

# 東京都豊島区役所本庁舎の基礎免震レトロフィット工事

大成建設 岡和田 喜久雄



同 鈴木 裕美



同 笠巻 正嗣



## 1. はじめに

東京都豊島区役所本庁舎は昭和36年に竣工した、豊島区の庁舎機能の中心的建物である。現在は平成12年6月末の竣工を目指して庁舎機能を維持したまま基礎免震レトロフィット工事を行っている。本報告はその改修概要を紹介する。

## 2. 免震レトロフィット計画に至る経緯

本庁舎は耐震診断の結果、大地震時に中破以上の被害を受ける可能性があると判断され、大地震後にも庁舎機能を維持すべく改修工事が計画された。

耐震壁やブレースの新設等といった従来工法による改修は、①工事範囲が執務空間におよび、引越しを余儀なくされるため、引越費用等の経費がかさむと共に、住民サービスが低下する。②補強部材により、事務室有効面積が減少し、使い勝手が悪くなる。等の難点がある。

これらを解決するため、既存基礎下に免震層を設ける改修を計画した。その結果、工事範囲を外周部と地下階に限定できるため、①住民サービスに大きな影響を与える事無く、「居ながら施工」が行え、②執務空間を阻害しない改修が可能になった。

## 3. 改修計画の概要と改修目標

改修イメージパースを図-1に、免震ピット部の施工に伴う工事範囲と竣工後の免震ピットの断面図を図-2に示す。また、建物概要を表-1に示す。

「居ながら施工」を実現するために、工事範囲は建物外周部と地下階に限定した。免震ピットの施工手順は、最下階の土間床解体、掘削、ピット躯体の施工、免震装置の設置、最下階の構造床への復旧である。ただし、地上階は通常の執務を続けるため、地下階の機械室部分の機能停止はできず、その部分は土間床を下部から鉄骨梁で補強しながら免震ピットを施工した。

地震動レベルに対応した改修目標と、その目標を達成するための上部構造・下部構造・免震装置のクライ

テリア、及び、地震動時の設備の追従可能寸法・構造体のクリアランス寸法を表-3に示すように設定した。



図-1 改修イメージパース

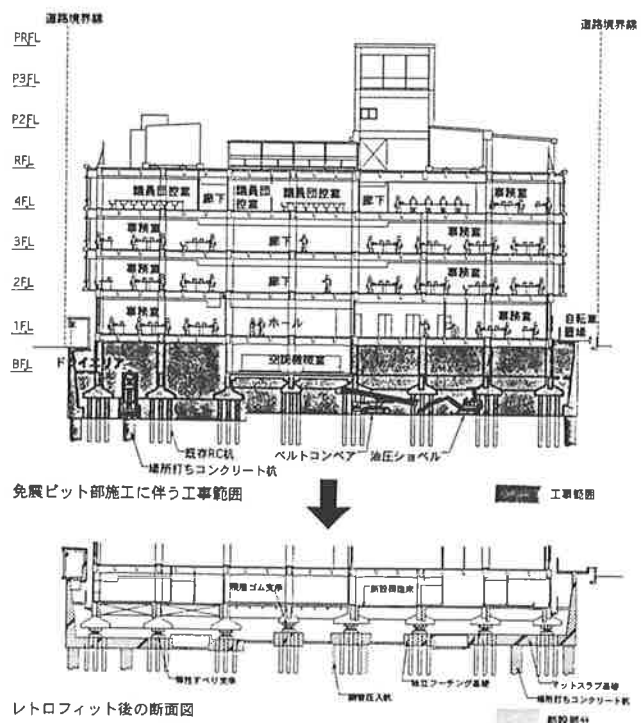


図-2 改修計画に伴う工事範囲と竣工後の免震ピットの断面図

上部構造は、免震効果を発揮させることで、地下1階構造床補強と既存基礎梁補強以外は構造的に手を加えることなくクライテリアを満足できた。

下部（基礎）構造として、免震ピットの建物外周部は擁壁土圧反力を受けるためマットスラブ基礎とし、建物中央部はピット空間を大きくとるため独立基礎として新設した。また、既存基礎構造は全本数772本のφ300mmのRC杭（杭先端：GL-14m以深のN値50以上の砂礫層）を有する独立基礎であり、杭の水平抵抗に対する十分な配慮がなされていなかった。そのため、基礎構造の耐震性能の向上と、免震ピット新設による荷重増に対応するため、外周の擁壁とマットスラブ基礎下には場所打ちコンクリート杭（φ1100mm×42本、φ1300mm×20本）、独立基礎には部分的に鋼管圧入杭（φ355.6mm×52本）を新設した。免震ピット基礎伏図と杭伏図を図-3、4に示す。

#### 4. 免震装置概要

既存建物は柱1本当たりの軸力が小さく、長周期化することが一般的に難しい。また、各柱直下にアイソレーターを配置するとダンパーの配置スペースが少なくなる。このため免震方式は、①アイソレーターとダンパーが一体化され、②長周期化しやすく、③免震化による地震エネルギー吸収量が大きい、下部にすべり部を有する「弾性すべり支承」、及び、「積層ゴム支承」を組み合わせて用いた。

免震装置部の骨格曲線・概念図・配置図を図-5～7に示す。この免震方式は、弾性すべり支承の初期剛性 $K_s$ と積層ゴム支承の剛性 $K_f$ と、弾性すべり支承の軸力分担率 $\beta$ （ $\beta=0.37$ 、滑り支承の平均摩擦係数 $\mu=0.12$ 、地震荷重 $W$ ）を組み合わせることで、免震装置の復元力を設定することができる。これにより周期は、すべり発生後（図中接線剛性）では3.82秒、レベル2地震動時（応答目標変形20cmと想定しその割線剛性）では2.85秒である。また、履歴エネルギー消費率はレベル2地震動時で等価粘性減衰定数換算（heq）で25%とすることができた。

C1、C2とは平成8年12月1日（財）日本建築センター免震構造評定委員会「免震構造建築物の評定用資料の作成方法とその解説」による地震動のカテゴリーレベルをいう。

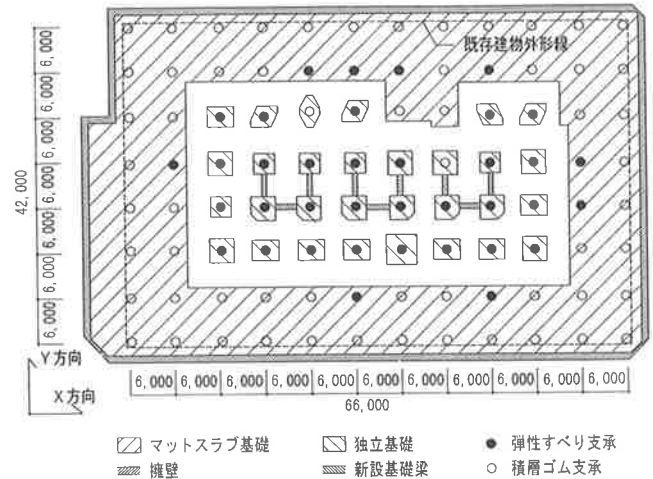


図-3 免震ピット基礎伏図

表-1 建物概要

建築場所	東京都豊島区東池袋1丁目18番1号
延床面積	延床面積：13057.80m <sup>2</sup> 、建築面積：2948.00m <sup>2</sup>
階数	地下1階、地上4階、塔屋3階
建物高さ	軒高：18.45m、最高部高：27.15m
構造形式	鉄筋コンクリート造、耐震壁付きラーメン構造
既存建物設計者	東京都豊島区建築課
既存建物施工者	大成建設株式会社
既存建物竣工	1961年
改修計画設計者	大成建設一級建築士事務所
改修工事施工者	大成建設株式会社
改修工事期間	1997年7月～2000年6月（設計・調査期間含む）

表-2 地震動レベルと改修目標

レベル1地震動	耐用年数中に1度以上受ける事の可能性の大きい地震動 地震後に構造の補修を必要とせず再使用可能とする。
レベル2地震動	過去・将来において受ける可能性がある最強の地震動 地震後に構造の大きな補修を必要とせず再使用可能とする。
余裕度の検討	
レベル2地震動を増幅し、終局限界の耐震性能目標を満足しなくなる部位を確認する。（人命確保のための余裕度の検討）	

表-3 目標クライテリアと変形クリアランス

	レベル1	レベル2
設定する地震動のカテゴリー	C1	C2
上部構造	概ね許容応力度以下	弾性限耐力以下
免震装置	安定変形以下	性能保証変形以下
下部（基礎）構造	許容応力度以下	弾性限耐力以下
設備配管の追従性	最大許容変形は±35cm	
免震部分と非免震部分のクリアランス	構造体の最大許容変形は±50cm EXP. J 仕上げの最大許容変形は±25cm	

C1、C2とは平成8年12月1日（財）日本建築センター免震構造評定委員会「免震構造建築物の評定用資料の作成方法とその解説」による地震動のカテゴリーレベルをいう。

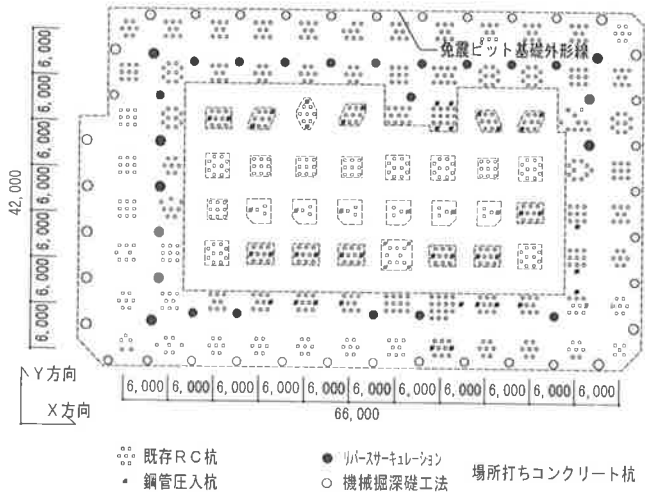


図-4 杭伏図

応答加速度は改修前後で1/10~1/5に低減され、レベル2地震動時においても改修後は150 gal 以下であることがわかる。

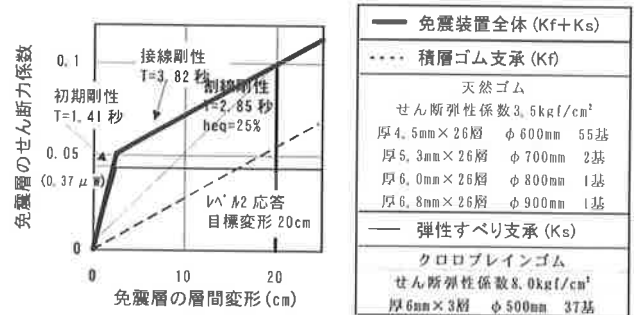


図-5 免震装置部の骨格曲線

### 5. 地震応答解析による耐震性能の確認

地震応答解析のモデル化は各階床位置に重量を集約した6質点等価せん断型とし、免震装置下部を固定として地震動を入力した。免震装置部分は図-5に示すKfとKsを並列に配置し、Ksの復元力特性はノーマルバイリニア、減衰は免震層を含めた建屋の1次固有周期に対してh=7%の瞬間剛性比例型とした。なお、Kfは弾性で減衰は無視した。上部構造の骨格曲線は静的弾塑性解析結果の荷重変形関係をトリリニアに置換し、復元力特性は武田モデル、減衰は上部構造のみの1次固有周期に対してh=3%の瞬間剛性比例型とした。

入力地震動を表-4に示す。各階のレベル2地震動時最大応答せん断力係数変形を図-8に、頻繁に起こる震度IIIとレベル2地震動(模擬波)の4階床レベルの加速度時刻歴を図-9に示す。

図-8の最大応答せん断力係数は、免震装置の特性のばらつきが地震応答に与える影響を考慮して、新たに設定した設計せん断力係数(免震装置レベルの層せん断力係数0.12)を下回っている。この設計せん断力係数時地震力に対して各部材は終局せん断耐力、及び、終局曲げ耐力に達していない。

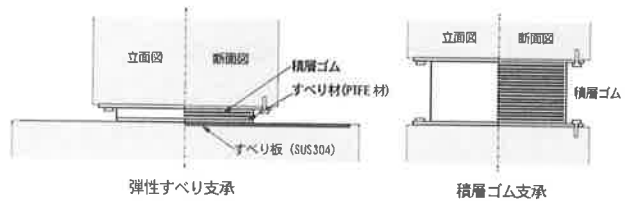


図-6 免震装置部の概念図

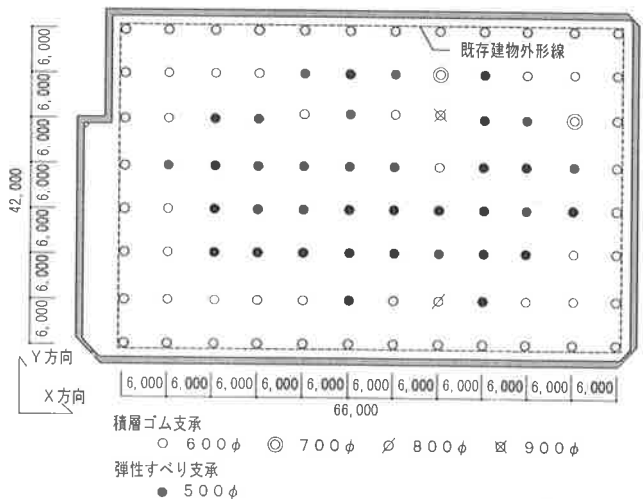


図-7 免震装置の配置

表-4 入力地震動

	地震波名	観測波最大入力レベル			備考
		大加速度 cm/sec <sup>2</sup>	最大加速度 cm/sec <sup>2</sup>	最大速度 cm/sec	
レベル2	TAFT EW	176.0	502.6	50.6	
	EL CENTRO NS	341.7	523.0	51.2	
	HACHINOHE NS	255.0	375.0	56.8	
	模擬波	—	560.0	46.5	(財)日本建築センターの設計用入力地震動作成手法指針(案)に則して作成されたレベル2地震動の基盤波を免震層レベルまで自由地盤応答により変換した模擬波
震度3	山梨県東部地震観測波	14.4	14.4	1.2	1996年3月6日に起こった山梨県東部を震源とするM5.8の地震で敷地近くの東京都内で観測された波形

入力レベルの加速度と速度はビルディングセンター1986.6 高層建築物構造評定委員会「高層建築物の動的解析用地震動について」に示された表示方法による。

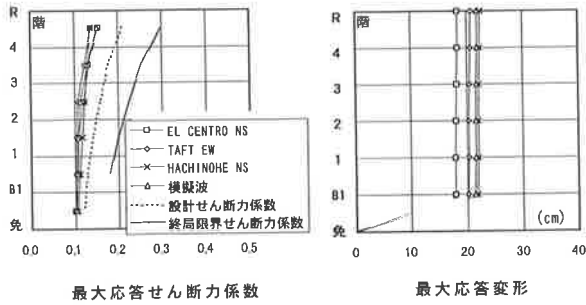


図-8 レベル2地震動時の最大応答値 (Y方向加力)

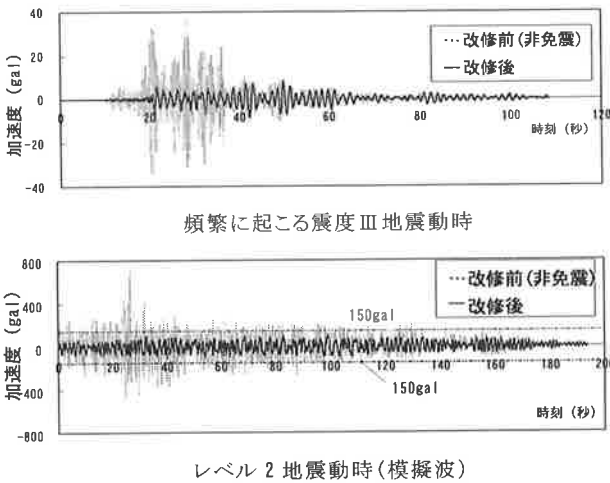


図-9 4階床レベルの加速度時刻歴

### 6. 施工計画の概要

庁舎業務を考慮して、地上部の機能を維持したまま免震ピットを施工するために、施工計画においては安全性を最重要視する必要がある。基礎免震レトロフィットの施工では、既存基礎下を掘削すると既存RC杭が露出状態になる期間が一時的に生じる。このような状況でも地震動時の安全性を確保するため、①既存RC杭が露出状態になる前に外周部を固め(建物外周部工事)②既存基礎下を掘削し(建物内部工事)③免震化する3つの工程に分割し、それぞれの工程で安全性を確認している。工事工程表、施工手順図表-5、図-11に示す。

全体施工計画図を図-10に示す。既存建物と道路境界の間隔は狭く、特に南・東面の外周部の擁壁工事は、連日の道路使用届けにより移動式仮囲いで日中作業をし、夜間は復旧する方法で施工した。また、住民サービスが低下しないよう常時庁舎への出入り口は3箇所確保し、騒音・振動の発生する工事は区役所と綿密な打ち合わせを重ね、夜間や休日に行っている。設備施設は既存状況を十分に調査し、可撓継手の盛り換えは平日に準備をし、設備の停止期間は休日に行うよう配慮している。なお、空調関係などは停止時の中

間期に盛り変える予定である。

### 7. まとめ

昭和36年に竣工した鉄筋コンクリート造、地下1階地上4階建の既存基礎下に免震装置を設ける改修計画をたてた。その結果、この敷地の過去・将来における最強の地震動後も、庁舎としての機能維持を上部構造は無補強で可能とする改修計画ができた。また、工事範囲が外周部と最下階に限られるため、庁舎業務にほとんど支障を出さないで改修工事が進められている。

この耐震改修計画をまとめるに当たって多大な御協力をいただいた、東京都豊島区建築部営繕課長の山屋文男様と営繕課の皆様は厚く御礼申し上げます。

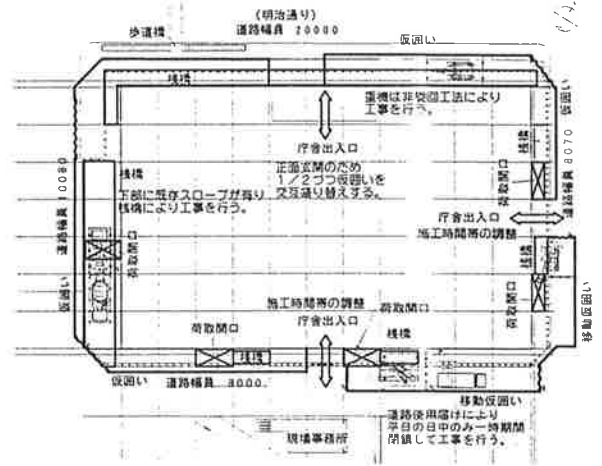


図-10 全体施工計画図

# 免震建築紹介




表-5 工事工程表

既存基礎下を掘削する期間においても、地震動時の安全性を確保するために工程は大きく3つに分割されます。

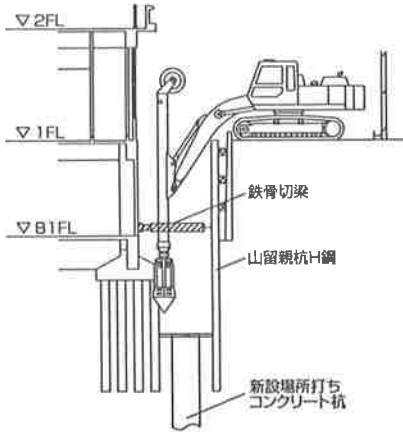
着工 9年7月17日 竣工 12年6月28日 (35.4カ月：設計期間を含む)

項目	平成9年	平成10年	平成11年	平成12年	
設計諸手続き	基本設計及び実施設計	(38条大臣認定、建築センター免震評定、耐震促進法認定取得)			検査 <input type="checkbox"/>
準備工事					
棧橋・山留工事			②建物内部工事		
土工事				既存杭切断	
杭工事					
基礎躯体工事					
擁壁工事			③免震化工事		
免震装置セット工事		①建物外周部工事			
地下1階床躯体工事					
地下1階内装工事					
建屋外周取合工事			切梁用スラブ切断とエキスパンション工事		
設備工事					

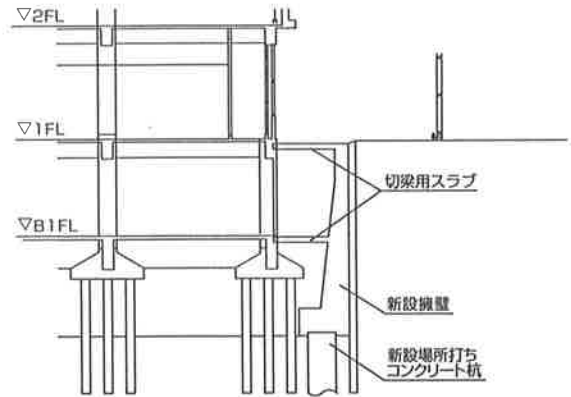
6/28

- ① 建物外周部工事  建物外周部の掘削、擁壁下部の杭と擁壁躯体工事を行い、擁壁と既存建物間に鉄筋コンクリート造の切梁用スラブを1階と地下1階レベルに設ける。この切梁用スラブは施工中の地震時水平力を建物外周部に流す役割をしている。
- ② 建物内部工事  地下1階土間床を解体し、建物内部の掘削工事を行い、免震ピット基礎躯体・杭工事を行う。なお①の切梁用スラブによって建物内部の既存基礎下を安全に掘削することができる。
- ③ 免震化工事  免震装置設置・地下1階の構造床・既存基礎梁補強を行い、既存杭の切断・外周部切梁用スラブ切断により免震化を行う。その後地下1階の仕上工事及びエキスパンション等の外構工事を行う。

### 1 建物外周部工事

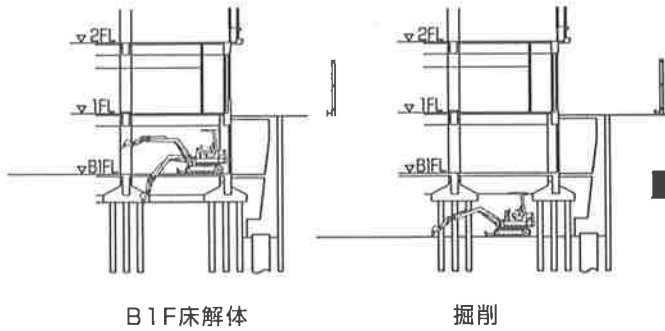


建物外周部の掘削、擁壁下部の新設場所打ちコンクリート杭工事を行なう。

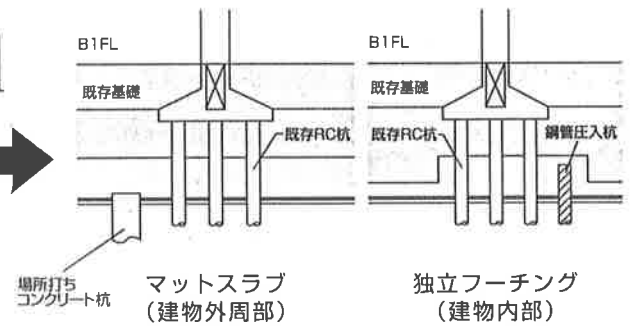


擁壁の躯体工事と、仮設用として新設擁壁と既存建物に鉄筋コンクリート造の切梁用スラブを1階と地下1階レベルに設ける。

### 2 建物内部工事

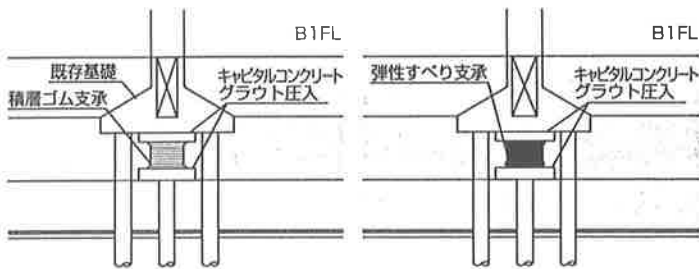


地下1階床レベルで小型掘削機械で土間床を解体し、床付けレベル迄掘削する。

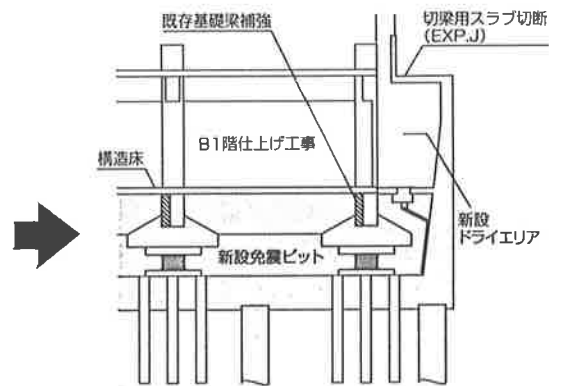


免震ビット基礎（マットスラブ・独立基礎）躯体・杭工事を行う。

### 3 免震化工事



サポート補強後、干渉する既存杭を切断し免震装置を設置する。



地下1階の構造床・既存基礎梁補強工事を行い既存杭の切断、外周部切梁用スラブ切断、エキスパンション工事により免震化を行う。その後、地下1階の仕上工事を行う。

図-11 施工手順図