

# 旧加悦町役場庁舎の耐震改修に関する調査研究報告

——令和の大修理——

鈴木 祥之\*・浦 憲親\*\*・後藤 正美\*\*\*・藤井 義久\*\*\*\*・中治 弘行\*\*\*\*\*・  
 吉富 信太\*\*\*\*\*・須田 達\*\*\*\*\*・向坊 恭介\*\*\*\*\*・  
 藤原 裕子\*\*\*\*\*・大岡 優\*\*\*\*\*・佐藤 英佑\*\*\*\*\*

## I. はじめに

現在の旧加悦町役場庁舎（京都府与謝郡与謝野町字加悦1060番地）は、前の役場庁舎が1927年3月7日の北丹後地震で倒壊したため、新たに町会議事堂を兼ねた役場庁舎として建設され1929年7月20日に竣工した。本庁舎は、木造総2階建てで、屋根は寄棟造、棧瓦葺である。

京都府教育委員会発行の京都の文化財第15集<sup>1)</sup>によれば、外壁を鉄網コンクリートとし、2階の大梁を方杖で補強、小屋組をキングポストトラスで組むなど当時の最新の建築技術と工法を用いていること、また昭和初期の建築技術を知る上で貴重な建造物であるとして、本庁舎は1997年3月14日に京都府指定有形文化財に指定されている。また、旧街道「ちりめん街道」沿いに伝統的な建築物が軒を連ね、丹後縮緬の製織町としての特色ある歴史的風致を今日によく伝えているとして、2005年12月27日に加悦町加悦伝統的建造物群保存地区に指定されている。

伝建地区の伝統的建造物群とともに住民を災害から守るために「与謝野町加悦伝統的建造物群保存地区防災計画策定事業」による調査研究が2009年に始められ、2012年3月に防災計画をまとめている<sup>2)</sup>。これらの調査研究、事業に引き続いて、伝建地区の要となる建物であ

る本庁舎を改修して活用する企画が立てられ、それを受けて2015年3月に実施した予備調査<sup>3)</sup>では、構造的、耐震的な問題、また腐朽、蟻害などの劣化が見られるなど耐久性上の問題があることが指摘された。

このような状況を踏まえ本格的に調査を行うために、2018年1月に旧加悦町役場庁舎耐震改修検討委員会<sup>4)</sup>が設置され、2018年3月から2019年3月まで現況調査、構造詳細調査、地盤調査、木部調査、耐久性調査、防火・避難調査などを実施した。改修案の検討では、与謝野町と住民との協議のもとに策定した本庁舎の利活用案に基づくとともに本庁舎が京都府指定有形文化財であるので歴史的、文化財的、意匠的価値を損なわないことを前提にした。また、建設当時（昭和初期）の最新の技術、工法は、構造歴史的に重要であるので、これらの技術、工法を生かしている。これら調査研究は、2019年3月に「旧加悦町役場庁舎耐震改修検討委員会報告書－旧加悦町役場庁舎の利活用と改修に関する調査研究－」<sup>4)</sup>にまとめ、改修案を提案した。この改修案を基に、改修工事が2019年8月から行われ、2020年3月に竣工した。

本報では、旧加悦町役場庁舎の耐震改修を目的に実施した調査研究の概要と構造補強、耐震補強設計など改修案について述べる。

## II. 旧加悦町役場庁舎の概要

### 1. 建築物の概要

旧加悦町役場庁舎は、木造総2階建てで正面中央に玄関車寄せが設けられている。屋根は寄棟造、棧瓦葺で、棟中央に換気用の塔屋が設けられている。1階は執務室、2階は議場の開放的な空間が意匠的、構造的な特徴を有する建物である。建築物の概要を表1に示す。

改修前の旧加悦町役場庁舎の正面を写真1に示す。旧加悦町役場庁舎の建設当時など古い写真は入手できな

\* 立命館大学衣笠総合研究機構・客員協力研究員、  
 京都大学・名誉教授  
 \*\* 金沢工業大学・名誉教授  
 \*\*\* 金沢工業大学 建築学部建築学科・教授  
 \*\*\*\* 京都大学大学院 農学研究科 森林科学専攻・教授  
 \*\*\*\*\* 公立鳥取環境大学 環境学部環境学科・教授  
 \*\*\*\*\* 立命館大学 理工学部建築都市デザイン学科・教授  
 \*\*\*\*\* 金沢工業大学 建築学部建築学科・准教授  
 \*\*\*\*\* 鳥取大学大学院 工学研究科・助教  
 \*\*\*\*\* 京都大学大学院 農学研究科 森林科学専攻・研究員  
 \*\*\*\*\* 都城工業高等専門学校 建築学科・准教授  
 \*\*\*\*\* 立命館大学衣笠総合研究機構・客員協力研究員

表 1 建築物の概要

名 称	旧加悦町役場庁舎
場 所	京都府与謝郡与謝野町字加悦 1060 番地
用 途	多目的用途として改修予定
構造規模	木造、総 2 階建て
面 積	1 階 275.47 m <sup>2</sup> 、2 階 256.73 m <sup>2</sup> 、延床 532.20 m <sup>2</sup>
高 さ	1 階高さ 3.939 m、2 階高さ 3.939 m、軒高さ 8.484 m、最高高さ 12.914 m
地 域	積雪：多雪区域 (1.1 m)、基準風速：32 m/s、地域係数 Z：1.0
基 礎	無筋コンクリート布基礎、土台形式



写真 2 1954 年 (昭和 29 年) 頃 (与謝野町所蔵)



写真 1 旧加悦町役場庁舎 正面 (改修前)

かったが、残っていた古い写真を写真 2 に示す。

写真 2 は、祝加悦町合併の横断幕が見られ、1954 年 12 月 1 日に桑飼村・与謝村と合併し、改めて加悦町 (第 2 次) が発足した時のものであろう。ガラス窓が当初の

観音開き窓であったが、上げ下げ窓に変更されていることを除けば、概ね維持されている。

改修前の立面図を図 1 に示す。各階の平面図を図 2 に示す。

改修前の 1 階の事務室、2 階の議場の状況を写真 3 に示す。

改修前の断面図を図 3 に示す。

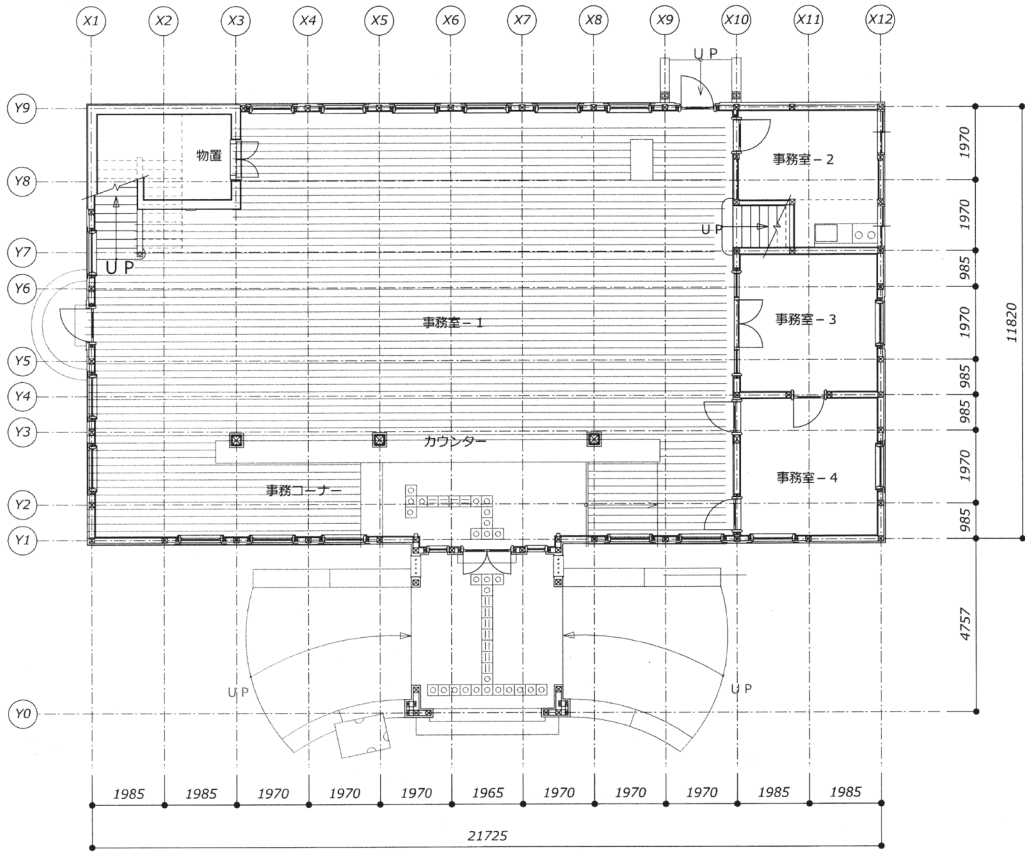
## 2. 構造的な特徴

本建築物は、総 2 階建てであり、整形の建物で、外周部分に壁が集中した構造となっている。内部は、1 階北側の事務所間仕切り、2 階北側、南側の議場と控え室間仕切りを除き開放的な空間となっている。

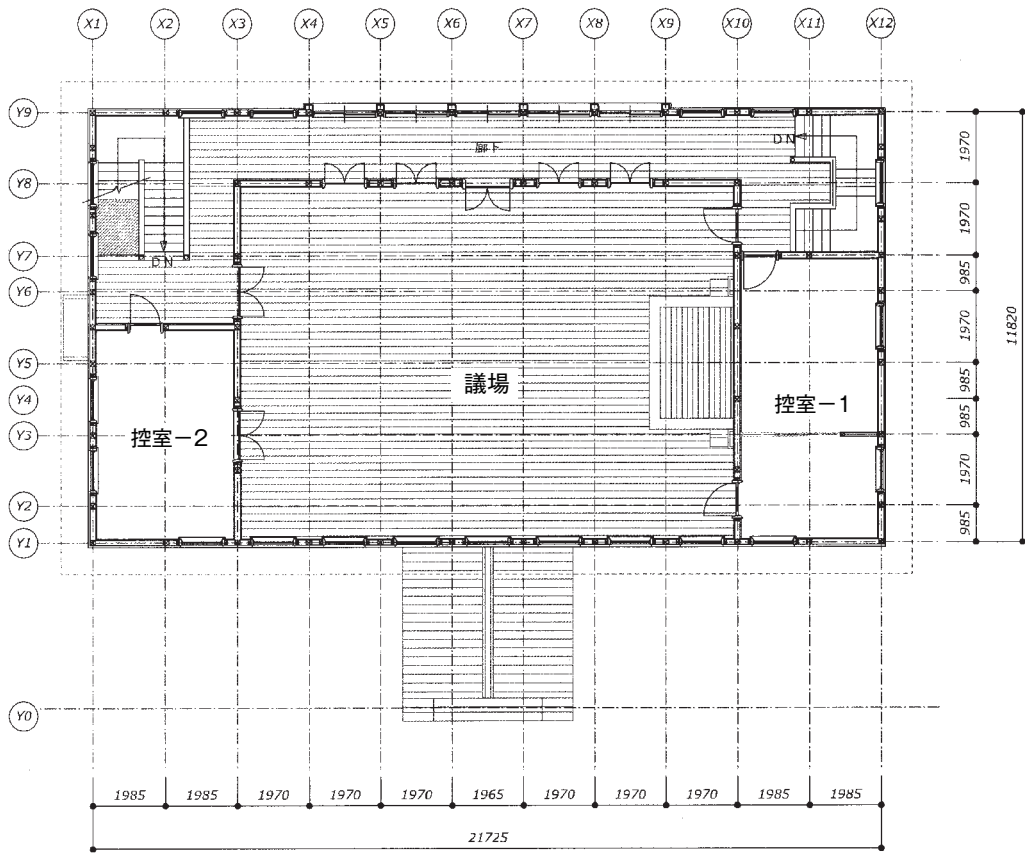
「1 階の外壁柱列に 2 階の大梁を方杖による補強 (写



図 1 立面図 (改修前)



a) 1階平面図



b) 2階平面図

図2 平面図 (改修前)

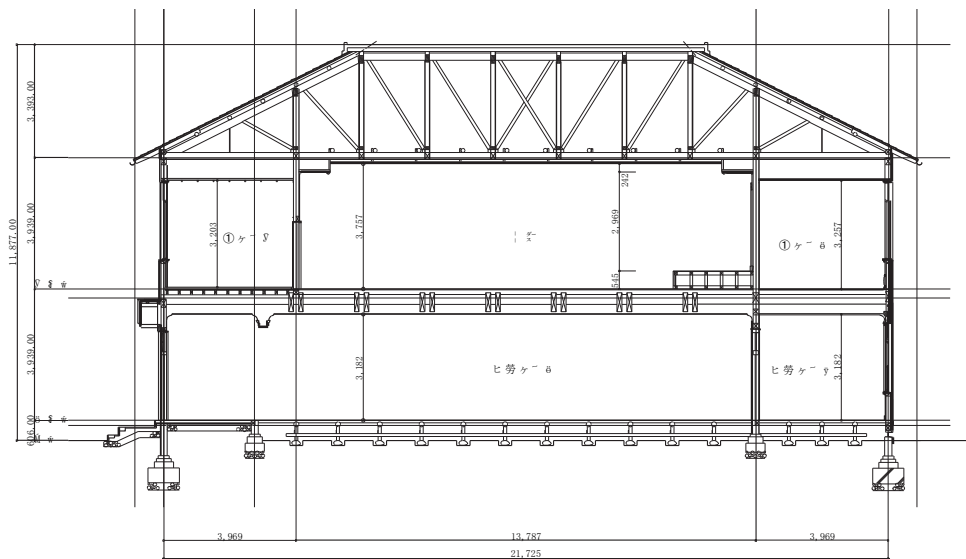


1階事務室 東側

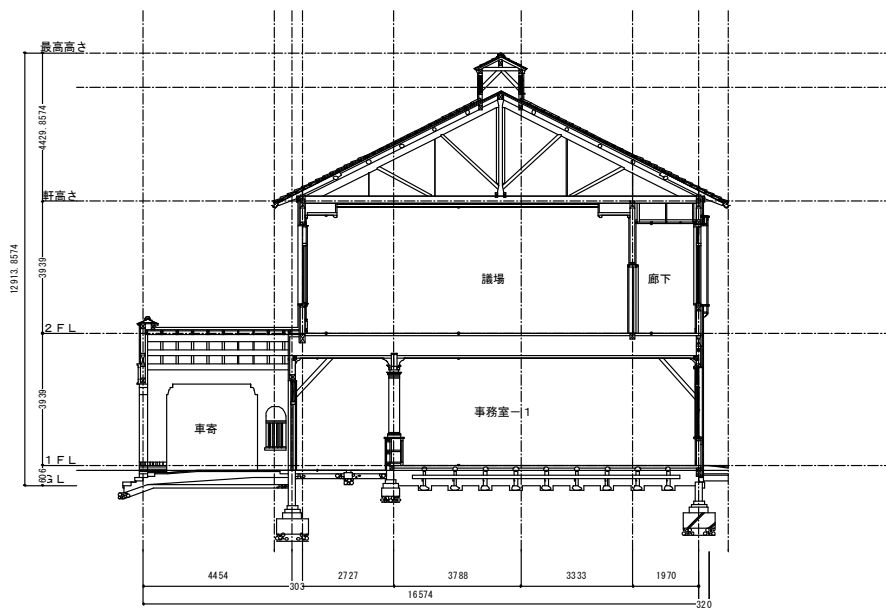


1階事務室 西側

写真3 1階および2階の状況



a) 南北方向 (けた行方向)



b) 東西方向 (張り間方向)

図3 断面図 (改修前)

真3)、小屋組をキングポストトラスで組む(図3断面図)など、当時の最新の建築技術と工法を用いて耐震的な建物としたとされている。また、玄関先の立て札(写真4)によれば、「鉄筋コンクリート壁として防火性を高め、四隅を上下階連続の壁とするなど耐震性を高めています」となっている。外壁は、今回の調査により斜め張り木摺下地の鉄網モルタル壁であることが判明した。

主要な構造要素としては、外壁の鉄網モルタル壁と内壁を構成する壁要素の他には1階の東側と西側の柱列に設けられた方杖がある。外壁の鉄網モルタル壁(スタッコ仕上げ)や方杖は、構造的にも意匠的にも重要であり、これらを生かした構造補強、耐震改修とする(写真5)。そのため、これらの詳細な構造調査を行うとともに実大試験体を製作して検証実験を実施して復元力特性などの耐震性能を評価するとともに軸組解析を行って構造安全性を検討する。



写真4 立て札



外壁

写真5 外壁の鉄網モルタル壁と仕上げ



外壁のスタッコ仕上げ

### Ⅲ. 旧加悦町役場庁舎の調査研究

#### 1. 調査研究の計画と概要

旧加悦町役場庁舎の構造補強および耐震補強を含む改修案を提案するために、以下の調査研究を行った。

##### (1) 建築物の現況調査と構造詳細調査

旧加悦町役場庁舎の現況を建設当初の設計図を参照しながら、現地での建物調査を行い、建設当初との違いを調べるとともに図面を作成した。また、構造安全性、耐震性能評価ならびに耐震補強方法の策定を行うために構造詳細調査を実施して現況の構造詳細図面を作成した。

##### (2) 歴史的調査

旧加悦町役場庁舎は京都府指定有形文化財であり、それを踏まえて歴史的、文化財的、意匠的な価値を調査し、それらの価値を損なわないように耐震補強・改修案を提案した。

##### (3) 地盤調査

現在地で、液状化の検討や表層地盤の地震時増幅特性を調べるために、ボーリング調査(標準貫入試験)を1カ所、スウェーデン式サウンディング試験を5カ所で行った。さらに、隣接する加悦小学校本館の改築工事でのボーリング調査データを入手して参考とした。結果は、がけ地等の傾斜した地盤でないことが確認され、また液状化の判定では地表面最大加速度を350 galと想定した場合でも、すべての砂・礫質土層で液状化の可能性はないものと判定された。

##### (4) 木部健全性・耐久性調査と強度調査

土台、柱などに腐朽や蟻害が予備調査で判明している

ので、土台、柱に加えて外壁、内壁などの本格的な調査を行った。腐朽や蟻害など虫害による木材の劣化状態の調査・分析に基づき、部材の取り替えなど修復方法の提案とともに、腐朽菌やシロアリ等の活動状況を分析し、今後の維持管理に役立てた。柱、横架材など主要な部材の樹種鑑定、含水率測定、木部の衝撃波伝搬速度測定による強度推定などを実施した。

#### (5) 各部の調査・試験

- 1) 基礎：基礎のコンクリートは、建築当初のままで打設時からと思われる空隙が各所にみられ、また無筋コンクリートと判明したので、コンクリートのコア抜きを行い、コンクリート強度等を調査した。床下の土台や柱頭部の蟻害対策を兼ねて床下にベタ基礎を打設するとともに、基礎の補修・補強方法を検討した。詳細は注6)を参照
- 2) 土台・柱脚部：基礎上に土台が設置されているが、土台や柱脚部は蟻害、腐朽等による劣化が見られるので、劣化状況を調査し、土台や柱脚部の取り替えなど補修が必要かを検討した。
- 3) 小屋組：予備調査では小屋組は概ね健全と判断されたが、小屋組の構造とともに木部を調査して、小屋組の構造解析や補修・補強が必要かを検討した。
- 4) 外壁、内壁：壁要素は、外周部の外壁と建物内部の内壁に分類して調査した。外壁は、斜め張り木摺下地モルタル壁で主要な耐震要素であるため、モルタル壁を部分的に切り取り詳細に調査した。また、実大試験体を製作して検証実験を行い、斜め張り木摺下地モルタル壁の復元力特性を調べた。建物内部の内壁は、1階および2階の外周部内壁、1階北側の事務室の間仕切り壁、2階の議場回りの内壁、2階の北側と南側の控え室の内壁がある。2階の北側と南側の控え室の内壁は土塗り壁であるが、その他の内壁は漆喰風仕上げとなっている。これら漆喰風仕上げの壁は、建設当時の仕様であるため、部分的に切り取り、詳細に調査した。外壁のモルタル壁の調査の詳細は注6)を参照。
- 5) 2階床の梁：予備調査では、2階議場床の梁について簡略モデルでの解析から曲げ許容応力度を超える可能性があることが分かっているので、詳細なモデルによる解析を行い、梁の安全性や撓みを検討した。
- 6) 方杖：1階の東側、西側の柱列に設けられている方杖は、外壁モルタル壁と同様に主要な耐震要素であるため、詳細に調査して方杖の実大試験体を製作して静

的繰り返し実験を行い、方杖の復元力特性を調べた。

#### (6) 振動特性と時刻歴応答解析

建物の微動計測および起振機による正弦波加振およびスイープ加振を実施して振動特性を把握するとともに、3次元立体モデルを構築して地震応答解析を行い、構造安全性、耐震安全性の検討を行った。

#### (7) 防火・避難調査

旧加悦町役場庁舎の今後の利用計画では、1階に喫茶コーナーや2階はコンサートホールなど多目的利用が計画されており、建物の用途変更が伴うので、防火対策を、また2階には大人数が利用するので避難計画を提案した。

#### (8) 構造安全性

構造詳細調査、木材調査をもとに建築物全体および各部の構造解析を実施して、構造上、主要な部材の安全性を検討した。特に、方杖が取り付く柱の折損と防止対策を検討した。また、水平(床)構面や基礎について検討し、補強対策を提案した。

#### (9) 耐震診断・耐震補強設計

構造詳細調査や各部の検討結果をもとに、限界耐力計算による現況の耐震性能評価(耐震診断)を行った。その結果、耐震補強が必要となり、耐震補強部材や耐震補強方法を検討し、限界耐力計算による地震応答解析を実施して、耐震補強設計を行った。

#### (10) 改修計画案の提案

以上の調査研究に基づいて、構造補強および耐震補強設計を含む改修計画案を提案した。

旧加悦町役場庁舎の改修計画案の提案に至った調査研究、特に構造安全性、耐震安全性の検討と構造補強、耐震補強設計について以下に述べる。

## 2. 木部の健全性・耐久性調査と強度調査

### (1) 健全性・耐久性調査

#### 1) 調査の概要

主要な構造部材について、生物劣化(腐朽・蟻害・甲虫害)の発生状況を2018年3月から9月にかけて調査した。調査は、床下、小屋裏を中心に、1次診断(視診・触診・打診・突刺し診、一部含水率計測)を実施し、劣化の種類(腐朽・蟻害・甲虫害)、範囲、程度と進行性の判定を行った。劣化程度の判定としては、劣化部位における部材の断面欠損率が3割程度以下をレベル1に、3から7割程度をレベル2に、7割程度以上をレベル3に区分して判定した。また進行性判定については、シロ

アリなどの木材加害昆虫の生息が確認された場合、腐朽部位については腐朽症状部位の含水率が30%以上の場合を進行性と判定した。診断では、劣化の判定結果を部材にマークし、図面に記録し、写真撮影を行った。

壁体内部材など直接全体が見えない部分については、見える部分での劣化症状の検出を行い、内部の劣化との関連性を推定した。東および南面の大壁内の土台や柱などについては、1次診断が実施できないため、外観の状態を評価した上でレジストグラフによる穿孔抵抗測定を実施した。全体の調査の進行に伴い、1次診断の結果も踏まえて部分的に床板や壁表層部の撤去を行い、壁などの構造体の内部の調査も行った。

上記の他に、床下（1階ホールと北東事務室の床下、1階室内、小屋裏、外気）の5か所において、温湿度ロガーを設置し、1時間ごとの温湿度を計測した。計測は2017年8月29日から2018年8月16日まで実施した。

## 2) 調査の結果

### ①床下

床板を2018年8月に撤去する前後にわたり3回調査を行った。シロアリの生息が確認され、蟻害は進行性であると判定された。床東および大引きについては広い領域について蟻害が認められた。劣化症状の事例を写真6～7に示す。劣化レベルは2（断面欠損が3から7割程度）から3（7割以上）に及ぶ部位が多数あった。蟻害の一部は根太や床板にまで及んでいた。さらに一部の蟻害は柱にまで及んでいた。柱の蟻害は概ね軽微と認められたが、隅柱のうち北西および北東柱については、その足元に腐朽と蟻害が認められた。

西壁と北壁については、布基礎へのシロアリの這い上がり土台および周辺への蟻害が認められた。また蟻害の一部は、土台の両側面に取り付けられている木摺り板や柱脚部にまで及んでおり、特に西壁では、木摺り板と土台との結合部分が蟻害によって消失していた。

布基礎のコンクリートに細かな砂利が含まれ、またモルタルの充填率が低く、多孔性であり、一部にはシ

1Fホール西面



1Fホール北面



写真6 1階床下部材の生物劣化の事例1（蟻害）

1Fホール西面



事務室3 北面



写真7 1階床下部材の生物劣化の事例2（蟻害）

ロアリがすり抜けることができるほどの空隙を有しており、蟻道が布基礎の表面ではなく布基礎の内部に構築され、土台が食害されている場合があった。

1階の床下高は低く、通気・換気不良により土壌からの湿気が滞留しやすく（後述の温湿度測定結果参照）、木部は劣化促進状態にあった。また床下は過去の改修に伴う配線・配管が複雑に入り組んでおり、耐久性の観点からは維持管理状態は良好とはいえなかった。

北西角を中心に北側壁や西側壁付近に腐朽や蟻害が集中していたのは、駐車場側のスロープや北西部のトイレ棟の増築の結果と推定された。増築の結果、土台に対して外部から雨水が浸潤しやすくなり、土台建物北部・北西部の床下の湿気が高くなるとともに、腐朽と蟻害が発生したと考えられる。スロープの設置により換気口が閉鎖され、通気がとれなくなると、劣化を促進したと考えられる。特に西側地盤面からの水分が基礎・土台に浸潤し劣化を促進させていた。

## ②外壁・内壁

外周（主に1階）のモルタル壁については、壁の下部を中心に表層部に亀裂が認められるが、亀裂は、仕上げ部分のみで壁下地の木摺りまでには及んでおらず、雨水の浸潤による木摺り板の腐朽は発生していないと判断できた。しかし、西側壁や北側壁については、土台に腐朽や蟻害が発生しており、木摺り板にまで劣化が及んでいた。さらに土台から壁内部表面を視診したところ、木摺りの蟻害が、窓台にまで及んでいる部位もあった。

木摺りについては直接全体を観察できないため、改修工事で西側壁と北側壁については、室内側の壁を撤去した際に劣化損傷している木摺り部材の取り替えが必要と判定された。

南壁および東壁はいずれも大壁のため壁内の土台や柱などの状態が目視できない。そのため、主要な位置においてレジストグラフによる穿孔抵抗を測定した。東壁は健全とみなせた。南壁はドア周りで、蟻害と腐朽によるとみられる穿孔抵抗の低下が認められた。

外壁および内壁の内部を観察するために、2階の内壁を部分的に切り取って調査したが、壁内部の木部は劣化していないことが分かった。

## ③車寄せ部

当初の調査で、玄関車寄せ部の屋根部材には蟻害が

認められ、試行の穿孔抵抗調査の結果、桁材の端部に蟻害による欠損が確認できた。車寄せ前面の壁、パラベット部の構造部材および木摺りは、すべて腐朽が進行し（レベル3）、手で簡単に崩れ落ち、掻き出すことができた。また腐朽だけでなく蟻害も小屋組まで上がっており、外壁の鉄網モルタル壁の強度のみで保持されている状態であった。車寄せ前面部は、外壁の鉄網モルタル壁を残して木部を取り替えるなどの修復を検討した。

## ④小屋裏および屋根

小屋裏（小屋組部材および野地裏）については、現状では雨漏りは確認されず、腐朽や虫害は確認されなかった。棟頂部の換気用塔屋は閉鎖状態にあったが、それによる影響（劣化が促進されるような状況）は認められなかった。ただし換気用の窓は木製であり、劣化対策が必要であると判定された。軒裏の木部については、雨水の浸潤後などが認められるが、これは前回の瓦の葺き替え以前に発生していたものの痕跡と推定された。

## ⑤温湿度変化

温湿度測定結果から、小屋裏の温度はほぼ外気と連動して変化しているが変動幅は小さく、また湿度変動幅も小さかった。床下の温度は、年間を通じて変動が小さく、冬季で数℃から夏季で20℃程度まで緩やかに変動していた。湿度は80%程度で安定しており、床下が常に湿気の多い状態にあることが判る。（2018年8月以降は床板を撤去したため、湿度が低下した。）

## 3) 木部の修理・補強の方針

木部劣化調査に基づいて、劣化程度を判別する基準Ⅱ（断面欠損が3割以上）以上であれば、木部（土台・柱脚・木摺）の材を取り替えて修理、補強を行う。図4に木部の修理・補強箇所を示す。

- ①1階の基礎上部の土台・柱脚・木摺で腐朽・蟻害による劣化損傷が激しい部材を交換するなど修理・補強する。また、床下で劣化損傷が激しい床束、根太は、部材を交換するなど補修する。
- ②南側、東側のたたきは、東側の玄関部分を残して撤去して劣化調査を行い、劣化箇所の修理・補強を行う。
- ③土台・柱脚・木摺など木部の修理・補強が終わった段階で、木部の防腐・防蟻処理を行う。



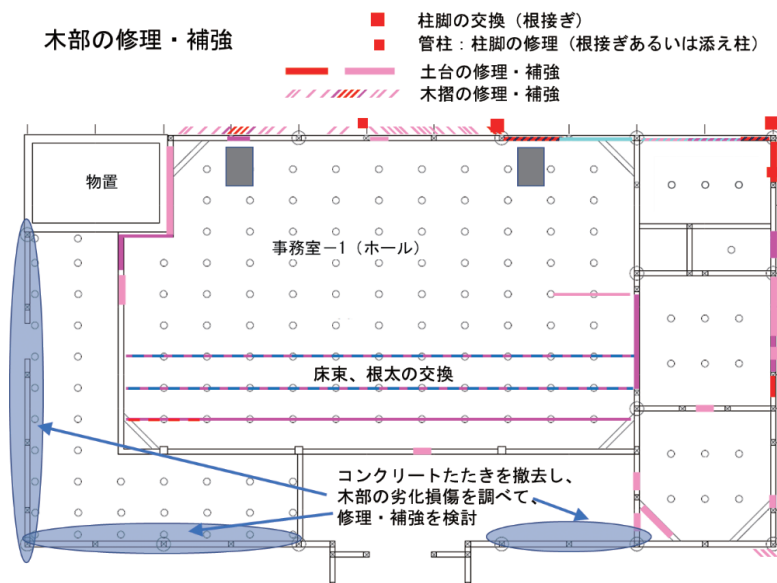


図4 木部の修理・補強箇所

## (2) 木部強度調査

### 1) 調査の概要

旧加悦町役場庁舎の木部の健全性を調べるとともに軸組の構造解析等の資料とするため、柱、横架材など主要な木部の強度調査を行った。調査は、2018年3月から7月にかけて、木部計166箇所、内訳として柱：25、梁（車寄せ：1、2階床梁：68、2階火打梁：21）、小屋裏材：21、方杖：14、土台：16を対象に実施した。

調査方法は、衝撃波伝搬速度測定、含水率測定および目視調査とし、部材のヤング率の推定および劣化の有無の推測を行った。

### 2) 調査の結果

全体的な調査結果としては、目視で劣化が確認できる床下の土台や1階柱脚部を除けば、推定ヤング率も比較的高い結果となり、大きく劣化している部材などは確認されなかった。調査箇所別の結果を以下に示す（記載されている推定ヤング率は4つの推定方法から算出した平均値の範囲）。

#### ①柱

柱の推定ヤング率は、8.7～11.9 kN/mm<sup>2</sup>であり、木材工業ハンドブック<sup>5)</sup>のヒノキ参考値（曲げ：平均9.0 kN/mm<sup>2</sup>、最小6.0 kN/mm<sup>2</sup>）と比較すると、どの部材も比較的高い値を示す結果となった。含水率については、梁部材よりも比較的高い値を計測した。

#### ②方杖

方杖の推定ヤング率は、11.4～14.1 kN/mm<sup>2</sup>であり、同ハンドブックのアカマツ参考値（縦圧縮：

11.8 kN/mm<sup>2</sup>、曲げ：平均11.5 kN/mm<sup>2</sup>、最小8.5 kN/mm<sup>2</sup>）と比較すると、どの部材も比較的高い値を示す結果となった。

#### ③2階床梁・火打梁

2階床梁と火打梁の推定ヤング率をみると、一部低い部材が見られたものの、アカマツ参考値と比較すると、同等以上の部材が多かった。全体的な傾向としては、床梁の方が火打梁よりもヤング率が高い傾向がみられた。場所別でみると、北側の部材に、他の場所よりも推定ヤング率が小さい部材が多くみられた。

#### ④小屋裏

小屋裏部材においては、推定ヤング率は10.9～13.5 kN/mm<sup>2</sup>であり、アカマツ参考値と比較すると、どの部材も比較的高い値を示す結果となった。

#### ⑤土台

土台の部材については、衝撃波伝搬速度の値が安定しなかった。床下の土台は含水率も大きく、劣化が顕著だったことが原因だと考えられる。伝搬速度および推定ヤング率は、劣化状態を考えると比較的高い値となったが、これは衝撃波が部材の比較的健全な箇所を伝搬したためと考えられる。

以上から、主要な構造部材は、大きな劣化損傷はなく概ね健全であり、引き続き使用可能である。ただし、蟻害・甲虫害・腐朽などの生物劣化が激しい土台、1階柱脚部および車寄せ前部の柱や梁は、部材の取り替えが必要である。

### 3. 基礎の調査<sup>7)</sup>

#### (1) 基礎の実態調査

旧加悦町役場庁舎の基礎について実地調査および試料採取による材料試験を実施した。実地調査は2018年2月7日の調査でおおよその状況を把握し、同年3月18日 - 20日に詳細調査、同年7月20日 - 21日に追加調査を実施した。基礎コンクリートの状況を写真8に示す。

基礎の実地調査では、床下内において、目視、触診、打診調査とシュミットハンマーによる強度試験、さらに地盤面の採掘による基礎形状確認調査、材料試験ではコンクリートコア供試体を用いた圧縮試験、また試料採取時と試験時に中性化判定を行った。図5に基礎寸法測定、ひび割れ測定、外壁モルタルの試料採取、コア供試体の採取および反発度測定的位置を示す。

#### (2) 基礎の構造

基礎コンクリートは無筋で、骨材が多くセメントの少ない極めて貧調合なコンクリートである。形状は比較的狭いフーチングとし、立ち上がりを垂直もしくは地盤面以下で斜めの形状としている。

図6に基礎の形状を示す。寸法は外周部で幅を250mm程度、高さを1000mm程度、間仕切り部では同様にそれぞれ200mm程度、700mm程度である。

旧加悦町役場庁舎の基礎コンクリートを対象に実態調

査と試料採取による材料試験を実施し、構造特性を把握するとともに、建設当時の構法を明らかにした。

また採取した試料による材料実験から材料強度を確認し、JASSと比較することで構造性能を評価した。採取したコア供試体の強度試験から、以下の結果が得られた。

①圧縮強度は、平均11.0 N/mm<sup>2</sup>、標準偏差1.1 N/mm<sup>2</sup>であった。コア供試体は空隙、骨材の偏りがあるため、JASS5で定める品質の標準的な強度18 N/mm<sup>2</sup>に対して、試験結果は低い。一方でバラツキは小さく、品質は安定している。

②割裂強度は2.5 N/mm<sup>2</sup>を示し、通常のコンクリートと変わらない。

基礎コンクリートの強度性状を評価する一つの方法としてシュミットハンマーを用いた反発度測定を実施した。反発度はJSCE-G504に従って行い、圧縮強度は日本材料学会の算定式で算定した。反発度から算定した圧縮強度の推定値は、11.4 ~ 36.9 N/mm<sup>2</sup>であった。コア供試体の強度試験結果との差が大きく、空隙も多く栗おこし状態のコンクリートに反発度を適用することに問題があるのか今後の課題である。

以上のように、基礎コンクリートは、無筋で空隙も多く、セメントの貧調合による低品質で極めて低い強度で



土台の下の基礎



掘り下げた基礎  
写真8 現況の基礎

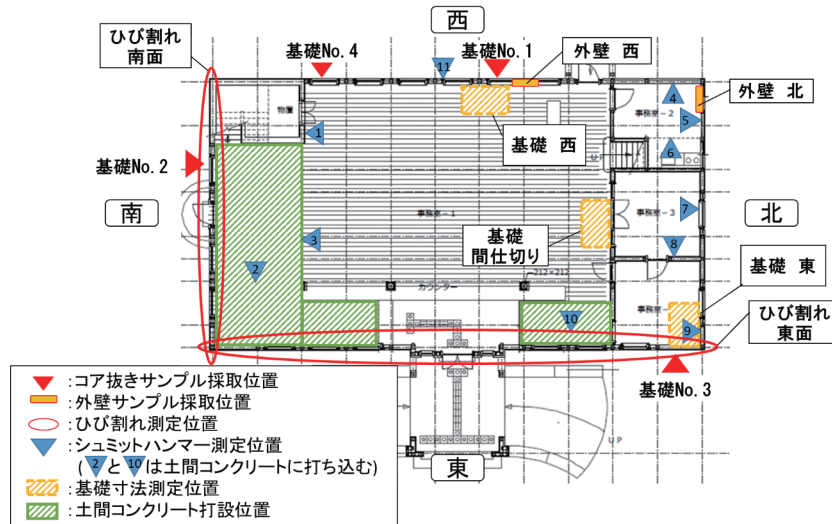


図5 基礎寸法測定位置、ひび割れ測定位置、外壁モルタルの試料採取位置、コア供試体の採取位置および反発度の測定位置

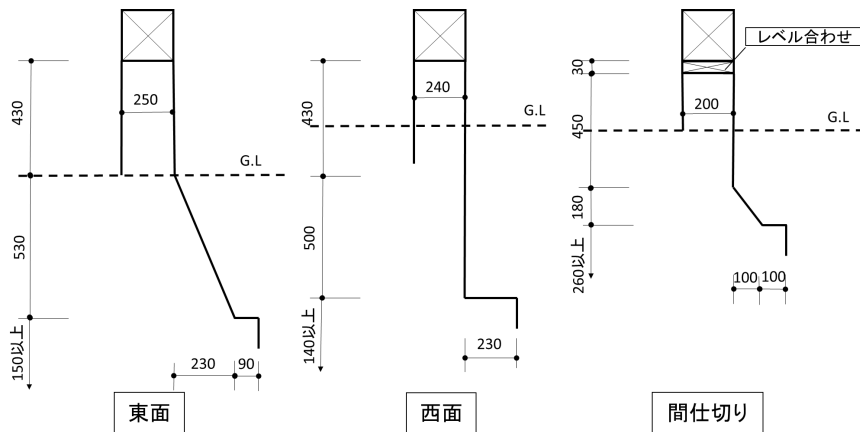


図6 基礎の形状

あることが判明したので、Ⅳ. 構造安全性の検討において、基礎について詳細な検討を行う。

#### 4. 外壁モルタルの調査<sup>7)</sup>

##### (1) 外壁の実態調査

外壁の現地調査は、概ね基礎の調査と並行して実施した。外壁の実地調査では、ひび割れの状況を調査し、外壁の2カ所からサンプルを切り出して詳細を調べた。

外壁モルタル壁の詳細を図7に示す。外壁は木摺りを斜めに貼りとし、鉄網を二又くぎで縦横30cm程度の間隔で留めつけている。木摺下地は、土台、桁に釘50mmで留め付けられている。斜め張り木摺下地は、幅120mm、厚さ15～18mm(18mmが標準)、鉄網下地は、鉄網(ワイヤーラスひし型1.2mm)、補助筋(2mm径)と鉄筋と称する力骨(4～5mm径)が300mm間隔で入っており、これらを二又釘(長さ35mm、2.6mm径)で留め付けている。

塗り方は、サンプル採取した北面と西面の壁で異なり、北面で3層(下塗り+中塗り+仕上げ)、西面は4層(下塗り+中塗り+上塗り+仕上げ)であるが、塗り厚さは下塗りで20～25mmで、次の層は中塗りあるいは中塗りと上塗りで10～15mm、さらにセメントペーストを1～2mmを塗り、仕上げはスタッコ仕上げ5mmで構成され、外壁モルタルの総厚さは方位に関わりなく45mm前後である。

建設当時の鉄網混凝土の資料<sup>6)</sup>から外壁モルタルの配合は、セメント1.0、珪藻土0.5、砂2.0と推察される。砂利、碎石など粗骨材は配合されていない。ここでは、砂利、碎石など粗骨材が配合されていないので、旧加悦町役場庁舎の外壁を斜め張り木摺下地鉄網モルタル壁と称する。

材料試験のための外壁から採取した試料から切り出して供試体を作製して、曲げ強度試験、圧縮強度試験を行った。外壁の鉄網モルタル壁は、ひび割れによる経年

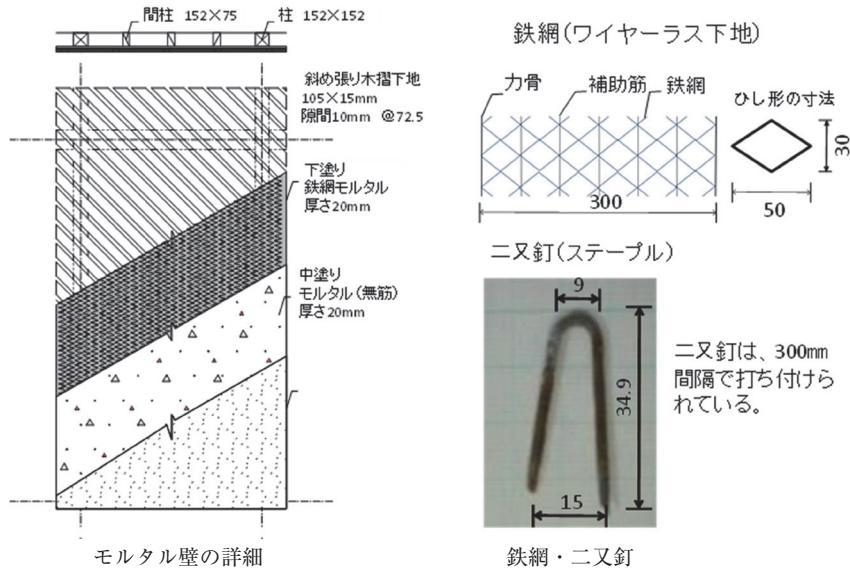


図7 外壁 鉄網モルタル壁の詳細

的劣化があるが材料強度は JASS15 で規定される品質基準<sup>8)</sup>は満たしていることを確認した。

(2) 復元力の評価

外壁の斜め張り木摺下地鉄網モルタル壁の復元力特性は、実大試験体を用いた静的載荷実験および文献から木摺下地ラスモルタル壁の実験結果を参照して評価する。現況と同じ仕様ではないので現況の仕様に換算するなどを行って評価した。

斜め張り木摺下地鉄網モルタル壁の試験体を制作して、金沢工業大学地域防災環境科学研究所で実施した実験での試験体の設置状況を写真9に示す。

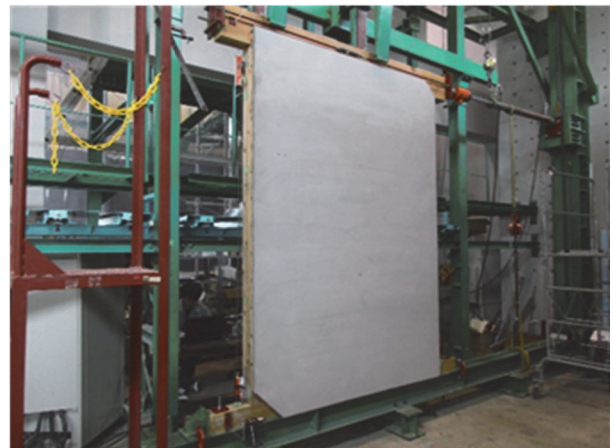


写真9 試験体の設置

実験を行った斜め張り木摺下地モルタル壁は、旧加悦町役場庁舎のモルタル壁の仕様ではないが、斜め木摺下地の実験結果は、旧加悦町役場庁舎のモルタル壁の復元力特性の評価において有効と考えられる。斜め張り木摺下地のみの軸組の実験結果を図8の青色太線で示す。片側載荷は斜め張り木摺の引張側で耐力的に弱い方向とした。

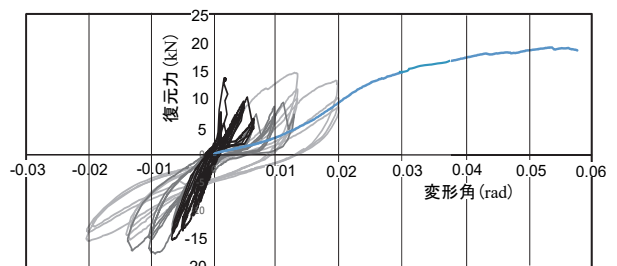


図8 斜め木摺下地のみの軸組の荷重-変形角関係(青線)

次に、木摺下地ラスモルタル壁の実験データを得るために文献調査を行った。旧加悦町役場庁舎のモルタル壁のように斜め張り木摺下地で壁厚45mmに相当するものはないが、木摺下地(13×90mm)、ワイヤーラス入りモルタル壁(壁厚20mm、長さ1.2m、力骨:径2.5mm、ワイヤーラス:ひし型0.9mm)の試験体を用いた実験<sup>9,10)</sup>がなされている。この実験結果を旧加悦町役場庁舎のモルタル壁(下塗りと中塗りの40mm)に換算してラスモルタルのみの復元力を評価した。実験か

ら得られた斜め張り木摺下地の復元力特性と、文献のラスモルタル部分の復元力特性を加算して、斜め張り木摺下地鉄網モルタル壁の復元力特性を評価し、表2に単位長さ1m当たりのせん断耐力として示す。なお、大変形領域でモルタルの剥落などが生じる恐れもあるので、1/15 rad以上で耐力を0として安全側に評価した。

斜め張り木摺下地鉄網モルタル壁の復元力特性など構造性能は、実験的に確認できていないので、今後の課題

表2 特定変形角時のせん断耐力 (kN/m)

変形角 (rad)	( $\times 10^3$ ) (rad)	変形角 (rad)	ラスモルタルのみ (kN/m)	斜め張り木摺 (kN/m)	斜め張り木摺ラスモルタル壁 (kN/m)
0	0	0.0000	0.00	0.00	0.00
1/480	2.08	0.0021	4.60	0.95	5.55
1/240	4.17	0.0042	8.00	1.83	9.83
1/120	8.33	0.0083	11.50	3.13	14.63
1/90	11.11	0.0111	12.80	3.74	16.54
1/60	16.67	0.0167	14.30	4.88	19.18
1/45	22.22	0.0222	15.30	5.89	21.19
1/30	33.33	0.0333	14.80	7.58	22.38
1/25	40	0.0400	13.50	8.44	21.94
1/20	50	0.0500	11.10	9.29	20.39
1/15	66.67	0.0667	6.70	9.56	16.26
1/12	83.33	0.0833		9.53	9.53
1/10	100	0.1000		9.51	9.51

であるが、旧加悦町役場庁舎の外壁モルタル壁は、顕著な劣化・損傷は見られないので補修・補強をすることなく、仕上げ部分の亀裂などの部分的な補修とする。

5. 内壁の調査

(1) 調査の概要

建物内部の壁（内壁）の仕様とともに耐震性能を評価するために、内壁の現状調査を行った。本建物の内壁の仕様は、場所によって異なっているので、詳細を調べるために図9に示すように、2階の内壁を部分的に切り取った。

(2) 内壁の種類と仕様

内壁は、土塗りの大壁と真壁に大別できる。ここでは、漆喰風仕上げの大壁を（1）木摺下地ドロマイトプラスター壁と（2）木摺下地ドロマイトプラスター下地土塗り壁に、真壁を（3）竹小舞下地土塗り壁に分類して、

各仕様等を以下に示す。

1) 木摺下地ドロマイトプラスター壁（大壁）

2階の外周部（階段踊り場、図9右上赤丸位置）の内壁をおよそ40cm四方切り取り、断面詳細を調べた。図10に詳細を示す。

木摺下地は厚さ9mm、幅35～36mm、木摺間隔（隙間）約10mmである。下塗りとは中塗りは骨材入りドロマイトプラスター塗り厚さ16～17mm、仕上げは漆喰風の紙筋入りドロマイトプラスターで厚さ1～2mmである。下塗りおよび中塗りのドロマイトプラスターには藁筋が混入されている。図10に示すように、下塗りドロマイトプラスターは木摺に食い込んでいる。2階の内壁は、2階北側と南側の控え室の土塗り壁を除いて、木摺下地ドロマイトプラスター塗りであることを確認した。1階、2階の外周部の内壁は、木摺下地ドロ

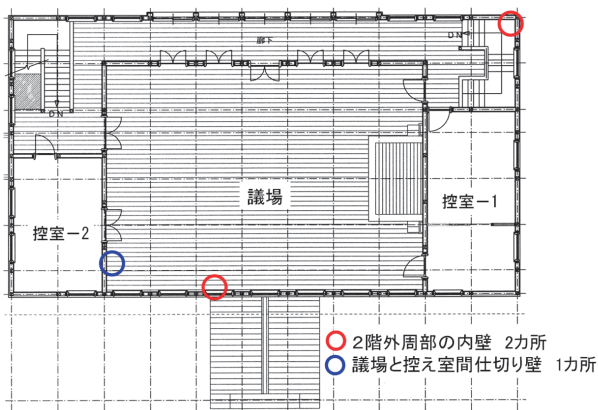


図9 2階の内壁を部分的に切り取った箇所

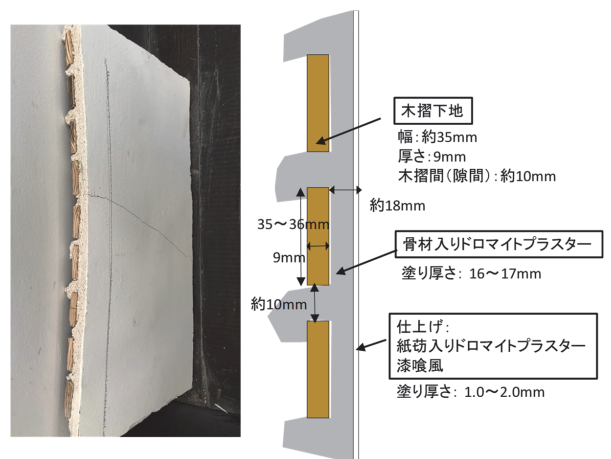


図10 木摺下地ドロマイトプラスター壁の詳細

マイトプラスター壁と称することとした。

2) 木摺下地ドロマイトプラスター下地土塗り壁 (大壁)

2階南側の控え室と議場との間仕切り壁をおよそ30 cm 四方切り取った箇所 (図9の左下青丸位置) を写真10に示す。図11に断面詳細を示す。

木摺下地の上に藁苧入りドロマイトプラスター塗り下地、苧入り土塗り (中塗り) を重ね、漆喰風の紙苧入りドロマイトプラスター仕上げである。木摺下地は板厚9 mm、幅35 mm、木摺間 (隙間) 約6 mmでN27 釘2本留めされている。下塗りは苧入りドロマイトプラスター塗り、厚さ1 mmで、中塗りは藁苧入り土塗り、厚さ10 mm、仕上げは紙苧入りドロマイトプラスター、厚さ2 mmで、下塗りから仕上げまでの厚さは13~14 mmである。このように、一般的な竹小舞下地の土塗り壁とは仕様が異なる。2階の北側と南側の控え室と議場との間仕切り壁を木摺下地ドロマイトプラスター下

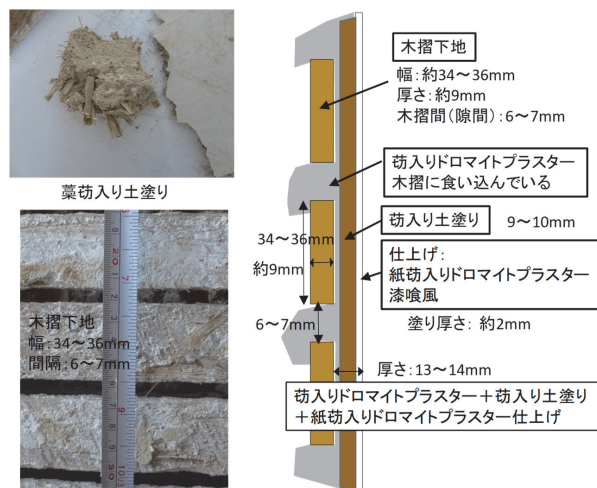


図11 木摺下地ドロマイトプラスター下地土塗り壁の詳細

地土塗り壁と称する。

3) 竹小舞下地土塗り壁 (真壁)

2階の北側と南側で、議場と控室-1および控室-2を仕切る壁のそれぞれ控室側は、現状では鴨居下は化粧合板が貼られているが、内部は竹小舞下地土塗り壁 (真壁) である。竹小舞下地、片面塗りの土塗り壁で、藁苧入り荒壁の上に、中塗り、仕上げ塗りが施されている。下地の貫は18×105 mm、貫間隔は約27寸 (約80 cm)で、土壁厚さは約40 mmである。柱間隔は約6尺、柱は5寸角、間柱が2本 (2寸×2.5寸)、ちりは7分程度である。土壁は、議場と控え室との扉高さで、鴨居 (45 mm 厚さ) により上下に分割されている。

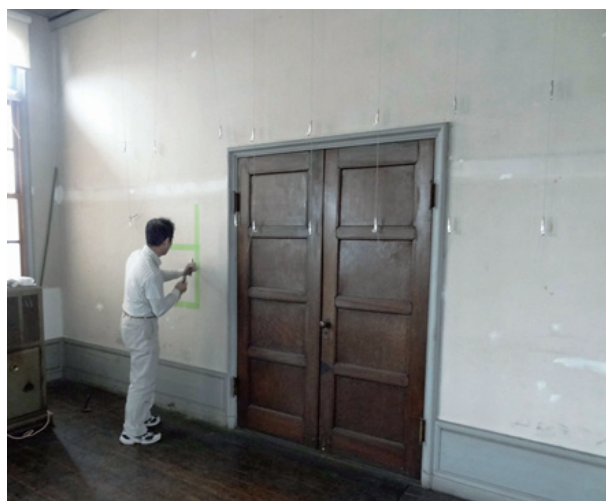
以上が、内壁の主要な壁であるが、その他に、1階北側の旧町長室など事務室の間仕切り壁は、床上60 cm程度が板張りの装飾となっており、それより上部が漆喰風大壁となっている。板張りの内側は中空であり、耐震性能を期待できる壁要素はない。

木摺下地ドロマイトプラスター壁などの復元力特性は、既往の木摺下地漆喰塗り壁などの実験データを参考にし、評価した。

6. 方杖の検証実験と復元力特性

(1) 旧加悦町役場庁舎の方杖

旧加悦町役場庁舎の1階の東側および西側の柱列に方杖が設けられている (写真3)。方杖 (120×151~152 mm) は、上部が並列梁に挟まれてボルトで留め付けられている。下部は柱に大入りで、ボルトで留め付けられている。ボルトはM16である。2. 木部の健全性・耐久性調査と強度調査において、材はアカマツで劣化損



(a) 2階南側の控え室と議場との間仕切り壁



(b) 切り取った箇所

写真10 2階南側の控え室と議場との間仕切り壁を切り取った箇所

傷はなく、推定されたヤング率は平均 13.2 kN/mm<sup>2</sup> であり、健全であると判断された。

(2) 方杖の検証実験

この方杖の復元力特性などを調べるために、金沢工業大学地域防災環境科学研究所で検証実験を行った。旧加悦町役場庁舎の方杖と同じ寸法の試験体を3体製作し、静的繰り返し加力実験を行った(写真11を参照)。試験体の木材はベイマツで、材種は異なる。材料実験を行って木材のヤング係数を算出した結果、使用したベイマツのヤング係数の平均値は 11.0 kN/mm<sup>2</sup> であった。

試験体3体の実験結果から回転角-モーメント関係を図12に示す。実験では、写真12に見られるように、柱に留め付けているボルトの箇所の方杖の割裂破壊が 1/10 rad 近傍で発生している。それまでは、ボルト穴のめり込みが生じているが、方杖に顕著な損傷はない。

(3) 復元力の評価

図12の回転角-モーメント関係から、方杖の設計用

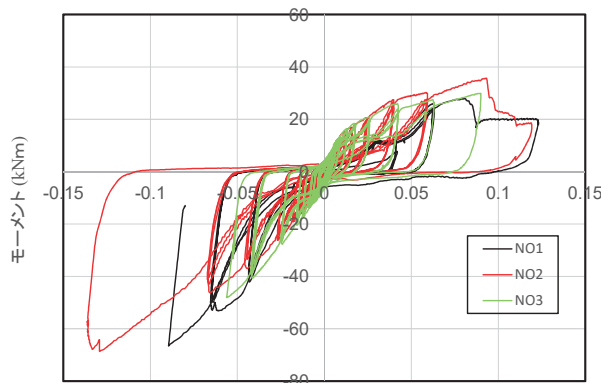


図12 回転角-モーメント関係

表3 特定回転角時のモーメント

回転角 (rad)	( $\times 10^{-3}$ ) (rad)	回転角 (rad)	圧縮側 (kNm)	引張側 (kNm)	平均 (kNm)
0	0.0000	0.00	0.00	0.00	
1/480	2.08	0.0021	4.00	4.00	4.00
1/240	4.17	0.0042	7.00	7.00	7.00
1/120	8.33	0.0083	12.50	12.00	12.25
1/90	11.11	0.0111	15.40	14.00	14.70
1/60	16.67	0.0167	21.00	17.00	19.00
1/45	22.22	0.0222	25.70	20.00	22.85
1/30	33.33	0.0333	34.60	24.00	29.30
1/25	40	0.0400	39.00	26.00	32.50
1/20	50	0.0500	45.00	27.80	36.40
1/15	66.67	0.0667	53.00	29.00	41.00
1/12	83.33	0.0833	60.00	30.00	45.00
1/10	100	0.1000	64.00	31.00	47.50

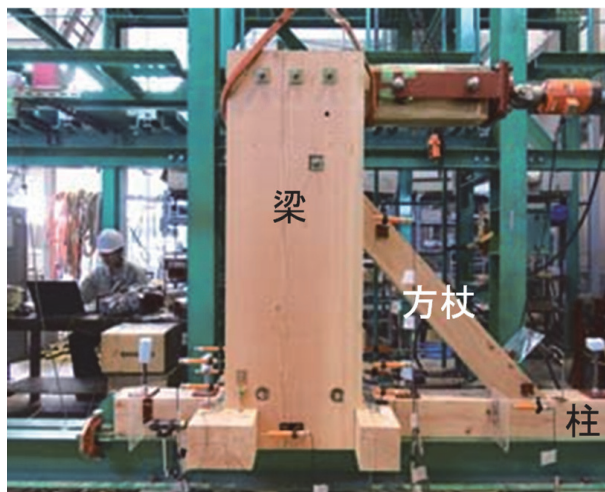


写真11 方杖試験体と実験



写真12 方杖端部の割裂

復元力を評価した。表3に特定回転角時のモーメントを示す。なお、試験体3体の実験結果からばらつきを考慮して、信頼水準75%の50%下側許容限界値とした。現況の方杖材はアカマツであるが、試験体はベイマツであり、現況のアカマツのヤング率が高いので実験結果から評価した方杖の復元力(回転角-モーメント関係)は、安全側の評価と判断できる。

方杖の回転角-モーメントは、圧縮側と引張側では異なるが、方杖は1階の東側、西側の両側に設置されているので、方杖1本当たりの復元力は圧縮側と引張側の平均モーメントから評価する。方杖による柱折損については、安全側の評価として圧縮側のモーメントを採用する。

方杖材は健全であるので、方杖による柱の折損対策をすれば、方杖は高い耐力と変形性能が期待できる。

7. 振動特性と時刻歴応答解析

(1) 微動計測による振動特性

1) 計測計画

振動計測には、SPC52を3台、高感度速度計VSE15Dを24台用いて、建物の各方向の振動特性を確認する。起振機を用いない状態での微動計測と起振機を用いた正弦加振およびスイープ加振を行った。正弦波加振はX方向4.1 Hz、Y方向4.9 Hz、スイープ加振は1 Hzから20 Hzまで45秒で変化させた。

2) 振動計測結果

振動計測で得られた振動性状について示す。X方向地動に対するX方向の伝達関数を図13に示す。1次固有振動数は5 Hzであり、この時の振動性状(1次固有モード)を図14に示す。やや柔床的な振動性状が認められるが、固有振動数のピークは明瞭に出ている。また、図15に、X方向スイープ加振時の振動性状を示す。固有モード性状と対応した振動性状が確認できる。

次に、Y方向地動に対するY方向の伝達関数を図16に示す。1次固有振動数は4.19 Hzであり、この時の振動性状(1次固有モード)を図17に示す。やや柔床的な振動性状が認められるが、固有振動数のピークは明瞭に出ている。また、図18に、Y方向スイープ加振時の振動性状を示す。固有モード性状と対応した振動性状が確認できる。

自由振動波形を用いた対数減衰率を評価した結果、X方向3.8%、Y方向2.8%であった。

(2) 3次元立体モデルによる時刻歴応答解析

現地調査や載荷実験の結果、文献調査の情報などをもとに、3次元立体解析モデルを構築し、固有値解析、長期荷重による静的応答解析及び時刻歴応答解析を行うことで改修案の妥当性を検証した。解析モデルおよび解析

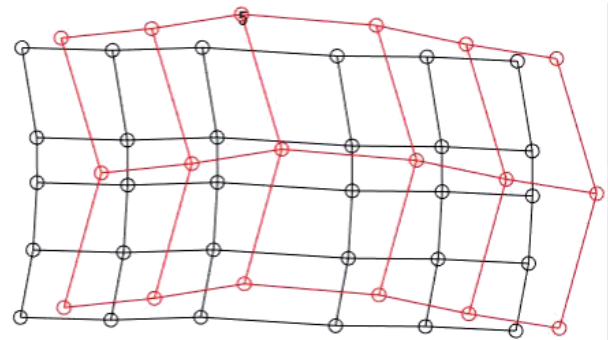
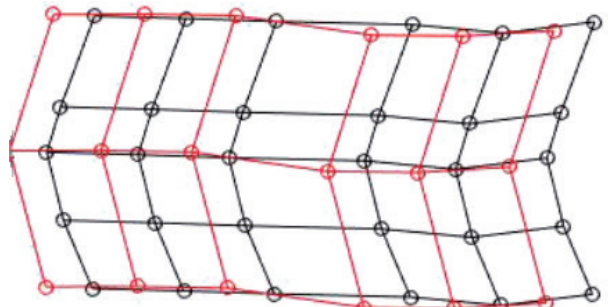
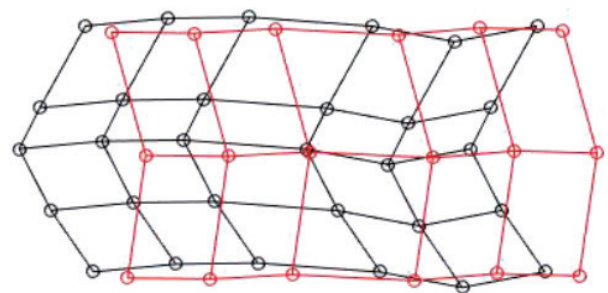


図14 X方向1次固有モード形(5 Hz時)



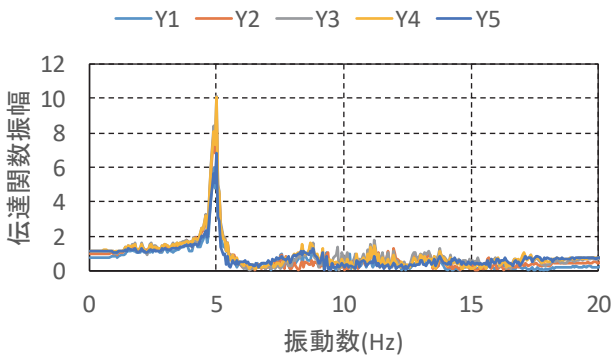
(a) 1次モード相当



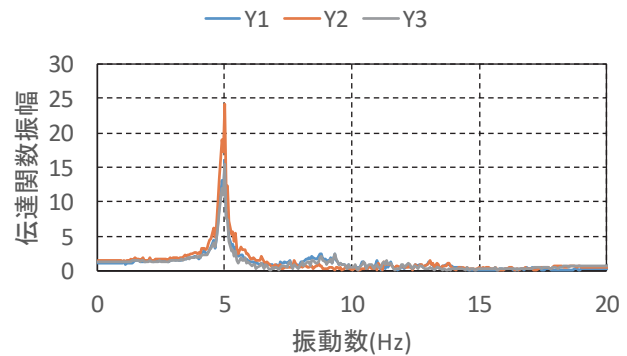
(b) 2次モード相当

図15 X方向スイープ加振時の振動性状

の詳細は、注11)を参照。入力地震動としてBCJ-L1、BCJ-L2、JMA神戸波、益城(KMMH16)波、築館(MYG004)波を採用した。改修での補強により応答は低減すること、また積雪を考慮すると重量増加によりや



(a) 1F



(b) 2F

図13 X方向地動に対するX方向伝達関数



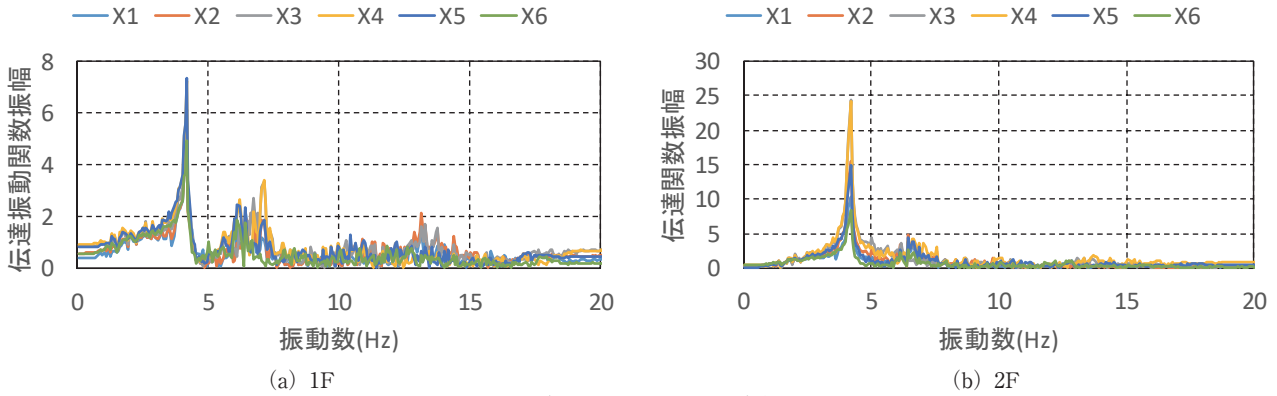


図 16 Y 方向地動に対する Y 方向伝達関数

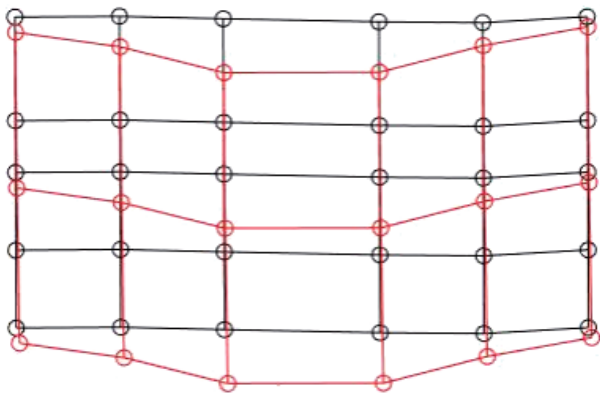
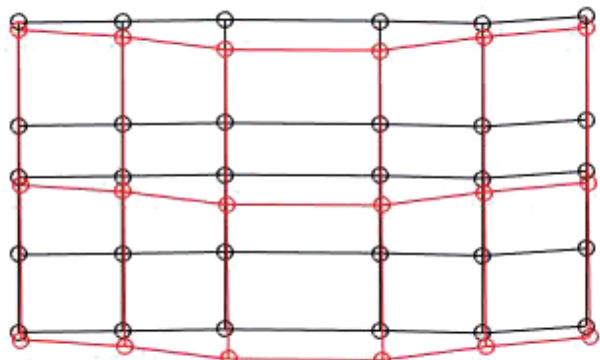
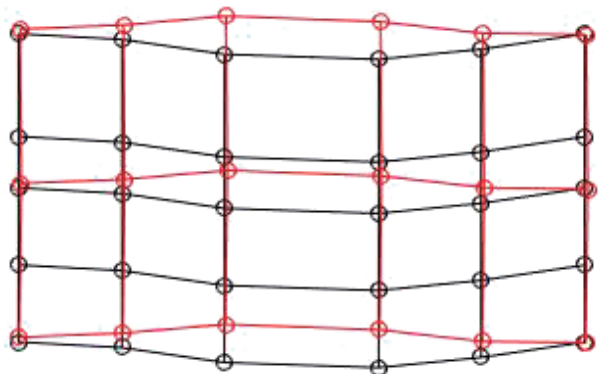


図 17 Y 方向 1 次固有モード形 (4.19 Hz 時)



(a) 1 次モード相当



(b) 2 次モード相当

図 18 X 方向スイープ加振時の振動性状

や応答は増加する傾向を示すことが分かった。

3次元立体解析モデルを用いた解析と実測では定性的に対応しているが、剛性などの定量的な設定には検討の余地がある。

#### IV. 構造安全性の検討

##### 1. 軸組の構造安全性の検討

現地調査において、外周柱梁接合部および、1階執務空間に配置された独立柱と議場床梁の接合部の調査を行った。本項では、2階議場床を支える軸組について接合部の詳細を示すとともに、今後の利活用における安全性の検証を行う。

調査対象とする構面を図 19 に示す。対象構面は図中 X4 ~ X9 通りの構面である。これらの構面は議場の無柱空間を構成するほか、1階の執務空間を開放的な空間とするうえで重要な構造となっている。軸組の構造安定性について検討を行った結果を以下にまとめる。

##### (1) 外周柱－横架材接合部

外周柱－横架材接合部において、議場床を支える横架材 (2-■ 550 × 120 : ベイマツ) が柱を抱え込むように取り付き、2本のボルト (M16) で接合されている。また、横架材を挟み込む形で床梁と胴差が接合される。接合部の固定度は低いと考えられるため、ピン接合としてモデル化して数値解析を行ったが、特に補強等を行う必要はない。また、方杖のボルト留めは、2階床梁 (2本抱き合わせ) とボルト 1本で緊結されており、接合部の固定度は低いと考えられる。方杖による柱折損と併せて検討する。

##### (2) 独立柱と H 型鋼梁、2 階梁接合部

1階の独立柱 3本に取り付く形で H 型鋼梁 (H-380 ×

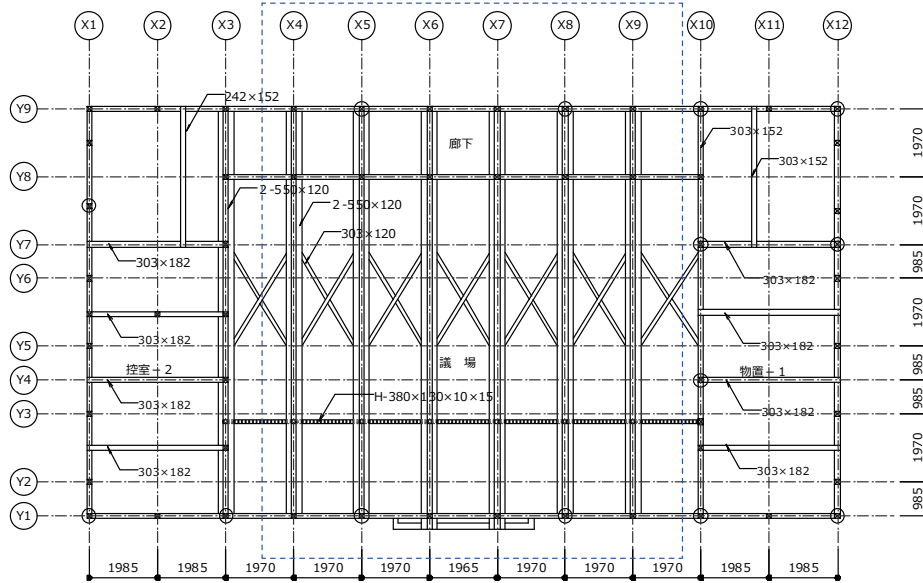


図 19 2階床伏図

150 × 10 × 15) が接合されている。1階執務室における柱断面は 212 × 212 角で、H型鋼梁との接合部において幅 120 mm に欠きこまれており、顎部分を H型鋼梁の支点としている。H型鋼梁は山形鋼を介して柱に接合される。M16 のボルト 2 本で接合されており、固定度は低いと考えられる。構造解析上、特に問題とならないので補強等は行わない。

(3) 軸組の数値解析による安全性評価

対象とした軸組架構は、長期荷重のみならず積雪荷重を考慮した鉛直方向荷重に対して、1階柱が許容値を上回る。また、水平方向変形時に方杖部分に大きな荷重が発生し、現況では、柱折損を引き起こす可能性があるため、以下のように補強を検討した。

2階議場と通路の間仕切り直下の1階部分に、東側と同様の独立柱 2 本を配置し、議場床梁を支える補強とする。方杖部分については現状のままとする。その結果、軸組架構は鉛直荷重作用時に対して部材の応力度が許容応力度以下となったが、R=1/30 rad 程度の水平変位が発生した場合に1階柱の応力検定値が 1 を上回り、折損等の損傷を引き起こす可能性がある。

(4) 軸組の補強対策

2階議場と通路の間仕切り直下の1階部分に、東側と同様の独立柱を 2 本増設し、議場床梁を支える鉄骨梁 (H-390 × 300 × 10 × 16) を新設する補強とすれば、長期荷重のみならず積雪荷重を考慮した鉛直方向荷重に対して部材の応力度が許容応力度以下となる。この1階柱増設は、本庁舎の利活用案にも適合する。改修計画では、

X3 ~ X10 間に H 型鋼梁を支えるために、Y8 通りの X3、X5、X8、X10 に 4 本の柱を増設する。

既設および新設する H 型鋼鉄骨梁を対象に図 20 に示すモーメント分布を仮定し、床荷重による曲げに対する検討を行い、最大モーメントに対して M/Z が許容応力度以下であることを確認した。

2. 方杖の検討

(1) 方杖による柱折損に対する検討

本建物において X4 通り ~ X9 通りの床を支える梁について検討を行い、安全性の検証を行った。現状の軸組みでは議場床を支える梁のたわみが大きいと共に、建物西側の柱に作用する軸力、方杖に発生する軸力による柱折損の恐れがあることより、建物西側に柱を新設し、既存柱の軸力緩和と梁たわみ抑制を図った。しかしながら、地震時に水平変位が生じた際に方杖に大きな軸力が生じ、柱折損を招く恐れがある。そのため、本改修では方杖が取り付く柱の両側に添え柱を設けて、柱折損防止の検討を行った。

現況の軸組では、水平変形時に1階柱の応力が大きく、柱折損を引き起こす可能性があるため、柱折損を防止するため、1階柱のけた行き方向構面内に添え柱を設ける。添え柱の断面形状は 75 × 150 mm (既存柱の 1/2) とし、材質は既存柱同様、ヒノキとする。図 21 に添え柱補強した柱-方杖接合部を示す。添え柱補強後の応力計算の結果、添え柱を設けることにより、検討用の層間変形角 1/30 rad 時においても短期許容応力度以内に収まって

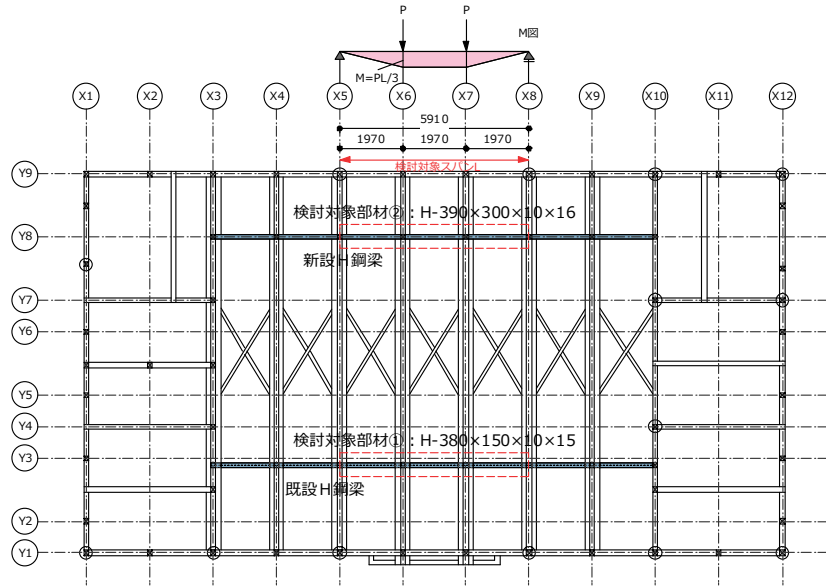


図 20 2階床伏図軸組補強箇所

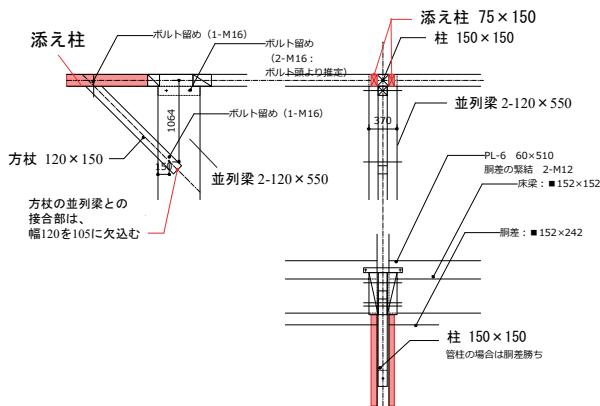


図 21 柱-方杖接合部（添え柱補強）

おり、柱折損を防止できることが分かった。ここで、検討用の層間変形角は、後述のV. 耐震診断・耐震補強設計の表4の耐震性能のクライテリアにおいて極めて稀に発生する地震動での層間変形角は安全限界層間変形角  $1/30 \text{ rad}$  以下とすることを設定しているの、最大の層間変形角  $1/30 \text{ rad}$  を採用している。

以上より、方杖が取り付く柱の両側に添え柱（ $75 \times 150 \text{ mm}$ ）を設けて、柱折損防止とする。添え柱は内壁で覆い、また方杖を留め付けているボルト M16 は変更せず、方杖は創建当初のディテールと意匠を残す補修・補強とする。

### 3. 床構面の検討

2階床の剛性について検討を行う。旧加悦町役場庁舎は1階、2階ともに内部の耐震要素が少なく地震動による水平荷重が生じた場合に、床構面の構面剛性不足によ

り、局所的に大きな変形が生じる恐れがある。そこで、2階の床を火打ちによる補強としてモデル化し、数値解析を行うことにより安全性の検証を行った。床伏図（火打ち補強）を図22に示す。横架材のヤング率はE70相当とし、部材端部はピン接合とした。火打ち（ $151 \text{ mm}$ 角）のモデル化については、部材断面を  $1/2$  とし、両端ピン接合とすることで引張側の荷重負担低減を考慮した。

床板の仕様は全室共通で、材種：アピトン、板厚： $15 \text{ mm}$ 、板幅： $120 \text{ mm}$  で使用している釘は根太（ $90 \text{ mm}$ 角 @ $485 \text{ mm}$ ）ごとに2-N45で、釘相互間隔は  $90 \text{ mm}$  とする。床板のせん断剛性は床板を固定する釘のめりこみによる抵抗を等価なせん断剛性として評価し、単位長さ当たりのせん断剛性は  $56.3 \text{ kN/m}$  とした。

現況の火打ち4箇所では、X方向の最大変位： $134.6 \text{ mm}$ 、Y方向の最大変位： $195.6 \text{ mm}$ であり、検討用の層間変形角  $1/25 \text{ rad}$ （変形  $157.5 \text{ mm}$ ）をY方向の変位が満足していない。ここで、検討用の層間変形角は、後述の表4の耐震性能のクライテリアに示す床構面剛性を考慮した最大層間変形角  $1/25 \text{ rad}$  を採用している。

図22に示すように、2階議場控室部分および倉庫部分の床に火打ちを各4箇所を追加した場合の解析モデルを示す。追加火打ちは、既存の火打ちと同断面とする。

火打ちを追加した場合、最大変位： $132.6 \text{ mm}$ 、Y方向の最大変位： $151.1 \text{ mm}$ となり、表4の床構面剛性を考慮した最大層間変形角  $1/25 \text{ rad}$  を満足する。

以上から、2階の議場控室部分および倉庫部分の床に火打ちを各4箇所、計8箇所に追加補強する。追加火打

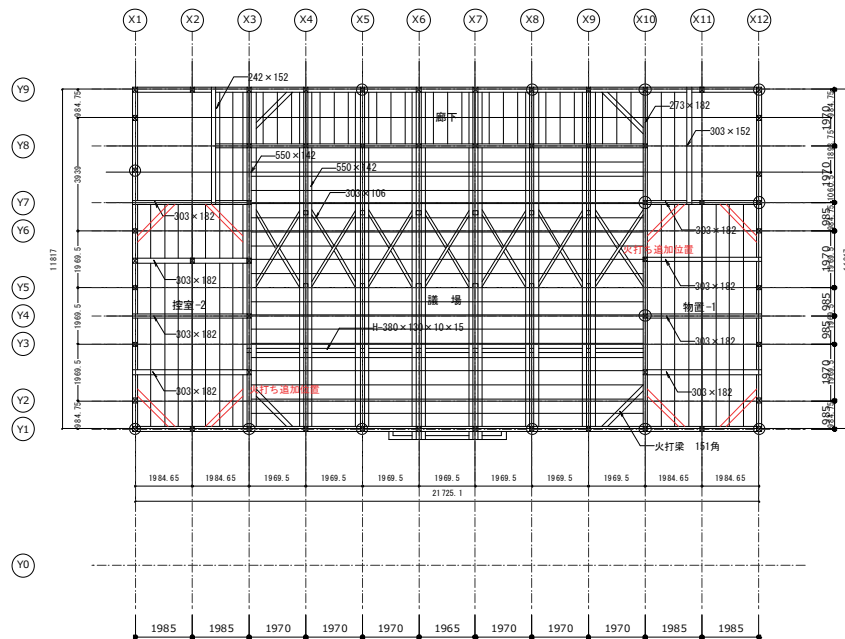


図 22 2階床伏せ図(火打ち補強)

ちは、既存の火打ちと同断面とする。

なお、小屋組みについては各トラス構面をけた行き方向の入力に対して繋ぎ材を用いて一体化されているため、十分な剛性があると判断し、検討を省略する。

#### 4. 基礎の検討

##### (1) 基礎の現況

基礎の周辺を掘り下げて基礎の現況を調査した結果、基礎は無筋コンクリートであり、地盤より下部は50 mm以上の粗骨材も認められ、写真9に見られるように亀裂などはなく、全体的に健全である。また、不等沈下も生じていないこと、基礎の上部からフーチングまで一体化していることを確認した。

##### (2) 基礎の鉛直荷重に対する検討

1階の柱への鉛直荷重による基礎コンクリートへの支圧について検討する。基礎は、無筋コンクリートでコンクリート強度が小さいため、基礎部分に生じる支圧応力がコンクリート強度に対して問題のないことを確認する。検討対象とする基礎部分は、柱に生じる軸力を部材断面積で除した圧縮応力が最大となる建物東側柱(Y1-X5)および、柱に生じる軸力が最大となる1階執務室の独立柱(Y3-X5)の2か所とした。検討対象とする軸力は長期積雪時の軸力を用いた。採取したコア供試体の強度試験から、基礎コンクリートの圧縮強度を $10 \text{ N/mm}^2$ とする。

2か所の柱において柱軸力による圧縮応力がコンク

リートの支圧強度 $f_{ck}$ 以下であることを確認した。長期積雪荷重に対して2倍程度の余裕度があるため、短期積雪時に対する検討は省略する。

##### (3) 地耐力に対する検討

基礎底板に生じる圧縮応力が地盤の許容応力度以下であることを確認する。対象とする箇所は基礎部分の検討を行った柱(Y1-X5)および柱(Y3-X5)とし、地盤の長期許容圧縮応力は今回行ったボーリング調査結果を用いて地耐力を推定した。基礎底板に生じる圧縮応力が地盤の許容応力度以下であることを確認した。

以上から、柱軸力による圧縮応力がコンクリートの支圧強度以下であることを確認しており、基礎コンクリートの強度は問題ないと判断する。また、基礎底板に生じる圧縮応力が地盤の許容応力度以下であることを確認しており、また、基礎の現況から亀裂などはなく、不等沈下も生じていないことを確認しており、地耐力は問題ないと判断する。

##### (4) 基礎コンクリートの補強

基礎コンクリートのコア抜きによって、基礎コンクリートは無筋で空隙が多いことが分かっている。基礎コンクリートの空隙や地中からシロアリが侵入し、1階の基礎上部の土台・柱脚・木摺は、腐朽・蟻害による劣化損傷が激しいので、シロアリの侵入を防ぎ、床下の地盤からあがってくる湿気を防ぎ、床下の換気を良くするために、地盤を掘り下げてベタ基礎を打設する。また、建物の周囲の地盤を掘り下げて排水溝を新たに設ける。こ

これらの工事に合わせて、既存の基礎の両側、屋内側はベタ基礎の立ち上がり部と、屋外側は排水溝と基礎の間に打設したコンクリートとで、既存の基礎と緊結して基礎コンクリートの補強を行う。

## V. 耐震診断・耐震補強設計

### 1. 耐震性能評価

#### (1) 耐震性能評価の基本方針

##### 1) 耐震性能の評価法

旧加悦町役場庁舎は、京都府指定有形文化財（平成9年3月14日）であるので、重要文化財（建造物）耐震診断・耐震補強の手引・改訂版（平成29年3月）に基づき、機能維持水準（大地震動時に機能が維持できる水準）、安全確保水準（大地震動時に倒壊しない水準）、復旧可能水準（大地震動時に倒壊の危険性があるが文化財として復旧できる水準）を確保するために、耐震性能評価では、手引の等価線形化法に基づく解析方法（限界耐力計算法）と同等な建築基準法の限界耐力計算に準拠した地震応答計算により耐震性能評価を行っている。地震応答計算法は、「伝統的構法の設計法作成及び性能検証実験検討委員会」での研究成果によってまとめた「伝統的構法のための木造耐震設計法－石場建てを含む木造建築物の耐震設計・耐震補強マニュアル－」<sup>12)</sup>の近似応答計算法の収斂計算法2を採用している。

地震応答計算では、主要な構造要素については実験あるいは文献等により復元力特性を評価した。1階の下部の土台、柱脚、木摺は腐朽・蟻害等による劣化損傷が見られるので、現況の耐震性能評価（耐震診断）では、外壁モルタル壁の復元力の低減を考慮しているが、補強計画での耐震性能評価では、これら劣化損傷部分を補修・補強するので、復元力の低減を行わない。

耐震性能のクライテリアは、稀に発生する地震動に対する損傷限界層間変形角を1/120 rad、極めて稀に発生する地震動に対する安全限界層間変形角を1/30 rad（積雪時についても同様）とする。偏心や床構面剛性を考慮して増大させた層間変形角は1/25 rad以下とする。耐

震性能のクライテリアを表4に示す。

#### 2) 積雪荷重

京都府与謝郡与謝野町は、京都府の建築基準法施行細則（参考資料）により多雪区域であり、垂直積雪量最大積雪量が1.1 mであるため、積雪荷重の有無による地震応答計算を行い、耐震性能の検討を行う。

#### 3) 表層地盤の加速度増幅

本庁舎の敷地近傍の地盤に傾斜はなく、近隣に傾斜地および崖もない。本庁舎周辺での地盤調査結果から、液状化のおそれがないことを確認した。隣接する加悦小学校建設時のボーリング調査資料（別添資料を参照）から、支持層の傾斜が5%以内であることを確認し、5 m以上の支持層厚さを有していると判断した。以上から、ボーリング調査資料を用いて平成12年建設省告示第1457号第10に基づいて表層地盤による加速度の増幅率Gsを計算して地震応答計算に用いる。

#### (2) 改修の基本方針

本庁舎は、京都府指定有形文化財であるので、重要文化財（建造物）耐震診断・耐震補強の手引・改訂版に基づくとともに、外壁の鉄網モルタル壁、小屋組のキングポストラスや方杖は構造的に意匠的に重要であるので、歴史的、文化財的、意匠的価値を損なうことないように、構造補強設計、耐震補強設計を行うとともに耐久性向上の対策等を行って、改修案を提案する。

#### (3) 構造要素

構造要素としては、外周部外壁モルタル壁と内壁を構成する壁要素のほか、1階の東側と西側の柱列で2階議場床を支える桁の下部に配置された方杖からなる柱梁接合部が主な耐震要素となっている。

##### 1) 壁要素

壁要素としては、基本的には外周部外壁の斜め張り木摺下地鉄網モルタル壁、内壁の木摺下地ドロマイトプラスター壁（片面）、木摺下地ドロマイトプラスター下地土塗り壁（片面）、土壁（片面、40 mm）の4種類である。壁の構成要素は上記の4種類であるが、これらの壁要素からなる全面壁、垂れ壁・腰壁の小壁である。主要な耐震要素である外壁モルタル壁は、1階下部の木摺、

表4 耐震性能のクライテリア

	稀に発生する地震動	極めて稀に発生する地震動
地震応答計算による代表層間変形角	1/120 rad 以下	1/30 rad 以下 積雪時 1/30 rad 以下
偏心および床構面剛性を考慮した最大層間変形角	—	1/25 rad 以下

鉄網などの劣化部分を補修・補強するので、地震応答計算ではせん断耐力および復元力を低減しない。

## 2) 軸組要素

柱-横架材（土台、桁梁）の軸組の他、2階床火打梁や1階の東側と西側の柱列に設けられた方杖がある。柱-横架材の仕口部分は短ほぞやボルト接合部となっており、十分な耐力が期待できないため、耐震要素には算入しない。

## 3) 構造要素の地震応答計算用復元力特性

構造上主要な構造要素である壁要素や方杖の復元力特性は、実験あるいは文献調査から復元力特性を評価した<sup>4,13)</sup>。これらの主要な構造要素は、1/25 rad 以下では急激な耐力低下は見られないことを確認している。

## 2. 現状の耐震性能評価（耐震診断）

### (1) 表層地盤の加速度増幅率

平成12年建設省告示第1457号第10および国土交通省国土技術政策総合研究所・建築研究所監修「建築物の構造関係技術基準解説書（2015年版）」に基づいて、ボーリング調査資料から加速度増幅率算定用の地盤モデルを作成し、表層地盤による加速度の増幅率  $G_s$  を算定した。

地盤の非線形モデルはHD（Hardin-Drnevich）モデルを用い、1次固有周期  $T_1$  と1次モード  $U_1$  は多質点系せん断棒モデルの固有値解析（Stodola法）により求めた。剛性低下率は収斂計算により求め、収斂回数は10とした。ただし、加速度増幅率  $G_s$  の数値が1.23を下回る場合は加速度増幅率  $G_s = 1.23$  とした。地震応答計算に用いる加速度増幅率  $G_s$  を図23に示す。

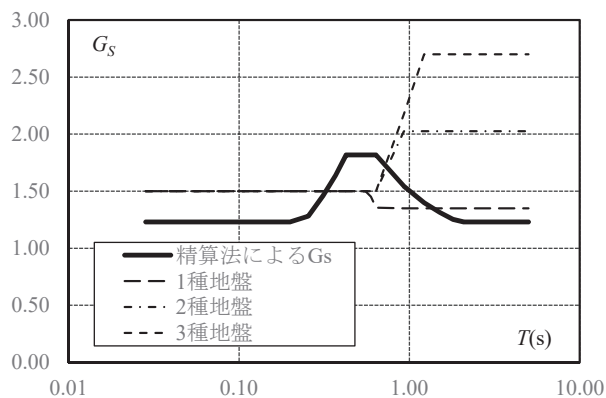


図23 地盤の加速度増幅率  $G_s$

## (2) 設計用荷重

### 1) 固定荷重

建物の単位重量は日本建築学会荷重指針、施行令第84条などに基づいて実況に応じて設定した。壁重量は各層へ振り分けて算定した。重量は1層：461.10 kN、2層：563.80 kN、合計：1024.91 kNである。

### 2) 積載荷重・積雪荷重

地震用の積載荷重として  $2100 \text{ N/m}^2$  を用いた。当該地区は多雪区域に分類され、垂直積雪量 1.1 m であり、単位積雪重量は  $30 \text{ N/cm}^2$ 。地震時における積雪荷重は 0.35 倍を乗じた。

## (3) 地震応答計算

### 1) 耐震性能のクライテリア

限界耐力計算に準拠した地震応答計算を稀に発生する地震動および極めて稀に発生する地震動に対して行い、各方向、各層の応答変形角について表4の耐震性能のクライテリアにより検討を行う。

### 2) 構造要素の種類と配置

主な構造要素は、全面壁、小壁（垂壁、腰壁）、2階議場床を支える桁の下部（1階天井部分）に配置された方杖からなる柱梁接合部である。構造要素の平面配置を図24に示す。

### 3) 地震応答計算結果

地震応答計算は収斂法<sup>2)</sup>によった。計算ステップ 1/120 以下では縮約系の減衰定数は 0.05 としている。計算結果を X 方向（長手方向）および Y 方向（短手方向）について図25に示す。

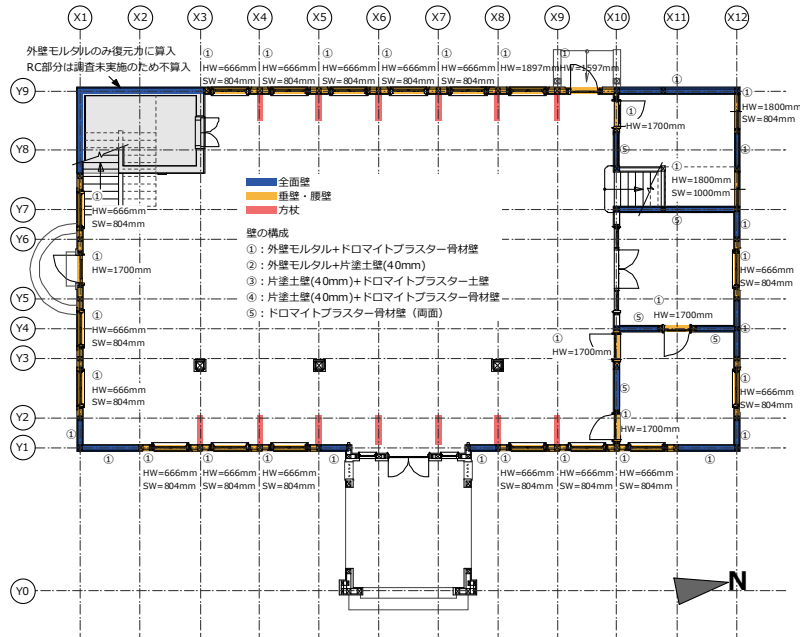
## (4) 耐震性能評価（耐震診断）

X 方向、Y 方向ともに、稀に発生する地震動に対する応答値は損傷限界層間変形角を満足するが、極めて稀に発生する地震動に対して安全限界層間変形角を満足しておらず、大きな損傷が生じる可能性が高い。したがって、耐震補強を必要とする。

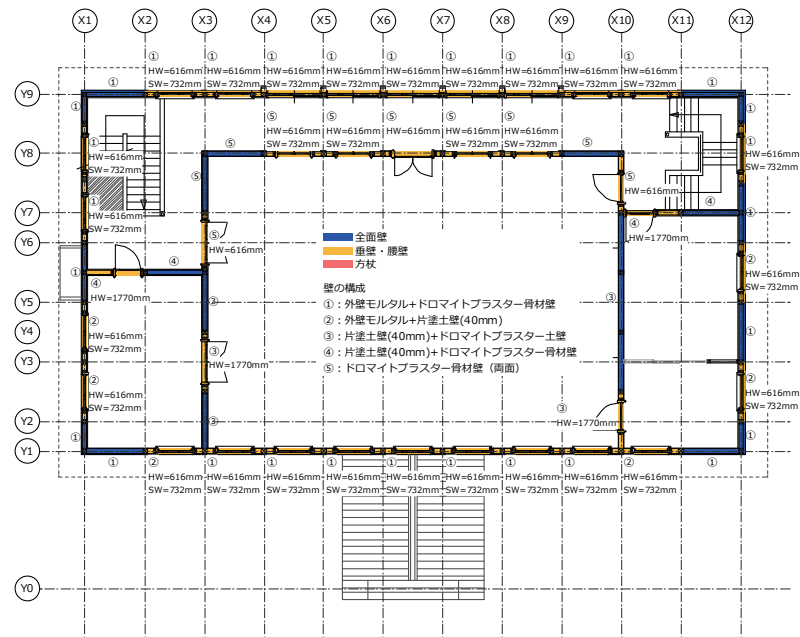
## 3. 耐震補強計画

### (1) 耐震補強の概要

本建物は X 方向、Y 方向ともに耐震要素が少ない、特に Y 方向の耐震要素が少ない。そのため、耐震補強設計においては耐震要素の配置を見直し、偏心の少ない建物とすると同時に耐力性能向上を目標とする。外壁モルタル壁は、基本的に現状を維持する。補強は、内壁において平面計画上下都合のない位置において現状の内壁



a) 1階耐震要素



b) 2階耐震要素

図24 耐震要素平面図

を乾式土壁パネル壁に変更する他、X5、X8 通りに新設する。

- 1) 内壁の一部を乾式土壁パネル壁に変更
  - ・1階北側の事務室：土台、柱脚部、木摺下地が蟻害、腐朽による劣化が激しいので、それらの補修に併せて、内壁を乾式土壁パネル壁に変更して補強する。
  - ・1階南東側：偏心を考慮して、内壁を乾式土壁パネル壁に変更して補強する。
  - ・2階の北側控え室・南側控え室：議場との内壁を乾

式土壁パネル壁に変更して補強する。

- ・2階西側の廊下：階段踊り場の内壁を乾式土壁パネル壁に変更して補強する。
- 2) 1階の増設柱と壁の新設
    - 2階議場と通路の間仕切り直下の1階 Y8 通りに東側と同様の独立柱を2本増設し、大きなたわみが想定される2階議場床の梁を支え荷重を負担させる。この柱増設に併せて X5、X8 通りに乾式土壁パネル壁を新設して補強する。なお、この柱の増設と壁の新設は、旧加悦町役

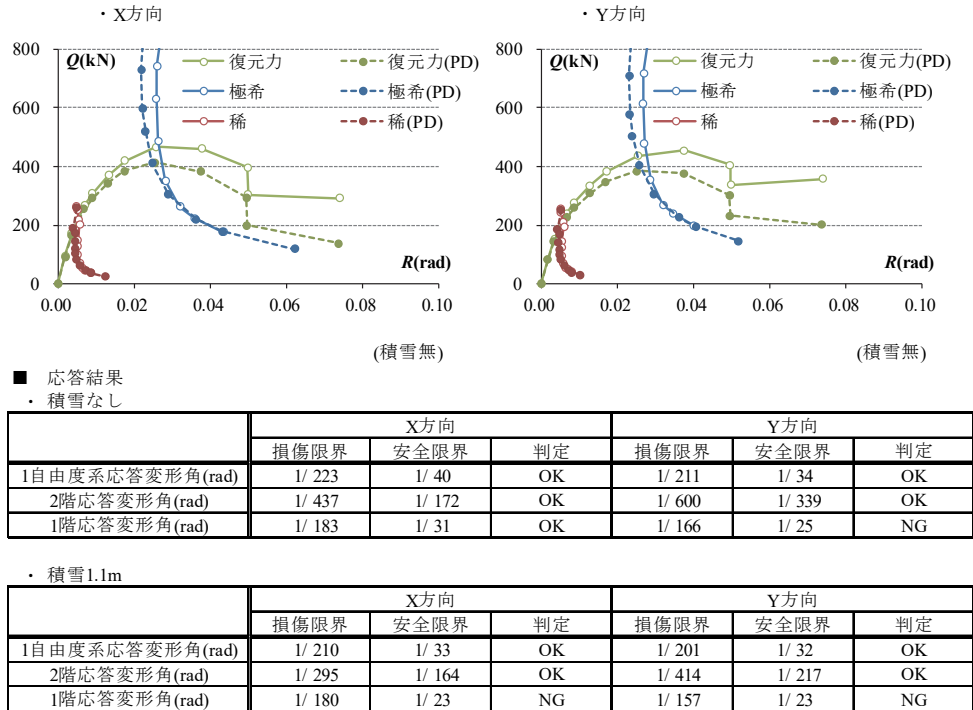


図 25 現況(改修前)の耐震診断結果

場庁舎の利活用案として提案されたものである。

これらの補強案は、図 26 の耐震要素平面図に緑色で示す。

(2) 地震応答計算(耐震補強)

1) 設計用荷重(耐震補強)

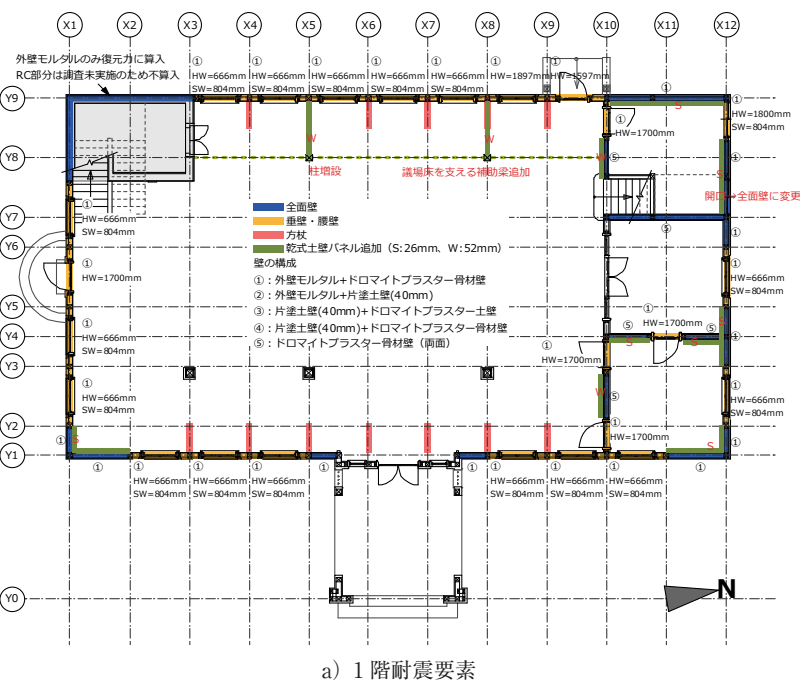
設計用荷重で固定荷重は、補強によって新たに追加した重量を追加して求めた。積載荷重、積雪荷重は耐震診断時と同じである。

2) 耐震性能のクライテリア(耐震補強)

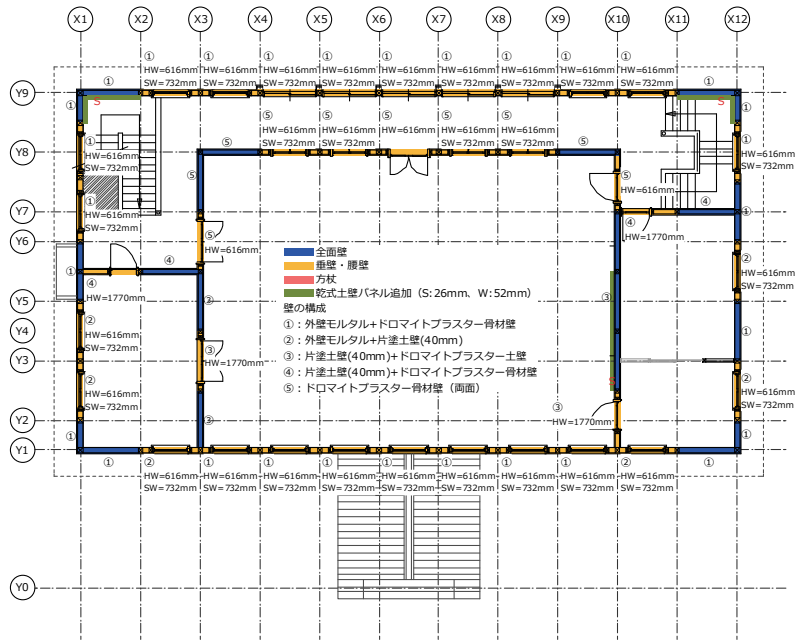
耐震性能のクライテリアは、耐震診断時と同様である。

3) 復元力特性の算定

復元力特性の算定は、耐震診断における復元力特性に新たに配置する乾式土壁パネル壁の復元力特性を累加して求めた。乾式土壁パネル壁の設計用復元力特性は注 12) を参照。







b) 2階耐震要素  
図26 耐震要素平面図

(3) 耐震性能評価 (耐震補強)

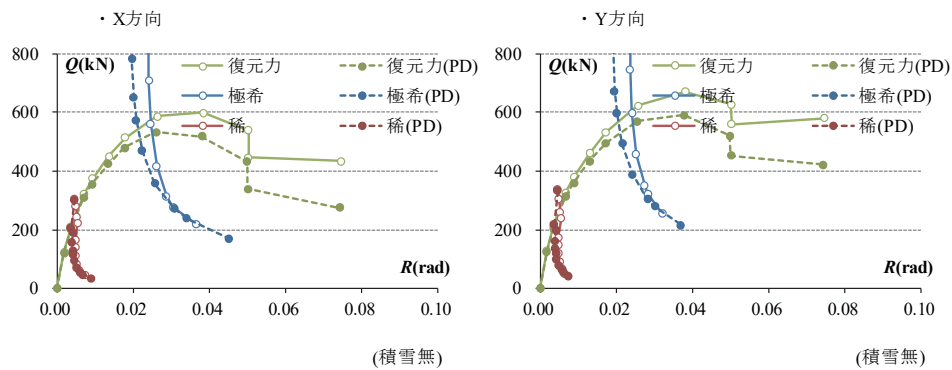
地震応答計算の結果は、図27に示すように積雪の有無に関わらずX方向およびY方向とも表4の耐震性能のクライテリアを満たしている。

(4) 追加検討 (耐震補強)

耐震補強で用いた表層地盤の加速度増幅率を表す数値  $G_s$  は、耐震診断と同様である。しかし、平成12年建設

省告示第1457号第10における表層地盤の加速度増幅率を表す数値  $G_s$  は増幅率の下限値を1.23としており、旧加悦町役場庁舎の地盤に対し、損傷を考慮した1秒を超える周期に対し、地盤の応答増幅率は1.23となり、第一種地盤の応答増幅率1.35を下回り、危険側の評価となる恐れがある。

そのため、追加検討として、精算法による地盤の応答



■ 応答結果  
・ 積雪なし

	X方向			Y方向		
	損傷限界	安全限界	判定	損傷限界	安全限界	判定
1自由度系応答変形角(rad)	1/ 242	1/ 45	OK	1/ 244	1/ 47	OK
2階応答変形角(rad)	1/ 422	1/ 148	OK	1/ 612	1/ 212	OK
1階応答変形角(rad)	1/ 203	1/ 35	OK	1/ 197	1/ 36	OK

・ 積雪1.1m

	X方向			Y方向		
	損傷限界	安全限界	判定	損傷限界	安全限界	判定
1自由度系応答変形角(rad)	1/ 226	1/ 42	OK	1/ 233	1/ 44	OK
2階応答変形角(rad)	1/ 270	1/ 73	OK	1/ 422	1/ 130	OK
1階応答変形角(rad)	1/ 206	1/ 34	OK	1/ 191	1/ 33	OK

図27 耐震補強後の耐震性能評価

増幅率の下限値を第一種地盤と同様とすることで応答増幅率を安全側に評価した場合について検討を行った。耐震補強と同様に耐震性能評価を行い、X方向、Y方向のともに積雪の有無に関わらず表4の耐震性能のクライテリアを満足することを確認した。

## VI. おわりに

本論文は、旧加悦町役場庁舎の耐震改修に関連する調査研究、特に構造補強、耐震補強についてとりまとめたものである。調査研究では、木部調査による健全性、耐久性、構造調査による主要な構造要素の実験的検証、軸組等の構造安全性、防火・避難などの防災計画、耐震性能評価、耐震補強設計など多くの成果、知見等が得られ、それらを盛り込んだ改修計画案を提案した。この改修計画案では、京都府指定有形文化財であるので歴史的、文化財的、意匠的価値を損なわないように、また外壁の鉄網モルタル壁や内壁のドロマイトプラスター壁などは、建築史、特に構造の歴史から重要であり、できる限り建設当初の工法として継承することを策定した。

なお、提案した改修計画に基づいた改修工事案については、京都府建築審査会から構造関係は第三者判定機関での判定が必要となり、一般財団法人 日本建築総合試験所で改修工事案による建築物の耐震安全性の審査の結果、妥当と判定され、2019年1月31日に建築審査会で承認されている。

旧加悦町役場庁舎と同様に明治期、昭和初期に建設された洋風木造建築物や煉瓦造建築物の多くは、耐震補強を含む改修の時期を迎えている。そこで、旧加悦町役場庁舎の耐震改修に関する調査研究の方法や耐震改修技術は、明治期、昭和初期に建設された洋風木造建築物や煉瓦造建築物の耐震改修に役立つことを願っている。

改修工事は2020年3月に竣工し、4月から地域住民

の交流の場として利活用されている。写真13に改修後の正面外観、1階、2階旧議場を示す。改修工事で庁舎の姿が変わってしまうのではないかと危惧される住民もおられたが、外観等は写真13に示すように改修前とほとんど変わっていない。2階旧議場の格天井、窓などは建設時の意匠に復原され、建設当時の雰囲気が再現されている。旧加悦町役場庁舎は構造安全性、耐震安全性、健全性・耐久性が格段に向上したので、地域住民によって利活用とともに末長く維持保存されることを願っている。

## 謝辞

旧加悦町役場庁舎の本調査研究は、京都府与謝野町によって設置された旧加悦町役場庁舎耐震改修検討委員会のもとに行政や地元の方々、大学等研究者等のご協力をいただき実施されました。

調査研究部会の皆様には、現地調査、実験、解析等を精力的に進めていただきました。行政や地元委員等の皆様には、現況調査などでお世話になり、また貴重なご意見をいただきました。多大のご協力、ご支援をいただき、感謝いたします。

なお、大場修教授（京都府立大学）には歴史的調査を、また大窪健之教授および金度源准教授（立命館大学）には防災計画（防火・避難）に関する改修提案を担当していただきましたが、本報では構造・耐震改修を主にしたため、これらの調査研究の報告を割愛しました。ここに記してお詫び申し上げますとともに調査へのご協力を感謝いたします。

本調査研究は、与謝野町からの平成30年度立命館大学奨学寄付金による支援と立命館大学歴史都市防災研究所2018年度私立大学等経常費補助金特別補助研究施設運営支援プロジェクト「旧加悦町役場庁舎耐震改修の調査研究」の一環として行った。ご協力をいただいた関係者の方々に謝意を表します。



(a) 正面外観



(b) 1階



(c) 2階旧会議場

写真13 改修後の旧加悦町役場庁舎（与謝野町提供）

## 注

- 1) 京都府教育庁指導部文化財保護課：京都の文化財第15集、1998年1月、京都府教育委員会。
- 2) 与謝野町加悦伝統的建造物群保存地区防災計画策定調査委員会（鈴木祥之編著）：「与謝野町加悦伝統的建造物群保存地区防災計画策定調査報告書」、2012年3月、与謝野町教育委員会。
- 3) 鈴木祥之（編纂）：「旧加悦町役場庁舎改修のための予備調査報告書」、2015年3月、立命館大学衣笠総合研究機構。
- 4) 旧加悦町役場庁舎耐震改修検討委員会：「旧加悦町役場庁舎耐震改修検討委員会報告書－旧加悦町役場庁舎の利活用と改修に関する調査研究－」、2019年3月、京都府与謝郡与謝野町。
- 5) 森林総合研究所：木材工業ハンドブック改訂4版、2004年3月。
- 6) 川崎工場編（川崎寛美）：「登録実用新案第22053号鉄網混凝土説明第3版」、1912。
- 7) 須田達、浦憲親、鈴木祥之：与謝野町旧加悦町役場の基礎と外壁の現地調査と材料試験、歴史都市防災論文集、Vol. 13、pp. 69-76、2019年7月。
- 8) 日本建築学会：建築工事標準仕様書・同解説 JASS 15 左官工事、日本建築学会、p. 306、2007。
- 9) 坂本功、大橋好光：木造軸組ラスモルタル壁の水平せん断実験（その1）、日本建築学会大会学術講演梗概集、東北、1982、pp. 2077-2078。
- 10) 大橋好光、坂本功：木造軸組ラスモルタル壁の水平せん断実験（その2）、日本建築学会大会学術講演梗概集、東北、1982、pp. 2079-2080。
- 11) 浅野陽彦、吉富信太、中治弘行、須田達、向坊恭介、佐藤英佑、鈴木祥之：3次元立体解析モデルを用いた旧加悦町役場庁舎の耐震性能評価に関する研究、歴史都市防災論文集、Vol. 13、pp. 15-22、2019年7月。
- 12) 伝統的構法木造建築物設計マニュアル編集委員会：「伝統的構法のための木造耐震設計法－石場建てを含む木造建築物の耐震設計・耐震補強マニュアル－」、学芸出版社、全420頁、2019年6月、ISBN978-4-7615-4049-4。

