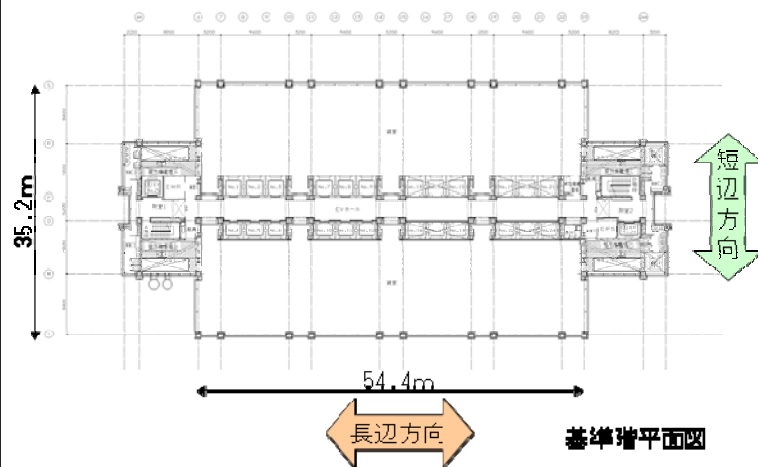


# 「咲洲庁舎の安全性等についての検証結果」の概要

# 【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)



## ■ 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1 m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	131ガル	41ガル
	長辺方向	88ガル	39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

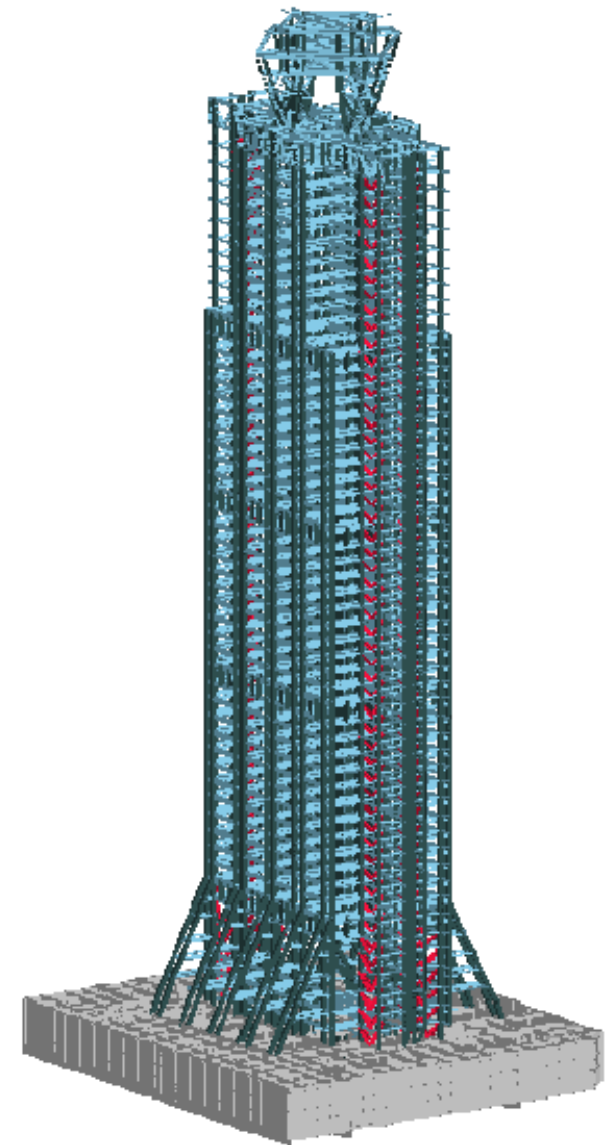
### 【従来モデル（H22年）】

- 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】

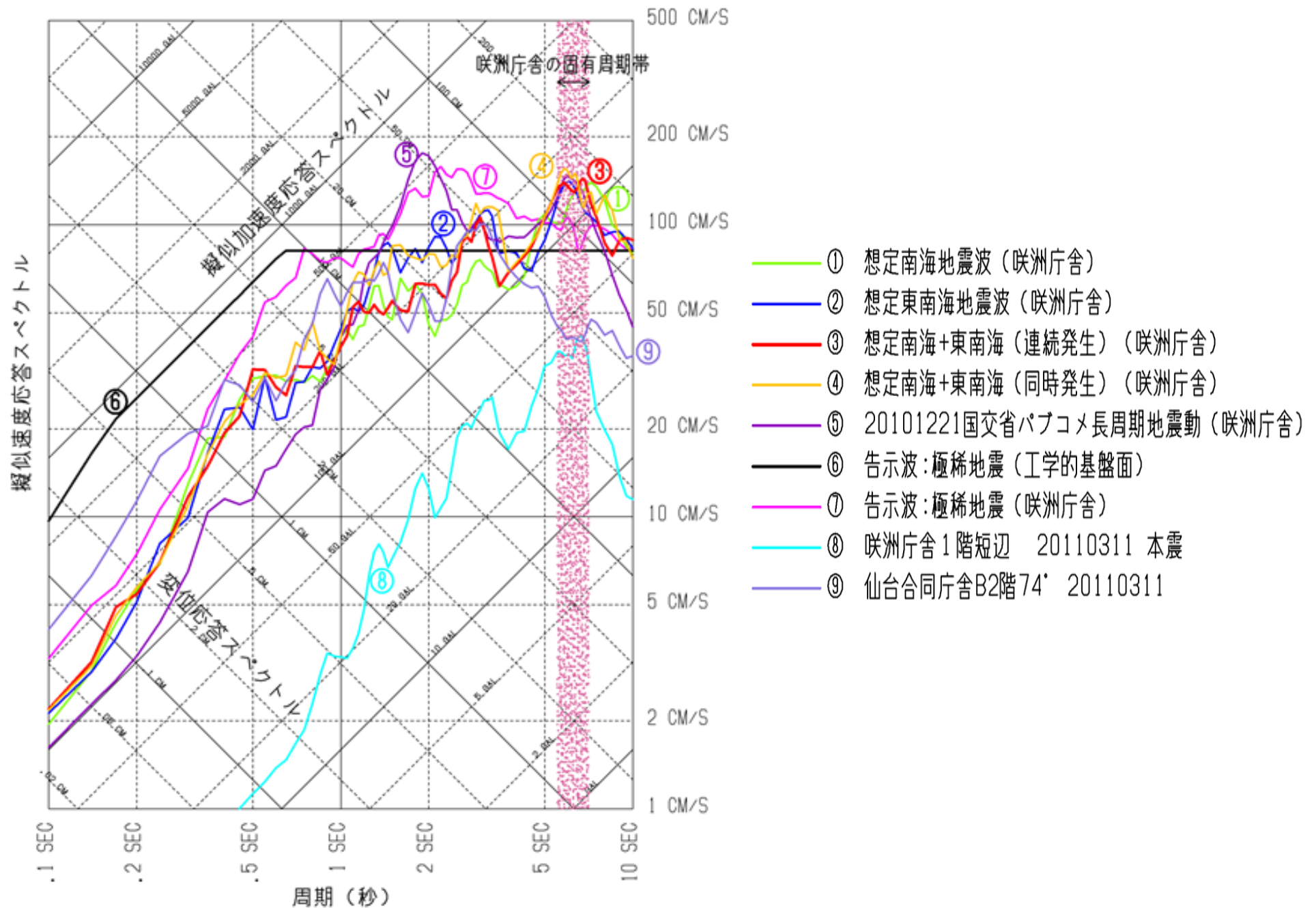
- 咲洲庁舎に設置された地震計の観測データ（揺れ幅・揺れ時間）を踏まえ、上部構造だけでなく、杭もモデル化し、従来の解析モデルを見直した。
  - ・ 長辺方向の固有周期：7.0秒
  - ・ 短辺方向の固有周期：6.5秒

→ 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>

# 【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】



## ■ 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年度的设计案と変わらず。

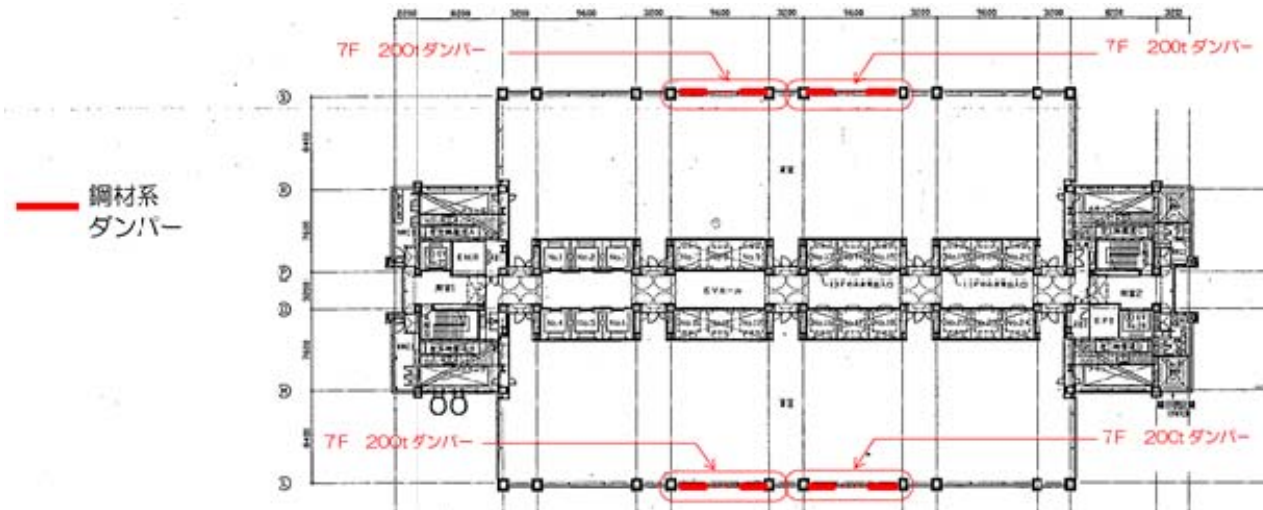
### 【短辺方向】

- 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。

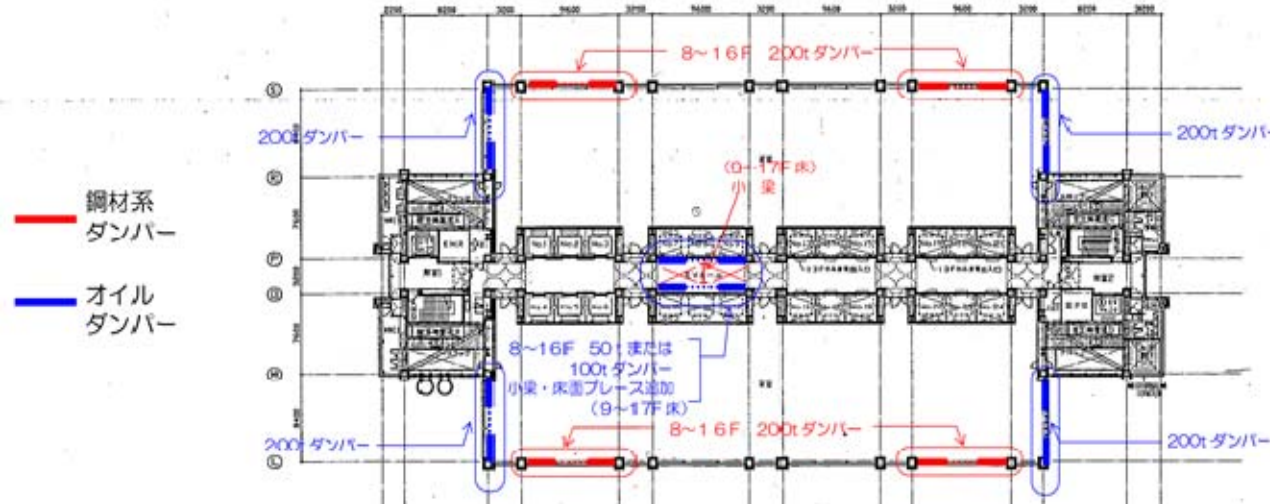
【補強計画】

	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>

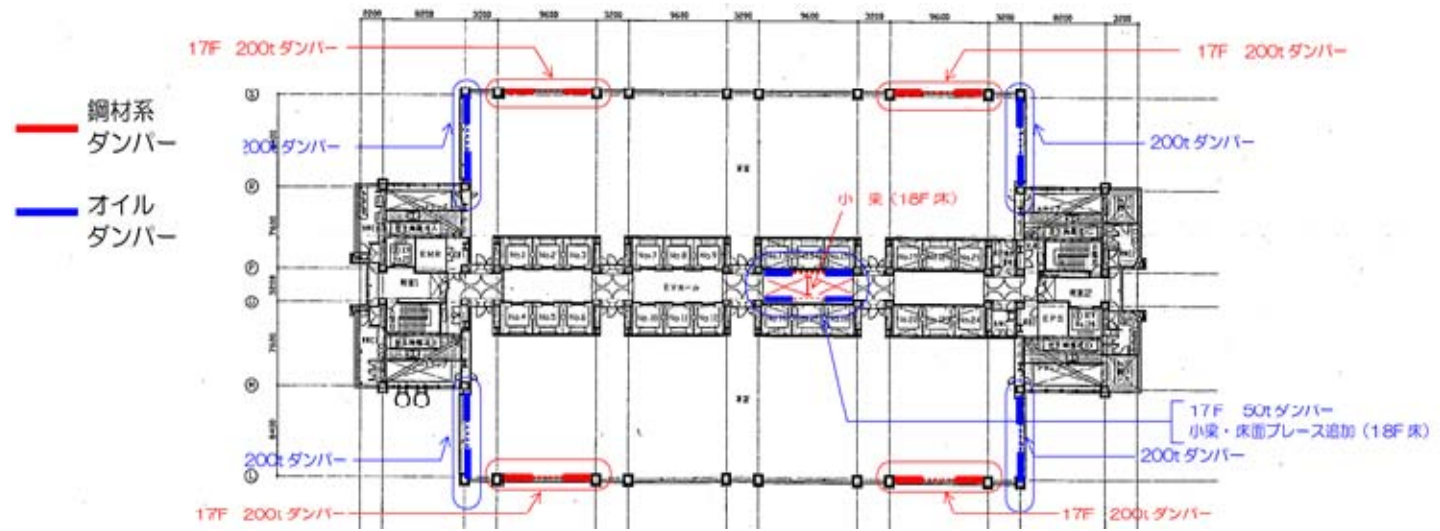


<8~16階>

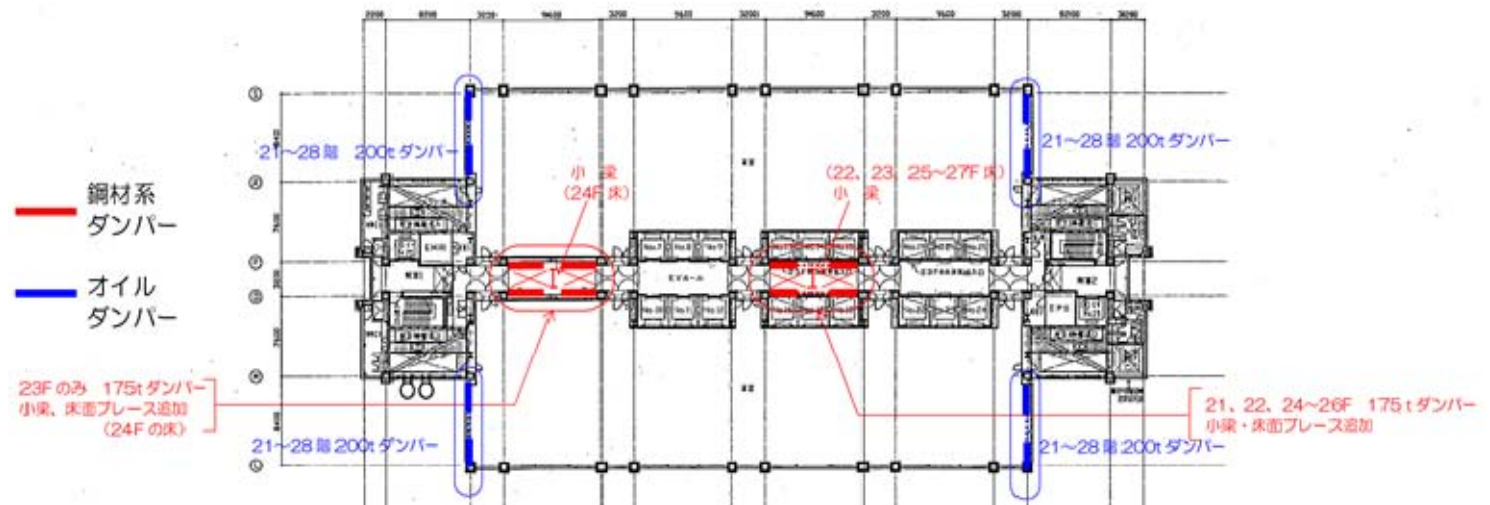




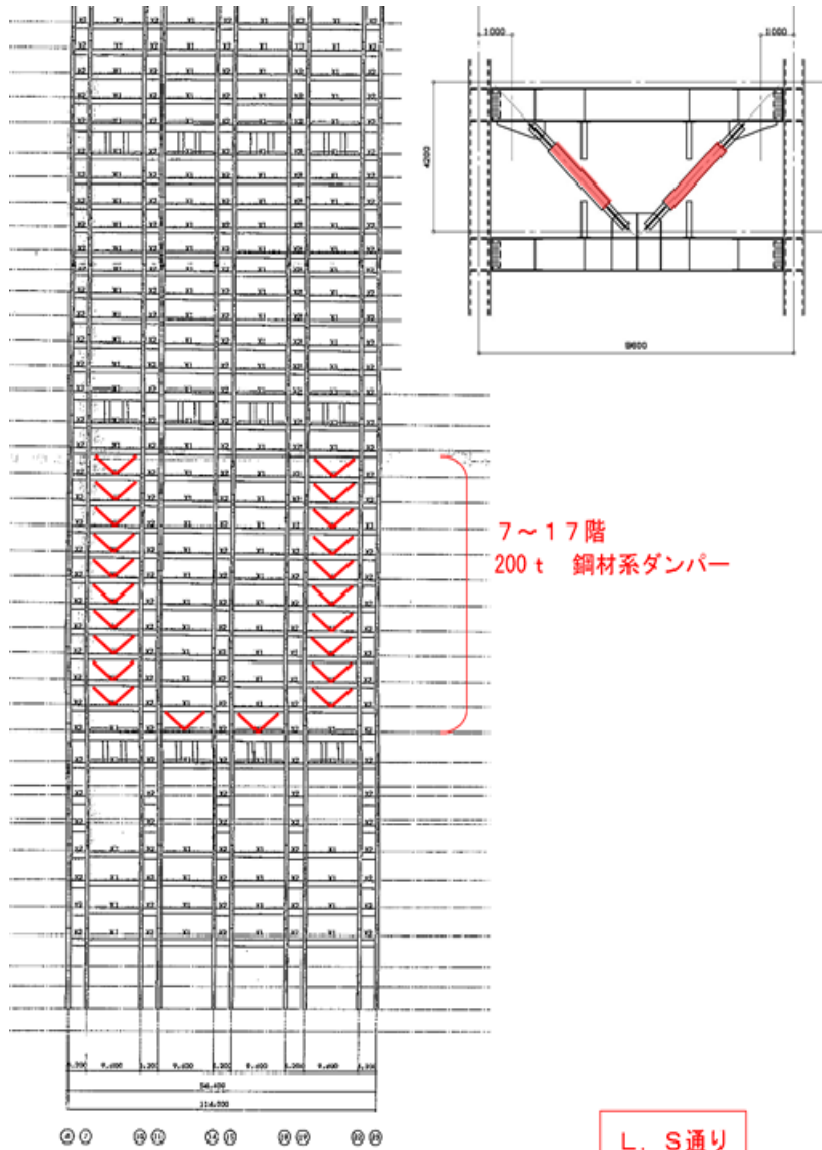
<17階>



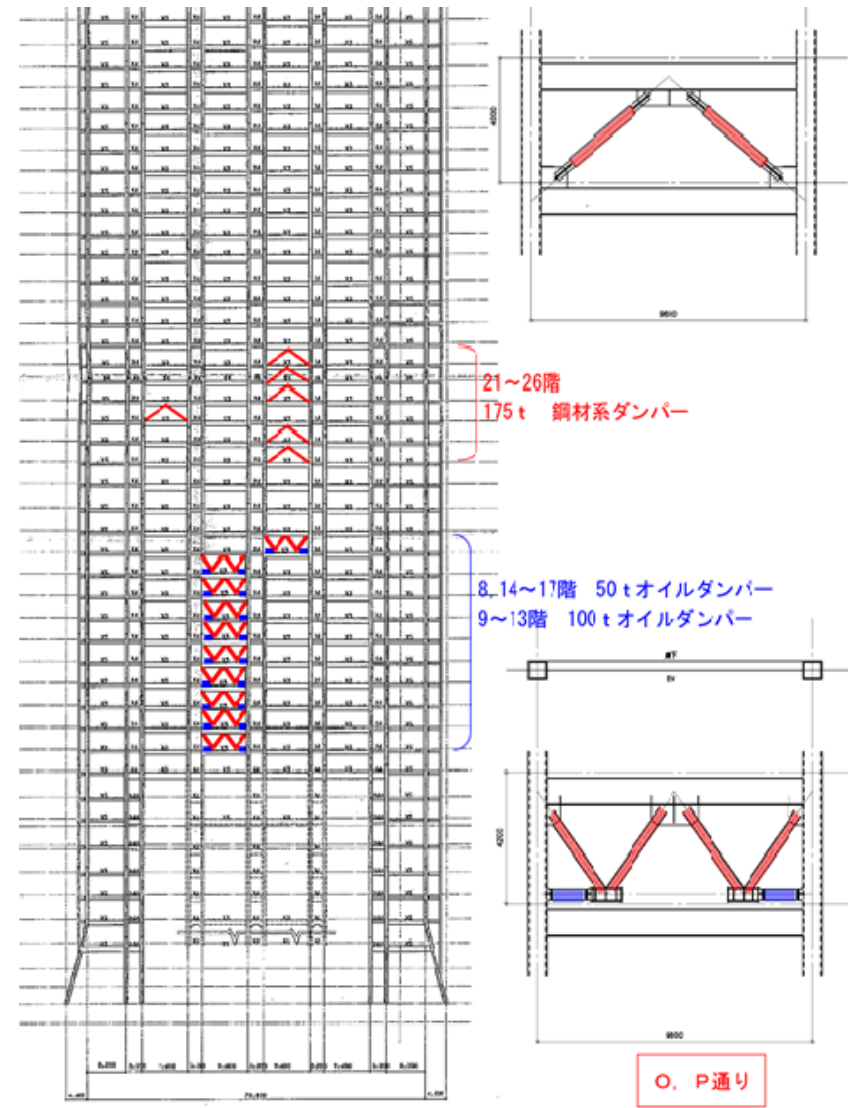
<21~28階>



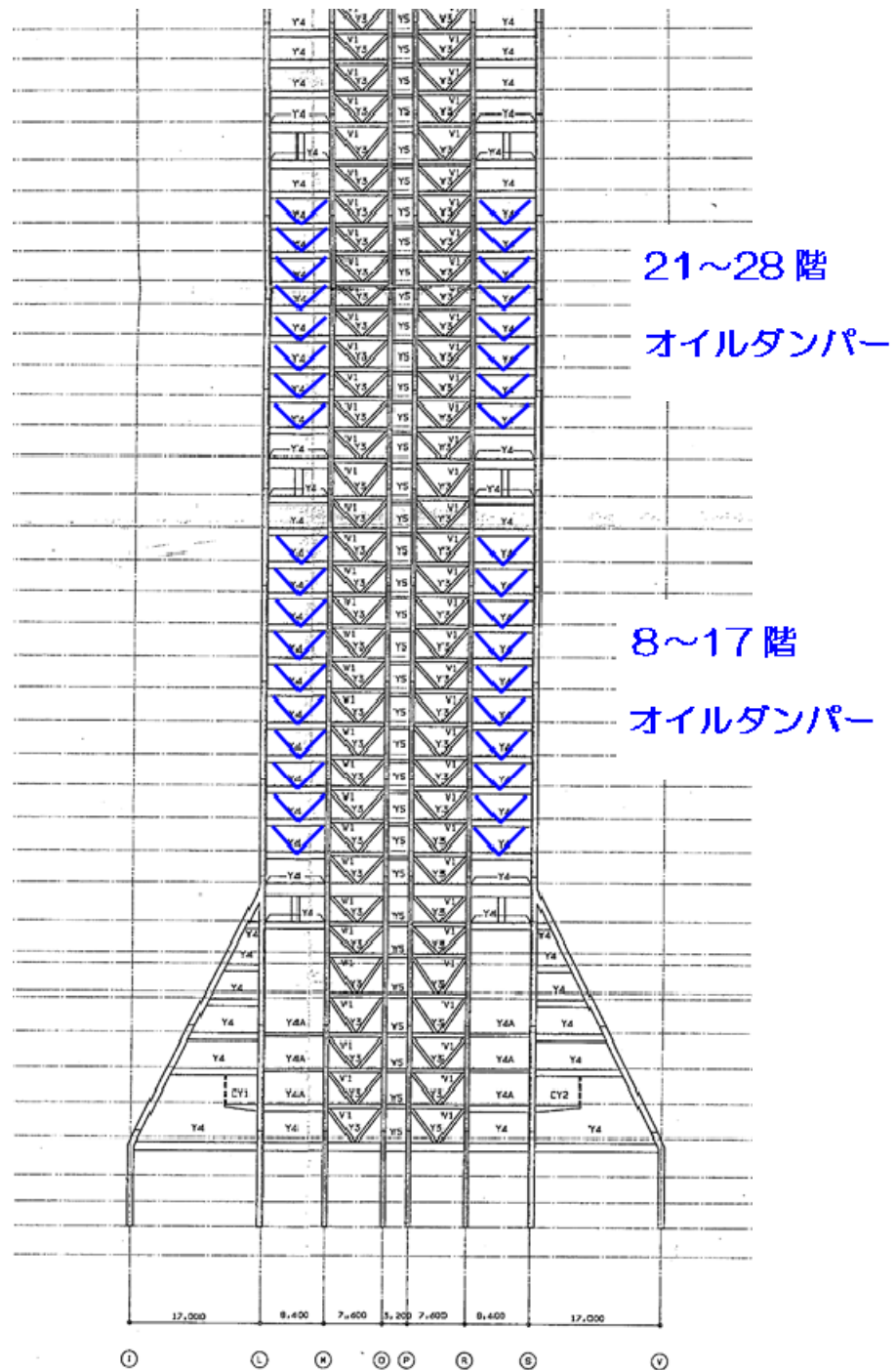
<長辺方向・建物外周部>



<長辺方向・建物内部>



<短辺方向>



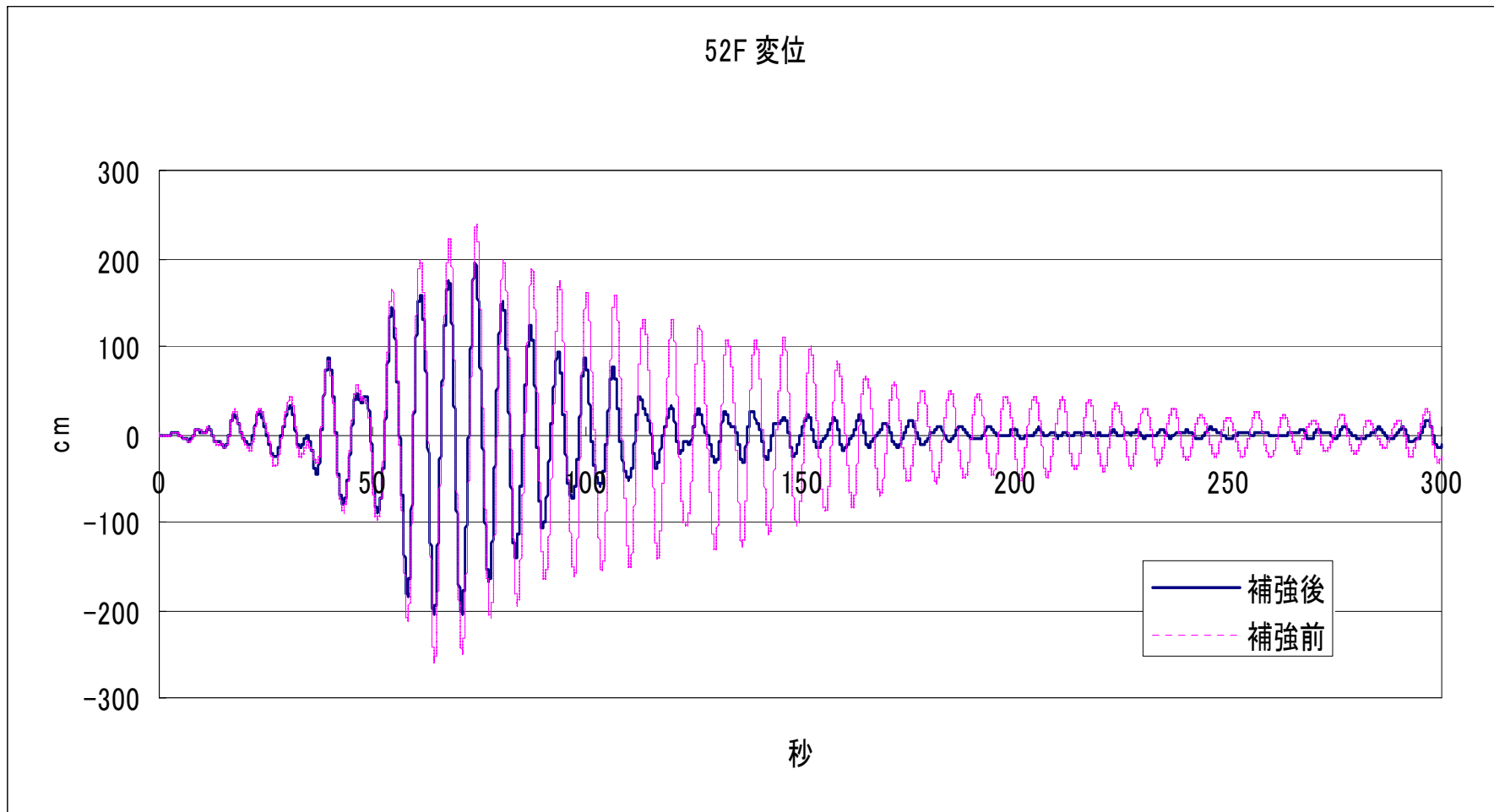
## 【補強の効果】

		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 cm → 補強後 207 cm）



### 【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

## 【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<sup>※</sup>の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<sup>の</sup>2倍：O.P.+6.9m

想定津波高：O.P.+4.5m  
(大阪市内)

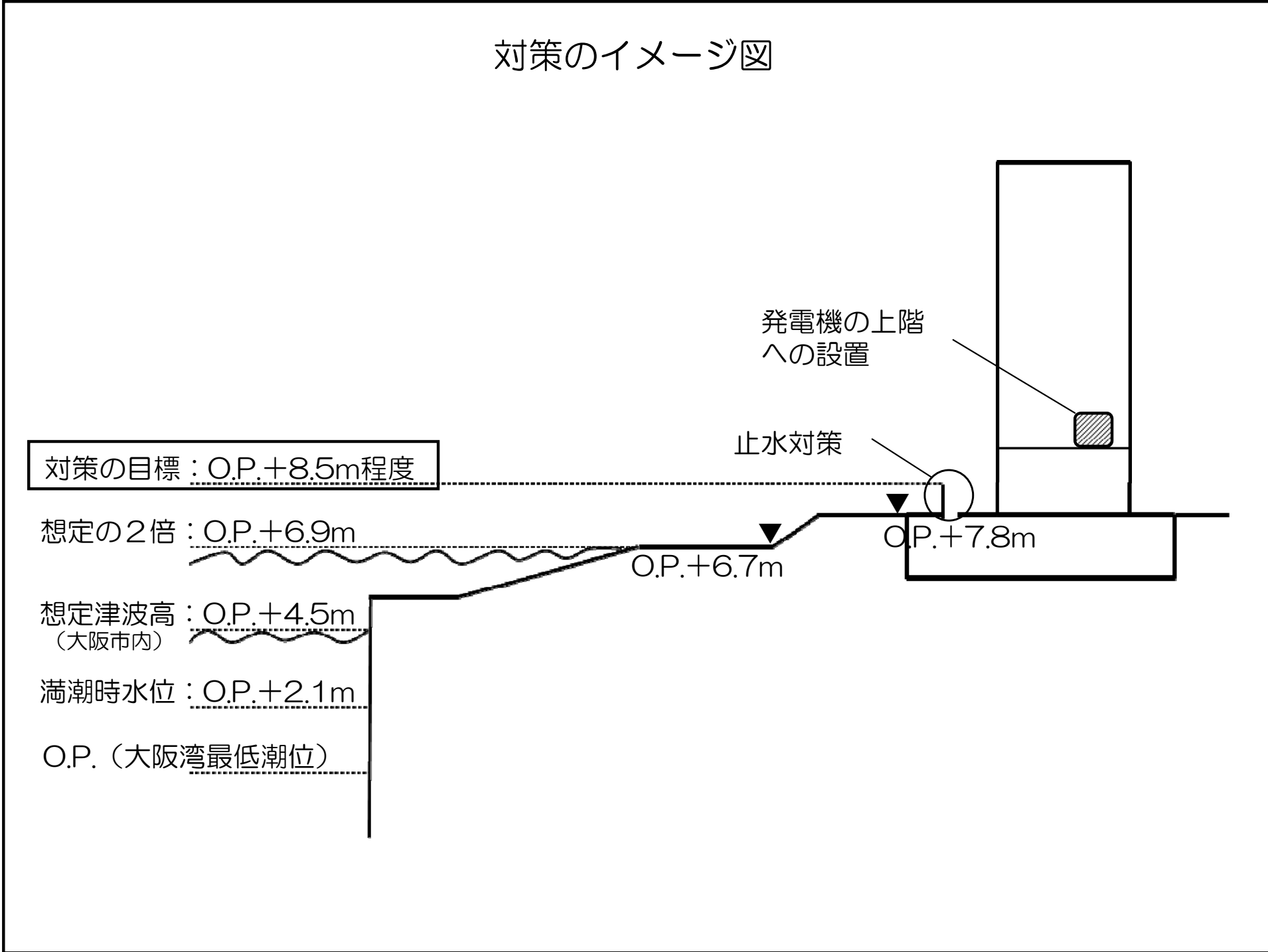
満潮時水位：O.P.+2.1m

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



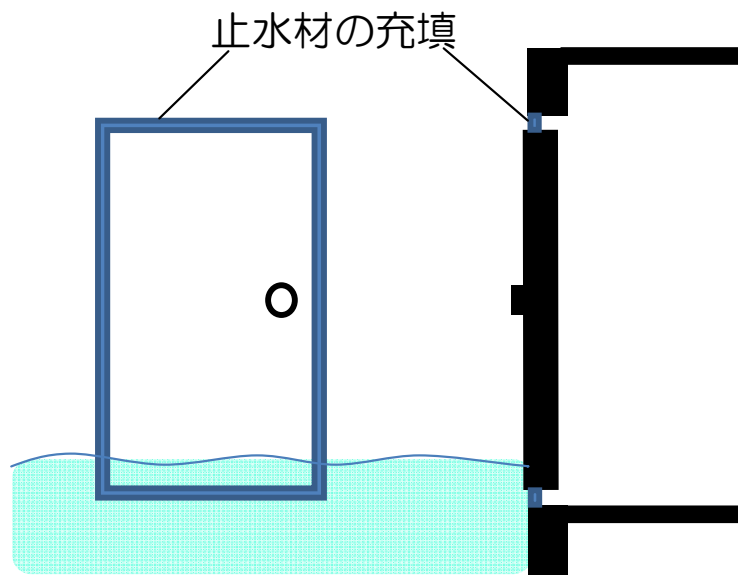


## 対策案の例（イメージ図）

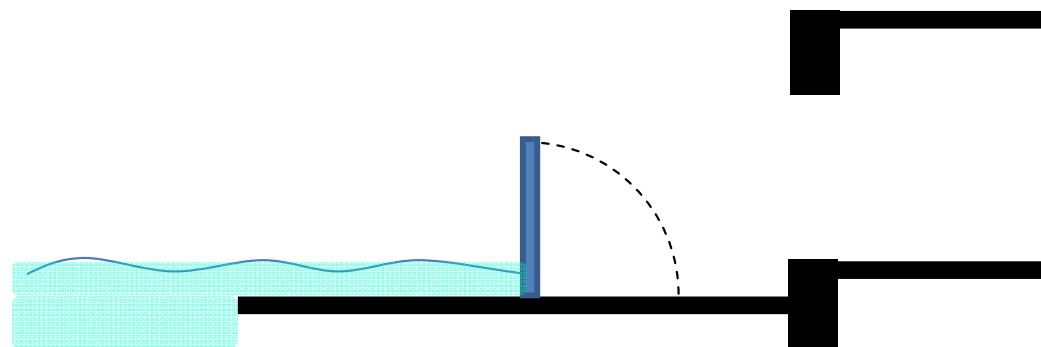
＜地盤・外構等の一部マウンドアップ＞



＜防水扉への改修＞



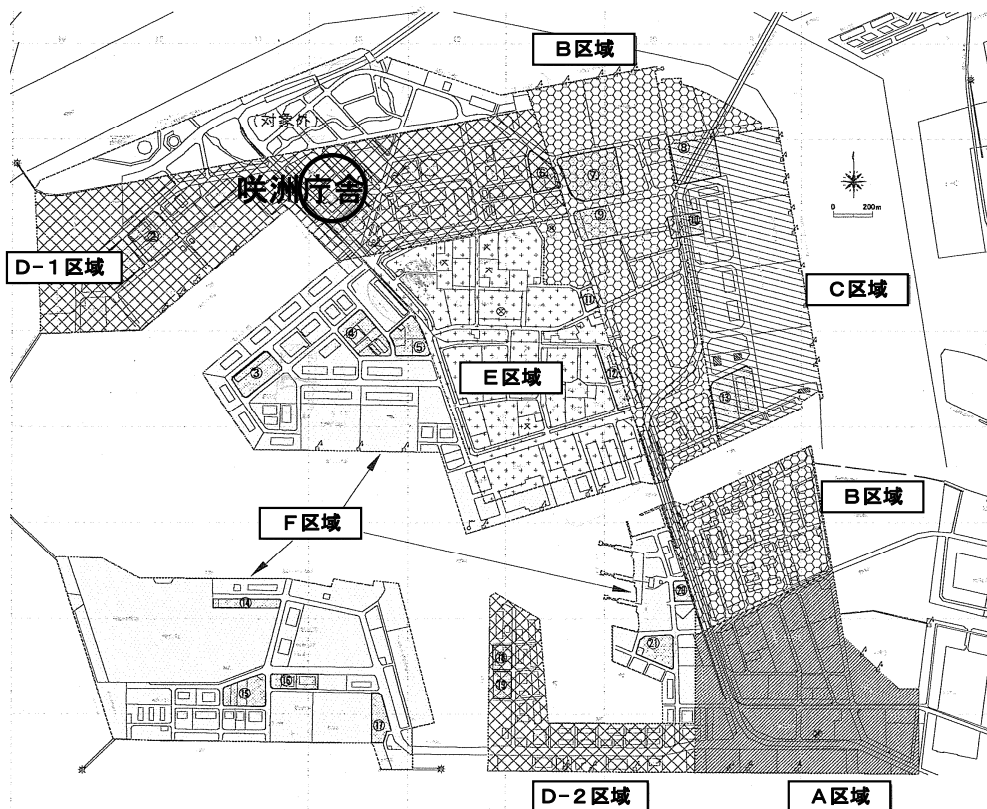
＜止水板の取付け＞



# 【液状化の検証】

## ■ 咲洲庁舎における地盤改良の状況

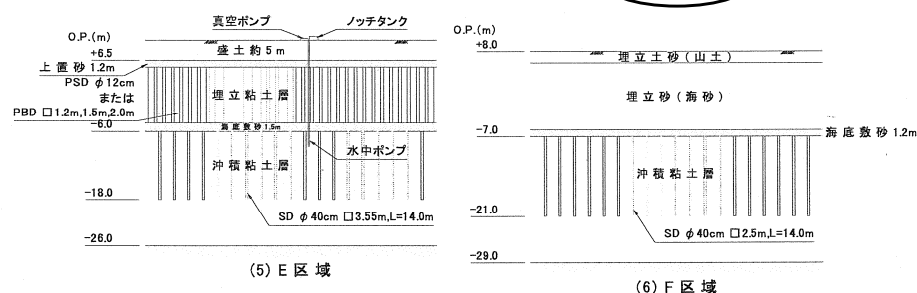
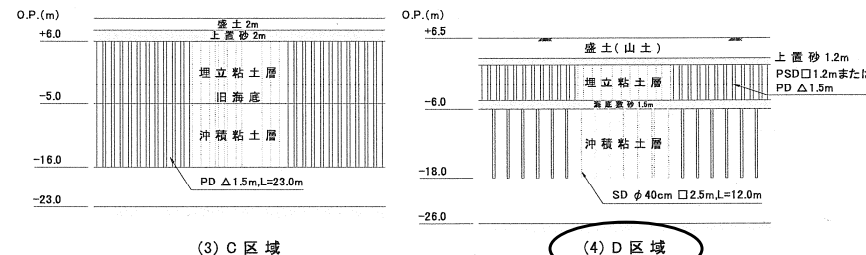
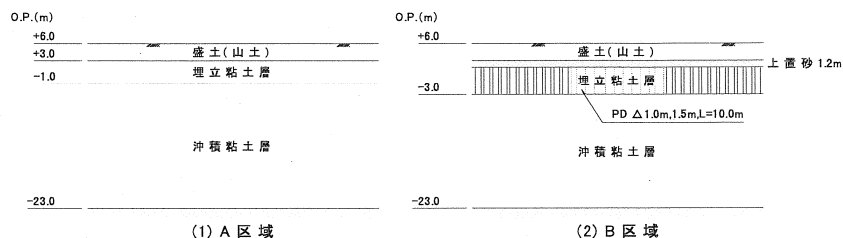
- 咲洲の場合は、浚渫粘土で埋め立てられ、さらに、粘土特有の圧密沈下に対しては、ドレーン工法（排水工法）による地盤改良が行われており、庁舎周辺での液状化は発生しにくいと考えられる。



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			PD	SD	
D-1区域			PSD	SD	あり
D-2区域			PD		なし
E区域			PBD PSD		あり
F区域		海砂 山砂	—	なし	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。

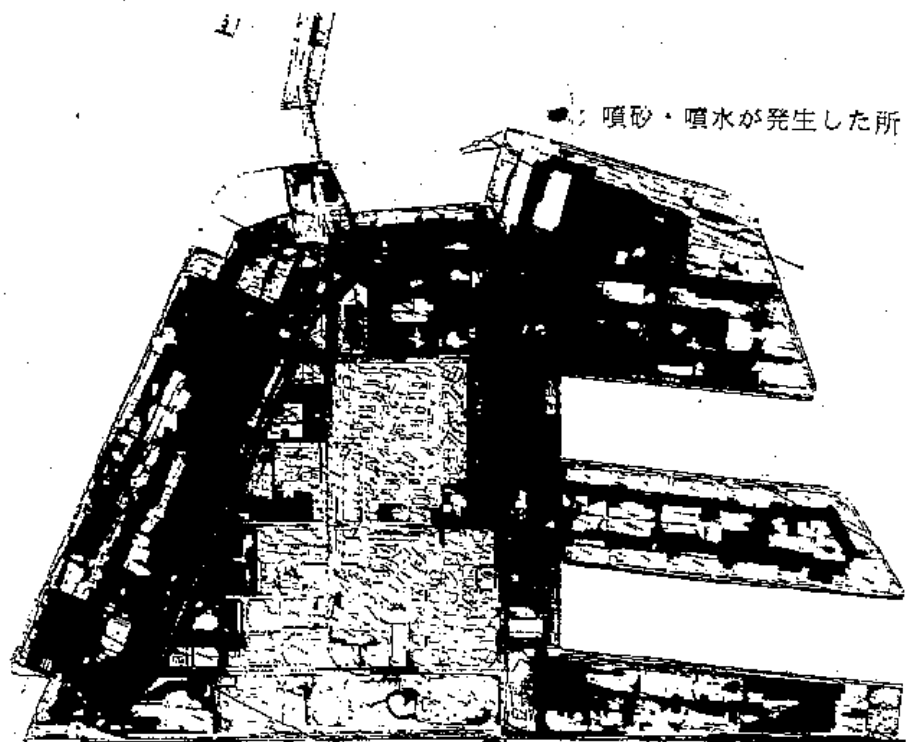


図1.9 ポートアイランドでの噴砂・噴水発生地区 (地震予知総合研究会)

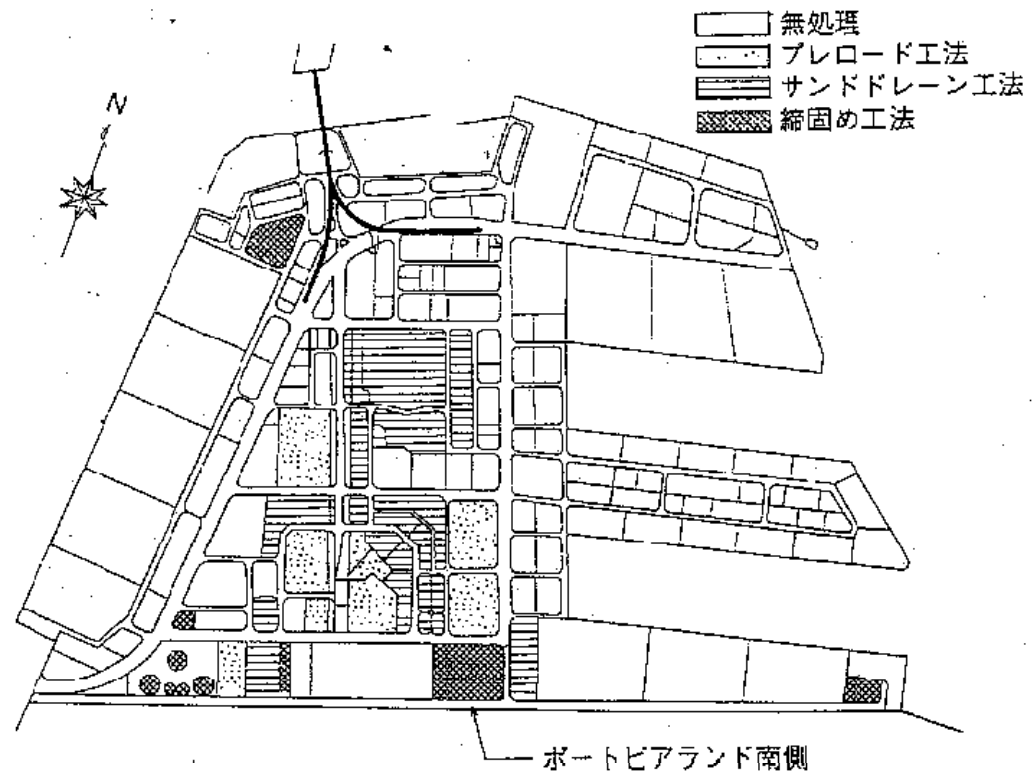
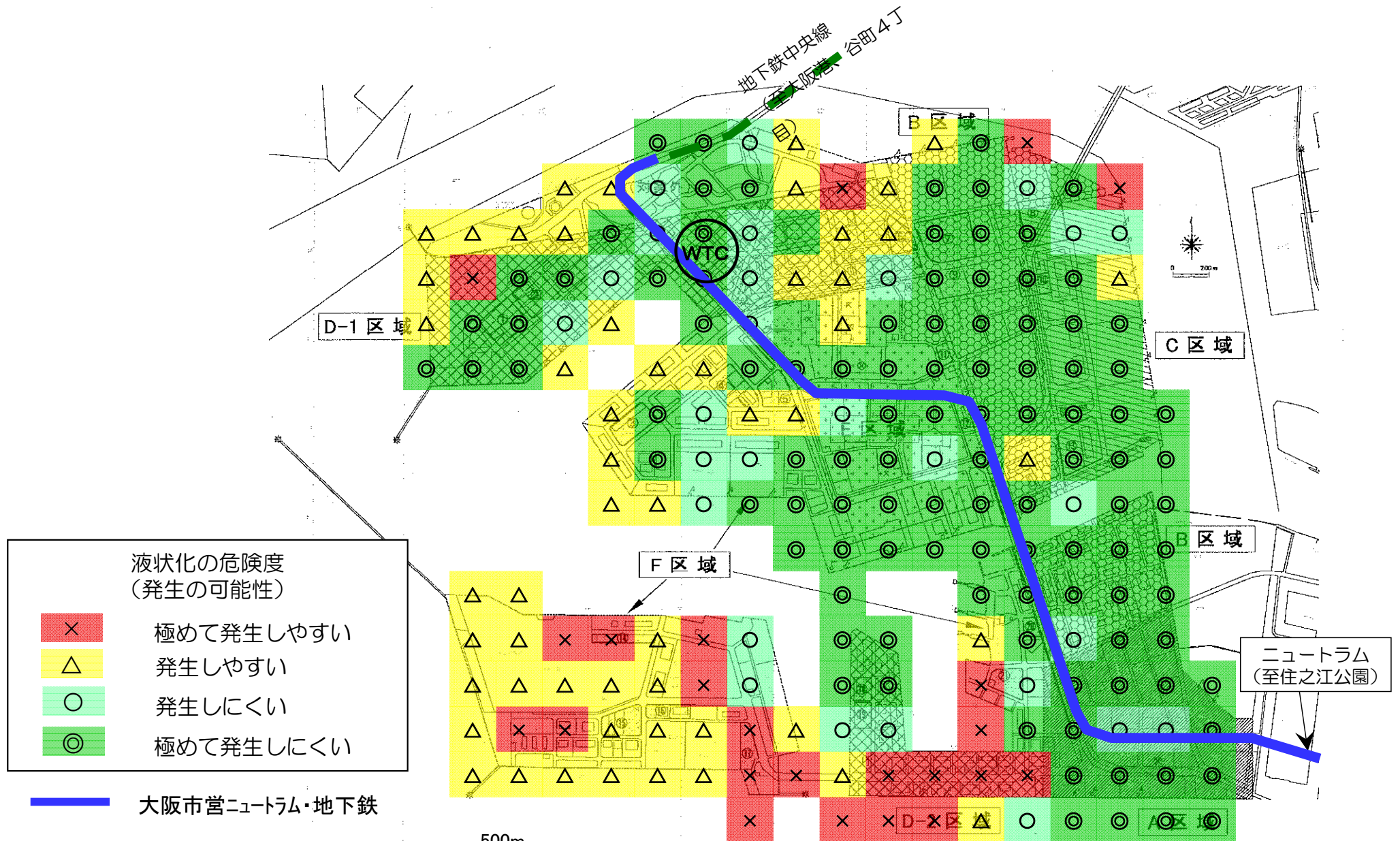


図1.10 ポートアイランドでの地盤改良地区 (原田ほか, 1995)

「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