

経済産業省総合庁舎別館耐震改修



神谷 敏之
山下設計



早瀬 元明
山下設計



酒井 和成
山下設計

1 はじめに

本計画は、経済産業省本館と日本郵政公社と同一敷地内に隣接する経済産業省別館の免震化による耐震改修計画である。建物は図1による中央付近から下（郵政公社側）は昭和43年（第Ⅰ期）、上は昭和48年（第Ⅱ期）に建設された庁舎である。

建物周囲および建物下を掘削、杭を切断してB2階基礎下に免震装置を設置し、建物全体を免震化することにより、大地震時に必要な耐震性能を確保する改修計画である。

建物内部の工事は発生しないため、庁舎を利用しながら工事を行い、工事後は現状を維持したまま庁舎を利用することができ、施設の機能上要求される耐震安全性を確保することが出来る。



写真1 建物外観

2 建築計画概要

既存建物の建築概要を以下に示す。

建物名称	経済産業省総合庁舎別館
建築場所	東京都千代田区霞が関1-3-1
建築年次	第1期 昭和43年 第2期 昭和48年
用途	事務庁舎
規模	敷地面積 31,191.67m ² 建築面積 4,812.86m ² 延床面積 59,741m ² 基準階面積 4,524.05m ² 階数 地上11階、塔屋2階、地下2階 軒高 GL+42.87m 基準階階高 3.75m
構造概要	構造種別 鉄骨鉄筋コンクリート造 骨組形式 耐震壁付ラーメン構造 基礎 深礎杭



図1 付近見取り図

3 耐震診断結果

耐震診断は、「官庁施設の総合耐震診断・改修基準及び同解説(建設大臣官房官庁営繕部監修、平成8年版)」に基づき行ない、耐震安全性の分類は、構造体Ⅰ類(重要度係数 $I=1.5$)とする。

診断結果は、「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高い」、となった。

4 構造計画概要

本計画は、B2階床下に免震層を設け、免震装置を設置し、建物を基礎免震化する耐震改修計画である。図2に構造計画概要図を示す。

上部構造の平面形状は、X方向が約122.4m、Y方向が約32.4mの長方形である。主体構造は、鉄骨鉄筋コンクリート造で、X・Y方向とも耐震壁付きラーメン構造である。

建設は第1期工事と第2期工事に分けて行われ、第1期工事は1通～10通で昭和43年度、第2期工事は10通～18通で昭和48年度に竣工している。

既存躯体のコンクリート強度は、建物より採取

した試験体の圧縮試験結果から、設計基準強度を満足していると判断でき、上部構造の建物調査結果及び解析結果より、上部構造の補強は不必要と判断した。

基礎形式は、GL-16m以深の東京礫層を支持層とする杭基礎で、拡底深礎杭(軸径2600 ϕ ～4600 ϕ 、拡底径3750 ϕ ～5400 ϕ)である。また免震改修時にはマットスラブを新設する。新設する擁壁は、H形鋼(擁壁鋼材)にスタッドジベルを用いて擁壁のコンクリートと一体化する合成壁としている。また擁壁鋼材は、仮設時の山留め壁(SMW)の芯材鉄骨として利用している。

積層ゴムアイソレータは、各柱直下に各1台設置する。使用径は天然ゴム系積層ゴムアイソレータ1400 ϕ 、鉛プラグ入り積層ゴムアイソレータ1200 ϕ ～1400 ϕ とする。免震装置の配置は、建物中央部に天然ゴム系積層ゴムアイソレータ、外周部に鉛プラグ入り積層ゴムアイソレータを配置することにより、免震層のねじれ剛性を高め、各変形時の偏心による影響を極力小さくする計画としている。

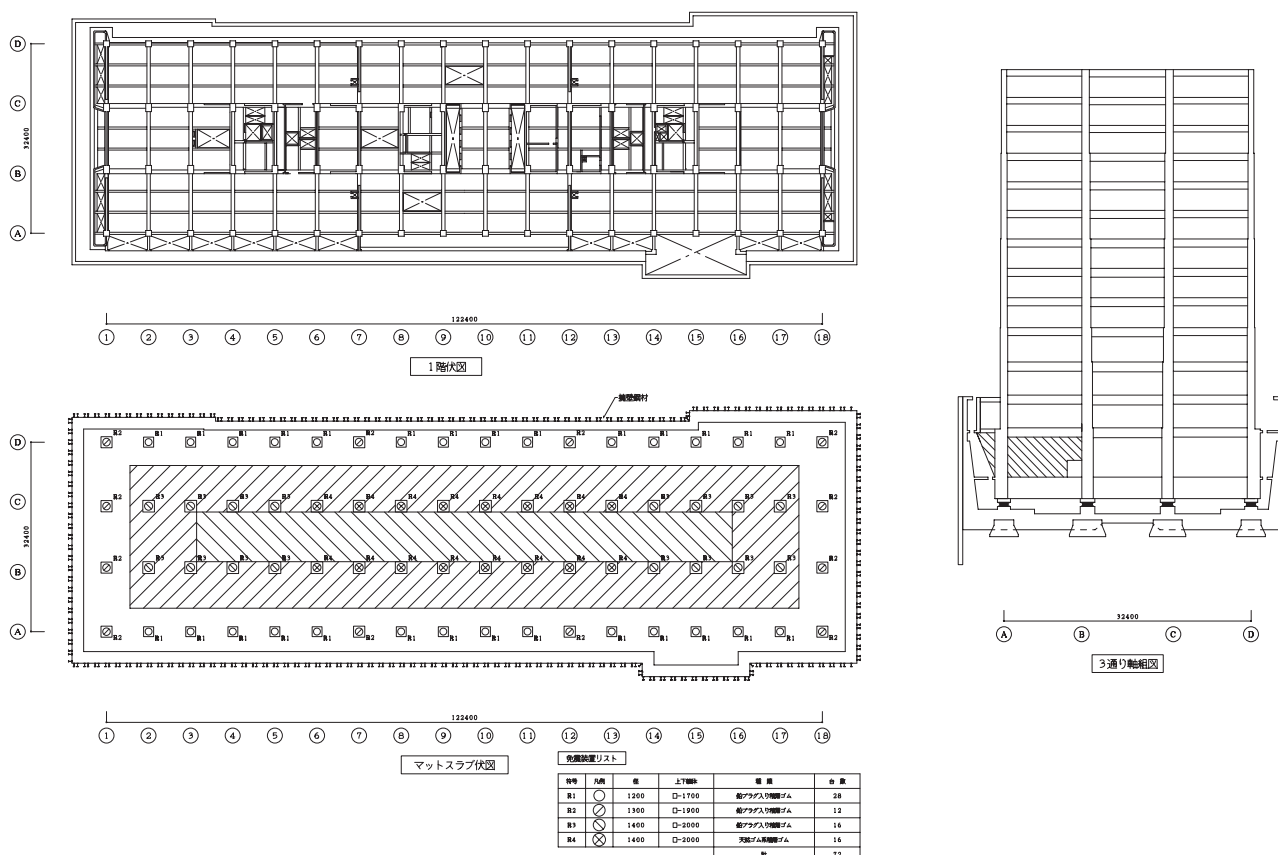


図2 構造計画概要図

5 構造設計概要

5.1 耐震性能目標

耐震性能目標を表1のように設定した。

表1 耐震性能目標

		レベル1	レベル2
想定する地震動		稀に発生する地震動	極稀に発生する地震動
要求耐震性能		地震後に構造躯体は、補修を必要とせず、再使用可能とする。	地震後に構造躯体は、大きな補修を必要とせず、再使用可能とする。
耐震性能目標	上部構造	短期許容応力度以内 層間変形角 1/1000 以内	弾性限耐力以内 ^{*1} 層間変形角 1/500 以内
	免震装置	安定変形 ^{*2} (40cm) 以下 (ゴム層総厚の 200%)	性能保証変形 ^{*3} (60cm) 以下 (ゴム層総厚の 300%) 引張力が生じない
	基礎構造	杭支持力	短期許容支持力以内
		擁壁	短期許容応力度以内
		マットスラブ	短期許容応力度以内
		基礎梁 (既存)	短期許容応力度以内

*1 弾性限耐力とは、生じる応力がすべての部材において終局耐力以下(曲げ、せん断共)である範囲とする。

*2 安定変形とは、終局限界変形(ゴム層総厚の400%)の1/2以下とする。

*3 性能保証変形は、終局限界変形の3/4以下とする。

5.2 設計用入力地震動

各レベルの採用地震は、建設省告示第1461号に基づき、極稀に起こる地震動として作成した告示波3波。中央防災会議「首都直下地震対策専門調査会」の報告にて提案されている、首都機能に影響が大きいと考えられる「都心東部(霞が関)直下地震」の地震強さを勘案し、「設計用入力地震動作成手法技術指針(案)(日本建築センター)」で提案されているレベル2相当の地震動(Bcj-L2波)をサイト波相当とし、参考波として採用した。(表2)

表2 設計用入力地震動

入力地震動	レベル1		レベル2	
	加速度 (cm/s ²)	速度 (cm/s)	加速度 (cm/s ²)	速度 (cm/s)
El-Centro(NS)	255.4	25.0	510.8	50.0
Taft(EW)	248.3	25.0	496.6	50.0
Hachinohe(NS)	165.1	25.0	330.1	50.0
告示波(random)	76.5	9.6	382.4	47.9
告示波(elcentro)	80.3	10.1	401.6	50.4
告示波(hachinohe)	75.4	11.4	377.2	56.8
Bcj-L2波(参考波)	—	—	355.7	57.4

5.3 時刻歴応答解析結果

解析モデルは、各階床位置を質点とする16質点の等価せん断型モデルとし、免震装置についてもせん断ばねにモデル化した。

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静的弾塑性解析の結果よりスケルトンカーブをモデル化した。

免震装置の復元力特性は、天然ゴム系積層ゴム：Linear型、鉛プラグ入り積層ゴム歪依存型Bi-Linear型にそれぞれモデル化した。また、温度変化、製造時の製品品質、経年変化により力学特性が変化するため、その変動分を考慮して解析を行った。減衰は内部粘性減衰とし、減衰定数は1次固有振動数に対して上部構造を3%の瞬間剛性比例型、免震装置を0%とした。

図3に応答解析結果を示す。

5.4 上部構造の解析結果

静的弾塑性増分解析により、上部構造の復元力特性、弾性限耐力を確認し、レベル1及びレベル2地震動の応答解析結果が耐震性能目標以内であることを確認した。なお、終局限界せん断力とは、鉛直部材の中で初めにせん断降伏ヒンジが発生した時とした。(表3)

表3 静的弾塑性増分解析結果

X 方向

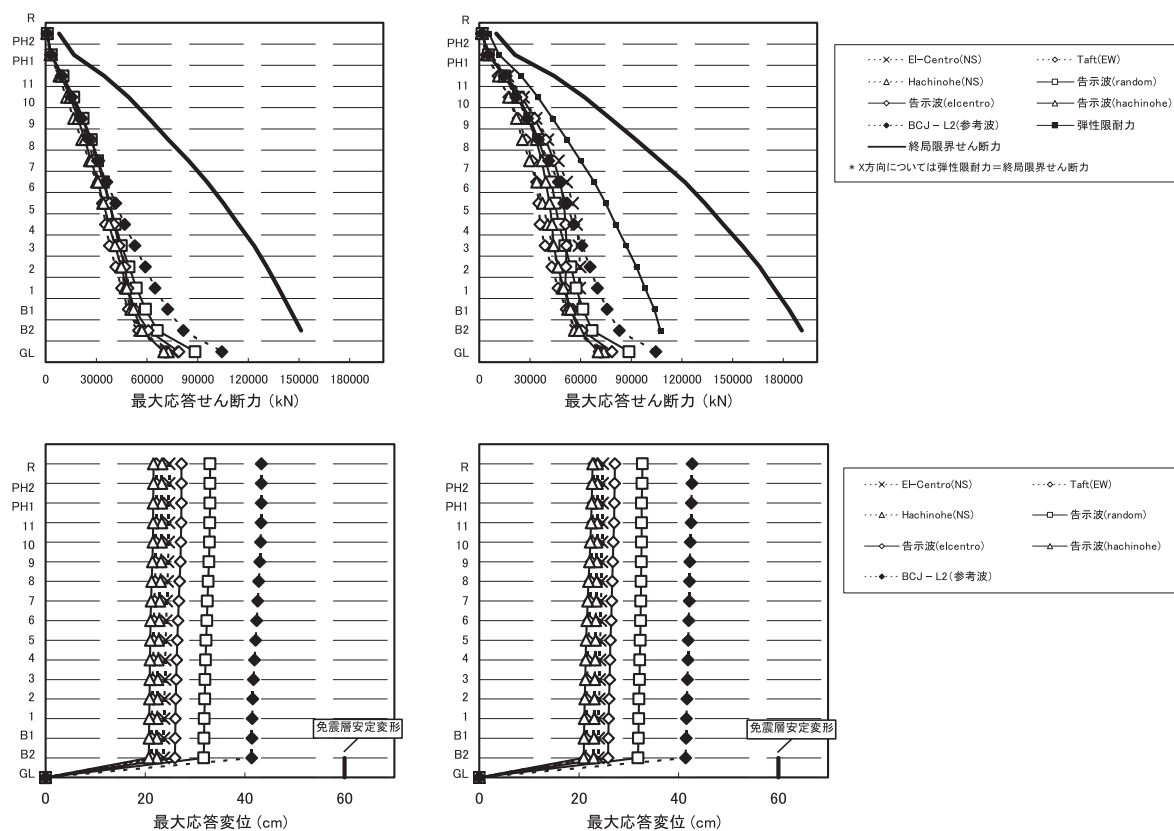
	ベースシア係数	状況	層間変形角	
①	0.103	レベル2地震時	1/859 (9階)	
②	0.192	9階の柱がせん断降伏	1/178 (7階)	弾性限耐力かつ終局限界せん断力

Y 方向

	ベースシア係数	状況	層間変形角	
①	0.104	レベル2地震時	1/1024 (11階)	
②	0.136	6階の梁がせん断降伏	1/716 (9階)	弾性限耐力
③	0.204	8階の壁がせん断降伏	1/320 (8階)	終局限界せん断力

5.5 基礎計画概要(図4)

本建物の既存杭(拡底深礎杭)には、施工手順を考慮し上部構造の荷重を深礎杭に仮受けした後、マットスラブを打設するため、上部構造の荷重は既存杭のみに負担させている。また排土重量とマットスラブ・擁壁の新設部重量を比較すると排土重量の方が大きいため長期支持力は十分安全である



X方向

Y方向

図3 レベル2応答解析結果(標準)

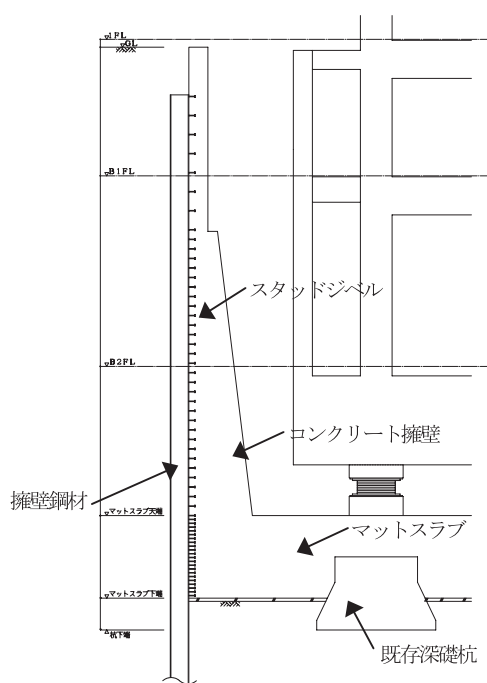


図4 基礎構造

と判断した。

擁壁の曲げモーメントに対する設計は仮設山留SMW壁の芯材のH形鋼をスタッドジベルによりコンクリート擁壁と一体とした合成壁として設計を行う。合成壁の設計は「各種合成構造設計指針・同解説(日本建築学会)」に従っている。また、擁壁のせん断力に対する設計は、コンクリート断面のみを考慮することにした。

6 施工計画の検討

6.1 全体施工計画

本計画は、建物外周部及び基礎下を掘削し、建物を使用しながら建物全体を免震化する計画であり、通常の新築計画と異なり、施工途中における耐震安全性の確保が重要となる。特に基礎下端を掘削し、既存杭が露出して切断する工程において基礎の水平剛性が低下する。

そのため建物外周部の擁壁の一部及び水平拘束スラブを先行して施工し、施工途中の水平剛性を確保する(前半工程、図5.1)。その後基礎下端を掘

削し、マットスラブ構築、杭切断、免震装置設置を行う(後半工程、図5.2)。

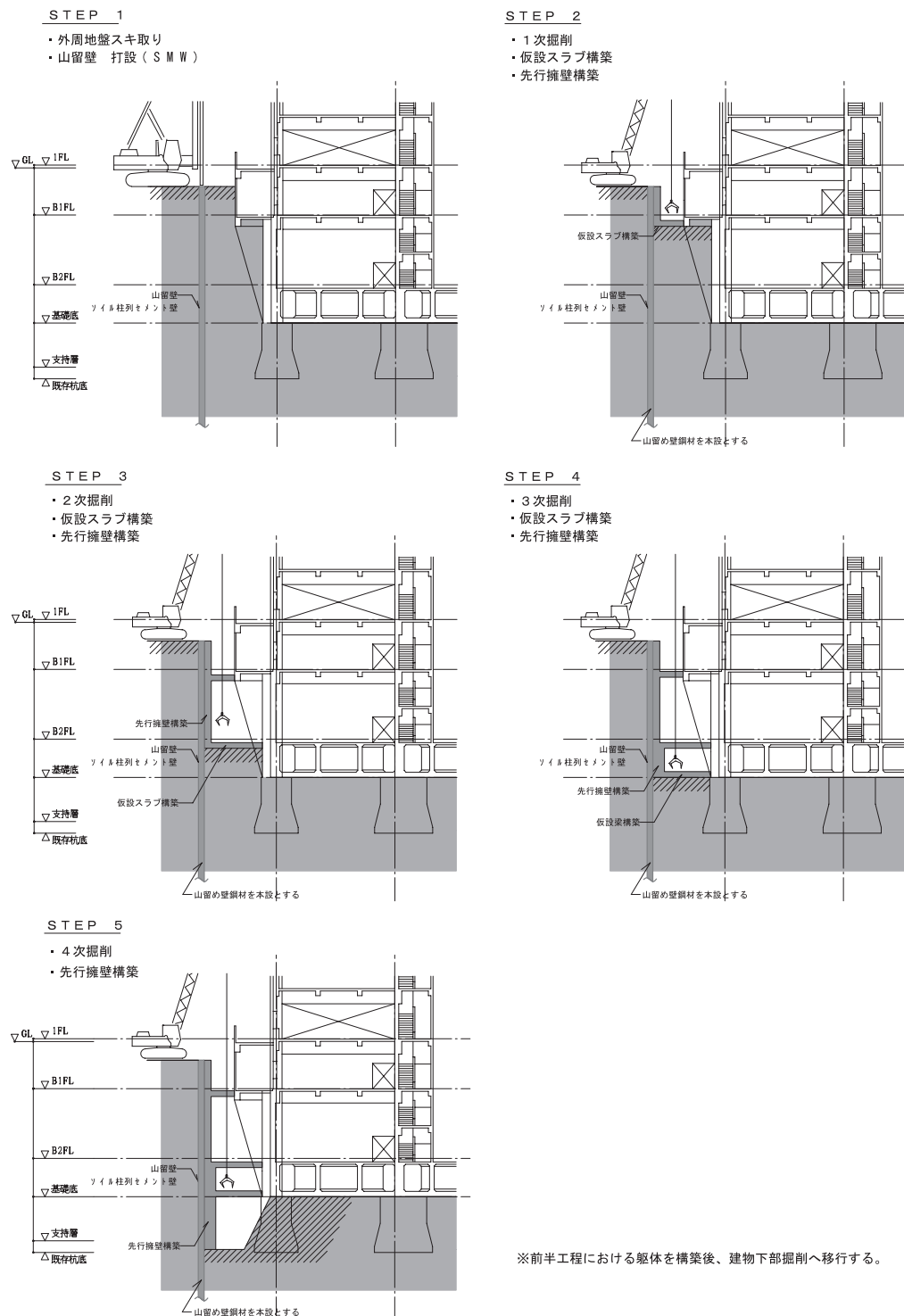
本計画の施工手順は、下記の要領で行う。

① 先行擁壁、水平拘束スラブを構築

② 基礎下端を掘削

③ マットスラブ構築、既存杭の切断、免震装置盛替え

④ 擁壁構築(最終形)



(前半工程)

図5.1 施工手順図

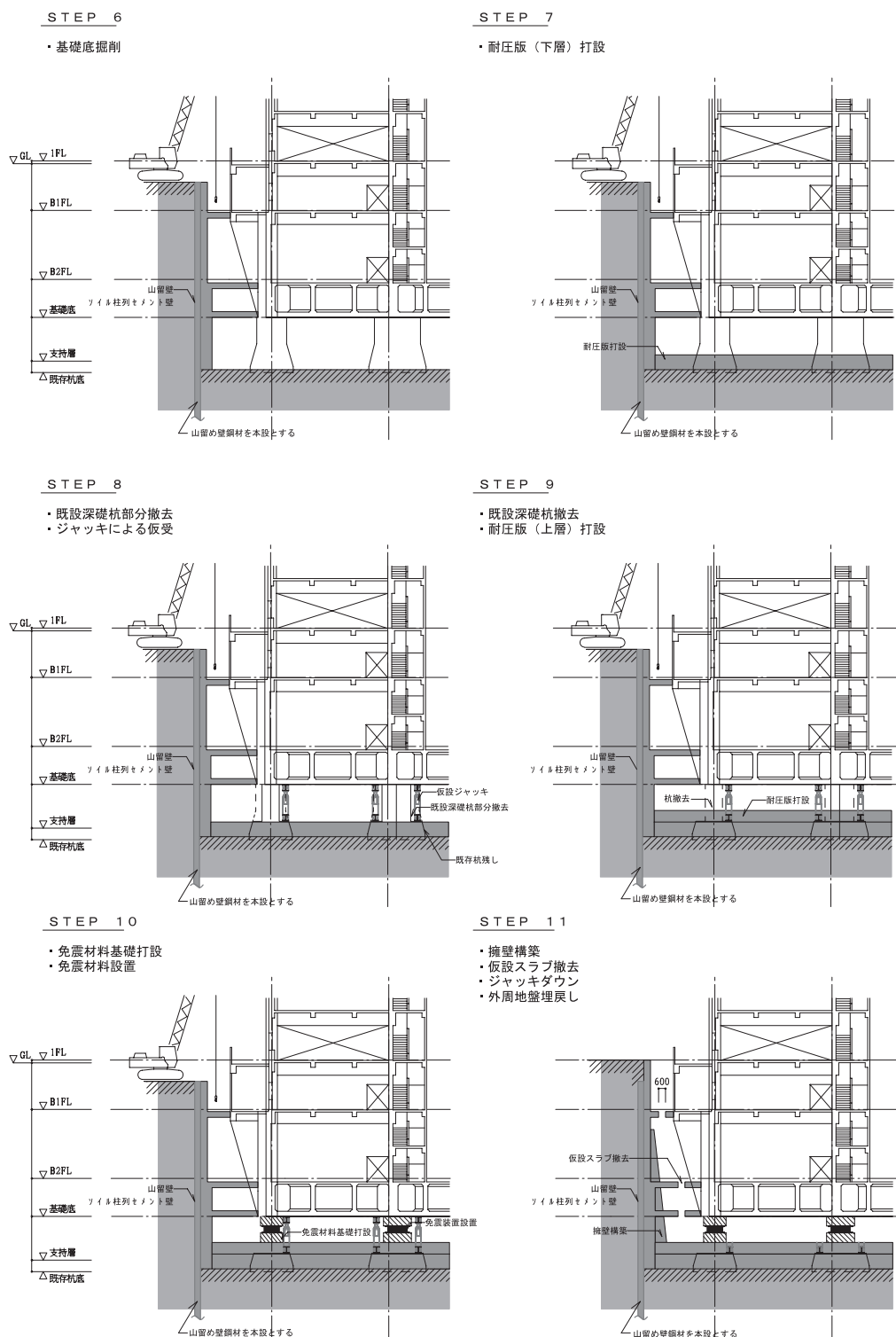
⑤ 仮設スラブ撤去

⑥ ジャッキダウン

先行擁壁及び水平拘束スラブを構築することにより、根入れ効果が発現され、現状と同等の耐震

安全性を確保することができる。

また平面的な仮設計画を考慮して、X方向(長辺方向)の抵抗は摩擦抵抗のみ、Y方向(短辺方向)は受働抵抗のみを考慮している。検討用地震力は、



(後半工程)
図5.2 施工手順図

B2階のせん断力係数 $C_0=0.2$ 、基礎部分の水平震度 $K=0.1$ とした。

6.2 アイソレータ盛替え計画

本工事の免震装置の取付けは、下記の要領で行う。(図6)

1) 1～4次掘削

マットスラブ下端まで掘削する。

2) マットスラブ下部構築、既存杭一部解体、撤去

- ・ジャッキ設置レベルまで先行してマットスラブの下部を構築する。
- ・既存杭の外周部をジャッキ設置範囲まで解体、撤去する。(コンクリートの許容圧縮応力度が中期以下となるように断面を残す。)

3) 仮受け

仮設ジャッキを設置し、荷重を仮受けする。

4) 既存杭全て撤去

残りの既存杭の全てを解体・撤去する。

5) マットスラブ上部構築

マットスラブの上部を構築する。

6) 免震装置設置

免震装置を上下の取付けプレートと一体の状態を設置する。

7) 上下基礎構築

免震装置の上下基礎を構築する。

8) ジャッキダウン、仮設ジャッキ撤去

- ・上下基礎のコンクリート強度発現後、ジャッキダウンを行う。
- ・仮設ジャッキを撤去する。

7 おわりに

本建物の免震化にあたり、その構造方法について国土交通大臣の認定(MNNN-1542)を取得している。平成18年4月に着工し10月現在、山留めを施工中である。

震が関の免震改修工事は、本計画で3例目であるが、今回は最も掘削が深く、柱1箇所も重量も最大で2000tを超える。また敷地が狭く、周辺は建物や道路・地下鉄が隣接している。そのため施工計画においては、設計時の検討結果を踏まえ、設計者、監理者及び施工者が協力して工事を進めている。

最後に、本建物の設計を進めるにあたり、ご指導頂きました国土交通省大臣官房官庁営繕部の担当者様に紙面をかりて御礼申し上げます。

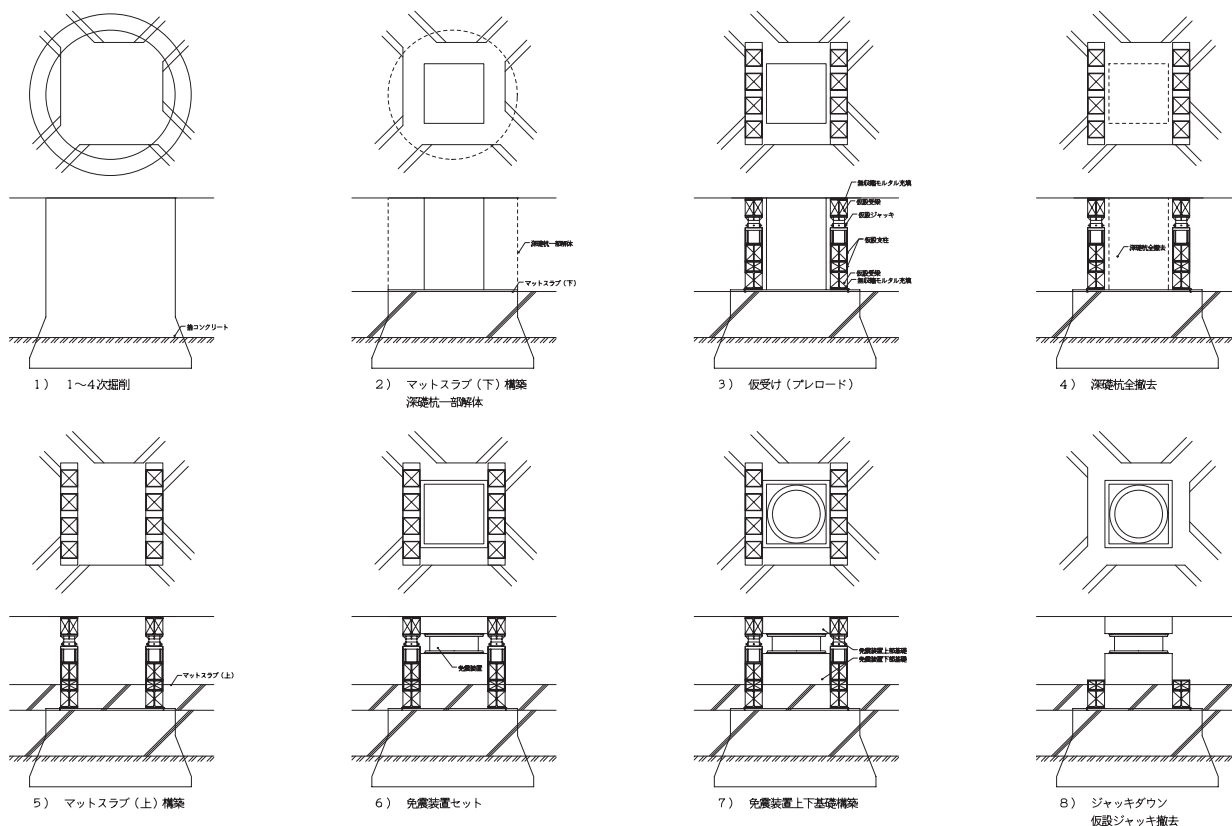


図6 アイソレータ盛替え計画図