

6. 液状化判定結果について

本章では、各地点（4工業団地）における平成12年鳥取県西部地震の地震動を再現（推定）して各地点毎の液状化現象のメカニズムおよび液状化の程度を評価し、今後の液状化対策における基準地震動を検討するとともに、再度地震が起こった場合の液状化判定を行うものとする。

6-1. 今回の地震に伴う液状化現象のメカニズム

6-1-1. 工学的基盤面における地震動の推定

各地点の工学的地震基盤面における地震動の推定は、以下の①~③の手順で行った。

- ①荒島地区で観測された余震の加速度波形を、線形地震応答解析（参（1）参照）により工学的地震基盤面に戻す。
- ②工学的地震基盤面に戻した余震波形を用いて、経験的グリーン関数法（参（2）参照）により、本震の基盤加速度波形を合成する。経験的グリーン関数法とは、小地震の観測波形（経験的グリーン関数）を時間領域で重ね合わせるにより、大地震の波形を合成する手法である。
- ③各地点の基盤地震動を荒島地区の基盤地震動から与える。ただし、距離減衰を考慮して振幅を調整する。

このように、表層近傍の液状化による地盤の軟化の影響が少ない「余震記録」を用いることで、平成12年鳥取県西部地震の際に生じたと推定される「工学的地震基盤面上の本震波形」をより適切に評価できると考えられる。

今回行った以上の作業の流れを、図6-1-1. 1に示す。

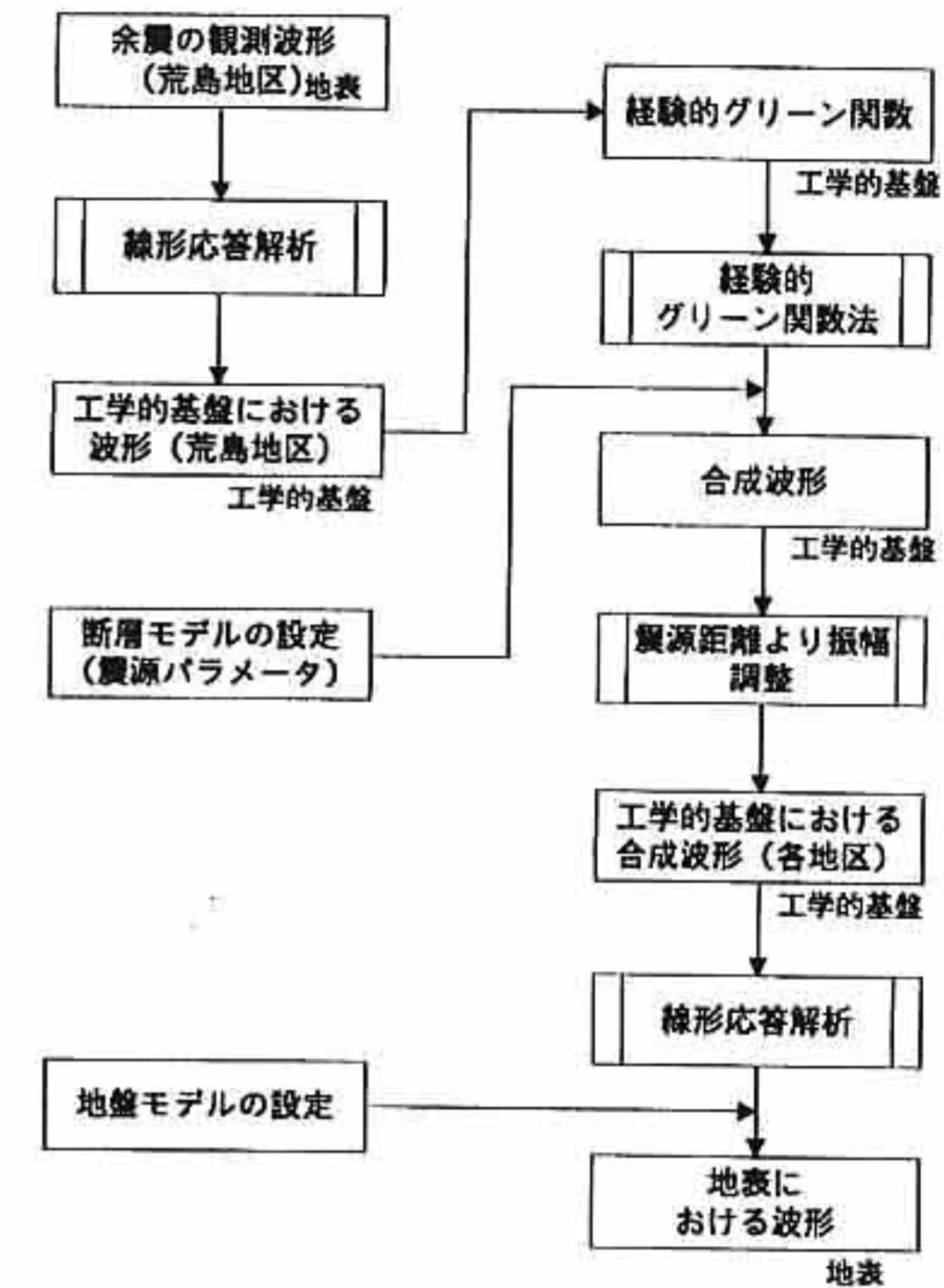


図6-1-1. 1 経験的グリーン関数法を用いた地震波形作成の流れ

震源時		10月7日04時59分
マグニチュード		4.4
震源	緯度	35° 17.1'
	経度	133° 21.7'
	深さ	7 km

表6-1-1. 1 用いた余震の諸元 (気象庁による)

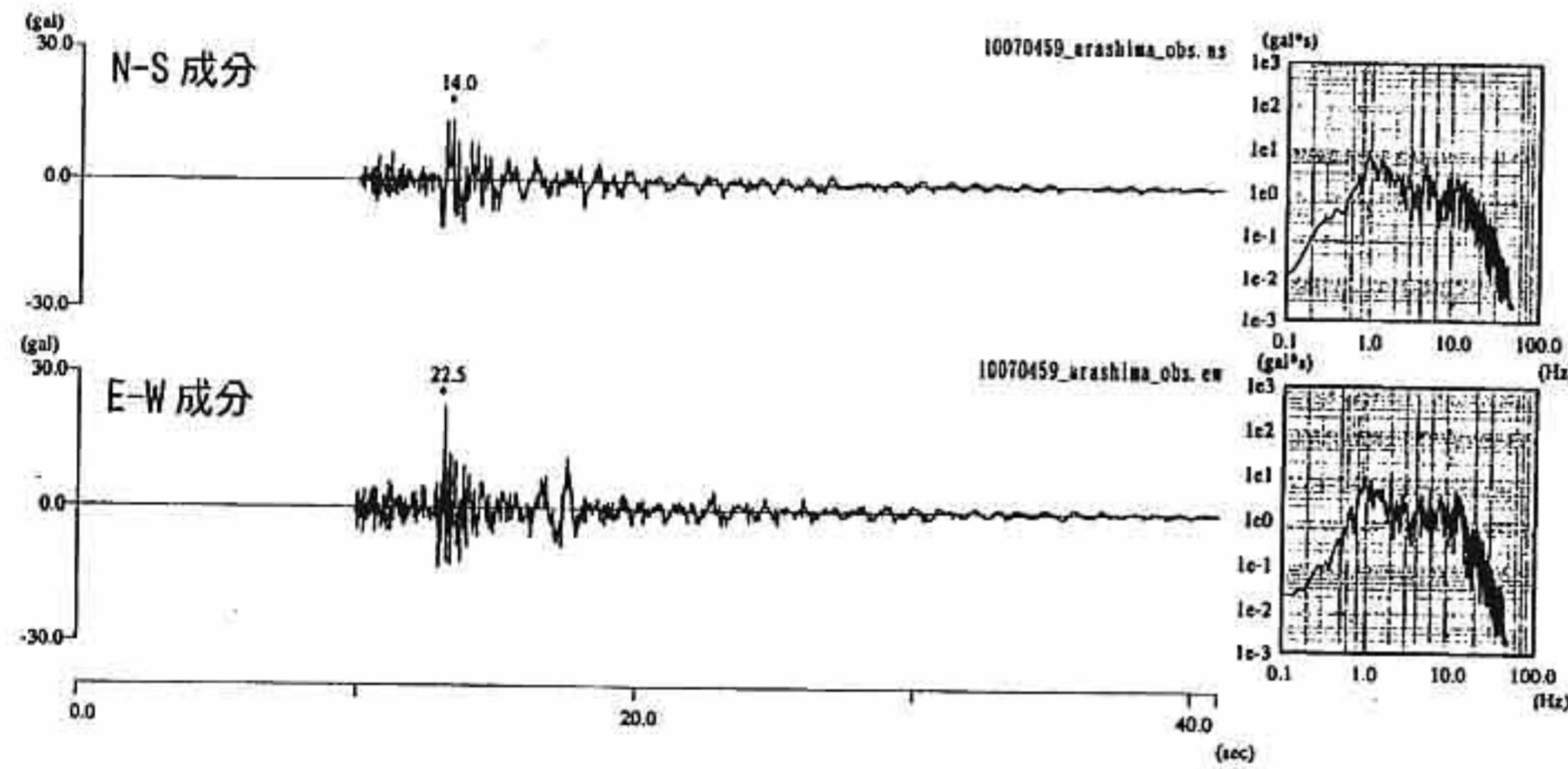


図6-1-1. 4 解析に使用した余震の観測波形 (荒島観測点)

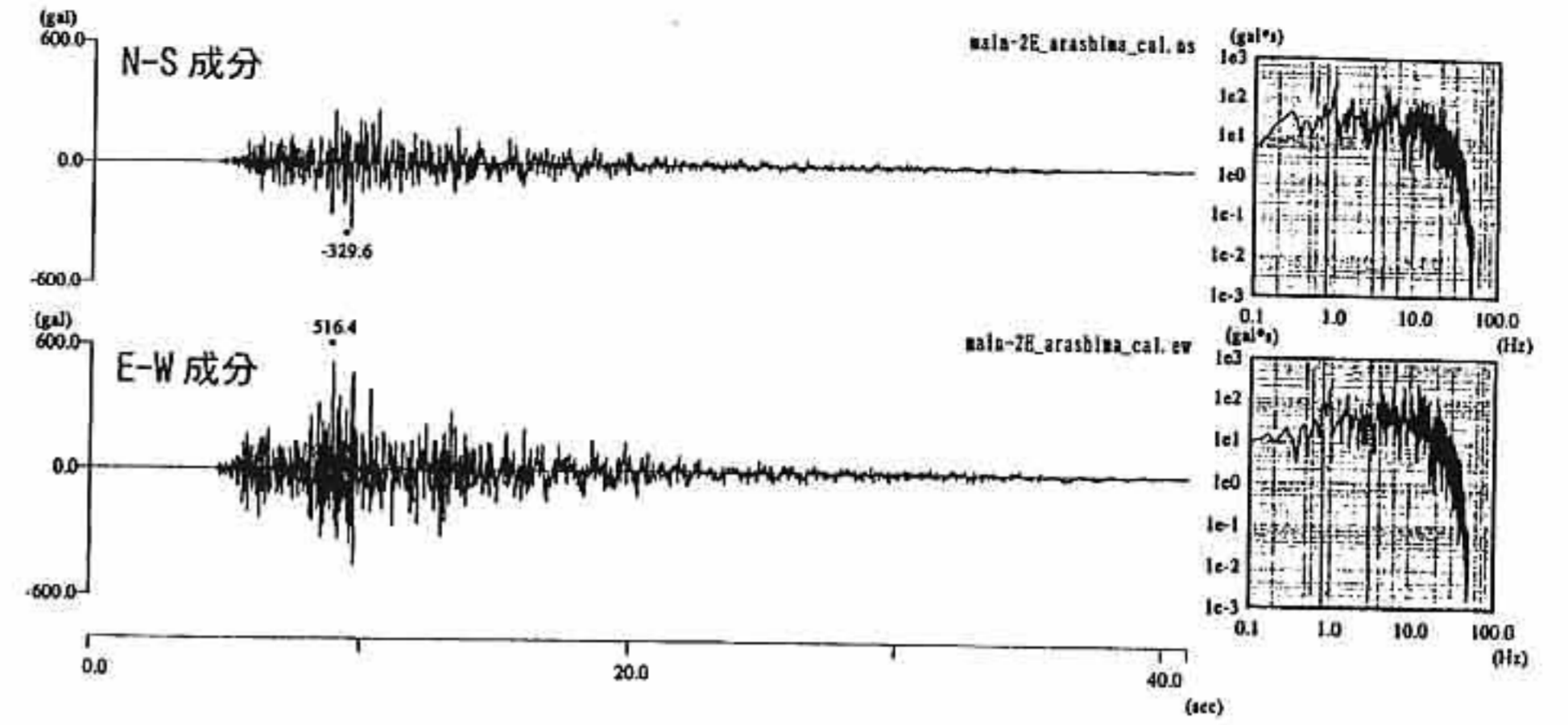


図6-1-1. 6 経験的グリーン関数法による合成波形 (荒島観測点)

深度 (m)	土質記号	層厚 (m)	湿潤密度 (tf/m ³)	S波速度 (m/s ²)
▽				
5	Us	6.3	1.8	140
10	Uc	8.7	1.6	120
15	Ls	2	1.8	130
20	Ls	7.7	1.8	220
25	Lc	2	1.8	180
30	Lm	2.3	2	300

地表面
工学的基盤面

図6-1-1. 8 荒島地区の地盤モデル

6-1-2. 地表面加速度の推定

(2) 地盤モデルの設定

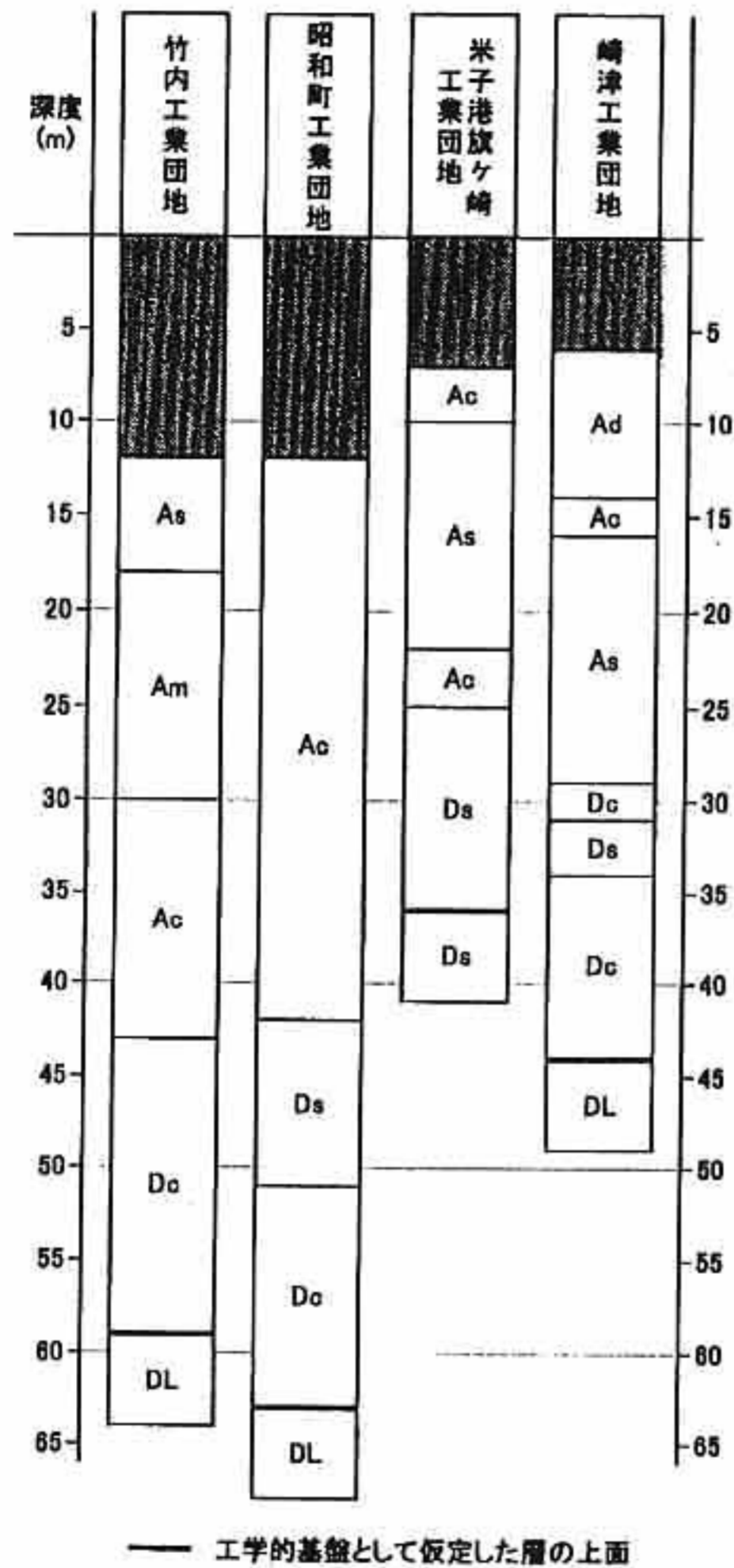


図6-1-2.3 設定した地盤モデルの概要

(4) 地震応答解析結果

表6-1-2.2に、地震応答解析における基盤最大加速度および地表面最大加速度の一覧を示す。また、図6-1-2.4には、地震応答解析により得られた各解析地点の地表面加速度波形を示す。

表6-1-2.2を見ると、地表面最大加速度値にかなり大きなばらつきが認められ、特に軟弱層が厚い地区で加速度値が大きくなっている。このような大きな加速度値は実現象と整合しないが、ここでやっている地震応答解析では液状化に伴うせん断波速度の低下を考慮していないため、パルス的な波形により大きな加速度値となっている。

表6-1-2.2 最大加速度値一覧

	開放基盤加速度 (gal)	地表面最大加速度 (gal)	地表面最大速度 (kine)
竹内工業団地	207	202	13.1
昭和町工業団地	192	230	13.6
米子港旗ヶ崎工業団地	325	280	22.4
崎津工業団地	265	272	16.8

加速度波形図

速度波形図

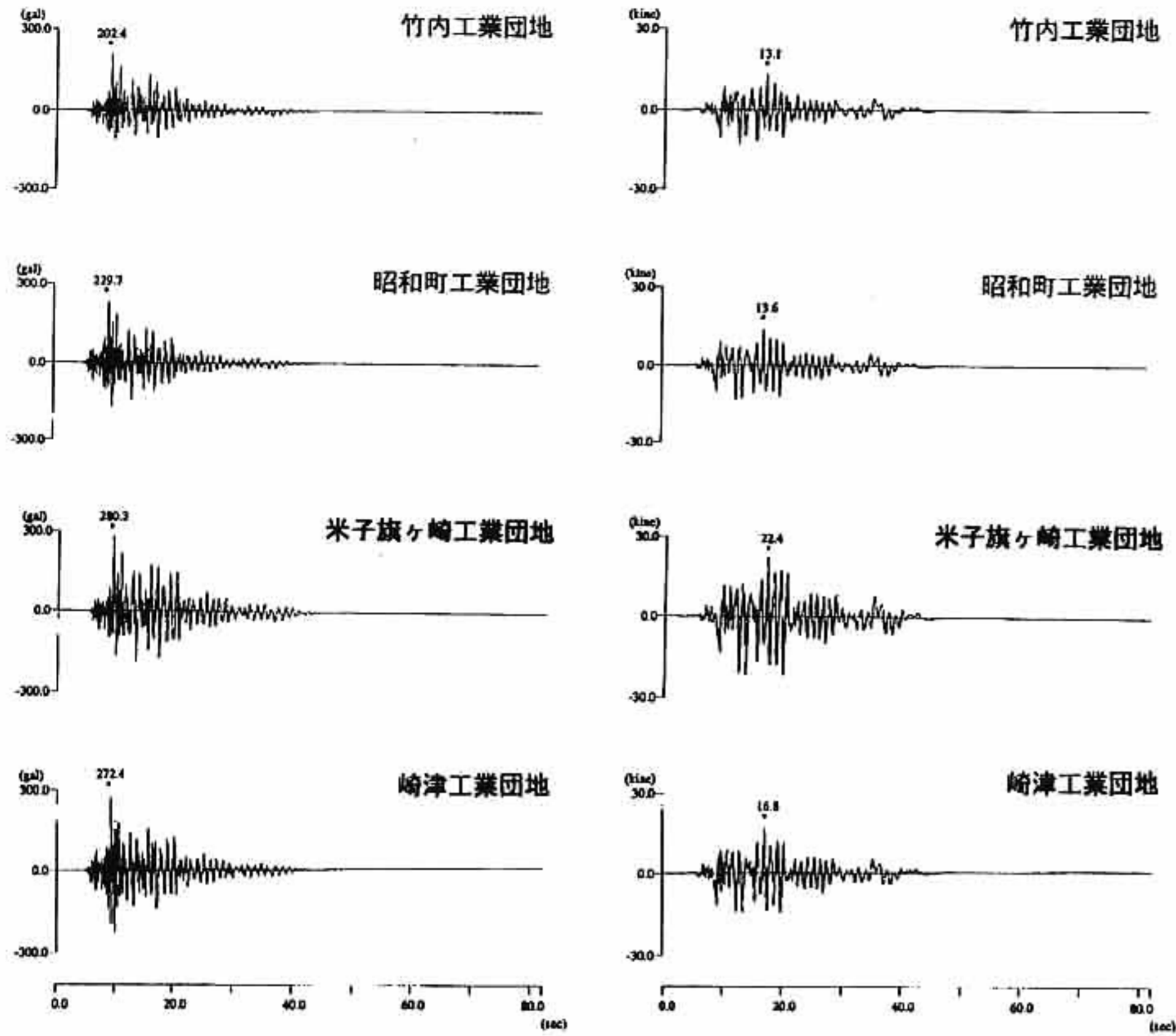


図6-1-2. 4 地表面における各地点の加速度波形および速度波形

6-1-3. 今回の地震による液状化程度の検証

ここでは、今回再現（推定）した地表面最大加速度を用いて、液状化判定を実施し平成12年鳥取県西部地震でどの層がどの程度液状化したかを検証した。

(1) 液状化の判定方法

液状化の判定は次の2種類の方法で行った。

- ①「建築基礎構造設計指針」日本建築学会 1988
- ②「道路橋示方書・同解説V（耐震設計編）」（社）日本道路協会 1996.12

これらにより求められる判定値は次のものである。

- ・ F_L 液状化抵抗率
- ・ P_L 液状化指数

F_L および P_L の算定方法を図6-1-3. 1、図6-1-3. 2に示した。

ここで、 P_L 値を用いた地盤の液状化危険度は次のようにランク付けされる。

$P_L > 15$: 液状化危険度が極めて高い。液状化に関する詳細な調査と液状化対策は不可避

$5 < P_L \leq 15$: 液状化危険度が高い。重要な構造物に対してより詳細調査が必要

$0 < P_L \leq 5$: 液状化危険度は低い。特に重要な構造物にたいしてより詳細な調査が必要。

$P_L = 0$: 液状化危険度はかなり低い。液状化に関する詳細な調査は一般に不要。

(2) 液状化判定結果

各地区で設定した地盤モデルを基に、推定された地表面最大加速度の時の各方法による F_L 計算結果を図6-1-3. 3~6-1-3. 6に、推定加速度発生時の各方法の P_L 値を一覧として表6-1-3. 1に示した。

以下、判定結果について述べる。

○ 竹内工業団地

埋土層は細粒分（シルト・粘土）の含有率が非常に高くなっている（90%以上）が、埋土層のN値は他の地区より小さい。しかし、本地点においての地表面加速度は202galと他の団地に比べ小さな地表面最大加速度となっている。この要因として、竹内工業団地では入射する工学的地震基盤が深く地盤の歪み依存における軟化の影響が大きいことが挙げられる。その結果、この時の P_L 値は建築基礎・道路橋とも概ね15を示し、「液状化危険度が極めて高い」との判定となり実際の被害と整合的である。ただし、ここでの建築基礎での液状化判定においては、細粒部含有率に対する補正N値増分は50%以上の設定が無く判定が不可能となるが、本判定においては、50%以上の場合には50%の値を用いて判定している。

○ 昭和町工業団地

本地点の液状化判定に用いた地盤モデルは昭和町工業団地の東西方向のほぼ中央に位置する調査ボーリングである。被害状況図から見ると今回の地震において噴砂等の液状化現象

が認められる箇所と認められない個所の境界に位置する。

ここで推定された地表面加速度は230galであり、昭和町工業団地内に設置されている国土交通省（旧運輸省）の境港管理事務所に設置された観測された地震観測結果（EW=302gal）よりも小さくなっている。地表面加速度を230galと見積もると、加速度が小さい分 P_L 値も5前後となる。調査ボーリング結果のN値を見ると他の団地と異なり、埋立土層のN値が大きいこと（あたかも地盤改良したようなN値）も特徴として挙げられる。

○ 米子港旗ヶ崎工業団地

今回の地震においても噴砂が確認された位置に近い箇所に当たるが、推定された地表面加速度はEW=280galであり、 P_L 値も15以上にあり被害状況とも整合的である。

○ 崎津工業団地

崎津工業団地において地震後2本の調査ボーリングが実施されている。今回用いたボーリング柱状図はその内の南側のNo.B-12-16である。埋立土層のN値は10以上あり比較的大きいことから、平成12年鳥取県西部地震で推定された272galにおいても P_L 値は5未満となっている。実際の被害においても、一部団地内で亀裂及び噴砂は認められたものの敷地全体としては液状化現象も少なく被害と整合的であると言える。

表6-1-3. 1 推定地表面加速度発生時の P_L 値一覧

地区名	地表面最大 加速度(gal)	判定手法	
		道路橋示方書	建築基礎
竹内工業団地	202	16.30	13.59
昭和町工業団地	230	7.52	1.71
米子港旗ヶ崎工業団地	280	19.05	15.35
崎津工業団地	272	2.62	2.16

液状化判定の対象土層

- ① 「道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編」 日本道路協会 平成8年12月
- ・ 地下水位が現地表面から10m以内にあり、かつ地表面から20m以内の深さに存在する飽和土層
 - ・ 細粒分含有率FCが35%以下の土層、またはFCが35%を越えても塑性指数IPが15以下の土層
 - ・ 平均粒径D50が10mm以下で、かつ10%粒径D10が1mm以下である土層

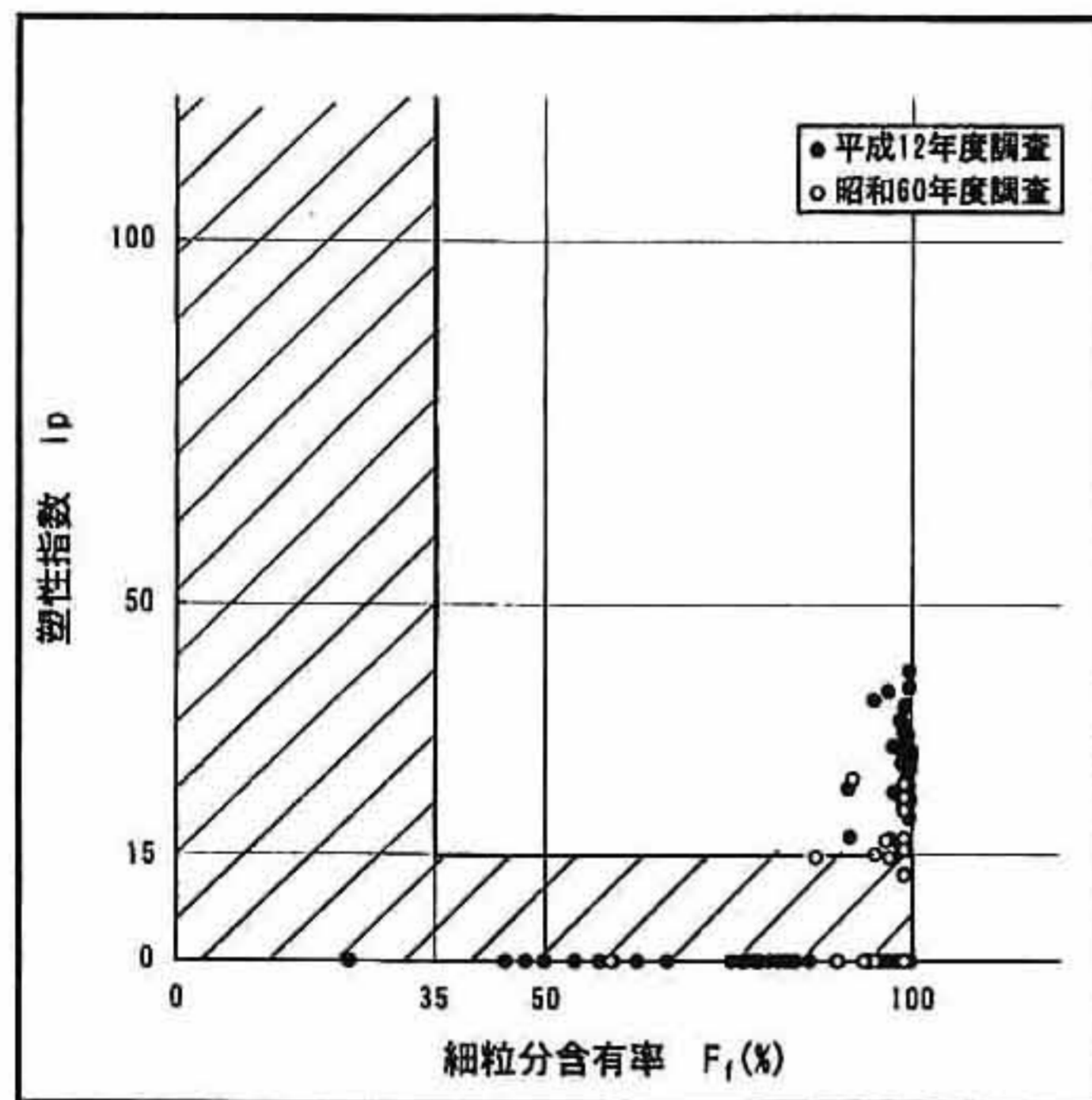


図6-1-3. 1(3) 道路橋の対象土層範囲図

- ② 「建築基礎構造設計指針」 日本建築学会 1988
- ・ 20m以浅の飽和土層
 - ・ 細粒分含有率FCが35%以下の土層
 - ・ FCが35%以上であっても粘土分含有率10%以下、または塑性指数IPが15以下の低塑性のシルト層
 - ・ 粘土分含有率が20%を越える土層は判定から除外してよい

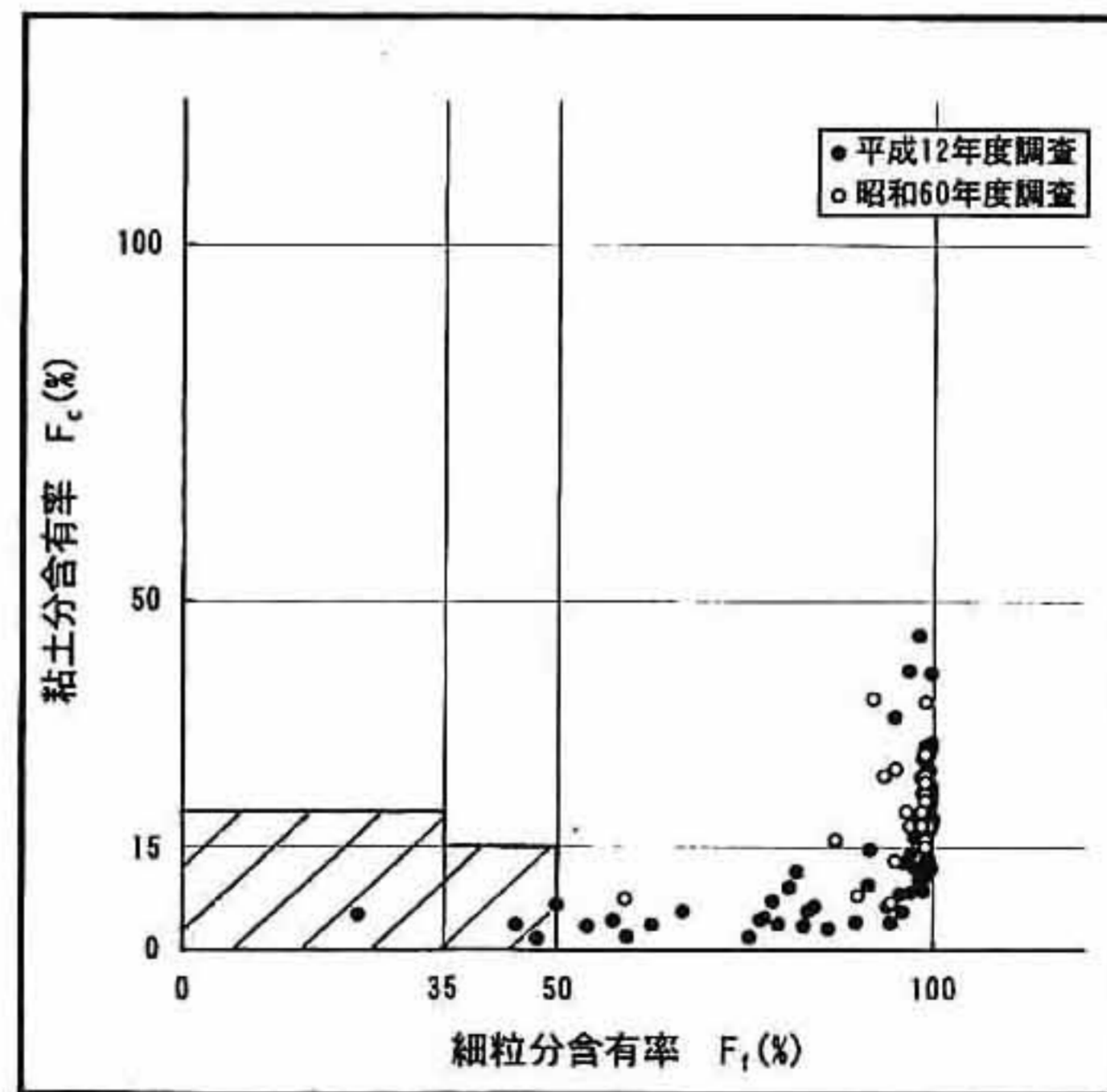
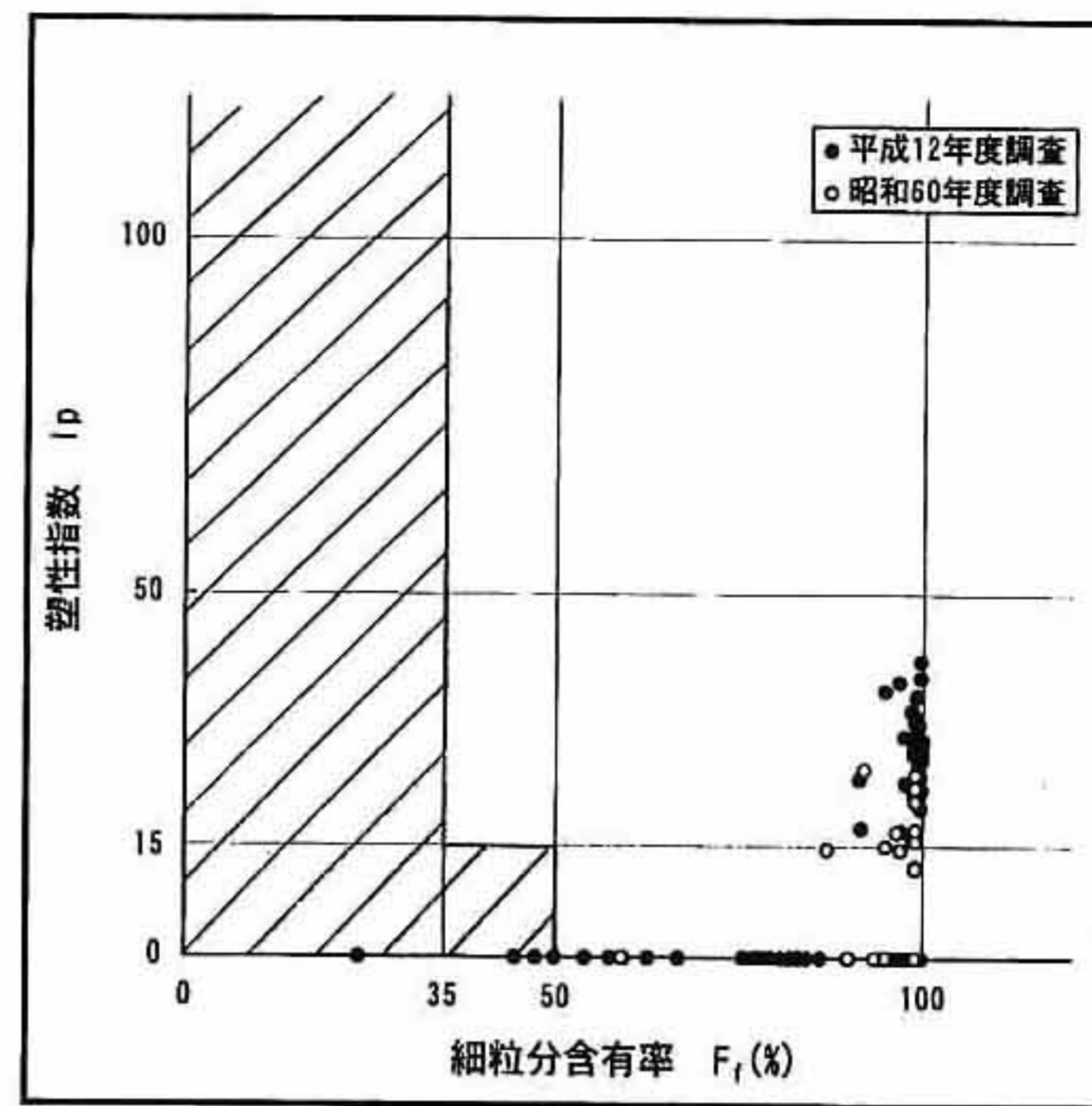


図6-1-3. 1(4) 建築基礎の対象土層範囲図

(参考) 平成7年兵庫県南部地震を受けて改訂された液状化の判定 (道路橋示方書)

砂質土地盤の液状化判定法および液状化した場合の基礎構造設計の方法については、昭和55年改訂版以降道路橋示方書において、それらの定量的な取り扱い方法が述べられてきた。周知のように、平成7年兵庫県南部地震では沿岸埋立地をはじめとする広範な地域で液状化が発生し、側方流動など液状化に伴う被害が見られた。この地震を契機として、液状化判定法に関しては強い地震動の下では礫を多く含む土や低塑性のシルトでも液状化が生じること、また、比較的密な砂質土でも液状化し得るように各種構造物の液状化判定法が改定された。平成8年12月の改訂の中で、液状化の判定を行う必要がある土層の粒径分布の範囲が表6-1-3.2のとおり改訂された。表6-1-3.2の内容を粒径分布で表現したものが図6-1-3.1(5)である。

今回の地震で液状化現象が顕著に認められた竹内工業団地における埋立土層の粒径分布は、平成7年兵庫県南部地震を契機に広げられた粒径分布よりさらに細粒側であっても低塑性(盛土材の液性・塑性試験の結果からは殆どの試験結果がNPとなっている。〈現在試験中〉)な土質であれば液状化の可能性のある土層であることが検証されたことになる。

また、「6-1-3.今回の地震による液状化程度の検証」において、再現(推定)された地震動により液状化に対する抵抗率(F_L)が1.0を下回り液状化したと推定される土層の殆どが埋土層であったことも当地震の液状化における最大の特徴と言える。

表6-1-3.2 平成8年12月の改訂内容 (道路橋示方書)

	改定前	改定後	改訂による影響
粒度の下限値	①平均粒径 $D_{50} \geq 0.02\text{mm}$	①細粒分含有率 $F_c \leq 35\%$ または ②塑性指数 $I_p \leq 15$	礫質土が新たに追加される
粒度の上限値	②平均粒径 $D_{50} \leq 2.0\text{mm}$	③平均粒径 $D_{50} \leq 10\text{mm}$ かつ ④10%粒径 $D_{10} \leq 1\text{mm}$	

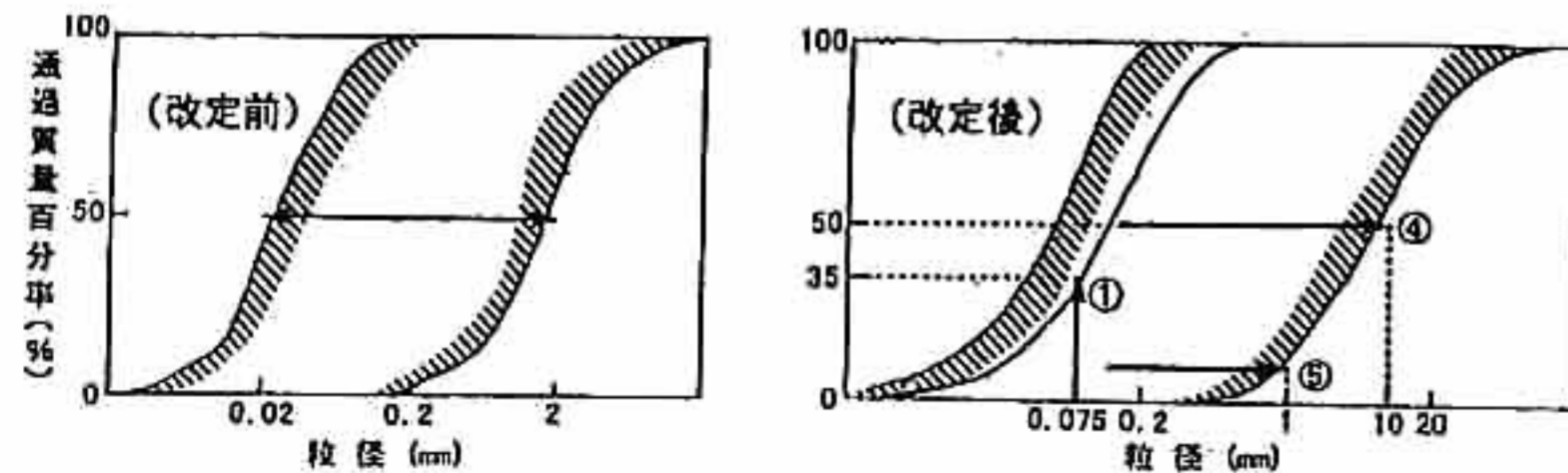


図6-1-3.1(5) 液状化の判定を行う必要がある土の粒径分布



最大応答値深度分布図
竹内1
tottoriken-selbu
竹内1

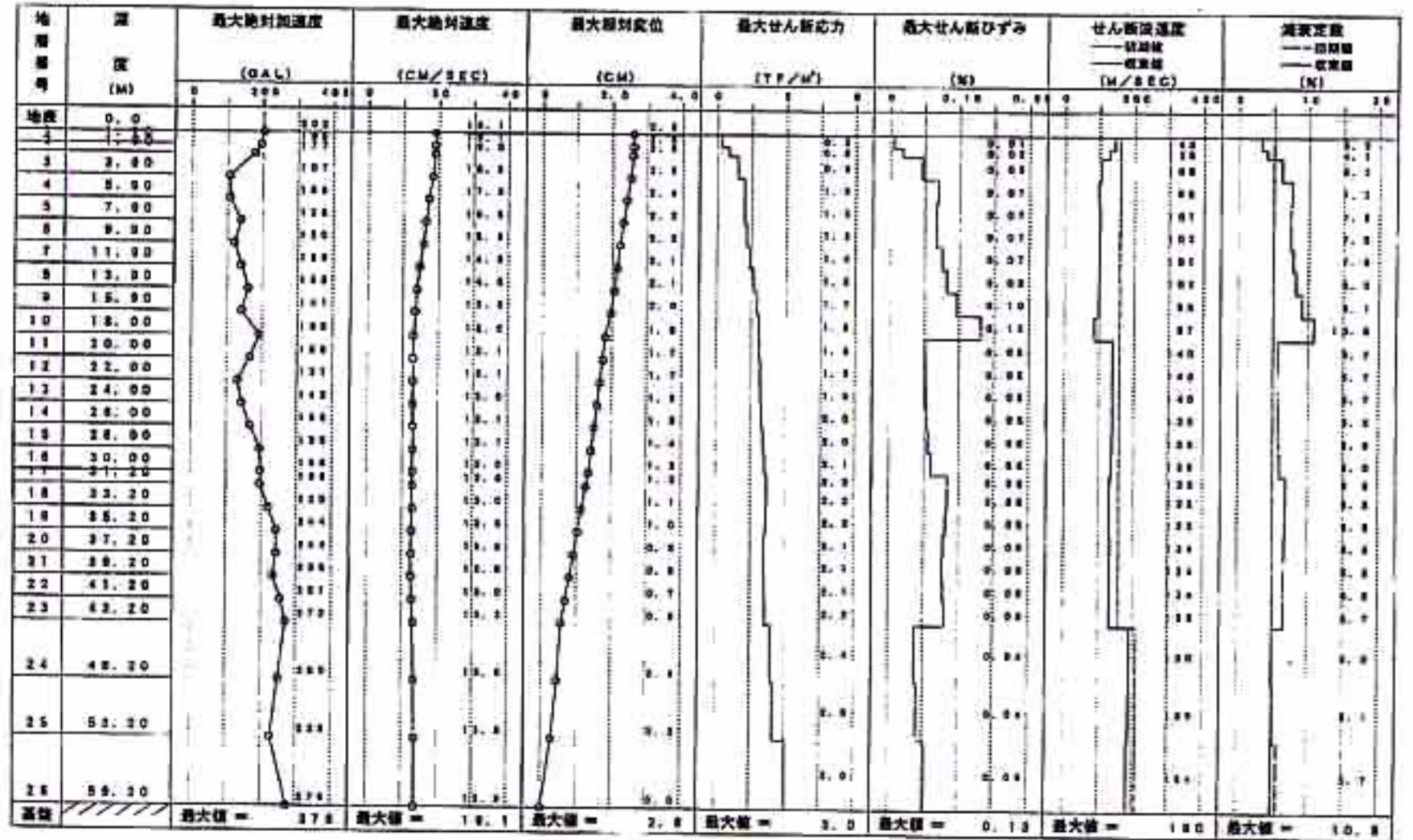


図6-1-3. 3(1) 被害状況と一次元応答計算結果図(竹内工業団地)

地点名 鳥取県 境港市 竹内工業団地内 (竹内1)
基準名 道路基礎構造設計指針
判定方法 地盤改良設計用水平加速度と、実測N値

PL値 16.30
水の単位体積重量 1.00 (t/m³)
土の単位体積重量 2.02 (t/m³)
設計加速度 202.05 (gal)
マグニチュード 7.3

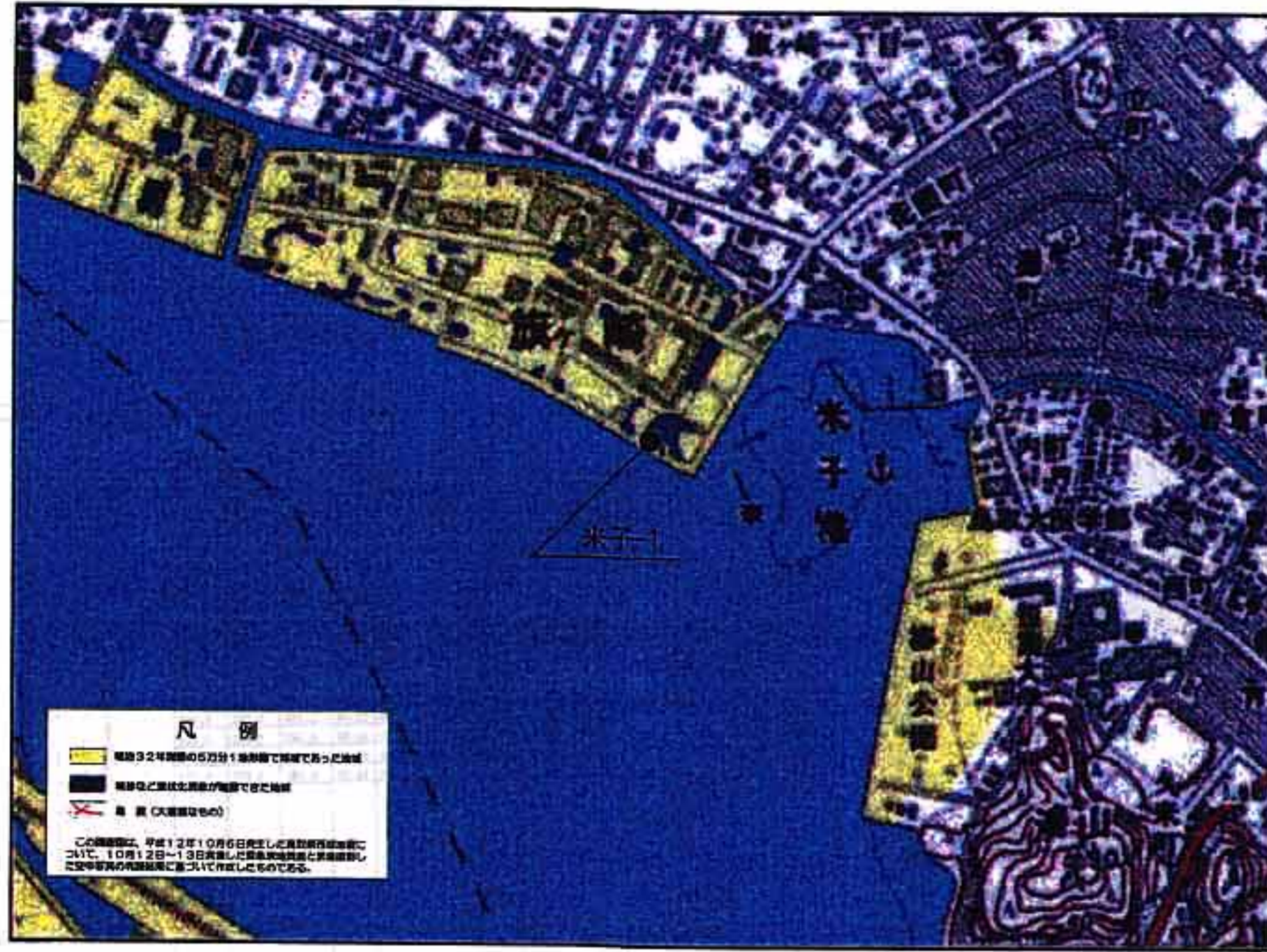
深 度 (m)	土 質 特 性										せん断係数				液状化の判定			
	層 厚 (m)	土 質 名	実 測 N 値	設計 用 N 値	設計 用 N 値	設計 用 N 値	設計 用 N 値	設計 用 N 値	設計 用 N 値	設計 用 N 値	設計 用 N 値	設計 用 N 値	設計 用 N 値	設計 用 N 値	設計 用 N 値	設計 用 N 値	設計 用 N 値	
0	0.0	砂質土	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
1.0	1.0	砂質土	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
2.0	1.0	砂質土	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
3.0	1.0	砂質土	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
4.0	1.0	砂質土	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
5.0	1.0	砂質土	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
6.0	1.0	砂質土	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
7.0	1.0	砂質土	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
8.0	1.0	砂質土	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
9.0	1.0	砂質土	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
10.0	1.0	砂質土	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
11.0	1.0	砂質土	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
12.0	1.0	砂質土	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
13.0	1.0	砂質土	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
14.0	1.0	砂質土	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
15.0	1.0	砂質土	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
16.0	1.0	砂質土	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
17.0	1.0	砂質土	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
18.0	1.0	砂質土	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
19.0	1.0	砂質土	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
20.0	1.0	砂質土	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
21.0	1.0	砂質土	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
22.0	1.0	砂質土	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
23.0	1.0	砂質土	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
24.0	1.0	砂質土	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
25.0	1.0	砂質土	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
26.0	1.0	砂質土	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
27.0	1.0	砂質土	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
28.0	1.0	砂質土	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	

地点名 鳥取県 境港市 竹内工業団地内 (竹内1)
基準名 道路降伏方向・同軸状 (タイプII)
判定方法 設計加速度と、実測N値

PL値 13.019
水の単位体積重量 1.00 (t/m³)
土の単位体積重量 2.02 (t/m³)
設計水平加速度 0.202
地下水位面 1.19[m]

深 度 (m)	土 質 特 性										せん断係数				液状化の判定			
	層 厚 (m)	土 質 名	実 測 N 値	設計 用 N 値	設計 用 N 値	設計 用 N 値	設計 用 N 値	設計 用 N 値	設計 用 N 値	設計 用 N 値	設計 用 N 値	設計 用 N 値	設計 用 N 値	設計 用 N 値	設計 用 N 値	設計 用 N 値	設計 用 N 値	
0	0.0	砂質土	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
1.0	1.0	砂質土	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
2.0	1.0	砂質土	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
3.0	1.0	砂質土	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
4.0	1.0	砂質土	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
5.0	1.0	砂質土	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
6.0	1.0	砂質土	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
7.0	1.0	砂質土	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
8.0	1.0	砂質土	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
9.0	1.0	砂質土	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
10.0	1.0	砂質土	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
11.0	1.0	砂質土	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
12.0	1.0	砂質土	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
13.0	1.0	砂質土	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
14.0	1.0	砂質土	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
15.0	1.0	砂質土	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
16.0	1.0	砂質土	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
17.0	1.0	砂質土	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
18.0	1.0	砂質土	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
19.0	1.0	砂質土	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
20.0	1.0	砂質土	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
21.0	1.0	砂質土	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
22.0	1.0	砂質土	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
23.0	1.0	砂質土	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
24.0	1.0	砂質土	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
25.0	1.0	砂質土	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
26.0	1.0	砂質土	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
27.0	1.0	砂質土	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
28.0	1.0	砂質土	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	

図6-1-3. 3(2) 液状化判定結果図(竹内工業団地)



最大応答値深度分布図

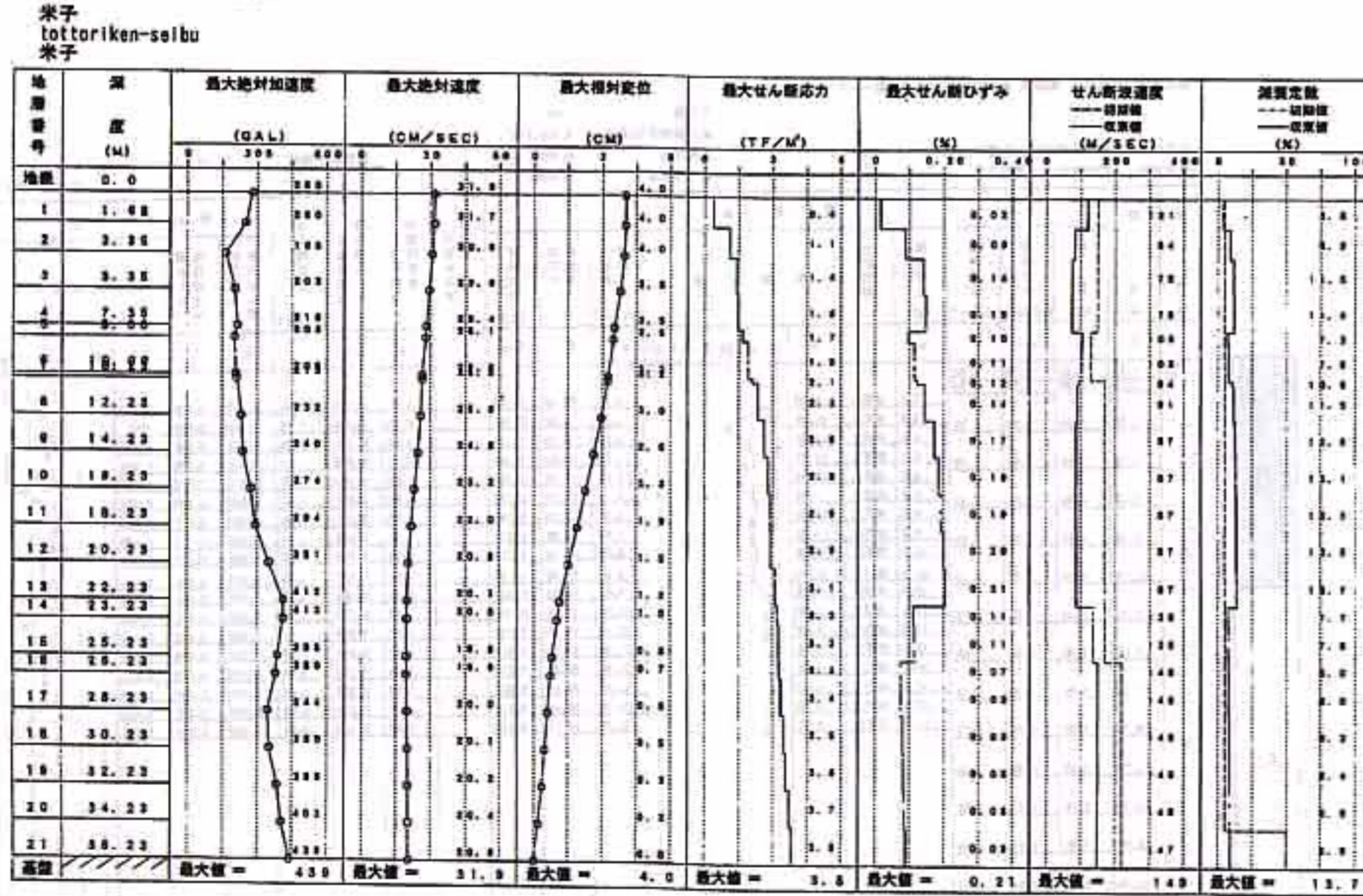


図6-1-3. 5(1) 被害状況と一次元応答計算結果図(旗ヶ崎工業団地)

地点名 米子-1 直轄基礎
 基準名 液状化判定計算結果図
 判定方法 地盤改良計画用水平加速度と、実測H値

PL値 19.05
 水の単位体積重量 1.00 (t/m³)
 土の単位体積重量 2.00 (t/m³)
 液状化判定係数 γ = 8 (1)
 設計加速度 280.00 (gal)
 マグニチュード 7.3

(注) **1 判定外

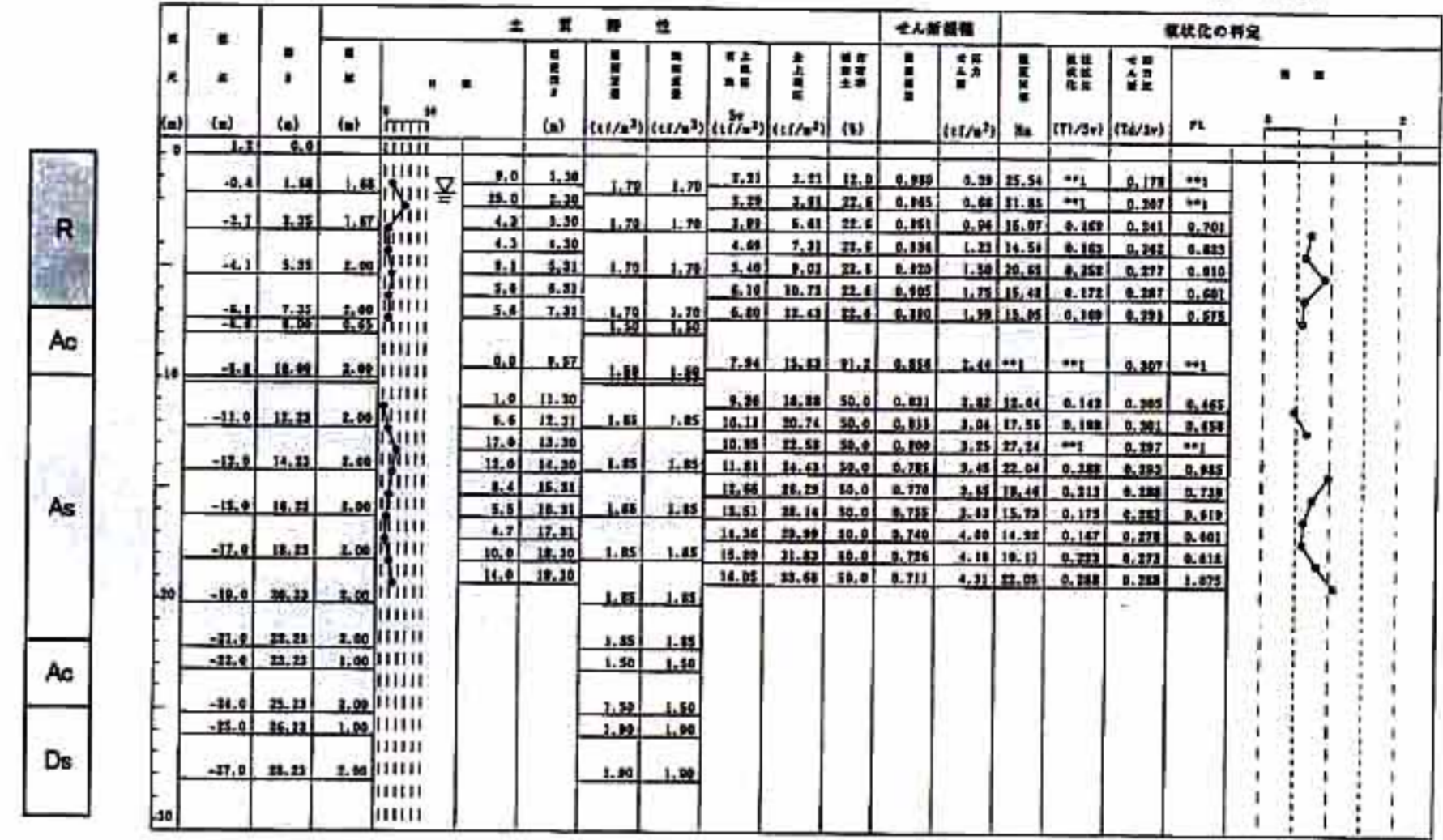
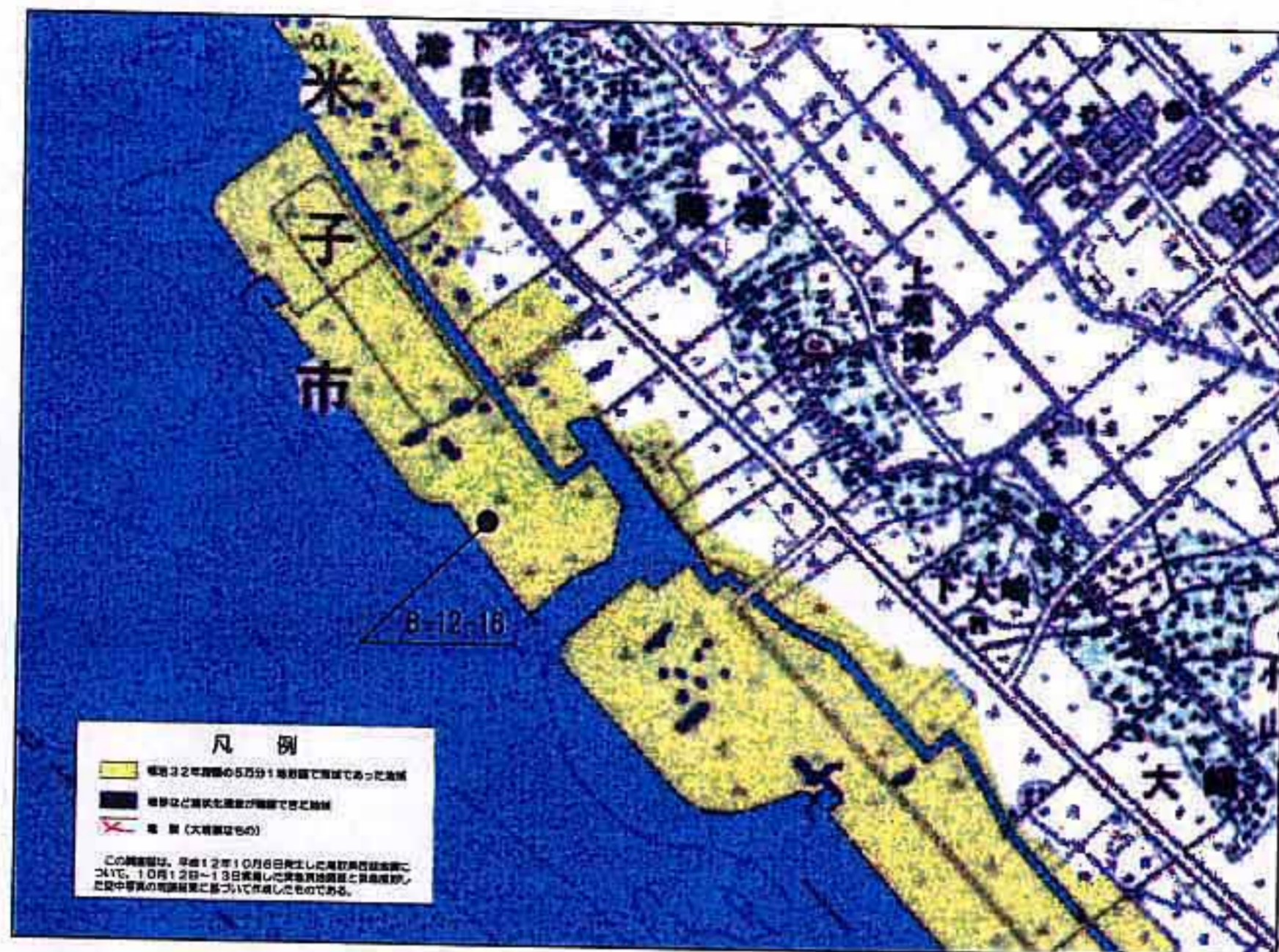


図6-1-3. 5(2) 液状化判定結果図(旗ヶ崎工業団地)



最大応答値深度分布図

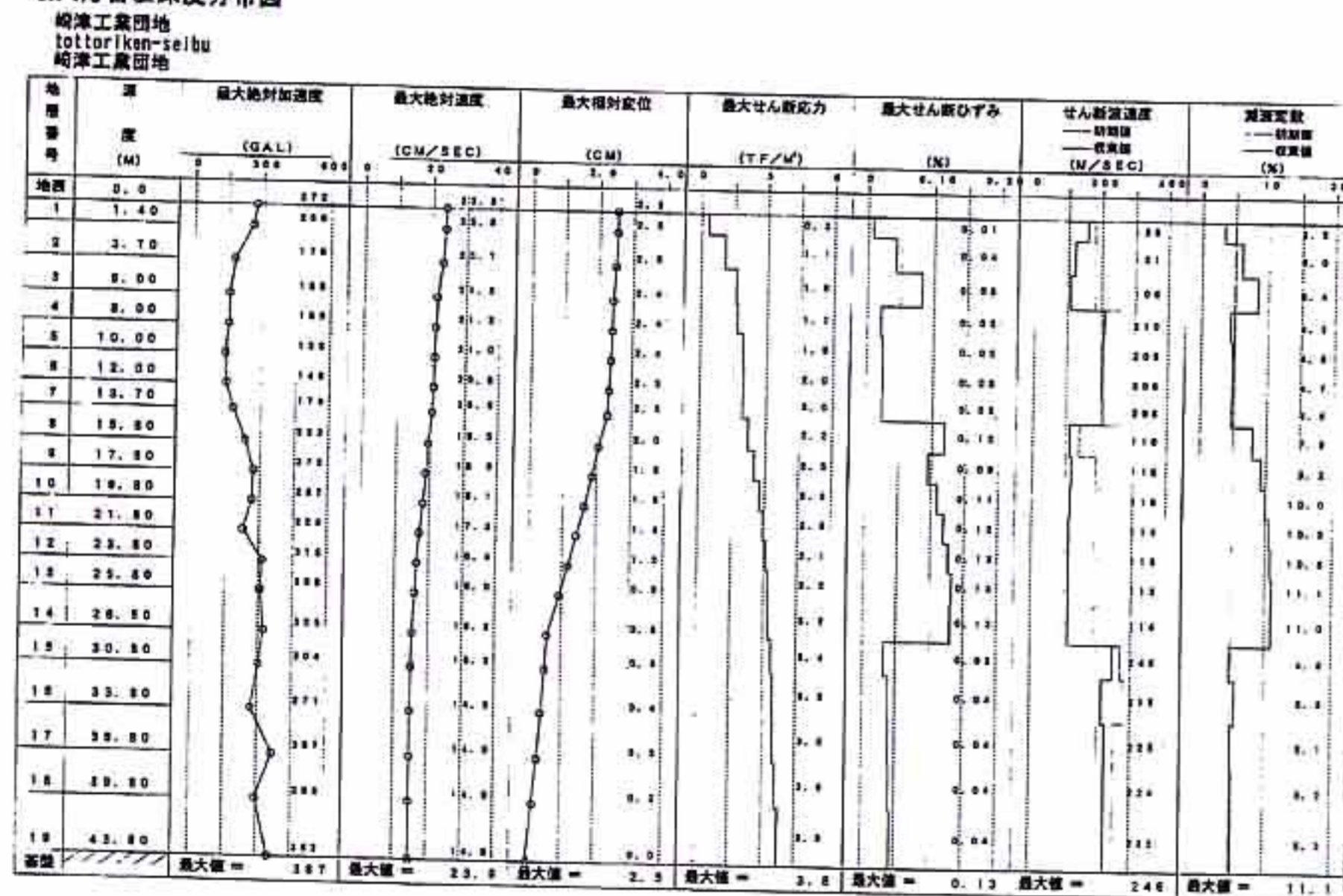


図6-1-3. 6(1) 被害状況と一次元応答計算結果図(崎津工業団地)

地点名 崎津工業団地
 基準名 建築基準構造設計指針
 判定方法 地表面設計用水平加速度と、実測N値

PL値 2.16
 水の単位体積重量 1.00 (t/m³)
 土の単位体積重量 2.00 (t/m³)
 使用曲線 T=5 (G)
 設計加速度 172.00 (gal)
 マグニチュード 7.3

(注) **1 判定外

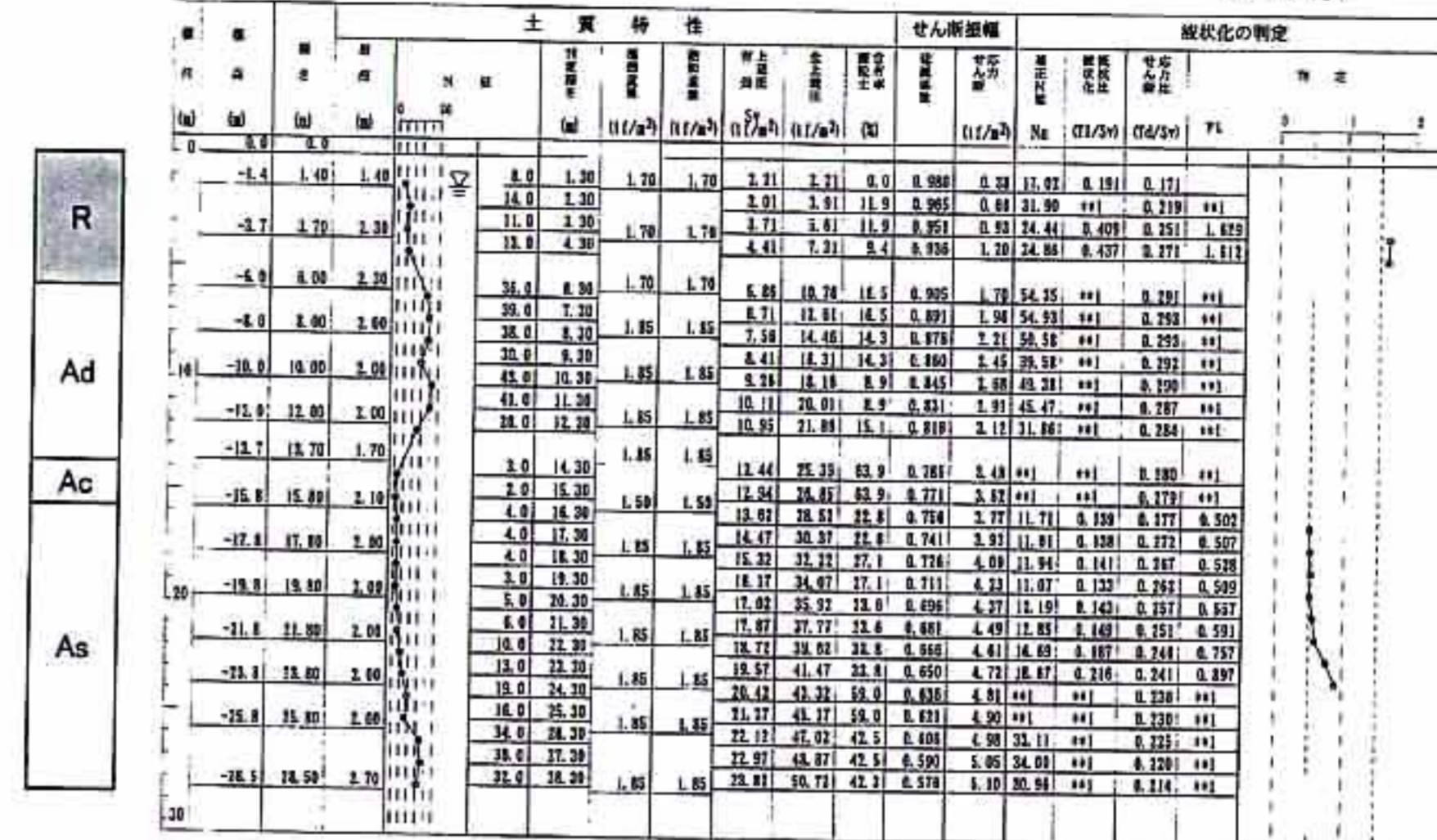


図6-1-3. 6(2) 液状化判定結果図(崎津工業団地)

6-1-4. 弓ヶ浜半島周辺の地震環境

表6-1-4. 1に、昭和45年以降に弓ヶ浜半島周辺に被害を与えた地震の一覧を示す(出典:宇佐美(1996))。このうち推定最大加速度は、弓ヶ浜半島地点における最大加速度を距離減衰式(土木研究所(1992))を用いて推定したものである。

表6-1-4. 1 昭和45年以降に弓ヶ浜半島周辺に被害を与えた地震一覧

年月日	震源地域	M	推定最大加速度	被害の概要
平成元年10月27日	鳥取県西部	5.3	79(gal)	震源は日野町付近、道路への落石2ヵ所(日野町)、棚の商品落下(松江市・米子市)
平成元年11月2日	鳥取県西部	5.4	82(gal)	震源は日野町付近、棚の商品の落下(米子市)があり、日野町に小亀裂1本(長5m)、日野町の震度はIVと推定される。
平成3年8月28日	鳥根県東部	5.9	133(gal)	最大震度はIV(松江・米子)、震央付近の能義郡・平田市などでは落石、公共施設や住家の亀裂などの小被害があった
平成12年10月6日	鳥取県西部	7.3	286(gal)	最大震度は溝口町で6強を記録し、中国地方の広い範囲で強い揺れを観測している。震央付近の溝口町などでは落石被害、弓ヶ浜半島の埋立地で液状化による被害があった

(1) 期待値分析

調査地の地震環境を把握するために、有史以来の地震資料を整理し、過去の地震が調査地付近にどのような影響を及ぼしたかを調べた。

今回用いた地震データは以下の資料から収集した。

1. 1600年～1995年 : 宇佐見(1996), 新編 日本地震被害総覧
2. 1951年～1997年 : 気象庁, 地震月報
3. 1997年～2000年 : 気象庁, 地震・火山月報(カタログ編)
4. 2000年～2001年 : 気象庁, 気象(暫定値)

以上の資料から西暦1600年～2001年までの1553地震を収集・整理し、基礎データとした。これらの基礎データをもとに、距離減衰式(土木研究所(1992))を用いて調査地の地盤上の加速度を算出し、推定最大加速度が25gal以上のものを抽出した。

抽出された影響地震は125地震である。抽出された影響地震のうち、影響の大きいもの上位100地震のリストを表6-1-4. 2に示す。また、これらの影響地震の震央分布を図6-1-4. 1に示す。図中の丸印の大きさはマグニチュードを表しており、その中の数字は、表6-1-4. 2のデータNo.と対応している。

期待値分析の結果を図6-1-4. 2に示す。50年、100年期待値は、図6-1-4. 2よりそれぞれ約100gal、140galと求められる。

今回算出された地表面加速度(286gal)は地震の再来年数(期待値)としては、統計年間上最大となったことから約400年程度に1度の地震と想定される。

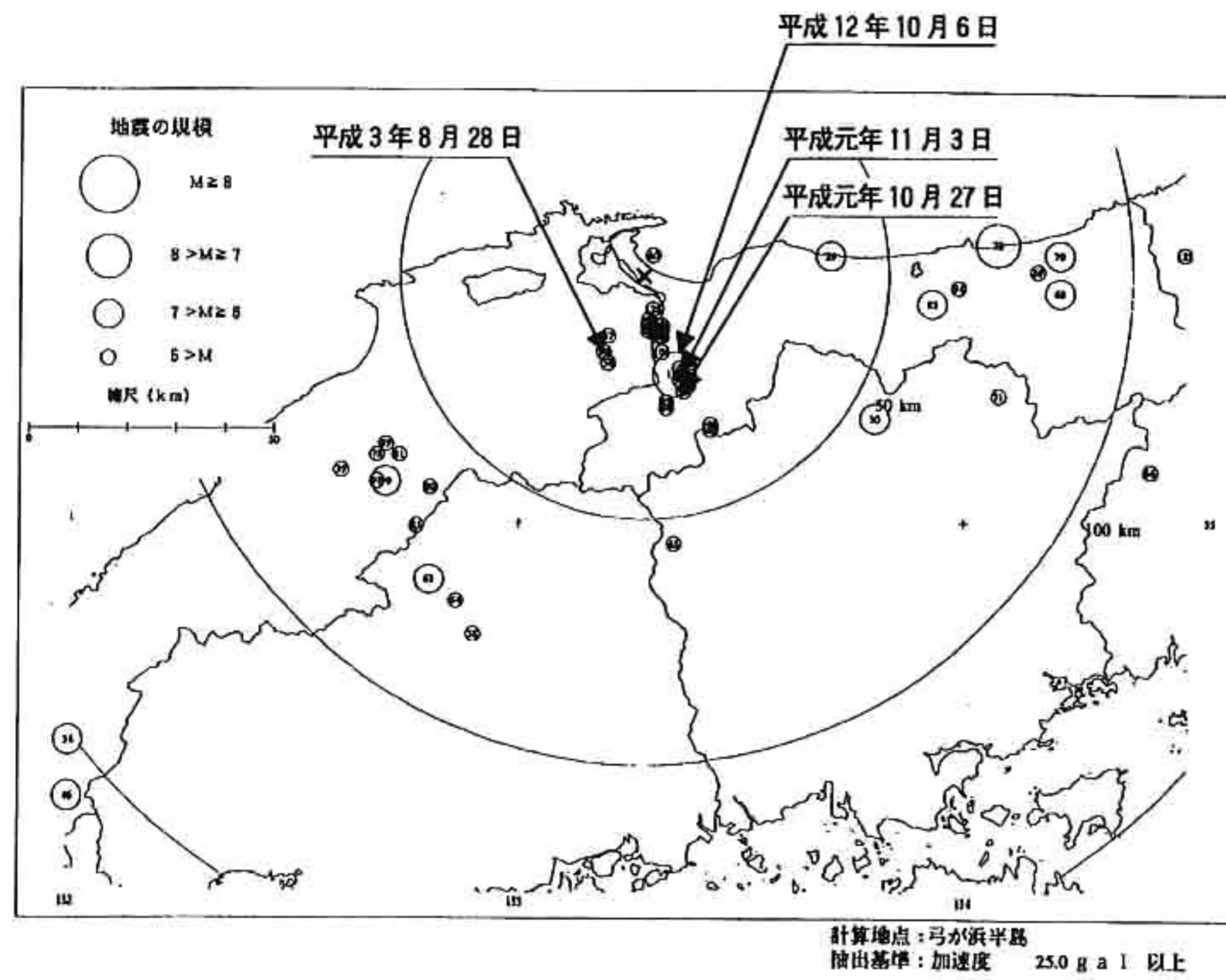


図6-1-4.1 影響地震の震央分布

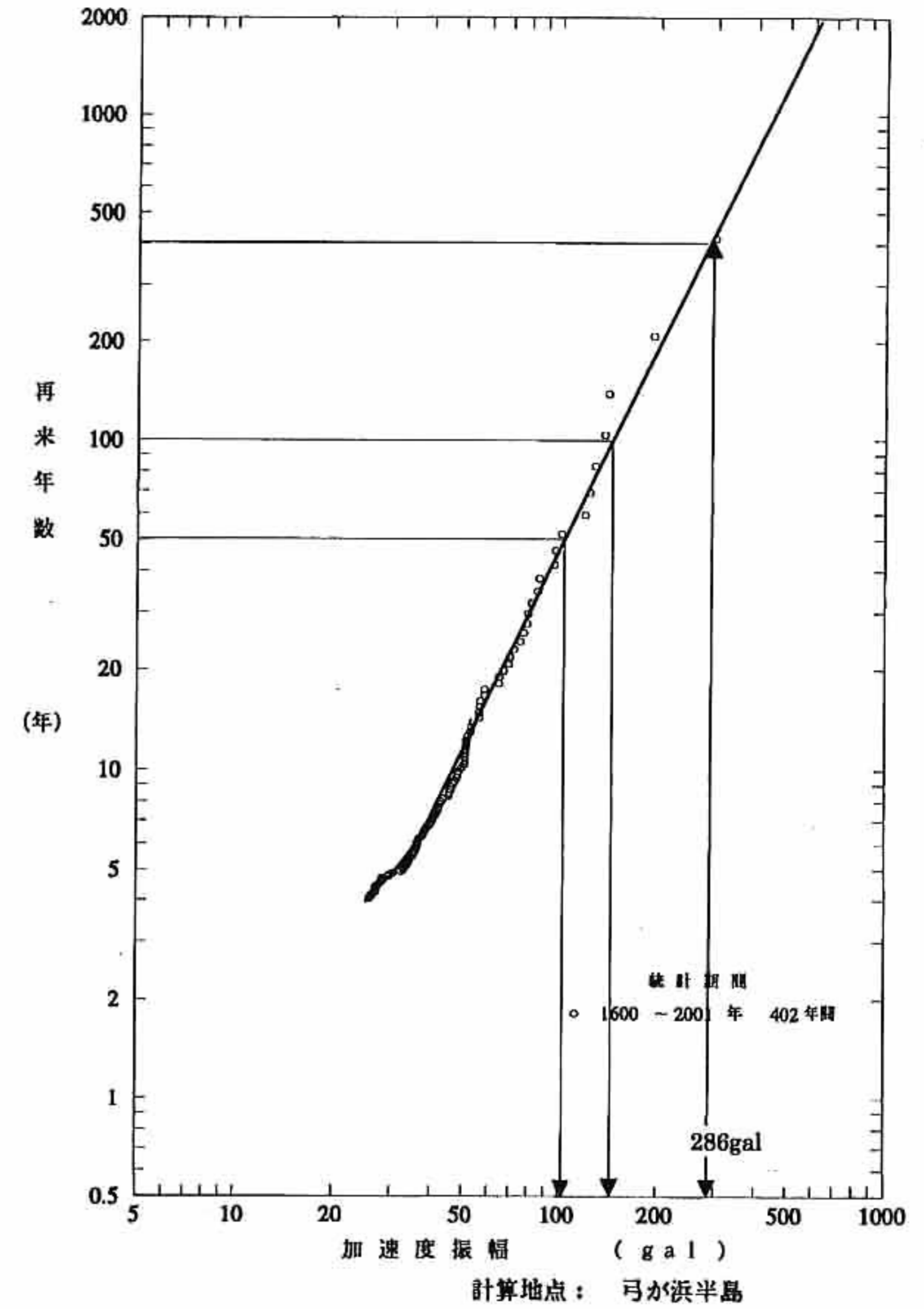


図6-1-4.2 期待値分析結果

6-1-5. 今後の液状化対策検討のための地震動について

「6-1-3. 今回の地震による液状化程度の検証」に用いた地盤モデルにおいて、地表面加速度を変化させて P_L 値との関係で整理したものが、図6-1-5. 1(a)~(b)である。

○ 竹内工業団地

埋土層は細粒分(シルト・粘土)の含有率が非常に高くなっており(90%以上)、埋土層のN値の小さな土層が厚く堆積している。このため、地表面加速度の増加に対する P_L 値の増加は著しく急激な勾配を示している。ここでの液状化の生じる限界加速度の算出基準を P_L 値=5の時と設定すると概ね150galとなる。

○ 昭和町工業団地

本地点の液状化判定に用いた地盤モデルは昭和町工業団地の東西方向のほぼ中央に位置する調査ボーリングである。このため今回の地震においても噴砂が認められた箇所と認められない箇所の境界の位置となる。

ここでの地盤モデルにおける、地表面加速度と P_L 値の関係で限界加速度(P_L 値=5となる加速度値)を求めると200~270galとなる。本地点は埋立土層のN値も大きいことから限界加速度も大きくなった。

○ 米子港旗ヶ崎工業団地

本地点の液状化判定に用いた地盤モデルは米子港旗ヶ崎工業団地の東南東側に位置する地震後の調査ボーリングである。同様に算出された限界加速度(P_L 値=5となる加速度値)を求めると170~190galとなる。

○ 崎津工業団地

本地点の液状化判定に用いた地盤モデルは、崎津工業団地の南側に位置する地震後の調査ボーリングである。同様に算出された液状化の生じる限界加速度の算出基準を P_L 値=5の時と設定する限界加速度は350~450galとなる。被害状況とも整合して限界加速度はかなり大きくなっている。

今後の液状化対策検討の基準とする地震動としては、以下の事を考慮して設定する。

- ①. 工学的地震基盤面を設定して平成12年度鳥取県西部地震の再来を考慮すると4つの工業団地では202~280galの地表面最大加速度が得られた。
- ②. 弓ヶ浜半島周辺の地震環境から50年~100年の期待値からは、地表面の最大加速度は100~140galとなる。
- ③. 平成12年鳥取県西部地震は弓ヶ浜半島周辺の地震再来年数(期待値)から見ると過去最大であり、統計年間に相当する400年程度に1度の地震と想定される。

○ 今後の液状化対策検討のための地震動

これまでの検討結果を踏まえるとともに、「建築基礎構造設計指針」で示されている $\alpha_{max}=200gal$ を考慮し、今後の液状化対策を検討するうえでの基準地震動は200galを設定する。

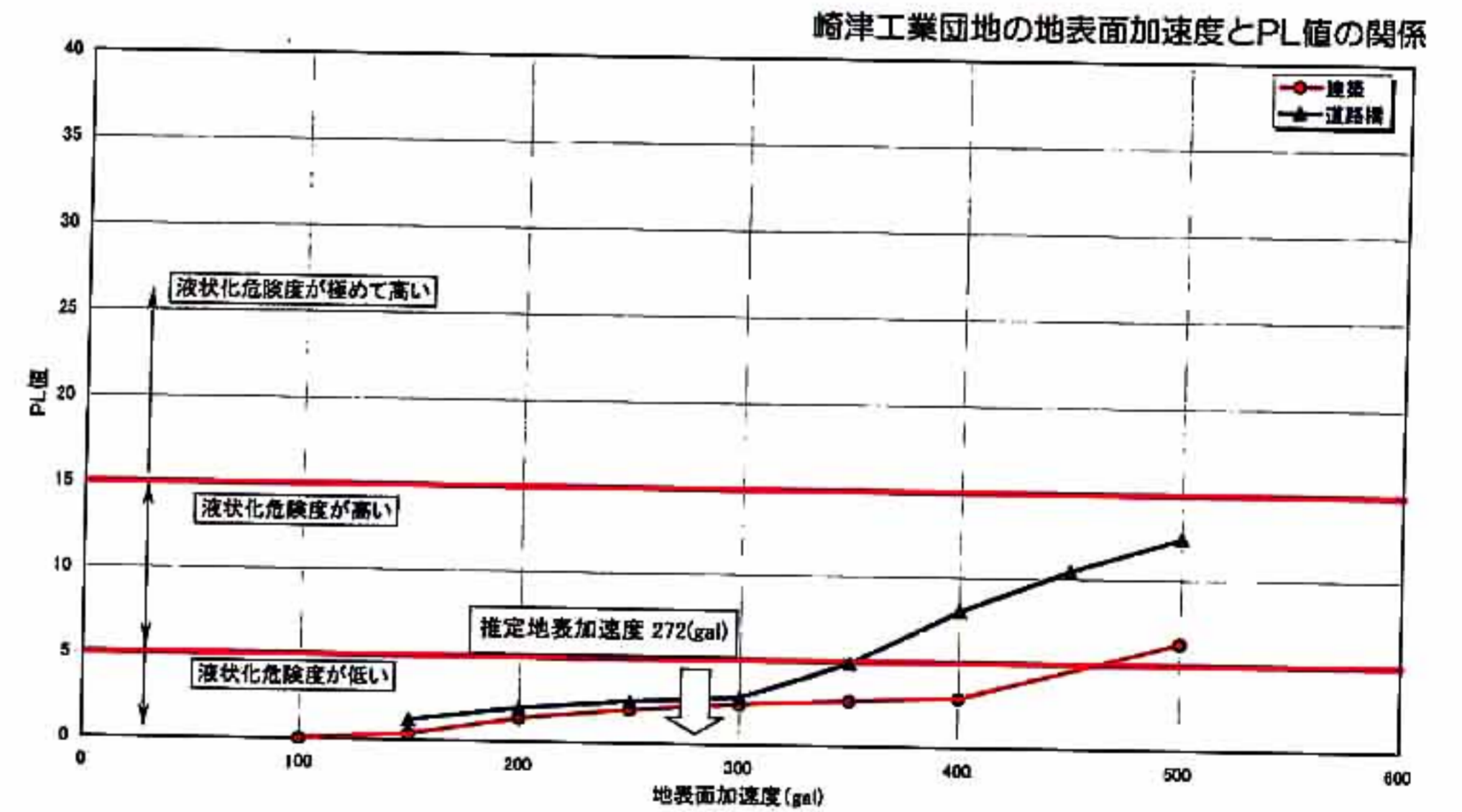
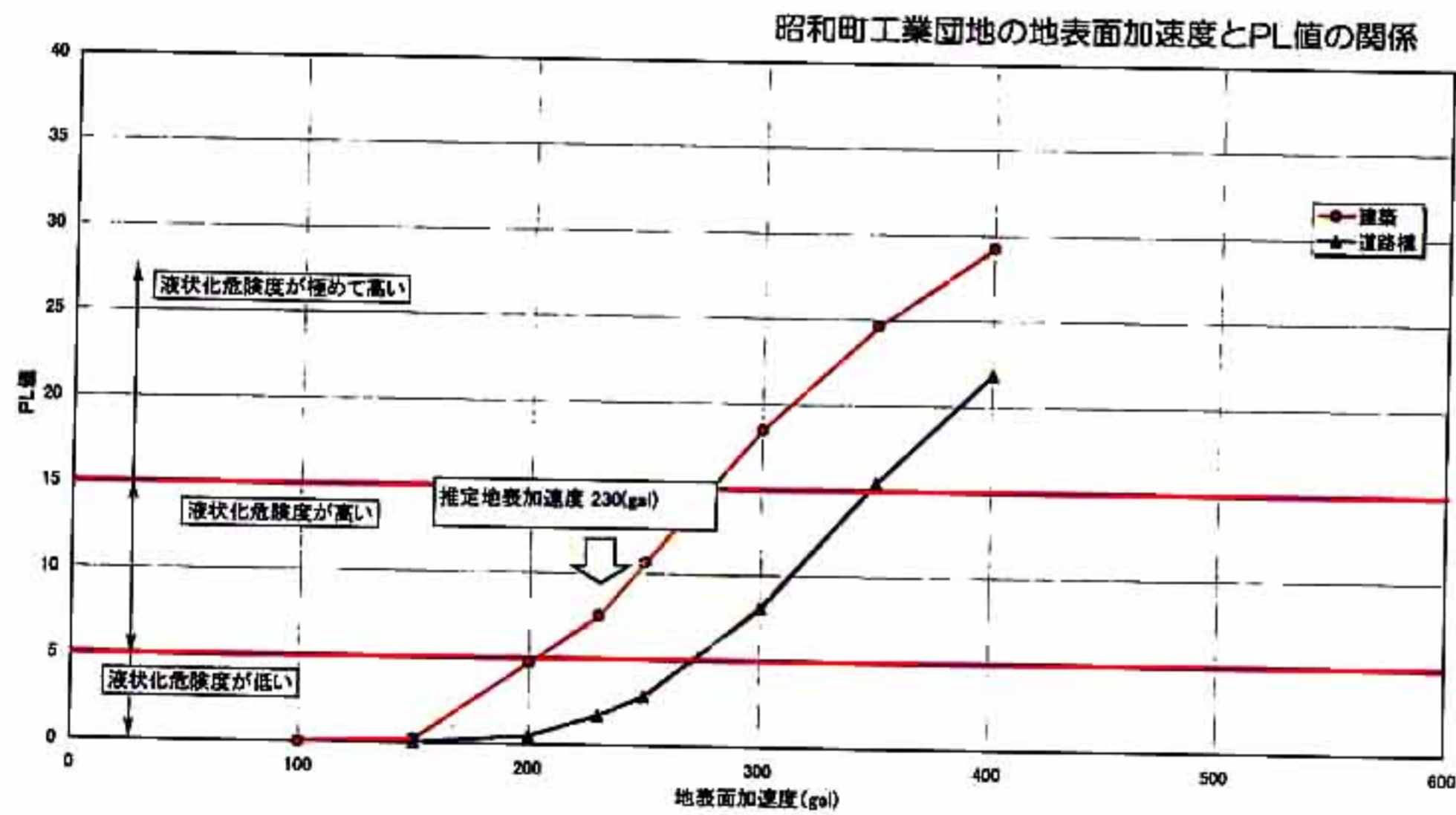
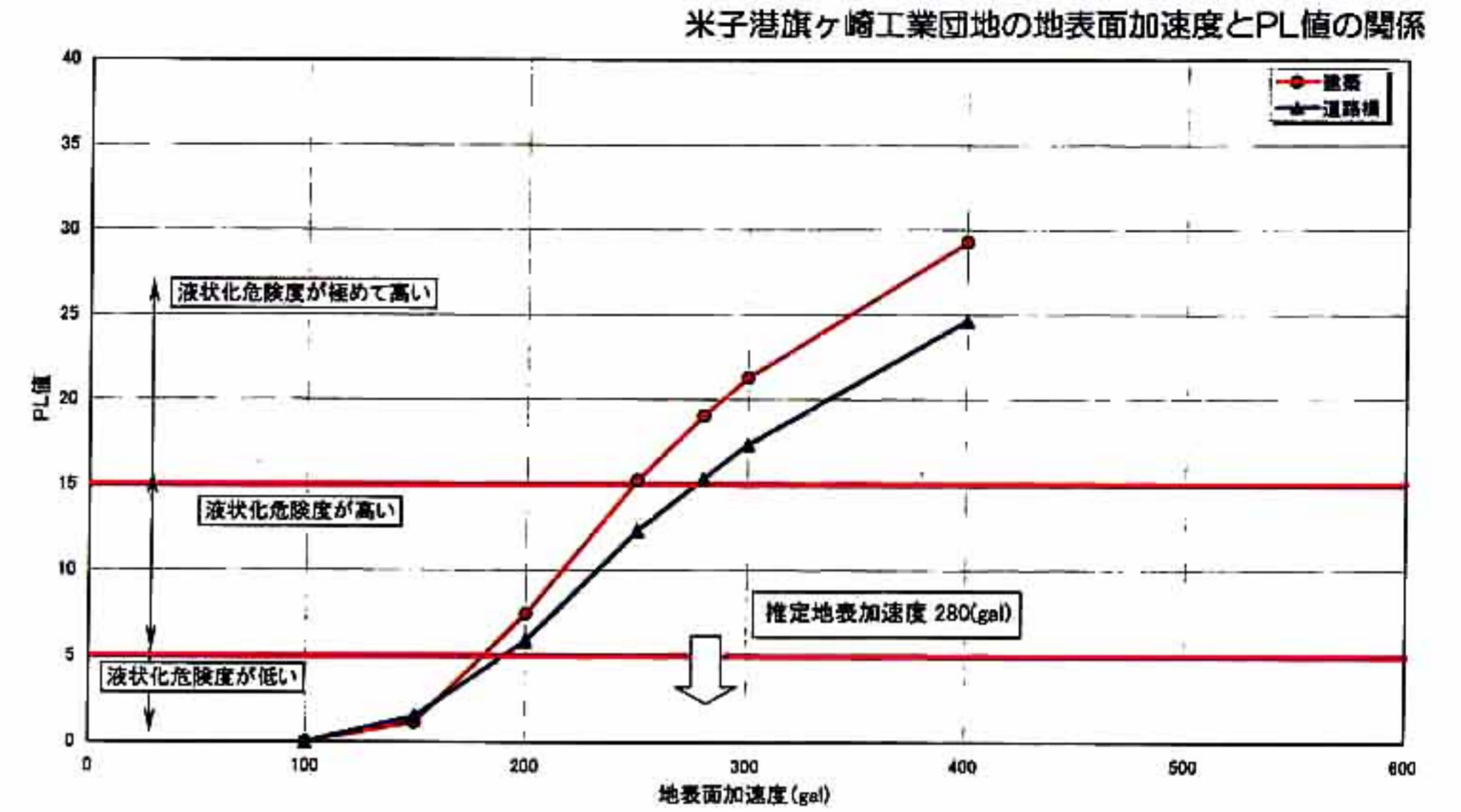
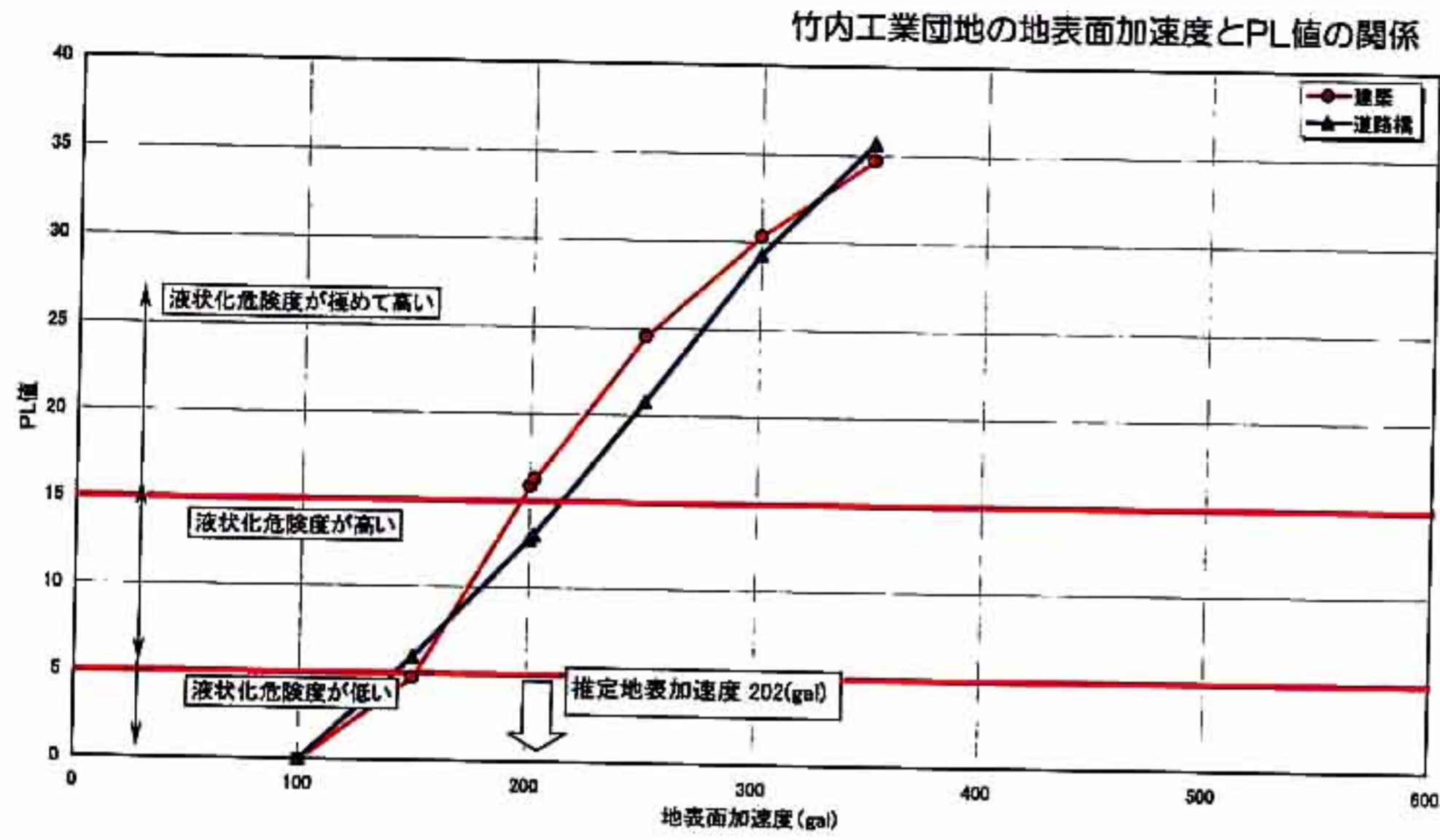


図6-1-5. 1(a) 液状化指数 P_L 計算結果

図6-1-5. 1(b) 液状化指数 P_L 計算結果