空気は冬季に外気の影響を受け温度が18℃程度まで低下して

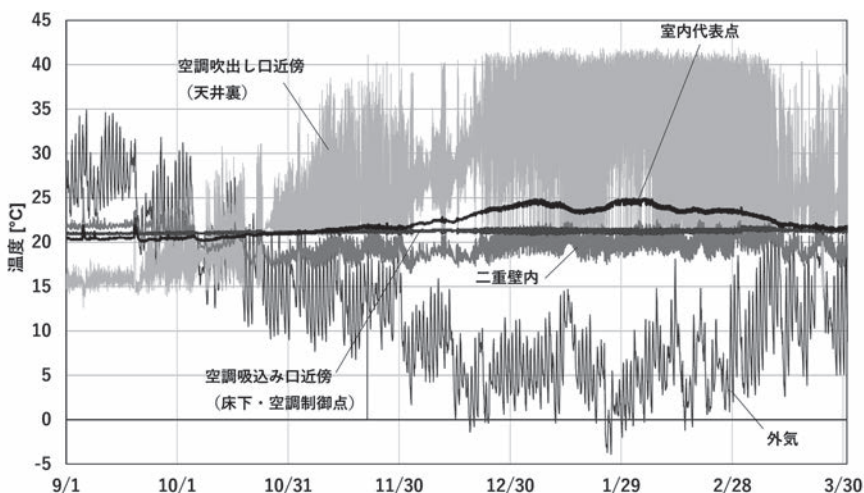


図5 対象収蔵庫の冬季の温湿度（2022年9月～2023年3月）

いることも見てとれる。この二重壁内は天井裏に40℃で吹出された空気の経路となっているが、天井裏には大きな梁が通っており、15か所の吹出し口から吹き出された高温空気の流れが阻害され、廊下側の二重壁内への風量が増加し、外気側二重壁内への風量が減少したものと考えられる。その結果、収蔵庫内の外気側は室内側よりも約1℃温度が低くなっていた。外気側と室内側の温度差は夏季も同様であり、夏季は外気側が約1℃高くなっていた。

このように比較的小規模な収蔵庫での調査からも、二重壁内を空調する方式を採用した場合は、換気用の小窓の気密性や断熱性、空調空気の流れへの配慮を要すること、空調制御用センサの位置を適切な個所に設置した上で室内の分布をモニタリングする必要があることなどいくつもの課題が見つかった。一方、冬季の空調吹出し口温度が20～40℃と変動が大きいことから、直接庫内に吹き出さない方式としたことで、庫内温度が過剰に変動することは避けられたともいえる。

4. おわりに

厳密な温湿度管理が求められる博物館・美術館施設について、本報では、この数年現場実測やヒアリング調査を行った結果から、現在から今後にかけて課題となると考えている点について述べた。

比較的新しい建物においては、高効率の熱源機やBEMSの導入、潜熱・顕熱分離空調の採用などによる省エネ化と安定した温湿度環境構築が計画されているが、一方で既存の建物においては老朽化に伴う設備機器の更新はあるものの、建物構造と設備の特性をふまえた運用方法の見直しが十分にできていないことも多い。

多くの博物館・美術館施設の収蔵庫は連続空調を前提として設計されているが、光熱費を抑えるために、日サイクルでは夜間に空調を停止させたり、年サイクルでは春・秋のような中間期に停止させたりするような運用が行われる施設も散見される。観覧者や作業者の快適性を考えたうえで、温度の目標値や日変動・年変動をどのように考えるかは、それぞれの施設に委ねられている現状がある。

今後は、国内の多くの博物館・美術館施設において、そもそものような温湿度管理が行われているのかを明らかにするため、アンケート調査を実施する予定である。さらに、詳細な温湿度環境とエネルギー消費量の調査を行う博物館・美術館施設の数を増やし、匿名性に配慮した上で情報を公開する。今後新築される施設だけではなく、既存施設の改修や運用改善に役立つ情報を提供していきたいと考えている。

大阪府指定有形文化財

田尻歴史館(旧谷口家吉見別邸)耐震補強等保存修理工事について

主幹研究員 伊藤誠一郎

1. はじめに

田尻歴史館は、令和元年(2018)6月より令和4年(2022)6月にかけて耐震補強等保存修理工事が行われた。当協会では、平成28年(2016)11月より本事業に携わり建物調査並びに耐震診断、翌年度に実施設計、この保存修理工事においては工事監理を行ったので、その概要について報告を行う。

2. 田尻歴史館の概要

田尻歴史館(旧谷口家吉見別邸)は、大阪府泉南郡田尻町吉見に所在する。当建物は、大阪合同紡績、和泉紡績、吉見紡績及び同興紡績の各社長等を務め、関西紡績界の重鎮であった谷口房蔵氏が郷里の繁栄のために大正3年(1914)に建設した谷口綿布工場株式会社(後に吉見紡織株式会社に改称)の本社工場の隣に別邸として建てたものである。(図2)



図1 田尻歴史館の位置(国土地理院 地図)

平成5年(1993)に田尻町が取得し、改修工事を行い、一般公開するにあたり、この建物に『田尻歴史館』と名付けた。この敷地は約1,000坪あり、洋館、和館、茶室と蔵が3棟(北蔵、中蔵、南蔵)配されている。その周辺の東側と北側に土塀を廻らし、土塀東側に表門、土塀北側に裏門を設ける。

平成8年(1996)12月26日、これらの建物が国の登録有形文化財原簿に登録された。

平成15年(2003)2月より平成17年(2005)3月にかけて北蔵、中蔵、南蔵及び土塀の修理が行われた。修理は北蔵が全解体修理、中蔵及び南蔵は屋根葺替及び部分修理を実施し、

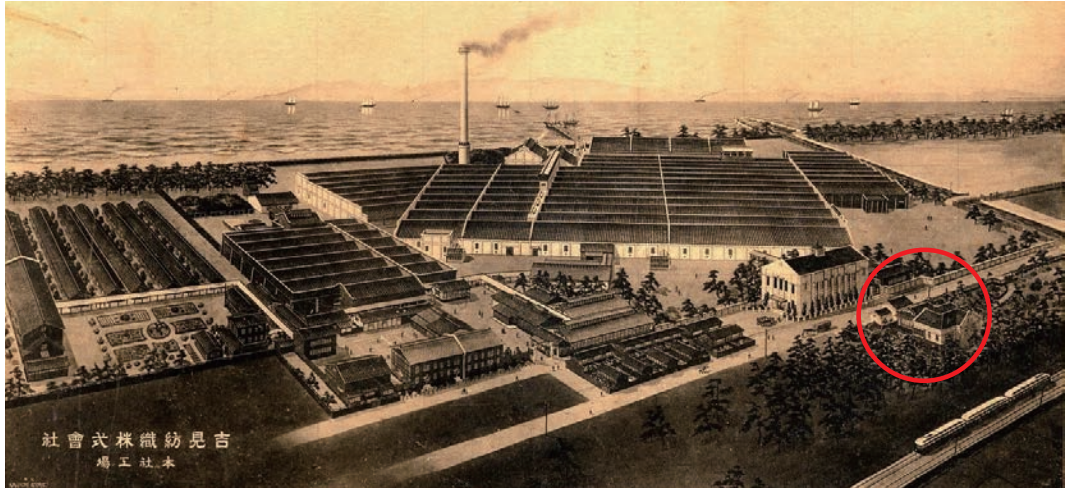


図2 吉見紡織株式会社 本社工場（1925年5月）

○ は現在の田尻歴史館

土塀は屋根葺替及び塀内側の壁を中塗りから塗り直しを行う部分修理とした。

平成17年(2005)1月21日に大阪府の指定有形文化財に指定された。これに伴い、国の登録有形文化財の登録は抹消された。

平成19年(2007)に近代化産業遺産に認定された。

令和元年6月21日より耐震補強等保存修理工事を開始し、令和4年(2022)6月30日に全ての工事が完了した。同年7月28日にリニューアルオープン記念式典が行われ、翌29日より一般公開が行われている。

3. 建築物の概要

田尻歴史館（旧谷口家吉見別邸）は、谷口房蔵氏の別邸として洋館、和館、中蔵、南蔵を大正11年(1922)に着工し、大正12年(1923)に竣工したと考えられる。設計は辰野片岡建築事務所に勤務し、後に大阪合同紡績株式会社の設計技師となった和田貞次郎と言われている。また、茶室はその後（建築年代不詳）建てられ、3代目木津宗詮の設計と言われている。

今回の工事において、それぞれの設計者を示す痕跡や史料は確認できなかった。

昭和19年(1944)に大阪機工株式会社が取得し、昭和43年(1968)に辻野トミエ氏の手に渡り、昭和62年頃まで辻野氏の居宅として使われていたが、辻野氏の逝去により辻野常彦氏・千鶴子氏に相続されてからは使用されていない状況であった。平成5年(1993)1月13日に

田尻町が辻野氏から土地と建物を取得し、一般公開するにあたり、洋館、和館及び茶室の改修工事を行い、『田尻歴史館』と名付け、文化振興の拠点施設として開館した。

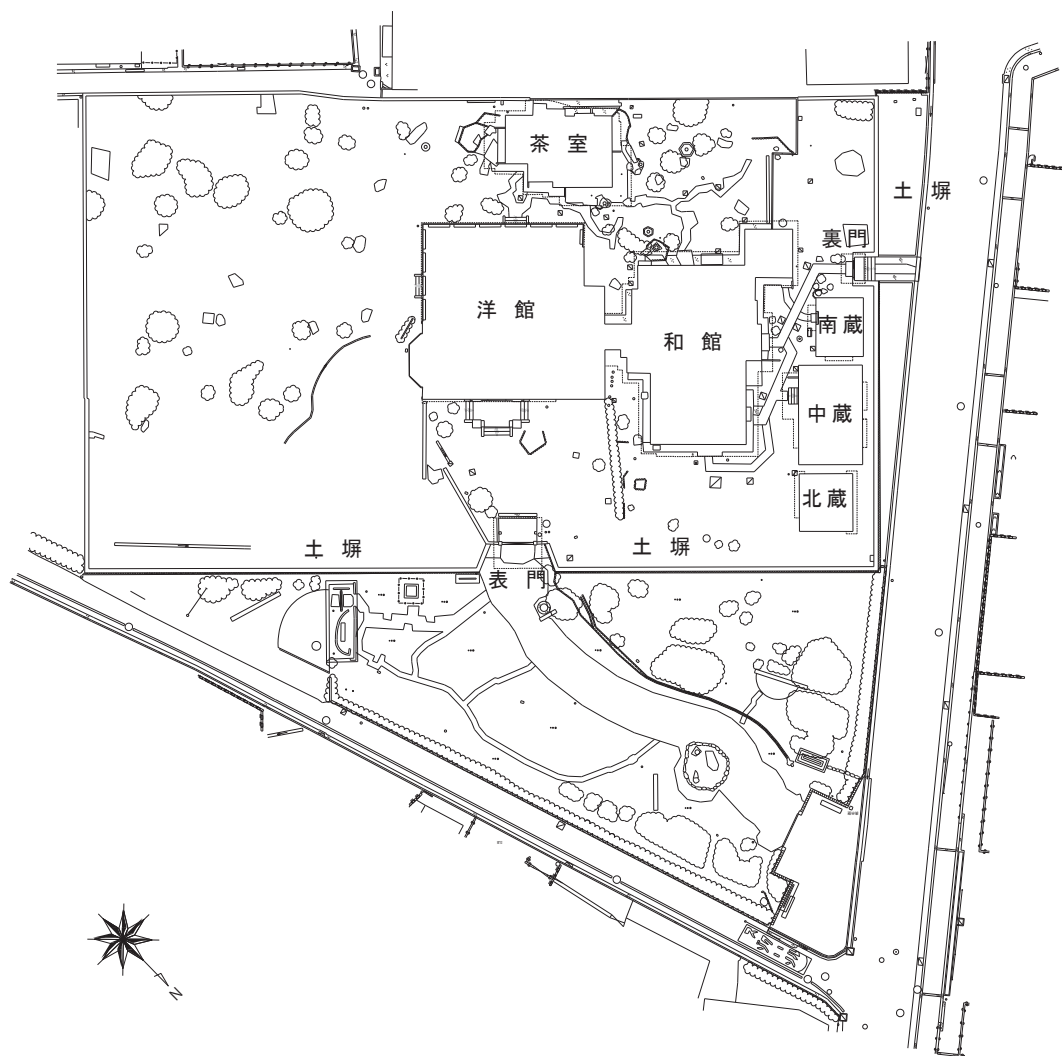


図3 田尻歴史館敷地配置図

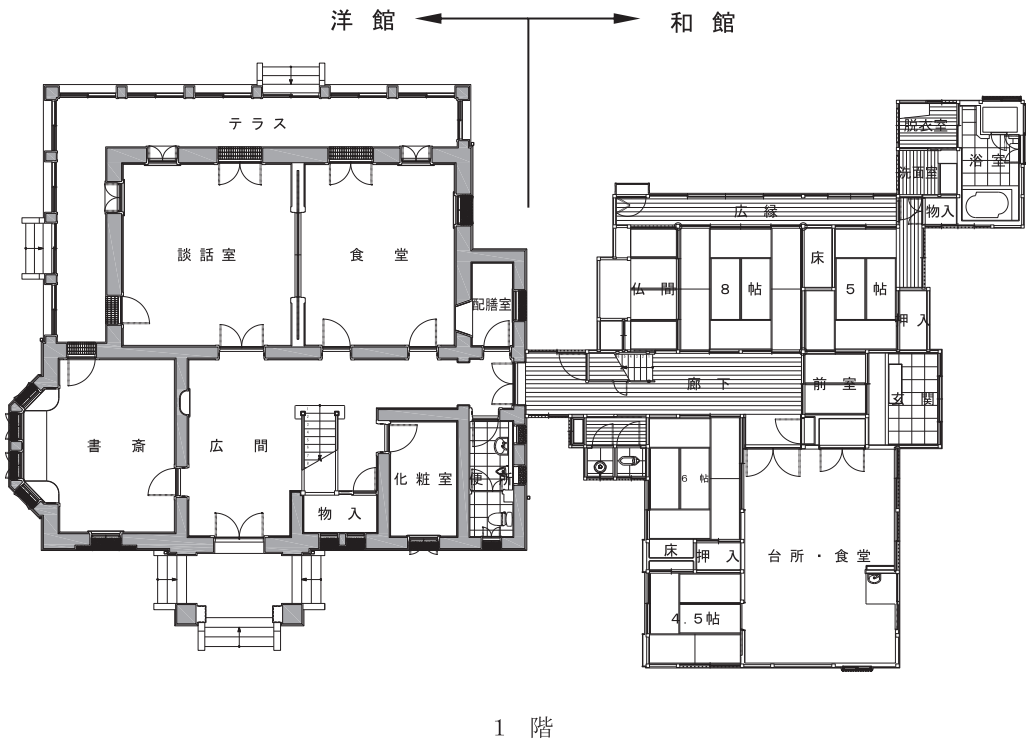
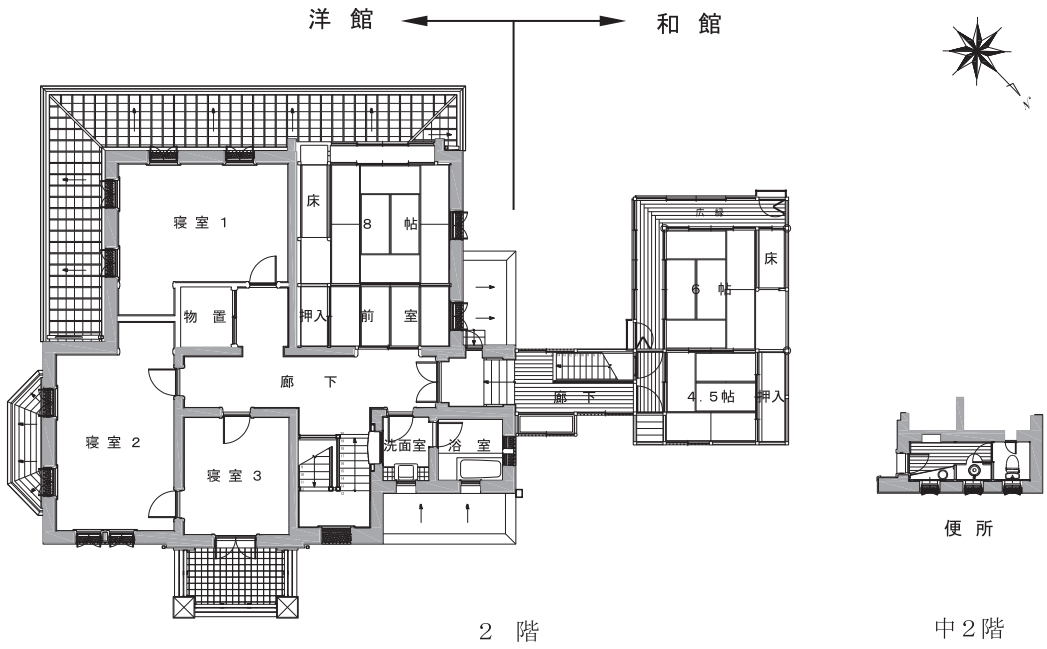


図4 洋館・和館 平面図

4. 田尻歴史館の各建物の構造形式

(1) 洋館

概要 煉瓦造2階建、寄棟造、銅板葺、玄関ポーチ付、建築面積236.24㎡

平面 東を正面とする。1階は、東面中央に玄関ポーチを設け、正面出入口から西を広間とし、南側を書斎、西側の南寄りを談話室、北寄りを食堂とする。書斎南面は、中央を出窓とし、造付のソファを設ける。談話室と食堂の西面及び南面にL型のテラスを設ける。広間北面西寄りから北側へ廊下が取付き、1階和館廊下に通じる。広間北側に折れ曲がり階段を設け、踊場下に物入を設ける。廊下東側の南寄りに化粧室、北寄りに便所を設け、西側には、配膳室を配す。

階段踊場の北面に便所を設け、中2階とする。

2階は、折れ曲がり階段を上がり、南北方向に廊下を設け、北側は和館2階に通じる。廊下南側の西面に寝室1、南面に寝室2、東面に寝室3が取付き、寝室1の出入口の南側に物置を配す。廊下北側の西面に4帖の前室と8帖の座敷が並ぶ。前室南面に押入、座敷南面西寄りに床、東寄りに床脇を設ける。廊下北側の東面南寄りを洗面室、北寄りを浴室とする。

基礎 建物外周部はコンクリート造の布基礎を廻らし、その上を煉瓦積み基礎とする。要所に換気口を設ける。内部の間仕切壁は煉瓦一枚又は一枚半積みとし、通気口を設ける。

躯体 外壁は、1階の南面及び東面の一部が煉瓦二枚積み、東面及び西面の一部と北面が一枚半積みとし、2階は、東面の一部が二枚積み、その他を一枚半積みとする。内壁は、1階のテラスと書斎、談話室及び食堂境の間仕切壁が煉瓦二枚積み、2階の各間仕切壁は一枚積みとする。

床組 1階は東石上に床束を建て、大引を架け渡し、その上に根太を並べ、床板を張る。

軒廻り 外周部は人造石洗出し仕上げとし、波形の模様を廻らす。内側は銅製の内樋とする。

小屋組 外壁及び間仕切壁の煉瓦壁上面に敷桁を載せ、陸梁を架け渡しキングポストトラスを組む。真束上に棟木を載せ、南妻壁の西面は母屋を3通りその他の面は5通り配し、鼻先を1通り配す。棟木に鼻母屋及び母屋上に野垂木を架け、野地板を張る。各隅は、火打梁を架け、隅行き陸梁を架け渡し、隅合掌が載る。

屋根 銅板一文字葺とし、大棟及び隅棟は銅板包みとする。東面に2箇所、南面に1箇所、西面に2箇所、屋根面にドーマー窓が付く。

1階テラス屋根は、銅板瓦棒葺とし、1階配膳室及び中2階便所の屋根は陸屋根とし、外周部に立上りを設ける。



図5 洋館 正面図（東立面図）

外 壁 小口の化粧タイルを横に張り、テラス柱及び2階窓上のボーダーより上を縦張りとする。腰壁、窓台、窓上のボーダー及び妻壁は人造石洗出し仕上とする。1階東面の物入と書斎の窓廻りに緑色のタイルを張り、その上部を石組でアーチを造る。

内 壁 1、2階廊下は腰壁を板張りとし、その上を漆喰塗りとする。1階談話室は、腰壁上に枠を廻し、その内側に西陣織の絹織物を張る。1階化粧室、2階寝室1及び寝室2は巾木上に枠を廻し、その内側に布を張る。テラスは腰壁及び部屋境の開口部廻りに外壁と同様の小口の化粧タイルを張る。

天 井 1階広間は、食堂は格天井とし木製の格縁内を漆喰塗りとする。書斎は漆喰塗りの天井蛇腹を廻らし、漆喰塗り天井とする。

テラスの天井は、木製の化粧桁を取り付け、その内側を漆喰塗りとする。

2階寝室1及び寝室2の天井は、それぞれ4本見切縁を入れ、その内側を漆喰塗りとする。

2階寝室3、廊下及び階段室は、漆喰塗りの天井蛇腹を廻らし、漆喰塗り天井とする。

前室、8帖、押入及び物置は竿縁天井とする。

建 具 広間より各部屋の出入口は両開き又は片開きの腰付きガラス戸とし、談話室と食堂境は両引分けの框戸とし、その上に嵌め殺しのスタンドグラスが付く。談話室及び食堂よりテラスの出入口は両開きガラス戸で、その上にスタンドグラスが嵌め込まれた回転

欄間が取り付く。談話室南面のテラス出入口は片開きのガラス戸とする。

窓は、テラスが引違いガラス窓でその上にステンドグラスが嵌め込まれた回転欄間とし、その他は両開きガラス窓とする。階段の東面は、ステンドグラスが嵌め込まれた上げ下げ窓とする。1階配膳室北面窓は、3段の回転窓とする。2階8帖西面の窓は4枚引違いガラス窓とし、その上に嵌め殺し欄間を入れる。

内 装 床は1、2階共寄木張りとし、2階前室及び8帖は畳敷とする。中2階便所は板張りとする。1、2階の各部屋の窓上にはカーテンロッドが取付く。

(2) 和館

概 要 桁行14.790m、梁間7.865m、木造2階建、寄棟造、入母屋造一部切妻造、棧瓦葺、建築面積158.80㎡

平 面 北を正面とする。玄関南に前室を設け、西側を5帖の和室とする。その北側西寄りに東西の廊下を設け、その西側に洗面室、脱衣場及び浴室を配す。前室より南に廊下が取付き、洋館廊下に通ずる。廊下東側北寄りに台所・食堂、その南側に6帖と4.5帖の和室が東西に並ぶ。6帖の南側には手洗いと便所を設ける。廊下西側は8帖の和室と4帖の仏間が南北に配し、その西側に広縁を設ける。廊下には階段を設け、2階に上がる。

2階は南北に廊下を設け、南側は階段を上がって洋館2階廊下に通ずる。北側は4.5帖と6帖の和室が東西に並ぶ。6帖の西側及び南側に広縁が取り付く。

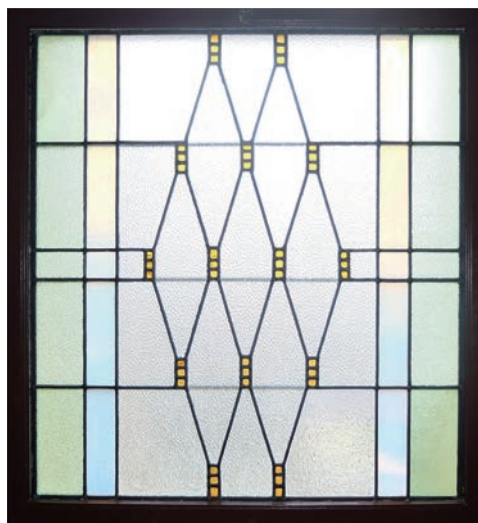
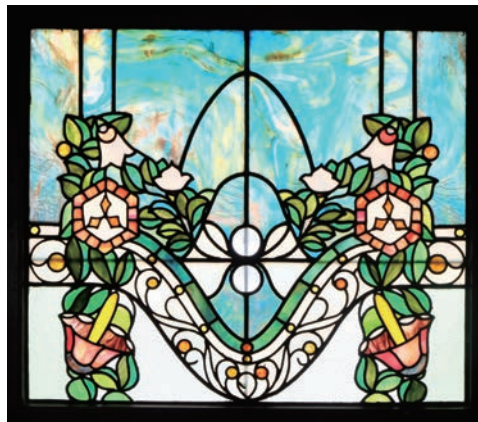


写真1 洋館 階段室東面 ステンドグラス

基礎 外周部に延石を廻らす。

軸部 延石上に土台を据え、その上に柱を建て、胴差及び軒桁で固める。

床組 1階は東石上に床束を建て、大引を架け渡し、その上に根太を並べ、床板を張る。

軒廻り 1階垂木は角垂木、2階垂木は杉小丸太とし先端に広小舞を載せる。

屋根 1階台所・食堂屋根は寄棟造、2階屋根は入母屋造、棧瓦葺とする。1、2階共、大棟は肌熨斗瓦を2枚、割熨斗を7枚積み、紐付きの雁振瓦を伏せ、両端に鬼瓦を据える。降棟及び隅棟は割熨斗瓦を4枚積み、紐付きの雁振瓦を伏せ、先端に鬼瓦を据える。

渡廊下の棟は、肌熨斗瓦を2枚、割熨斗瓦を4枚積み、紐付きの雁振瓦を伏せ、北側は和館屋根、南側は洋館妻壁に取付く。

北西の洗面室、脱衣場及び浴室の屋根は切妻造とし、棟は肌熨斗瓦を2枚、割熨斗瓦を5枚積み、紐付きの雁振瓦を伏せ、両端に鬼瓦を据える。いずれの棟とも鬼際での成の増しはない。

2階南面及び西面の下屋庇は銅板葺とする。

外壁 1階は脚元に板張り、その上を黒漆喰仕上げとする。2階は1階屋根の熨斗積みから2階窓上まで杉皮を張り押え竹で留め、その上に見切りを入れ、黒漆喰仕上げとする。

内壁 1、2階ともすべて聚楽調壁仕上材塗り。

天井 1階廊下が杉板張りの船底天井、1階仏間が折上げ格天井、その他の部屋は竿縁天井とする。

柱間装置 1階玄関出入口は両開き分け腰付きガラス戸、その上に嵌め殺し欄間とする。

1階広縁西側は引違いと4枚引違いガラス戸とし、外側に雨戸が付く。1階階段下物入、手洗い、男子便所及び女子便所出入口は片開き板戸で網代張りとする。1階廊下より仏間出入口に片引きの太鼓貼り襖、廊下から5帖及び8帖の出入口は引違い襖とする。5帖西側を引違い腰付き障子、8帖西側を4枚引違い腰付き障子とする。8帖と仏間境は4枚引違い襖とし、上部に嵌め殺し欄間が付く。

2階廊下と4.5帖の引違い腰付き障子、その上に片引き障子が付く。広縁と6帖の出入口は4枚引違い腰付き障子、その上に片引き障子が付く。

外部に面する窓は引違いガラス窓とし、2階廊下の東西面と4.5帖東面には格子が付く。

(3) 茶室

概要 桁行5.909m、梁間8.863m、木造平屋建、入母屋造、銅板葺。

平面 2帖の鞘ノ間を中廊下とし、北に茶の間、南に扣ノ間とする。扣ノ間の西面に

床と押入、南面に奥行き2尺程度の濡縁が取付き庭に面する。東面北側は2帖の台目畳の寄付とし、東面に躡口、南面に貴人口を設ける。茶ノ間は西面北側に床を設け、7帖とする。茶ノ間西側に水屋を設け、西側に水屋棚及び簀子の流しを造り付ける鞘ノ間西側南寄りに便所を設ける。茶室廻りには、露地、待合及び腰掛等はない。



写真2 茶室 正側面（南東より見る）

基礎 柱下に自然石の礎石を据える。

軸部 柱は床柱以外を杉の面皮柱とし、礎石建ち。庇柱及び軒桁は杉丸太とする。

床組 各柱間に足固めを入れ、隅に火打梁が取付く。東石上に床束を建て、南北方向に大引を架け渡し、その上に丸太を半割りにした根太を並べ、床板を張る。

軒廻り 垂木は杉小丸太と竹を交互に並べ、軒先に広小舞を載せる。化粧小舞は杉材と竹を交互に並べ、その上に化粧裏板を張る。

小屋組 茶ノ間は、棟真で東西方向に小屋梁を架け渡し、両側の軒桁から登り梁を2通り掛ける。各梁上に小屋束を建て、母屋及び棟木を受ける。

扣ノ間は、南北方向に2通り小屋梁を架け渡し、その上に束を建て、母屋及び棟木を受ける。

屋根 入母屋造、銅板葺。棟は棟押えが取付く。

天井 鞘ノ間と扣ノ間は竿縁天井、茶ノ間は掛込み天井、水屋は船底天井で突き上げ窓が付く。

(4) 北蔵

概要 土蔵造、桁行4.545m、梁間4.240m、平屋建、切妻造、棧瓦葺。

平面 正面西寄り二間及び北面に庇付。

基礎 基礎コンクリートの上に煉瓦オランダ積み、幅一枚半。内部土間は割栗石の上、モルタル塗り仕上げとする。

軸部 側柱は正面出入口を除き、周囲土台に柄建込み栓打ち、桁に柄差し。正面出入口両柱は布石に太柄建とする。側廻り内法貫に壁貫を三通り貫通し、頭貫及び腰貫は上楔締め、地貫は下楔締めとする。庇の腕木は柱に柄差し、庇桁に蟻掛けとする。



写真3 北蔵 正側面（南西より見る）

軒廻り 下地板張りに荒縄を巻いて、妻平共に蛇腹が付く。

小屋組 両妻梁及び小屋梁は桁に京呂組、和小屋にして、小屋貫上楔締め込栓打ち、野地板横厚板張り、板傍相欠き。

屋根 切妻造、棧瓦葺。棟は肌熨斗瓦を2枚、割熨斗瓦を5枚積み、紐付きの素丸瓦を伏せ、両端に鬼瓦を据える。両端部虻羽傍漆喰塗とする。正面及び北面庇は棧瓦葺、壁際に割熨斗

瓦を積む。

柱間装置 正面西寄り一間に引違い板戸、中央間は引違いガラス窓、北面は全て引違いガラス窓としその他は大壁とする。

（5）中蔵

概要 土蔵造、桁行7.640m、梁間4.775m、二階建、切妻造、本瓦葺。

平面 平入り、正面西寄りに庇付き、幅1.364mの四級の石段を設ける。

基礎 周囲間知石切石積みとする。

軸部 二階梁は半間毎に柱に柄差し込栓を打つ。両妻面より半間は桁行に半間毎に梁を柄差し込栓打ちとする。正面の出入口楣は柄差し込栓打ち。側廻りは内法間に壁貫を六通り通し、地貫は下楔締め込栓打ち、その他は上楔締めとする。庇は付柱及び垂木掛を金具で留め、庇腕木を付柱に柄差し、持送りを付ける。庇桁は腕木に落とし込む。

小屋梁 小屋梁は一間毎に桁に架け、和小屋組とし、小屋貫上楔締め込栓打ち。

屋根 切妻造、本瓦葺。葺仕舞面戸瓦入り、棟は肌熨斗瓦を3枚、割熨斗瓦を7枚積み、紐付きの雁振瓦を伏せ、両端に鬼瓦を据える。両端部虻羽傍漆喰塗り、拝部花岡飾り付き。正面庇は棧瓦葺とし、壁際に割熨斗瓦を積む。

柱間装置 正面西寄り観音開き戸、内側片引き裏白戸、腰板付き網戸とする。

（6）南蔵

概要 土蔵造、桁行4.545m、梁間3.636m、二階建、切妻造、棧瓦葺。

平面 平入り、南面及び正面西寄りに庇付き。



写真4 田尻歴史館 北面の状況（右より裏門、南蔵、中蔵、北蔵、手前に土塀）

基礎 煉瓦オランダ積み、幅一枚積み、内部土間はモルタル塗り仕上げ。

軸部 柱は正面出入口を除き、土台敷き。二階梁は半間毎に架け、両妻面より半間は半間毎に桁行方向に梁を入れる。正面出入口上に楣を入れる。南面及び北面は桁中央に梁受けを柄差し込栓打ち。庇は付柱及び垂木掛を金具で留め、庇腕木を付柱に柄差し、庇桁に蟻掛け、下端に持送りを付ける。

小屋組 両妻梁及び妻より一間半のところに小屋梁を架け、和小屋組とする。

屋根 切妻造、棧瓦葺。棟は肌熨斗瓦を2枚、割熨斗瓦を4枚積み、紐付きの素丸瓦を伏せ、両端に鬼瓦を据える。正面庇は銅板葺。

柱間装置 正面西寄り、片引き裏白戸、東面中央引違いガラス窓としその他は大壁とする。

（7）表門

概要 鉄筋コンクリート造及び木造、間口2.954m、切妻造、腰葺。

して2段取付き、門柱を貫通して木製の腕木が取付く。

門柱間に木製のまぐさを入れ、柱頭に木製の頭繋ぎ及び棟木を載せる。

基礎 門柱及び控柱脚元に鉄筋コンクリート造の柱石型を造る。門柱柱型間に地覆石を据える。

軸部 門柱及び控柱は、鉄筋コンクリート造で人造石洗出し仕上げとする。貫は木製



写真5 表門 正面（東より見る）

で控柱に貫通して2段取付き、門柱を貫通して木製の腕木が取付く。

軒廻り 出桁と棟木上に垂木を掛け、垂木先端に広小舞を載せ、垂木上面に化粧裏板を張る。

屋根 切妻造、腰葺。銅板は一文字葺、軒瓦は一文字瓦、棟は肌熨斗瓦を2枚。割熨斗瓦を3枚積み、紐付きの雁振瓦を伏せ、両端に鬼瓦を据える。

柱間装置 門柱脇に木製の方立が付き、両開きの鏡扉が取付く。

（8）裏門

概要 木造、棟門、間口1.530m切妻造、腰葺。

基礎 延石上に柱石を据える。

軸部 柱石上に門柱を建て、冠木及び柱頭の棟木で固める。腕木は門柱を貫通し、先端に出桁を載せる。

冠木上から棟木下を土壁とする。

軒廻り 出桁と棟木上に垂木を掛け、垂木先端に広小舞を載せ、垂木上面に化粧裏板を張る。

屋根 切妻造、腰葺。銅板は一文字葺、軒瓦は一文字瓦、棟は肌熨斗瓦を2枚。割熨斗瓦を3枚積み、紐付きの素丸瓦を伏せ、両端に鬼瓦を据える。

柱間装置 門柱間を板張りとし、一部通用口を開けて、片引きの板戸及び格子戸が付く。

（9）土塀

概要 練塀、折曲り延長139m、棧瓦葺。

基礎 外側は切石積みの上地覆石を積む、

壁 練壁とし、屋根瓦の取付きに蛇腹を造る。外側の仕上げはねずみ漆喰塗り、内側が漆喰塗りとする。

屋根 棧瓦葺。棟は、割熨斗瓦を4枚積み、紐付きの素丸瓦を伏せ、端部は表門が袖壁に取付き、西門は棟小口に板瓦を据える。

5. 事業の概要

(1) 事業の経過

建築後90年以上が経過し、雨漏り等老朽化が著しく修理を実施する必要性が生じてきた。また、甚大な被害をもたらした平成7年(1995)の阪神・淡路大震災、平成23年(2011)の東日本大震災等の教訓から、地震からの生命の安全の確保を最優先とするため、本施設の耐震性能を調査することとなった。特に本施設の洋館は煉瓦造2階建の建造物であり、耐震性能が不明なため詳細な調査を行い、耐震診断を実施する必要があった。

平成28年度より耐震調査及び耐震診断を実施した。耐震診断の結果、耐震性能を満足しない洋館及び和館に耐震補強工事を行い、表門とあわせて保存修理を実施することとなった。

平成29、30年度に耐震補強と保存修理の実施設計を行い、令和元年6月21日より令和4年(2022)6月30日までの工事期間37ヶ月の予定で工事に着手した。

工事期間中、北蔵及び中蔵の北面妻壁の漆喰塗りに剥落が目立つようになり、早急に修理が必要となった。また、平成30年(2018)9月4日の台風21号で屋根瓦の一部が落下する等の被害を受けた裏門、壁の一部に割れや浮きが目立つ茶室や土塀についても修理が必要となった。これらの建物の保存修理工事を追加して、令和4年(2022)6月30日に全ての工事が完了した。

6. 修理方針

(1) 洋館

耐震補強工事、屋根葺替及び部分修理。

耐震診断結果に基づき、南面及び北面の煉瓦造の妻壁を鉄骨フレームで補強を行い、2階寝室3、前室、和室8帖及び廊下の小屋裏に鉄骨の水平ブレースを新設した。水平ブレース新設に伴い、各煉瓦積み間仕切壁頂部に鉄筋コンクリート造の臥梁を設けた。

解体工事着手前に素屋根を架設し、屋根の銅板葺きから順次丁寧な解体を進め、小屋組トラスまで解体した。また、水平ブレース設置に支障となる2階漆喰塗り天井面の解体を行った。

解体した小屋組材で、当初材についてはできる限り再利用したが、腐朽及び破損箇所については、原則として同種材にて補修及び取替えを実施した。

屋根は、現状に倣い全面葺直しを行い、下屋の屋根は一部を残して現状に倣い、葺直しを行った。

銅製の軒樋及び豎樋については、破損箇所について修理及び取替えを行った。

外壁は、割れのあるタイル目地や洗出し仕上げについては補修を行った。また、タイルに割れがみられる箇所については、同種のタイルを製作し、張り直した。

内壁の漆喰塗りは、割れや浮きがある箇所については掻き落としを行い、塗り直した。1階談話室腰壁の壁紙は全て取外し修理した。1階化粧室、2階寝室1・2の腰壁については取外し可能な箇所のみ取外し、掃除等を行い張り直した。

1階食堂及び談話室の天井の漆喰塗りは、照明器具の落下防止対策のため、一部解体を行い、現状に倣い復旧した。1階化粧室及び便所の天井裏に換気扇を新設するため、化粧室の天井の一部及び便所の天井全面を解体し、現状に倣い復旧した。

塗装は劣化部分を塗り直した。

建具は、腐朽部分については修理し、開閉調整及び建具金物の修理及び取替えを行った。ガラスは割れている箇所を取替え、ガラスパテの劣化部分についてはパテ飼いを行った。スタンドグラスについては、洗浄し一部修理を行った。

床下換気口については、腐朽及び破損箇所については、現状に倣い製作を行い、取替えた。

2階前室及び和室8帖の畳は全て表替えを行った。

木部の素地仕上げ箇所については、全て洗いをを行った。

和館から洋館1階便所に至る給水管に鉛管が使用されていたため、便所内部のタイル張りを一部解体し復旧を行った。

(2) 和館

耐震補強工事、部分修理及び屋根の一部葺替。

耐震診断結果に基づき、1階台所・食堂の屋根の棟木が取付く2階柱に添え木を新設した。また、木部の腐朽及び破損箇所については、原則として同種材にて補修・取替えを実施した。木部の素地仕上げ箇所は、全て洗いをを行った。

下屋の屋根の銅板葺き及び瓦葺きは、全て葺き直した。銅板葺きは全て取替え、屋根瓦は葺き降ろした後、1枚ずつ打音検査を実施し、再用及び不再用を決定した。不足分については現状に倣い、補足した。

銅製の軒樋及び豎樋については、破損箇所について修理及び取替えた。

外壁の黒漆喰塗りは塗り直し、杉皮張りは取替えた。

壁の聚楽壁は、割れや浮きがある箇所について掻き落としを行い、塗り直した。

台所・食堂は、現状の内装を全て撤去し、床は合板張り、壁及び天井は石膏ボード張りとした。

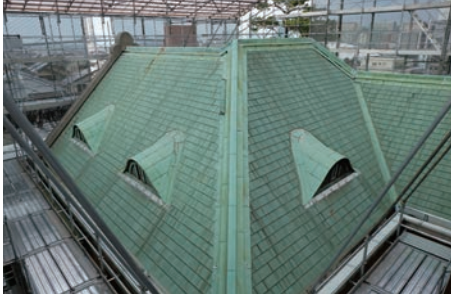


写真6 洋館 修理前 銅板葺 (南西より見る)



写真7 洋館 当初屋根下地 (南西より見る)



写真8 洋館 小屋組解体完了 (南西より見る)

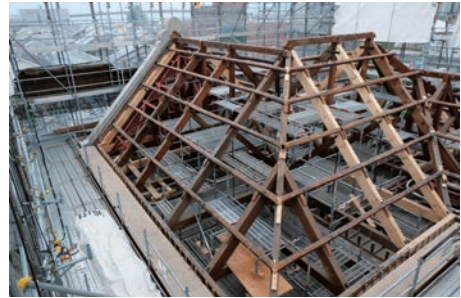


写真9 洋館 小屋組組立完了 (南西より見る)



写真10 洋館 屋根下地組立完了 (南西より見る)



写真11 洋館 銅板葺完了 (南西より見る)



写真12 和館 1階台所・食堂仕上材解体完了 (西より見る)



写真13 和館 東面下屋根完了 (南東より見る)

建具は、腐朽及び破損部分について修理を行い、開閉調整及び建具金物の修理及び取替えた。襖及び障子は張替え、ガラスは割れている箇所を取替えた。

畳は全て表替えを行った。

洋館同様、1階便所の給水管に鉛管が使用されていたため、便所の壁を解体し、復旧を行った。

(3) 茶室

部分修理。

外壁の水捏ね仕上げは、割れや浮きがある箇所については掻き落しを行い、塗り直した。

建具は、腐朽及び破損部分について修理を行い、襖及び障子は張替えた。

戸袋は全て腐朽及び破損部分を修理した。

畳は全て表替えを行った。

(4) 北蔵

部分修理。

外壁の漆喰塗りは、北面及び東西面の一部を塗り直した。

(5) 中蔵

部分修理。

外壁の漆喰塗りは、北面及び東西面の一部を塗り直した。漆喰塗り庇は、風雨による劣化が見られ、表面に塗膜保護を行い、劣化の進行を遅らせる対策を講じた。

(6) 南蔵

修理なし。

(7) 表門

屋根葺替及び部分修理。

洋館及び和館の保存修理に際し、資材等搬入に支障となる表門の屋根を出桁より上まで解体し、復旧した。

屋根の銅板葺き及び瓦葺きは、全て葺き直した。銅板葺きは全て取替え、屋根瓦は葺き降ろした後、1枚ずつ打音検査を実施し、再用及び不再用を決定した。不足分については現状に倣い、補足した。

解体した屋根材及び軒廻り部材については、腐朽及び破損箇所について、原則として同種材にて補修・取替えを実施した。

柱及び控柱の洗出し仕上げは、割れや浮きが見られる箇所については、補修を行った。
建具は、腐朽及び破損箇所について修理を行った。

(8) 裏門

屋根葺替及び部分修理。

表門同様に屋根の銅板葺き及び瓦葺きは、全て葺き直した。銅板葺きは全て取替え、屋根瓦は葺き降ろした後、1枚ずつ打音検査を実施し、再用及び不再用を決定した。不足分については現状に倣い、補足した。

木部の腐朽箇所は、原則として同種材にて補修及び取替えを実施した。
建具は、腐朽及び破損箇所について修理した。

(9) 土塀

部分修理。

外壁のねずみ漆喰仕上げは全て塗り直し、内壁は漆喰塗りを掻き落とし、塗り直した。脚元は盛土を鋤取り、自然石を並べた。

屋根は、軒先や棟積みの通りを直すため、一部屋根瓦解体して葺き直した。

(10) 電気設備

既存の機器は、一部を除き全て撤去し、新設した。

既存の配線類は、原則として全て撤去し、新設した。

自動火災報知設備は、全て撤去し、新設した。

和館の台所・食堂については、準備工事までとした。

(11) 機械設備

既存の空調機器及び配管は、全て撤去し、新設した。

洋館1階便所の小便器及び洗面器を取替えた。

洋館1階化粧室及び便所に換気扇を新設した。

鉛管が使われていた飲料用の給水管は全て撤去し、塩ビ管に取り替えた。

和館の台所・食堂については、準備工事までとした。

7. 耐震診断

(1) 洋館

a. 耐震診断の方法

応力度の算出は、立体有限要素解析モデルを用いた応力解析により行った。

建物の耐震診断は、 I_s 値及び q 値の判定により行った。

各指標の計算式は、『2001年改訂版 既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準・改修設計指針・同解説』及び『煉瓦造建築物の耐震診断基準 改訂第2版』に基づき算出するが、形状係数 SD および靱性指標 F については、今回の計算手法に即した数値を算定した。

形状係数 SD は、3次元モデルを用いることを考慮し、偏心率の逆数の数値を採用した。

靱性指標 F は、既往の実験結果を参考に、煉瓦壁の限界変形角が $1/250\text{rad}$ 程度であると推定し、靱性指標1.0とした。

地震層せん断力分布係数 A_i は、保有耐力の算出において建物に入力する水平力に考慮しているため、耐震性能指標の算定には用いないこととした。

b. 診断結果

算出した I_s 値、 q 値の結果より、現況建物の判定結果を表2に示す。

X方向、Y方向とも、 $I_s < 0.3$ または $q < 0.5$ であり、『地震の震動及び衝撃に対して倒壊し、または崩壊する危険性が高い』という結果が得られた。

建物の構造耐震指標 I_s 値は、目標値0.6と比較して2階が0.25、1階が0.20と非常に低く、耐震補強の必要性があった。

建物は、2階のれんが壁体頂部に臥梁がなく、水平剛性が低く煉瓦壁体の拘束効果が少ないため、地震時には壁が面外に振動し、煉瓦壁上部の小屋組が落下し妻壁が倒壊するおそれがあった。

崩壊形は、2階壁面頂部の面外変形であり、2階頂部の面外変形を抑えることで保有耐力の向上が期待された。

表1 洋館 I_s 値、 q 値計算式の諸係数 (現状)

	階	Q_u	F	T	S_D	ΣW	Z	R_f	S_f
X	2	0.4	1.0	0.95	0.67	1.2	1.0	1.0	0.55
	1	0.7	1.0	0.95	1.00	3.8	1.0	1.0	0.55
Y	2	0.5	1.0	0.95	1.00	1.2	1.0	1.0	0.55
	1	1.6	1.0	0.95	0.67	3.8	1.0	1.0	0.55

表2 洋館 耐震性能の判定結果 (現状)

	階	I_s	q	判定結果
X	2	0.20	0.37	(1) $I_s < 0.3$ または $q < 0.5$ 地震の震動及び衝撃に対して倒壊し、または崩壊する危険性が高い
	1	0.17	0.31	(1) $I_s < 0.3$ または $q < 0.5$ 地震の震動及び衝撃に対して倒壊し、または崩壊する危険性が高い
Y	2	0.42	0.77	(2) $0.3 \leq I_s < 0.6$ または $0.5 \leq q < 1.0$ 地震の震動及び衝撃に対して倒壊し、または崩壊する危険性がある
	1	0.27	0.49	(1) $I_s < 0.3$ または $q < 0.5$ 地震の震動及び衝撃に対して倒壊し、または崩壊する危険性が高い

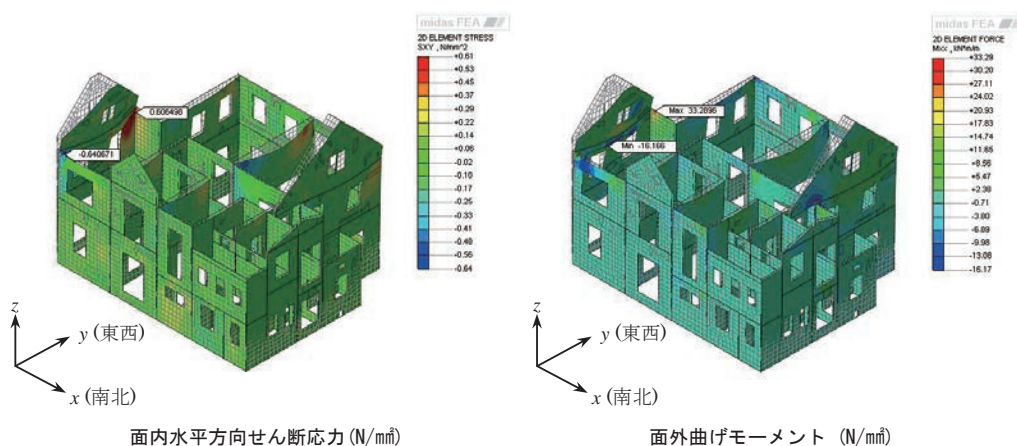


図6 洋館 応力図 (現状+ X方向)

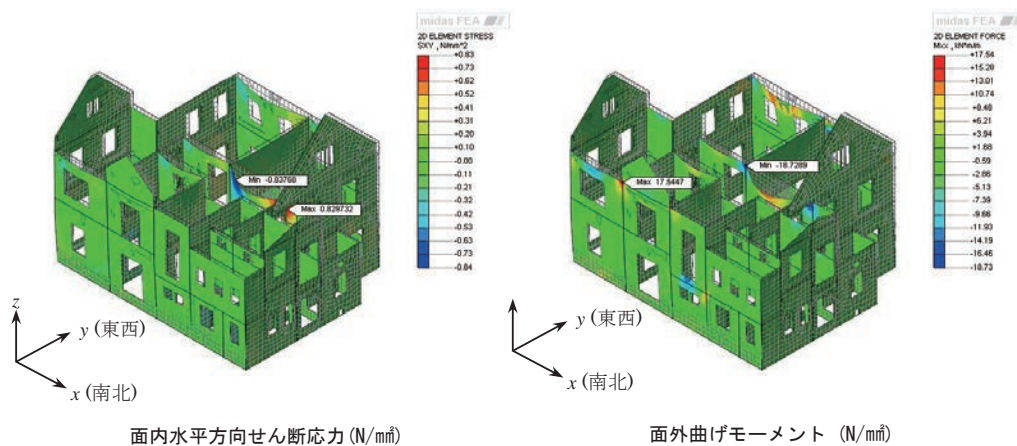


図7 洋館 応力図 (現状- Y方向)

(2) 和館

a. 耐震診断の方法

本建物の複雑な平面・立面形状に対して、時刻歴応答解析法を用いて、耐震性能の確認を行った。

加速度波形は、地盤調査によって得られた地質データ『大阪府指定有形文化財田尻歴史館地盤調査報告書平成29年3月 株式会社 東京ソイルリサーチ』の表層地盤の地盤特性により、増幅させたものを用いた。

解析の方法を以下に示す。

- ・解析方向は地動加力方向（X方向）、地動直行方向（Y方向）の水平2方向とした。
- ・時刻歴応答解析は、応答加速度をNewmarkの β 法で仮定した。（ $\beta=0.25$ ，平均加速度法）
- ・減衰は、初期剛性比例型減衰とし、減衰定数 $h_0=0.05$ と仮定した。
- ・解析は、 $P-\Delta$ 効果を考慮し、各部材の剛性マトリクスに、そのステップの軸力と部材長から計算した部材の幾何剛性を加えて変形の算出を行った。

表3 和館 耐震診断に用いた入力地震動

地震動		内容	想定震度	最大加速度 (増幅後) (cm/s^2)
告示波	乱数	ランダム位相	6弱	352.98
	JMA 神戸 NS	1995年 兵庫県南部地震の神戸海洋気象台での強震記録		332.57
	Hachinohe NS	1968年 十勝沖地震の八戸港湾での強震記録		390.70

b. 耐震診断の結果

応答解析の結果、告示波入力時の最大応答変形角は非倒壊の限界変形の $1/15\text{rad}$ 以下（ $1/23\text{rad}$ ）となり、必要耐震性能を満足する結果となった。

解析では、地震波入力後、軸部は柱と横架材の仕口でめり込み、土壁にはひび割れや剥離が生じ、建物の変形が進み、壁面に大きなひび割れは生じるが、崩落する箇所は確認されなかった。柱と横架材の接合部でも破損が生じる箇所は確認されなかった。

X方向の地震波を入力した際の最大変形時には、柱の折損箇所が1箇所みられた。

柱の折損箇所は、隅部の柱ではなく、地震動の直交方向では柱が両側に存在するため、

地震時に折損したとしても、両側の柱と横架材で上部荷重を支持できると考えられるので、建物の倒壊には至らないと判断した。当該の柱および柱に取り付く壁の剛性を0にして再解析したところ、柱の変形角と部材にかかる応力の値に大きな差はみられなかった。

柱の折損箇所は一階の屋根部材（棟木）が取り付いている箇所であり、台所・食堂の屋根荷重を支えている箇所であるため、台所・食堂の屋根裏の見え隠れ部分で添え木補強などができるか確認し、可能な範囲で柱の補強を行うこととした。

以上より、現状の建物でも必要耐震性能を満足しており、柱の折損などにより建物が倒壊する可能性も低いことが確認された。

最も変形の大きかった告示波（JMA 神戸）入力時の各柱頭の応答変形角を表4に示す。

表4 和館 時刻歴応答解析による最大応答変形角一覧（現状）

入力地震動		方向	最大応答変形角 (rad)	
			1階	2階
告示波	乱数	X	1/30	1/113
		Y	1/40	1/23
	JMA 神戸 NS	X	1/26	1/90
		Y	1/40	1/23
	Hachinohe NS	X	1/26	1/90
		Y	1/39	1/23

(3) 茶室

a. 耐震診断の方法

和館と同様に等価線形化法（限界耐力計算）により行った。茶室は、土壁や貫、柄等の変形性能の大きい要素を主としていることから、非倒壊の限界変形を1/15radとし、柱等の主要な構造部材に倒壊に繋がるような重大な損傷が生じないか確認を行った。機能維持の限界変形は、層間変形角1/60radとした。

b. 耐震診断の結果

等価線形化法により、現況建物に対し耐震診断を実施した。大地震動時において、X、Y方向とも応答変形角が非倒壊の限界変形の1/15rad以下となった。また、主要な柱及び梁に折損する可能性のある部材は確認されなかった。

中地震動時においては、X、Y方向とも機能維持の限界変形の1/60rad以下となった。以上より、現況建物は必要耐震性能を満足すると判断した。

表5 茶室 耐震診断結果

階	応答変形角 (rad)			
	中地震時		大地震時	
	X (桁行)	Y (梁間)	X (桁行)	Y (梁間)
1	1/440	1/261	1/67	1/37

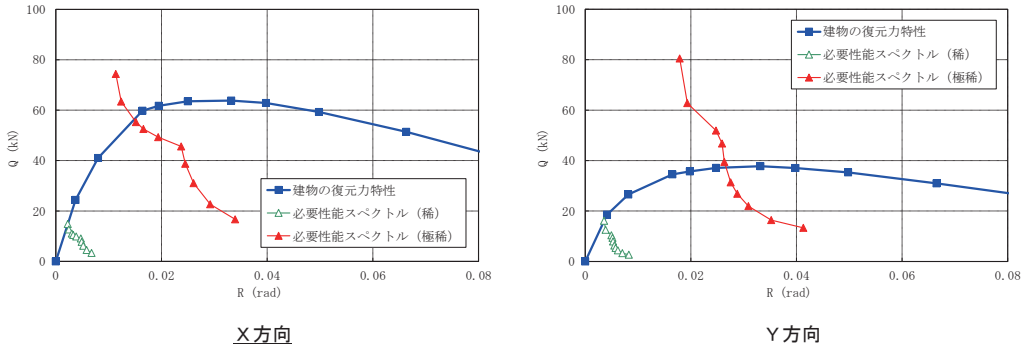


図8 茶室 等価線形化法 計算結果

(4) 中蔵

a. 耐震診断の方法

和館と同様に等価線形化法（限界耐力計算）により行った。中蔵は、土壁や貫、柄等の変形性能の大きい要素を主としていることから、非倒壊の限界変形を1/15radとし、柱等の主要な構造部材に倒壊に繋がるような重大な損傷が生じないか確認を行った。機能維持の限界変形は、層間変形角1/60radとした。

b. 耐震診断の結果

等価線形化法により、現況建物に対し耐震診断を実施した。大地震動時において、X方向では1階、2階とも非倒壊の限界変形の1/15rad以下となった。Y方向では応答過大（応答値なし）となり、必要耐震性能を満足しない結果となった。

中地震動時においては、X、Y方向とも機能維持の限界変形の1/60rad以下となった。

積載荷重を一般書庫・倉庫相当（4,900N/m²）としているが、現在の積載状況を考慮し、居住室（600N/m²）相当まで積載荷重を低減して再検討した結果、大地震動時において、Y方向についても、1階、2階とも1/15rad以下となり、必要耐震性能を満足する結果となった。

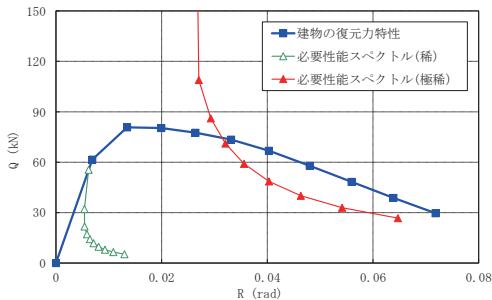
表6 中蔵 耐震診断結果

階	応答変形角 (rad)			
	中地震時		大地震時	
	X (桁行)	Y (梁間)	X (桁行)	Y (梁間)
2	1/237	1/234	1/57	応答過大
1	1/140	1/117	1/26	応答過大

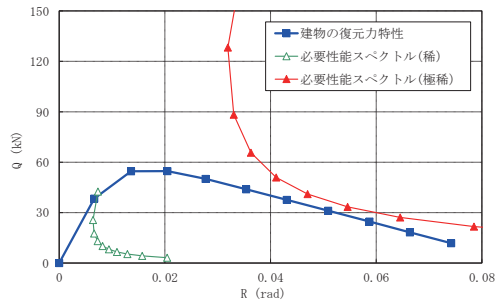
※太字は、必要耐震性能を満足しないことを示す

表7 中蔵 耐震診断結果 (積載荷重低減)

階	応答変形角 (rad)			
	中地震時		大地震時	
	X (桁行)	Y (梁間)	X (桁行)	Y (梁間)
2	1/244	1/214	1/67	1/41
1	1/174	1/148	1/37	1/29

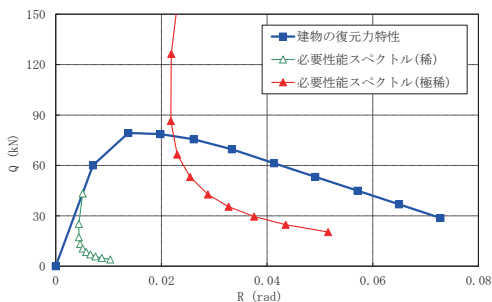


X方向

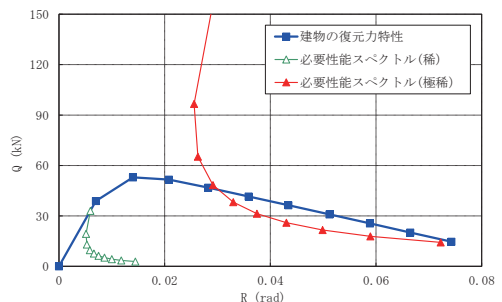


Y方向

図9 中蔵 等価線形化法 計算結果



X方向



Y方向

図10 中蔵 等価線形化法 計算結果 (積載荷重低減)

(5) 表門

a. 耐震診断の方法

風圧力または地震力により鉄筋コンクリート造の各部材に生じる応力（曲げ、せん断）が、許容応力度以下になるか検討を行った。検討は、『鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 2010』及び『各種メーソンリー構造設計ノート』に準拠した。

b. 地震荷重

門柱、控柱、袖壁柱に作用する地震力は、建築基準法施行令第88条に基づき算出した。地震力により生じる曲げモーメント M 及びせん断力 Q は、逆三角形の等分布荷重によるものとし、標準せん断力係数は0.3を採用した。

表8 表門 地震力による設計応力

		門 柱	控 柱	控 壁
設計 応力	M (kNm)	5.89	2.96	1.14
	Q (kN)	2.79	1.68	0.73

c. 風荷重

風圧力は、建築基準法施行令第87条及び平成12年建設省告示第1454号に従い算出した。単位面積当たりの風圧力の算定は木造建物と同様の方法で行った。

門柱及び控柱にかかる風圧力は、剛比で分配して負担するものとし、見付面積は最も大きい南面及び北面で算出し、建築物の形式は、独立上屋と開放型のうち卓越する方を採用した。

また、袖壁にかかる風圧力については、笠木を壁面として算出した。

表9 表門 風圧力による設計応力（開放型）

		門 柱	控 柱	控 壁
設計 応力	P (kN/m)	1.50	0.24	0.70
	M (kNm)	11.67	1.89	1.91
	Q (kN)	5.91	0.96	1.63

d. 耐震診断の結果

診断に用いる設計応力は、地震力または風圧力により算出される設計応力のうち、卓

越する数値を採用した。検討の結果、曲げモーメント、せん断力ともに鉄筋コンクリート造の各部材に生じる応力（曲げ、せん断）が、許容応力度以下となり、必要耐震性能を満足する結果となった。

曲げモーメントに対する検討結果

門柱、控柱及び袖壁にかかる曲げモーメントに対し、必要鉄筋量を求め、既存の鉄筋量が満足しているか検討を行った。

$$a_t > {}_s a_t \text{ OK, } a_t < {}_s a_t \text{ NG}$$

$$M = a_t {}_s f_t j$$

$${}_s a_t = M / {}_s f_t j$$

a_t : 既存鉄筋量 (mm²)

${}_s a_t$: 必要鉄筋量 (mm²)

${}_s f_t$: 鉄筋の短期許容引張応力度 (N/mm²)

j : 応力中心間距離 (mm)

d : 有効成 (mm)

表10 表門 曲げに対する検討結果

	門柱	控柱	袖壁
短期応力	風圧力	地震力	風圧力
M (kNm)	11.67	2.96	1.91
t (mm)	249.00	158.00	143.00
d (mm)	201.00	110.00	96.50
j (mm)	175.88	96.25	84.44
${}_s f_t$ (N/mm ²)	235.00	235.00	235.00
${}_s a_t$ (mm ²)	282.00	131.00	96.00
a_t (mm ²)	402	402	265
主筋径 (mm)	16	16	13
主筋の本数	2	2	2
判定	OK	OK	OK

せん断力に対する検討

門柱、控柱及び袖壁柱にかかるせん断力に対し、短期許容せん断力以下であるか検定を行った。

$$Q_{AS} > Q \text{ OK, } Q_{AS} < Q \text{ NG}$$

$$Q_{AS} = t j \{ {}_s f_s + 0.5 {}_w f_t (p_w - 0.002) \}$$

Q_{AS} : 短期許容せん断力

${}_s f_s$: コンクリートの短期許容せん断応力度

${}_w f_t$: 横補強筋のせん断補強用短期許容引張応力度
= ${}_s f_t$

p_w : 横補強筋比で、 p_w の値が0.002を下回る場合は0.002とし、0.012を上回る場合は0.012とする。

j : 応力中心間距離 (mm)

d : 有効成 (mm)

表11 表門 せん断に対する検討結果

	門柱	控柱	袖壁
短期応力	風圧力	地震力	風圧力
Q (kN)	5.91	1.68	1.63
t (mm)	249.00	158.00	143.00
d (mm)	201.00	110.00	96.50
j (mm)	175.88	96.25	84.44
${}_s f_s$ (N/mm ²)	0.68	0.68	0.68
Q_{AS} (kN)	19.27	6.69	5.31
帯筋の径 (mm)	4	4	4
帯筋の間隔 (mm)	400	300	450
${}_s f_t$ (N/mm ²)	235	235	235
検定値 Q/Q_{AS}	0.31	0.25	0.31
判定	OK	OK	OK

8. 耐震補強

(1) 洋館

a. 耐震補強の方法

補強内容を下記に示す。

- ・南北妻の煉瓦壁に鉄骨補強部材を接着系アンカー（M12又はM16@200～300mm）により取り付け、面外に変形しないように補強した。
- ・2階壁面頂部の変形が大きい箇所に鉄骨部材を接着系アンカー（M16@200～300mm）により取り付け、鉄骨ブレース（M18又はM20）で小屋面の水平構面を補強した。
- ・2階煉瓦壁頂部の壁厚が薄い箇所は、鉄骨補強部材を取り付ける際に接合端部の強度が十分に確保出来ないことから、煉瓦壁頂部の煉瓦を5段分取り除き、あと施工アンカー（M16@200～300mm）を用いて新設の鉄筋コンクリート造の臥梁を設置し、鉄骨補強部材を取り付けた。

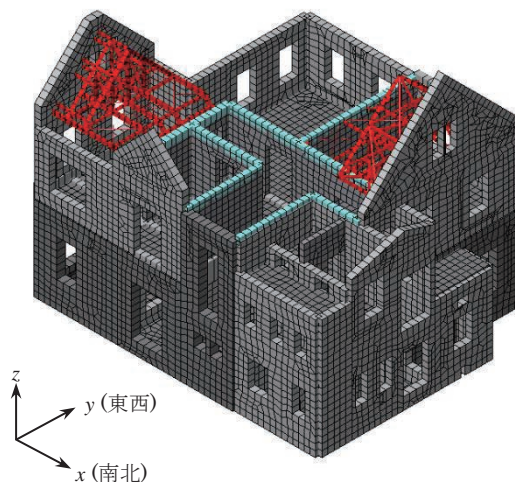


図11 洋館 補強位置図

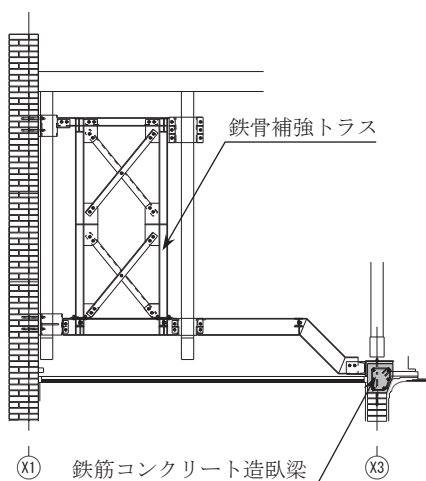


図12 洋館 煉瓦壁補強図

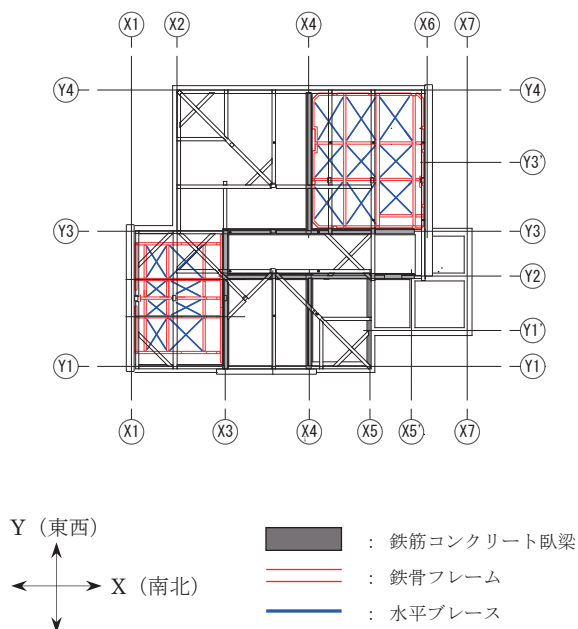


図13 洋館 水平構面補強位置図



写真14 洋館 南妻壁 鉄骨補強（北東より見る）



写真15 洋館 北妻壁 鉄骨補強（南西より見る）



写真16 洋館 煉瓦壁上部 臥梁配筋状況



写真17 洋館 煉瓦壁上部 臥梁配筋状況

b. 耐震補強後の耐震診断結果

補強後の耐震診断は、補強鉄骨部材及び補強鉄筋コンクリート臥梁が梁要素（一次元要素）、補強ブレース部材が引張専用のトラス要素（一次元要素）としてモデル化を行った。

算出した I_s 値、 q 値の結果より、本調査建物の判定結果を表12に示す。

各方向1、2階方向とも、 $I_s \geq 0.6$ かつ $q \geq 1.0$ となり、『地震の震動及び衝撃に対して倒壊し、または崩壊する危険性が低い』という結果が得られた。

補強後の建物では、南北の妻壁を鉄骨部材で補強することで妻壁の変形を抑えられ、2階壁頂部の面外変形が大きい箇所に鉄骨の水平ブレースを追加し、2階の煉瓦壁体頂部の壁厚の薄い箇所では、既存の煉瓦壁を鉄筋コンクリートの臥梁に置き換えることで2階壁頂部の面外変形も小さくなった。

本建物の構造耐震指標 I_s 値は、2階が0.64、1階が0.60となり、所要の耐震性能を満足する結果となった。

表12 洋館 I_s 値、 q 値計算式の諸係数（補強後）

	階	Q_u	F	T	S_D	ΣW	Z	R_t	S_t
X	2	1.3	1.0	0.95	0.67	1.3	1.0	1.0	0.55
	1	2.4	1.0	0.95	1.00	3.8	1.0	1.0	0.55
Y	2	1.3	1.0	0.95	1.00	1.3	1.0	1.0	0.55
	1	3.6	1.0	0.95	0.67	3.8	1.0	1.0	0.55

表13 洋館 耐震性能の判定結果（補強後）

	階	I_s	q	判定結果
X	2	0.64	1.16	(3) $I_s \geq 0.6$ かつ $q \geq 1.0$ 地震の震動及び衝撃に対して倒壊し、または崩壊する危険性が低い
	1	0.61	1.11	(3) $I_s \geq 0.6$ かつ $q \geq 1.0$ 地震の震動及び衝撃に対して倒壊し、または崩壊する危険性が低い
Y	2	0.95	1.73	(3) $I_s \geq 0.6$ かつ $q \geq 1.0$ 地震の震動及び衝撃に対して倒壊し、または崩壊する危険性が低い
	1	0.60	1.10	(3) $I_s \geq 0.6$ かつ $q \geq 1.0$ 地震の震動及び衝撃に対して倒壊し、または崩壊する危険性が低い

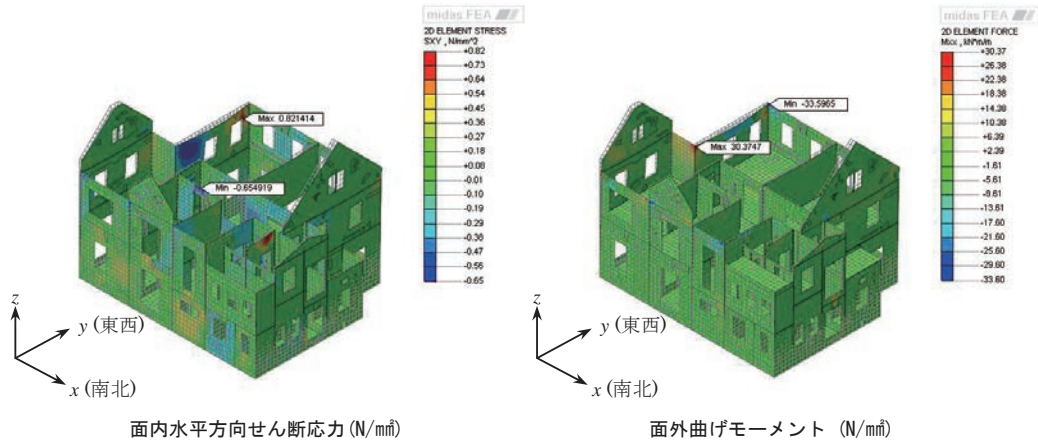


図14 洋館 応力図（補強後＋X方向）

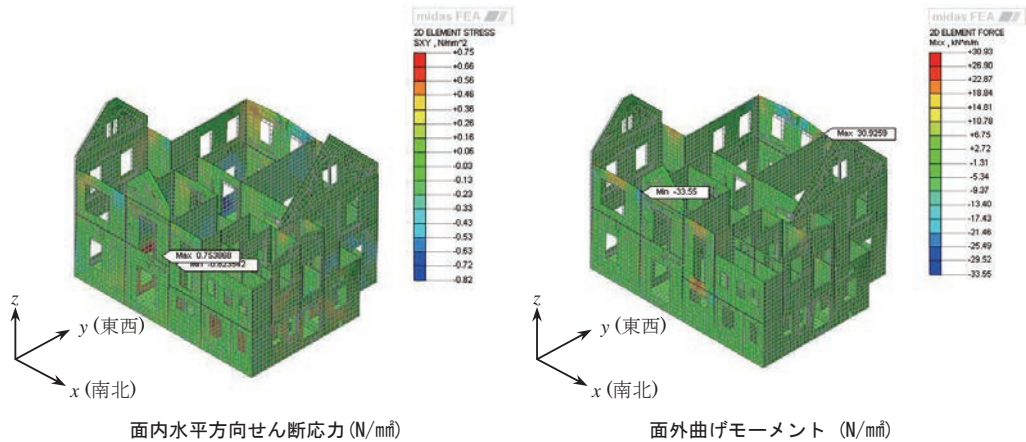


図15 洋館 応力図（補強後－Y方向）

(2) 和館

a. 耐震補強の方法

現況建物の耐震診断の結果、折損する可能性がある柱が1箇所みられた。折損するおそれのある箇所は、一階の屋根部材（棟木）が取り付けられている箇所であり、台所の屋根荷重を支えるため、台所・食堂の屋根裏の見え隠れ部分で束を新設した。

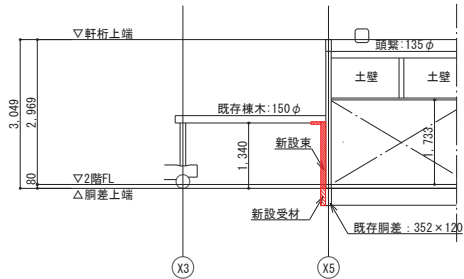
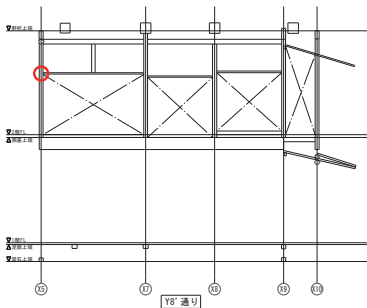


図17 和館 柱折損部補強図

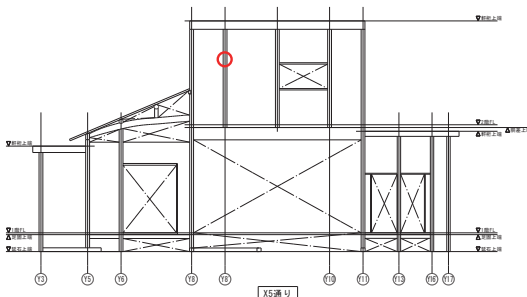


図16 和館 柱の折損の可能性がある箇所
(告示波 JMA 神戸 現状)



写真18 和館 柱折損防止のための補強

9. おわりに

今回の保存修理工事にあたり、すべての関係者の各位に、この場を借りて感謝申し上げます。田尻町教育委員会事務局教育部生涯学習課の皆さま、工事に携われた株式会社 中島工務店の皆さまからは、多大なるご協力を頂き無事修理工事を終えることができました。重ねて厚くお礼申し上げます。

引用・参考文献

『大阪府指定有形文化財 田尻歴史館（旧谷口家吉見別邸）耐震補強等保存修理工事報告書』田尻町（2023）

滋賀県指定有形文化財徳源院三重塔保存修理工事について

上席研究員 古荘 貴也

1. はじめに

徳源院三重塔は、令和4年度に耐震診断を行い、令和5年4月から令和5年12月で保存修理事業が完了した。当協会ではこの工事の耐震診断及び設計監理を行ったので、その概要について報告を行う。

2. 徳源院の概要

宗教法人徳源院は、天台宗比叡山延暦寺に直属し、霊通山清滝寺徳源院と称する。清滝寺については昭和8年に滋賀県保勝会から発行された「滋賀県史蹟調査報告第五冊」に「京極氏歴代墳墓」と題して詳しく調査報告がなされているので、その概要を記す。

現在の徳源院境内は山を背にし、東面して寺域を占め、東面の門を入ると向かって右側（北寄）に庫裡があり、それより南へ書院、本堂、位牌堂と続いて、すべて東面して並び、位牌堂の南側を奥に登ると歴代の墓所に至る。三重塔は位牌堂の南東に建ち、墓所の門の東正面に当たって、これも東を正面としている。なお境内の南東隅と北東隅に土蔵がある。

清滝寺は京極第一祖氏信によって創められその菩提寺になったものと伝えられるが、創立年次は明確ではない。しかし氏信の花押がある弘安9年(1286)の料田寄進の文書が寺蔵されており、当時既に寺があったことは明らかである。

3. 三重塔の概要

構造形式 三間三重塔婆、こけら葺

三重塔の建立年次は、今までの調査にも塔の建立に直接結びつく記録や資料は発見されていないようで、昭和52年の修理工事中にも建物部材に墨書等見出すことができなかった。前述の古記録を引いて高和及び高豊の代に寺の復興がなされていることがわかる。今後確実な資料が発見されて建立年次などが明確になることが望まれる。地元には丸亀から移築



図1 徳源院位置図

したとの口伝があるようだが、部材の取付釘等の様子を見るとその説は全く相違したもので、塔はこの位置に新造されたことが明らかであり、建立後一度も解体修理を受けたことはない。ただ軒廻りには後世の取替材が多く、また屋根に棧瓦を葺いた時期も明らかでない。

直近の昭和52年の修理では、屋根葺き替え及び部分修理を行った。後世の棧瓦葺をこけら葺に復し、軒廻りや縁廻りの腐朽材を取り替えた。心柱は当初の長さを保持していたが、腐朽のため継手位置を約1.8m下げ、上部を取り替えた。欠失していた露盤、伏鉢及び水煙を補い、竜車及び宝珠以外はすべて新しくして相輪を整え、避雷針を設置した。

4. 工事概要

(1) 破損状況

前回の昭和52年(1977)の屋根葺替修理から46年が経過し、屋根こけら葺全体に腐朽、破損が生じていた。特に三層の隅は野隅木、化粧垂木にまで腐朽が進んでおり、早急に修理が必要な状況であった。また、床下亀腹に破損が生じているほか、軒廻り及び高欄に破損が生じていた。

(2) 工事内容

耐震診断及び屋根葺替・部分修理。

令和4年度に建造物の耐震診断を実施し、耐震補強が不要という結果が出たが、多雪地域であることから積雪による長期荷重を検討すると、桔木が折損するという結果が出たので桔木断面を大きくすることにした。令和5年度は屋根こけら葺の全面葺替えと、積雪対策として桔木の取替え、下記の部分修理を行った。

初層高欄の解体修理や、3層野隅木、茅負、小屋貫、柱受材、軒廻りの修理。初層連子風板壁、壁板の修理。亀腹の漆喰叩き修理。飾り金具の塗装直し。小屋組内部・床組の防腐防蟻処理。

また3層隅の軒廻りでは、木組の緩みやずれにより丸桁や出組に著しい垂下が生じていることが分かったので、これ以上の垂下を予防するために3層小屋裏に鉄製丸桁桔木を設置した。木製桔木でも検討したが、断面積が大きくなるため今回は鉄製とした。

2層、3層の縁廻りに高欄はついているが、縁板は高欄から外側しか張られていなかった。その縁板は建物に平行に張っているが、側面は木口縁に見えるように欠き込みが施されていた。縁板がないことで雨仕舞の問題は生じていなかったが、小動物の進入の恐れがあるため、仮設的に縁板を張った。

おわりに

本稿作成にあたり、徳源院及び工事関係者の皆様には大変お世話になりました。この場をお借りして御礼申し上げます。



図2 修理前 空撮（右：南）



図3 修理前 初層高欄（東面）

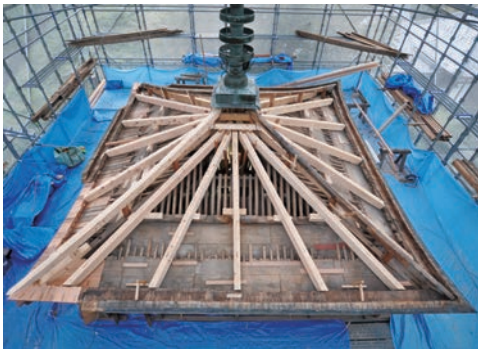


図4 3層桔木を全て取替え。
左手前野隅木は腐朽のため取替え。（南面）



図5 3層小屋組に丸桁桔木取付け。
内部は通し肘木に固定。



図6 修理前 2層縁 高欄内側に縁板はないが、
外側には木口のみ縁板がつく。



図7 竣工 2層縁
仮設的に高欄内側に縁板を張る。

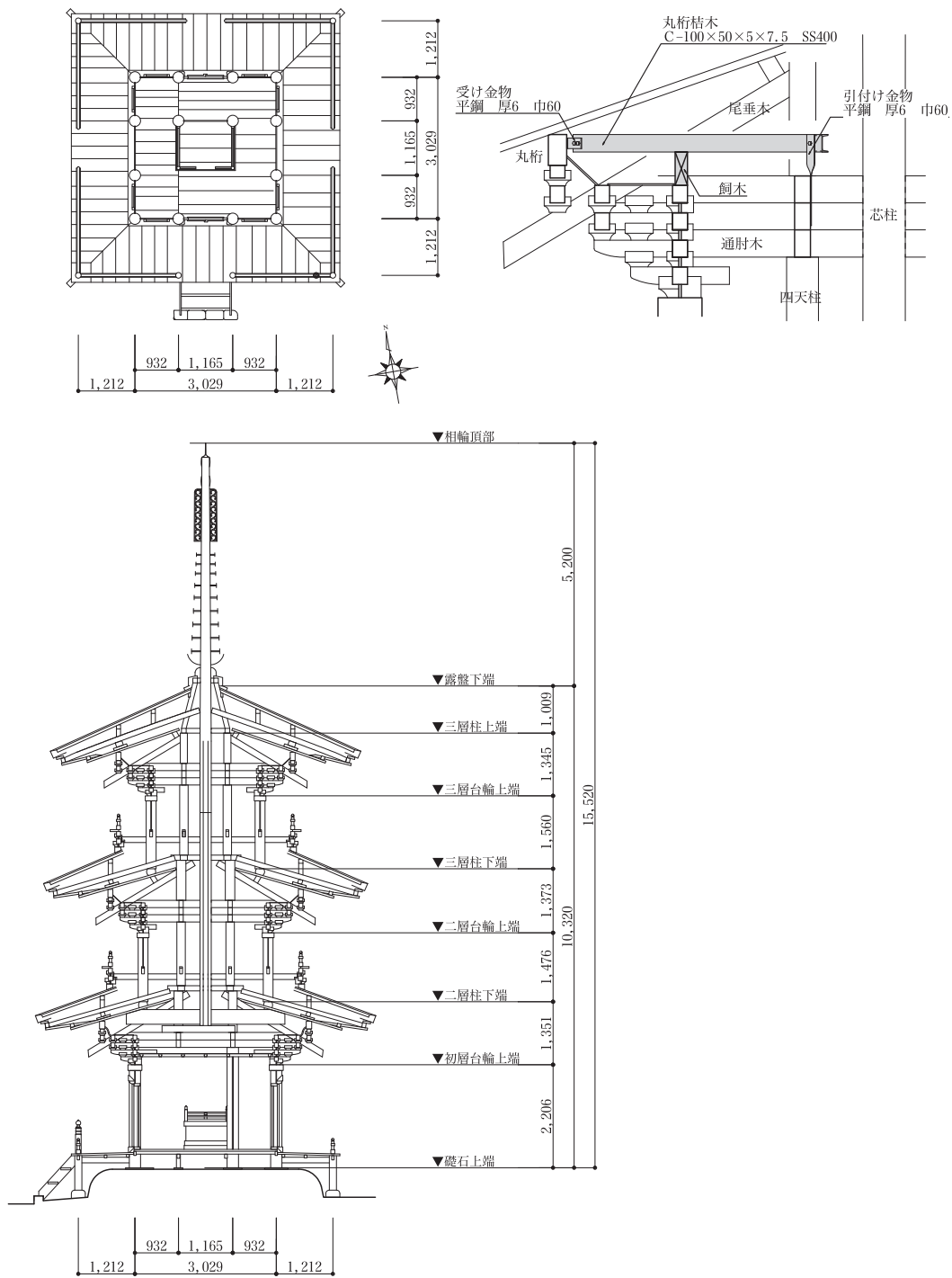


图8 德源院三重塔 初層平面図、丸桁桔木概要図、断面図

滋賀県指定有形文化財甲良神社本殿保存修理工事について

上席研究員 古荘 貴也

1. はじめに

甲良神社本殿は、令和4年度に耐震診断を行い、令和5年7月から令和6年3月で保存修理事業が完了した。当協会ではこの工事の耐震診断及び設計監理を行ったので、その概要について報告を行う。

2. 甲良神社の概要

大正15年の「郷社甲良神社宮繕要記」によれば、元龜、天正の兵火により古記録一切を焼失したと伝え、創立沿革は明らかでない。祭神についても同要記には伊邪那岐命、伊邪那美命及び健甕須佐之男命の三神とするのに対し、「甲良神社記」には上高甲は竹内宿禰、下高良は高良玉垂命也とし、応永31年京極三郎次郎小輔持高がその領地蒲生郡弓削郷に勧請鎮座し、その7代末甲良三郎左衛門は永正15年弓削郷より当地に遷座、それより5代末多賀豊後守宗広（一説に甲良即ち高良姓）は慶長9年社殿を修造したとしている。この記録は末尾に「永和5己未歳臘月仲院神人多賀三郎康清敬白」とあるが、永和という年号はなく干支及び文中の年代から推して元和を誤写したものかと考えられる。

甲良神社の所在地は現在甲良町大字法養寺というが、かつては東甲良村大字法養寺と称し、また同町大字尼子（旧名、西甲良村大字尼子）にも甲良神社と称する神社があって（権殿は寛永11年の再建で、重要文化財である）、その社記（明治初年）には、天武天皇の代に高市皇子命の生母尼子娘が当地に住むに当たり、筑後国高良明神を勧請したのに始まり、長祿2年には社殿炎上のことがあったと記している。

これらの社記はいずれも新しい記録で、両甲良神社の関係を明らかにすることはできないが、神社には兆殿司筆（室町初期）と伝える絹本着色釈迦三尊の画像を蔵し、裏面に承応2年の墨書銘があって、法養寺御宮御本尊也としていることから、江戸時代には、法養寺の鎮守として祀られていたことが考えられる。



図1 甲良神社位置図

3. 本殿の概要

構造形式 一間社流造、檜皮葺

本殿は一間社流造で、身舎斗供は出組で支輪をつけ、中備は臺股で、その中に牡丹唐獅子、菊あるいは牡丹の彫刻、向拝のものは波に龍の彫刻を入れている。向拝柱は7寸角で約5分6厘の四面取り（8分取り）とし、斗供は連三斗、その捨斗は龍と象を折衷したような彫刻木鼻で受けられている。妻飾りは扱首組みで扱首束幅8寸、扱首棹幅4寸1分。身舎正面は小脇柱をたて幣軸板扉構え。内部は内外陣境を板扉構えとしているが、すべての材料が最近のもので、当初は1室であり、天井は鬼斗で天井桁を支え、それに桁行2本の棹縁天井を張る。

本殿の建立年代は、棟札、墨書などの史料はないが、臺股、身舎頭貫木鼻の線形などは比較的古式を示しており、江戸時代初期寛永年間(1624～1643)頃のものと思われる。浜床廻りに後補材が認められるが、全体に当初材をよく残していて、江戸時代初期の本殿建築の好例である。なお、屋根鉄板葺は昭和41年に従来の檜皮葺の上に覆葺を施したものである。

本殿は建立後、屋根・軒廻り・浜床の修理を受けているが、軸部、組物、妻飾りは当初材で比較的保存状態が良い。

建立後の主な修理は、『滋賀県指定有形文化財甲良神社本殿修理報告書』によれば、明治28年に本殿地盤の地上げと本殿の部分修理、大正15年に本殿の浜床、しぶき除け修理及び周囲の土塀修理等、昭和15年頃に屋根葺替（古老談）昭和41年に箱棟、鬼板等と軒付はそのままで、平葺檜皮をめぐりとして亜鉛鍍鉄板覆葺したとある。昭和49年11月13日滋賀県指定有形文化財（建造物）に指定され、昭和56年度には滋賀県文化財保存事業で屋根葺替及び部分修理が実施され、現状変更の許可を受けて、屋根の鉄板葺を檜皮葺に復している。

4. 工事概要

(1) 破損状況

昭和56年の修理から42年が経過し、軒付、品軒の各所に腐朽・破損がみられる。特に西面は応急的に鉄板を被せ維持管理されていた。

柱は身舎丸柱4本のうち3本が沈下しており、最大21mm沈下が生じていた。縁廻りや箱棟にも腐朽が部分的に見られた。

(2) 工事内容

耐震診断及び屋根葺替・部分修理、耐震補強。

令和4年度に建造物の耐震診断を実施し、耐震補強が必要という結果が出たので、身舎床下4面の内部に両筋違を設置することにした。

令和5年度は屋根こけら葺の全面葺替えと、以下の部分修理を行った。

縁、浜床廻りの解体修理や、軒廻りと箱棟の修理。亀腹および犬走りの漆喰叩き修理等の基礎工事。柱の不陸調整や、腐朽破損木部の修理。鬼板と箱棟の銅板包み。正面軒樋や背面軒樋・豎樋の修理等。小屋組内部・床組の防腐防蟻処理、修理名札の取り付け。付帯工事としてしぶき除けの修理。

また、工事中の落雷により自動火災報知機及び受信盤が壊れたため、全て取替え、新たに自立型の総合盤を本殿透扉外に設置した。

身舎柱の不陸は、正面から見て手前左柱を基準とすると、右奥は21mm沈下していた。亀腹の割れは見られず、礎石の沈下も見られないので、柱下に飼木等を入れて調整した。

床下補強では、柱が丸柱なので枳材は丸柱にすり合わせて加工し、筋違を取り付けた。

亀腹下地は三和土で固められていたが、通常より硬く、石灰分が多めに入っていたと思われる。また、中塗りは45mmの厚さを一度で塗られていたが、同様に1回塗りにする場合は石灰を多目に入れる必要があるので、本工事では一般的な三和土の配合で2回に分けて施工した。

箱棟、千切、勝男木は銅板で包まれていたため健全な部材が多かったが、千切を取り付けるボルト廻りに水が廻っていたので一部新調した。

おわりに

本稿作成にあたり、甲良神社及び工事関係者の皆様には大変お世話になりました。この場をお借りして御礼申し上げます。



図2 屋根修理前

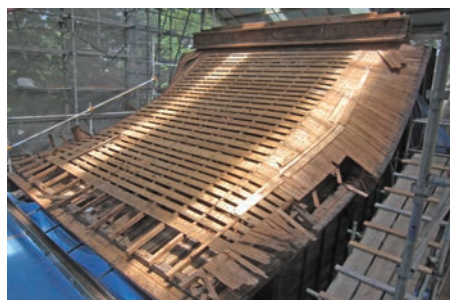


図3 屋根野地修理前



図4 亀腹 竣工



図5 現場見学会、檜皮葺き体験



図6 千木腐蝕状況
右下部材が交差部で折損している



図7 箱棟 竣工



図8 床下筋違補強



図9 自立型総合盤

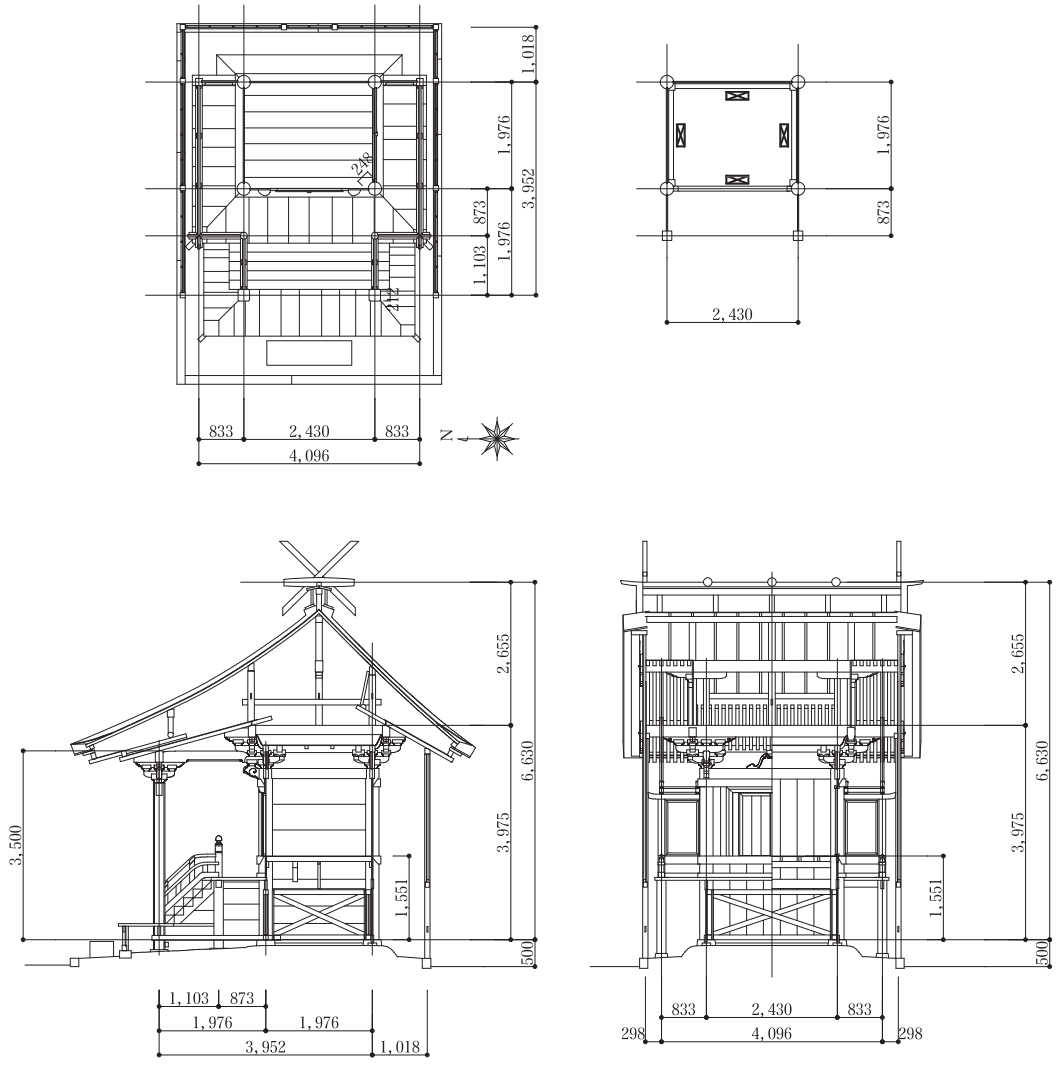


図10 甲良神社本殿 平面図、補強配置図、梁間断面図、桁行断面図

重要文化財金剛輪寺二天門保存修理工事について

上席研究員 古荘 貴也

1. はじめに

金剛輪寺二天門は、令和4年度に耐震診断を行い、令和5年6月から令和5年11月で保存修理事業が完了した。当協会ではこの工事の耐震診断及び設計監理を行ったので、その概要について報告を行う。

2. 金剛輪寺の概要

金剛輪寺は滋賀県愛知郡愛荘町大字松尾寺に在り、秦川山の西斜面に寺地を構える。

天平13年(741)聖武天皇の勅願により行基が開創した。その後、平安時代に移り荒廃していた寺を嘉祥年間(848～50)に、延暦寺の僧円仁が天台宗遮那止観双弘の道場として再興したという。降って中世前半は三重塔・本堂および二天門の建立・諸仏の造立や経律論の書写などが行われ、寺は大いに隆盛する。しかし後半になると支配階級の変化に伴い寺の経営も困難となった。近世には御朱印状を下附されたがとうてい往時のような経済状態にはならなかった。このための諸堂の維持管理も困難を極めた。しかしそれでも本堂をはじめ諸堂の修理を度々行っている。

寺は元禄年間には輪王寺末より曼殊院末となるが、現在は近接する西明寺・百濟寺とともに延暦寺に属する。

3. 二天門の概要

構造形式：桁行三間、梁間二間（三間一戸八脚門）、一重、入母屋造、檜皮葺（元楼門一階）

二天門の建立年次を明らかにするものはないが、臺股などの細部様式からは室町時代中期であろうが、組物（杵肘木）が古式のためそれより少し遡るとも考えられる。

現在の二天門は、構造形式は八脚門である。しかし寺伝によれば元楼門であったが、江戸時代中頃に二階部分を取り壊し現在のような姿になったとされる。

建立後の修理は寛永11年、元文2年、寛保元年に屋根葺替、また天保3年に石垣積、同



図1 金剛輪寺配置図

4年には小修理されている。なお、上記修理年の前半は楼門、後半は二天門または二王門と記されている。その後の修理としては記録にないが、明治40～44年の本堂解体修理の折に、二天門も根本的な修理を受けたことが、柱や軒桁などの取替材でわかる。

昭和20年に指定後、昭和63年に屋根葺替工事の他、木工事、左官工事、雑工事が行われた。

4. 工事概要

(1) 破損状況

昭和63年の屋根葺替工事から35年が経過し、屋根檜皮が劣化し、西面中央軒付に腐朽が見られ、箱棟にも部分的に腐朽が生じていた。

(2) 工事内容

耐震診断及び屋根葺替・部分修理。

令和4年度に建造物の耐震診断を実施し、耐震補強が不要という結果が出た。令和5年度は屋根檜皮葺の全面葺替の他、野木舞、小屋組及び箱棟の腐朽破損の修理、鬼板と箱棟の屋根板および障泥板は上端のみ銅板巻き、土壁の清掃、千社札の撤去を行った。

前回の工事では、軒付廻りや平葺きに半皮（長さ約380mm）を混ぜて葺かれていたが、屋根の耐久性を考えて本工事では全皮（長さ750mm）で葺く事にした。しかし前回の工事では軒廻りの落込みは半皮に合わせた位置に作っていたので、1番母屋から野垂木の先端を下げて落込み位置を奥に下げて施工した。

箱棟は上端を銅板で覆っていたので、腐朽は障泥板の一部のみで済んだ。しかし鬼板は木地のままで腐朽が進んでいたため、本工事では鬼板の上端のみ銅板を掛けることにした。上端にはしのぎがついていたため施工しにくかったが、少しでも耐久性が上がることを期待する。

おわりに

本稿作成にあたり、金剛輪寺及び工事関係者の皆様には大変お世話になりました。この場をお借りして御礼申し上げます。



図2 修理前状況



図3 野木舞取替え状況



図4 軒付廻り調整状況
鼻母屋を下げて軒付廻りの落込みを確保する。

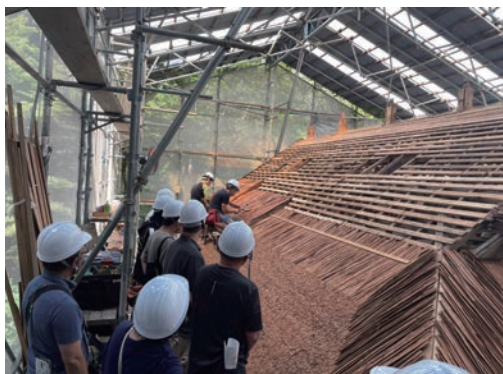


図5 現場見学会



図6 箱棟取付け状況
障泥板は取替え、その他は再用。



図7 竣工 鬼板新調、上端のみ銅板巻き

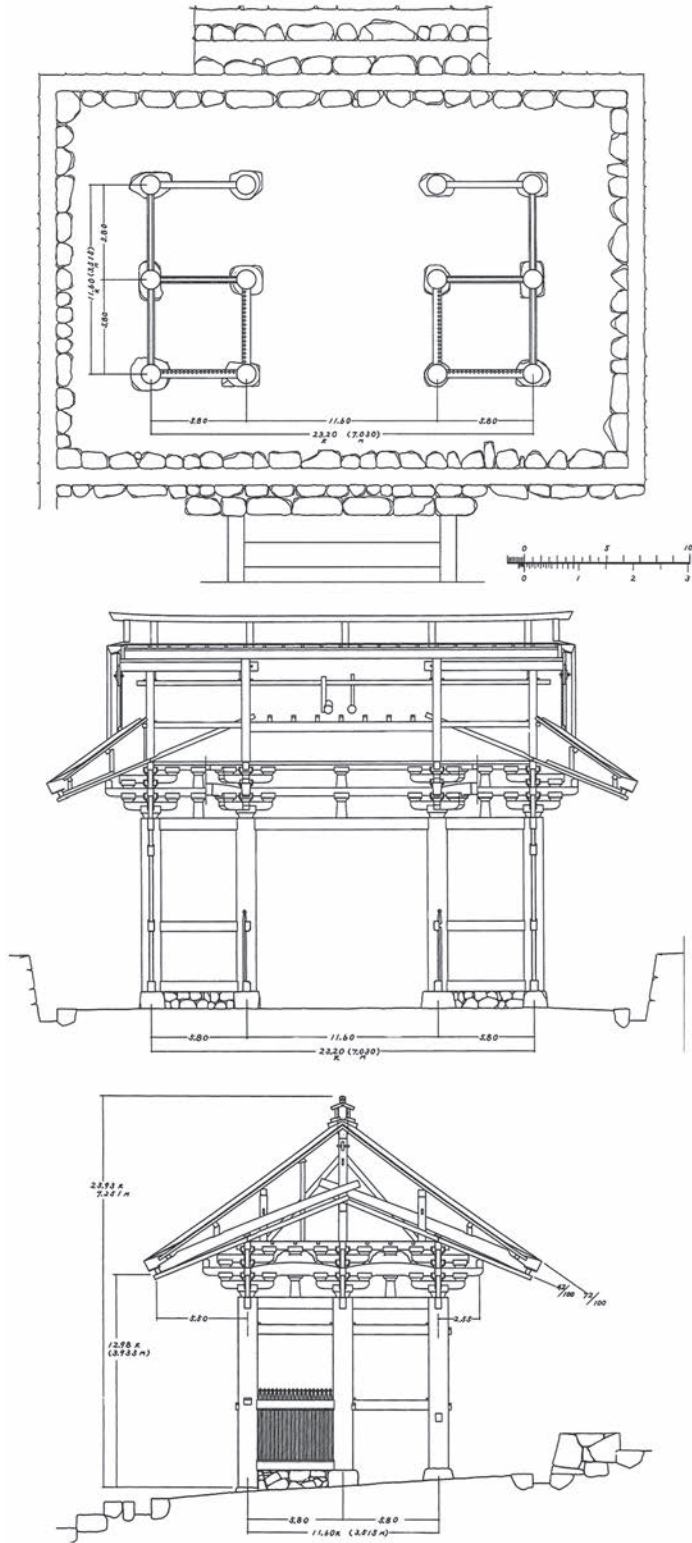


図8 金剛輪寺二天門
平面図、桁行断面図、梁間断面図

木材保存

常務理事 今村 祐嗣

第15話

木材の異方性

1. 等方性と異方性

多くの材料は方向性を持たない“等方性材料”です。建築物などに使用する金属、コンクリート、プラスチックも等方性材料であり、使う際の必要性に応じて形状を整えたり、鉄筋コンクリートやFRPのように異種材料を複合させることで方向性を付与しています。しかし、木材はもともと方向によって物性が大きく異なる“異方性材料”であり、われわれはその特性を前提に使用してきました。

古来から、人々は木材の縦方向（幹の上下方向で繊維方向、軸方向ともいいます）が強いということ認識し、その性質に合わせて様々な道具類や建物の材料として用いてきました。特にスギのように縦方向に割れやすい木材は簡単な道具で角材に整えたり、必要な厚さの板をつくることができ、大変使いやすい材料でした。また、木材を加工する道具や機械も、鋸の刃の形にみられるように、方向によって異なる物性に対応して形状を変え種類を増やし、発達してきたともいえます。

この第15話では、木材特有の性質である異方性について、それが発現する組織的特徴や方向によって異なる各種の物性、さらに木材の保存性能に影響する水分の浸透性や腐朽性などの面から考えてみましょう。

2. 木材組織の特徴

木材は空隙をもった細胞で構成されています。木材の元となる樹木の幹は、幼少の段階

から上に伸びる（上長成長）とともに、横に太って（肥大成長）大きくなって行きます。この肥大成長は幹の樹皮の直下を取り巻く形成層という細胞組織が分裂して新しい細胞を内側につくり、形成層自身は外に広がることによって起こります。木材の細胞は広葉樹と針葉樹で形や種類が異なりますが、大まかには縦長の細胞が主体であり、それらが上下に繋がって、葉への水分の供給という通導作用と樹体の維持という機械的役割を果たしています。

したがって、幹を横に切断すると縦長細胞の横断面が、縦方向に切断すると縦断面が現われることとなります。写真15-1はスギの組

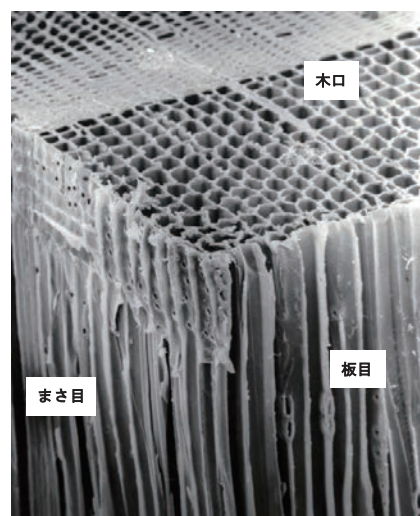


写真15-1 スギ材の走査型電子顕微鏡（SEM）写真（3断面）

織を走査型電子顕微鏡（SEM）で観察したものです。細胞の横断面である木口面、髄から半径方向（放射方向）に縦断したまさ目面、年輪に平行に縦断した板目面が見られます。木材の3断面という言い方をよくしますが、この木口面、まさ目面、板目面を指しています。なお、木口面で孔径の大きな細胞組織が早材部、小さな細胞群が晩材部で、晩材から早材の境界が年輪界です。

視覚的に木材の異方性を特徴づけるのは外見的なテクスチャーでしょう。写真15-2はケヤキの木口面（下部）と板目面（上部）を示したのですが、板目面にケヤキ特有の杓が見られます。ケヤキでは大きい孔径の道管が年輪界に沿って並んでいることで、それを接線面で切断することによって現れたものです。年輪界に大径の道管が並んでいる樹種を環孔材、一方、道管の孔径が全体に様なものを散孔材と呼んでいます。環孔材であるケヤキ、クリやナラなどでは板目に明瞭な木目がみられます。一方、ブナ、カツラやカバなどの散孔材では、板目面に孔径の異なる道管配列に基づく木目は認められません。ただ、ブナの板目面をよく見ると、着色した斑点が一

面に分散している様子が観察されます。これは髄から半径方向に配列した放射組織が極端に大きく、この切断面が斑点として板目面に出現したものです。

一方、細胞の孔径に極端な大小が無く、放射組織もあまり目立たない針葉樹では年輪を構成する早晚材の濃淡によって木目や杓が出現します。天井板に珍重される中杓は中心部に板目の木目が、周辺部にはまさ目の木目が現われたものですが、これは大径のスギの樹心近くを切断することで得られます。また、本コラム第12話「木と年齢」で述べましたように、老齢化したスギでは真円状に成長してきた年輪が密になるとともにしゅう曲するようになり、同時に早晚材のコントラストが著しくなります。その結果、板目面に笹杓など美しい木目がくっきりと現れ、天井材などに珍重されてきました（写真15-3）。ところで、スギの間には若齢の段階であっても年輪がしゅう曲する品種があり、天然シボスギと呼んでいます。この丸太を切断して杓を出現させてみたのが写真15-4です。板目面に年輪のしゅう曲に基づく特徴的な杓が現われる様子を示しています。



写真15-2 ケヤキの木口面と（下部）と板目面（上部）



写真15-3 笹杓が現われた春日杉の天井板（左）と床柱（右）



写真15-4 天然シボスギの
木口面（上部）と縦断面（下部）

3. 変形の異方性

雨天が続くと障子などの建具が入りにくくなるなど、吸湿や放湿にともなう水分の状態によって木材は膨張・収縮を生じます。本シリーズの木材保存第13話「木材と水分」で述べましたように、木材の膨張・収縮は方向によって著しく異なり、率で示しますと接線方向が最も大きくてほとんどの樹種で3.5～15%、ついで半径方向で2.4～11%、繊維方向（縦方向）ではそれより小さくて0.1～0.9%の範囲にあります。大まかには、接線：半径：繊維方向の比はほぼ10：5：0.5とされています。膨張・収縮は比重（密度）と密接な関係があり、比重が大きい木材ほど膨張・収縮の値は高い傾向を示します¹⁾。

方向によって膨張・収縮の値が大きく異なる理由は木材の微細な組織構造の特性によるのですが、細胞壁を構成するセルロースのマイクロフィブリル（きわめて細かい繊維）がらせん状に配列していることや、半径方向には横に並んだ放射組織が存在することがその原因と考えられます。

木口での収縮異方性は丸太や心持ち材に乾燥に伴う割れを引き起こします。髄を含んだ製材である心持ち材では、半径方向の収縮に

比べて円周方向の収縮が2倍も大きいことで材面には髄から半径方向に伸びる割れが生じます。このため、化粧性を重んじる柱材では、あらかじめ見え隠れ面に背割りと称する鋸目を半径方向に入れておき、鋸目が広がることで他の部分での割れの発生を防ぎます²⁾。

ところで図15-1のような板目板を乾燥させると必ず木表側（樹皮に近い面）を凹にして反りますが、この理由も、接線方向が半径方向のほぼ2倍大きく収縮するというで説明できます。この図に示しましたように木裏側（樹心に近い面）では半径方向に近い面になりますが、木表側では年輪に対してより接線に近い角度で切断された面になります。そのため、年輪に接触する角度が木表側で小さく（より接線方向に近く）、木裏側で大きく（より半径方向に近く）なって、結果的に木表側が木裏側に比べてより大きく収縮することで木表の面が凹むというわけです³⁾。

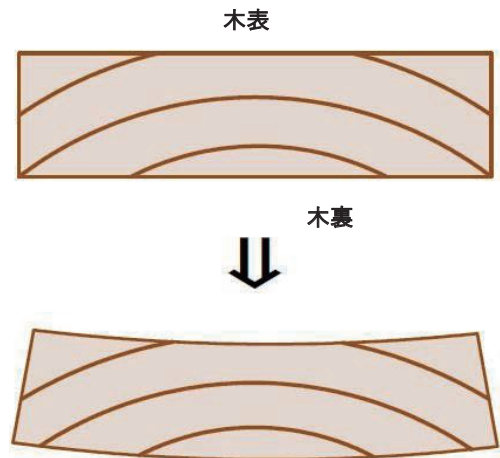


図15-1 板目板の反り（文献³⁾より改図）

木材の異方性によって生じる反りなどの変形を抑制させたのが集成材で、木表と木裏を交互に積層するなど板を適切に接着することで狂いの発生を抑えています（写真15-5）。



写真15-5 集成材の断面
(兼松サステック(株)手塚大介氏提供)

4. 寸法と異方性

木材は樹木の幹から取るため、その寸法は自ずから幹の太さや長さによって制限されます。大きな断面の角材を得るためには、それが採材できる十分な太さの丸太が必要になってきます。また、長さも制限を受けます。

古からの大型の建築物においても丸柱を合わせたり、あるいは割り材を集成させて大きな部材を構成し、これを柱として使用してきた例を発掘された出雲大社の宮殿建築や今の東大寺大仏殿にみることができます。

前述の集成材は挽き板(ラミナ)を積層接着したもので、積層するラミナの数を増やしたり、ラミナを横に短くことによって断面を大きくすることができ、また、長さ方向に継ぐことによって長尺化することができます。長さ方向にはフィンガージョイントなどの効率的な接合法が採用されています。

また、最近では挽き板を並べた後、繊維方向が直交するように積層接着した厚みのある大きな板(CLT:直交積層板)が開発されていて、中層建築物の壁や床の材料への用途が広がっています(写真15-6)。



写真15-6 CLTの一部外観
(兼松サステック(株)手塚大介氏提供)

5. 強度の異方性

木材の強度の異方性を力のかかる方向によってみることにしましょう。縦方向すなわち繊維方向の強度が一番高く、繊維方向からの傾きの増加によって強度は著しく減少します。力の方向が繊維方向と10度傾いてもたとえば引張強度は約70%に減少し、繊維傾斜によって生じる目切れの影響がいかに大きいかわかります⁴⁾。

また、縦方向の強度に比べて横方向(半径方向、接線方向)の強度は1/10程度にまで低下します。代表的なスギを取り上げますと、縦方向の圧縮強さは28MPaほどですが、木材を横方向に置いて上下に圧縮した場合、年輪が縦に並ぶと2MPa、年輪が横に並ぶと0.8MPaほどであったと述べられています。引張強度でも同様な傾向が認められています¹⁾。

木材の強度が縦方向と横方向によって大きく異なるのは、組織の特徴のところでも述べましたように、縦長の細胞が集合して樹軸方向に配列して木材を構成していること、ならびに細胞壁のセルロースのマイクロフィブリルが樹軸方向にらせん状に配列していることによります。また、横方向の強度で年輪の並び方で影響が現れるのは、早材に比べて強度が高い晩材層が平行して配置されていることが寄与しているためと考えられます。

6. 液体浸透性の異方性

木材の異方性は水分などの液体の移動についても大きな影響を及ぼします。木材の乾燥に伴う水分の挙動も方向によって大変異なりますが、ここでは乾いた木材に外部から液体を浸透させる場合を考えてみましょう。

木材に塗装する際に経験することですが、横断面である木口からは塗料が比較的容易に吸収される一方、側面であるまさ目や板目からは塗料が付着しても速やかに吸収されることはありません。これは木材の組織のところで述べましたように、木口面には細胞の切断面が出ていますので細胞の内腔に塗料が浸みこみ、ピット（隣接する細胞の壁に開いた穴：壁孔）を通して縦に繋がった中の方の細胞に順次浸透して行きます。一方、まさ目や板目の面に塗布した場合は、横に並んだ細胞の側面を通して隣接する細胞に浸透しなければなりませんので簡単ではありません。

ところで、木材に防腐薬剤などを注入する場合は、压力容器の中で減圧あるいは加圧することによって処理しています。通常は、まず減圧して木材中の空気を抜き、次に圧力をかけて薬剤を木材中に押し込むという操作が行われます。この処理によって、辺材の場合は比較的容易に内部まで浸透性を確保することができますが、心材では木口からは10cm程度の浸透を期待することが出来るものの、側面からは数ミリほどの深さまで浸透させるのがせいぜいという場合が多いです。もちろん樹種によって浸透性が異なり、比較的容易な場合やカラマツ心材のように浸透性がきわめて悪いものも存在します⁵⁾。

そこで、浸透性を向上させる前処理技術として材面へのインサイジング処理が行われてきました。これは木材表面から刃物を押し込むことによって人工的に微小な傷を数多く作り、一定深さまでの浸透性を確実にしようとするもので、きわめて実用的な手法です。製造現場においては刺傷による強度低下を抑

制しながら、対象によってインサイジング刃による切り込み深さや材表面での密度を変えて十分な浸透性を確保しています(写真15-7)。



写真15-7 インサイジングを施した材面

7. 腐朽と異方性

木材が腐朽するには水分が必要なことは言うまでもありませんが、前項でも述べましたようにこの水分はまずは木口から浸透して行きます。写真15-8は雨上がりのボードウォークを見たものですが、接合部の木口から木材中に雨水が入っていった様子を示しています。木材中に水分が滞留するとやがては腐朽へと発展して行きます。そのため、屋外で雨水に暴露される木材では木口からの水の浸透を防ぐことが耐久性の向上に重要になってきます。伝統的な寺社建築や木橋においては、屋外に



写真15-8 デッキ材のつなぎ目の木口から浸入し滞留した雨水

暴露される部材の木口を木材や金属の板で覆って水の浸入を防ぐ工夫が行われてきました(写真15-9)。



写真15-9 木製橋脚の木口を覆う板（錦帯橋）

本コラム第3話「腐朽の進行」で述べましたように、土に接した木材では、土中に存在する腐朽菌の菌糸や孢子との接触により、また、建築部材のように木材と土との接触がない場合には、すでに腐朽した木材から菌糸が伸びてきて腐朽が始まります。空中を飛散していた孢子が木の表面に付着し、水分が供給されると発芽して菌糸となり、木材内部へ侵入することもあります。木材の細胞の中で伸

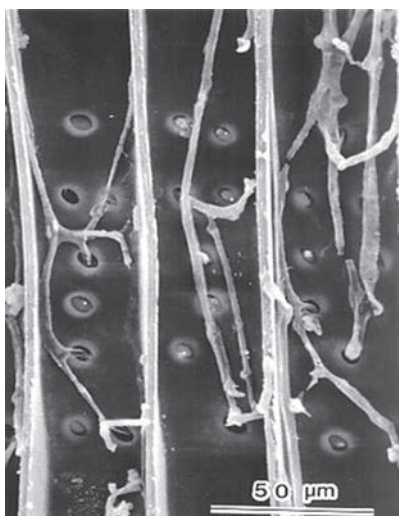


写真15-10 木材細胞のピットに穿孔し隣接細胞に侵入する腐朽菌糸（SEM写真）

長した腐朽菌糸から分泌された酵素によって木材成分が分解され、それを栄養として腐朽菌糸はさらに木材内部で繁殖します。

木材の細胞に侵入した腐朽菌糸はピットを貫通しながら隣接する細胞へと広がって行きます(写真15-10)。もちろんピット以外の細胞壁に穿孔を開けて侵入する場合がありますが、より容易に広がるにはピットを利用するのが効率的だと考えられます。

8. シロアリと異方性

シロアリはどんな木材でも辺材はよく食害しますが、心材については樹種によって食害される程度が異なり、ヒノキやスギなどの食われにくい樹種に比べるとマツの仲間（アカマツ、エゾマツ、バイツガ、ラジアータパインなど）は辺心材ともより激しく攻撃されます。

シロアリの食害に対する木材の異方性の影響については十分な知見を収集しきれていませんが、まずは写真15-11をご覧ください。これは9cm角のバイツガ材をイエシロアリの飼育巣の上に立て、一定期間後に取り出して切断面を見たものです。シロアリは外気や光を嫌いますので、多くはこの例のように表層を残して内部を食害する傾向があります。また、その内部の断面は幾何学的な模様を呈してい

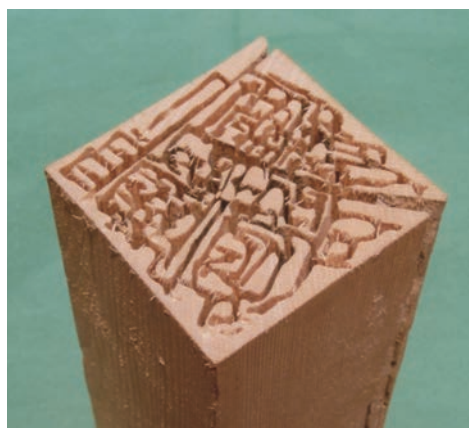


写真15-11 イエシロアリによる被害材

ますが、シロアリはまず縦方向（繊維方向）に食害を進め、ついで年輪に沿って広がったり、年輪を横断して攻撃して行った様子が見られます。

シロアリの食害を受ける程度は辺心材の差や樹種の違いだけではなく、年輪の中でも柔らかい早材層が硬い晩材層より食害を受けやすい傾向があります。シロアリ被害材の切断面がささくれていることが多いのは、早材層が失われ、晩材層だけが残った結果です。一方で、写真15-11の供試材では早材と晩材の密度差が小さいことから年輪を横断するような食害が見られたものと思われます。

引用文献

- 1) 高橋 徹・中山義雄編：木材科学講座3「物理」、海青社、1992年
- 2) 秋田県立大学木材高度加工研究所編：コンサイス木材百科、pp.48、秋田文化出版、2011年
- 3) 林 知行：今さら人に聞けない木のはなし、日刊木材新聞社、pp.11、2010年
- 4) 中戸莞二編著：新編 木材工学、養賢堂、pp.224、1985年
- 5) (公社)日本木材保存協会編：木材保存学入門 [改訂4版]、pp.13、2018年

令和5年度 研究報告

件 名
木材防腐・防蟻剤の性能評価（野外試験）
高齢期におけるスマートフォン活用の効果に関する実証研究
断熱材の防蟻性能
新規木材保存剤の開発に伴う野外防腐・防蟻性能試験
建築材料の防蟻性能評価
アコヤウッドの野外耐久性試験
福岡県護国神社 大鳥居改修工事調査
湿度制御温風処理技術の非建造物等への技術展開に関する基礎調査 その1
新規保存剤の野外防蟻性能評価
機能化したパーム材の野外防蟻性能試験
接着剤混入処理合板の野外暴露試験

令和5年度 事業報告

(国宝、重文、府指定、史跡等の主な物件を計上)

令和6年3月31日現在

1. 文化財建造物に関する工事等 (完了)

建造物名	所在地	委託者	工事期間	備考
東大寺戒壇堂	奈良県奈良市	(宗)東大寺	R3.11.2～ R5.9.30	県指定 保存修理 設計監理
徳源院三重塔	滋賀県米原市	(宗)徳源院	R4.6.8～ R6.3.31	県指定 保存修理 設計監理
金剛輪寺二天門	滋賀県愛知郡	(宗)金剛輪寺	R4.6.8～ R6.3.31	重文 保存修理 設計監理
旧アメリカ領事館官舎	兵庫県神戸市	神戸市	R5.4.8～ R6.3.31	市認定伝統的建造物 耐震補強 監理
甲良神社本殿	滋賀県犬上郡	(宗)甲良神社	R5.5.10～ R6.3.31	県指定 保存修理 設計監理
旧山邑家住宅	兵庫県芦屋市	(株)淀川製鋼所	R5.7.1～ R6.1.9	重文 保存整備 設計監理
旧ハンター住宅および 旧山口邸	兵庫県神戸市	神戸市	R5.7.3～ R6.3.29	重文・市認定伝統的 建造物 調査
旧勝田郡役所庁舎	岡山県勝田郡	勝央町	R5.7.3～ R6.3.31	登録 技術支援
旧西尾家住宅	大阪府吹田市	吹田市	R5.8.1～ R5.9.30	重文 保存活用計画
旧御所水道ポンプ室	京都府京都市	三菱UFJリサーチ& コンサルティング株	R6.1.16～ R6.3.31	登録 保存活用 技術支援

2. 文化財建造物に関する工事等 (継続)

建造物名	所在地	委託者	工事期間	備考
観音寺阿弥陀堂及び書院	滋賀県草津市	(宗)観音寺	R4.6.8～ R7.3.31	重文 保存修理 設計監理
旧西尾家住宅主屋ほか6棟	大阪府吹田市	吹田市	R4.7.8～ R9.3.15	重文 保存修理 設計監理
源敬公(徳川義直)廟 源敬公墓ほか14棟	愛知県瀬戸市	徳川義崇	R4.11.1～ R7.3.31	重文 保存修理 設計監理
大滝神社本殿	滋賀県犬上郡	(宗)大滝神社	R5.5.2～ R7.3.31	県指定 保存修理 設計監理
白鬚神社本殿	滋賀県高島市	(宗)白鬚神社	R5.7.2～ R7.3.31	重文 保存修理 設計監理
善水寺本堂及び厨子	滋賀県湖南市	(宗)善水寺	R5.7.2～ R8.3.31	国宝 保存修理 設計監理
堀家住宅	兵庫県たつの市	堀 紀弘	R5.7.21～ R7.2.28	重文 保存活用計画
建仁寺小鐘楼	京都府京都市	(宗)建仁寺	R6.3.29～ R6.12.27	府指定 保存修理 設計監理

3. 特別史跡等に関する工事等（完了）

建造物名	所在地	委託者	工事期間	備考
なし				

4. 特別史跡等に関する工事等（継続）

建造物名	所在地	委託者	工事期間	備考
鹿苑寺(金閣寺)庭園夕佳亭及び中門	京都府京都市	(宗)鹿苑寺	R5. 6. 27～ R6. 12. 27	特別史跡 保存修理 設計監理

5. 文化財建造物防災事業（完了）

建造物名	所在地	委託者	工事期間	備考
鹿苑寺(金閣寺)庭園	京都府京都市	(宗)鹿苑寺	R4. 11. 1～ R5. 9. 30	特別史跡 防災 監理
知恩院集会堂	京都府京都市	(宗)知恩院	R5. 6. 2～ R6. 3. 1	重文 防災 監理
彦根城	滋賀県彦根市	彦根市	R5. 6. 22～ R6. 3. 14	国宝 防災 設計

6. 文化財建造物防災事業（継続）

建造物名	所在地	委託者	工事期間	備考
東大寺金堂(大仏殿)ほか22棟	奈良県奈良市	(宗)東大寺	R2. 5. 1～ R7. 3. 31	国宝・重文 防災 監理
元興寺極楽坊本堂ほか3棟	奈良県奈良市	(宗)元興寺	R5. 4. 3～ R7. 3. 31	国宝・重文 防災 監理

7. 社寺等日本建築（完了）

建造物名	所在地	委託者	工事期間	備考
「白河院」正門(大門)	京都府京都市	日本私立学校振興・ 共済事業団	R5. 4. 5～ R5. 8. 15	補修 設計
華嚴寺(鈴虫寺)客殿・寺務所	京都府京都市	(宗)華嚴寺	H27. 7. 30～ R5. 12. 20	新築 設計監理

8. 社寺等日本建築（継続）

建造物名	所在地	委託者	工事期間	備考
成田山大阪別院新山門	大阪府寝屋川市	(宗)成田山明王院	H28.11.28～ R6.6.30	新築 設計監理
勝尾寺閻魔堂	大阪府箕面市	(宗)勝尾寺	R1.5.27～ R6.5.31	修理 監理
勝尾寺山門	大阪府箕面市	(宗)勝尾寺	R5.6.1～ R7.10.31	修理 監理
性海寺本堂	兵庫県神戸市	(株)木澤工務店	R5.9.4～ R8.6.30	新築 設計

9. 耐震診断・建物耐震性能評価等（完了）

建造物名	所在地	委託者	工事期間	備考
平安神宮太極殿ほか5棟	京都府京都市	(宗)平安神宮	R4.10.5～ R5.12.31	重文 耐震診断
京都府庁旧本館	京都府京都市	京都府	R5.5.29～ R6.3.31	重文 耐震診断
旧沼津御用邸苑地西附属邸	静岡県沼津市	沼津市	R5.6.29～ R6.3.29	名勝 耐震診断
旧岩本家住宅	奈良県大和郡山市	奈良県	R5.8.30～ R6.3.29	重文 耐震補強 設計
若胡子屋跡	広島県呉市	呉市	R6.1.25～ R6.3.29	県史跡 地盤調査

10. 耐震診断・建物耐震性能評価等（継続）

建造物名	所在地	委託者	工事期間	備考
旧ハンター住宅	兵庫県神戸市	神戸市	R5.4.8～ R6.10.31	重文 耐震診断
舞鶴旧鎮守府倉庫施設 舞鶴海軍需品庫需品庫3棟	京都府舞鶴市	舞鶴市	R5.9.8～ R6.9.30	重文 耐震補強 設計
旧トーマス住宅	兵庫県神戸市	神戸市	R5.10.17～ R7.3.31	重文 耐震補強 設計監理
小林家住宅	京都府木津川市	小林雅子	R5.11.14～ R6.7.31	重文 耐震診断
彦根城天守	滋賀県彦根市	彦根市	R5.12.14～ R7.3.14	国宝 耐震補強 設計監理
石田家住宅	京都府南丹市	南丹市	R6.3.5～ R6.6.28	重文 耐震補強 設計

11. その他（完了）

建造物名	所在地	委託者	工事期間	備考
桂離宮御殿	京都府京都市	(株)安井空工務店	R3.5.20～ R5.11.10	調査
桂離宮御殿	京都府京都市	宮内庁	R3.6.8～ R5.11.17	監理
修学院離宮参観者休所	京都府京都市	宮内庁	R5.5.11～ R6.3.29	技術支援

12. その他（継続）

建造物名	所在地	委託者	工事期間	備考
なし				

編集後記

令和6年(2024年)10月

協会誌第38号をお届けいたします。

本号の巻頭言には、林康裕京都大学名誉教授から、文化財建造物に対する耐震診断と対策の在り方に関するご寄稿をいただきました。1923年の関東地震時に鎌倉の多くの社寺が倒壊被害を受けましたが、それには地震の揺れだけでなく谷筋の液状化や斜面の崩壊も関係していました。京都においても、1596年の慶長伏見地震により伏見城天守や東寺に倒壊被害があり、町家でも上京では軽微だが下京では甚大な被害が生じました。一方で、盆地東縁辺部に位置する東福寺では倒壊した建物は殆どありませんでした。これらの被害の違いは地下構造に由来する卓越周期の違いによる結果であり、地形や地盤（の成り立ち）を理解し、地震被害経験から「正しく学び」、対策を行うことの重要性を強調されています。

伊庭千恵美京都大学准教授から、「博物館・美術館施設における文化財保存環境に関する諸問題」をご寄稿いただきました。博物館や美術館施設の収蔵庫や展示室では厳密な環境管理が要求されますが、実際の保存環境は多くの問題を抱えていることを、温湿度環境や空調消費電力の測定、ヒアリング調査に基づき示されています。その一つの例が二重壁構造の収蔵庫で、特に空調設備が導入された場合には、その気密性や断熱性、空気の流れ方、空調制御用センサの適切な設置などに特別な配慮が必要となることを指摘されています。近年では外気の水蒸気圧が著しく上昇し、従来の空調設備では対応しきれない状況も予想されるなど、気候変動が文化財保存に係る課題も指摘されています。

当協会の保存修理工事の現場から、古荘貴也（上席研究員）が、滋賀県指定有形文化財徳源院三重塔、滋賀県指定有形文化財甲良神社本殿、重要文化財金剛輪寺二天門の保存修理工事について報告しました。前回の修理以降に、屋根の檜皮やこけら葺きの劣化、軒付・品軒・箱棟の腐朽、床下亀腹破損や身舎丸柱の沈下などが見られたため、耐震診断を行いその結果をもとに屋根葺替・部分修理、耐震補強を行いました。三重塔、神社本殿、二天門と異なる属性の建物ですが、同一人の視点よりそれらの劣化状況を評価し、修理・補強を行った経過を報告しています。

また、統括部長伊藤誠一郎（主幹研究員）が、大阪府指定有形文化財田尻歴史館（旧谷

口家吉見別邸)の耐震補強等保存修理工事について報告しました。谷口房蔵氏の別邸を平成5年(1993)に田尻町が取得し『田尻歴史館』と名付けたもので、約1,000坪の敷地に洋館、和館、茶室と蔵3棟が配されています。平成8年に国の登録有形文化財に登録、平成17年に大阪府の指定有形文化財に指定、平成19年に近代化産業遺産に認定されました。建築後90年以上が経過し、雨漏り等老朽化が著しく修理が必要となりました。また、煉瓦造2階建の洋館は耐震性能を満足せず、和館と共に耐震補強工事を行いました。洋館の端正な佇まいと優雅な室内空間が、小屋裏などの耐震補強により支えられていることを、三次元の補強図、応力図は明確に示しています。

今村祐嗣常務理事の連載コラム「木材保存」の第15話は、「木材の異方性」です。木材には特有の異方性がありますが、それが発現する組織的特徴、方向によって異なる各種物性、木材の保存に影響する水分の浸透性や腐朽性などが丁寧に解説されています。吸湿・放湿による木材の膨張・収縮の異方性と背割りによる割れの発生防止、板目板が乾燥時に木表側を凹にして反ること、木表と木裏を交互に積層することによる狂いの発生抑制との関係や、液体浸透性の異方性と防腐薬剤注入のためのインサイジング処理、シロアリと異方性に関する現在進行形の研究など、今号も情報満載です。板目面における材特有の美しい「杳」については、異方性に感謝!

本号が届くころには、日本では衆議院議員選挙の、合衆国では大統領選挙の結果が出ているかと思いますが、世の中の動きに翻弄されずに文化財が守られることを願います。

銚井修一

建築研究協会誌 第38号

令和6年(2024年)10月31日

発行 一般財団法人 建築研究協会

〒606-8203 京都市左京区田中関田町43

電話 075-761-5355

FAX 075-751-7041

印刷 有限会社 木村桂文社