

歴史的建造物の耐震改修 ～株式会社中国銀行倉敷本町出張所～

EHS&S 研究センター上級研究員 兼 構造コンサルティング部長
関西事務所課長代理

中野 時衛
奥川 英司

Keyword：歴史的煉瓦造建物，耐震改修，登録有形文化財，倉敷美観地区，煉瓦壁の面外曲げ降伏，煉瓦造煙突の補強

1. はじめに

大原美術館，有隣荘等に隣接した倉敷美観地区の中心に位置し，倉敷市民と観光客に親しまれている中国銀行倉敷本町出張所（旧第一合同銀行倉敷支店）の耐震改修について報告する。補強方針は1998年12月に国の登録有形文化財に指定された既存建物の外観と内部仕上げを保持しながら，耐震性能を向上させるものである。

2. 建物概要

2.1 概要

建物構造は，煉瓦造一部鉄筋コンクリート造2階建て，基礎構造は煉瓦造，屋根は木造銅板一文字葺き，建築面積約449m²である。建物用途は銀行で，所在地は岡山県倉敷市本町3-1である。建物の竣工は1922年8月，設計者は東京帝国大学工科大学建築学科卒で陸軍省に勤務していた薬師寺主計（かずえ），施工は藤木工務店である。

外観意匠の特徴は，ドリス式といわれるオーダーを簡略化した柱が北面に6本，西面に4本配され，1階部の柱間には半円の丸窓を配し，ルネサンス的な様相を呈している。屋根に突き出した半円形の出窓は開閉ができず，意匠と換気を兼ねたものである。かつての屋根には天然スレートが葺かれていたが，現在は銅板葺きである。基壇部は北木島産の御影石を用いているが，壁の材料は色モルタルに細かな碎石を混ぜ，研りあるいは小叩き仕上

げによる手法で表面を加工し，四角に切った石を積み上げたように表現している（写真1，図1）¹⁾。

構造上の外観の特色の一つは，北面や西面中央部分の窓の開口面積が大きいことであり，幅の広い開口を設けるために1階をアーチ構造，2階をマグサ構造としている。アーチ構造にするとアーチのライズを確保しなければならないので，スパンドレルの成はどうしても大きくなる。窓の幅が狭い場合には石造のマグサを用いても良いが，幅が広がると石材で上部荷重による曲げモーメントを支持することが難しくなる。当該建物は最新技術であるRC造のマグサを用い，アーチ構造によらなくとも開口スパンの大きな上部荷重を安全に伝達することによって軒部スパンドレルの高さを減じ，デザイン上の軽快さを演出するとともに，建物の軽量化にも寄与している。

内部の建築仕上げ材としては，壁・天井面に漆喰が用いられている。幾何学的模様を基調としたシンプルな建築意匠ではあるが，洗練されたデザインのレリーフが施されている。1階営業室は，2階まで吹抜けになっており，窓の上部に設けられた半円窓には木内真太郎の手によるステンドグラスがはめ込まれている。デザイン的には丸や楕円を基調として，アール・ヌーヴォー的なデザインが施され，2階に張り出した回廊部の手摺止めのデザインも円形をモチーフに銅製で作られている¹⁾（写真2～4）。



写真1 修理保全委員会のメンバーと改修工事が完成した中国銀行倉敷支店本町出張所



図1 北立面図



写真2 営業室内部

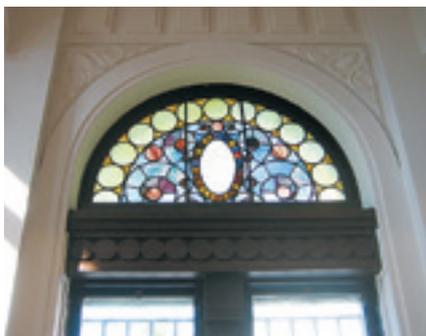


写真3 窓とステンドグラス



写真4 壁のレリーフと回廊と手摺

2.2 煉瓦造建築の歴史的背景

1922年は関東大震災の前年にあたるが、この頃に日本の煉瓦造建築の技術が頂点に達し、造形的にも構造技術的にも成熟期を迎えており、さらに第一次大戦期の空前の好景気にも恵まれて極めて質の高い洋風建築が建設された時期でもあった。

ただ、当時の経済規模の急速な拡大に対して、煉瓦造では高層化が難しいこともあり、鉄骨構造や鉄筋コンクリート構造の導入が図られた時期にも重なっている。すなわち、成熟した伝統的な組積造建築の技術から発展途上のいわば未成熟な鉄筋コンクリート造の技術への移行期にあたっており、当時の建築には、一種独特な工法が混在する事例が多いという特色がある。

また、新進のRC造などの近代工法に関する統一的な基準がなかったために、その詳細は設計者の裁量に委ねられることが多く、耐震性能についても建物によって大きく異なる傾向がある。そのため、耐震改修にあたっても対象建物の個別的な特色を加味した手法の検討が不可欠となる。

設計者の薬師寺主計は陸軍省出身であったため、陸軍の厳格な直営工事における施工管理が行われた可能性の高いことは、煉瓦工事を始め、仕上げの高度さからも十分うかがわれる。

3. 建物構造概要、構造調査結果と耐震診断結果

当該建物は煉瓦造建築で、竣工時期から判断して1919年に施行された市街地建築物法（物法）に基づいて計画された可能性が高い。当時、物法の適用地域は東京、大阪、名古屋など数都市に限られていたが、煉瓦組積造の構造や平面計画などについては、物法に準拠していたと判断される。

改修工事に先立ち、2010年の事前調査（構造種別の判別のためのコア抜き、臥梁・煉瓦の確認調査）と2011年の本調査（構造断面・建物実測、不同沈下測定）、2012年の追加調査（煉瓦目地のせん断試験、あと施工アンカー引抜試験）などが行われ、当初、鉄筋コンクリート造と思われていた構造種別が主要構造部は煉瓦造で一部が

鉄筋コンクリート造であることなどが判明した。

3.1 建物構造概要

当該建物の外観は一体であるが、実際には①営業室の周囲に下記の②～④の建物を付属している。また、4つの建物は煉瓦造、木造、鉄骨造の3つの構造種別に分かれている。

①銀行営業室（主要建物）

主屋と下屋からなる。主屋は煉瓦造2階建て（2階部は総吹抜け）、木造小屋組、軒高約9.7m・棟高約15m、張間約11.5m・桁行約16m。下屋は西側1スパンの倉庫用途の煉瓦造3階建てとその他3スパンの付室用途の煉瓦造平屋に分かれる。煉瓦造3階建ては床スラブRC造、木造小屋組、軒高約8.8m・棟高約10m、張間約4.5m・桁行約3.6m。煉瓦造平屋は屋根スラブRC造、軒高約4.0m、張間約2.7m・桁行12.3m。

②東側付属棟

木造2階建て、モルタル仕上げ、張間8.2m・桁行12.7m。

③南側平屋倉庫

倉庫と煙突からなる。倉庫は煉瓦造平屋、木造小屋組、軒高約3.5m・棟高約4.5m、張間約4.9m・桁行約4.7m。煙突は総高約15.2m、下部12mは煉瓦造、上部3.2mはRC造のテーパ付き断面、基部断面960×1,100mm、頂部断面670×690mm、煙道煉瓦造部□-276×276mm、RC造部φ-390mm。

④南側付属棟

鉄骨造2階建て、張間5.8m・桁行19.5m。

①②は同時期の竣工であるが、③の竣工は①②よりも多少遅れ、④は比較的最近の竣工である。なお、今回の煉瓦造建物の耐震対策の検討対象は、①の営業室棟と③南側平屋倉庫内の煙突とする。②東側付属棟の木造部も別途耐震対策を実施する（図2、3）。

3.2 構造調査結果

(1) 煉瓦造壁面計画

当該建物の煉瓦造壁の基本厚は、煉瓦2枚（約370mm）と考えられるが、開口部の多い北側ファサードおよび西面は、壁厚を約700mm（3枚半）に増加さ

ルタル層 (damp-proof course) と推定される目地層が認められる。この層より上部には地中からの湿度は及んでいないと判断された。煉瓦壁面に白化現象が認められないのは、施工時に適切な防湿対策がなされていたからと考えられる。

なお、地盤状況は不明であるが、目視観察の結果、建設後90年以上を経過して、不同沈下やこれに起因する亀裂がほとんど認められないことから、地耐力上の問題は特に指摘されず、敷地地盤は安定していると判断される(図5)。

3.3 耐震診断結果

(1) 銀行営業室

壁式煉瓦造建築物の耐震診断は、参考文献²⁾に基づいて行い、判定基準は参考文献³⁾を参考とする。

i) 保有水平耐力の検討は、下記の仮定に基づいて行うものとする。

①面内方向の煉瓦壁は曲げ降伏しないものとし、せん断終局強度 (Q_{su}) を保有水平耐力 (Q_u) とする。

②面外方向の煉瓦壁は、 Q_{su} と曲げ終局強度時せん断力 (Q_{mu}) について計算し、小さい方を Q_u とする。

③ $Q_{su} = t \times L \times \tau_B / 10^3 \text{ kN}$

$$Q_{mu} = Mu/H = (\tau_B + (N \times 10^3) / (t \times L)) \times Z / H / 10^6 \text{ kN}$$

$$Q_u = \min. (Q_{su}, Q_{mu})$$

ここで、 t :有効な煉瓦壁の厚さ (mm), L :有効な煉瓦壁の長さ (mm), $\tau_B = 0.66 \text{ (N/mm}^2\text{)}$:目地のせん断強度 (付着強度), 試験結果より採用, N :壁の鉛直方向直圧力 (kN), $Z = L \times t^2 / 6 \text{ (mm}^3\text{:断面係数)}$, H :壁の高さ (m)

ii) 面外の耐震性能の検討については、上記 Q_u の検討の他、 $C_0 = 1.0$ 時の水平荷重についても検討する。

iii) 耐震診断基準により、構造耐震指標 $I_s = E_0 \times G \times S_D \times T$, 構造耐震指標の判定値 $I_{so} = 0.8 \times Z = 0.72$

ここで、 S_D :形状指標, T :経年指標, G :地動指標, $E_0 = Q_u / W \times F$:保有性能基本指標, Q_u :保有水平耐力, W :建物重量, $F = 1.0$:靱性指標, $Z = 0.9$:地域係数 $I_s \geq I_{so}$ で耐震性を有すると判定する。

本建物は、2階に相当する箇所には回廊が存在するものの大きな吹抜けとなっており、かつ屋根は木組で構成されているため、剛床仮定が成立しないため壁単位で検討した。耐震診断の結果は煉瓦壁の支持間隔が長く、地震時に面外方向に曲げ崩壊する危険性が高い。

(2) 煙突

煙突の高さは約 $GL + 15.2\text{m}$ で、約 12.0m の高さまでが煉瓦造、それより上がRC造で高くなるに従い断面が小さくなっている。 $GL + 6.19\text{m}$ までは建物 (スラブ付き) に固定されているが、突出部が大きいので、大地震時に崩壊する可能性が大きい。特にRC造との切り替わり部

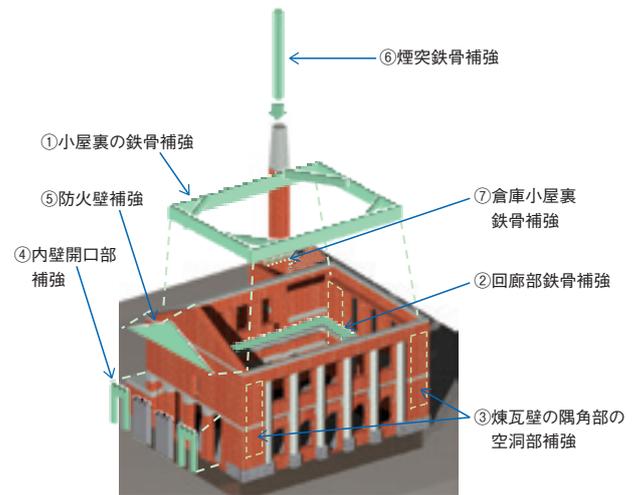


図6 補強箇所一覧

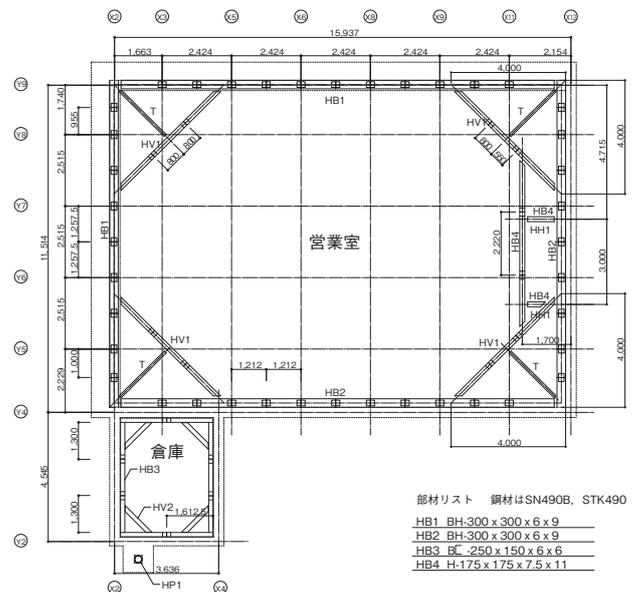


図7 営業室小屋裏と倉庫小屋裏の補強図

分から下部で折れ落ちる可能性が大きい。

4. 耐震補強の概要と補強工事の概要

以下に、耐震補強の基本的な考え方と実際の補強工事の概要を示す。図6には今回の補強箇所一覧を示す。

4.1 営業室主屋

(1) 小屋裏のRC造臥梁の鉄骨による補強

3.2 (1) に述べたように、RC造臥梁 (軒蛇腹) は下部アーチ開口上部のRC造回廊とともに階高の大きな大空間の営業室壁面の一体化を高めているが、配筋状況、特に隅部の定着方法など不明な点が多い。このため、組み立てH形鋼 (横使い) にて柱壁頂部を全周にわたり補強し、当該隅角部において斜めに鉄骨火打梁を結合する。これによって煉瓦壁面の中央付近に生じた地震時の水平力を効率よく、直交壁に伝達させることが可能になるとともに、壁上部の曲げモーメントの負担を軽減させる(図7)。

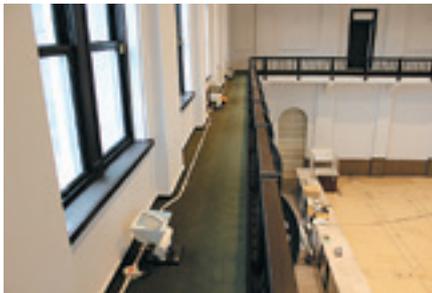


写真5 回廊部の補強前後



写真6 二重壁の空洞部



写真7 営業室開口部の鉄骨枠組み補強とRC造壁による開口閉塞

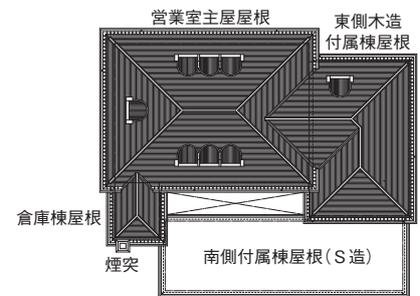


図8 営業室主屋、東側木造付属棟の屋根伏図

(2) 回廊部の鉄骨による補強

回廊部スラブも小屋裏のRC造臥梁と同様に煉瓦壁面の水平補剛に寄与しているが、より補剛を確実なものとするため、回廊スラブの上にコの字形鉄骨プレートを敷き詰め、このプレートにより直交壁に地震時水平力を伝達させる。これにより煉瓦壁の面外曲げ崩壊を防ぐ(写真5)。

(3) 二重煉瓦壁の空洞部の充填による一体化

地震時の水平力に抵抗する、特に北東および北西隅部の耐力壁の内部に220mm程度の空洞が存在することは、耐震計画上不利である。したがって、当該建物の耐震補強においては、RC造軒蛇腹とRC造回廊の2列の水平補剛構面を隅部の耐力壁と確実な一体化を図ることが肝要である。すなわち、煉瓦壁内の空洞部に前述の2層の既存RC造水平補剛部を貫通するように、無収縮モルタルを充填して厚さの大きい隅部を耐震壁化するものとする。なお、壁内の空洞部に無収縮モルタルを充填するのに先立って、要所にモルタル等の打設時の圧力を支持するようにステンレス製のセパレータ(M10-500@千鳥)をドリル穿孔ののち定着するものとする(写真6)。

このように、上記(1)～(3)の補強工法を採用することにより、意匠性に富んだ営業室主屋の内外の壁面を一切解体することなく、保存することが可能となった。

4.2 営業室主屋のその他の補強

(1) 東側木造付属棟との接続部開口の鉄骨枠組み補強

当該部分1階には4箇所大きな開口が設けられているが、竣工図を見ると、当初は現在使われていない北から2スパン目の開口しかなかった。当初はアーチ構造であった可能性があるが、後の改修で矩形開口に拡幅され

た可能性がある。この煉瓦壁部分に集中して4箇所も開口があり、2階に煉瓦壁面を有する割には開口周囲の柱・壁断面がやや小さいため、第2種構造要素としてのリスクが高い。

この課題に対しては、現況の北側と南側の2つの煉瓦開口の内側に沿って4角形の鉄骨枠を設置して、既存の煉瓦壁および煉瓦造柱とアンカーボルトによって定着し、煉瓦面と補強鉄骨の空隙をグラウト注入する工法を採用する。その他の中間の2つの開口はRC造壁で閉塞する(写真7)。

(2) 小屋組内の煉瓦造防火壁の構造補強

東側木造付属棟と煉瓦造営業室主屋との小屋組は、極めて複雑な軸部構成となっている。外観上付属棟は主棟から南側にややセットバックしており、雁行した2重の寄棟が抑揚のあるデザインを演出している。しかしながら、現況調査の結果、当初は木造付属屋の屋根は谷を介して独立した2つの屋根として計画されていたが、途中で現状のような両棟一体的な小屋組に変更されたものと推定された。

このような計画変更は、すでに主屋の寄棟屋根の野地までがほぼ完成した頃に実施されたらしく、東側にはほぼ完成した形で隅木や配付け垂木が残されている。また、木造付属屋の小屋組も木組が複雑で、軸が一致していない通りが多く、予加工材の組付けをかなり変更修正された可能性を示唆する部位が多数認められた(図8)。

詳細な調査検討は今後の学術調査に期待されるが、耐震構造的にリスクが高いのは、主屋と木造付属棟の小屋内に設置されている煉瓦半枚の脆弱な防火壁である。当該部位は地震時の衝撃で倒壊する危険性が指摘され、重量の大きな煉瓦塊が地震時に営業室などに崩落して大き



写真8 防火壁の補強前(左)と補強後(右)

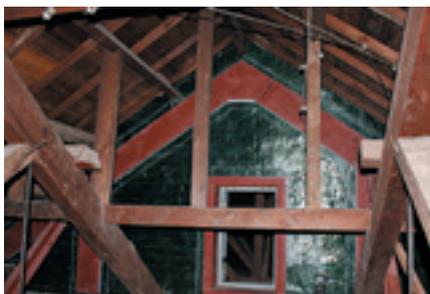


写真9 煙突の補強(鋼管の建て込み)

な被害を惹起する可能性が高い。

したがって、当該防火壁を面外に補強しなければならないが、目地が脆弱なためにそのままではアンカー施工すら心もとない。この課題に対して、安全な施工を行うために、まず防火壁の両面にケレンを施した後、炭素性繊維シートを両側に貼り付け、鋼プレートによる補強を行う。次にRC造臥梁の補強に用いたH形鋼の火打ち梁からの2本の方杖をこの鋼プレート山形鋼と接続して面外に倒れないようにする(写真8)。

4.3 煙突と下屋の3階建て倉庫

(1) 煙突の耐震補強

過去の地震でとりわけ被害が大きいのが、煉瓦造煙突である。多くの場合、高さの2/3の辺りで大亀裂を生じて崩壊したり、小屋組との境界部で折損して崩壊する事例が目立っている。

煙突の補強は従来、外部より鉄骨を付加する工法が主流であったが、今回は煙突の内側に薄肉鋼管を挿入して、周囲の既存煉瓦造およびRC造とをグラウトを介して一体化する工法を採用する。補強用鋼管は煙突構造設計指針に基づき、屋上突出煙突として検討する。

上部のRC造の煙道形状は円形で内径390mmであるが、煉瓦造部分の煙道形状は正四角形で一辺276mmと形状が異なっているため、外径270mm以下の鋼管(φ267.4×9.3)を施工条件に応じて数mに分割して、煙突の上部垂直に下ろして、下部をボイラーの底盤に定置させる。また鋼管は適宜、現場溶接にて鋼管杭と同様に継ぎ足していくものとする。煙突の側面より適切な間隔でグラウトの注入孔を穿孔して、鋼管設置後、下部から順次モルタルグラウトを充填して一体化を図る。煉瓦造煙突は補強のため1m間隔の千鳥で、長さL=450mm、M12のあと施工アンカーを打設する。北側に隣接する倉庫RC造スラブとは2,3階床レベルでM12の貫通ボルトで緊結する。煙突最上部のRC造部は風蝕などが進行しているので、モルタル等で適切に補修した後、上部に雨よけの天蓋を鋼管の上部に設置する(写真9)。

(2) 下屋の3階建て倉庫の耐震補強

煙突の耐震対策と併せて、煙突を水平方向に支持する下屋の3階建て倉庫についても、地震時の煙突の大きな

揺れに耐えうるための対策を併せて行う必要がある。

基本的には、倉庫3階小屋裏室内側より軒蛇腹全周にわたって、その側面に厚さ6mm程度のコの字形鉄骨プレートをアンカーボルトにて既存目地と一体に締結して建物を籠状(たがじょう)に圍繞した後、モルタルグラウトにて充填結合するものとする。また営業室と同様に、鉄骨の火打ち梁を隅角部に設ける(図7)。

4.4 その他の補強関連事項

当該建物は、上述のように基礎構造は堅固で、不同沈下による構造亀裂もほとんど認められない。煉瓦の目地は硬く締まっており、明治期に一般的であった石灰や漆喰などの付着強度の低い仕様ではなく、近代的な材料であるモルタルが使用されていると思われる。目地せん断試験結果による目地部の付着強度は $\tau_B=0.66$ (N/mm²)、アンカー試験によるM10アンカー引抜最大強度は24kNで十分な強度を有していた。これらの結果を補強設計に用いた。

また、図2,3の②東側付属棟(木造2階建て)については、腐食木材の取り替えや梁の補強、炭素繊維による壁補強を実施した。

5. 補強工事の経緯

補強工事は2013年7月に始まり、2014年2月に完成した。倉敷市の美観地区にあることより、平日は銀行業務、土日祝日は観光客の通行が多く、鉄骨材をはじめとする資機材の搬入、作業時間の制約が大きかった。施工時は、狭く折れ曲がった通路からの搬入を行い、荷揚げ、取り付けとすべて人力であり、小屋裏補強時は、真夏で50℃を超える環境での作業となり、作業員の体調管理と作業効率・精度確保が大変な工事であった⁴⁾。

とにかく、当初の国の登録有形文化財に指定されたこの建物の外観と内部仕上げを保持しながら、耐震性能を向上させるという当初の目的は十分満足させることができた。

補強工事は、事業主をはじめ、2人の大学教授、文化財修理主任技術者、倉敷市教育委員会、設計・施工部門からなる修理保全委員会を設置し、調査結果に基づき、各補強詳細までの検討、現場に即した施工方法などあら

ゆる面から協議・決定し進められた⁵⁾(写真1)。特に、多大なご指導を頂いたノートルダム清心女子大学の上田恭嗣教授、関西大学の西澤英和教授には感謝の意を表したい。

〔参考文献〕

- 1) 上田恭嗣ノートルダム清心女子大学教授：旧第一合同銀行支店（現 中国銀行倉敷支店本町出張所），岡山県の近代化遺産—岡山県近代化遺産総合調査報告書一，岡山県教育委員会，2005.3
- 2) 無補強煉瓦造建築及び市街地建築物法期の鉄筋コンクリート造建築 耐震性能評価ガイドライン：国土開発技術研究センター（監修：京都大学建築学教室西澤研究室），1998.3
- 3) 2001年改訂版既存鉄筋コンクリート造建物の耐震診断基準・同解説：日本建築防災協会
- 4) 中国銀行倉敷本町出張所，日建連耐震改修事例集，日本建設業連合会，2014
- 5) 西澤英和：国登録有形文化財 中国銀行倉敷本町出張所耐震構造対策に関する所見，2011.2.22



なかの ときえ
中野 時衛

EHS&S 研究センター上級研究員 兼 構造コンサルティング部長
通信用建物・鉄塔・事務所ビル等の構造設計，構造コンサルティング業務に従事
工学博士，構造設計一級建築士，一級建築士，建築基準適合判定資格者，JSCA建築構造士
日本建築学会，日本建築構造技術者協会，地盤工学会会員



おくがわ えいじ
奥川 英司

関西事務所課長代理
通信用建物・鉄塔・事務所ビル等の耐震診断，改修設計，構造設計業務に従事
構造設計一級建築士，一級建築士，コンクリート技士
大阪府建築士会会員

Synopsis

Seismic Retrofitting of the Historical Building

～ The Chugoku Bank, Ltd., Kurashiki Honmachi Branch ～

Tokie NAKANO

Eiji OKUGAWA

This paper describes seismic retrofitting of the Kurashiki Honmachi Branch of the Chugoku Bank, Ltd., (formerly the Kurashiki Branch of the Dai-ichi Godo Bank), a structure popular with Kurashiki citizens and tourists, located at the center of the Kurashiki Bikan historical quarter. Covering an area of about 449m², the building is a two-story brick structure with ferroconcrete in parts comprising a foundation structure made of bricks and a straight-line wooden roof with copper roofing. Designed by Kazue Yakushiji, an architect of the Army graduated from Tokyo Imperial University, engineering college, school of architecture. The building was constructed in August 1922 by Fujuki Komuten Co., Ltd. Since the results of seismic evaluation revealed the likelihood of the out-of-plane bending collapse, mainly of the brick walls, and bending fracture of the chimney, these parts were reinforced during the seismic retrofitting process. The reinforcement policy is designed to improve the aseismic performance of existing buildings designated as registered national tangible cultural properties in December 1998, while preserving their existing exterior appearance and interior finish.