旧磯部邸の耐震改修

明治期の古民家耐震改修

2024.2.4

㈱ｸﾞﾘｰﾝﾃﾞｻﾞｲﾝｵﾌｨｽ

代表取締役　構造設計一級建築士

岩田真次

旧磯部邸　古民家改修計画

国指定重要文化財

旧磯部邸全景

旧磯部邸の軸線は東南東30度
（冬至の日の出方向）

Google Maps

文化財建造物改修の基本的な捉え方

文化財建造物等の地震における安全性確保に関する指針

庁保建第４１号　文化庁文化財保護部長通知

（平成８年１月１７日）

１９９６年　（１９９５年　阪神・淡路大震災）

ア．重要文化財（建造物）がおおむね耐震性を確保しているとみなされる。

イ．重要文化財（建造物）本来の構造的な健全性を回復するための措置（簡単な応急的補強を含む）、または管理・活用方法の改善措置を行う必要がある。

ウ．重要文化財（建造物）の根本的な修理（補強を含む）または使用方法の見直しが必要となる可能性が高く、速やかに耐震基礎診断を実施する必要がある。

３段階の耐震診断

木材の強度調査（非破壊試験）

Einstein ｴﾈﾙｷﾞｰ方程式

$E=\rho * V^2$　E=0.52*4500^2/10^6=10.5kN/mm²

衝撃弾性波試験

県産木材のヤング係数と弾性波速度

健全な材料の弾性波速度は3500m/s以上

木材の強度調査

旧磯部邸ｱｶﾏﾂ

付図 9. 2. 1. 2a 樹種別の応力波伝播速度の測定例

付図引用「既存木造建築物健全性調査・診断の考え方(案)」 2022 日本建築学会

付図 4. 5. 1 弾性（応力）波伝播速度 ν（m/s）を用いた残存ヤング係数 Er（GPa）推定図

建物の耐震性能調査（微動診断）

写真はＧＰＳ対応型です

GEODAQS1-2S*D

GEOPHYSICAL DATA ACQUISITION SATELITE

ジオダックス（２Ｓ型）

常時微動測定用
ＡＤ変換器内蔵型
地表用受振器（２秒計）

ＡＤ変換機能内蔵型です。お手持ちのノート型パーソナルコンピュータと組み合わせて，常時微動などの測定ができます。

インサイト (InSight: Interior Exploration using Seismic Investigations, Geodesy and Heat Transport) は、アメリカ航空宇宙局 (NASA) が開発した火星探査機。2018年5月5日に打ち上げられ、2018年11月26日に火星のエリシウム平原に着陸した。

NASAの火星探査機「InSight」は、こうして火星の内部まで ...

アメリカ航空宇宙局（NASA）は2022年5月4日、火星探査機インサイト（InSight）によって、火星での記録史上最大の地震（火震とも呼ばれる）を検知した

1つ目の実験では、フランスと英国が共同開発した地震計を用いる。この地震計は「火震」の様子を調べるため、火星表面に下ろされる。計測された振動は、地層がどこにあるのか、そしてその地層は何で出来ているのかを明らかにする。

2003年　中電技術ｺﾝｻﾙﾀﾝﾄ（山大三浦先生紹介）の協力業務で
山口県内300か所の官庁施設の地盤調査（常時微動計測）を担当。
計測した振動波形と地層構造に関係性を見出し地盤調査業務に活用。
ﾎﾞｰﾘﾝｸﾞ柱状図とH/Vｽﾍﾟｸﾄﾙ波形との関連付けを行い特許取得。

建物の耐震性能調査

2階

1階

地盤の耐震性能調査

地盤の耐震性能調査

地盤の推定柱状図

重力式 Tg=√32Σ(hi*(Hi-1+Hi)/2/Vsi^2)

Tg＝ 0.63 sec.

実測地盤周期＝ 0.63 sec.

重力式と実測地盤周期が一致する深さを基盤深さと推定

地表面加速度応答スペクトル図（常時微動計測N値）

大地震

地盤の影響を考慮した大地震に対する耐震性は、建物の剛性が低下して固有周期が長くなるため、入力地震動は概ね告示式に近い8m/s²以上が想定される。従って地盤の増幅率低下より架構の強化を図る。

中地震

中地震に対する耐震性の推定

大地震(震度6強以上)

Qf1=Qu/Qun= 0.46

T=0.19～0.30sec→ α1=7.2m/s²

震度k1=7.2/9.8= 0.73

中地震（震度5強以下）

T=0.19～0.30sec→ α2=2.75m/s²

震度k2=2.75/9.8= 0.28

Qf2=Qu/(Qun*k2/k1)

=Qu/Qun*k1/k2

=0.46*0.73/0.28=1.20>1.0

この結果、中地震では一応倒壊しないと推定される。

地盤のH/Vｽﾍﾟｸﾄﾙ

H/Vｽﾍﾟｸﾄﾙ比と固有周期Tがわかれば耐震性能が推定できる

構造種別ごとに作成した耐震性能推定図および実際に計測を行った建物の写真を以下に示します。

・RC造は、（社）建築研究振興協会発行「常時微動測定による既存建築物の耐震改修効果確認法指針(案)・同解説」に示す固有周期Tと終局強度Cyの関係式に、H/V比、Fcを考慮。

・S 造は、学会「鋼構造設計規準」記載の Qu/Qun-r0.2 関係図(安全側に修正)に振動方程式を導入。

・木造は、古民家、寺院等の耐震診断結果（評点）と H/V 比、固有周期等との関係式を採用。

RC 造建物の耐震性能推定図

S 造建物の耐震性能推定図

木造建物の耐震性能推定図

RC 造（屋根 S 造）体育館

S 造高層ビル

木造大規模校舎

振動方程式

$T=2\pi\sqrt{m/K}$

動的解析

１質点系振動方程式

T=	$2\pi\sqrt{m/K}$ ≒ $0.18\sqrt{\delta}$	
δ =	(T/0.18)^2/10^2	
T=	0.03Ho	Ho=T/0.03
R=	δ/Ho=(T/0.18)^2/10^2/(T/0.03)	
=	0.009259 T	
1/R=	108 /T	

建物の耐震性能評価（微動診断）

	微動診断	
	X方向	Y方向
2階	0.68	0.46
1階	0.83	0.49
	微動診断評価	
×倒壊する可能性が高い		

限界耐力計算

	X方向	Y方向
3階		
2階	×0.59	×0.57
1階	×0.44	**×0.40**
限界耐力計算 総合評価		
× 倒壊する可能性が高い		

精密診断 1

	X方向	Y方向
3階		
2階	○1.11	×0.50
1階	△0.82	**×0.34**
精密診断 総合評価		
× 倒壊する可能性が高い		

評価結果は、微動診断の1階X方向の評点が高い以外はほぼ同様の評価である。微動診断の1階X方向の評点が特に高い理由は、1階の南北2か所に付属する建屋のバットレス効果によると考えられる。

従って、付属建屋を補強しない状態でも主屋と一体とする方が補強箇所を低減できるため、主屋と付属建屋を一体として補強計画を検討する。

文化財的価値に配慮

意匠を損なわないこと
部材を傷めないこと
可逆的であること
区別可能であること
最小限の補強であること

→第Ⅲ章 第２節 １

構造特性に応じた考え方

耐震・制震・免震
構造種別、補強部位

→第Ⅲ章 第２節 ２，３

補強方法・箇所の決定

・可能な限り見えない位置で補強を行う
・保存の優先順位の低い部材に設置するなどの工夫
・補強は取り外せば元の状態に戻せるような方法
・補強部材が後から加えたものであることが分かるようにしておく
・耐震補強のためだけに必要な工事範囲を最小限とする

・木材のめり込みや土壁などのように高い変形能力を有する補強部材

耐震補強の検討のながれ

補強計画

微動診断で補強効果を確認しながら補強箇所を施工する

大地震(震度6強以上)

Qf1=Qu/Qun= 0.46

T=0.19～0.30sec→ α1=7.2m/s²

震度k1=7.2/9.8= 0.73

限界耐力計算

	X方向	Y方向
3階		
2階	△0.77	△0.81
1階	**△0.75**	△0.83
限界耐力計算 総合評価		
△ 倒壊する可能性がある		

精密診断 1

	X方向	Y方向
3階		
2階	◎2.00	○1.15
1階	◎1.87	**○1.08**
精密診断 総合評価		
○ 一応倒壊しない		

現存する重要文化財建築物に共通する構造要素は…庇の出の大きい屋根、雨仕舞の良い基礎、そして裳腰

世界最古の木造建築物

法隆寺

金堂（左）と五重塔（右）

東大寺大仏殿

閑谷学校

閑谷学校講堂

武徳殿

石橋財団櫛原邸

旧磯部邸

文化財建造物は・・・中空構造で生き残る

文化財建造物を健全に維持管理し、次世代へ継承していくためには、
歴史と風土から成る文化と近代技術文明の共存も必要ではないか。

錦帯橋　木材、金物、石材、ｺﾝｸﾘｰﾄ

1674-1950-2001-2005

初代岩国領主吉川広家が岩国城を築城して以来、岩国城と城下町をつなぐ橋は、数回架けられているが、錦川の洪水により、たびたび流失していた。
3代領主吉川広嘉は、洪水に耐えられる橋を造ることに着手する。橋脚を無くすことで流失を避けられるとのアイディアのもと、大工の児玉九郎右衛門を甲州に派遣し、橋脚がない跳ね橋（刎橋）である猿橋の調査を命じた。しかし、川幅30メートルの所に架けられている猿橋に対し、錦川の川幅は200メートルもあるため、同様の刎橋（はねばし）とするのは困難であった。
広嘉は、明の帰化僧である独立性易（どくりゅうしょうえき）から、杭州の西湖には、島づたいに架けられた6連のアーチ橋があることを知る。これをもとに、連続したアーチ橋という基本構想に至った。アーチ間の橋台を石垣で強固にすることで、洪水に耐えられるというのである。
児玉九郎右衛門の設計により、1673年（延宝元年）に5連のアーチ橋の**錦帯橋**が完成した。しかし、翌年の1674年（延宝2年）、洪水によって流失してしまった。同年、橋台の敷石を強化して再建したところ、この改良が功を奏し、その後は昭和期まで250年以上流失することなく定期的に架け替え工事が行われ、その姿を保った。

延宝２年（1674）の再建以来、276年の間、流失することなく横山・錦見間を繋いできた錦帯橋に悲劇が起こったのは、昭和25年（1950）キジヤ台風で流失した。

石組**橋脚**の基礎をコンクリートにすることや、高さを１m高くすること、拱肋の始点を支える隔石（へだていし）を**沓鉄（くつてつ）**に改めるなど、一部の改良を加えました。また、木部の延命を図るため防腐剤も使用することとしました。

岩国市HP抜粋

山口県警察体育館（武徳殿）1930（築92年）

屋根はセメント板、洋小屋・水平ﾌﾞﾚｰｽ、RC基礎・地下室

日本の中空均衡型モデルでは、相対立するものや矛盾するものを敢えて排除せず、共存しうる可能性をもつのである。（松岡正剛）

浙江省杭州市西湖　世界遺産

心理学者（京大理学部卒）
第16代文化庁長官
（2002.1−2007.1）
2004 高松塚古墳壁画問題
2007.7 逝去

東大寺大仏殿の鉄骨トラス

明治36年(1903-1914)
英国シェルトン・スチール社製
世界最大級の木造建築の修復に鋼材やセメントといった当時の先端材料が使われていることから、伝統文化を守るために、、新しいものを受け入れてきた　先人の苦労と知恵が感じられます（奈良県HP）

古民家　住み続けるために

小玉祐一郎…エネルギー効率の高い技術の追求の結果が、外部との応答を欠いた無味乾燥な居住空間をもたらしている。

松村秀一…「和室礼賛」寺社仏閣や茶室、あるいは昭和の日本映画といったビジュアルをてがかりに、和室での「ふるまい」に着目し、日本ならではの空間の特質を明らかにする。

伊東豊雄…日本は高温多湿で雨の多い風土です。無理やりハイスペックのサッシを使ったり、空調機に頼らなくても、建物のﾃﾞｨﾃｰﾙを工夫し、自然ｴﾈﾙｷﾞｰを上手に活用することによって、日本らしい合理的で快適な建築の姿が見えてくるはずです。

① 立体的バランスの良さ（重心と剛心を近づける）

② 裳階（もこし）・下屋・縁側（内と外の中間領域を設ける）

③ 維持管理（建物と植栽・場内排水のﾒﾝﾃﾅﾝｽを継続する）