

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、再度地震が起き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ことにより、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。

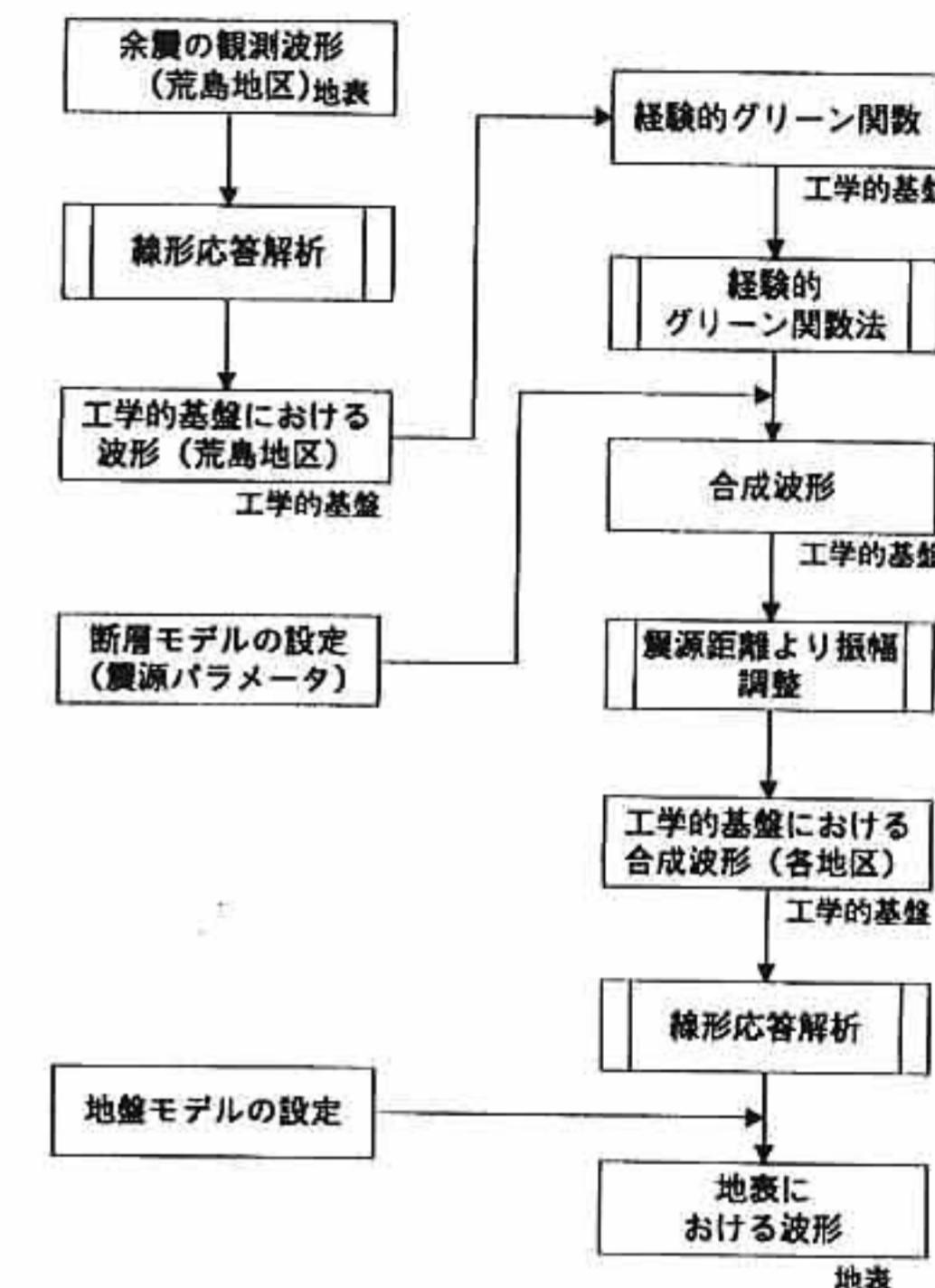


図6-1-1-1 経験的グリーン関数法を用いた地震波形作成の流れ

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

表6-1-1. 1 用いた余震の諸元（気象庁による）

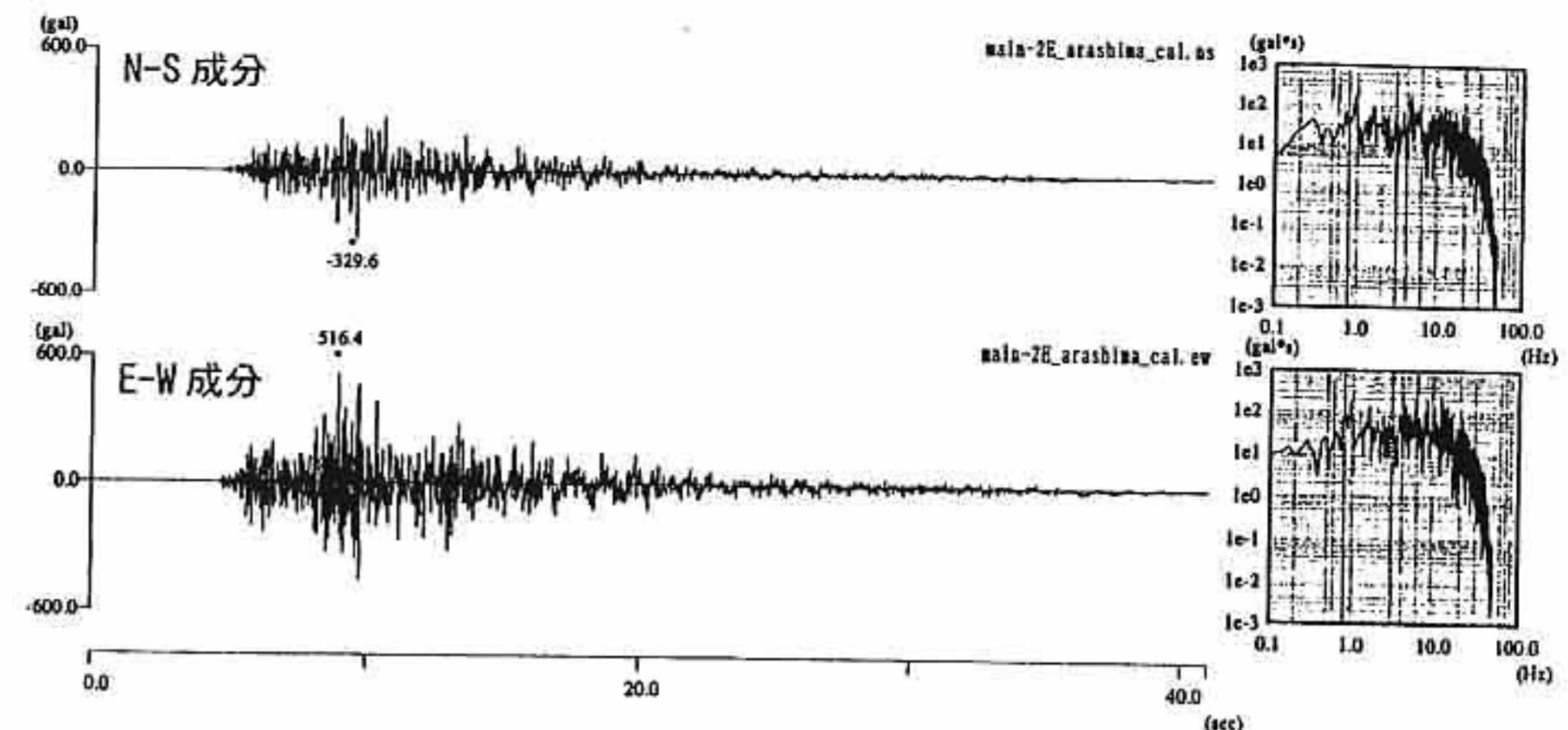


図6-1-1. 6 経験的グリーン関数法による合成波形（荒島観測点）

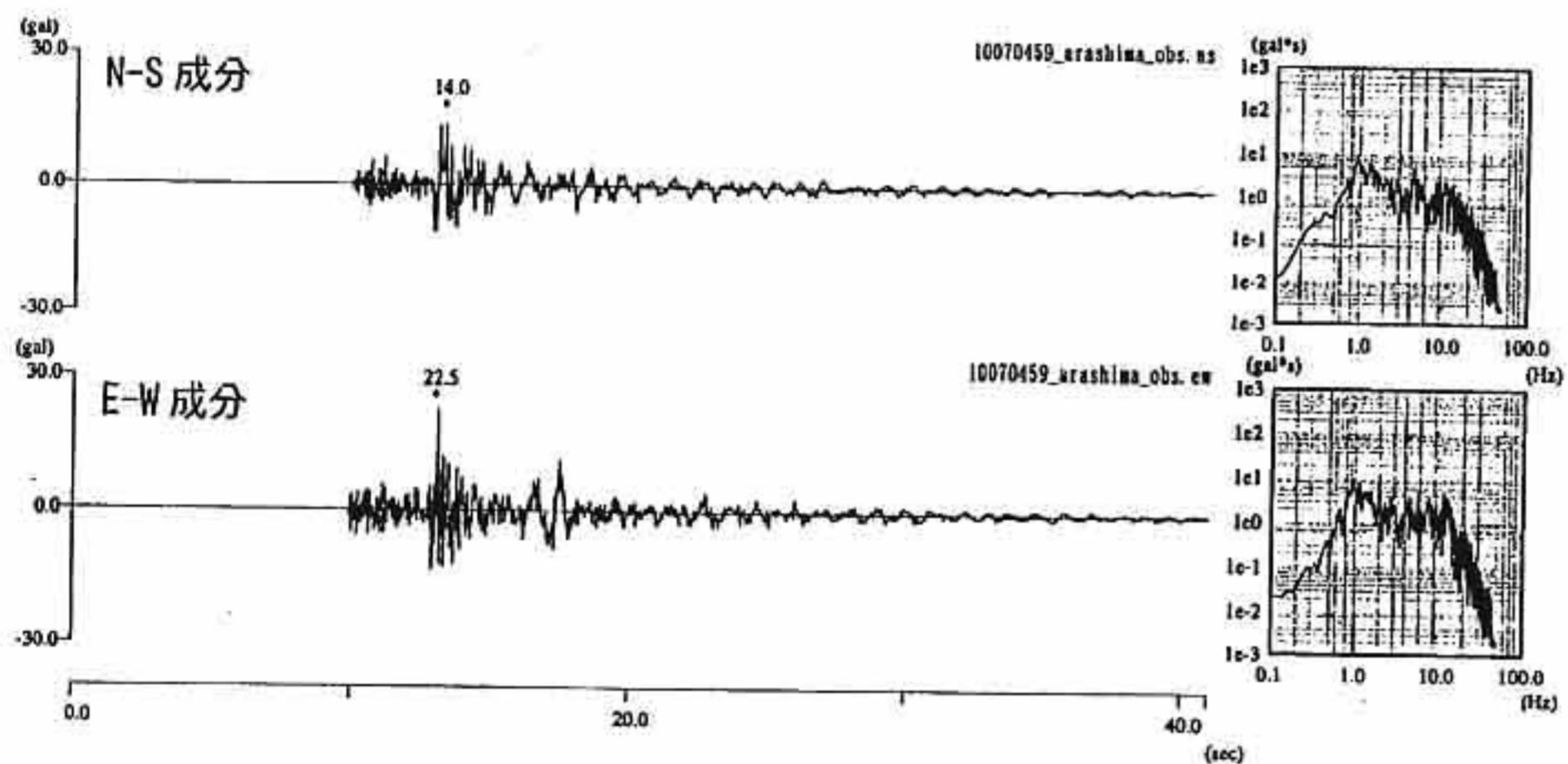


図6-1-1. 4 解析に使用した余震の観測波形（荒島観測点）

▽	深度 (m)	土質記号	層厚 (m)	湿潤密度 (tf/m ³)	S波速度 (m/s ²)
地表面					
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	
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

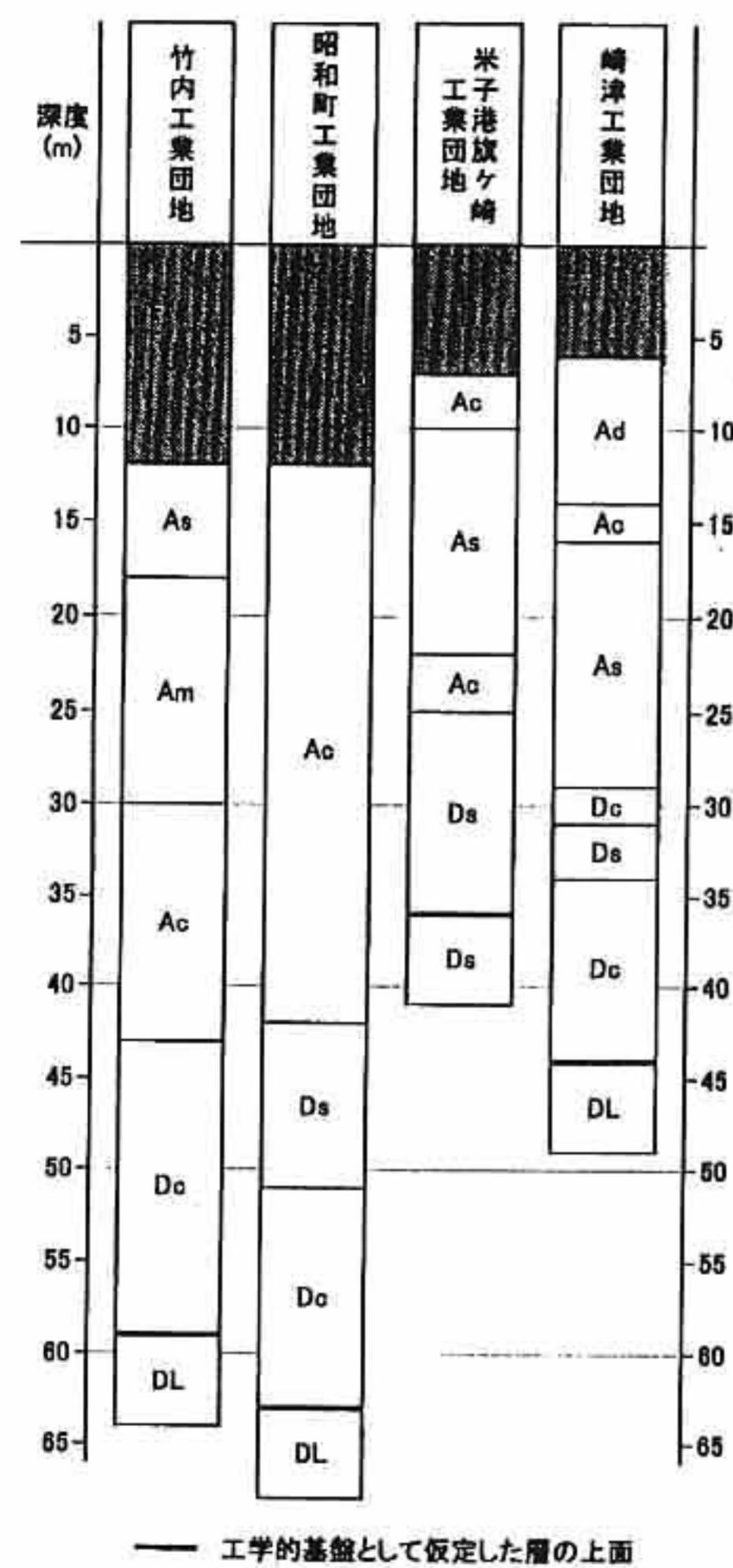


図6-1-2. 3 設定した地盤モデルの概要

(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、ここで行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

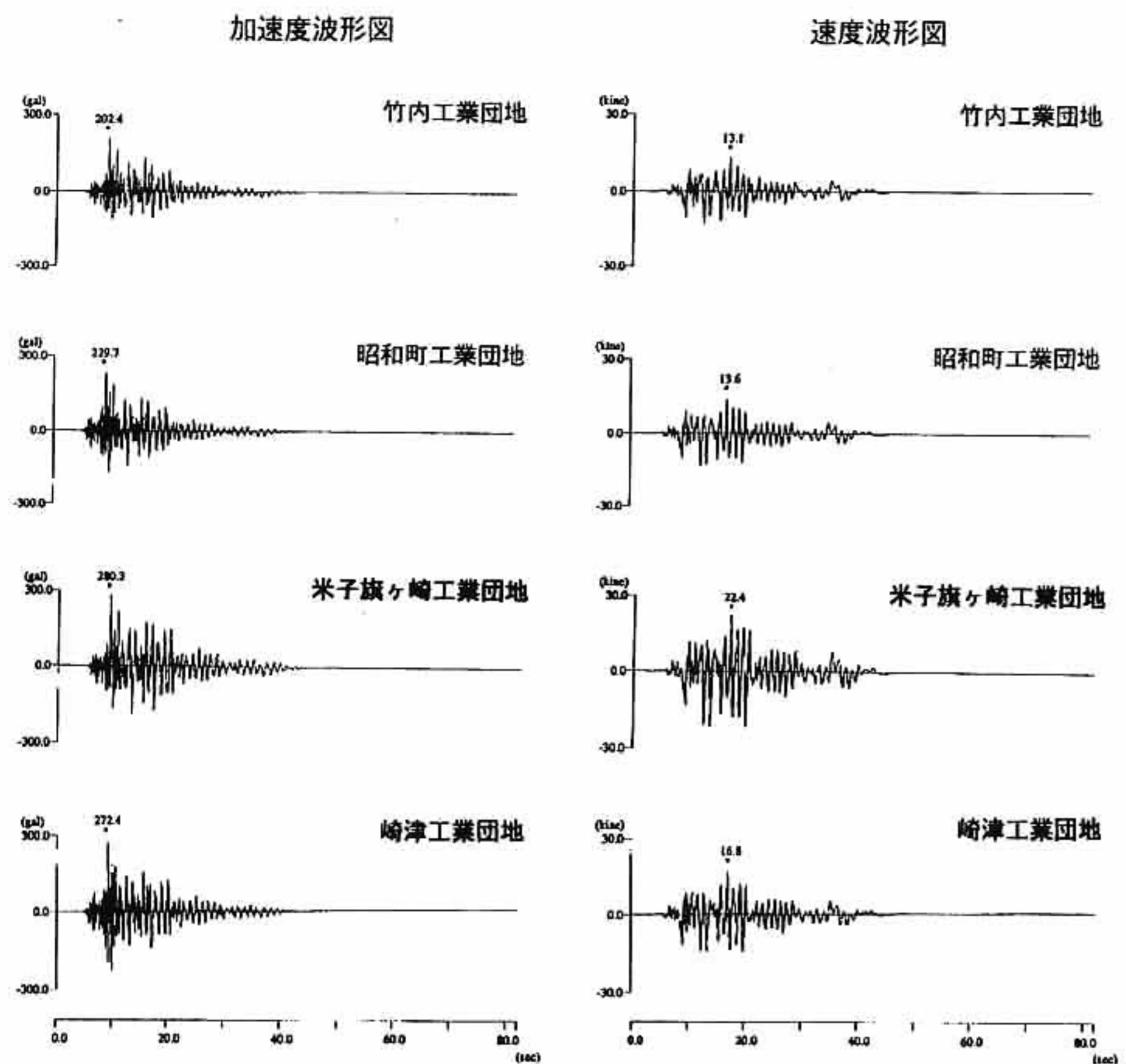


図6-1-2, 4 地表面における各地点の加速度波形および速度波形

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箇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以下の土層

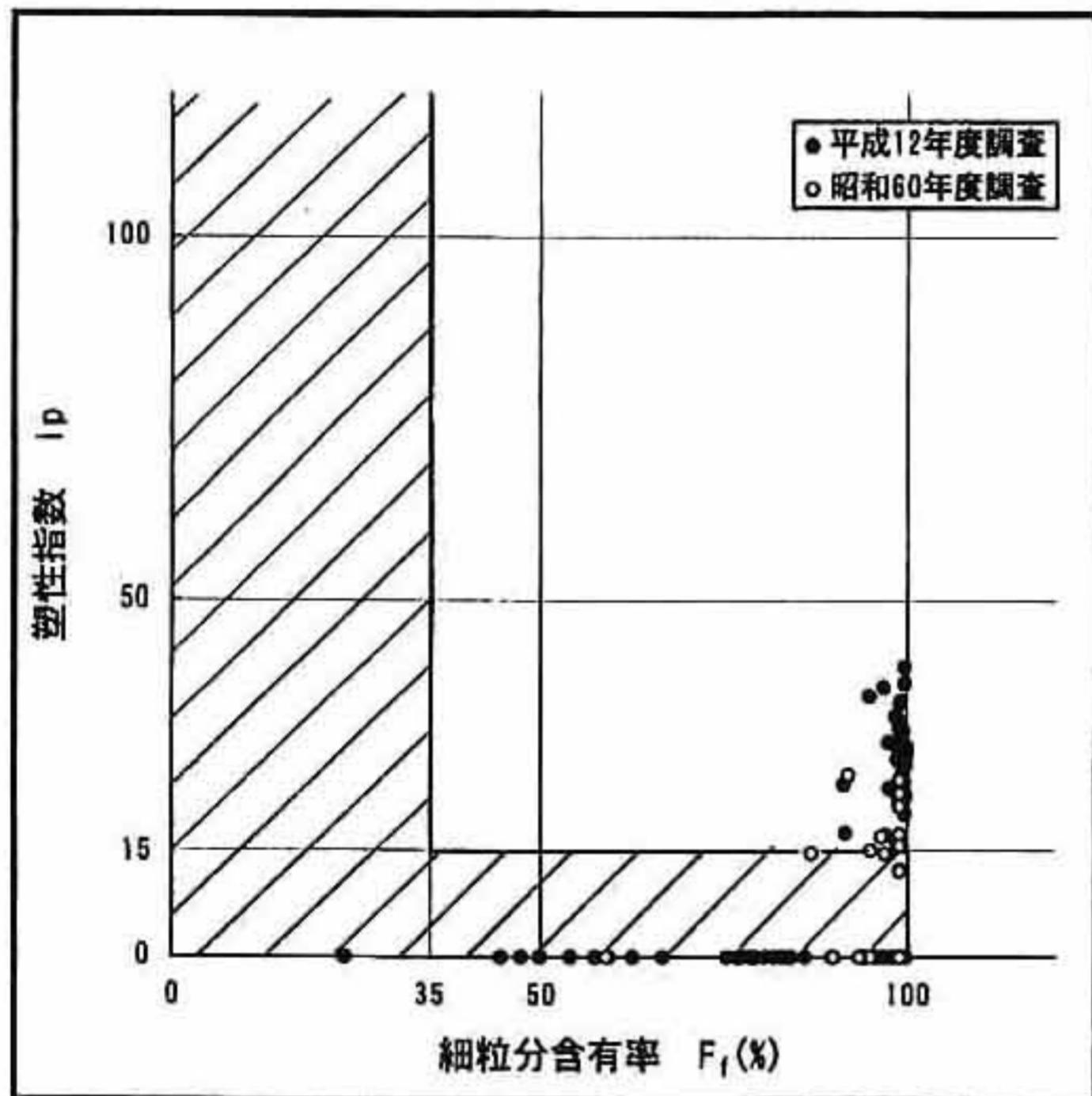


図6-1-3. 1(3) 道路橋の対象土層範囲図

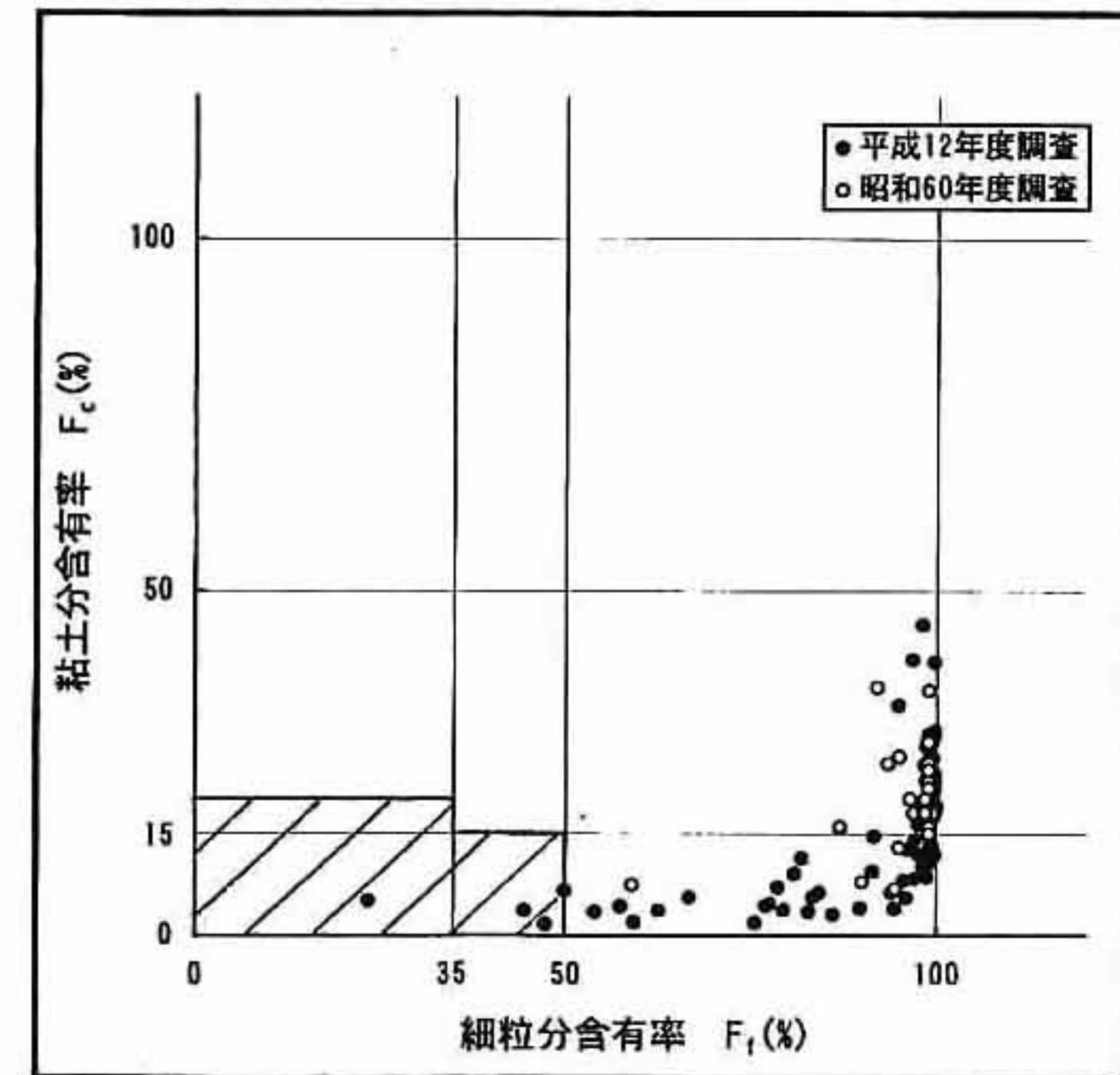
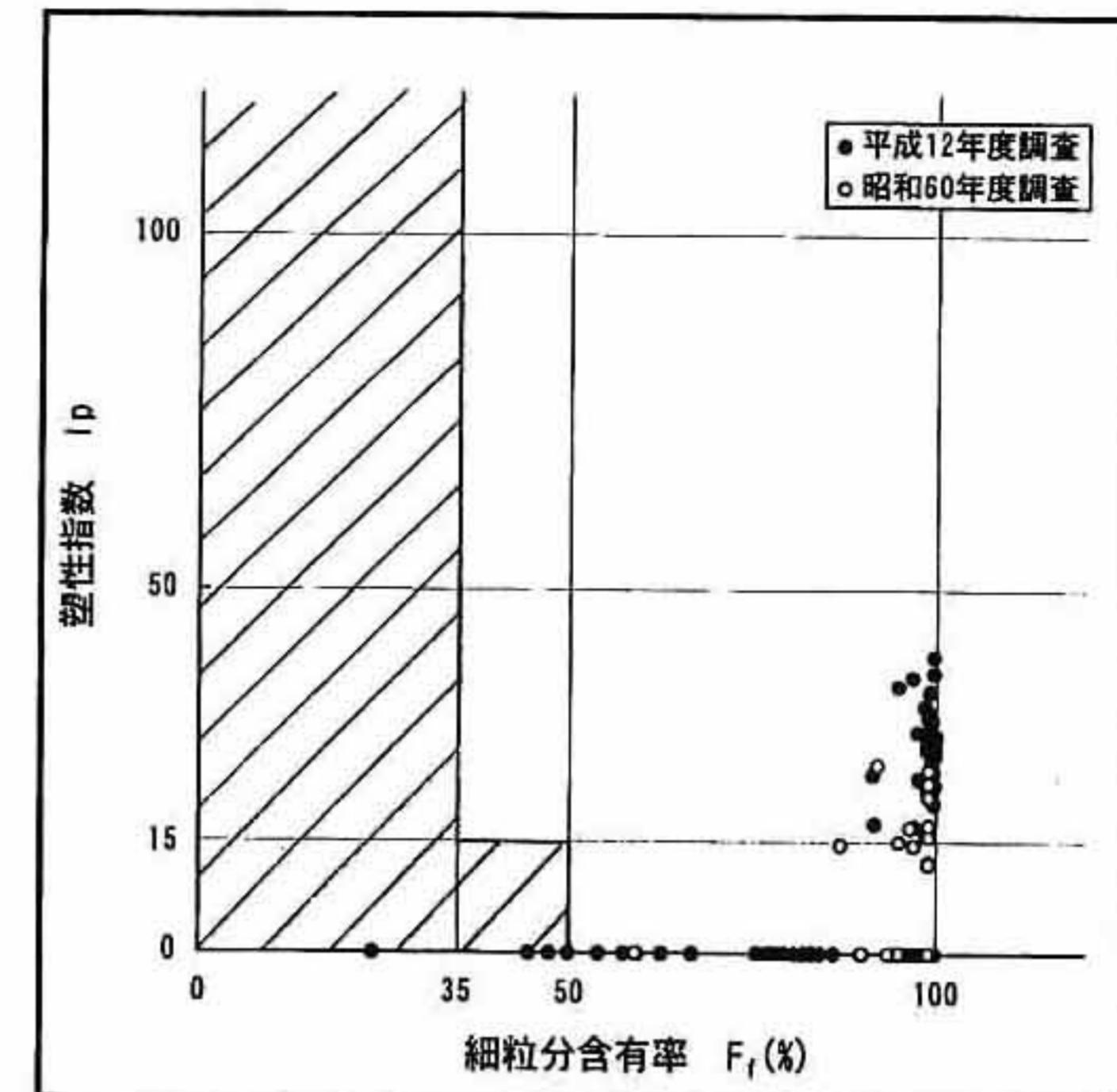


図6-1-3. 1(4) 建築基礎の対象土層範囲図

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

(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湾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各種構造物の液状化判定法が改訂された。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のとおりに改訂された。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立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 $D_{10} \leq 1\text{mm}$	

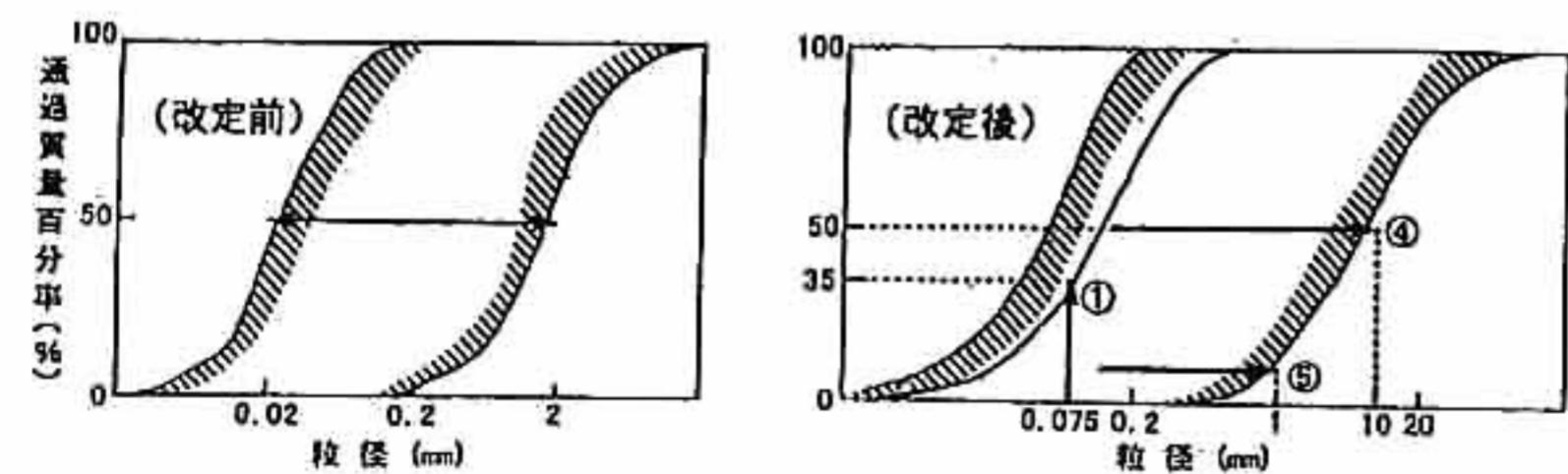
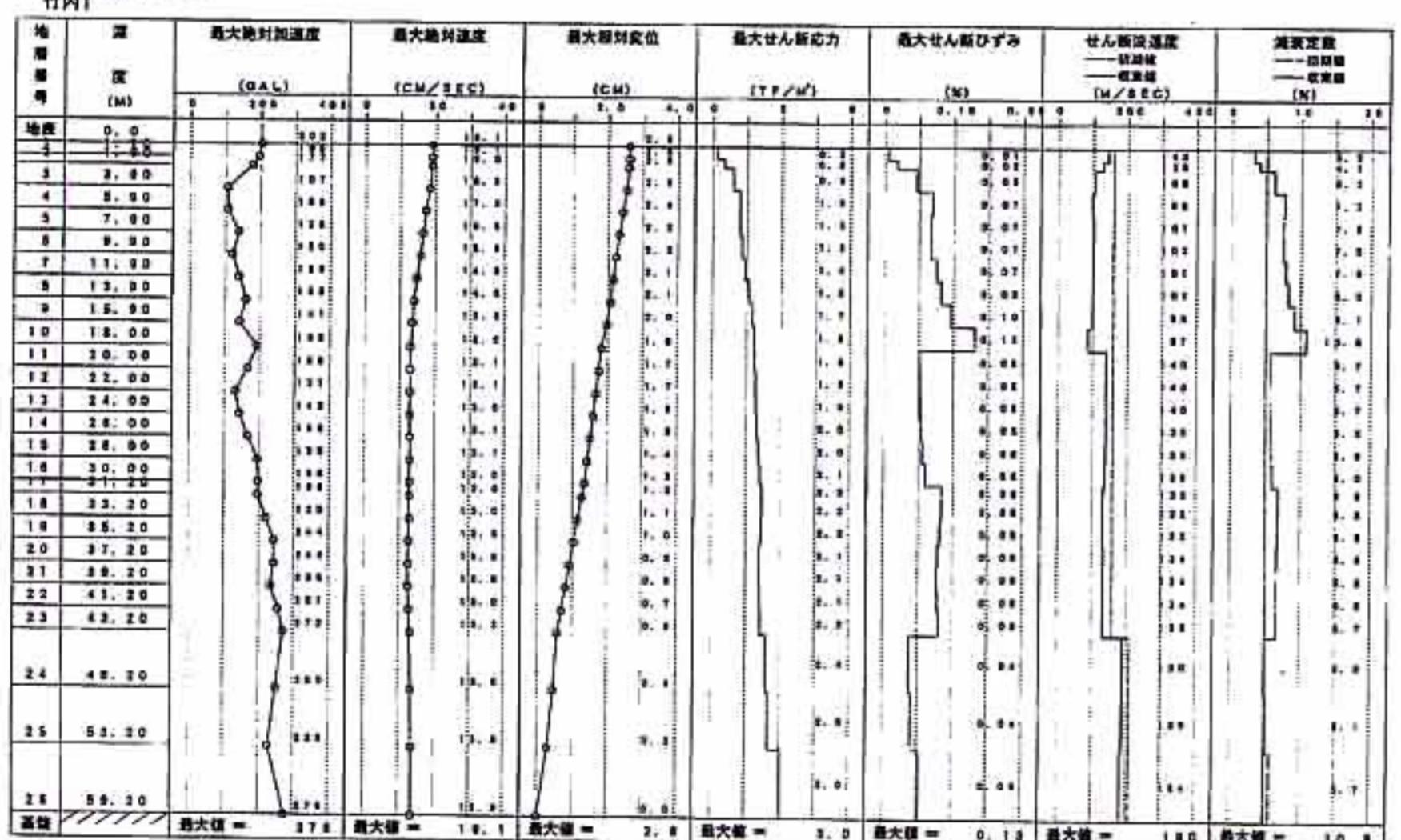


図6-1-3.1(5) 液状化の判定を行う必要がある土の粒径分布



最大応答値分布図

竹内
tottoriken-seibu
竹内



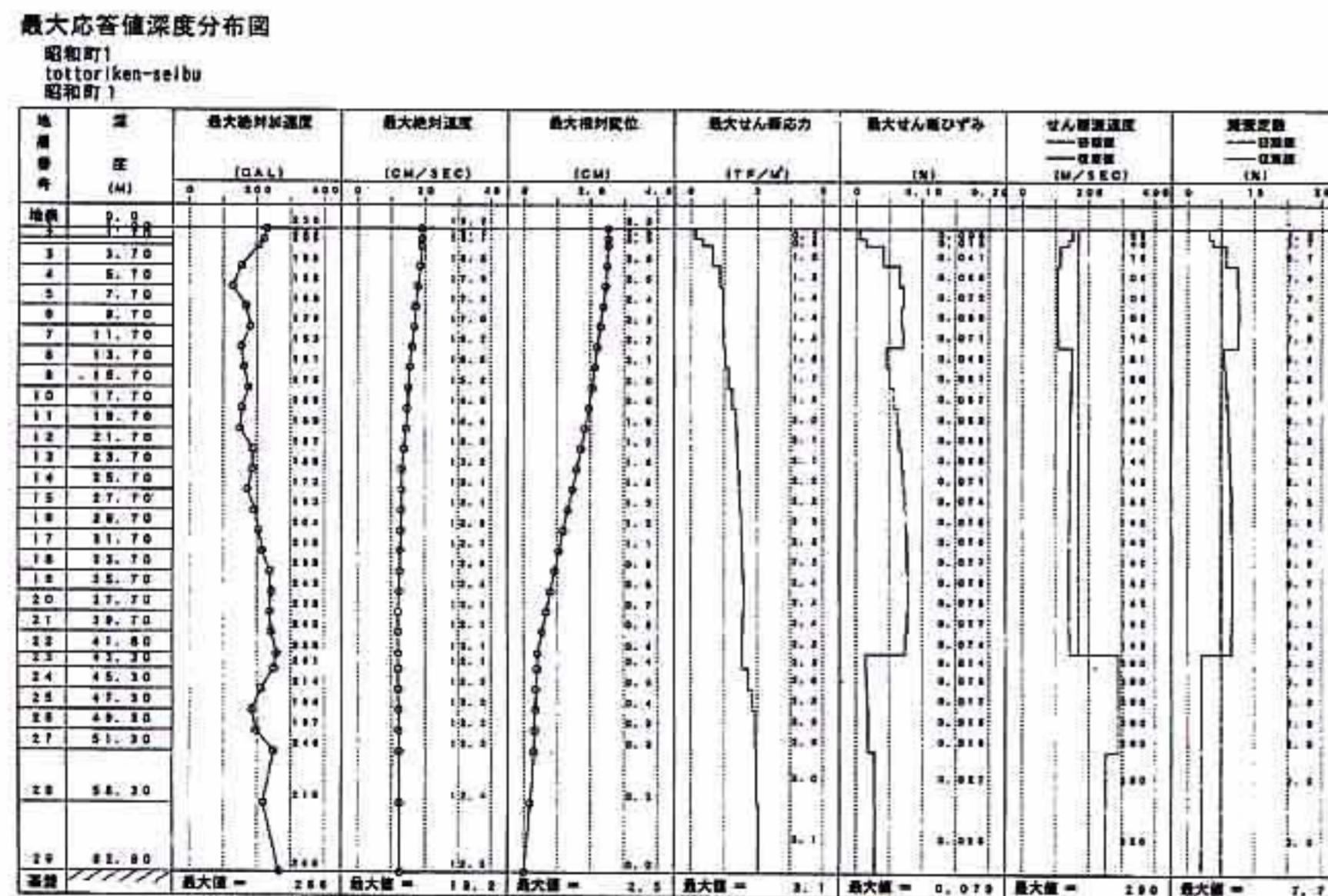
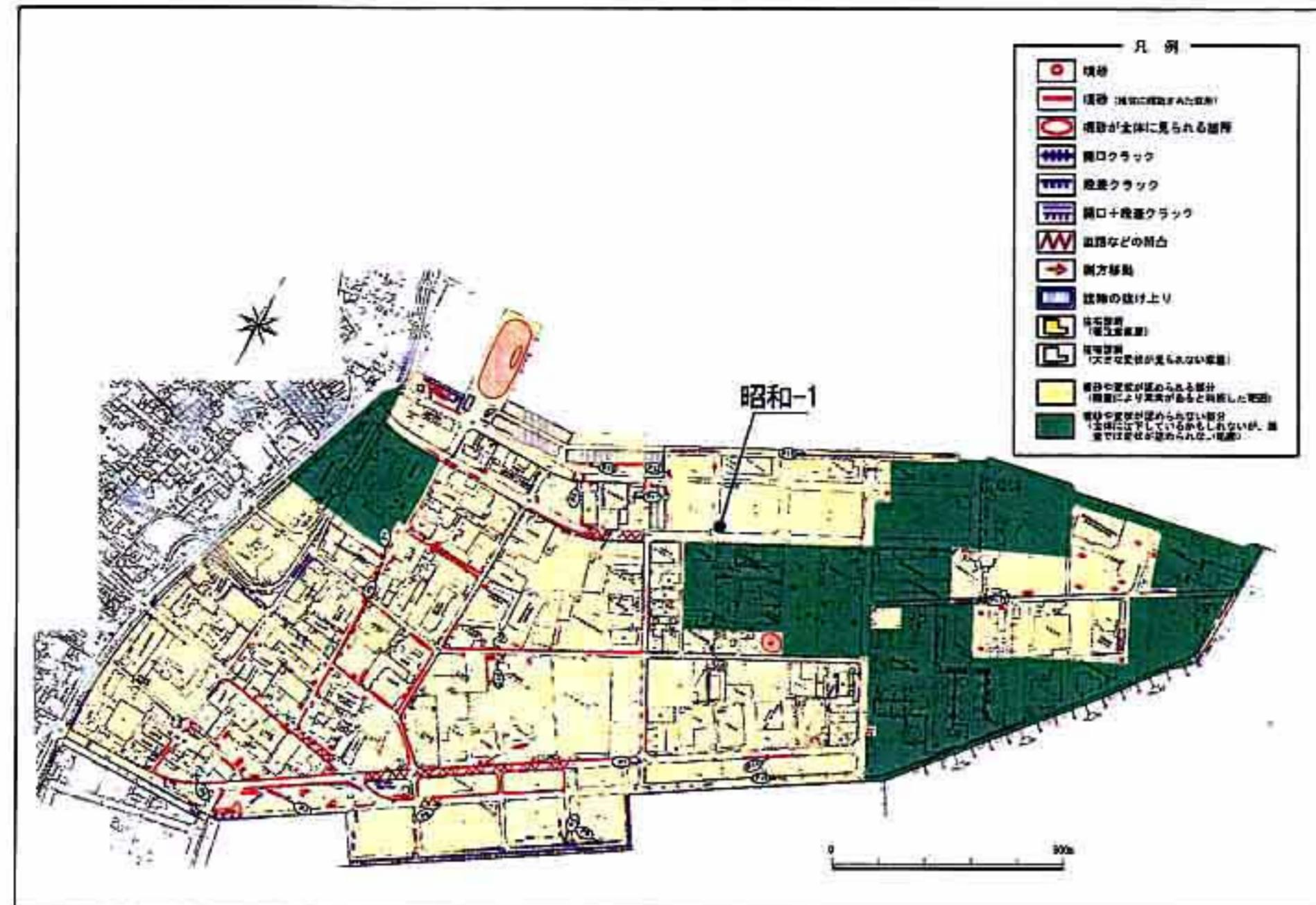
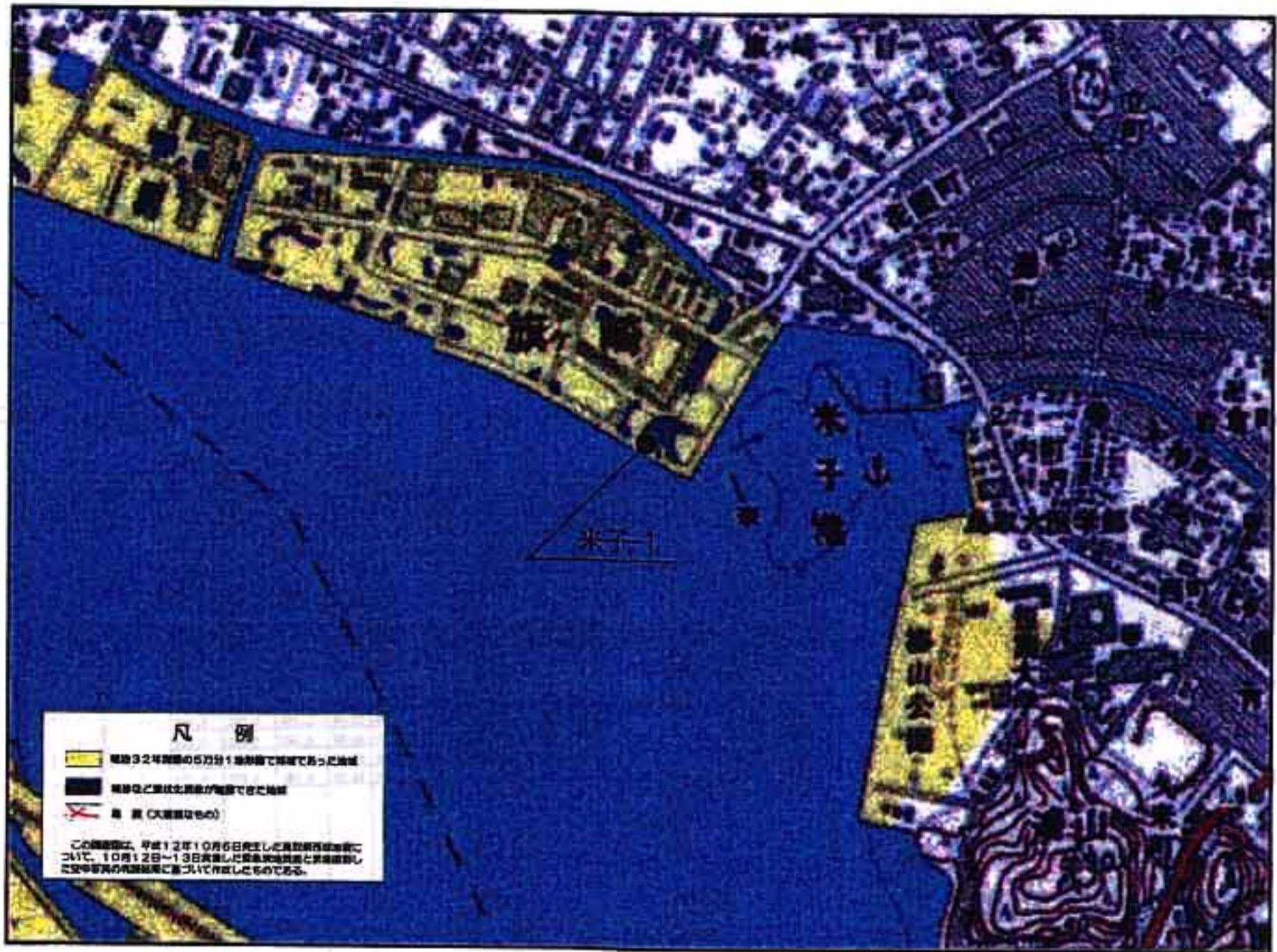


図6-1-3. 4(1) 被害状況と一次元応答計算結果図(昭和工業団地)

図6-1-3. 4(2) 液状化判定結果図(昭和工業団地)



最大応答値深度分布図

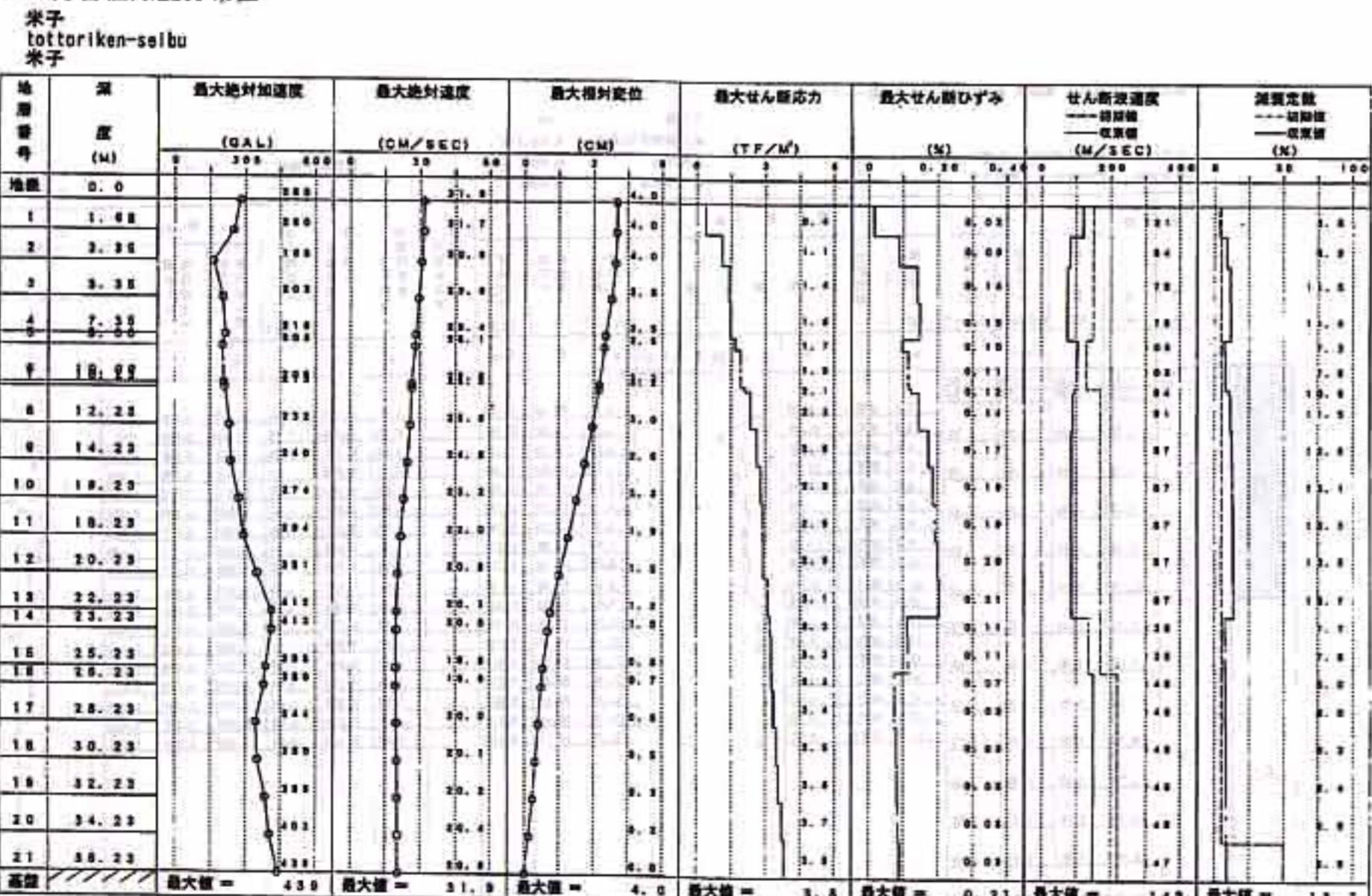


図6-1-3. 5(1) 被害状況と一次元応答計算結果図(旗ヶ崎工業団地)

魚底名 李子一 產地桂

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

This figure is a seismic response spectrum graph for the Tottori-ken Seibu area. It displays six data series for 19 different sites, each represented by a vertical line with data points. The x-axis represents frequency in Hertz (Hz), ranging from 0 to 3.0. The y-axis represents response amplitude.

- Maximum Absolute Acceleration (GAL):** Values range from 0.0 to 3.87 Hz⁻¹.
- Maximum Absolute Velocity (CM/SEC):** Values range from 0 to 23.8 CM/SEC.
- Maximum Relative Displacement (CM):** Values range from 0 to 2.5 CM.
- Maximum Shear Stress (T.F./M²):** Values range from 0 to 3.8 T.F./M².
- Maximum Shear Strain (N):** Values range from 0 to 0.13 N.
- Shear Wave Velocity (M/SEC):** Values range from 0 to 24.6 M/SEC.

The legend indicates three types of spectra:

- 初期震 (Initial震): Represented by a dashed line.
- 終震 (Final震): Represented by a solid line.
- 現実震 (Actual震): Represented by a dotted line.

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)

地點名	崎津工業団地										P.L値	2.16
基準名	建築基礎構造設計指針										水の単位体積量	1.00 (t/m ³)
判定方法	地盤面設計用水平加速度と、実測N値										上部荷重	0.00 (t/m ²)
											使用年数	7~5 年
											設計加速度	172.00 (gal)
											マグニチュード	7.3
											(注) (1) 判定外	
標 高 付 合 (m)	基 準 高 (m)	地 盤 種 類 別 号 碼 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100 101 102 103 104 105 106 107 108 109 110 111 112 113 114 115 116 117 118 119 120 121 122 123 124 125 126 127 128 129 130 131 132 133 134 135 136 137 138 139 140 141 142 143 144 145 146 147 148 149 150 151 152 153 154 155 156 157 158 159 160 161 162 163 164 165 166 167 168 169 170 171 172 173 174 175 176 177 178 179 180 181 182 183 184 185 186 187 188 189 190 191 192 193 194 195 196 197 198 199 200 201 202 203 204 205 206 207 208 209 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021 2022 2023 2024 2025 2026 2027 2028 2029 2030 2031 2032 2033 2034 2035 2036 2037 2038 2039 2040 2041 2042 2043 2044 2045 2046 2047 2048 2049 2050 2051 2052 2053 2054 2055 2056 2057 2058 2059 2060 2061 2062 2063 2064 2065 2066 2067 2068 2069 2070 2071 2072 2073 2074 2075 2076 2077 2078 2079 2080 2081 2082 2083 2084 2085 2086 2087 2088 2089 2090 2091 2092 2093 2094 2095 2096 2097 2098 2099 20100 20101 20102 20103 20104 20105 20106 20107 20108 20109 20110 20111 20112 20113 20114 20115 20116 20117 20118 20119 20120 20121 20122 20123 20124 20125 20126 20127 20128 20129 20130 20131 20132 20133 20134 20135 20136 20137 20138 20139 20140 20141 20142 20143 20144 20145 20146 20147 20148 20149 20150 20151 20152 20153 20154 20155 20156 20157 20158 20159 201510 201511 201512 201513 201514 201515 201516 201517 201518 201519 201520 201521 201522 201523 201524 201525 201526 201527 201528 201529 201530 201531 201532 201533 201534 201535 201536 201537 201538 201539 201540 201541 201542 201543 201544 201545 201546 201547 201548 201549 201550 201551 201552 201553 201554 201555 201556 201557 201558 201559 201560 201561 201562 201563 201564 201565 201566 201567 201568 201569 201570 201571 201572 201573 201574 201575 201576 201577 201578 201579 201580 201581 201582 201583 201584 201585 201586 201587 201588 201589 201590 201591 201592 201593 201594 201595 201596 201597 201598 201599 2015100 2015101 2015102 2015103 2015104 2015105 2015106 2015107 2015108 2015109 2015110 2015111 2015112 2015113 2015114 2015115 2015116 2015117 2015118 2015119 2015120 2015121 2015122 2015123 2015124 2015125 2015126 2015127 2015128 2015129 2015130 2015131 2015132 2015133 2015134 2015135 2015136 2015137 2015138 2015139 2015140 2015141 2015142 2015143 2015144 2015145 2015146 2015147 2015148 2015149 2015150 2015151 2015152 2015153 2015154 2015155 2015156 2015157 2015158 2015159 2015160 2015161 2015162 2015163 2015164 2015165 2015166 2015167 2015168 2015169 2015170 2015171 2015172 2015173 2015174 2015175 2015176 2015177 2015178 2015179 2015180 2015181 2015182 2015183 2015184 2015185 2015186 2015187 2015188 2015189 2015190 2015191 2015192 2015193 2015194 2015195 2015196 2015197 2015198 2015199 2015200 2015201 2015202 2015203 2015204 2015205 2015206 2015207 2015208 2015209 2015210 2015211 2015212 2015213 2015214 2015215 2015216 2015217 2015218 2015219 2015220 2015221 2015222 2015223 2015224 2015225 2015226 2015227 2015228 2015229 2015230 2015231 2015232 2015233 2015234 2015235 2015236 2015237 2015238 2015239 2015240 2015241 2015242 2015243 2015244 2015245 2015246 2015247 2015248 2015249 2015250 2015251 2015252 2015253 2015254 2015255 2015256 2015257 2015258 2015259 2015260 2015261 2015262 2015263 2015264 2015265 2015266 2015267 2015268 2015269 2015270 2015271 2015272 2015273 2015274 2015275 2015276 2015277 2015278 2015279 2015280 2015281 2015282 2015283 2015284 2015285 2015286 2015287 2015288 2015289 2015290 2015291 2015292 2015293 2015294 2015295 2015296 2015297 2015298 2015299 2015300 2015301 2015302 2015303 2015304 2015305 2015306 2015307 2015308 2015309 2015310 2015311 2015312 2015313 2015314 2015315 2015316 2015317 2015318 2015319 2015320 2015321 2015322 2015323 2015324 2015325 2015326 2015327 2015328 2015329 2015330 2015331 2015332 2015333 2015334 2015335 2015336 2015337 2015338 2015339 2015340 2015341 2015342 2015343 2015344 2015345 2015346 2015347 2015348 2015349 2015350 2015351 2015352 2015353 2015354 2015355 2015356 2015357 2015358 2015359 2015360 2015361 2015362 2015363 2015364 2015365 2015366 2015367 2015368 2015369 2015370 2015371 2015372 2015373 2015374 2015375 2015376 2015377 2015378 2015379 2015380 2015381 2015382 2015383 2015384 2015385 2015386 2015387 2015388 2015389 2015390 2015391 2015392 2015393 2015394 2015395 2015396 2015397 2015398 2015399 2015400 2015401 2015402 2015403 2015404 2015405 2015406 2015407 2015408 2015409 2015410 2015411 2015412 2015413 2015414 2015415 2015416 2015417 2015418 2015419 2015420 2015421 2015422 2015423 2015424 2015425 2015426 2015427 2015428 2015429 2015430 2015431 2015432 2015433 2015434 2015435 2015436 2015437 2015438 2015439 2015440 2015441 2015442 2015443 2015444 2015445 2015446 2015447 2015448 2015449 2015450 2015451 2015452 2015453 2015454 2015455 2015456 2015457 2015458 2015459 2015460 2015461 2015462 2015463 2015464 2015465 2015466 2015467 2015468 2015469 2015470 2015471 2015472 2015473 2015474 2015475 2015476 2015477 2015478 2015479 2015480 2015481 2015482 2015483 2015484 2015485 2015486 2015487 2015488 2015489 2015490 2015491 2015492 2015493 2015494 2015495 2015496 2015497 2015498 2015499 2015500 2015501 2015502 2015503 2015504 2015505 2015506 2015507 2015508 2015509 2015510 2015511 2015512 2015513 2015514 2015515 2015516 2015517 2015518 2015519 2015520 2015521 2015522 2015523 2015524 2015525 2015526 2015527 2015528 2015529 2015530 2015531 2015532 2015533 2015534 2015535 2015536 2015537 2015538 2015539 2015540 2015541 2015542 2015543 2015544 2015545 2015546 2015547 2015548 2015549 2015550 2015551 2015552 2015553 2015554 2015555 2015556 2015557 2015558 2015559 2015560 2015561 2015562 2015563 2015564 2015565 2015566 2015567 2015568 2015569 2015570 2015571 2015572 2015573 2015574 2015575 2015576 2015577 2015578 2015579 2015580 2015581 2015582 2015583 2015584 2015585 2015586 2015587 2015588 2015589 2015590 2015591 2015592 2015593 2015594 2015595 2015596 2015597 2015598 2015599 2015600 2015601 2015602 2015603 2015604 2015605 2015606 2015607 2015608 2015609 2015610 2015611 2015612 2015613 2015614 2015615 2015616 2015617 2015618 2015619 2015620 2015621 2015622 2015623 2015624 2015625 2015626 2015627 2015628 2015629 2015630 2015631 2015632 2015633 2015634 2015635 2015636 2015637 2015638 2015639 2015640 2015641 2015642 2015643 2015644 2015645 2015646 2015647 2015648 2015649 2015650 2015651 2015652 2015653 2015654 2015655 2015656 2015657 2015658 2015659 2015660 2015661 2015662 2015663 2015664 2015665 2015666 2015667 2015668 2015669 2015670 2015671 2015672 2015673 2015674 2015675 2015676 2015677 2015678 2015679 2015680 2015681 2015682 2015683 2015684 2015685 2015686 2015687 2015688 2015689 2015690 2015691 2015692 2015693 2015694 2015695 2015696 2015697 2015698 2015699 2015700 2015701 2015702 2015703 2015704 2015705 2015706 2015707 2015708 2015709 2015710 2015711 2015712 2015713 2015714 2015715 2015716 2015717 2015718 2015719 2015720 2015721 2015722 2015723 2015724 2015725 2015726 2015727 2015728 2015729 2015730 2015731 2015732 2015733 2015734 2015735 2015736 2015737 2015738 2015739 2015740 2015741 2015742 2015743 2015744 2015745 2015746 2015747 2015748 2015749 2015750 2015751 2015752 2015753 2015754 2015755 2015756 2015757 2015758 2015759 2015760 2015761 2015762 2015763 2015764 2015765 2015766 2015767 2015768 2015769 2015770 2015771 2015772 2015773 2015774 2015775 2015776 2015777 2015778 2015779 2015780 2015781 2015782 2015783 2015784 2015785 2015786 2015787 2015788 2015789 2015790 2015791 2015792 2015793 2015794 2015795 2015796 2015797 2015798 2015799 2015800 2015801 2015802 2015803 2015804 2015805 2015806 2015807 2015808 2015809 2015810 2015811 2015812 2015813 2015814 2015815 2015816 2015817 2015818 2015819 2015820 2015821 2015822 2015823 2015824 2015825 2015826 2015827 2015828 2015829 2015830 2015831 2015832 2015833 2015834 2015835 2015836 2015837 2015838 2015839 2015840 2015841 2015842 2015843 2015844 2015845 2015846 2015847 2015848 2015849 2015850 2015851 2015852 2015853 2015854 2015855 2015856 2015857 2015858 2015859 2015860 2015861 2015862 2015863 2015864 2015865 2015866 2015867 2015868 2015869 2015870 2015871 2015872 2015873 2015874 2015875 2015876 2015877 2015878 2015879 2015880 2015881 2015882 2015883 2015884 2015885 2015886 2015887 2015888 2015889 2015890 2015891 2015892 2015893 2015894 2015895 2015896 2015897 2015898 2015899 2015900 2015901 2015902 2015903 2015904 2015905 2015906 2015907 2015908 2015909 2015910 2015911 2015912 2015913 2015914 2015915 2015916 2015917 2015918 2015919 2015920 2015921 2015922 2015923 2015924 2015925 2015926 2015927 2015928 2015929 2015930 2015931 2015932 2015933 2015934 2015935 2015936 2015937 2015938 2015939 2015940 2015941 2015942 2015943 2015944 2015945 2015946 2015947 2015948 2015949 2015950 2015951 2015952 2015953 2015954 2015955 2015956 2015957 2015958 2015959 2015960 2015961 2015962 2015963 2015964 2015965 2015966 2015967 2015968 2015969 2015970 2015971 2015972 2015973 2015974 2015975 2015976 2015977 2015978 2015979 2015980 2015981 2015982 2015983 2015984 2015985 2015986 2015987 2015988 2015989 2015990 2015991 2015992 2015993 2015994 2015995 2015996 2015997 2015998 2015999 20159999 201599999 2015999999 20159999999 201599999999 2015999999999 20159999999999 201599999999999 2015999999999999 20159999999999999 201599999999999999 2015999999999999999 20159999999999999999 201599999999999999999 2015999999999999999999 20159999999999999999999 201599999999999999999999 2015999999999999999999999 20159999999999999999999999 201599999999999999999999999 2015999999999999999999999999 20159999999999999999999999999 201599999999999										

基準名 道路標示方書・同解説(タイプⅡ)
規格名

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	島根県東部	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(1990)、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。

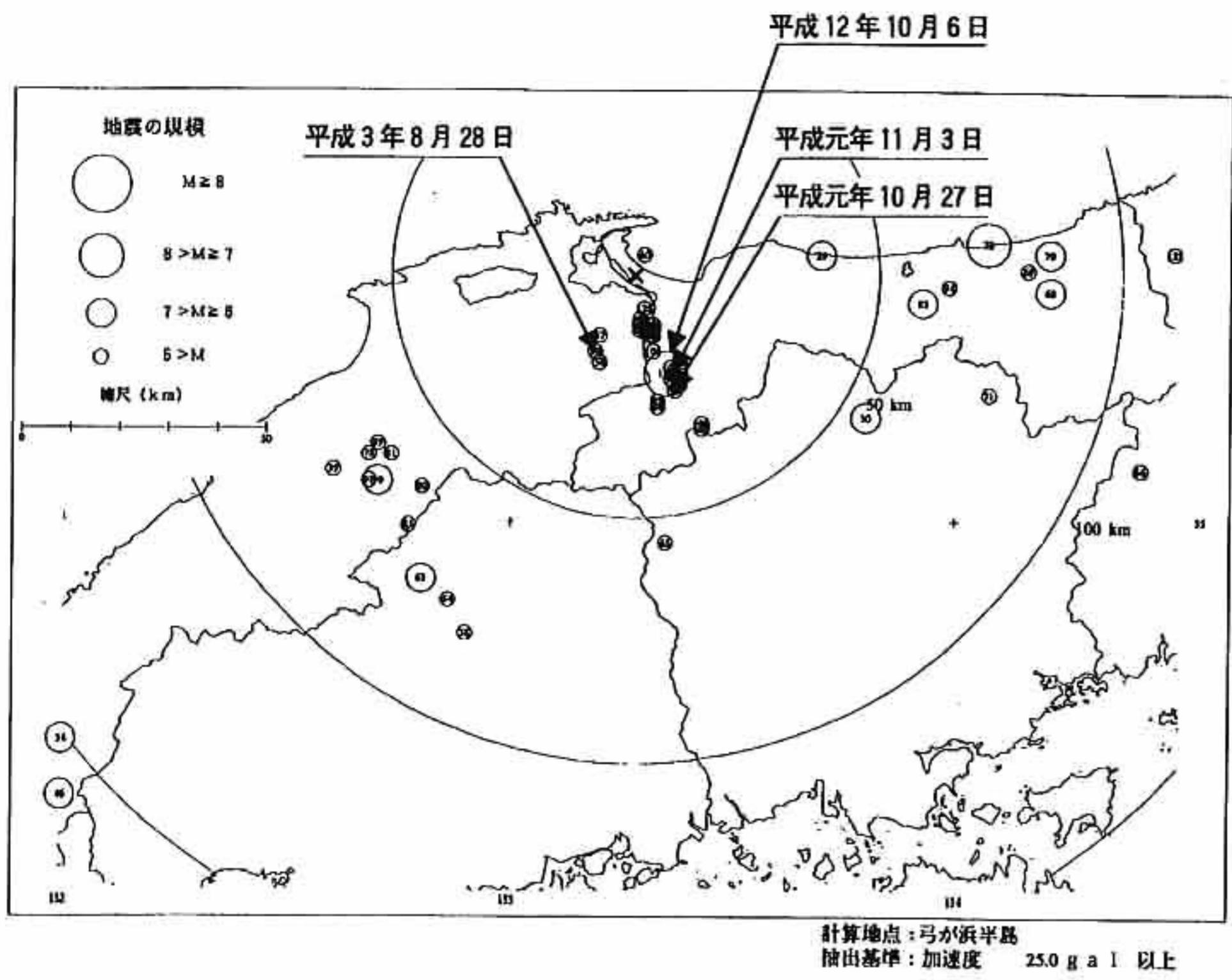


図6-1-4. 1 影響地震の震央分布

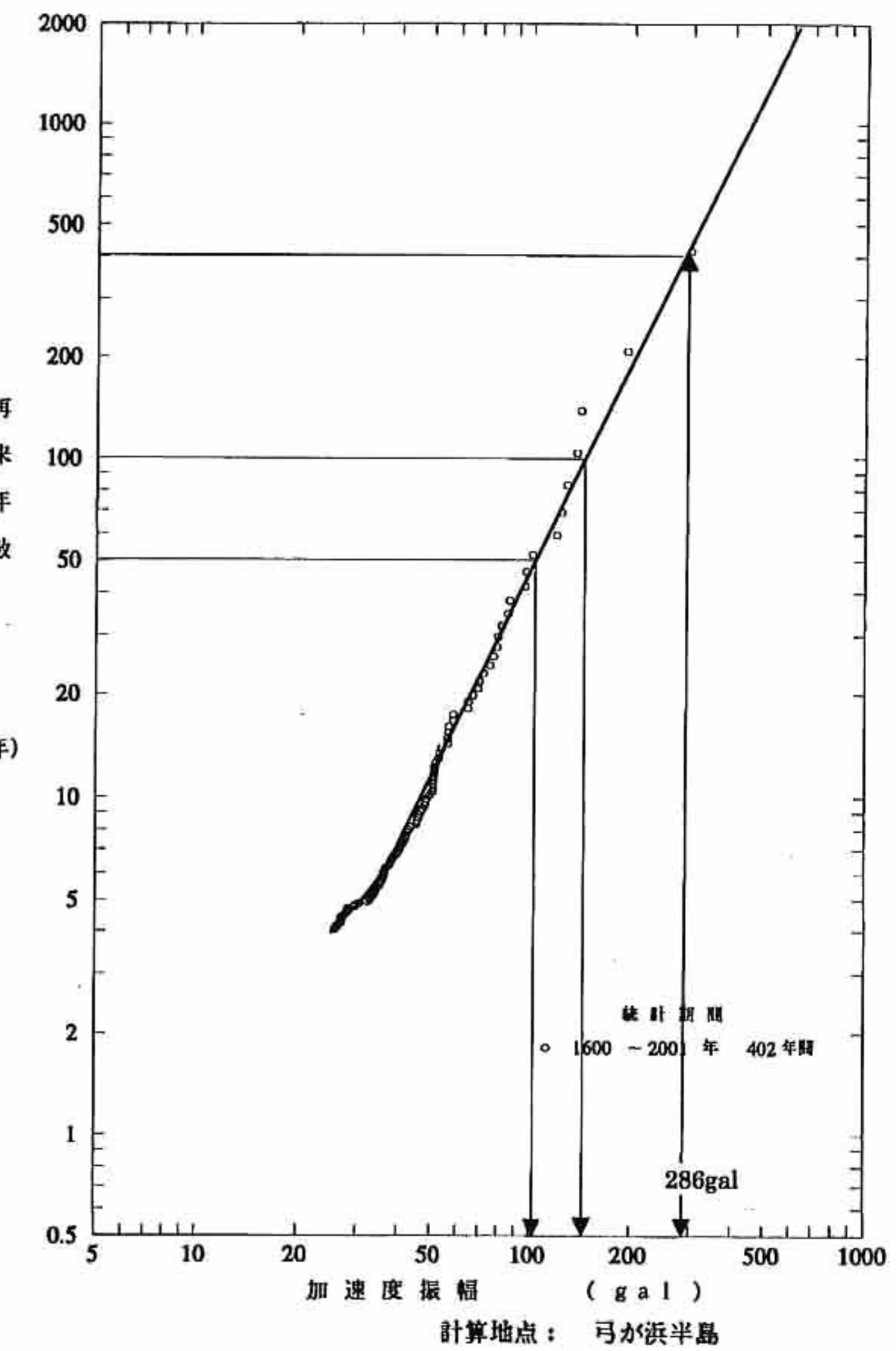


図6-1-4. 2 期待値分析結果

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いる（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）を求めるとき 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ている。

○ 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）を求めるとき 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。

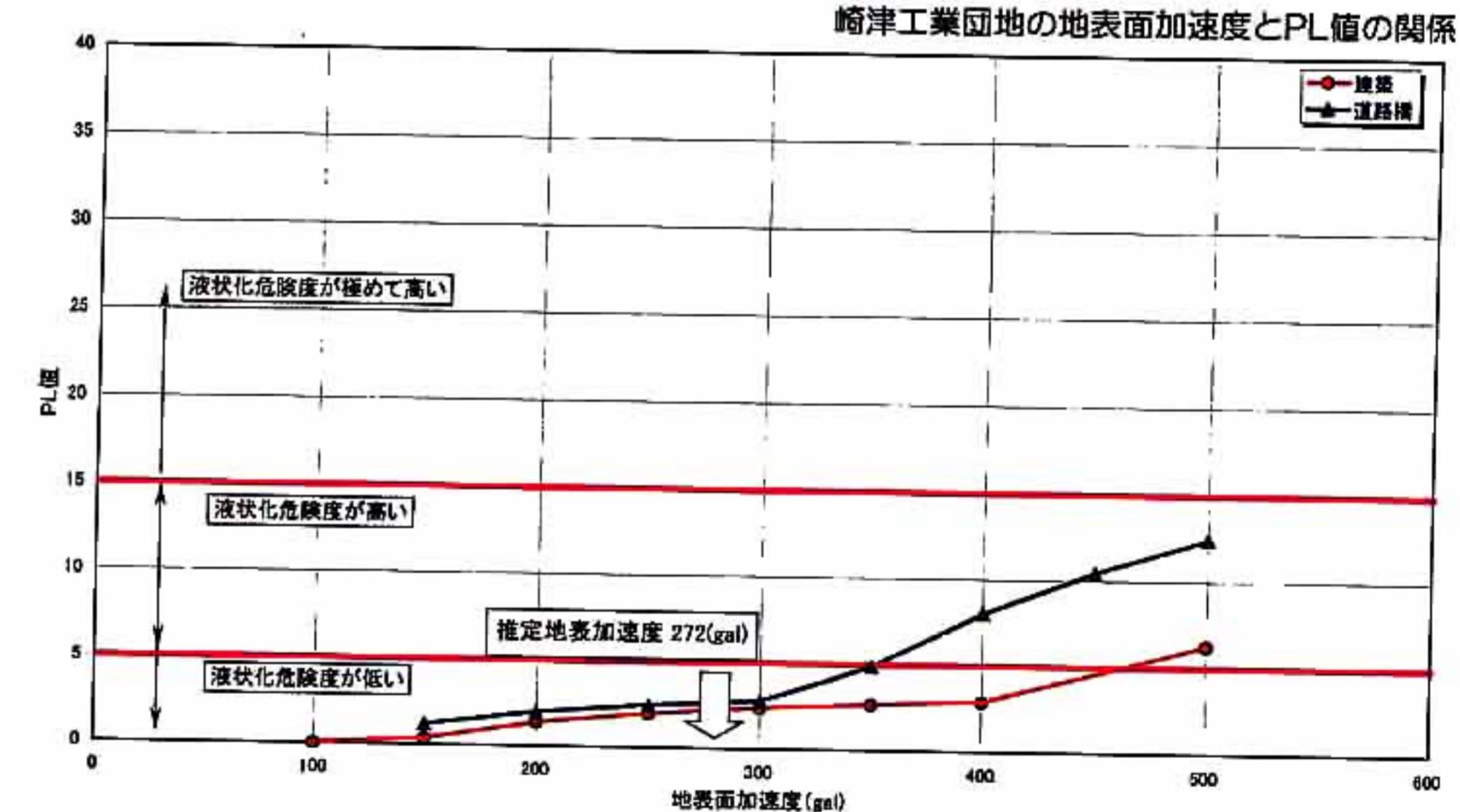
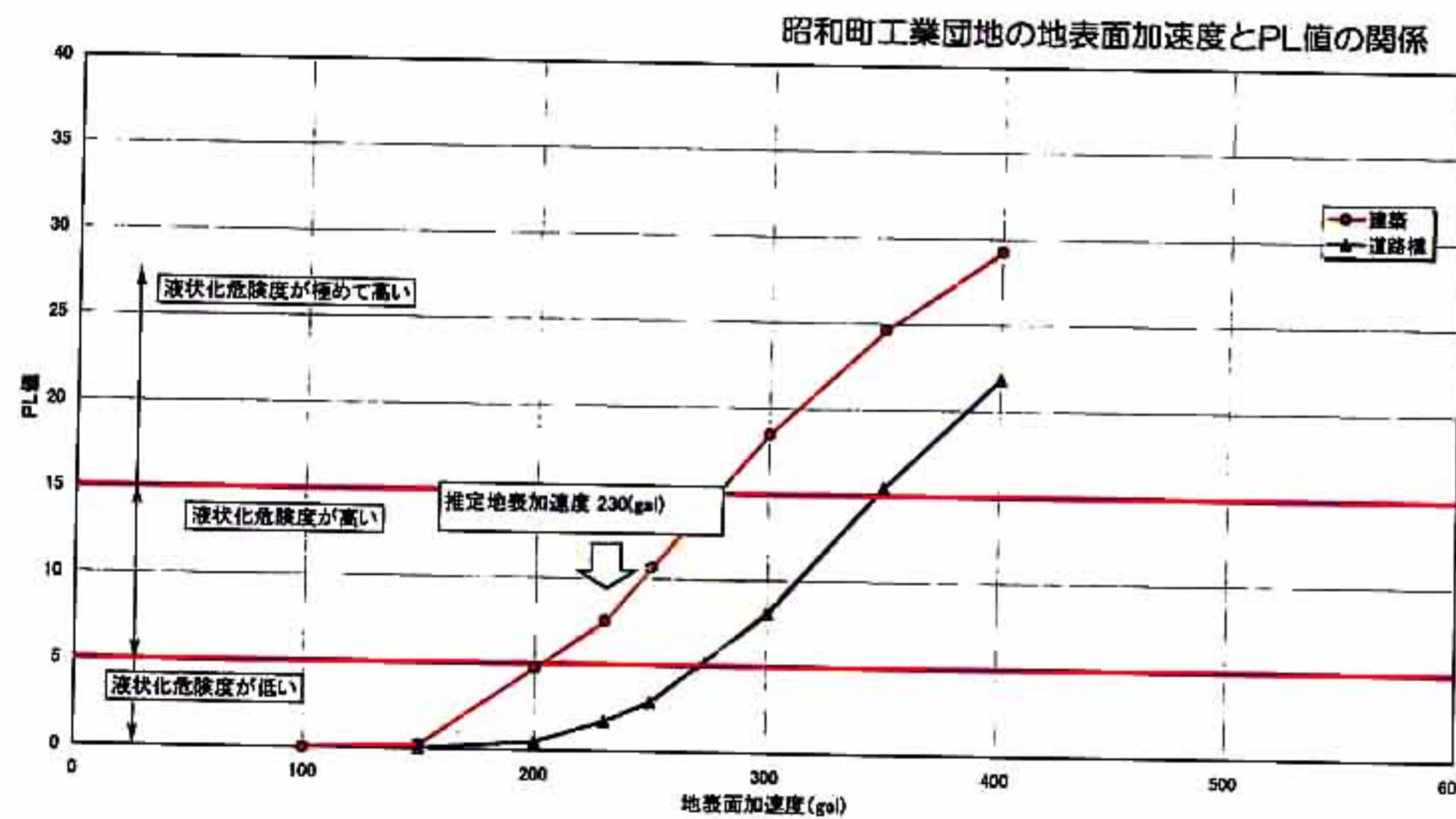
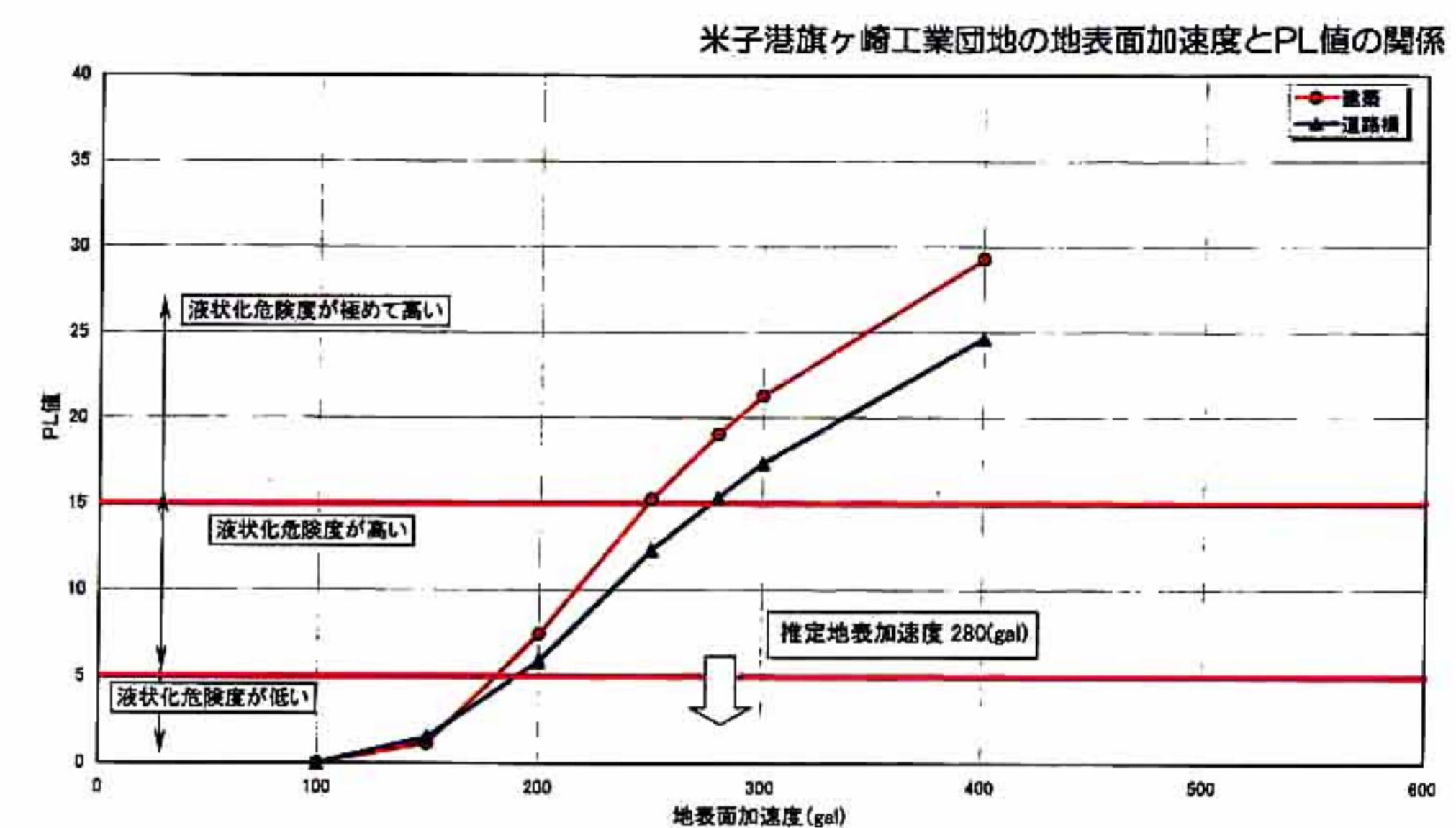
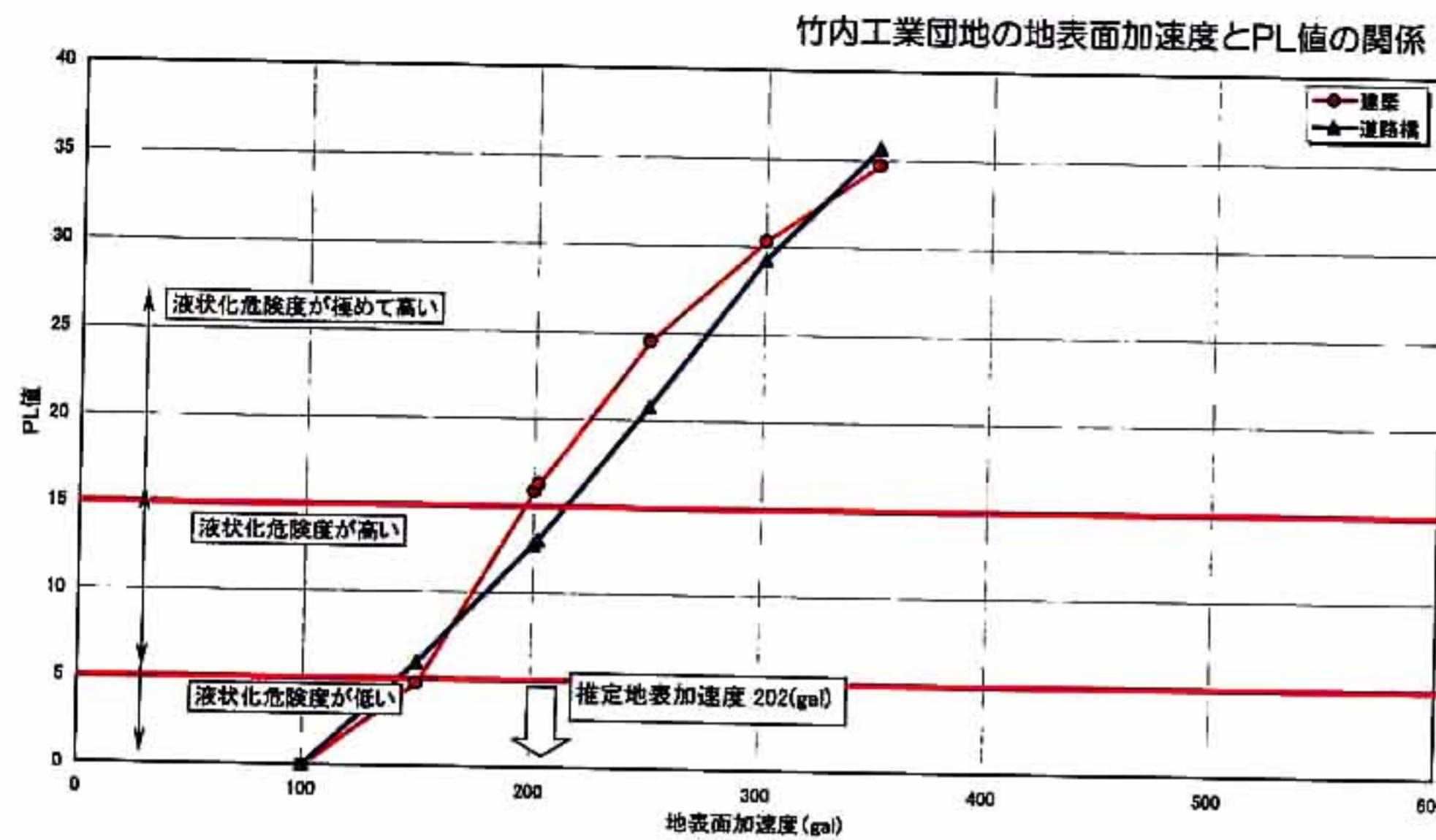


図6-1-5. 1(a) 液状化指数PL計算結果

図6-1-5. 1(b) 液状化指数PL計算結果