

咲洲庁舎の安全性等についての検証結果

(平成23年8月9日一部修正)

第4回 咲洲庁舎の安全性と防災拠点の
あり方等に関する専門家会議資料

【長周期地震動対策】

これまでの取り組み

平成20年度 : 専門家の監修のもと長周期地震動によるWTCビルへの影響調査を実施

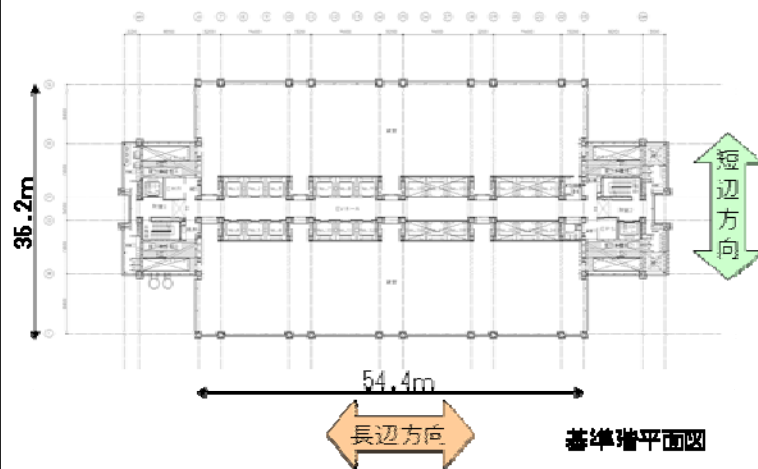
- ・ 現状のままでも建物自体が倒壊・崩壊するおそれはないが、建物の揺れを軽減し、内部の安全性を高めるためには、ダンパー設置等の長周期地震動対策を講じることが有効。

平成22年度 : 長周期地震動対策に着手

- ・ 長周期地震動対策に関する建築・設備設計（22～23年度）
 - 建物（長辺方向）のダンパーの設計
 - エレベーターロープの振れ止め等の設計
 - 耐震性の高い水槽の設計
- ・ 執務室内の机・ロッカー等の固定（22年度実施済）

対策工事費（約23.2億円。23～24年度債務負担行為）

- ・ ダンパー・水槽・EV対策（約15.5億円）+ 防災情報C等の発電機（約7.7億円）



鋼材系ダンパーの設置例



オイルダンパーの設置例

東北地方太平洋沖地震の影響

平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震では、咲洲庁舎において、長周期地震動の影響とみられる大きな揺れが生じた。

咲洲庁舎において約10分間の揺れが生じ、最上階（52階）では、片側最大1mを超える揺れ（短辺方向137cm、長辺方向86cm）が確認された。

- ・ 長周期地震動は減衰しにくく、震源から遠く離れた場所まで伝わり、固有周期の長い超高層建物と共振する性質がある。

直接目視及び超音波探傷試験により構造躯体には損傷がないことを確認。

- ・ 超高層建物は、しなやかで粘り強い構造のため、倒壊・崩壊のおそれは殆どないが、大きな揺れが長く続くことにより、内外装材等に影響が生じることがある。

内装材・防火戸等の損傷(360か所)、EVのロープ絡まりによる閉じ込め事象(4基)が発生。

- ・ 緊急補修工事（約1億円）を23年3月から5月末にかけて実施。

(独)建築研究所が咲洲庁舎に設置した地震計（加速度計）の観測データによる。

【観測された建物の揺れ】

		最上階（52階）	中間階（18階）
最大振幅（片側）	短辺方向	137cm	30cm
	長辺方向	86cm	32cm
最大加速度	短辺方向	1.31ガル	4.1ガル
	長辺方向	0.88ガル	3.9ガル

地震計の観測データを踏まえた建物解析モデルの再検証

【従来モデル（H22年）】

建物の竣工図をもとに、立体解析プログラムに全部材を入力して解析モデルを構築。

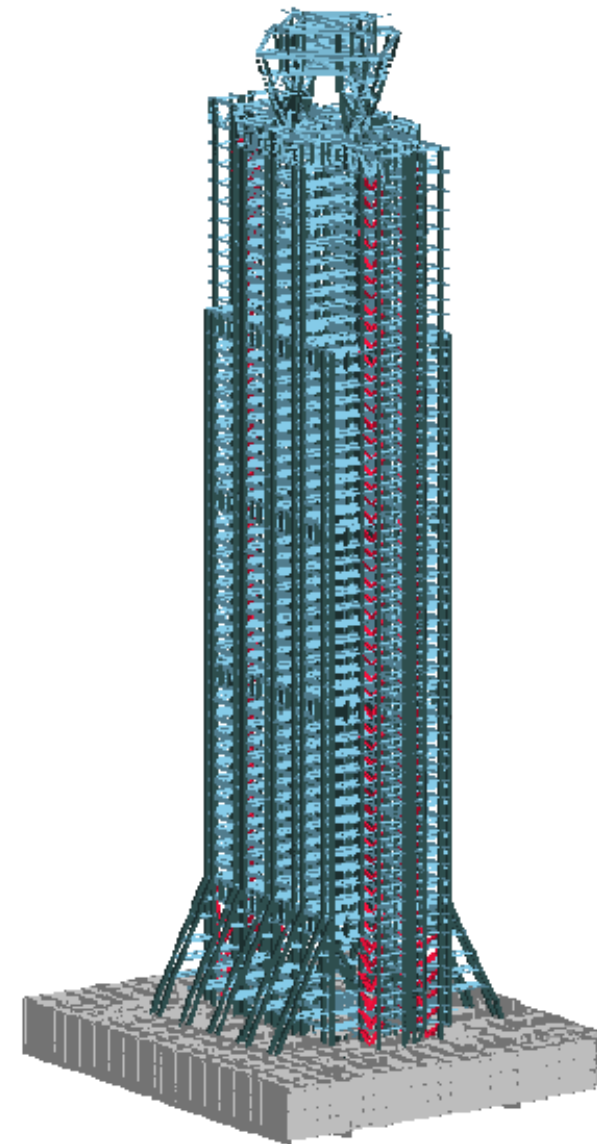
- ・ 長辺方向の固有周期：6.0秒
- ・ 短辺方向の固有周期：5.7秒

【見直しモデル】

咲洲庁舎に設置された地震計の観測データ（揺れ幅・揺れ時間）を踏まえ、上部構造だけでなく、杭もモデル化し、従来解析モデルを見直した。

- ・ 長辺方向の固有周期：7.0秒
- ・ 短辺方向の固有周期：6.5秒

この周期は今回の大阪湾地域における地震動の卓越周期（6～7秒）ともほぼ一致しており、咲洲庁舎は長周期地震動と共振したことにより、大きく揺れたものと考えられる。



< 立体解析モデル >

【専門家会議での意見等を踏まえた検討内容】

（建物解析モデルのチェック）

実際の建物と地盤の固有周期を調査した。

地盤の固有周期については、常時微動測定を行い、長周期側の地盤周期については、5.8秒前後（5～7秒程度）であることを確認した。

建物の固有周期については、咲洲庁舎で観測された複数の地震動記録をもとに、1階部分と52階部分の比を読み取ることにより、建物の固有周期を確認した。

- ・ 長辺方向：6.6～6.9秒
- ・ 短辺方向：6.4～6.6秒

解析モデルと比べて大きな差は見られなかった。

（杭の安全性の検討）

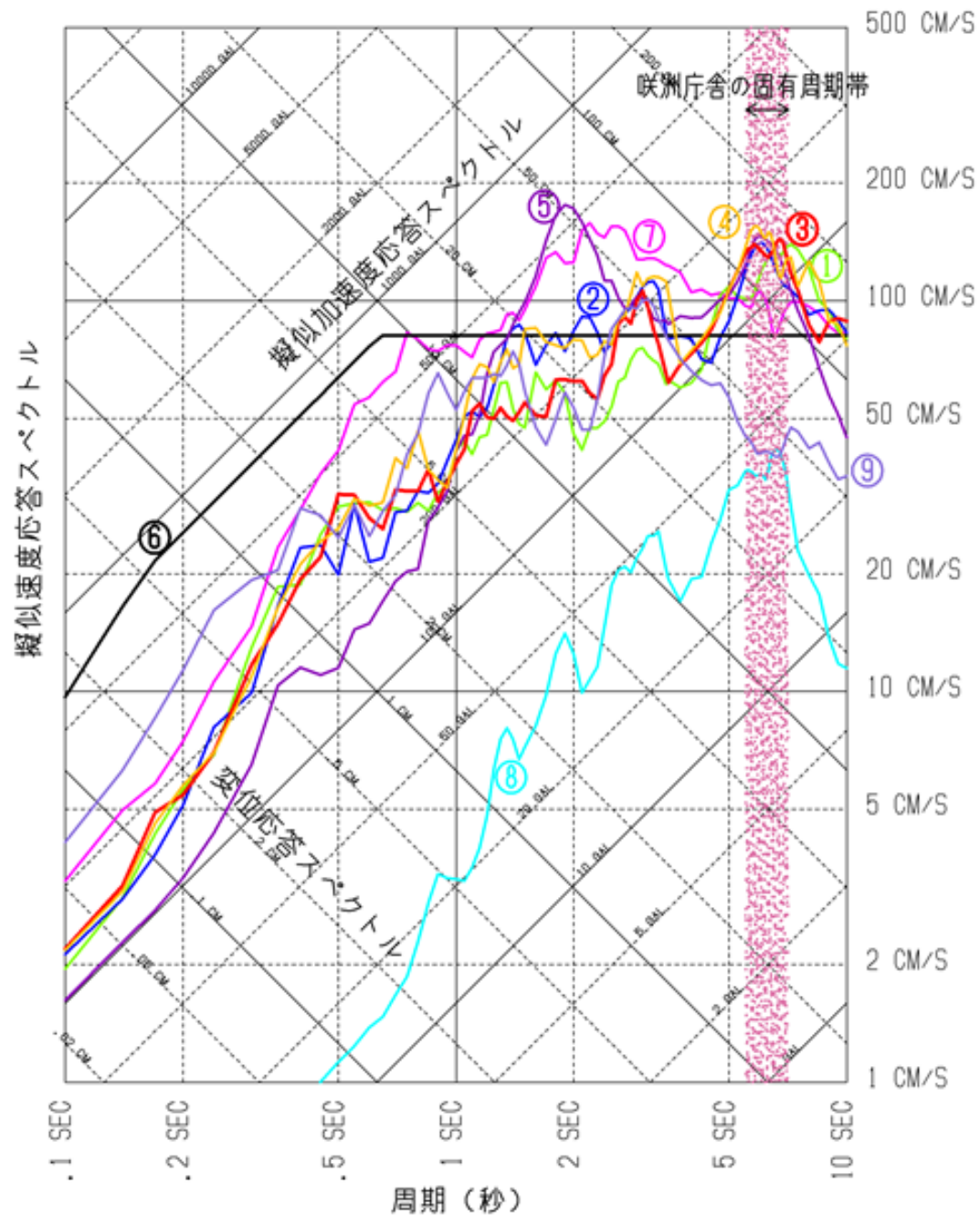
地震時における杭の安全性を再確認した。

上部構造から杭に伝わる力と地盤の変形により杭に発生する力を足し合わせて、杭基礎の構造解析を行い、安全性を確認した。（コンクリート杭を鋼管で補強したものを使用しており、強度は高い。）

圧密沈下も想定し、ネガティブフリクション（杭材に下向きの摩擦力が付加されること）の影響を検討した。

杭の表面には、地盤と杭の間を滑りやすくするためのコーティングがされているなど、ネガティブフリクションの対策は原設計において実施済み。

【検討用地震動及び東北地方太平洋沖地震の擬似速度応答スペクトル】



- ① 想定南海地震波 (咲洲庁舎)
- ② 想定東南海地震波 (咲洲庁舎)
- ③ 想定南海+東南海 (連続発生) (咲洲庁舎)
- ④ 想定南海+東南海 (同時発生) (咲洲庁舎)
- ⑤ 20101221国交省パブコメ長周期地震動 (咲洲庁舎)
- ⑥ 告示波:極稀地震 (工学的基盤面)
- ⑦ 告示波:極稀地震 (咲洲庁舎)
- ⑧ 咲洲庁舎1階短辺 20110311 本震
- ⑨ 仙台合同庁舎B2階74' 20110311

東南海・南海地震等の対策

見直し後の建物解析モデルを使用して、国の告示波（建築基準法に基づく現行基準）、東南海・南海地震等（模擬長周期地震動波）及び国のパブコメ波（長周期地震動に関する国の試案）について構造解析を行ったところ、現状（補強前）でも、建物の損傷度合いを表す「層の塑性率」は、構造計算上求められる目標値（2.0以下）を満たしており、構造躯体の安全性に問題がないことを確認。

【補強前】

		層の塑性率	層間変形角	最大振幅（片側）
告示波 （H12国）	短辺方向	1.9	1 / 146	242 cm
	長辺方向	1.6	1 / 76	172 cm
東南海	短辺方向	1.6	1 / 155	231 cm
	長辺方向	1.9	1 / 62	207 cm
南海	短辺方向	1.6	1 / 115	259 cm
	長辺方向	1.9	1 / 63	221 cm
東南海・南海 （連続）	短辺方向	1.8	1 / 101	298 cm
	長辺方向	1.9	1 / 61	220 cm
東南海・南海 （同時）	短辺方向	1.8	1 / 121	258 cm
	長辺方向	1.8	1 / 63	205 cm
パブコメ波 （H22.12国）	短辺方向	1.5	1 / 138	255 cm
	長辺方向	1.7	1 / 68	205 cm

各地震動について、特性の異なる複数波で解析を行い、数字は最大値のみを表示（最大振幅については全て最上階）。

(1) 国の告示波（現行基準）の場合

建築基準法に基づく地震波（告示波）に対しては、建物の損傷の度合いを表す層の塑性率、変形の大きさを表す層間変形角ともに、構造計算上求められる目標値（塑性率2.0以下、層間変形角1/70（外装材等の性能）以下）を満足していることを確認。

(2) 東南海・南海地震等の場合

【長辺方向】

長辺方向は、東南海・南海地震等に対して、「層間変形角」が目標値（1/70以下）を満たさない箇所があり、内外装材等に影響が出る可能性があるため、当初の計画通り、ダンパーを設置する。

- ・ オイルダンパー40台・鋼材系ダンパー112台（概算工事費：約7億円）

22年度の設計案と変わらず。

【短辺方向】

短辺方向は、「層の塑性率」及び「層間変形角」は目標値を満足しているが、揺れ幅と揺れ時間を低減し、室内の安全性向上と建物利用者の心身の負担の軽減するため、ダンパーを設置する。

- ・ オイルダンパー144台（概算工事費：約7億円）

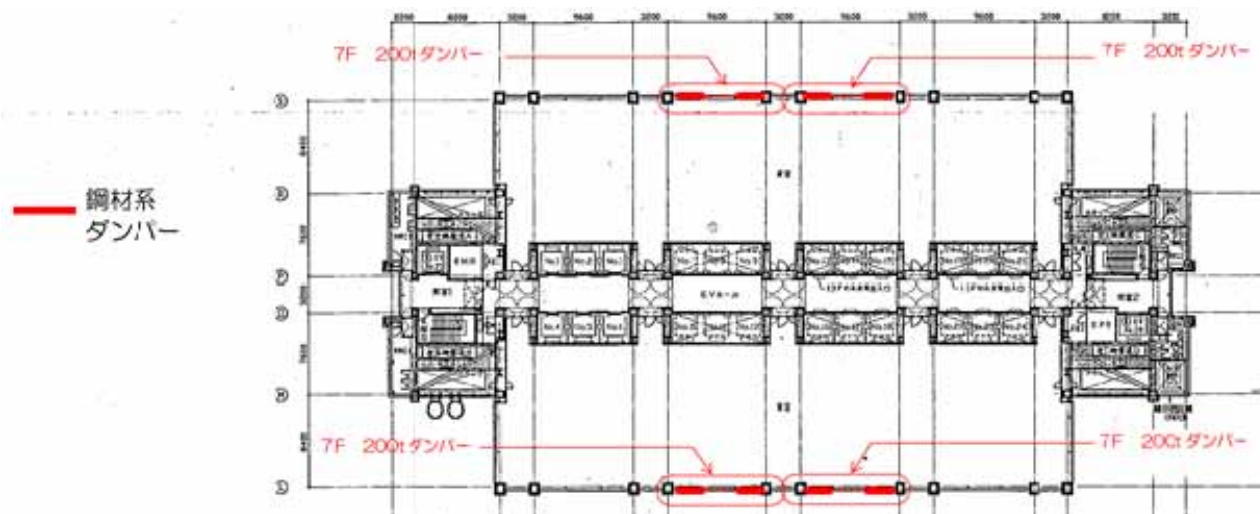
追加対策

なお、当該ダンパーを設置した場合、東南海・南海連動型地震の概ね1.4～1.5倍の強さ（入力加速度）の地震波に対しても、目標値を満たす余力があることを確認している。

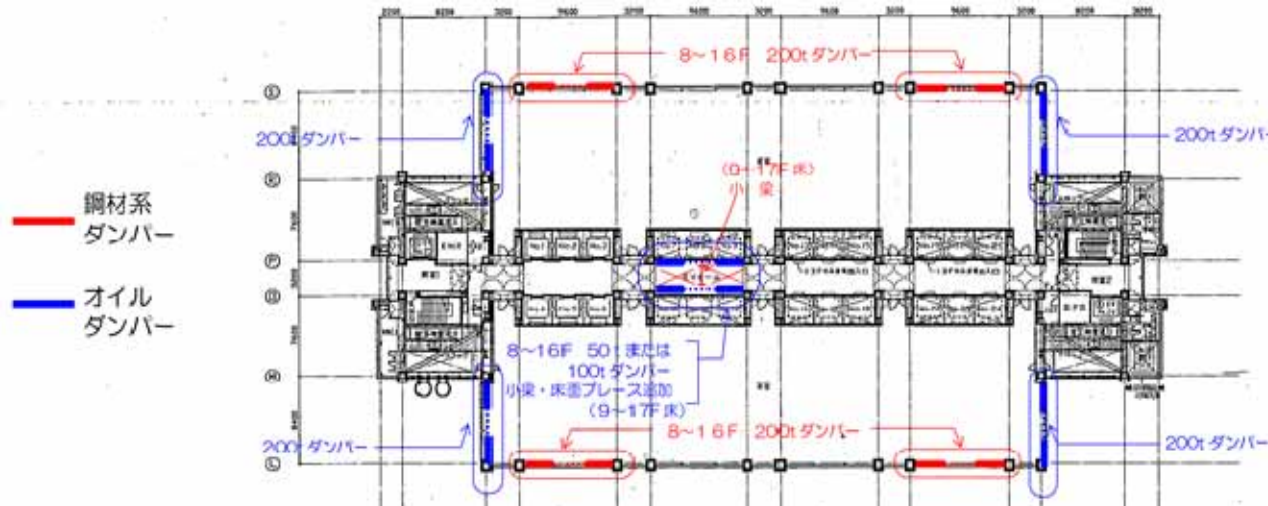
【補強計画】

	オイルダンパー	鋼材系ダンパー	計	概算工事費	
長辺方向	40台	112台	152台	約7億円	
短辺方向	144台	-	144台	約7億円	追加対策

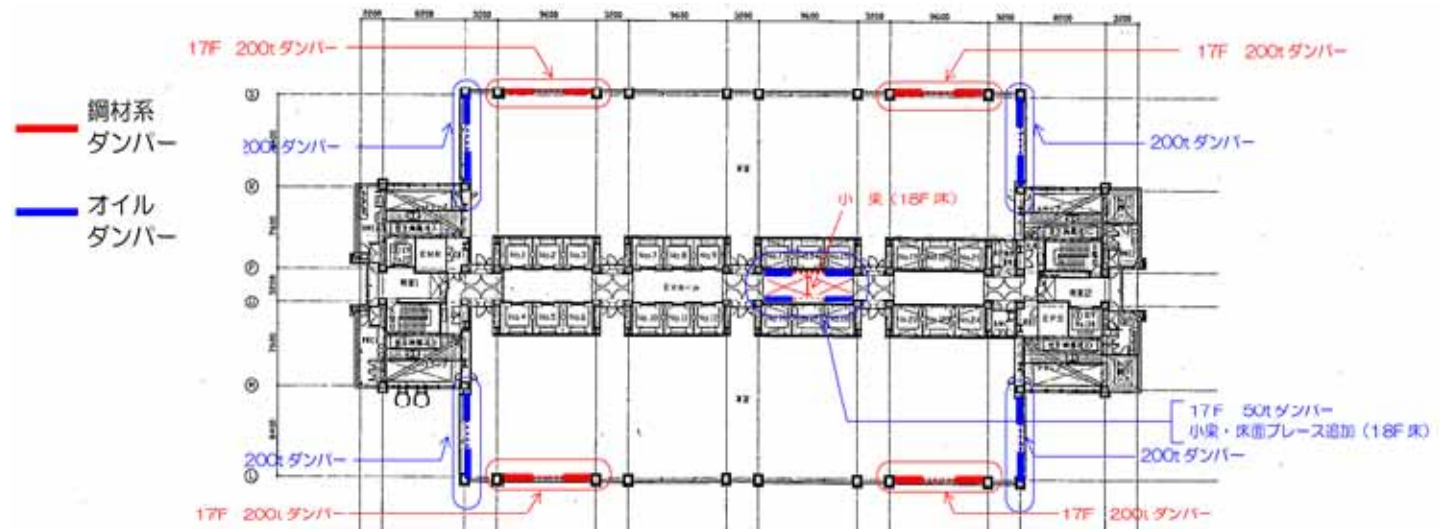
< 7 階 >



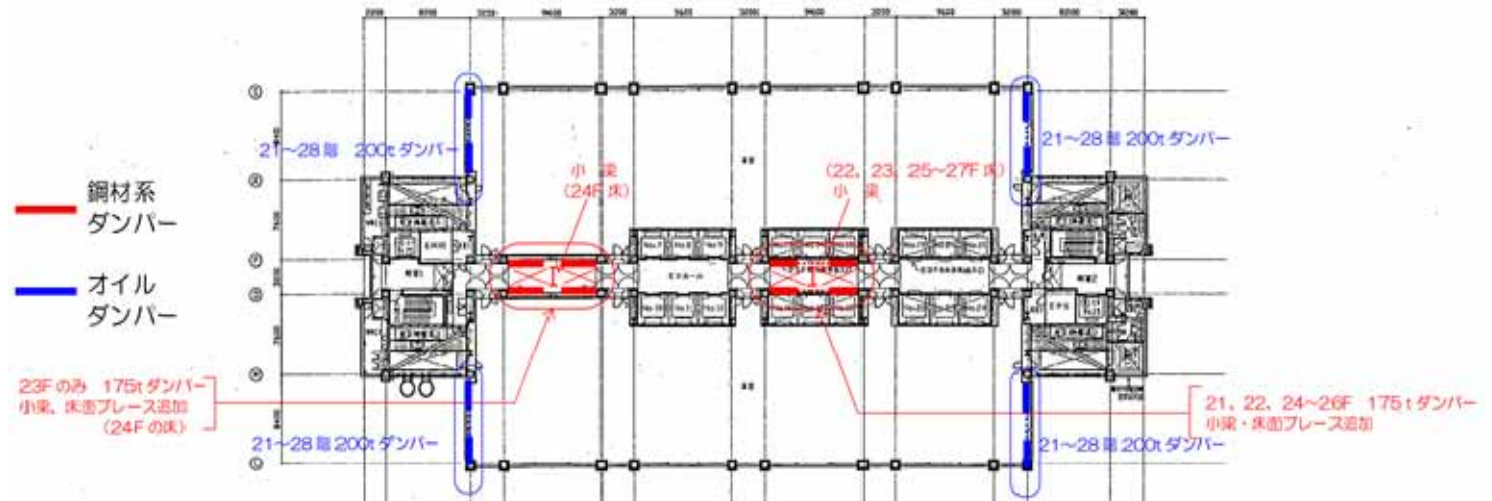
< 8 ~ 16 階 >



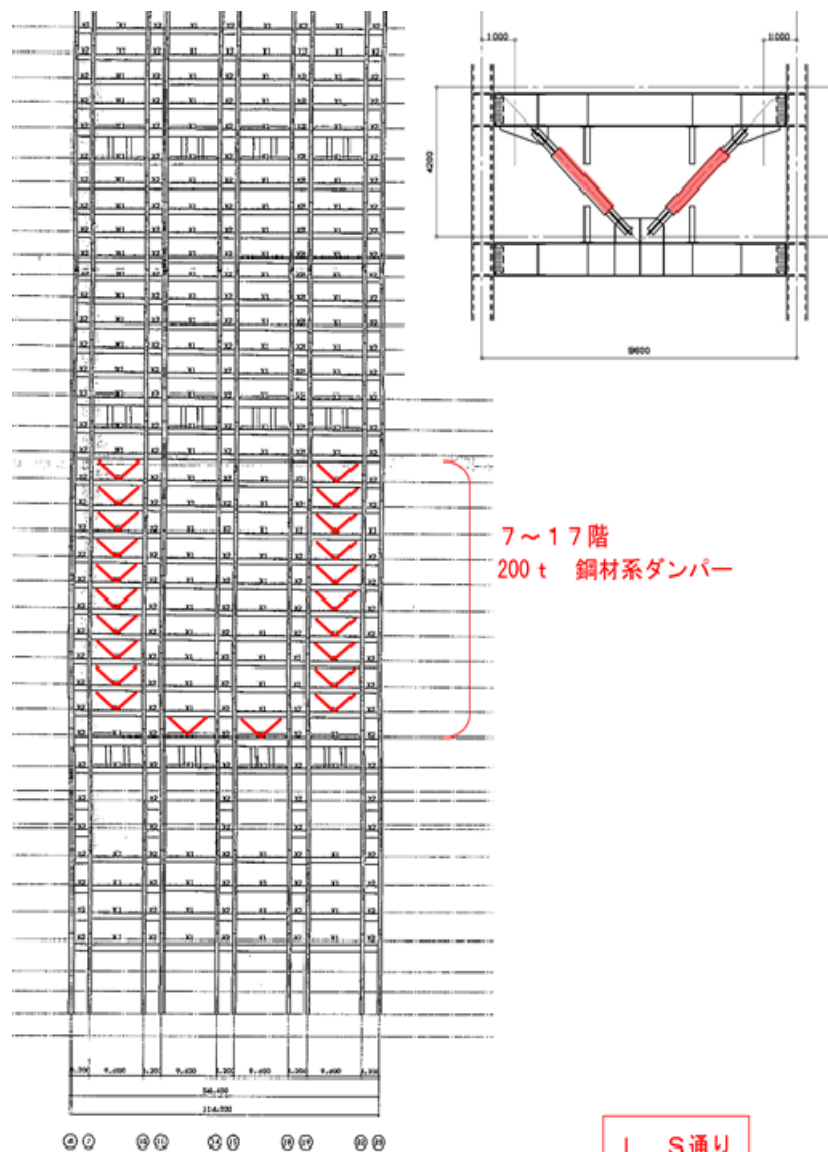
< 17階 >



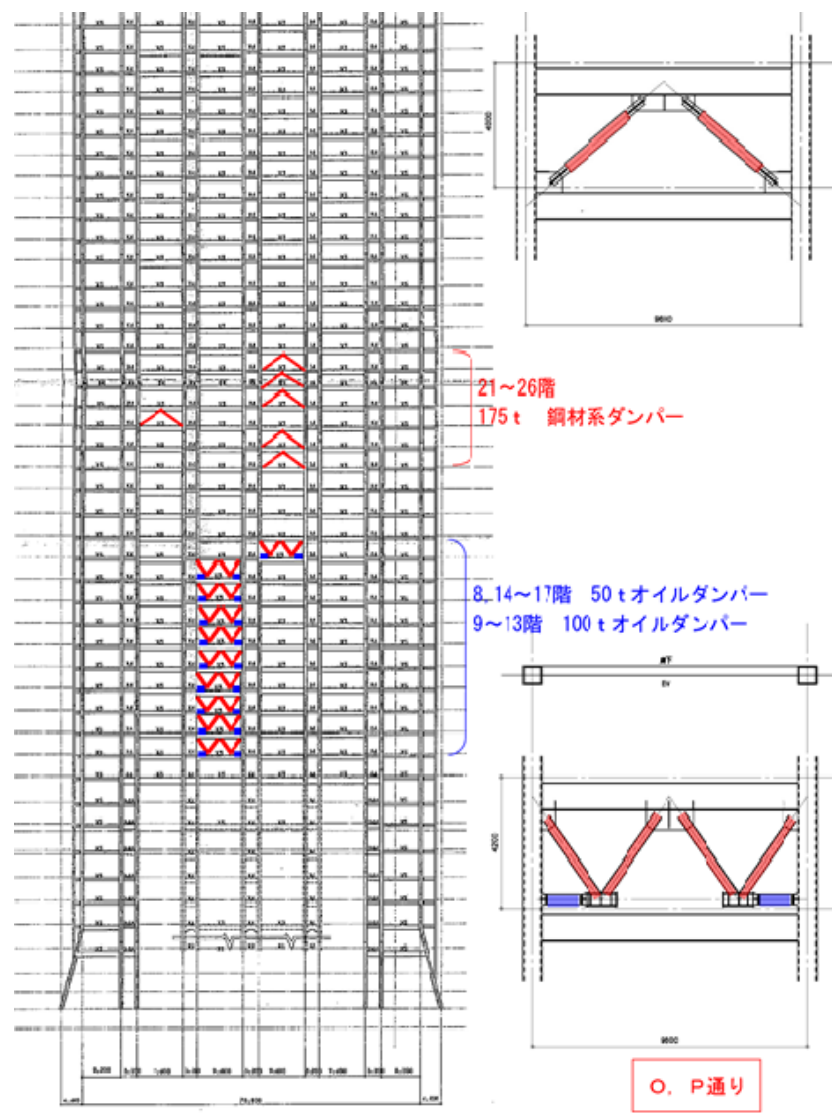
< 21 ~ 28階 >



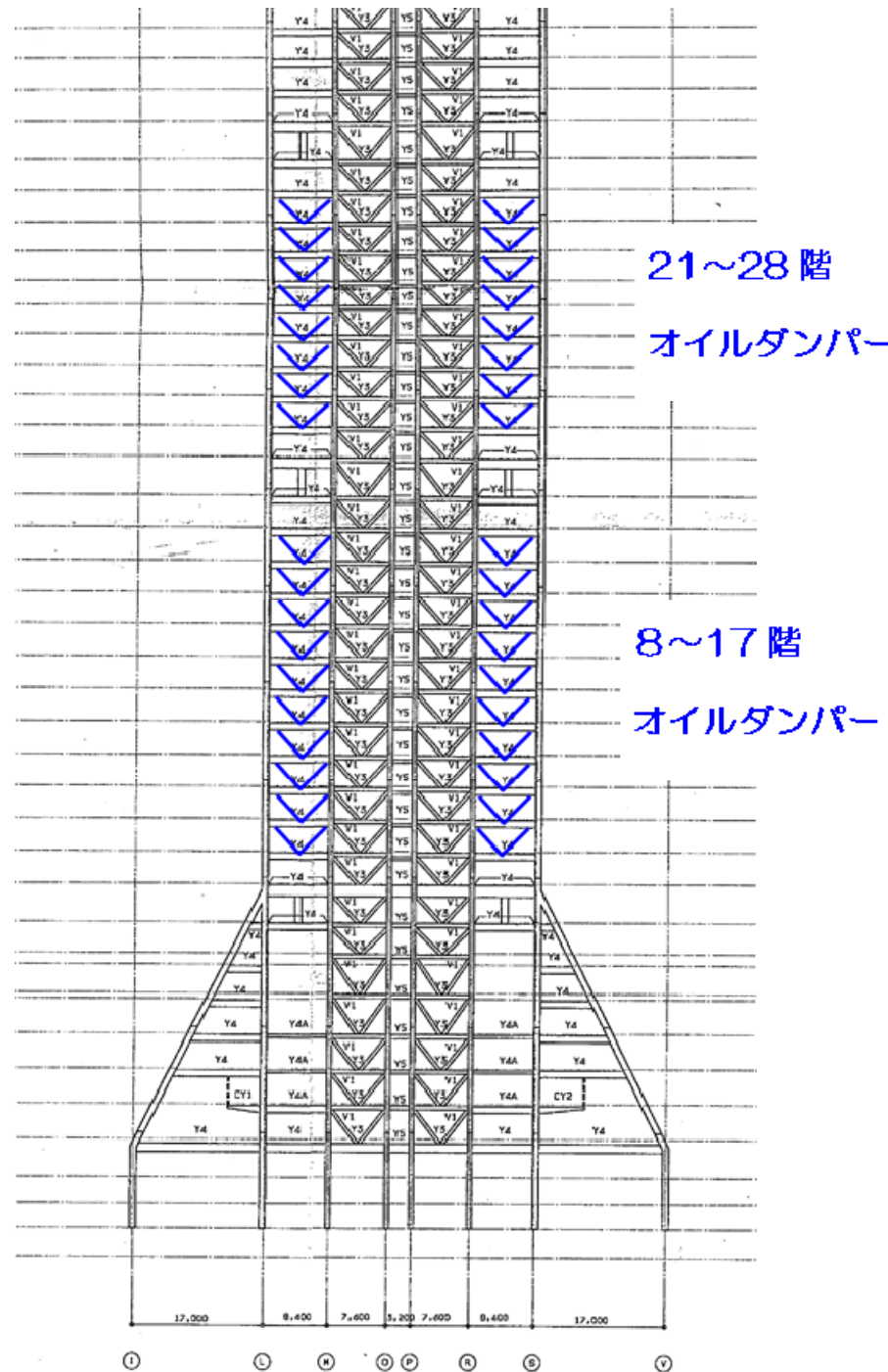
< 長辺方向・建物外周部 >



< 長辺方向・建物内部 >



< 短辺方向 >



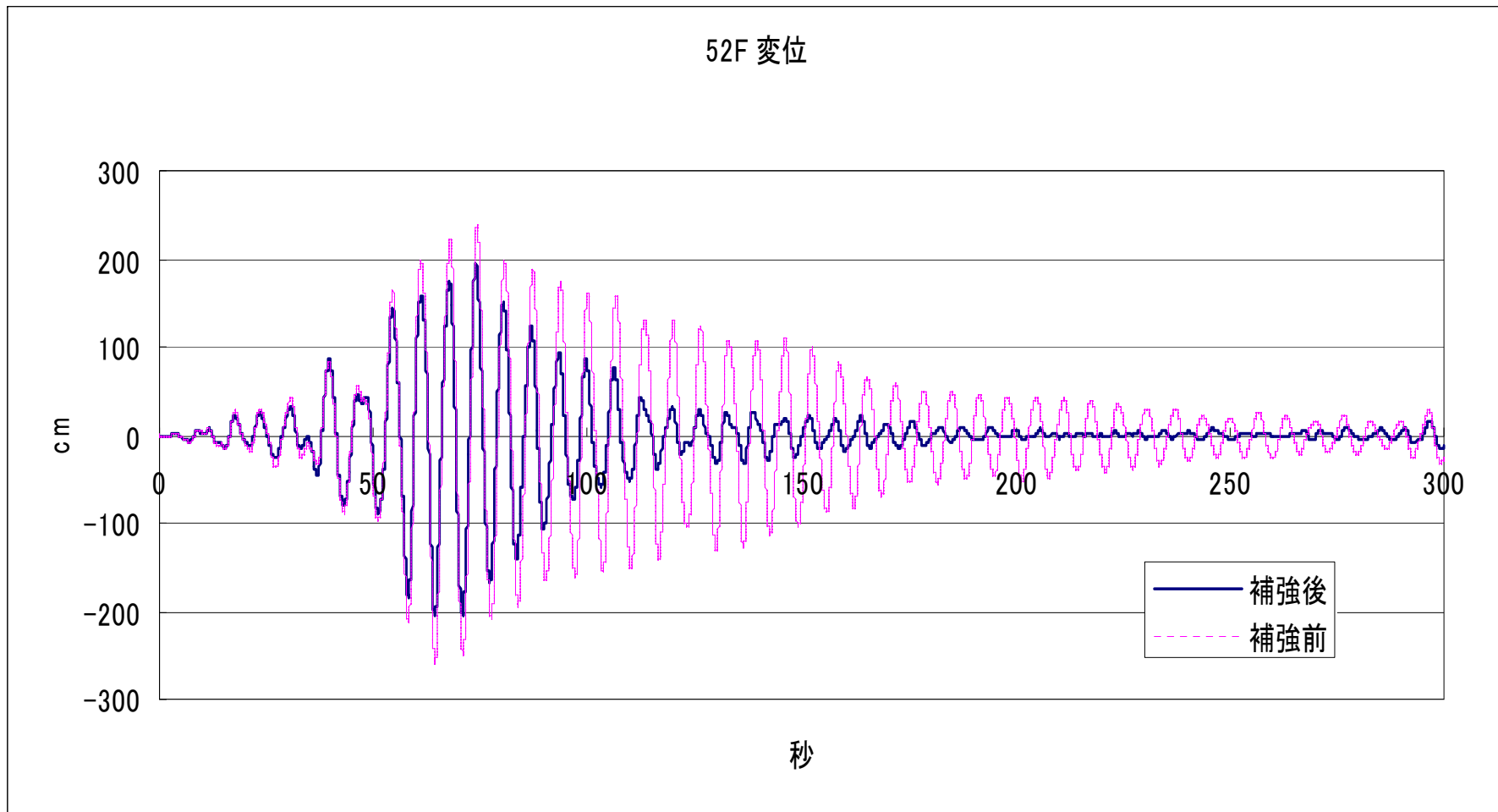
【補強の効果】

		層の塑性率		層間変形角		最大振幅（片側）	
		補強前	補強後	補強前	補強後	補強前	補強後
告示波 （H12国）	短辺	1.9	1.3	1/146	1/228	242cm	148cm
	長辺	1.6	1.2	1/76	1/110	172cm	141cm
東南海	短辺	1.6	1.4	1/155	1/176	231cm	187cm
	長辺	1.9	1.5	1/62	1/90	207cm	194cm
南海	短辺	1.6	1.4	1/115	1/171	259cm	207cm
	長辺	1.9	1.6	1/63	1/101	221cm	177cm
東南海・南海 （連続）	短辺	1.8	1.4	1/101	1/171	298cm	211cm
	長辺	1.9	1.5	1/61	1/98	220cm	187cm
東南海・南海 （同時）	短辺	1.8	1.5	1/121	1/154	258cm	219cm
	長辺	1.8	1.5	1/63	1/91	205cm	194cm
パブコメ波 （H22.12国）	短辺	1.5	1.2	1/138	1/182	255cm	208cm
	長辺	1.7	1.4	1/68	1/93	205cm	201cm

今後の詳細設計により、ダンパーの台数や工事費、表中の数値は変わることがある。

【ダンパー設置による揺れ時間短縮の効果】（最上階52階（短辺方向））

南海地震（補強前 259 c m 補強後 207 c m）



【東海・東南海・南海の三連動型地震に関する検証】

日本建築学会の長周期建物地震対応ワーキンググループ（大成建設等）が作成した東海・東南海・南海の三連動の地震波（H23.3）を用いて、ダンパー設置後の構造解析を行ったところ、層の塑性率、層間変形角ともに目標値を満たしており、最大振幅も他の地震波と比べて大差ないことを確認した。

- ・ 短辺方向：層の塑性率1.6、層間変形角1/152、最大振幅206cm
- ・ 長辺方向：層の塑性率1.5、層間変形角1/95、最大振幅202cm

【3月11日の地震の場合】

3月11日に発生した地震について、ダンパー設置後の構造解析を行ったところ、揺れ幅、揺れ時間ともに、大幅に低減できることがわかった。

		補強前	補強後
最大振幅	短辺	137cm	69cm
	長辺	86cm	37cm
揺れが始まってから 約5分後の振幅	短辺	約75cm	約18cm
	長辺	約16cm	約15cm

【専門家会議での意見等を踏まえた検討内容】

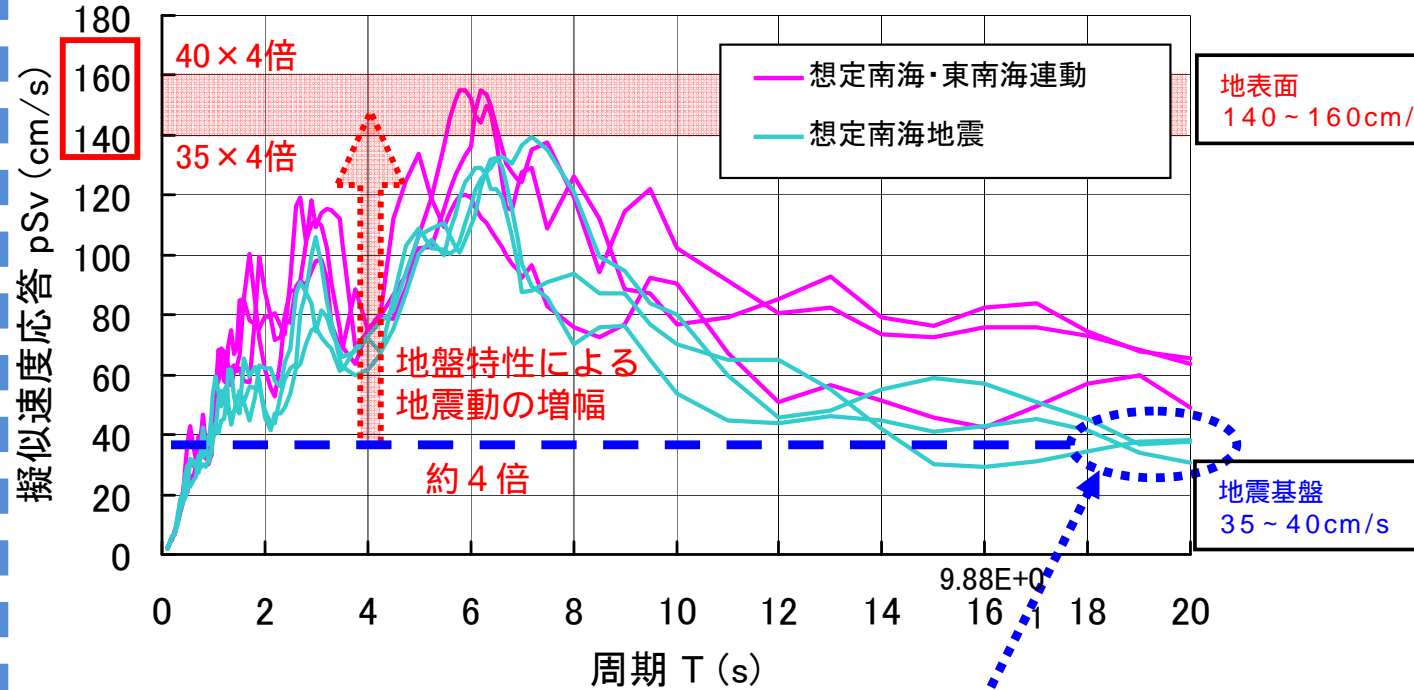
（検討用地震動の再検証）

以上の検証では、東北地方太平洋沖地震により、咲洲庁舎で観測された建物の揺れのデータに基づき、建物解析モデル（建物の固有周期等）については、再検証を行ったが、検討用地震動については、中央防災会議や国土交通省、日本建築学会等による新たな知見が出されていない状況であり、現時点では不明な点も多いことから、現在の知見をもとに解析を行い、一定の余裕率（1.4～1.5倍）を見込むことで、将来の知見に対応することとしていた。

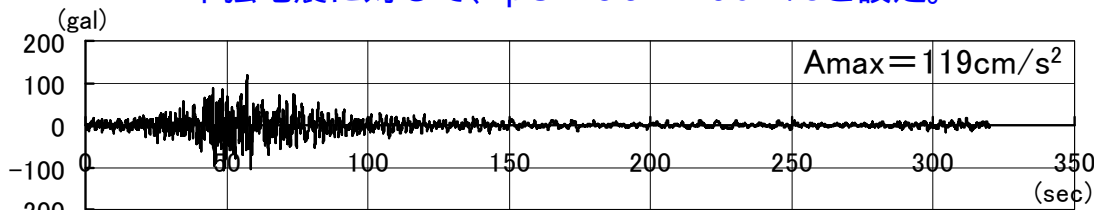
しかし、専門家会議において、3月11日に観測された建物の揺れを踏まえると震源からの距離に対して東南海・南海地震の地震動の評価が小さいのではないかという指摘があったので、東南海・南海地震等による検討用地震動についても、再検証を行うこととした。

現在の検討用地震動

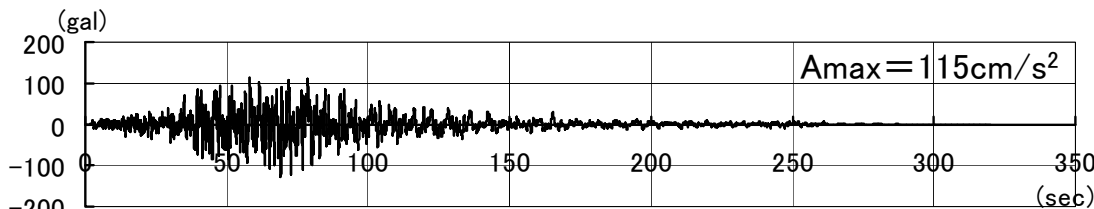
【地震基盤での強さと地表までの増幅率】



長周期側の地震動の強さ（地震基盤における強さ）を、単独地震に対して、 $pSv=35 \sim 40\text{cm/s}$ と設定。

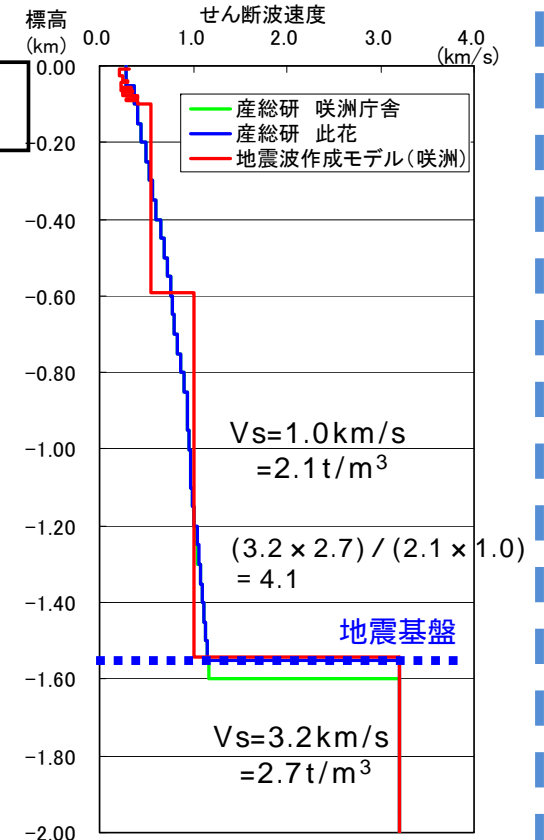


想定南海地震の波形の例



想定南海・東南海地震（連動型）の波形の例

大阪湾岸の地盤特性（硬さ）

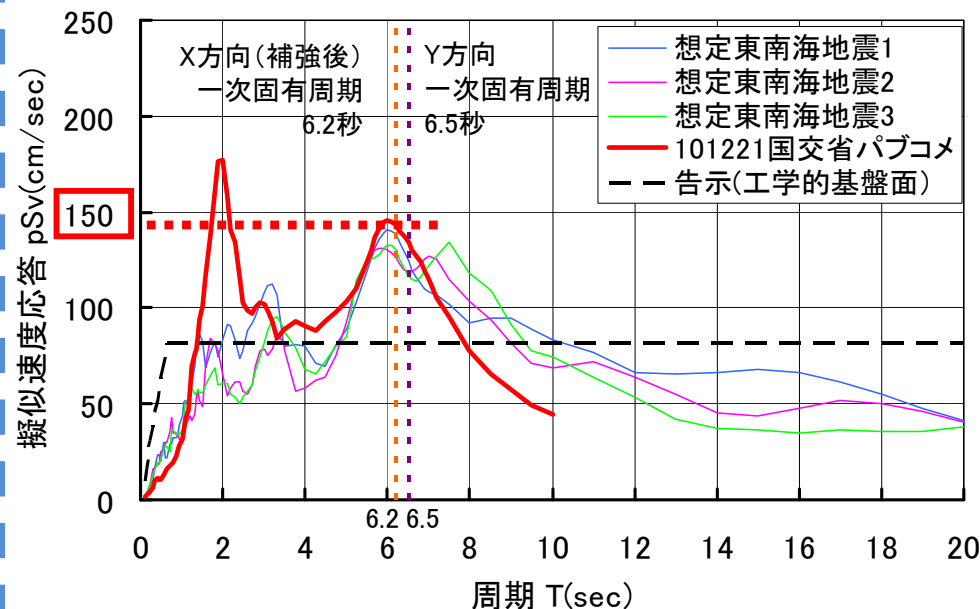


（独）産業総合研究所のデータより

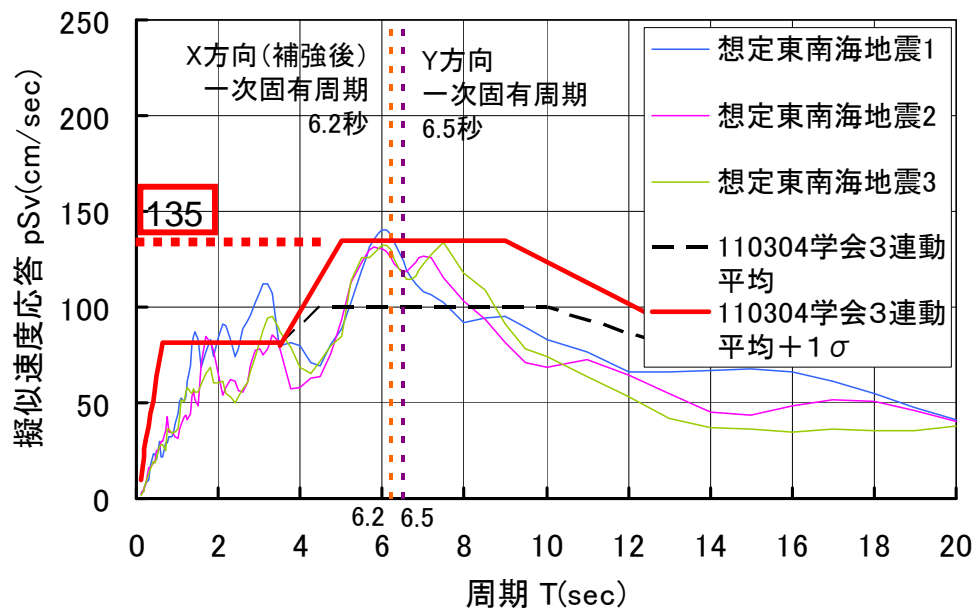
現在の知見では、大阪湾岸地域の地震動の強さは、地盤特性により、地盤の固有周期の近傍において、地震基盤の強さの約4倍に増幅されるということが一般的言われている（減衰5%のpSv評価）。

このことを踏まえて、現在、検討用地震動の強さは、 $pSv=140 \sim 160\text{cm/s}$ と設定。

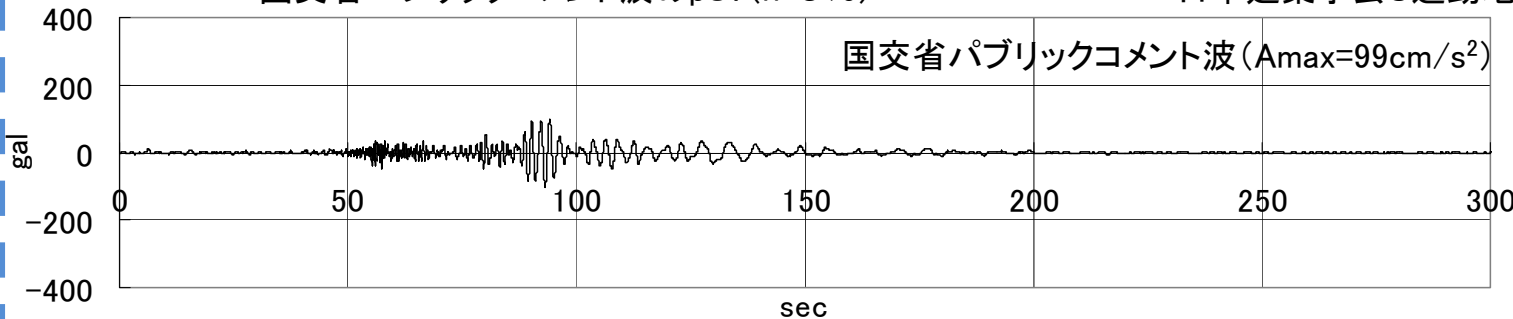
【告示波、パブコメ波、学会波との比較】



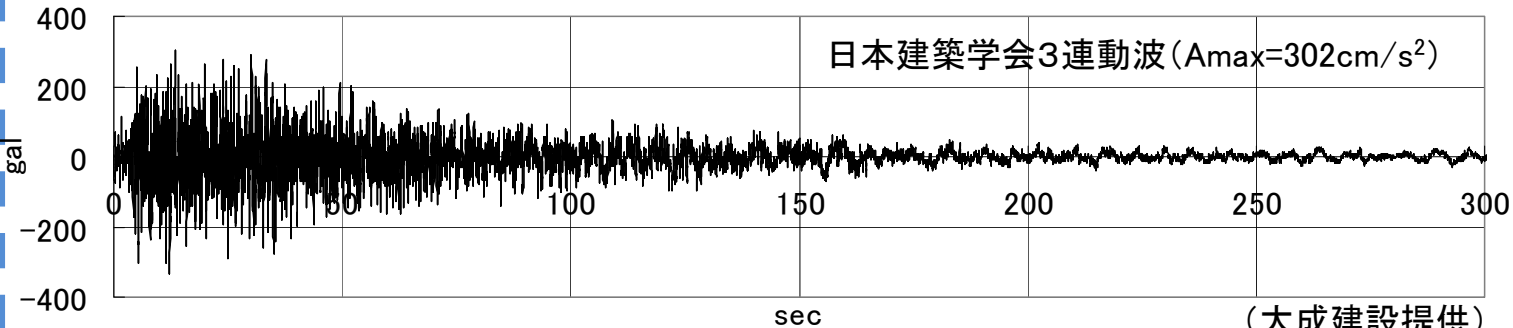
国交省パブリックコメント波のpSv(h=5%)



日本建築学会3連動地震のpSv(h=5%)



国交省パブリックコメント波 (Amax=99cm/s²)



日本建築学会3連動波 (Amax=302cm/s²)

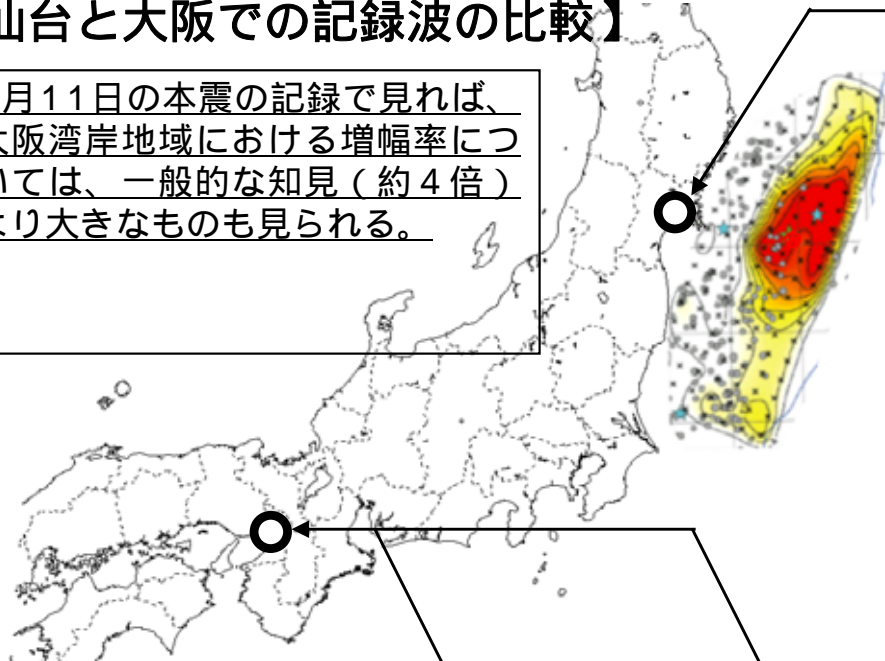
昨年12月に国交省より発表された大阪エリア9の地震動の強さは、咲洲庁舎の1次固有周期付近でpSv=150cm/s程度、また今年3月に日本建築学会から発表された3連動地震はpSv=135cm/sであり、今回の検討用地震動の強さと大きな差は見られない。

(大成建設提供)

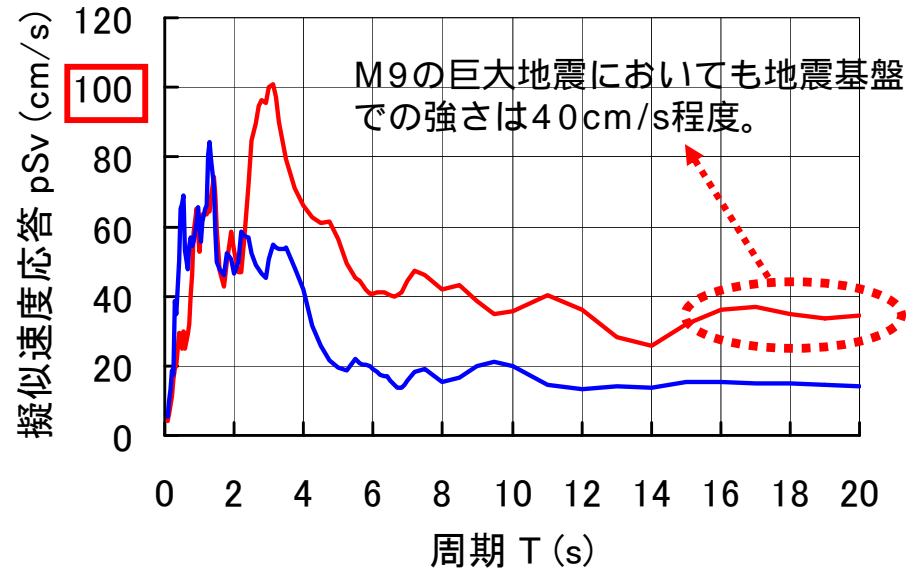
東北地方太平洋沖地震の記録から見た地表までの増幅率

【仙台と大阪での記録波の比較】

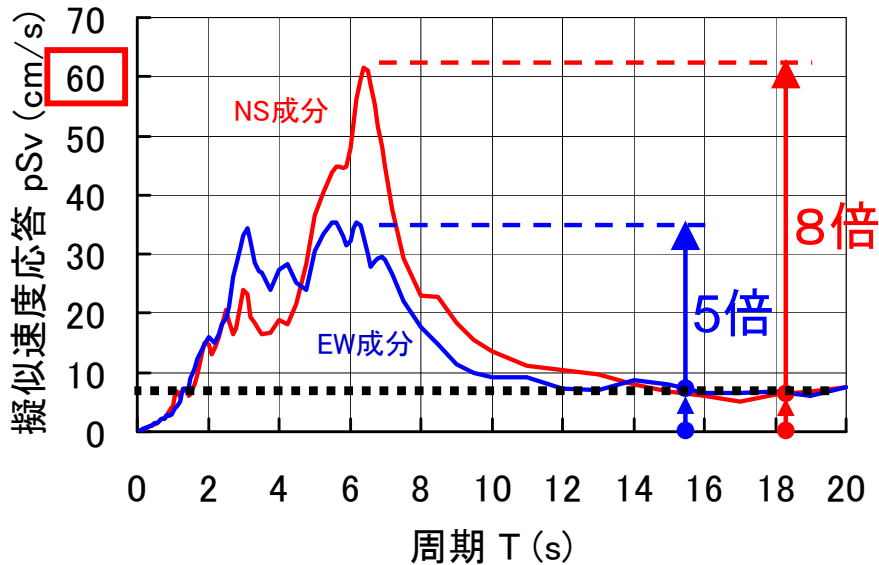
3月11日の本震の記録で見れば、大阪湾岸地域における増幅率については、一般的な知見（約4倍）より大きなものも見られる。



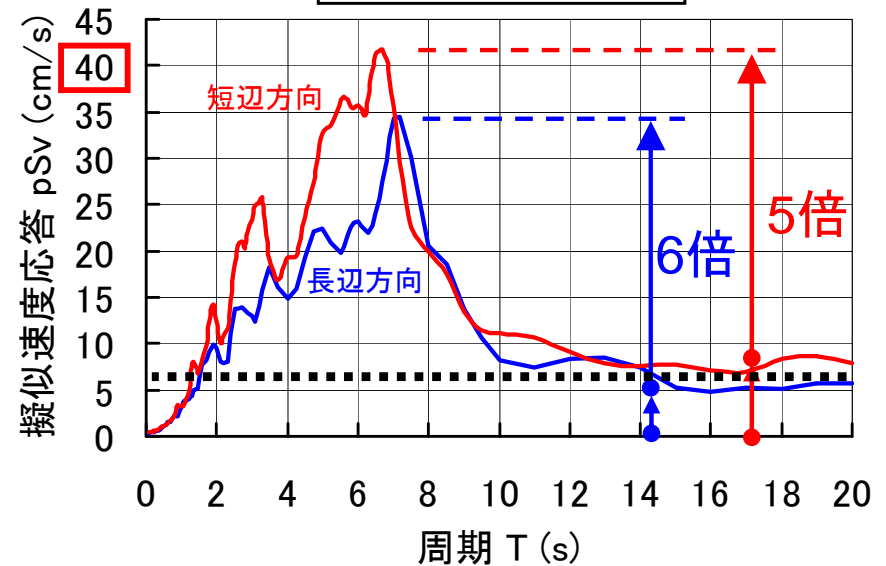
仙台合同庁舎（地下2階）



大阪市湾岸地域 Kik-net此花（地表）

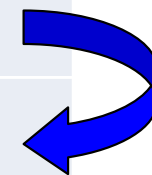


咲洲庁舎（1階）

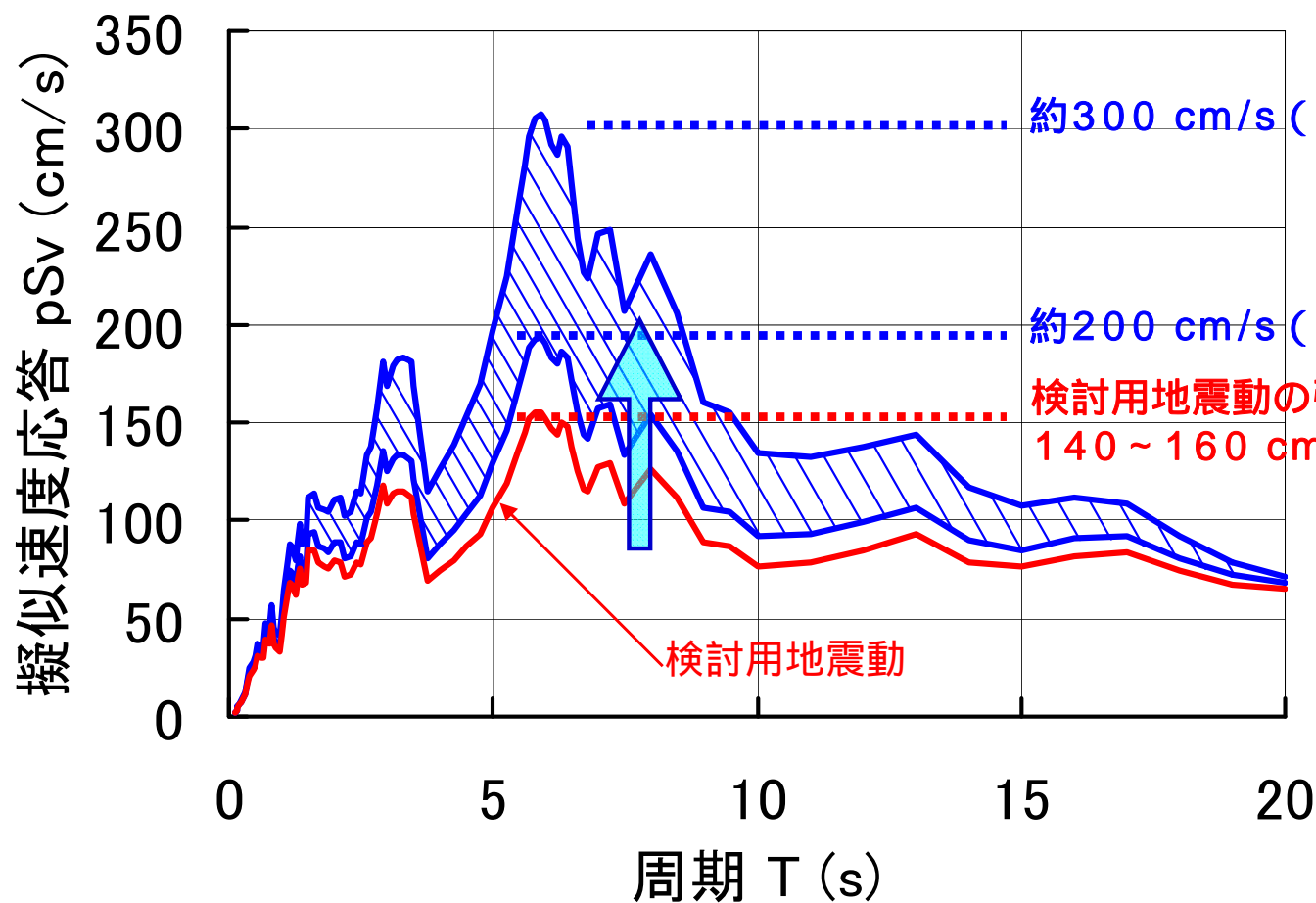


【大阪湾岸地域の地盤増幅率について】

	地盤の増幅率
現在の一般的な知見	約4倍
3/11東北地方太平洋沖地震（本震）の観測記録	5～8倍



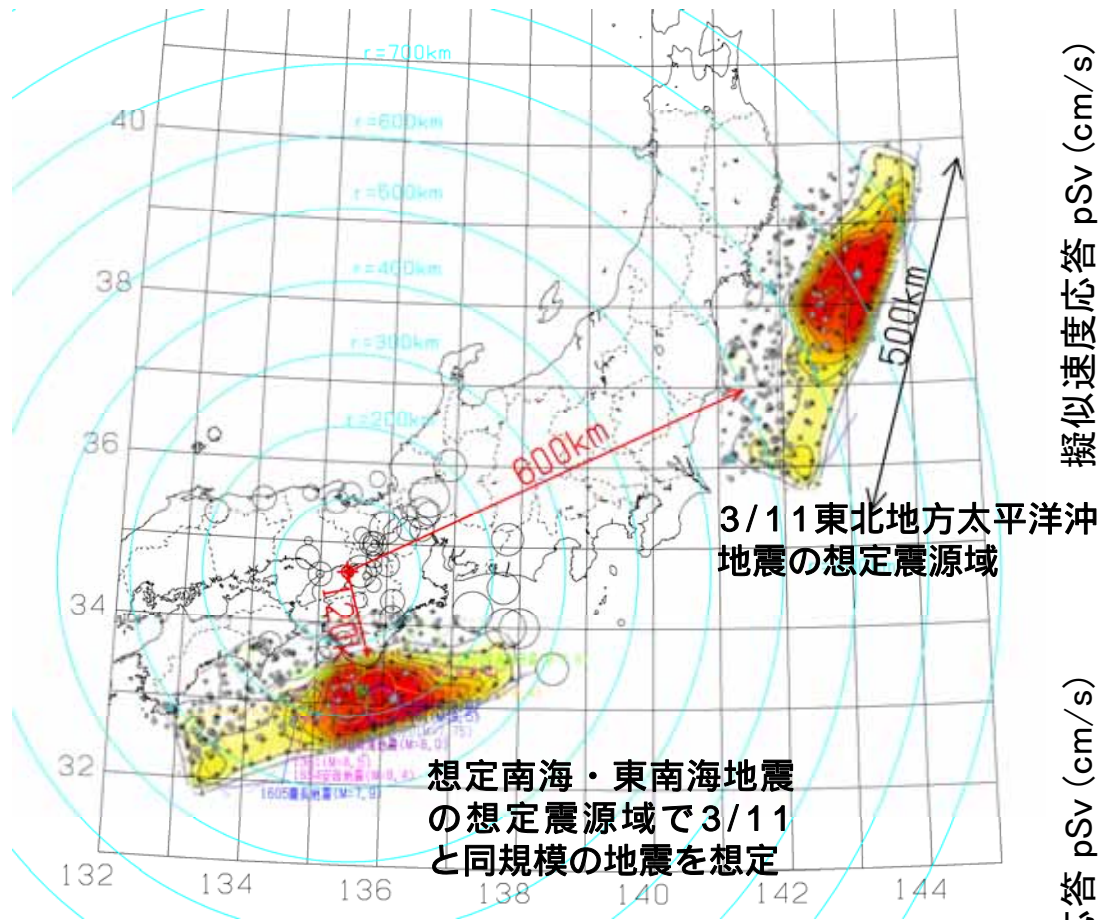
1.25～2.0倍



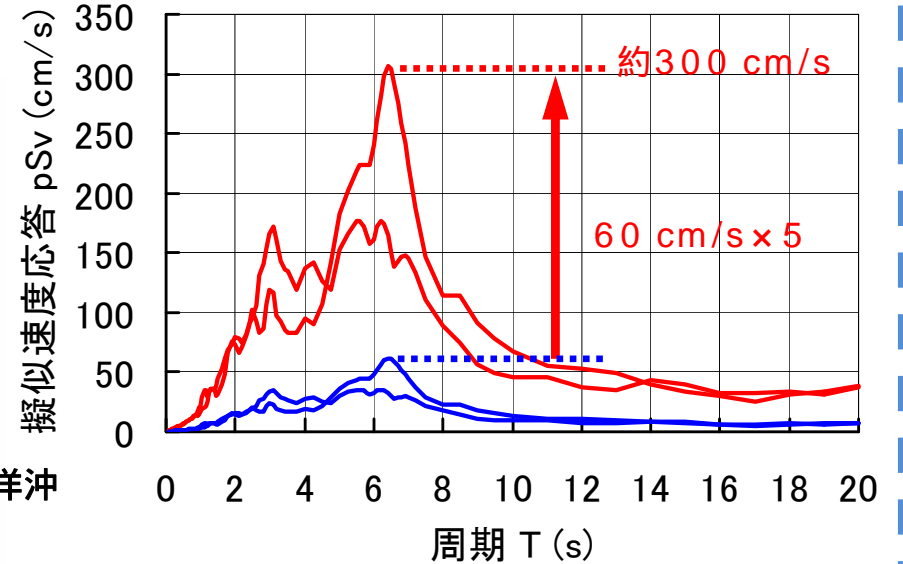
地盤増幅率を一般的な知見の1.25～2倍に評価すると、200～300cm/sの強さの地震動になる。

参考 【震源距離の比較】

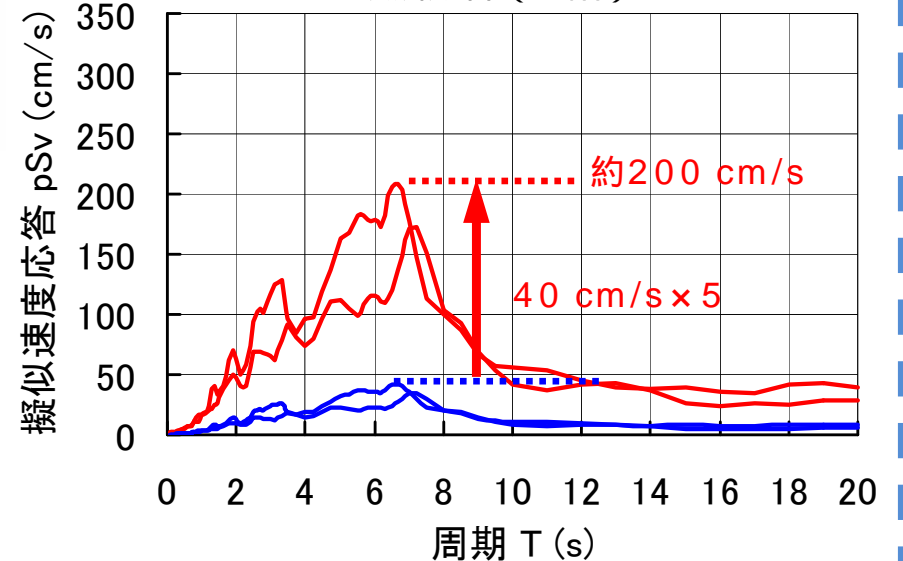
3/11の地震と同じ規模の地震が、南海・東南海地震で起こったと仮定して、震源距離による比較を行った。



大阪市湾岸地域 Kik-net此花 (地表)



咲洲庁舎 (1階)



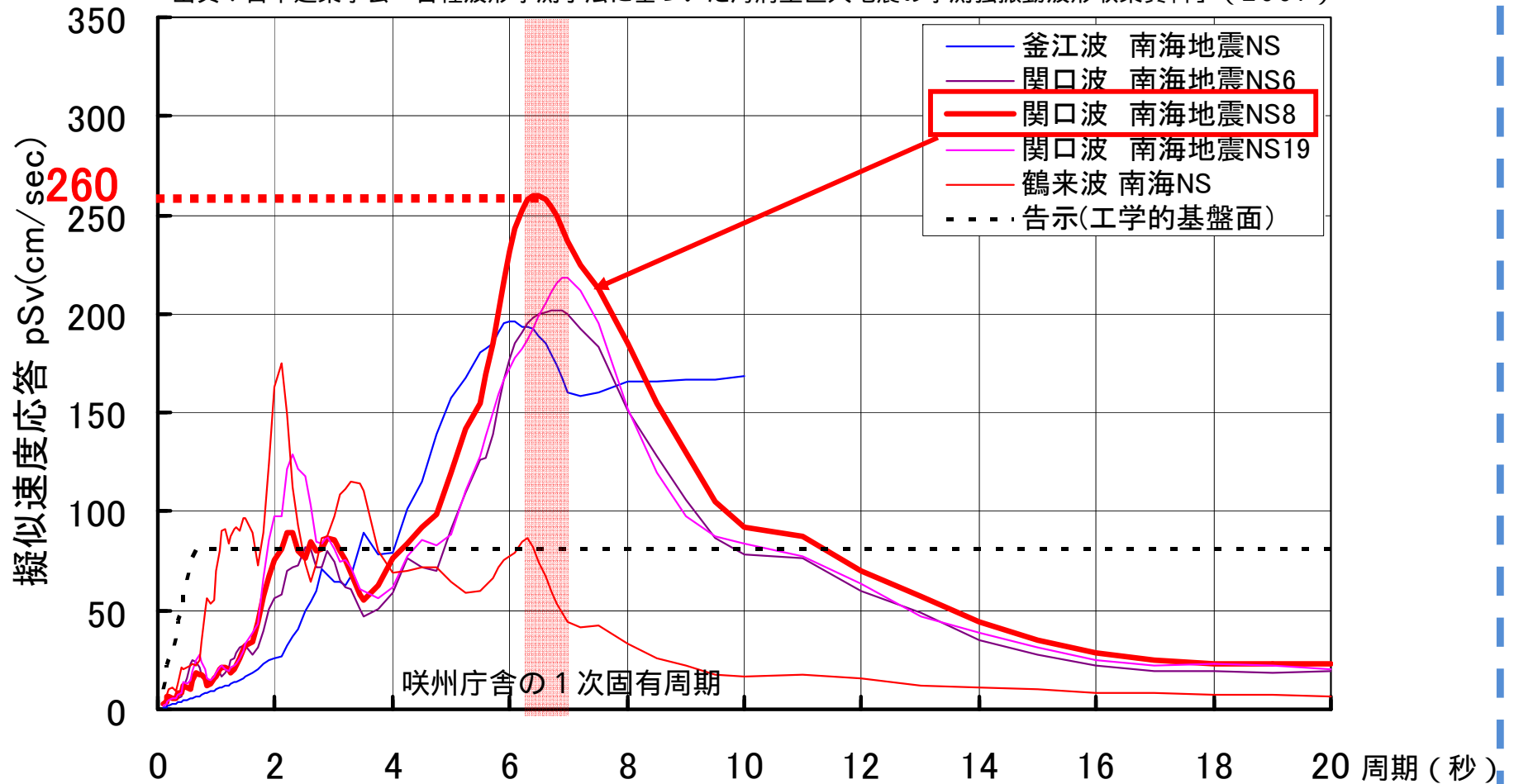
	震源距離
3/11東北地方太平洋沖地震	約600 km
想定南海・東南海地震	約120 km

約1/5

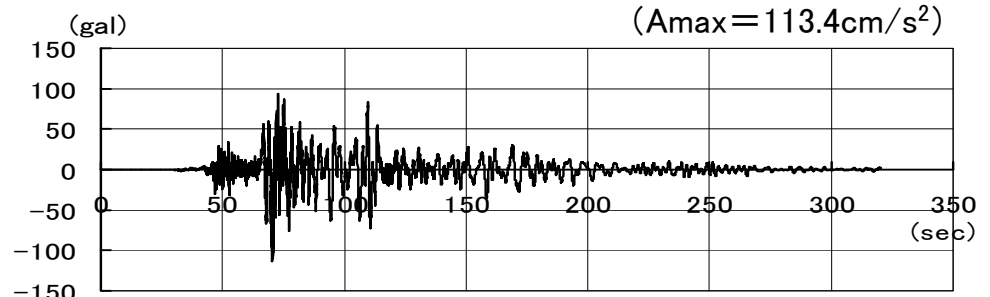
既往の提案波を用いた検討

大阪湾岸の地盤特性（地盤増幅率）については、今後の知見を注視していく必要があるが、現段階では、200～300cm/sの強さを持つ地震動について、既往の研究結果を参考に、解析を試みた。

出典：日本建築学会「各種波形予測手法に基づいた海溝型巨大地震の予測強振動波形収集資料」（2007）



既往の提案波は、入力レベルを定量的に評価できるほど十分な数がなく、かつ提案波ごとに卓越周期などのばらつきもあることから、設計用地震動とはなっていないが、南海地震を想定して作成された既往の提案波のうち、関口波8（NS）の強さがpSv=260cm/sとなっているため、この関口波を用いて、解析を試みた。



【関口波 8 (NS) に対する検討結果】

現在の補強計画について、関口波 8 (NS) に対する検討を行った。

層の塑性率については、長辺方向、短辺方向とも目標値 2.0 を満足するため、構造躯体の安全性には問題ないと考えられるが、長辺方向は、層間変形角の目標値 $1/70$ を満足できないため、内外装材等に影響が出る可能性がある。

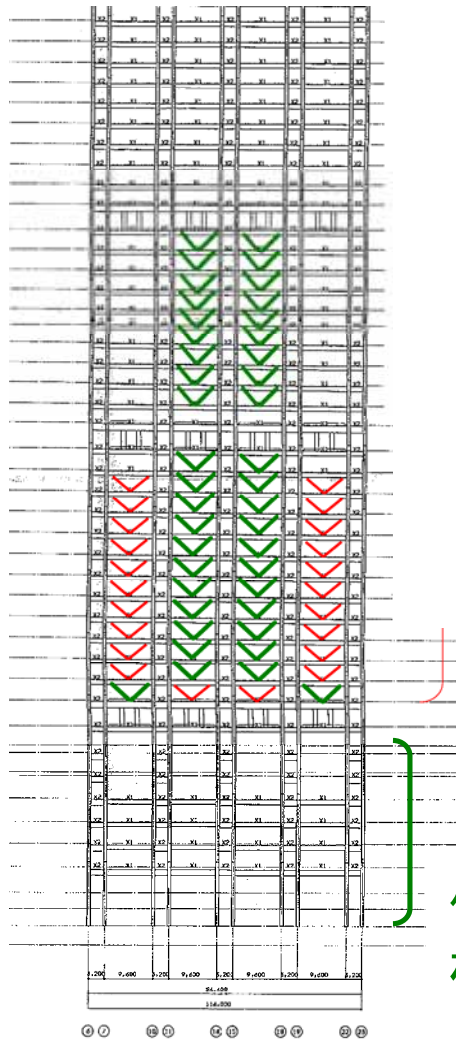
また、短辺方向の最大振幅 (片振幅) は 339cm となっている。

	層間変形角 (せん断成分)		層の塑性率		最大振幅 (片側) (52階)	
	現在の 検討波	関口波 8 (NS)	現在の 検討波	関口波 8 (NS)	現在の 検討波	関口波 8 (NS)
長辺方向	1/90 ~ 1/101	1/61	1.4 ~ 1.5	1.9	177 ~ 202cm	243cm
短辺方向	1/152 ~ 1/182	1/83	1.2 ~ 1.6	1.9	187 ~ 219cm	339cm

ダンパー追加補強の検討

関口波8(NS)を用いた検討結果を踏まえ、5月13日の検証結果におけるダンパーに加えて、下図のようにダンパーを設置した状態で構造解析を行った。

【長辺方向・建物外周部】

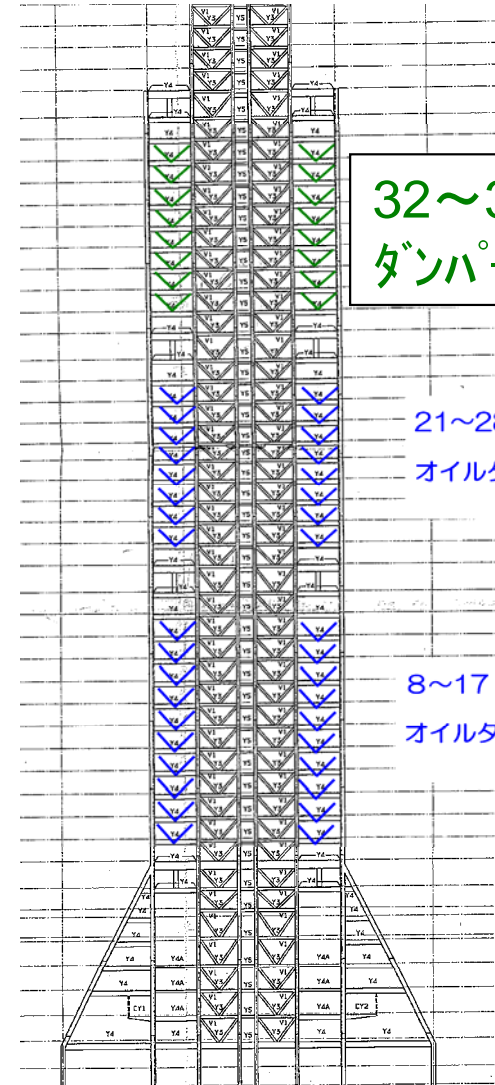


21～29階にオイルダンパーを追加

7～18階にオイルダンパーを追加

低層階 一部
柱・ブレース補強

【短辺方向・建物外周部】



32～39階にオイルダンパーを追加

21～28階
オイルダンパー

8～17階
オイルダンパー

【追加補強案に対する検討結果】

追加の補強を行うと、関口波8(NS)に対して、層間変形角の目標値1/70、層の塑性率の目標値2.0ともに満足することができるとわかった。

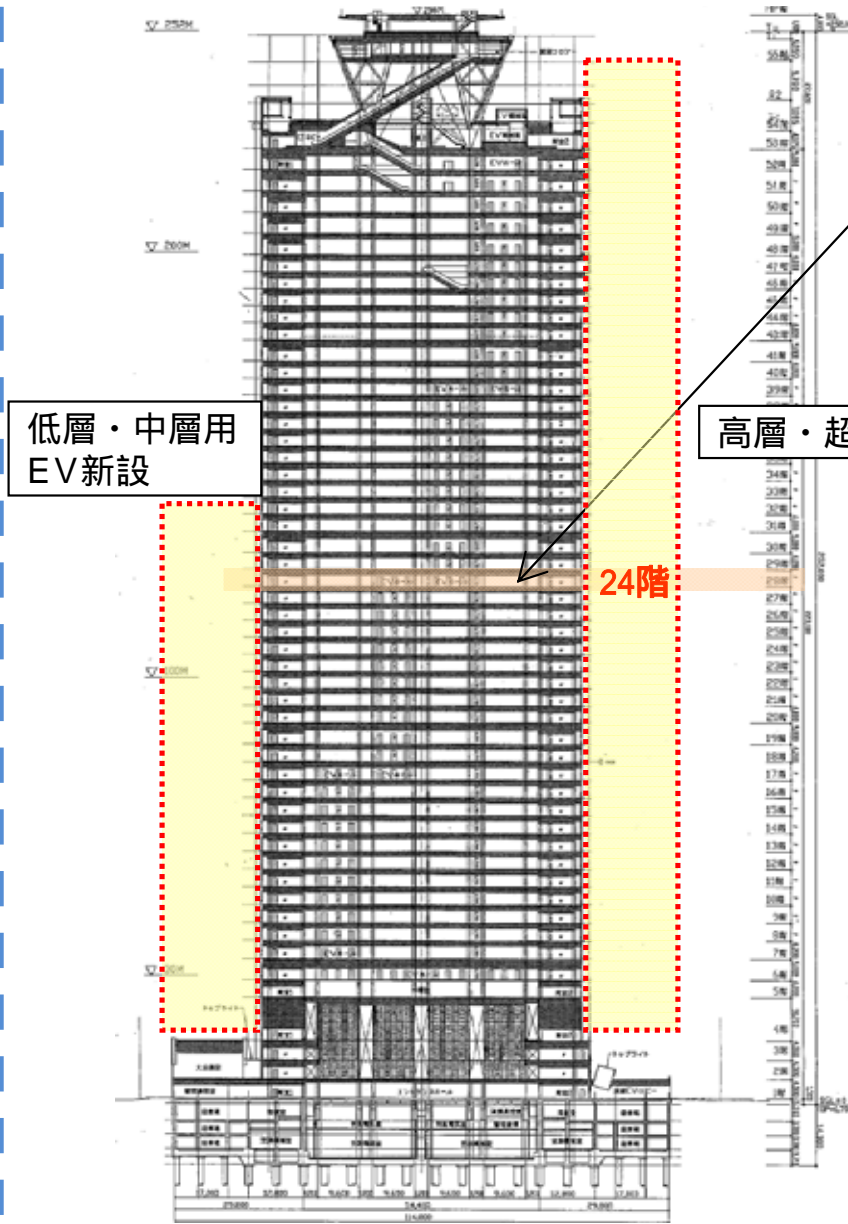
課題

- ・ 最大振幅については十分な改善が見られない。
 - ・ 発生後の建物検査体制の確保
 - ・ 余震の度にエレベータが停止する可能性

	層間変形角 (せん断成分)		層の塑性率		最大振幅(片側)	
	現在の制震 補強計画	追加 補強計画	現在の制震 補強計画	追加 補強計画	現在の制震 補強計画	追加 補強計画
長辺方向	1/61	1/75	1.9	1.6	52階：243cm 30階：161cm 10階：44cm	52階：235cm 30階：153cm 10階：47cm
短辺方向	1/83	1/88	1.9	1.8	52階：339cm 30階：156cm 10階：25cm	52階：323cm 30階：150cm 10階：24cm

中間層免震の検討

さらに、建物と地盤の周期をずらすことで、建物への地震力を軽減する中間層免震（建物の24階に配置）についても検討を行う。

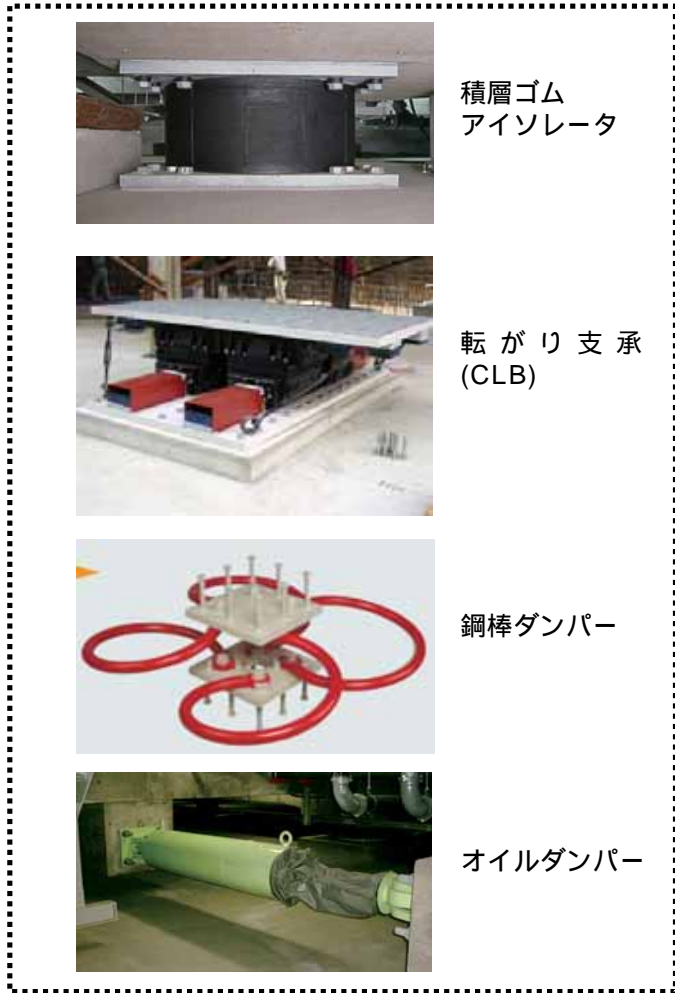


24階を免震層とし、免震部材を設置する。

低層・中層用EV新設

高層・超高層用EV新設

- ・免震層内の設備配管・配線の免震化
- ・階段の免震化
- ・免震層上下階の構造躯体の補強



積層ゴムアイソレータ

転がり支承 (CLB)

鋼棒ダンパー

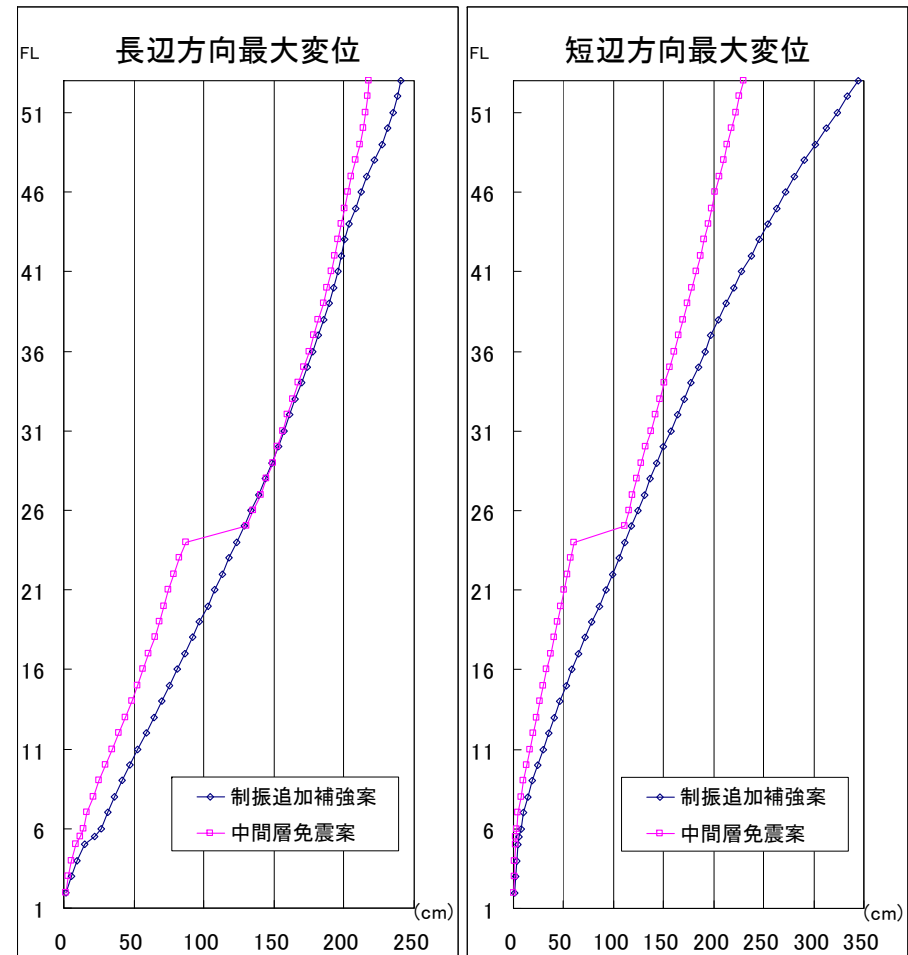
オイルダンパー

	現在の建物	中間層免震計画
長辺方向	7.0秒	9.6秒
短辺方向	6.5秒	9.4秒

中間層免震補強の場合について、関口波 8 (NS) に対する検討を行い、制震・追加補強の場合との比較を以下に示す。

		制震・追加補強	中間層免震
長辺方向	最大振幅 52階	235 c m	216 c m
	免震層 層間変位	-	59 c m
短辺方向	最大振幅 52階	323 c m	222 c m
	免震層 層間変位	-	62 c m

中間層免震の場合、特に短辺方向の振幅が、制震・追加補強の場合よりも改善される。
ただし免震層は、地震時に約60cm変形する。



中間層免震補強の利点・課題等

利点（メリット）

- ・ 関口波 8（NS）に対し、制震補強計画よりも建物の層せん断力が減少する。
（長辺，短辺方向とも 1 階で約 60%）
- ・ 関口波 8（NS）に対し、制震補強計画よりも頂部変位が減少する。
（短辺方向で約 60%）

課題

- ・ 免震層の大きな変形（約 60 c m）に対する内外装材の変形追従性の確保
- ・ 法的対応
（ex）E V シャフトの新設による面積増の対応
E V シャフトを設けることによる建物低層部や地下部の用途変更
防災計画（避難・耐火）の見直し設計
- ・ 風に対する構造安全性
- ・ コストが高い
- ・ 超高層での改修事例がなく、実現可能性については、さらなる詳細な検討が必要。
現時点での見込みであり、今後の詳細な検討が必要。

コスト比較

制震・追加補強計画	中間層免震計画
<ul style="list-style-type: none">・ 原計画：長辺約 7 億・ 5/13 検証結果に基づく追加：短辺約 7 億・ 今回の再検証に基づき追加対策を行う場合 ：約 18 億円（長辺約 12 億、短辺約 6 億）・ 合計：約 32 億円	<ul style="list-style-type: none">・ 構造改修（仮設込み）：約 43 億円・ エレベータ他改修：約 87 億円・ 合計：約 130 億円

専門家会議での意見を踏まえた今後の対応・方向性

今回の再検証では、既往の提案波を用いて、ダンパー追加補強と中間層免震補強の両者について概略的な検討を行ったものであり、今後、検討用地震動について、地盤の増幅率など、地盤モデルに関する研究の動向も注視しつつ、詳細な検討を行う必要がある。

しかしながら、建物の安全対策については、できることから段階的に進めていくことが重要であり、当面、これまでの検証結果に基づく制振補強を順次施工していくこととし、今回の再検証による追加対策については、今後、中央防災会議、国土交通省、日本建築学会等での動きも注視しながら、検討していく。

【津波対策】

咲洲庁舎の地盤高

敷地境界付近：O.P.（大阪湾最低潮位）+ 6.7m

建物外周部付近：O.P. + 7.8m（地下駐車場付近：O.P. + 7.7m）

現在の想定津波高

O.P. + 2.1m（満潮時）+ 2.4m（津波高）= O.P. + 4.5m

咲洲庁舎の敷地境界付近の地盤高はO.P. + 6.7mであり、想定津波高（O.P. + 4.5m）より高い位置にある。

想定を超える津波の対策

津波高を現在の想定のおよそ2倍と仮定しても、O.P. + 6.9mであり、建物外周部付近の地盤高（O.P. + 7.8m）はこれより高い位置にある。

・ 東南海・南海地震等でマグニチュード9.0規模の地震が発生すると、津波高は約2倍になるという専門家の意見もある。

なお、安全をみて、防災情報センター等の非常用発電機は上階（3階を想定）に設置する。

発電機・一部電気室の上階への設置（追加対策約3億円（発電機6.4億円は予算化済み））
（発電機のオイルタンクは容量の増設を検討中）

さらに、庁舎1階及び地階への浸水を防止するため、地下駐車場の出入口など、地上面に近い位置にある開口部には止水対策を講じる。

地盤・外構等の一部マウンドアップ

防水扉への改修

開口部への止水板取付け

対策のイメージ図

対策の目標 : O.P. + 8.5m程度

想定の上の2倍 : O.P. + 6.9m

想定津波高 : O.P. + 4.5m
(大阪市内)

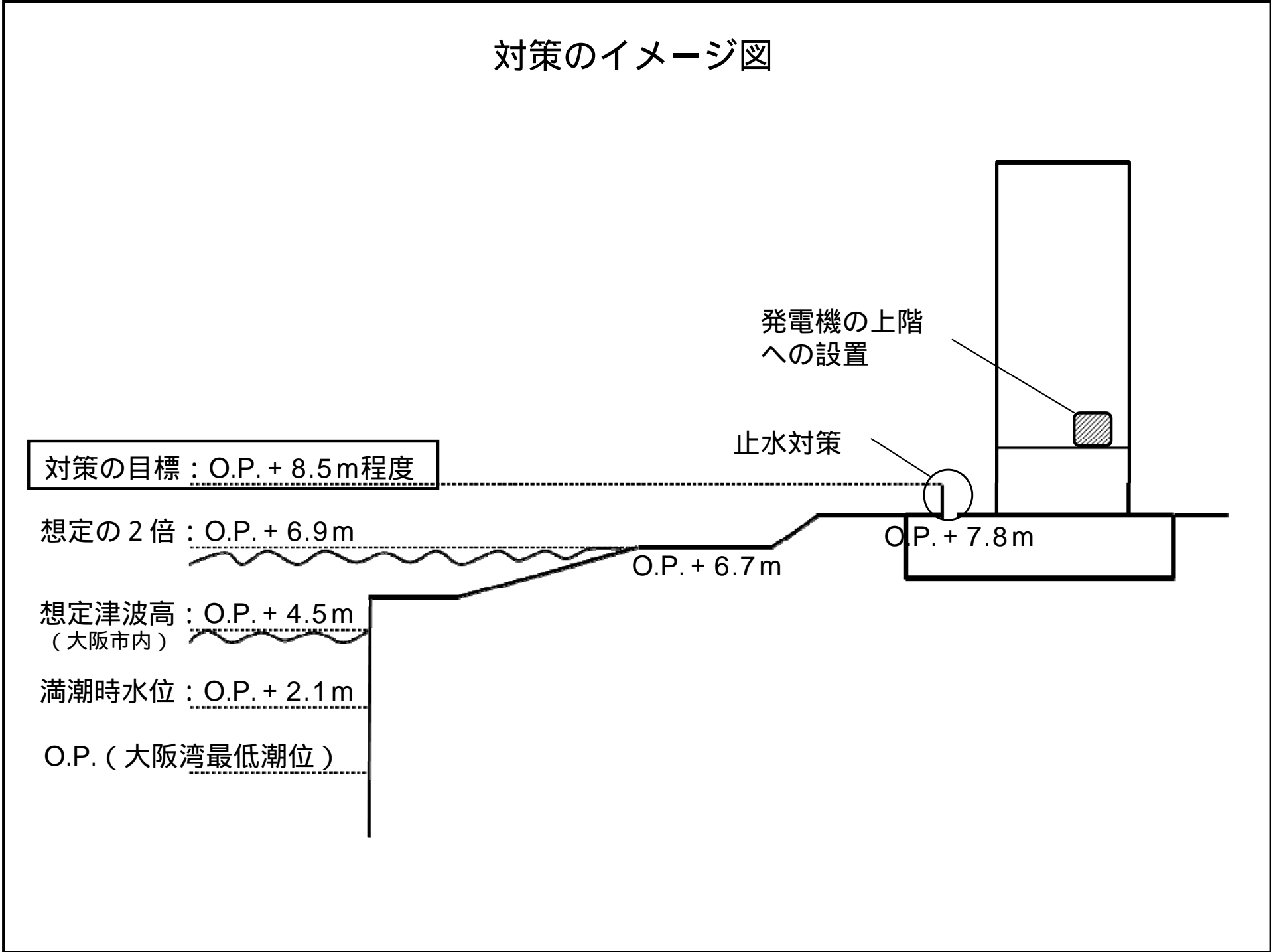
満潮時水位 : O.P. + 2.1m

O.P. (大阪湾最低潮位)

発電機の上階
への設置
止水対策

O.P. + 7.8m

O.P. + 6.7m

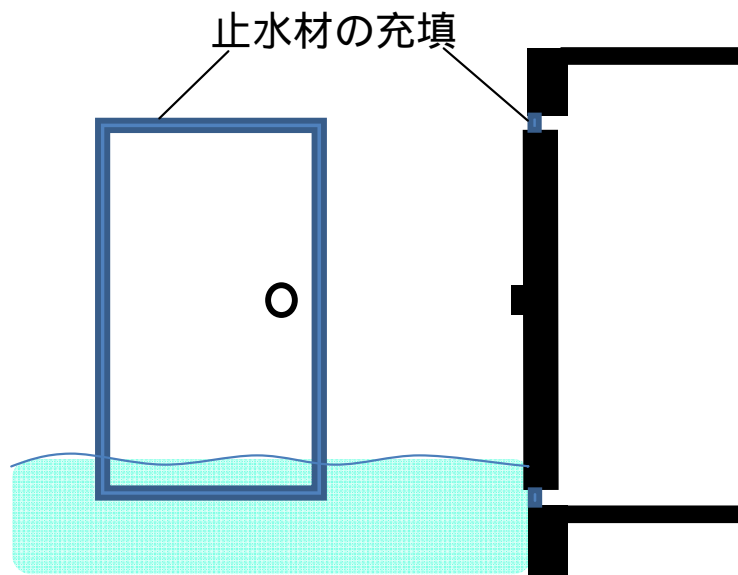


対策案の例（イメージ図）

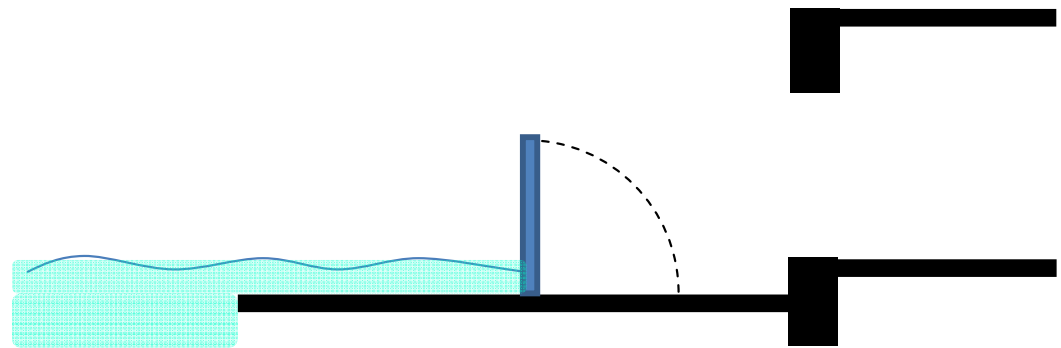
< 地盤・外構等の一部マウンドアップ >



< 防水扉への改修 >



< 止水板の取付け >



専門家会議での意見を踏まえ、想定される課題

津波高を従来の想定に2倍に設定しているのは、あくまでも暫定的なものであり、中央防災会議の検証の結果によっては、見直す必要がある。

咲洲庁舎の地盤高は、数字の上では想定のお2倍の津波高をクリアできているが、

- ・咲洲の地盤沈下は完全にはとまっていないこと
- ・地震時の地殻変動によって、地盤が沈下するおそれがあること

など、複数の条件が重なることも考慮して対策を検討する必要がある。

津波警報が出ている中、咲洲庁舎に人が出入りすることは困難である。また、庁舎自体が浸水しなくても、咲洲庁舎の周囲が浸水し、庁舎が一時的に孤立する事態を想定しておくことも必要である。

庁舎開口部の止水対策に加え、止水できずに地下階への浸水が発生した場合の対応についても、検討しておくことが大事。

今後の対応、方向性など

津波高について、今後、新たな知見が示された場合は、止水対策の妥当性を再チェックし、必要があればかさ上げ等の追加対策も検討する。

対策目標については、想定のお2倍の津波高に対して余裕を見込んで設定しているが、たとえば、咲洲地区の地盤高については、今後とも地盤沈下の傾向に注意を払い、その時点に応じた防災対策を検討していくなど、長期的な対応が必要。

咲洲庁舎の周辺部が浸水し、庁舎が一時的に孤立した場合でも建物の機能を維持できるよう、

- ・非常用発電機の上部階への設置等に加え、発電機の稼働容量を3日から5日に増強
- ・食糧・飲料水の備蓄、生活用水の確保（仮設トイレ等）

などの代替策を検討する。

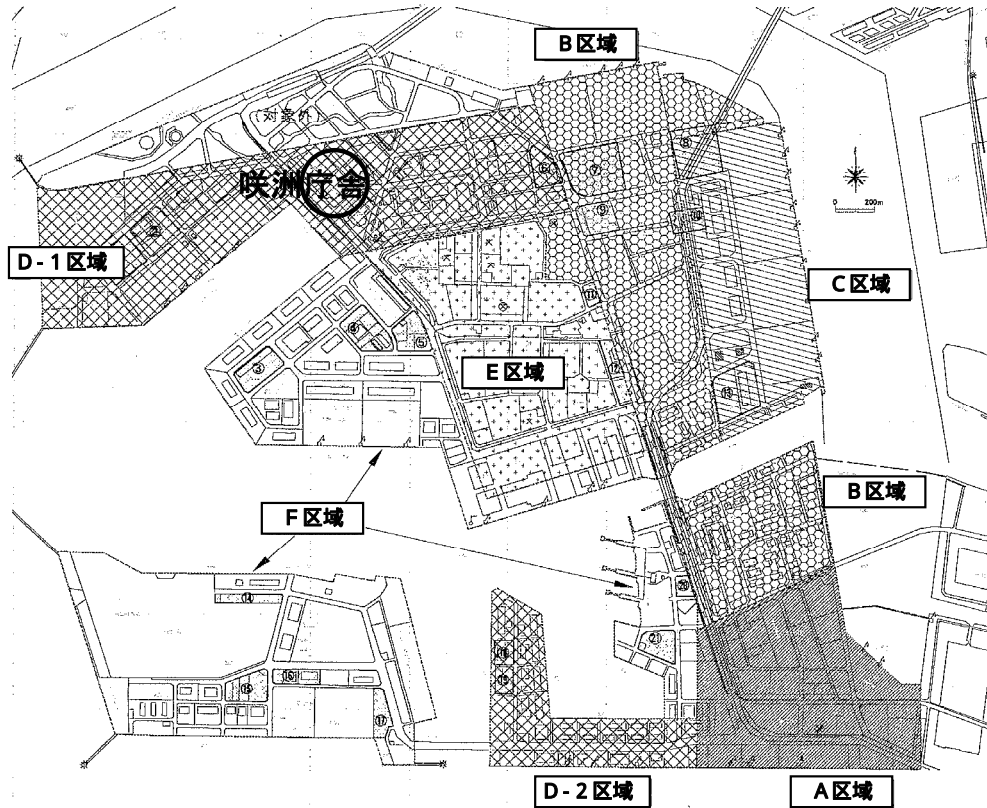
万一、地下階に浸水が発生した場合に備え、地下電気室、機械室、設備室の扉の防水対策についても検討する。

庁舎機能に支障が生じた場合でも災害対策に混乱が生じないように、防災拠点については、大手前と咲洲のデュアル体制とし、津波・高潮災害が発生した場合には、大手前を防災拠点として対応できる体制を整備する。

【液状化の検証】

咲洲庁舎における地盤改良の状況

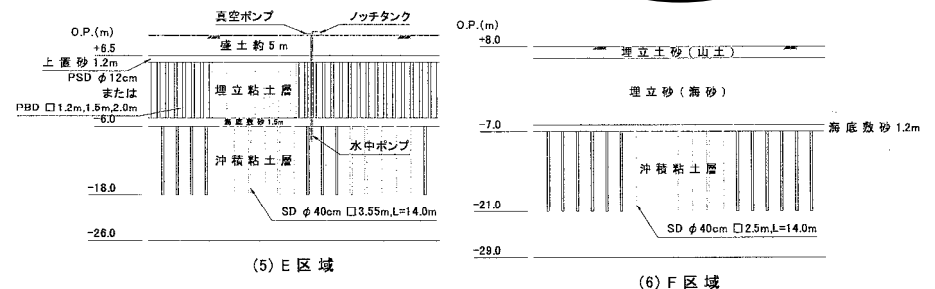
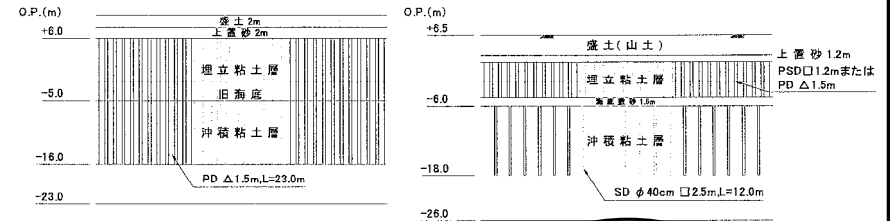
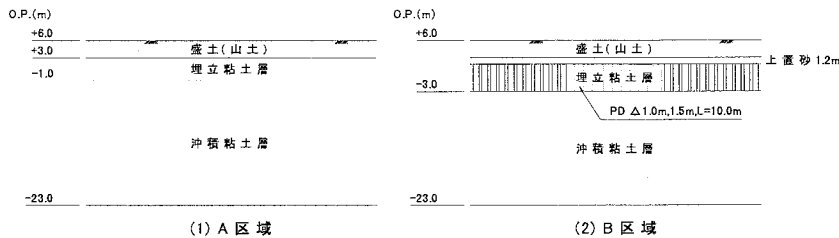
咲洲の場合は、浚渫粘土で埋め立てられ、さらに、粘土特有の圧密沈下に対しては、ドレーン工法（排水工法）による地盤改良が行われている。



区域	記号	埋立層		沖積層	水位低下工法
		埋立土	ドレーン	ドレーン	
A区域		浚渫粘土	なし	なし	なし
B区域			PD	PD(注)	
C区域			PSD	SD	あり
D-1区域			PD		なし
D-2区域			PBD PSD		あり
E区域		海砂 山砂	—	なし	

- PD : ペーパードレーン
 - PBD : プラスチックボードドレーン
 - PSD : パックドサンドドレーン
 - SD : サンドドレーン
- (注) 埋立層を貫通して沖積層に貫入

ドレーン工法：透水性の良い排水路(ドレーン)を柱状に配置して水抜きを行い、粘土層の地盤の強度を高める方法。ドレーン材により各種の工法がある。(SD(砂)、PSD(合成繊維袋詰め砂)、PD(紙・布)、PBD(合成樹脂))



出展

- ・ 地盤改良工法による区域分けと地盤断面図（概略）【大阪市港湾局提供】

東北地方太平洋沖地震による東京湾岸埋立地での液状化

【「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震における千葉県内の液状化 - 流動化被害(第2報)」
(2011.4.4千葉県環境研究センター)より】

東京湾岸埋立地の特徴

「東方沖地震時に比べてより広い範囲で、より深刻な被害となっている、必ずしも埋立地全域で液状化 - 流動化現象が起こっているわけではない。場所により被害程度が異なる」

「美浜区の中磯辺公園の一角で見られるように人工地層が主に砂層で構成されているところでは、液状化 - 流動化被害がみられ、主に泥層で構成されているところでは被害がほとんどみられない」

「例えば美浜地区打瀬のように液状化対策が施されているところではほとんど被害がみられない傾向にある」

阪神・淡路大震災によるポートアイランドでの液状化

「阪神・淡路大震災(日本地質学会 環境地質研究委員会)」によると、ポートアイランドでも、地盤改良を行った場所では液状化が生じていない。

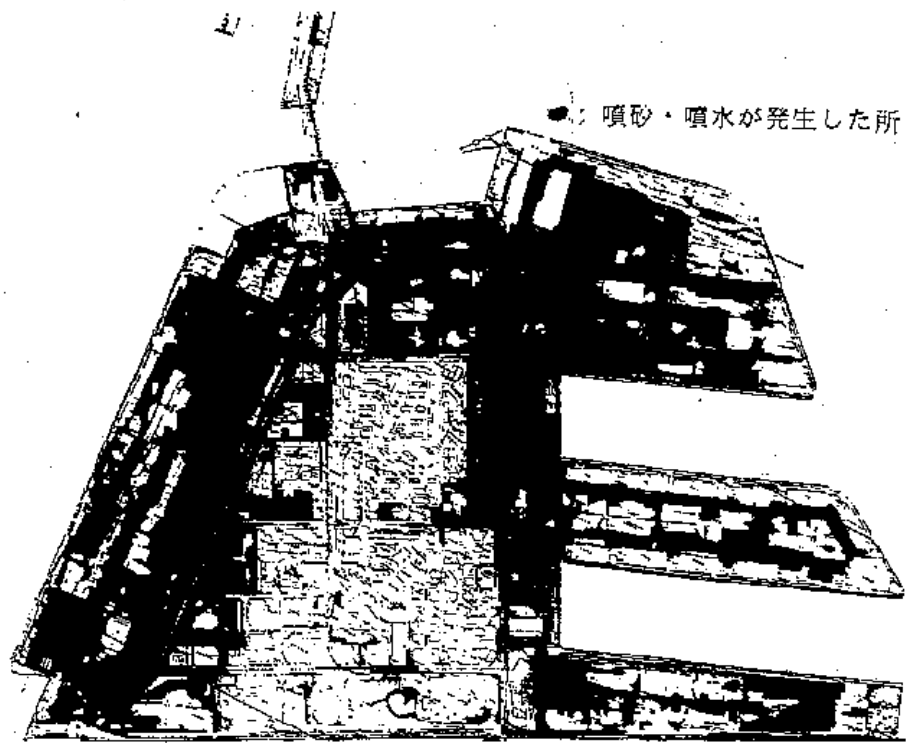


図1.9 ポートアイランドでの噴砂・噴水発生地区 (地震予知総合研究会)

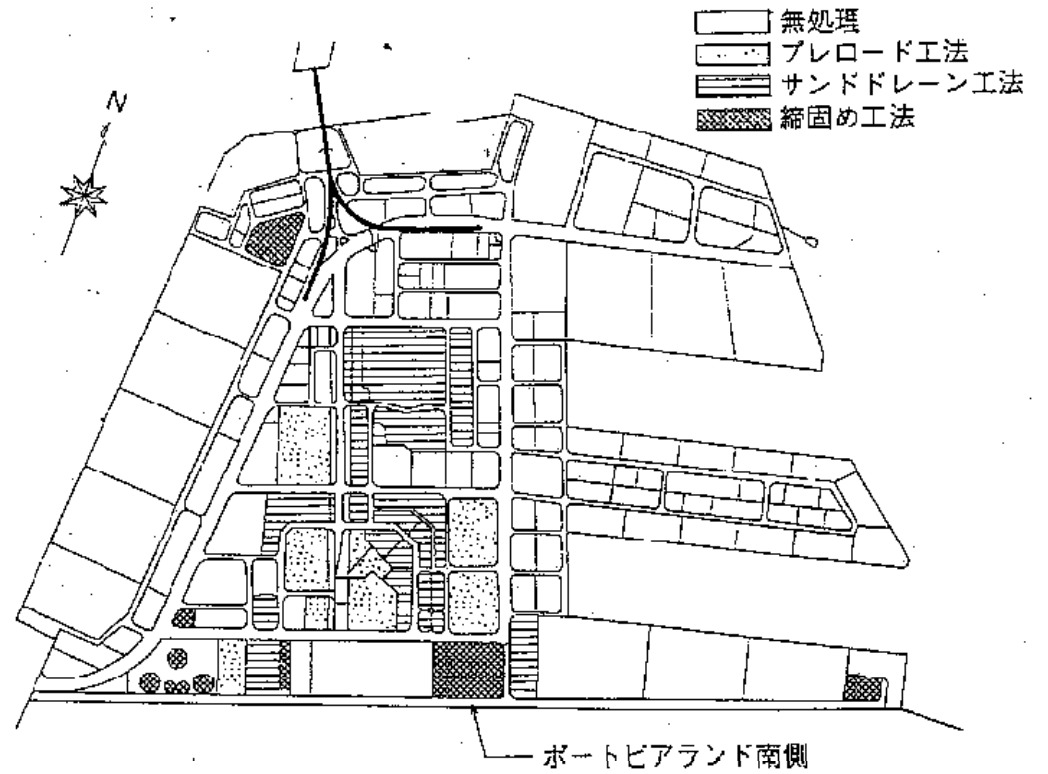
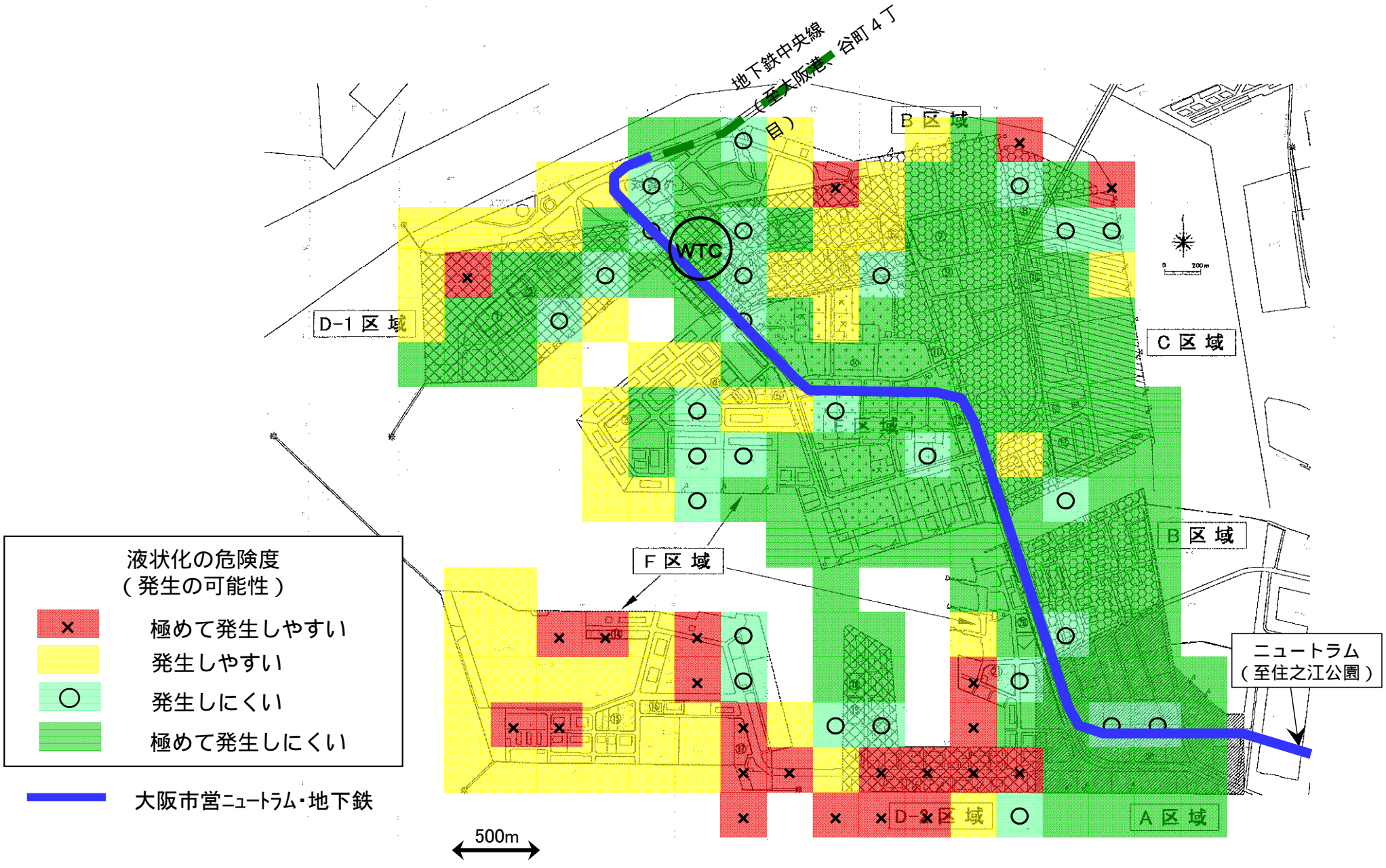


図1.10 ポートアイランドでの地盤改良地区 (原田ほか, 1995)

「阪神・淡路大震災(日本地質学会 環境地質研究委員会編)」

咲洲の液状化予測

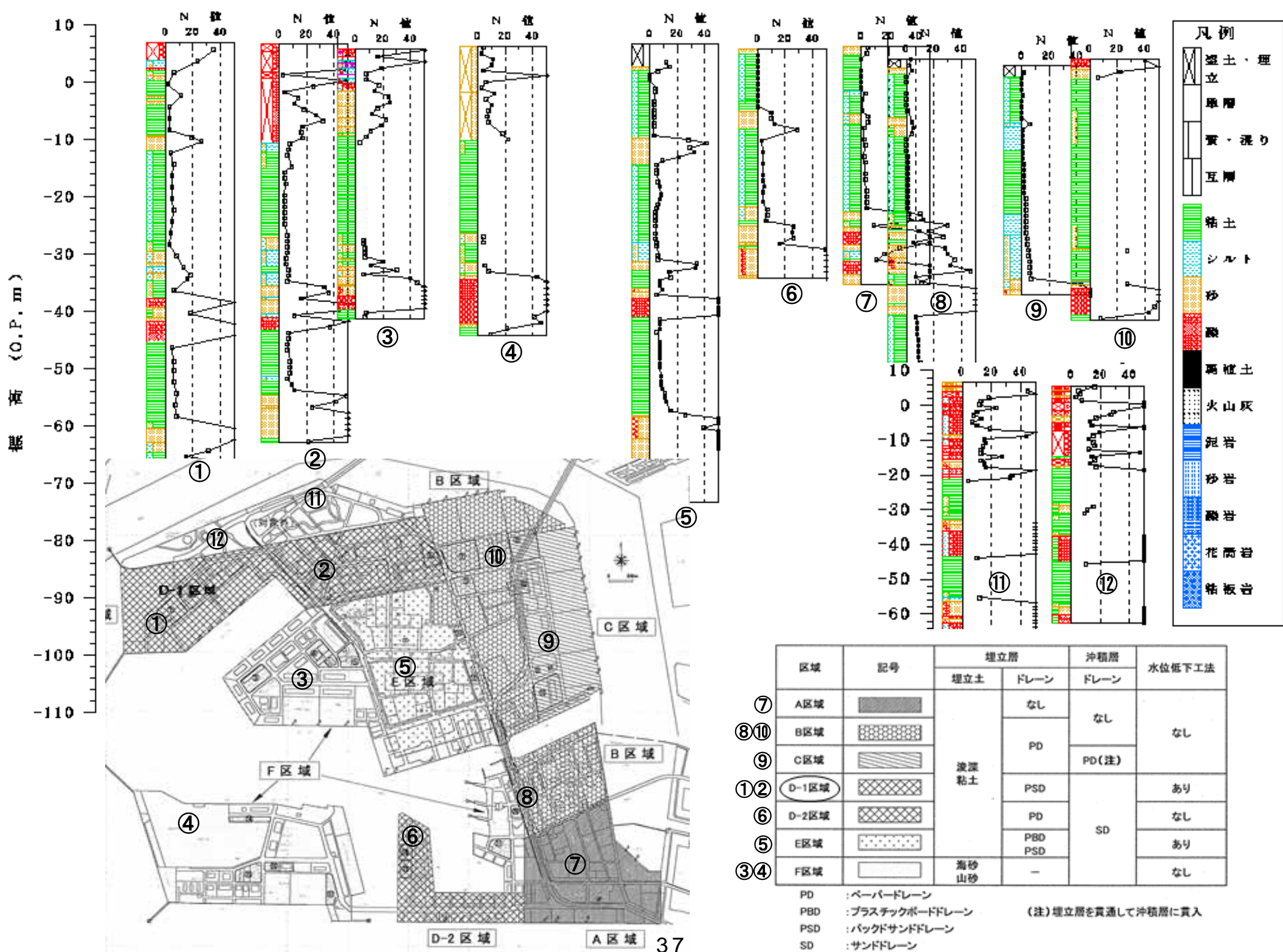
出典
 ・液状化予測（大阪市）【大阪市危機管理室HPより作成】



液状化の危険度
(発生の可能性)

×	極めて発生しやすい
■	発生しやすい
○	発生しにくい
■	極めて発生しにくい

大阪市営ニュートラム・地下鉄



- 凡例
- 埋立土・埋立
 - 埋立
 - 質・混り
 - 互層
 - 粘土
 - シルト
 - 砂
 - 礫
 - 腐植土
 - 火山灰
 - 泥岩
 - 砂岩
 - 礫岩
 - 花崗岩
 - 粘板岩

区域	記号	埋立層		沖積層		水位低下工法
		埋立土	ドレーン	ドレーン		
⑦	A区域	波深粘土	なし	なし	なし	
⑧⑩	B区域		PD	PD(注)		
⑨	C区域		PSD	SD	あり	
⑫	D-1区域		PD		なし	
⑥	D-2区域		PBD		あり	
⑤	E区域		PSD	なし		
③④	F区域	海砂 山砂	-		なし	

PD : ベーバードレーン
 PBD : プラスチックボードドレーン
 PSD : バックサンドドレーン
 SD : サンドドレーン

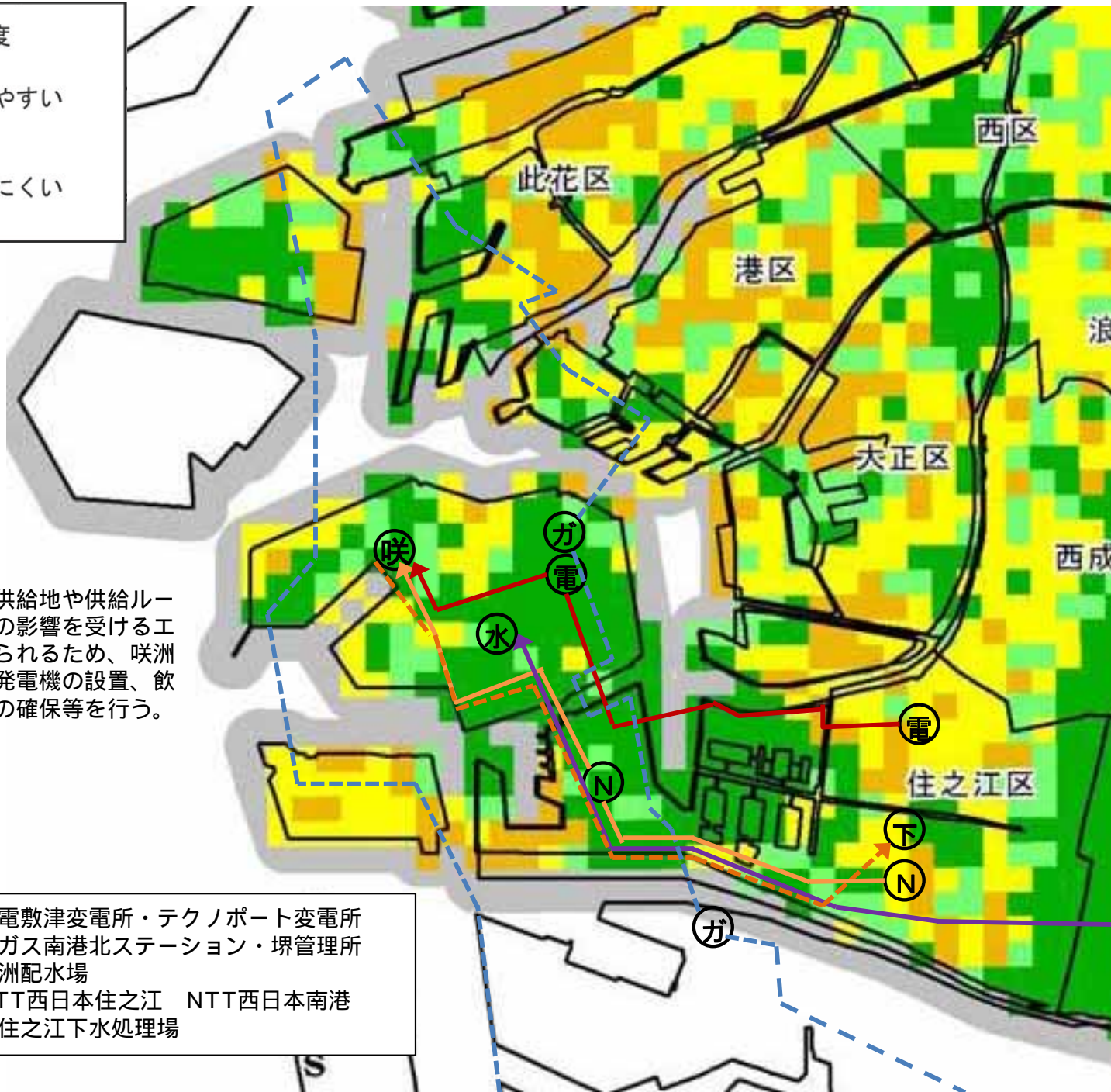
(注) 埋立層を貫通して沖積層に貫入

液状化危険度

- 極めて発生しやすい
- 発生しやすい
- 発生しにくい
- 極めて発生しにくい

ライフラインの供給地や供給ルートの中には液状化の影響を受けるエリアもあると考えられるため、咲洲庁舎において自家発電機の設置、飲料水・仮設トイレの確保等を行う。

- 電 ——— : 電気 関電敷津変電所・テクノポート変電所
- ガ - - - - : ガス 大ガス南港北ステーション・堺管理所
- 水 ——— : 水道 咲洲配水場
- N ——— : 電話 NTT西日本住之江 NTT西日本南港
- 下 - - - - : 下水道 住之江下水処理場



専門家会議での意見を踏まえ、想定される課題

咲洲は、全体としては、地盤改良された浚渫粘土で構成されており、液状化は発生しにくいですが、より詳細に見れば、

- ・浚渫土のポンプ噴射により、物性が不均一になり、粘着力のない細粒部分で液状化が発生する場合があること
- ・護岸の下部構造を置き換え砂で施工している場合は、そこが液状化し、護岸の損傷や直背後地盤の陥没などの影響も考えられること

など、一部では液状化が発生することを想定しておく必要がある。

強い地震動が長く続くことにより、これまで液状化が発生しにくいといわれていた場所でも、液状化が発生する可能性がある。

咲洲地区内で液状化が発生しなくても、内陸沿岸部で液状化が発生すれば、庁舎のライフライン（電気・NTT・ガス・上下水道）が被害を受けることも想定しておく必要がある。

今後の対応、方向性など

内陸沿岸部などで液状化が発生し、咲洲庁舎へのライフラインの供給が停止した場合に備え、

- ・非常用発電機の稼働容量を3日から5日に増強
- ・食糧・飲料水の備蓄、生活用水の確保（仮設トイレ等）

などの代替策を検討する。

また、職員の参集ルート上で液状化が発生した場合でも、徒歩・自転車により参集が行えるよう職員の啓発や参集訓練の充実に努める。