

旧大井家住宅（白川の合掌造）の耐震補強工事について

研究員 古荘 貴也

1. はじめに

旧大井家住宅（白川の合掌造）は、大阪府文化財センターにより平成25年（2013）6月から平成27年（2015）3月にかけて耐震改修及び保存修理事業が実施された。当協会では、この事業において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. 建物概要

旧大井家住宅（白川の合掌造）は、大阪府豊中市服部緑地の日本民家集落博物館内に所在する。建設時期は明らかではないが、19世紀中期と推定され、岐阜県白川村大郷地区の大牧集落にあり、幕末に名主などの要職を務めた大井家が所有していた。鳩ヶ谷ダム建設のため昭和31年（1956）8月に現在地に移築され、昭和34年（1959）5月に「民家（白川の合掌造）」として重要民俗資料の指定を受け、昭和50年（1975）の文化財保護法の改定により重要有形民俗文化財と改称された。

その後は、昭和60年（1985）に木部及び屋根一部差茅修理、平成6年（1994）に屋根全面葺替及び部分整理、平成8年（1996）に震災被害補修が行われ、現在に至る。

構造形式

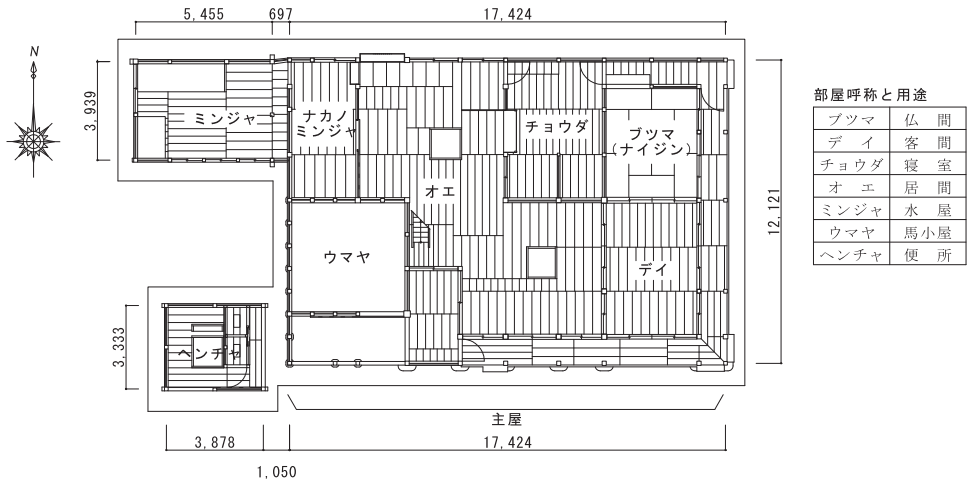
主屋、ミンジャ、ヘンチャ 全て木造、平屋建、切妻造、茅葺き。

主要寸法

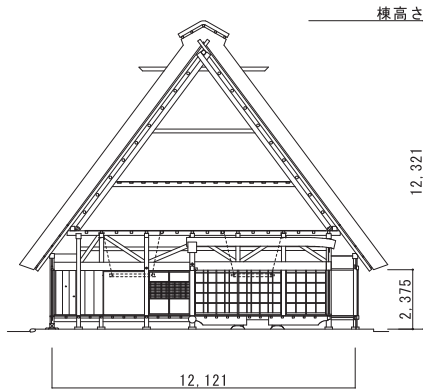
区 分		両端柱間真々 単位：メートル
主 屋	桁行	17.42
	梁間	12.12
ヘンチャ	桁行	3.88
	梁間	3.33
ミンジャ	桁行	6.15
	梁間	3.94



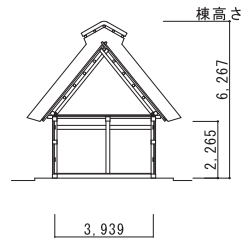
図1 竣工 西面より望む



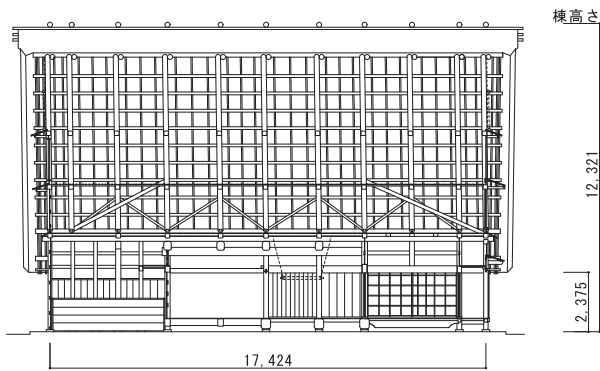
1階平面図



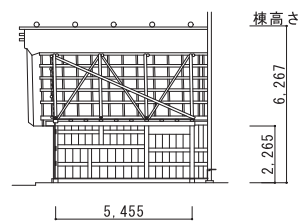
主屋 梁間断面図



ミンジャ 梁間断面図



主屋 桁行断面図



ミンジャ 桁行断面図



図2 主屋・ミンジャ 平面図、梁間断面図、桁行断面図

3. 耐震改修及び保存修理工事の経緯

通常の利用状況では、ヘンチャには不特定多数の拝観者の出入りがなく、主に主屋とミンジャへの拝観になることから、主屋とミンジャの耐震診断を平成25年（2013）6月に実施し、その結果両棟に対して耐震補強の必要性が認められた。

この結果を受け、平成25年（2013）9月には主屋、ミンジャの耐震補強案を策定し、併せて破損部分の修補を行うこととした。補強工法の選定及び保存修理方針の策定にあたっては、文化庁、大阪府教育委員会文化財保護課の指導を受けた。その協議を元に平成25年（2013）10月に耐震補強を含めた保存修理工事実施図書を作成し、平成26年（2014）2月から平成27年（2015）3月にかけて耐震改修及び保存修理工事を実施した。

4. 破損の状況と修理の概要

軸組・床組 柱位置毎に敷居、差鴨居、貫等の高低差を測定したところ、南面側通りの柱が高く、北面側通り及び、南北両面入側通りが低くなっている傾向が見られ、一間又は半間で最大40ミリメートルの差が生じている（図3）。礎石は地盤に陥没しており、柱脚に差し込まれた飼木も圧壊していた。これは屋根の構造上、入側通りに屋根の重量がかかりやすくなっているためと、地盤の締め固めが不十分なためと思われる。

本工事では、沈下の著しい柱の不陸調整を行った。40ミリメートル沈下の部分では約20ミリメートル戻すことができた。

オエ・チョウダ・ナカノミンジャの床組は、直径400ミリメートル前後の大径木の大引きを束石に直接乗せ、根太は大引の欠き込みに落とし込むだけで釘では固定しておらず、支持スパンの割には小断面であることから、1階床のたわみや揺れの原因となっていた（図4）。

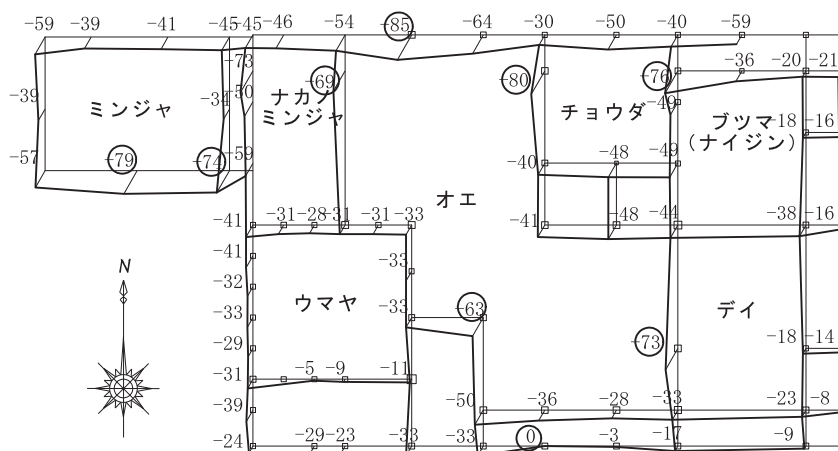


図3 不陸測定図（南面の一番高い点を0、単位ミリメートル）

また、床板の止釘も緩んでいたため、床板の浮きが生じていた。本工事では、大引と根太の仕口を釘で固定し、小断面の根太には中間に根太受及び束を追加して床組みを安定強化させた。修理前の床板は上面からの洋釘止としていたが、根太には旧釘痕が確認できないことから、当初は釘止していなかったと判断した。今回は床板固定のため目鋸止とした。

屋根 合掌造の棟には、かんざし茅と呼ばれる直径約150ミリメートルに結束した茅束を折り曲げて乗せているが、鳥類が引き抜くために欠失又は細くなっているものが多かった。また、棟上端には苔が付着し始め、品軒側面の大半は腐食していた。本工事では棟飾り、品軒廻り、かんざし茅の葺き替えを行った（図5）。

雑工事 ブツマは壁紙の汚れ、破損が著しかったので貼り替えを行った。下地の板壁には節穴や割れが見られ、四周の軸組みとは隙間が生じていたので、表具の下地に9ミリメートルの合板を張り、四周に固定用の棧を打ち付けて下地調整を行い、下貼り、上貼り（鳥の子紙）を袋張りした。

建具は建て付けの悪化や、障子の組子や板戸の破損が各所に見られ、2階妻壁の敷鴨居は蛙の破損により、雨戸の使用不可能な状態になっていたため、各所補修を行った。

床下大引、足固には一部蟻害の痕跡が認められたため、被害拡大予防のため防虫防蟻処理を行った。

電気設備は昭和31年（1956）の移築時のままであったため、照明に関する電気設備の全面改修を行った。

5. 耐震診断の内容

5-1. 診断方法

耐震診断については、「限界耐力計算」及び「部材の応力度検定」を行った。

限界耐力計算は、建物を質点系に置き換えているため、水平構面が剛床仮定で、建物全体が一体的に挙動することが求められるが、主屋とミンジャで



図4 床板解体完了



図5 棟廻り葺き替え完了

は個別の挙動を示すと考えられるため、2棟に分割して検討を行った。

5-2. 入力地震動

地盤種別は（独）防災科学技術研究所が公開している地震ハザードステーションを基に第2種地盤とした。工学的基盤から地表までの地盤増幅率は2.025とした。

入力地震動は、開放工学的基盤で与えられる減衰定数（ h ）5%における加速度応答スペクトルは図6に示す通りであり、表層地盤による加速度増幅率を用いて地表面まで増幅させた。

稀に発生する地震動（中地震）に対するスペクトルの加速度レベルは、極めて稀に発生する地震動（大地震）に対するスペクトルにおける加速度レベルの1/5である。

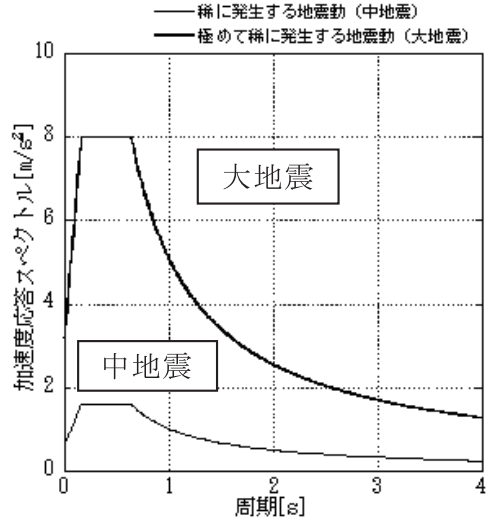


図6 解放工学的基盤上の加速度応答スペクトル ($h=0.05$)

5-3. 耐震性能目標の設定

安全性の判断基準は、大地震時において倒壊の危険性がないこととした。限界耐力計算において大地震時の層間変形角が1/15ラジアン以下となり、かつ部材の応力検定において主要構造部に折損等の危険性がない場合、安全性を満足するものとした。

（ラジアン：rad、角度の単位。1ラジアン=約57.295°、 π ラジアン=180°。）

5-4. 解析結果（現状診断）

主屋・ミンジャともに極めて希に発生する地震で倒壊の危険性が認められ、必要耐震性能を満足していないと判定された（表1、図14）。

6. 耐震改修工事の内容

6-1. 補強方針

文化財的価値に配慮し、解体範囲を最小限にして部材をできるだけ痛めない事、意匠や空間を最大限残す方針を採った。主な補強内容として以下の2種類を実施した。

①壁面補強：主屋には複合鋼板耐震壁を既存板壁に沿わせて取付け、地震の揺れを吸収させる。ミンジャには構造用合板を東面1スパンに新設し、耐震要素とする。

②水平構面補強：2階床面を水平ブレースで固めて、地震時に建物を一体的に挙動させる。

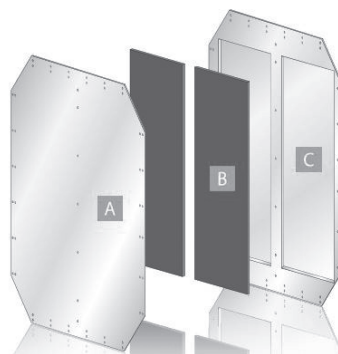
これらの補強を施すことにより、補強後の耐震診断において、両棟の各方向で安全性を満たす結果となった。

6-2. 壁面補強

(複合鋼板耐震壁、構造用合板)

複合鋼板耐震壁とは、「複合鋼板パネル」という2枚の鋼板（アルミニウム-マグネシウム合金めっき鋼板）の間に粘弾性体（ブチルゴム系）を挟んだ厚さ3.5ミリメートルの耐震要素を壁に取付ける補強方法である（図7）。

既存板壁はそのままにして、鋼製アングルで下地を組み、複合鋼板パネルを専用のビスで留め付け、既存板壁の意匠を表現するために同位置に貫と板張を取付けた。うまやの一面では、来館者が複合鋼板パネルの取付け状況が見られるように仕上げ板張りは行わなかった（図8、9、10）。



- 鋼板（アルミニウム-マグネシウム合金めっき鋼板）
表面0.6ミリメートル(A)、裏面0.4ミリメートル(C)
- 粘弾性体(B)（ブチルゴム系 厚2.5ミリメートル）
- 国土交通大臣認定、壁倍率4.2

図7 複合鋼板耐震壁の構造

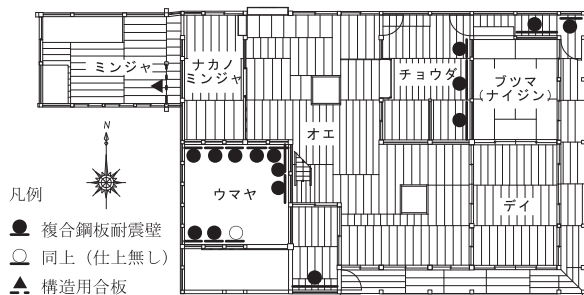


図8 壁面補強配置図



図9 複合鋼板パネル取付け状況



図10 複合鋼板パネル、化粧板張完了

ミンジャには、開口部に新たに構造用合板を取り付けた。新設ということが分かるように化粧板張は行わなかった。

6-3. 水平構面補強 (水平ブレース)

2階床梁組の上に120ミリメートル角又は105ミリメートル角ヒノキの枠材をビス止し、補強金具を介して径16ミリメートル又は径12ミリメートル鋼棒の水平ブレースを取付けターンバックルで締付けた(図11、12、13)。

2階の拝観部分や管理用通路に当たる部分には根太を渡して床を張り直した。(管理用通路は新設)

ブツマとデイでは天井を張っているが、他は簀子天井としているので、1階の景観を損なわないように補強部材は鋼製として断面を細くし、簀子天井の上に施工し、周囲の色調に併せて着色した。

6-4. 解析結果(補強後)

補強後解析では、極めて希に発生する地震に対して、主屋の層間変形角は1/25ラジアン以上(桁行方向1/25ラジアン、梁間方向1/29ラジアン)となり部材応力度検定による折損が生じないか確認が必要と判断された。またミン

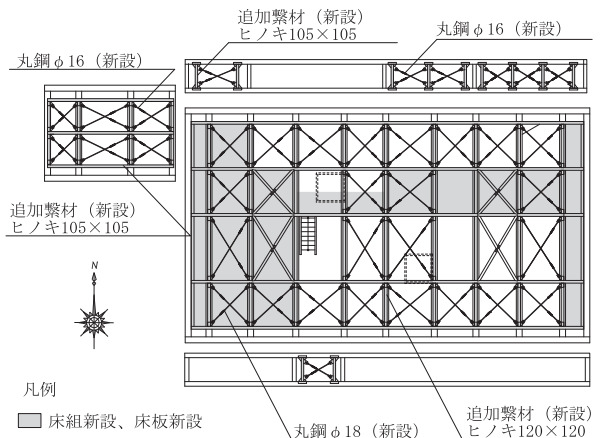


図11 水平構面補強配置図



図12 水平構面補強部分



図13 水平ブレース、床板張り完了

ジャは1/30ラジアン以上（桁行方向1/45ラジアン、梁間方向1/59ラジアン）となり、必要耐震性能を満足すると判定された（表2、図14）。

表1 耐震診断結果（補強前）

方向	層間変形角（ラジアン） 破損の状況	
	主 屋	ミンジャ
桁行	応答値なし 倒壊の危険性	応答値なし 倒壊の危険性
梁行	1/15 非倒壊 （大破）	応答値なし 倒壊の危険性

表2 耐震診断結果（補強後）

方向	層間変形角（ラジアン） 破損の状況	
	主 屋	ミンジャ
桁行	1/25 非倒壊 （大破）	1/45 補修・再使用可能 （中破）
梁行	1/29 非倒壊 （大破）	1/59 補修・再使用可能 （中破）

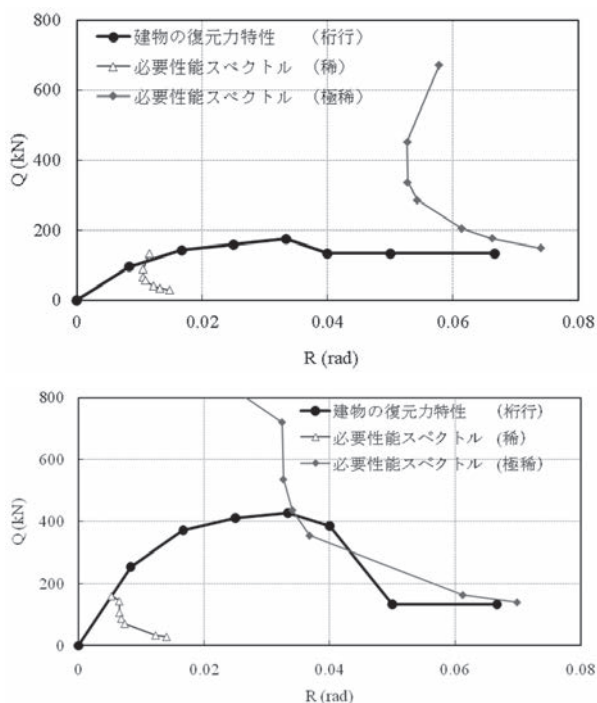


図14 主屋桁行方向診断結果
（上：補強前、下：補強後）

6-5. 部材の応力度検定

補強後に大地震時の層間変形角が1/30ラジアン以上となる建物（主屋）についてフレーム解析を行い、部材の破損が生じないか確認を行った。検定は柱の曲げ破壊が生じる可能性がある、垂れ壁付き独立柱を有する構面のうち最も柱の折損が生じやすい面に対して行った（図15、16）。

応力検定を実施した結果、各方向とも最大応力度が材料強度を下回り、部材の破損が生じないことが確認された。

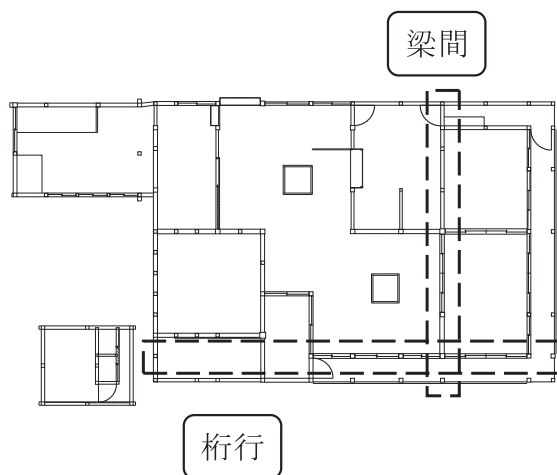
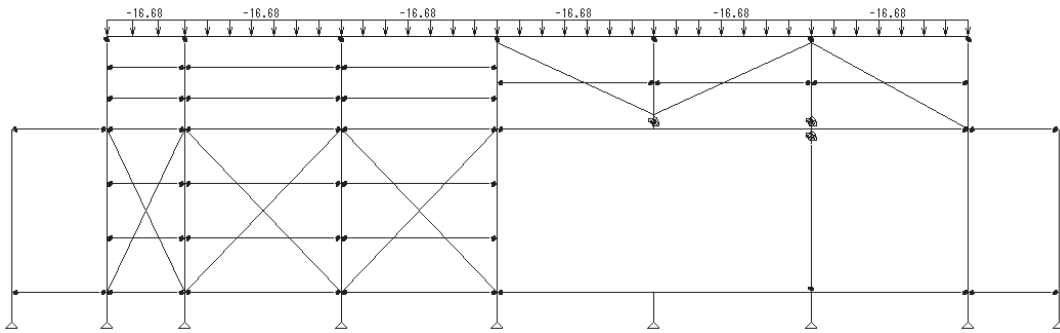
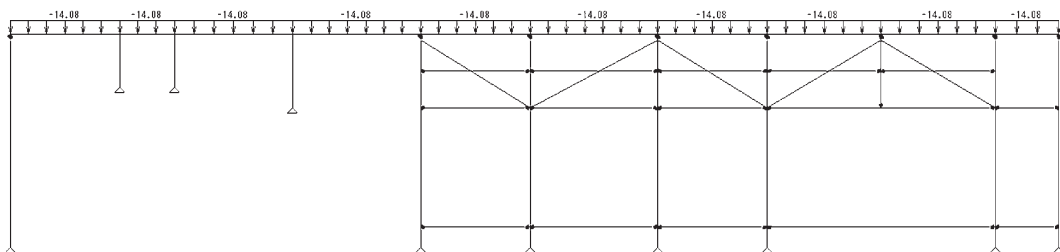


図15 応力検定を行った構面



梁 間



桁 行

図16 部材の応力検定を行ったモデル図

7. おわりに

最後になりましたが、本工事にご指導、ご協力頂いた公益財団法人大阪府文化財センター、大阪府教育委員会ならびに工事関係者の皆様に、感謝申し上げます。

参考資料

- 1 財団法人大阪府文化財センター 日本民家集落博物館『日本民家集落博物館 民家の案内』2006年10月
- 2 財団法人大阪府文化財センター 日本民家集落博物館『開館50周年記念誌』2006年10月