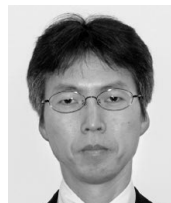


鳥取県庁舎耐震補強整備事業



小山 実
大成建設



副松 昌之
同



土本 耕司
同

1 建物概要

対象建物は、鳥取県本庁舎、講堂、議会棟及び議会棟別館で、講堂と本庁舎は渡り廊下で接続されており、講堂と議会棟は構造的には一体の建物となっています。

図1に建物全景写真を示し、表1に各建物の規模、構造形式を示します。

表1 各建物の規模及び構造形式

棟	構造	階数	建築面積	延床面積
本庁舎	RC造	地下1階、地上7階、塔屋3階	2,223 m ²	16,811 m ²
講堂	RC造 一部SRC造	地下1階、地上2階	648 m ²	1,369 m ²
議会棟	RC造 一部SRC造	地上3階	1,342 m ²	4,069 m ²
議会棟別館	RC造	地下1階、地上3階	1,254 m ²	4,124 m ²

2 耐震診断結果

図1～図3に各建物の耐震診断結果(Is指標)を示します。

耐震診断は「2001年改訂版既存鉄筋コンクリート造耐震診断基準・同解説」(日本建築防災協会)に基づく第2次診断法で求めたもので、正加力、負加力

のうち、小さい方の値をプロットしたものです。

本庁舎のIs値は0.24～0.48、講堂・議会棟のIs値は0.18～0.71、議会棟別館のIs値は0.53～1.00となり、耐震改修促進法に基づく「地震の震動及び衝撃に対して、倒壊または崩壊する可能性が高い」または「可能性がある」と判定されたことから、耐震補強を行うことになりました。

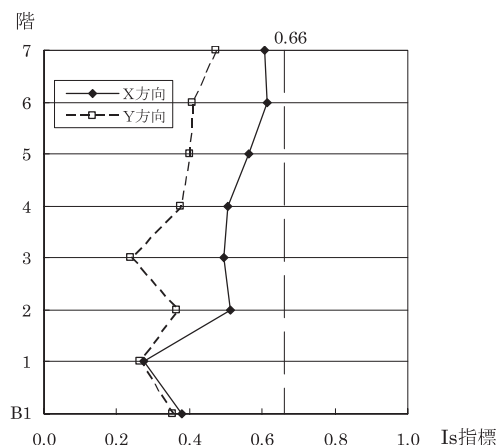


図1 耐震診断結果(本庁舎)



写真1 建物全景写真

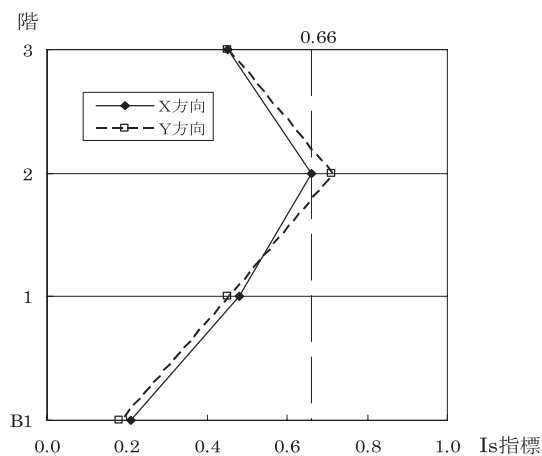


図2 耐震診断結果(講堂・議会棟)

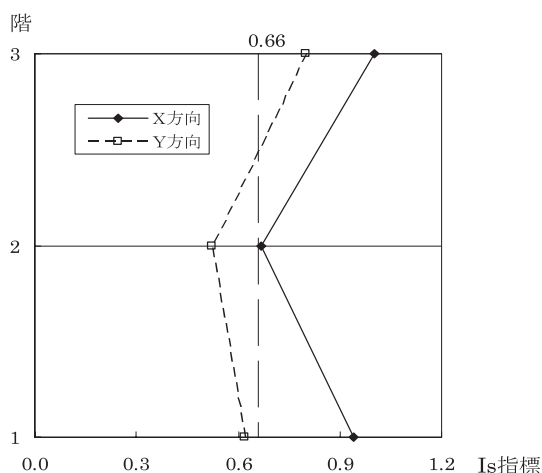


図3 耐震診断結果(議会棟別館)

3 耐震改修計画

下記に、本庁舎及び講堂・議会棟、議会棟別館の耐震改修計画を記述します。

(本庁舎)

- ・建物を使用しながら、建物全体を基礎下部において免震化し、所要の耐震安全性を確保する。
- ・講堂とはエキスパンションを設けて、構造を分離する。
- ・建物周辺に連続山留壁及びドライエリアを設置し、免震クリアランスを確保する。
- ・既存建物の基礎下部を掘削し、耐圧マットスラブを構築する。耐圧マットスラブ構築によって増加する重量を支持するため、新設の杭を設置する。
- ・基礎と耐圧マットスラブの間に免震装置を設置する。

(講堂・議会棟、議会棟別館)

- ・建物を使用しながら、主に外壁面に耐震補強部材を設置し、所要の耐震安全性を確保する。

表2に本庁舎の設計クライテリアを、図4及び図5に本庁舎の断面図と免震装置の配置図を示します。

免震装置には、弾性すべり支承と天然系積層ゴム支承を用い、地震時にも免震層に偏心が生じないように、免震装置をバランスよく配置しています。免震層のクリアランスは、レベル3地震動に対する変形の設計クライテリア40.0cmに対し、1.5倍の安全率を確保して60.0cmに設定し、さらに施工精度を考慮して62.0cmとしています。

建物周囲に設ける新設の免震ピット擁壁は、重量を連続山留壁の芯材であるH形鋼杭に支持させ、擁壁と連続山留壁芯材とはスタッドコネクタで連結しています。連続山留壁芯材は中間層地盤に支持させたため、荷重伝達法による沈下解析を行って、耐圧マットスラブに生じる変形角が1/850程度と十分小さく、問題ないことを確認しています。

表2 本庁舎の設計クライテリア

地震動のレベル		レベル1	レベル2	レベル3	
上部構造		弾性限耐力 ^{※1)} 以下	弾性限耐力 ^{※1)} 以下	免震層の変形が 40.0cm以内	
免震装置	弾性すべり支承	変形	25.0cm以内		40.0cm以内
	圧縮面圧	圧縮	48.0N/mm ² 以下 ^{※2)}		40.0N/mm ² 以下 ^{※2)}
		引張	引抜力を生じない		引抜力を生じない
	積層ゴム支承	せん断歪	積層ゴム総厚さの150%以内 (26.2cm以内)		積層ゴム総厚さの225%以内 (39.4cm以内)
		圧縮面圧	圧縮		30.0N/mm ² 以下 ^{※2)}
下部構造 ^{※3)}		短期許容応力度以下	短期許容応力度以下		
基礎 ^{※3)}		弾性限耐力以下	弾性限耐力以下		

※1) 上部構造の弾性限耐力は、いずれかの層の柱、梁または壁がせん断降伏した時の各層のせん断耐力とする。

※2) 免震装置の歪が大きくなるに従い許容面圧が小さくなるため、レベル2に対するクライテリアは、レベル1より小さく設定している。

※3) 下部構造は擁壁およびマットスラブ、基礎は杭を示す。

※4) レベル3地震動は、観測波を70cm/sに基準化した地震動とする。

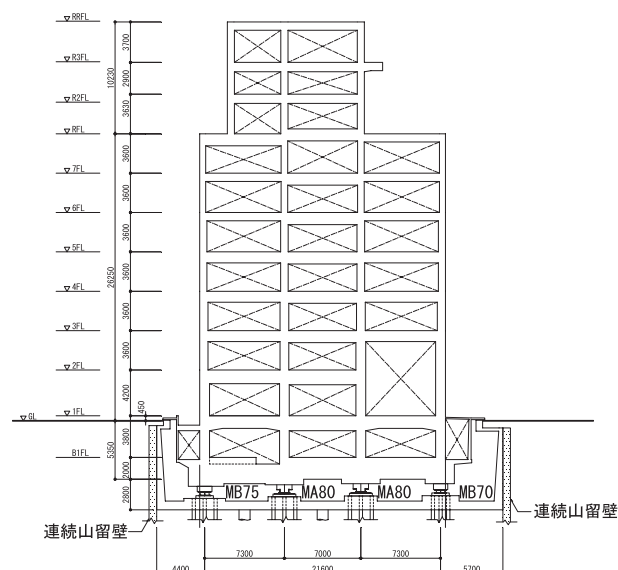


図4 本庁舎の断面図

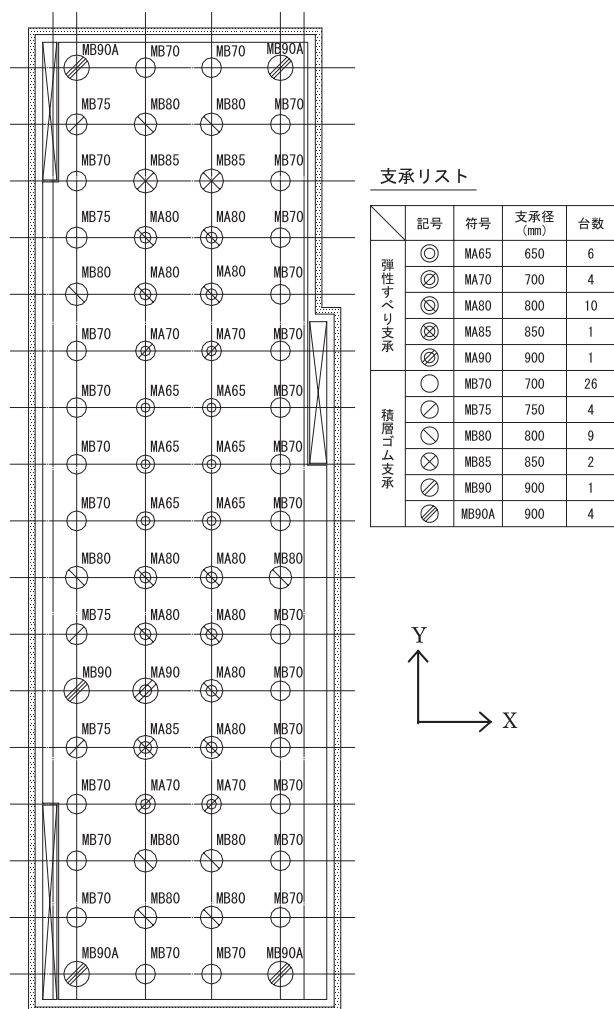


図5 免震装置の配置

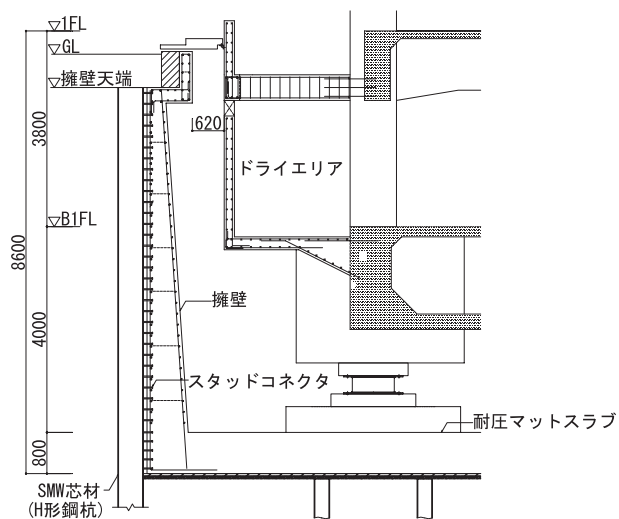


図6 免震ピット詳細図

耐震補強を行う講堂・議会棟及び議会棟別館は、各階の構造耐震指標 I_s が、構造耐震判定指標値 ($I_{s0} = 0.66$) 以上とし、かつ耐震改修促進法に基づく「地震の震動及び衝撃に対して倒壊し、又は崩壊する危険性が低い」範囲となるよう補強を行いました。ここで、構造耐震判定指標値 $I_{s0} = 0.66$ は、建築基準法に定める地域係数 $Z=1.0$ に、想定地震の大きさを考慮して余裕度 1.1 を乗じて、構造耐震判定指標値を割り増したものです。

講堂・議会棟及び議会棟別館には、デザイン性を考慮した格子型ブロック耐震壁やクロスウォールメタルを外壁面に設置することにより、建物内部での工事を最小限にし、建物を使用しながら補強を行う計画としています。

図7及び図8に格子型ブロック耐震壁およびクロスウォールメタルの設置概念図（外観イメージ図）を示します。格子型ブロックは、鋼板を内蔵したプレキャストコンクリート部材を斜めに組み合わせたもので、鋼板をコンクリートで座屈拘束することで、引張材と同じ耐力を圧縮材にも発揮させています。クロスウォールメタルは、小断面のH形鋼を斜めの格子状に組み合わせたもので、引張側斜め格子材による圧縮側斜め格子材の座屈拘束効果を考慮しています。

耐震補強により、設計クライテリアである $I_{s0} = 0.66$ 以上となり、かつ耐震改修促進法に基づく「地震の震動及び衝撃に対して倒壊し、又は崩壊する危険性が低い」範囲となりました。



図7 議会棟外観イメージ図(格子型ブロック)



図8 議会棟別館外観イメージ図(クロスウォールメタル)

4 検討地震動

表3に免震化した本庁舎の検討地震動（レベルⅡ）を示し、図9に表層の地盤特性を考慮した建物入力位置における告示波及びサイト波の擬似応答スペクトルを示します。告示波、サイト波とも、周期1秒程度に大きなピークが現れています。

サイト波模擬地震動の作成は、短周期成分は統計的グリーン関数法、長周期成分は波数積分法を適用するとともに、アスペリティの配置および破壊開始点については鳥取県被害想定結果（2005年）を参考に設定しています。

表3 検討地震動（レベルⅡ）

（基準化観測波）

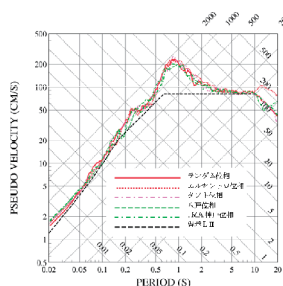
レベル	観測波形	成分	最大加速度 (cm/s/s)	最大速度 (cm/s)	解析時間 (s)
極めて稀 (レベルⅡ)	エルセントロNS	水平	497.6	50.0	50
	タフトEW	水平	338.3	50.0	50
	八戸NS	水平	452.1	50.0	40
	JMA神戸NS	水平	531.5	50.0	50

（告示波模擬地震動）

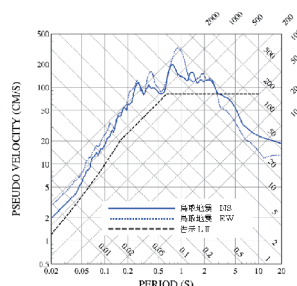
レベル	位相	成分	最大加速度 (cm/s/s)	最大速度 (cm/s)	解析時間 (s)
極めて稀 (レベルⅡ)	エルセントロNS	水平	503.4	78.6	120
	タフトEW	水平	500.6	83.2	120
	八戸NS	水平	525.3	76.5	120
	JMA神戸NS	水平	539.5	100.9	120
	ランダム	水平	461.3	64.5	120

（サイト模擬地震動）

レベル	位相	成分	最大加速度 (cm/s/s)	最大速度 (cm/s)	解析時間 (s)
極めて稀 (レベルⅡ)	鳥取NS	水平	616.4	70.7	160
	鳥取EW	水平	893.1	79.1	160



（告示波模擬地震動）



（サイト模擬地震動）

図9 擬似速度応答スペクトル

5 地震応答解析モデル

図10に地震応答解析モデルを示します。免震層は積層ゴム支承および弾性すべり支承をモデル化した2本のばねを並列配置し、免震層以下を固定としました。免震層上部は地上7階、地下1階、及び既存基礎部を考慮して、各階床位置に質量を集中させた9質点等価せん断型質点系モデルとしています。上部構造の復元力特性は、コンクリートのひび割れを考慮した荷重増分法による静的弾塑性解析の結果から得られた各層の層せん断力-層間変位関係に基づいて設定しました。減衰特性は、上部構造については1次モードに対して3%を、免震層については弾性すべり支承のみ5%とした瞬間剛性比例型減衰としました。上部建屋を剛とした時の接線剛性に対する固有周期は、すべり発生前で1.60秒、すべり後は5.35秒となっています。

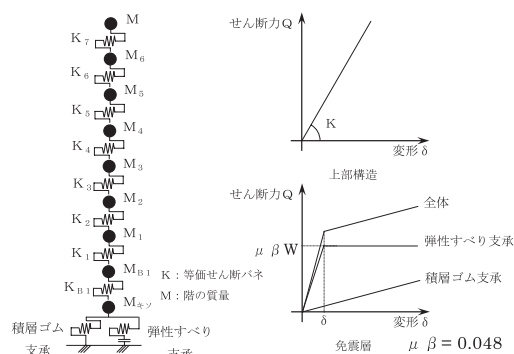


図10 地震応答解析モデル

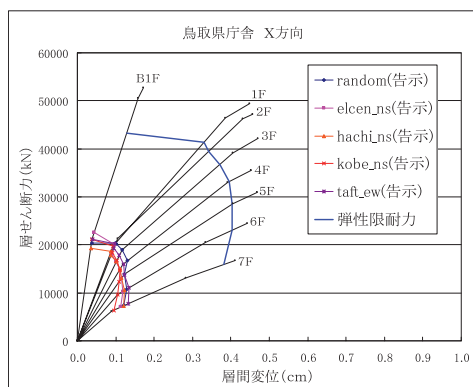
6 地震応答解析結果

図11～図13に地震応答解析結果を示し、表4に免震装置の変形および面圧の最大値と最小値を示します。これらの図表より、以下のことがわかります。

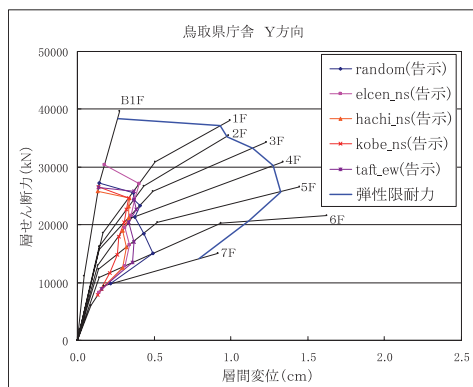
- 免震装置の製品のばらつき等を考慮しても、上部構造各層の最大応答せん断力は、弾性限耐力を十分下回っている。最大層間変形角は6階で生じ、層間変形は0.586cm (1/614)となり、耐震診断においてせん断破壊部材に対して想定している部材角1/250を十分に下回っている。

- 上下動震度0.3Gを考慮した応力に対して、免震装置に作用する面圧は、免震装置の引張面圧クライテリア（積層ゴム支承で引張面圧1N/mm²以下、弾性すべり支承で引張力が生じないこと）を満足している。

なお、上下動震度0.3Gと45度方向入力を同時に考慮した応力に対し、四隅の4基の積層ゴム支承の引張面圧がクライテリアを越えたため、これら4基については、長期面圧から決まる径よりも大きくすることで対応しました。

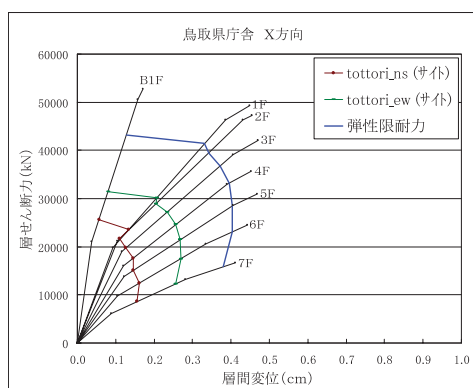


(X方向)

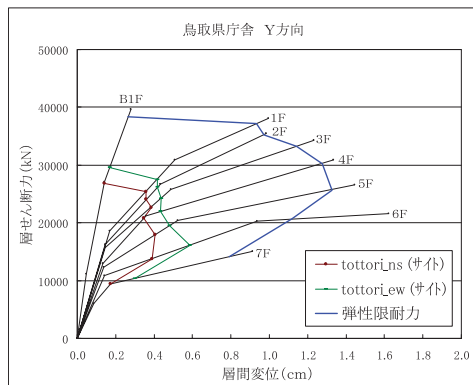


(Y方向)

図11 応力-変形関係図
(レベル2、変動十、告示波)

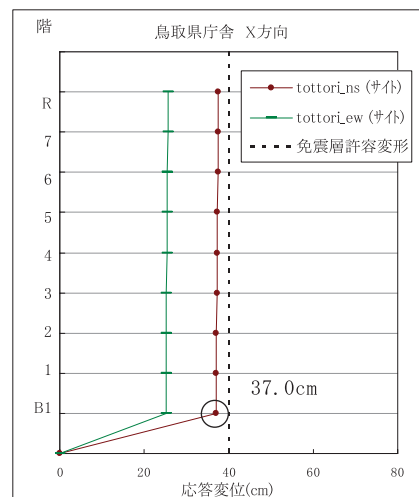


(X方向)

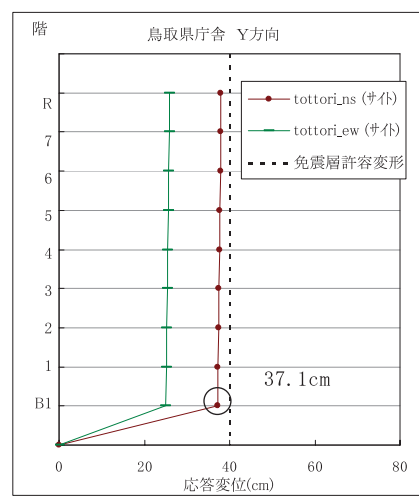


(Y方向)

図12 応力-変形関係図
(レベル2、変動十、サイト波)



(X方向)



(Y方向)

図13 最大応答変形図
(レベル2、変動一、サイト波)

表4 免震装置の変形と面圧

地震動のレベル	弾性すべり支承		積層ゴム支承	
	最大面圧 N/mm ²	最小面圧 N/mm ²	最大面圧 N/mm ²	最小面圧 N/mm ²
レベル1 (ばらつき考慮)	15.77	8.72	15.41	1.08
レベル2 (ばらつき考慮)	16.28	7.96	17.64	0.00
レベル2 (上下動0.3G考慮)	19.88	5.45	18.64	-0.18
レベル2 (45度方向加力)	15.90	9.01	14.50	0.29
レベル2 (上下動0.3G+45度方向加力)	20.07	5.83	17.47	-0.997
レベル2 (液化化考慮)	15.52	8.97	14.67	1.44

7 施工方法

図14及び下記に免震化の手順を示します。

手順①

建築物外周に連続山留壁 (SMW) を施工して、既存建物との間に2段の切梁を設置しながら、既存底盤-3m付近まで掘削する。施工中の耐震性を確保するための水平拘束材を設置する。

手順②

床付面にレベルコンクリートを打設し、次いで耐圧マットスラブ (厚さ800mm) を打設する。さらに下部フーチングを構築し、下部フーチングと既存フーチングの間に仮受ジャッキを設置する。仮受ジャッキに軸力を導入して、上部構造の荷重を支持する。

手順③

既設H形鋼杭を切断後、下部プレートを設置し、下部ペDESTALを構築する。

手順④

上部プレートを設置した免震装置を据付け、上部ペDESTALを構築するとともに、擁壁躯体および新設ドライエリア床躯体を構築する。

手順⑤

建物の変形を計測しながら、仮受けジャッキを順次除荷、撤去し、免震化が完成する。

図15に、設計期間、工事期間を示します。

設計においては、(財)日本建築防災協会の評定及び耐震改修促進法の認定を受けるとともに、免震化を行った本庁舎について大臣認定を取得しています。

工事期間は、準備工事も含めて約24ヶ月で、本庁舎の免震化工事期間中に、議会棟、講堂棟及び議会棟別館の耐震補強工事を行います。

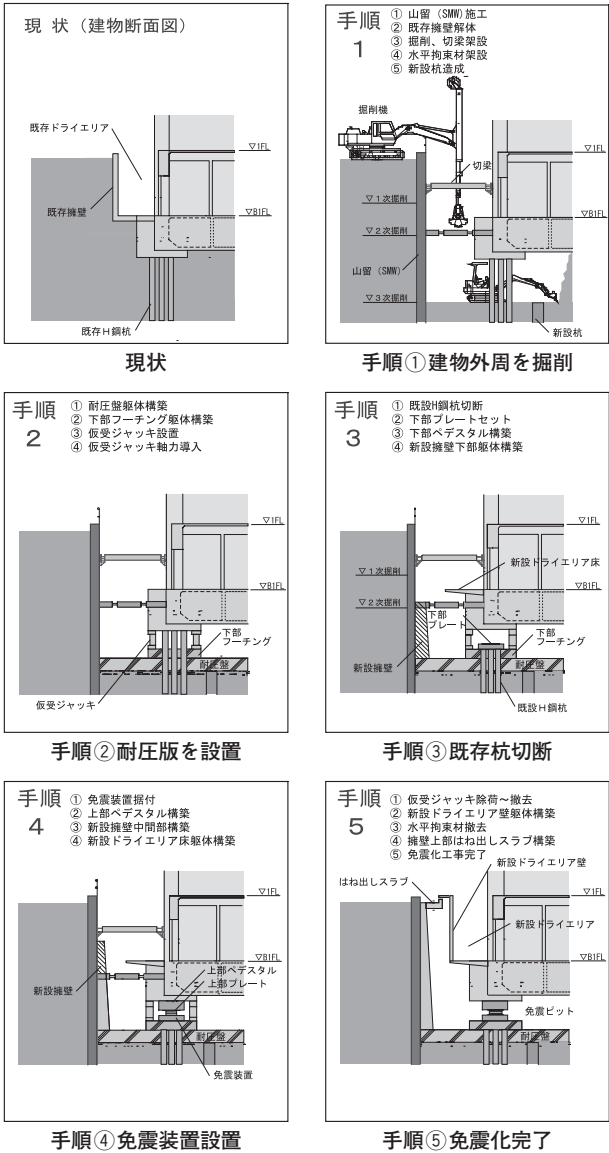


図14 免震化の施工手順

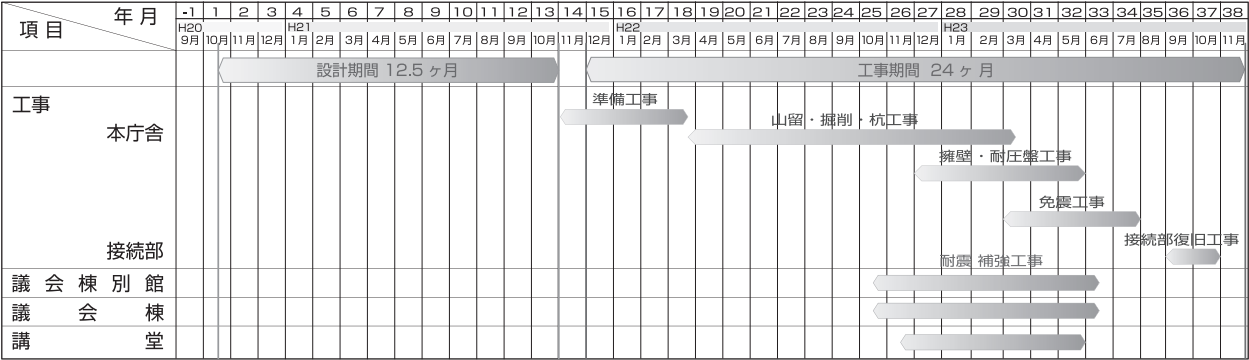


図15 工程計画