

しいのき迎賓館(旧石川県庁舎本館)の改修計画



塩手 博道
山下設計



北島 英樹
同



関 美和
同

1 はじめに

大正13年(1924)年に竣工した、鉄筋コンクリート造の旧石川県庁舎本館の保存再生計画である。敷地周辺は、金沢城、兼六園など各時代の資産が集積している。これらと同様に、貴重な歴史的価値のある建物の保全と良好な景観の維持を図るため、歴史的な外観や空間性を残しながら、時代にあった利活用を図り、新たな文化・交流を育む場として保存再生した。建物北側には、金沢城石垣への眺望を確保するためのガラス張りロビーなどを増築した。

増築部面積は、既存部基準時(解体部分を含む)面積の1/2以下とした。保存部は、増築部とEXP.Jで分離し、耐震改修促進法の耐震改修指針に基づき安全性を確認した。保存部の外観や構造体を活かすため、基礎免震構造への改修が適当と判断し、時刻歴応答解析を行い、日本建築防災協会の評定を受け、耐震改修促進法の規定により大臣認定を取得した。



写真1 ガラスが増築部、タイルが保存部

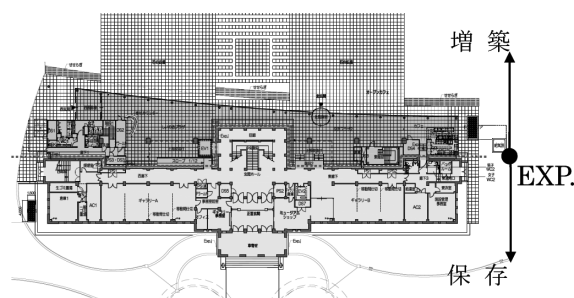


図1 平面図(保存部：大正時代、増築部：平成)

2 建築概要

建築名称 : しいのき迎賓館(旧石川県庁舎本館)
所在地 : 石川県金沢市広坂2丁目地内
主要用途 : ギャラリー、会議室、飲食店
建築主 : 石川県
竣工年 : 大正13年(1924年)
構造規模 : 鉄筋コンクリート造、地上4階
延べ面積3,172.12m²(保存部)

既存設計者: 大蔵省大臣官房臨時建築部 矢橋賢吉
既存施工者: 大日本土木
改修設計者: 株式会社山下設計
改修施工者: 大成・兼六特定建設工事共同企業体

3 改修計画の課題と構造調査

構造図が現存しないことやコンクリート強度が低いこと(Fc12)、当時は長期荷重のみで設計していたと思われることなどから、大正時代後期にどのようにRC造が作られていたかや、低強度RC造はどう壊れるのかをできるだけ把握することとした。

以下は、構造調査の概要である。

表1 構造調査の概要

調査項目	調査内容
1 構造図復元調査	・鉄筋の太さ等形状調査・鉄筋の本数、配置位置等配筋状態調査 ・柱梁等架構寸法の詳細調査
2 載荷試験	・門型フレームの破壊状況調査 (実建物に水平力を加え、破壊状況を観測し、フレームが耐えうる地震力の大きさを測定する)
3 付着強度試験	・コンクリートと鉄筋の付着強度試験
4 強度試験	・コンクリート圧縮強度試験、ヤング係数の把握 ・鉄筋引張強度試験
5 中性化試験	・コンクリートの劣化程度の調査 ・鉄筋の腐食判定

3.1 構造図復元調査

配筋調査の結果、使用されている鉄筋の種類は、主に梁下端に使用されている「カーンバー」、柱主筋・梁上端に使用されている「コルゲートッドバー」の2種類が確認された。建物は両者を組み合わせたアメリカ式異形鉄筋システム「カーンシステム」が採用されていると考えられる。

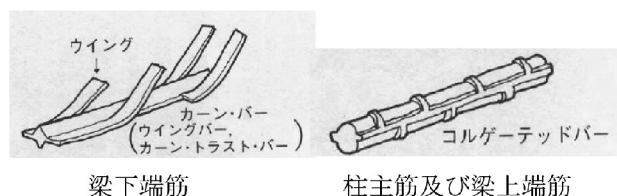


図2 鉄筋の形状

梁スターラップは全く無く、カーンバーのウイングがせん断補強筋の役割を担っていたと考えられる。梁端部に配筋した上端筋がベンドして下端筋になっているため、梁の中央部は上端筋が無い。大梁下端筋の定着長さが柱中央程度までであることから、下端筋の引張を想定せず、地震力に対して設計するという発想がなかったことが確認できる。

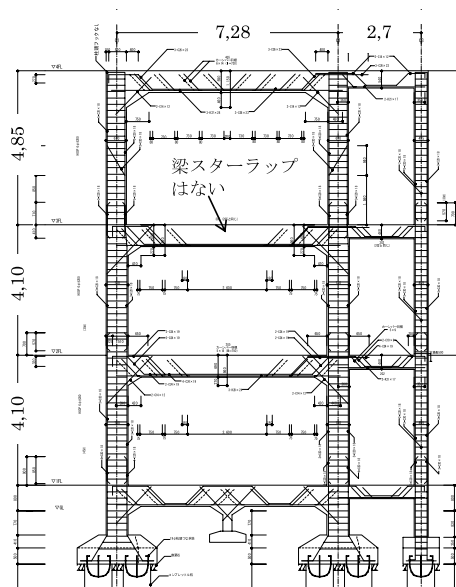


図3 復元した配筋詳細図

3.2 門型フレーム載荷試験

解体される既存部分にて、3層の門型フレームの2階床梁に正負交番の繰り返し載荷試験を実施した。層間変形角1/50まで載荷したが、せん断破壊、付着割裂破壊等の脆性的なモードは発生しなかった。



写真2 載荷試験体

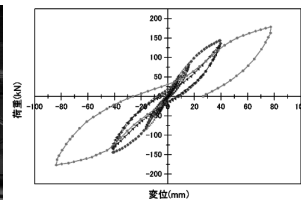


図4 荷重-変形曲線

柱中央までしか定着していない大梁下端筋は、1/500を超えると付着が切れ、梁端部の離間が生じたが安定して回転した。

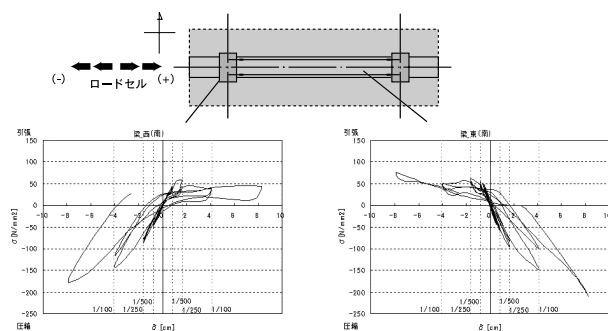


図5 梁下筋応力度（縦軸）とフレーム水平変位（横軸）の関係

3.3 コンクリート強度およびヤング係数

載荷試験体近傍の柱からコンクリートコア3体を採取し一軸圧縮強度試験を行った。本建物は工区によりばらつきが大きく、今回フレーム載荷試験を行った部位はFc7~11程度であった。またヤング係数の値はRC規準1991年式の1/2程度であった。

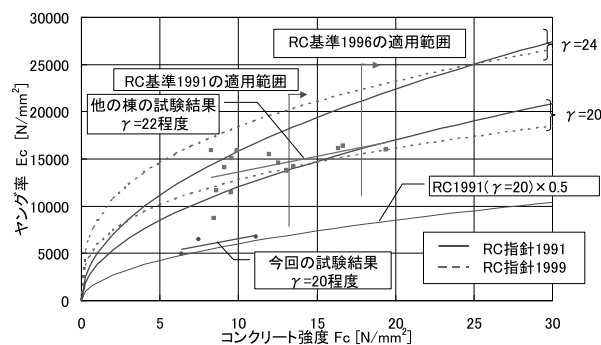


図6 コンクリート強度とヤング係数

3.4 異形鉄筋の付着強度試験

柱より高さ500mmのテストピース3体を取り出し、鉄筋2本ずつの引張試験を行った。すべて、RC規準(1999年版)終局付着割裂強度式を上回った。



写真3 引張試験機

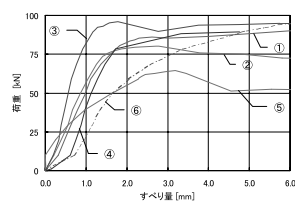


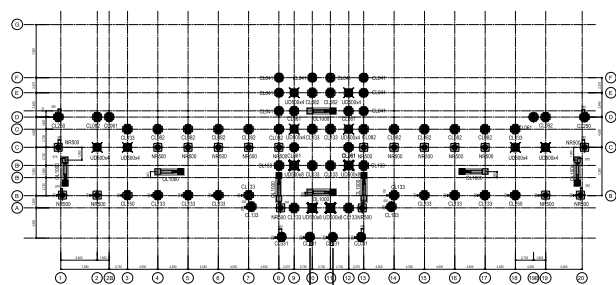
図7 付着強度-すべり関係

3.5 実験と復元力特性モデルの比較

実験と一致する解析モデルの剛性と耐力の設定方法を検討した結果、1) ヤング係数および曲げひび割れ応力度をいずれもRC規準1991年版式の50%とする、2) 大梁下端の付着強度にカーンバーのウイングも考慮する、としたケースが比較的結果が良く一致した。これらを踏まえ、耐震改修計画を行った。

4 耐震改修設計概要

既存建物の1階床梁と基礎の間に新たに免震層を構築し、建物を免震構造化する。免震部材としては、支承材として天然ゴム系積層ゴムアイソレータ18基(径φ500)、鋼材ダンパー一体型積層ゴムアイソレータ12基(径φ500)と直動転がり支承56基を用いる。減衰材として、上記以外に粘性ダンパー(X方向・Y方向にそれぞれ4基)8基を用いた。



●天然ゴム系積層ゴム ●鋼材ダンパー一体型積層ゴム ●直動転がり支承 ■オイルダンパー

図8 免震装置配置図

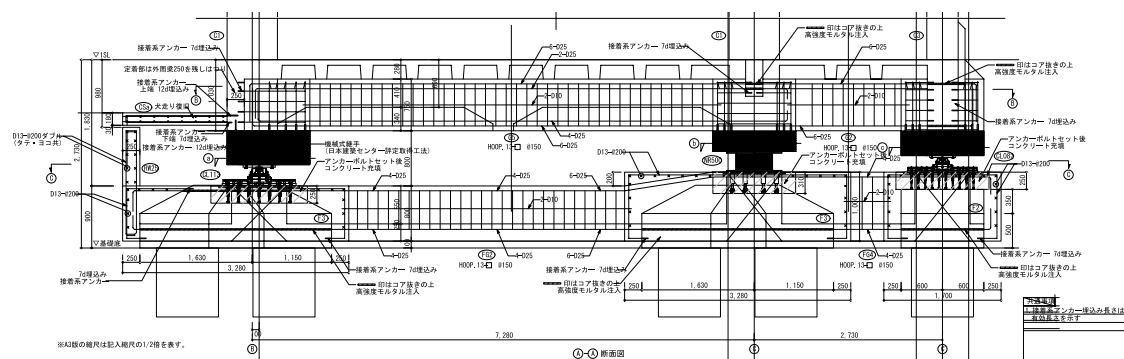


図9 免震層補強図

免震層の下部構造には、地中梁およびマットスラブを新設し、既存基礎と一体化した。また、1階梁等の補強を行うことにより、基礎部の耐震性向上を図った。免震層の四周には、上部構造と30cm以上のクリアランスを確保して擁壁を設けた。(図9)

上部構造7.28m大スパン大梁については、長期許容応力度以内を満足していない。2~3階床の旧執務室は、既存梁に生じる応力を軽減する目的で大梁側面に鉄骨梁を増設した。

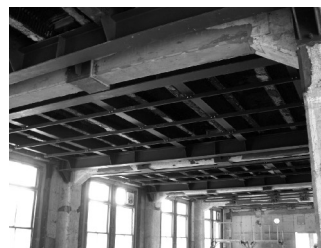


写真4 鉄骨梁増設

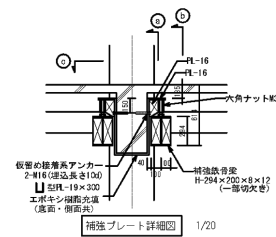


図10 補強断面図

旧知事室や中央階段等で、創建時の意匠を良くとどめている内装を保存・復元する部分は、既存の梁の幅を広げない補強方法として上階の梁上端に主筋を増設しコンクリートを増し打つとともに梁全周を炭素繊維シートで巻き、せん断補強を行った。



写真5 炭素繊維巻き補強

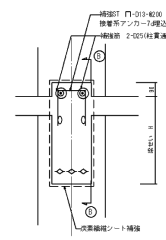


図11 補強断面図

屋上大梁については、柱位置に支柱を設けた鉄骨架台に鋼製デッキによる屋根葺きを行い、既存の床梁に直接1.5mの積雪荷重が作用しないようにした。

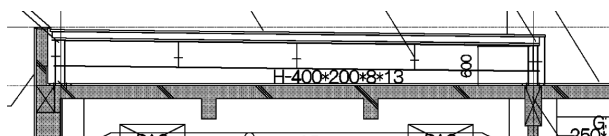


図12 屋上鉄骨架台による補強

建物が保有する剛性と地震抵抗力を増大させる目的で、コンクリート耐震壁を増設した。

大梁中央上端が無筋となる部分は、地震時に生じる引張縁応力に抵抗させる目的で、炭素繊維強化プラスチックを貼る。炭素繊維強化プラスチックは、端部上端筋のあるコンクリート範囲へ定着させた。

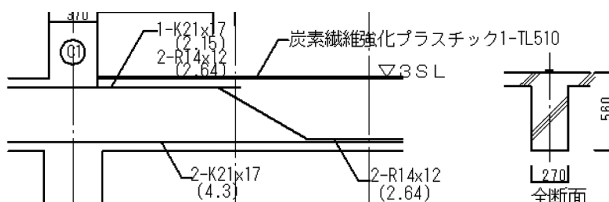


図13 炭素繊維強化プラスチック補強

建物外周の袖壁付き外壁フレームにおける柱および大梁については、レベル2時に生じる応力に対して終局曲げ強度が下回っている。曲げ強度を増大させる目的で、袖壁端部および腰壁上端・大梁下端に鋼板を増設した。

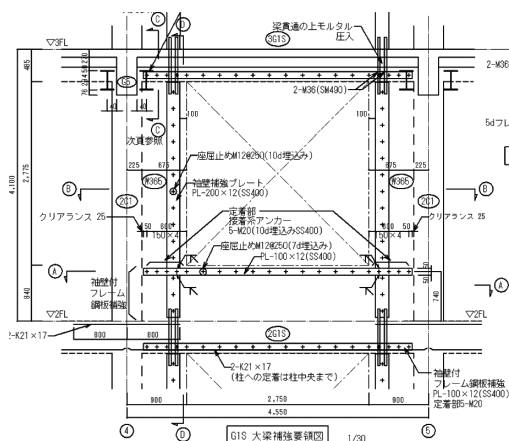


図14 袖壁付き外壁フレーム鋼板補強

5 時刻歴応答解析

時刻歴応答解析による検討には2段階の地震動レベルを設定した。レベル1およびレベル2の入力地震動としては、告示波3波、観測波（標準波）3波を用いた。また、レベル2の地震動として、地震調査研究推進本部・地震調査委員会「森本・富樫断層帯の地震を想定した強振動評価」に基づき、金沢市を経て南北に長さ26kmの断層帯（森本・富樫断層帯）を発生源とする地震動（以下、森本・富樫断層波）を作成しレベル2のサイト波として用いた。

表2 検討用地震動一覧

入力地震動	レベル1			レベル2		
	解析時間(sec)	加速度(cm/s ²)	速度(cm/s)	解析時間(sec)	加速度(cm/s ²)	速度(cm/s)
El-Centro_NS	53	255	25.0	53	510	50.0
Taft_EW	54	248	25.0	54	497	50.0
Hachinohe_NS	51	167	25.0	51	334	50.0
告示波 Random 位相	120	76.8	9.9	120	395	41.8
告示波 Hachinohe 位相	120	68.5	8.4	120	342	42.2
告示波 Kobe 位相	120	78.7	11.0	120	393	54.8
サイト波 森本富樫断層	-	-	-	80	483	62.0

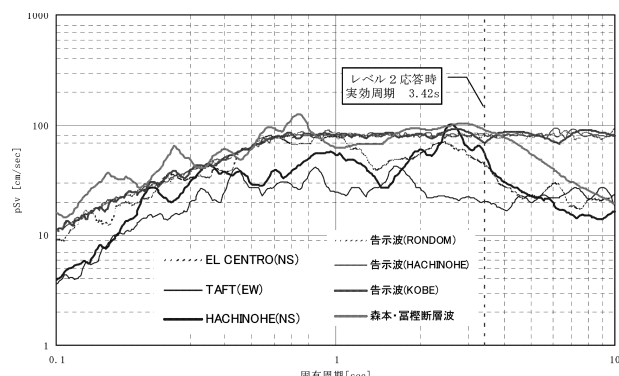


図15 擬似速度応答スペクトル

表3 耐震性能目標

想定する地震動	項目	レベル1	レベル2
		稀に発生する地震動	極めて稀に発生する地震動
主架構	応答層間変形角	1/1000 以下	1/500 以下
	応答せん断力	短期許容応力度以内とする ・大梁上端：短期許容曲げモーメント以内 ・大梁下端カンバー：短期許容曲げモーメント以内、短期許容付着応力度以内 ・大梁：短期許容せん断力以内 ・柱：短期許容曲げモーメント以内、短期許容せん断力以内 ・耐震壁：短期許容せん断力以内	せん断降伏時耐力以内（鉛直部材の中で初めにせん断降伏が発生した時と定義する） ・大梁下端カンバー：短スパン梁等については、局部的に終局付着強度に達するが脆性的破断をしない部材回転角以内とする ・柱：終局せん断強度以内 ・耐震壁：終局せん断強度以内
免震部材	免震材料に生じる変形	安定変形*1 (24.8cm) 以下 (ゴム層総厚の 200%)	性能保証変形*2 (30.0cm) 以下 (ゴム層総厚の 242%)
	免震材料に生じる面圧	引張は生じさせない	圧縮耐力かつ限界引張強度以下
基礎構造	杭・地中梁の設計	短期許容応力度以下	短期許容応力度以下
建物クリアランス	—	30 cm	

検討用地震動に対する応答値に対して、耐震性能目標として、表3に示す判定基準値を設定した。大梁下端筋の定着長さが短い部位は、実大実験の際すべりを生じたが、脆性的な挙動を示さなかったため、終局付着強度に達することを許容することとした。

上部構造の復元力特性は、Tri-Linear型のモデルとし、履歴特性は武田モデルとした。また、内部粘性減衰は瞬間剛性比例型とし、減衰定数は3%とした。

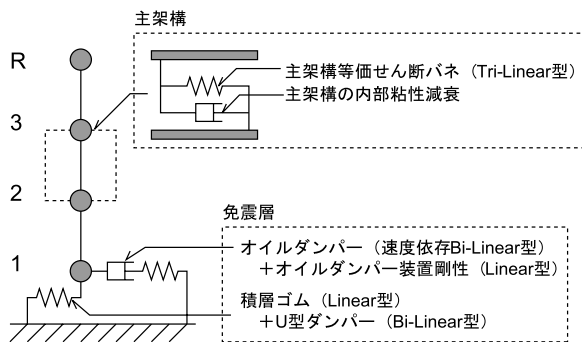


図16 地震応答解析モデル

検討用地震動に対する耐震改修後の最大応答値は全て判定基準値以下であり、設定した耐震改修の目標性能を満足していることを確認した。免震装置のばらつきを考慮した結果、レベル2の最大せん断力係数は0.146 (1階)～、0.203 (3階)、最大層間変形角は1/1069 (3階)、最大応答加速度 181cm/sec^2 となった。

免震層の最大応答変位は、森本・富樫断層波25.3cm、その他の地震動で17.0cmであった。

上部構造のエキスパンションジョイントのクリアランスについて、森本・富樫断層波による時刻歴応答解析により、算出された最大相対変位は32.9cmであり、クリアランス40cmに対して十分余裕があることを確認した。

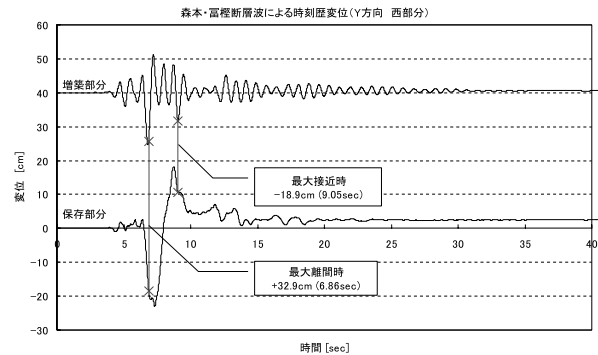


図17 免震建物と増築部耐震建物の時刻歴変位

6 おわりに

本計画の構造調査及び改修設計は、金沢工業大学高嶋秀雄教授に監修いただきました。ここに、謝意を表します。

（関連する文献）塩手ほか：大正時代後期に建てられた歴史的建造物の解体調査および実大フレーム載荷実験 その1～3，日本建築学会大会学術講演梗概集（東北），pp.661～666，2009.8