

7. 構造計画

■構造計画の方針

構造については、建物の倒壊・損壊はもとより設備系の損傷、家具の転倒、天井の落下などの防止、経済性等を考慮し、右記の構造を比較検討し、決定します。

■新庁舎の耐震安全性の基準

新庁舎は本市の防災危機管理拠点となる施設であることから、大規模な地震が起こっても、構造体の補修をすることなく建築物を使用でき、人命の安全確保に加えて十分な機能の確保が図られるよう、通常の建築物の1.5倍に相当する耐震性能を備えた施設とします。(国の「官庁施設の総合耐震・対津波計画基準」の構造体分類Ⅰ類を適用)

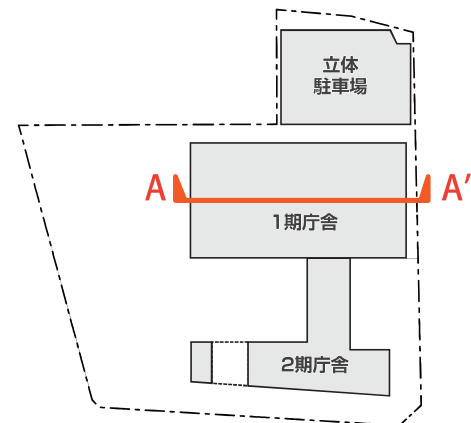
■構造概要

- 1期庁舎
 - ：上屋は剛性の高い鉄筋コンクリート造を主体とする
- 2期庁舎
 - ：開放的な吹き抜け空間を演出するため鉄骨造とする
- 立体駐車場
 - ：工期短縮等を考慮し、鉄骨造とする

■地盤補強計画・基礎計画

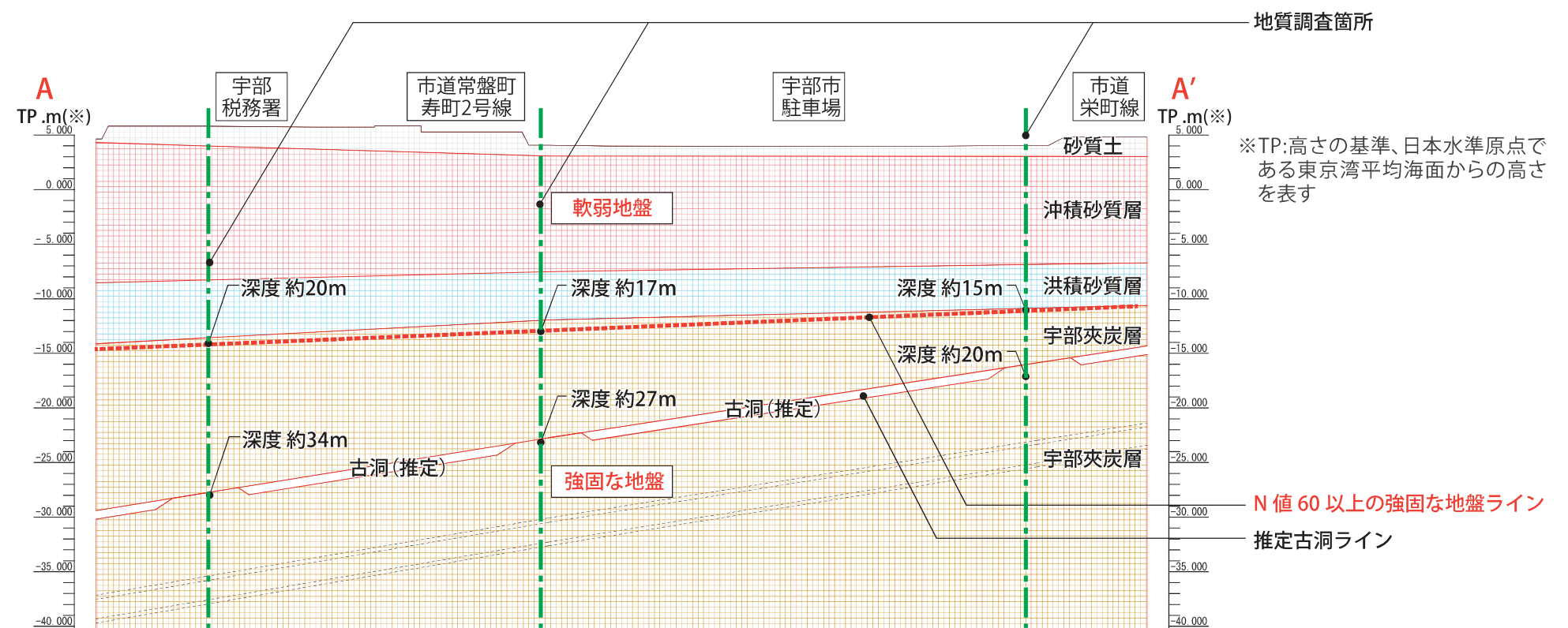
計画地の地盤調査の結果、1期庁舎予定地ではN値(※1)60以上の強固な地盤は現況地盤面から深さ15m～20m以深にあると推定しています。また、一重石炭層(古洞※2)と推定される部分は現況地盤面から深さ20m～34mの付近に傾斜して存在していると推測されます。

これらの調査結果を考慮し、建物の基礎となる杭に影響を及ぼす範囲の古洞は地盤補強を適切に行います。また杭基礎は強固な地盤に確実に支持させる形式とします。(※1:土の硬さや締まり具合を表す単位、N値が大きいほどその地盤は強固、※2:石炭採掘跡のこと)



耐震構造	制震構造	免震構造
上部になるにつれて変位・加速度も大きくなる。 建物の変形が大きい。 建物が直接地盤に支持されている。 地震時の振動	制震装置でエネルギーを吸収する。 建物の変形が比較的小さい。 建物が直接地盤に支持されている。 地震時の振動	各階ともほとんど同じ変位・加速度となる。 建物の変形が小さい。 建物が免震装置で支持されている。 地震時の振動
・建物の骨組み自体が損傷（塑性化）しながら変形することで地震エネルギーを吸収する仕組み ・中小地震時は機能は維持し、躯体は無被害で、修復は不要 ・大地震時は構造体の部分的な損傷は生ずるが、建物全体の体力が著しく低下しないことを目標とした構造	・耐震構造に制震装置を組み込み、建物の振動を吸収して建物の揺れを軽減する仕組み。 ・中小地震時は機能は維持し、躯体は無被害で、修復は不要 ・大地震時は耐震構造に比べて構造体の損傷は少なく、建物の補修を少なくすることを目標とした構造 ・高層階での建物の揺れによる増幅を抑えることを目的とした構造	・基礎部分等に免震装置を設置して建物と地盤を切り離し、大地震の振動を建物に伝えにくくする仕組み ・中小地震時は機能は維持し、躯体は無被害で、修復は不要 ・大地震後に構造体を補修することなく、建築物を使用できることを目標とした構造

1期庁舎建設予定地の推定地質断面図（A—A' 部分）



耐震構造と免震構造の比較

1. 構造比較

1 期庁舎（RC造）					
		耐震構造		免震構造	
		外側	内部	外側	内部
柱のサイズ	1階	□1400×1400	□1300×1300	□1000×1000	□900×900
	2階	□1200×1200	□1000×1000	□1000×1000	□900×900
	3階以上	□1100×1100	□1000×1000	□1000×1000	□900×900
主な梁のサイズ	南北方向		東西方向	南北方向	東西方向
	2階	750×1400	700×1300	700×1100	600×800
	3階	750×1300	700×1000	700×1100	600×700
	5階以上	750×1200	600×700	700×1100	500×700
免震装置		無		48箇所設置	

2 期庁舎（S造）						
			耐震構造		免震構造	
柱のサイズ				□600×600 D=28	□600×600 D=28	
				□400×400 D=16	□350×350 D=16	
				□650×650 D=40	□650×650 D=40	
主な梁のサイズ	南北方向		東西方向		南北方向	東西方向
	2階	800×400	1100×400	800×400	800×350	1000×400 800×350
	3階	800×400	1100×400	800×400	800×350	1000×400 800×350
免震装置		無			27箇所設置	

2. 概略コスト比較

1 期庁舎（RC造）地上部分の建物の主要な構造体建設コスト（税抜）

	耐震構造 a	免震構造 b	差分 b－a	備考
免震装置	0	177.6百万円	177.6百万円	免震装置48基
免震ピット	0	141.5百万円	141.5百万円	
土工	30.2百万円	49.6百万円	19.4百万円	掘削、残土処分
主要な構造体	777.8百万円	673.4百万円	△104.4百万円	柱、梁、壁、床 ただし、杭、基礎工は除く
エキスパンション・ジョイント	0百万円	0百万円	0百万円	
合 計	808.0百万円	1,042.1百万円	234.1百万円	

2 期庁舎（S造）地上部分の建物の主要な構造体建設コスト（税抜）

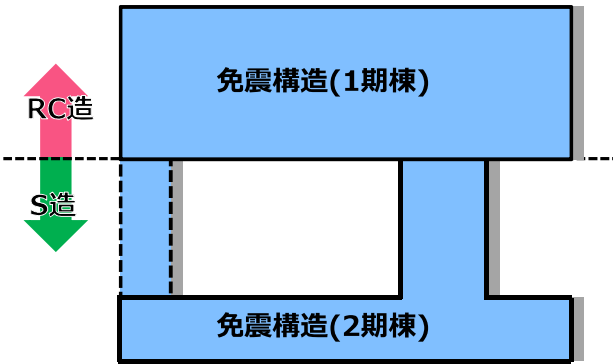
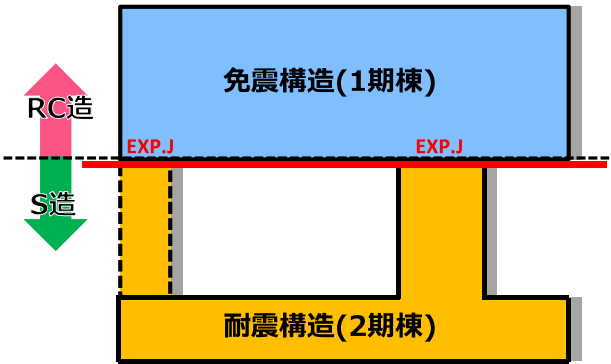
	耐震構造 a	免震構造 b	差分 b－a	備考
免震装置	0	99.9百万円	99.9百万円	免震装置27基
免震ピット	0	83.4百万円	83.4百万円	
土工	19.4百万円	31.9百万円	12.5百万円	掘削、残土処分
主要な構造体	312.6百万円	300.2百万円	△12.4百万円	柱、梁、壁、床 ただし、杭、基礎工は除く
エキスパンション・ジョイント	55.0百万円	0百万円	△55.0百万円	
合 計	387.0百万円	515.4百万円	128.4百万円	

3. 免震装置のランニングコスト

○免震装置定期及び応急点検概算費用：日本免震構造協会 免震建物の維持管理基準では
・設置後5年目、10年目、以降10年毎(定期点検) ・震度5弱以上の地震後(応急点検)
計測を含めた点検を実施
宇部市新庁舎の場合：約65万円／回(免震装置85基) ※誤りがあったため、修正

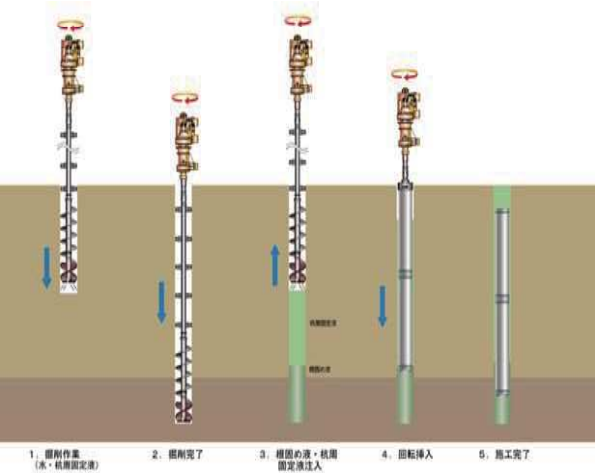
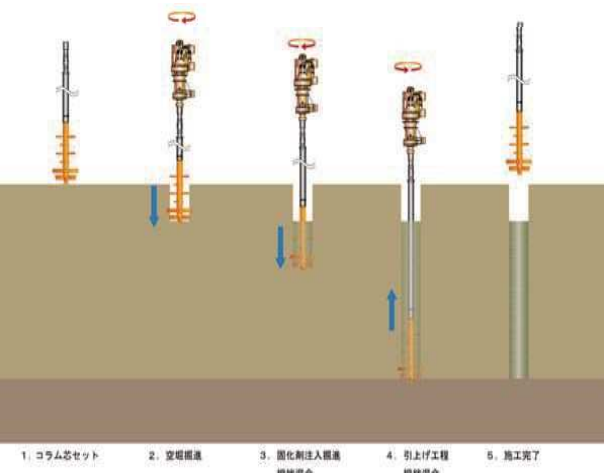
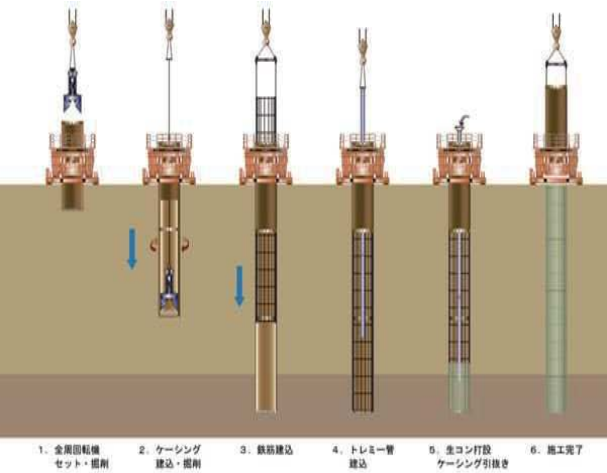
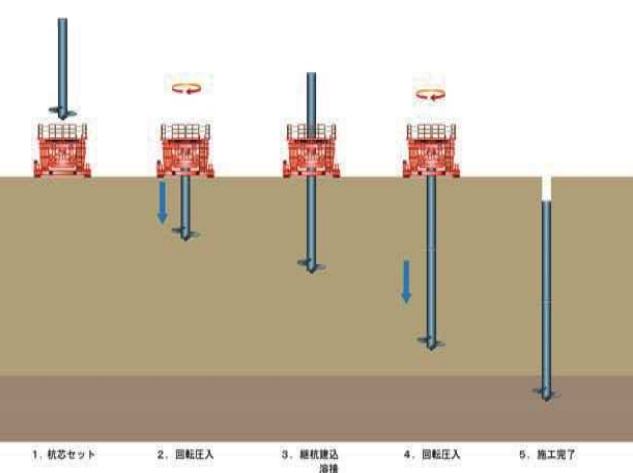
宇部市新庁舎 棟別の構造形式組合せ比較表

RC造：鉄筋コンクリート構造,S造：鉄骨造

選択項目			①.全体免震構造(1期棟:RC造+2期棟:S造)	②.免震構造(1期棟:RC造) + 耐震構造(2期棟:S造)		
新庁舎が備えるべき 5つの「性能」のうち 安全性・経済性・快適性 と 地域への発注の機会 で評価						
			・庁舎機能がはいる1期棟と市民活動スペースが主となる2期棟を一体的な建物として免震構造とする			・1期棟、2期棟は、それぞれ独立した建物とし、庁舎機能がはいる1期棟を免震構造、市民活動スペースが主となる2期棟を耐震構造とする
①	安全性	大地震時における防災拠点としての初期稼働性	・1期・2期棟ともに揺れは大きいがゆっくりと揺れることから、家具転倒の恐れが少ないため建物全体を活用して初期稼働が可能 ・2期棟は、一次避難場所及び外部の支援活動スペースとして運用可能	◎	・1期棟は免震構造なので初期稼働が可能 ・2期棟は耐震構造のため、揺れが大きく激しいことから、家具転倒の恐れがあるため、初期稼働が困難	○
		大地震時における建物の損傷	・1期・2期棟とも免震装置が地震力を吸収するため、全体的に主要構造部の損傷はない	◎	・1期棟は免震装置が地震力を吸収するため主要構造部の損傷はない ・2期棟は耐震構造のため、主要構造部がこわれながら塑性化することで、地震エネルギーを吸収し、柱や梁など構造体に損傷を生じる	○
		大地震時の建物内の揺れ方	・1期・2期棟ともに免震構造のため、大きくゆっくりと揺れる	◎	・1期棟は免震構造のため、大きくゆっくりと揺れる ・2期棟は耐震構造のため、非常に激しい揺れで立ってられない	○
②	経済性	大地震時の復旧コスト	1期・2期棟とも ・揺れは大きいがゆっくりと揺れるため家具備品、配管配線などの復旧コストは少ない ・主要構造部はほぼ無被害	◎	・1期棟は、揺れは大きいがゆっくりと揺れるため家具備品、配管配線などの復旧コストは少ない また、主要構造部はほぼ無被害 ・2期棟は、揺れが大きく激しいため家具備品、配管配線が損傷し補修が必要となる また、主要構造部の部分的な補修も必要となる	○
		イニシャルコスト	・基準 ±0 免震装置、免震ピット等の施工が必要	△	・1.2億円減 2期棟は、免震装置、免震ピット等の施工が不要 上部躯体を強固な構造にするため柱・梁を太くする必要がある 1期棟、2期棟間にエクステンション・ジョイント（※）が必要	◎
		ランニングコスト	1期・2期棟とも ・通常の維持管理費 ・免震装置の定期点検費 5,10年目,その後10年毎に実施 (応急点検として震度5弱以上の地震後にも実施) 約60万円/回(免震装置75基想定)	○	・1期・2期棟とも通常の維持管理費 ・1期棟の免震装置の定期点検費 5,10年目,その後10年毎に実施 (応急点検として震度5弱以上の地震後にも実施) 約45万円/回(免震装置48基想定)	◎
		建設工期	・基準 ±0	△	・2期棟は、免震装置・免震ピット等の施工が不要となり、全体免震に比べ約2か月短縮が可能	◎
③	快適性	自由度の高い計画	自由度の高い建築計画が可能 ・同一構造のため、1期棟と2期棟の間のエクステンション・ジョイント（※）が不要となる ・免震構造のため、柱・梁の断面を小さくすることができる	◎	建築計画に制約をうける ・1期棟（耐震構造）と2期棟（免震構造）は揺れの度合いが異なるため構造物の接合部にエクステンション・ジョイント（※）が必要(幅600以上)となる ・2期棟は耐震構造のため、断面の大きい柱・梁が必要	△
④	地域性	市内業者への発注機会	1期・2期棟ともに ・一般社団法人日本免震構造協会の免震部建築施工管理技術者の資格が必要 ・免震建物の施工経験者を現場代理人の要件とすることが多い 施工品質管理の難易度が高いため、1期・2期棟の施工を同一業者とすることが多い	△	1期棟 ・一般社団法人日本免震構造協会の免震部建築施工管理技術者の資格が必要 ・免震建物の施工経験者を現場代理人の要件とすることが多い 2期棟 ・耐震構造のため、現場代理人についての特殊要件はない ・1期棟（免震構造）に比べ比較的施工しやすい 1期・2期棟は別業者でも施工が可能	○
評価 ◎：5点 ○3点 △1点 ×0点			経済性は劣る 1期・2期棟ともに大地震後に初期稼働が可能となり、防災拠点となる庁舎機能とすることが可能 特殊な施工のため、業者の受注機会が少なくなる	31	経済性は優れる 大地震時の初期稼働は1期棟に限られる 2期棟は比較的施工が容易なため、1期・2期分離発注が可能であり、業者の受注機会が増す	31

※エクステンション・ジョイント：異なる性質を持った構造体同士を分割し、地震・熱膨張などの外力でも伸縮し吸収する装置（継ぎ目）

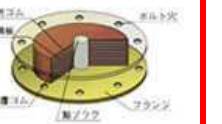
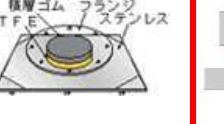
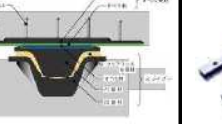
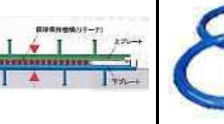
宇部新市庁舎 基礎工法比較表

工 法 名	(ケース 1)	(ケース 2)	(ケース 3)	(ケース 4)
	既製杭【プレボーリング拡大根固め工法】	地盤改良杭【深層混合処理工法】	場所打ち杭【全回転式オールケーシング工法】	鋼管杭【回転圧入鋼管杭工法】
施 工 概 要	掘削ビット・掘削ロッドで掘削を行い、根固め液および杭周固定液を充填した後に既製杭を建込み、沈設する工法である。 1 所定の位置に掘削ビットの中心を合わせ設置する。 2 掘削ビット・掘削ロッドにて所定の深度まで掘削を行う。 3 掘削完了後、オーガーを引き上げながら根固め液・杭周固定液を注入する。 4 杭を自沈及び回転圧入にて所定の位置に建て込み打設完了とする。 	攪拌装置にて地盤とセメント系固化材を攪拌混合し杭を築造する工法である。 1 杭打ち機械のオーガーに攪拌装置を取り付け、攪拌混合を行いながら掘削を行う。(硬質な地盤では貫入できない場合がある) 2 所定深度まで到達した際、引き上げながら再度攪拌混合を行う。 3 攪拌装置の引き上げ後、作業完了とする。 	全周回転を行うケーシングにより地盤を掘削し鉄筋・生コンを投入して杭を築造する工法である。 1 所定の位置に掘削機を設置する。 2 ケーシングを使用しハンマーグラブで排土しながら所定の深度まで掘削を行う 3 掘削完了後、事前に組み立てた鉄筋籠を孔内に建て込み、トレミー管を挿入する。 4 ケーシング・トレミー管を引き上げながら生コン打設を行い打設完了とする。 	先端部に羽根を有する鋼管杭に回転力を付与して地盤に圧入する工法である。 1 杭頭部をオーガーに取り付け所定の位置に設置する。 2 先端部の羽根に回転による推進力を発生させ所定の深度まで掘削・埋設を行う。 3 掘削機建込み 4 回転圧入 5 施工完了 
工 法 特 性	・ 支持層に傾斜がある場合や硬質な中間層がある場合はオーガ出力をあげケーシングを併用することで対応が可能である。 ・ 杭体周面と地盤との空隙をセメントミルクで充填するため品質に留意する必要がある。 ・ 施工実績は多い ・ 中～大型重機にて施工を行う。 	・ 硬質な支持層・中間層・礫層等で施工不能の可能性はある。 ・ 攪拌の際は土質状況を確認したうえで良好な練混を行わなければならない。 ・ 多くの機材・部材を必要とせず他工法に比べ施工が簡易的である。 ・ 杭径によっては小型重機で施工が可能である。 	・ 硬質な支持層・中間層がある場合でも問題なく施工可能である。 ・ 杭径がφ1000以上となるため不経済になることがある。 ・ 施工時間が掛るため施工費は高価である ・ 大型重機にて施工を行う。 	・ 硬質な支持層・中間層・礫層等で施工不能の可能性はある。 ・ 一般の鋼管杭より広い先端支持面積が得られるため大きな支持力が得られる。 ・ セメント系を使用しないため水質に対する影響はない。 ・ 鋼管のため杭材料単価が高価である。 ・ 杭径によっては小型重機で施工が可能である。 
当地盤における工法の適応性	・ 中間層にてN値50以上が確認されているがケーシングオーガーを併用することで施工可能である。 ・ 古洞対策による岩盤掘削に対して上記同様の対策にて対応可能である。	・ 中間層にてN値50以上が確認されていることから攪拌施工ができず施工不可である。 ・ 古洞対策による岩盤掘削に対して対応不可である。	・ 中間層にてN値50以上が確認されているが全長をケーシングにて掘削するため施工可能である。 ・ 古洞対策による岩盤掘削に対して上記同様の対策にて対応可能である。	・ 中間層にてN値50以上が確認されていることから回転圧入施工ができず施工不可である。 ・ 古洞対策による岩盤掘削に対して対応不可である。
適 応 杭 径	φ300～1000	φ800～1200	φ1000～3000	φ400～1200
振 動 ・ 騒 音	振動騒音共に規制基準内で問題ない	振動騒音共に規制基準内で問題ない	振動騒音共に規制基準内で問題ない	振動騒音共に規制基準内で問題ない
掘 削 残 土 取 扱 い	産廃処理扱い	一般残土処理扱い	一般残土処理扱い	残土は発生しない
経 済 比 較	100%	施工不可のため除外	113%	施工不可のため除外
判 定	○	×	△	×

4－6 免震装置の組合せ

4－6－1 免震装置の組合せ

免震構造では、建物の重量を基礎に伝える「荷重支持機能」を持った積層ゴムや支承等の装置と、振動エネルギーを吸収する「減衰機能」を持った各種ダンパー類の、大きく二つに分類される装置の組合せによって、免震機能が構成されます。

種別	天然ゴム系積層ゴム	高減衰積層ゴム	鉛プラグ入り積層ゴム	弾性滑り支承	回転機構付き滑り支承	ローラー支承	転がり支承	鋼棒ダンパー	U型ダンパー	鉛ダンパー	オイルダンパー
図版											
荷重支持機能	○	○	○	○	○	○	○	－	－	－	－
減衰機能	－	○	○	△	－	－	－	○	○	○	○
特徴	履歴特性は、軸力の変動や変位履歴による依存性がほとんどない。 微小変形から大変形まで安定したバネ特性を示す。	ゴム材料に特殊配合のゴムを使用することで、ゴム材料の粘性を高くして、それ自身でエネルギー吸収を行う減衰機能一体型である。 省スペース型であり、施工性上の利点を有している。	内部の鉛プラグが純せん断に近い変形で塑性変形することによりエネルギーを吸収する減衰部材内蔵型の積層ゴムである。 エネルギー吸収機能一体型であるため省スペース型であり、施工性上の利点を有している。	中小地震時には積層ゴムが弾性変形する。 大地震時にはすべりを生じ、周期特性を長くすることにより地震力を低減する。 摩擦による減衰能力がある。	回転機構とすべり機構の直列構成により、大地震時における杭頭(柱頭)の傾斜(回転)に追従でき、常に全面接触状態で安定した性能を発揮する。	ボールベアリング等で滑動する装置を十字状に組み立てた構造となっている。 摩擦係数が非常に小さく、特定の周期の地震波に対して共振しにくい。 引き抜き抵抗力を有しているため、塔状建物にも適用が可能である。	平面の鋼板上に敷き並べた多数の鋼球の上を、特殊鋼板のプレートが自由に動く機構である。 実用上ゼロに近い超低摩擦である。	鋼棒ダンパーは特殊鋼材を鍛造により一体成形、熱処理したロッドから構成され、変形によりエネルギー吸収する。	建築用鋼材(SN490B)を使用し、熱処理加工したU型の鋼板を組合わせて、変形によりエネルギーを吸収する。	鉛の剛塑性的な特質により、耐力の限界点に達すると極めて柔らかく変形し、エネルギーを吸収する。	ピストンの押し引きでオイルが弁を通過する時に発生する減衰力によりエネルギーを吸収する。 減衰力は、弁の調整により変化する。 オイルの圧縮性により、初期剛性は多少ばらつく。
メリット	・建物重量を支持する装置として一般的に用いられ、実績が多い ・多数のメーカーが製品を販売しており、実勢コストが安い ・構造的な性質が安定しており、実態に即した設計が行える	・建物重量を支持する装置と、減衰機能の両方を持ち合わせており、装置総数を低減できる	・建物重量を支持する装置と、減衰機能の両方を持ち合わせており、装置総数を低減できる ・繰り返し変形でも、安定したエネルギー吸収能力を発揮できる	・小さなせん断力で滑りを生じることにより、建物を長周期化できる ・摩擦面を処理することにより、摩擦によるエネルギー吸収が可能	・杭頭などの回転を吸収するので、杭頭を繋ぐ地中梁が不要となり躯体量が削減できる ・地震時の杭頭応力が低減され、杭工事コストが削減できる	・摩擦係数が非常に小さく、建物を効率的に長周期化できる ・非常に大きな引き抜き抵抗力を有している	・鋼球数の増減で支持荷重を自在に調整できる。 ・装置高さが低い。 ・縦横サイズを自由に設定でき、大変形に対応。	・コイル状の鋼棒ダンパーにより、大変形時にも安定してエネルギーを吸収できる	・機構が単純であり、低コスト ・ダンパーの交換が容易	・鉛の材料特性により、大きな減衰力が得られる ・弁の調整により、必要に応じた減衰力が得られる	・比較的小さな変位量でも安定した減衰力が得られる ・弁の調整により、必要に応じた減衰力が得られる
デメリット	・減衰機能を持ち合わせていない	・減衰力は温度依存性があり、ゴムの性能による変動がある ・経年での実績が少ない	・プラグの状態については大地震後でも確認することは出来ない	・引抜き抵抗力がない ・滑り面は精度をよく管理する必要がある	・引抜き抵抗力がない ・滑り面は精度よく管理する必要がある	・他と比べて部品点数が多く、機構がやや複雑	・滑り面は精度をよく管理する必要がある	・微小変形では弾性変形となり減衰機能が発揮されない	・微小変形では弾性変形となり減衰機能が発揮されない	・大地震後にはダンパーの取替えが必要となる ・自重により形状が多少変形する ・形状による方向性が若干ある	・作用方向が一方向にのみとなる
維持メンテナンス	鋼材部分の塗装補修程度	鋼材部分の塗装補修程度	鋼材部分の塗装補修程度	鋼材部分の塗装補修程度	鋼材部分の塗装補修程度	鋼材部分の塗装補修程度	鋼材部分の塗装補修程度	鋼材部分の塗装補修程度	鋼材部分の塗装補修程度	鋼材部分の塗装補修程度	鋼材部分の塗装補修程度
中小地震時	特になし	特になし	特になし	特になし	特になし	特になし	特になし	特になし	特になし	特になし	特になし
大地震時	外観確認	外観確認	外観確認	外観確認	外観確認	外観確認	外観確認	ダンパー部分を交換	ダンパー部分を交換	ダンパー部分を交換	外観確認
原位置復元力	あり	あり	あり	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし

【考察】

基本構成は建物の柱直下に、~~「天然ゴム系積層ゴム」~~、「鉛プラグ入り積層ゴム」、「弾性すべり支承」を配置し、建物の長周期化を図ることで地震力を低減させます。 ※誤りがあったため、削除

以上より、免震装置の組合せは荷重支持機能と減衰機能の組合せとし、新庁舎機能を満足させる免震装置の配置を次ページに示します。

