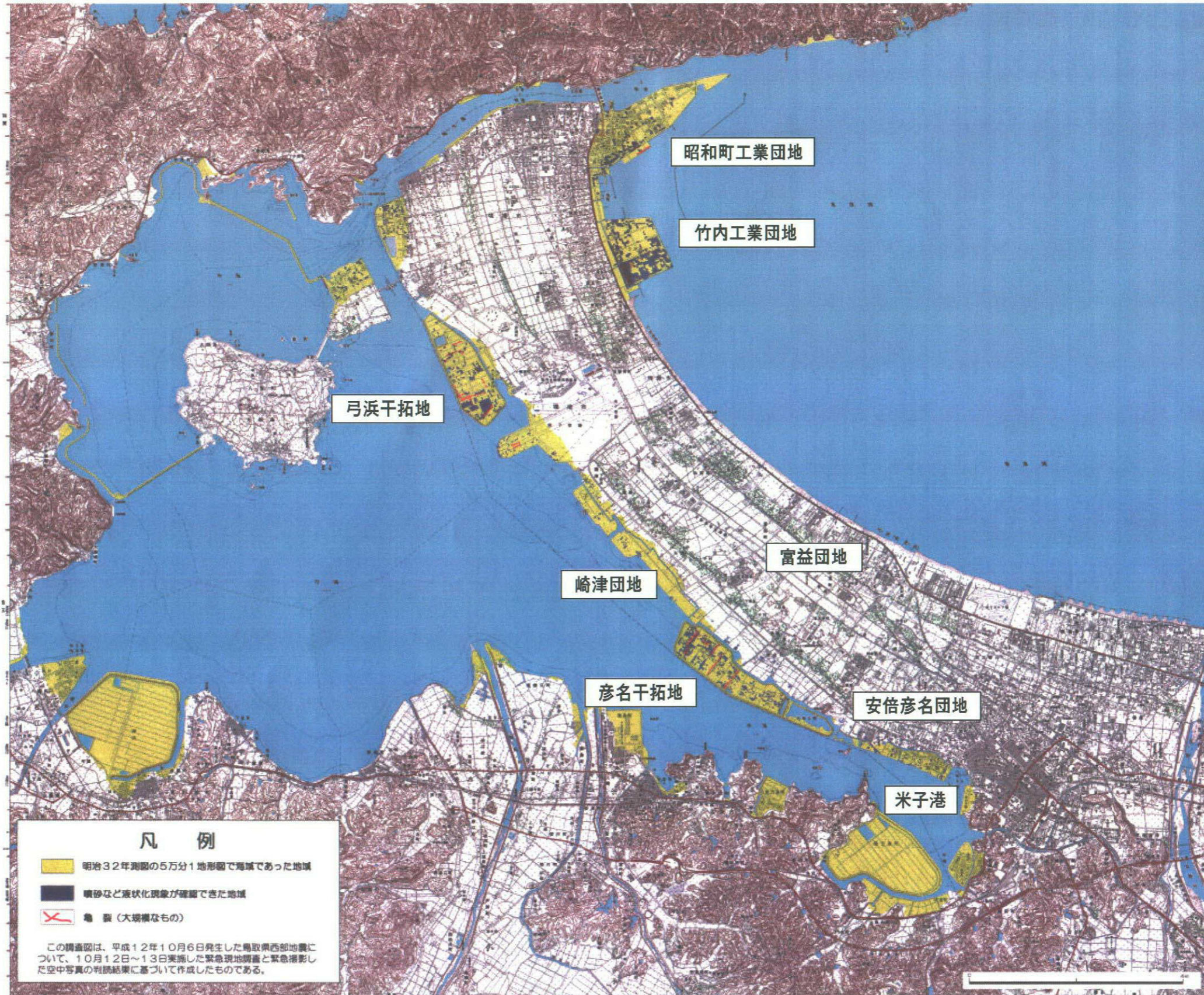


弓ヶ浜半島液状化対策研究会

報 告 書

平成 13 年 3 月

鳥 取 県



案内図（鳥取県西部地震液状化被害調査図 国土地理院：平成12年11月作成に加筆）

目 次

1. 弓ヶ浜半島液状化対策研究会の経緯・・・・・・・・・・ 1-1

2. 弓ヶ浜半島の地形・地質概要・・・・・・・・・・ 2-1

3. 各地区の液状化による被害状況・・・・・・・・・・ 3-1

 3-1 竹内工業団地・・・・・・・・・・ 3-1

 3-2 昭和町工業団地・・・・・・・・・・ 3-12

 3-3 富益団地・・・・・・・・・・ 3-17

 3-4 崎津団地・・・・・・・・・・ 3-22

 3-5 安倍彦名団地・・・・・・・・・・ 3-27

 3-6 弓浜干拓地・・・・・・・・・・ 3-33

 3-7 彦名干拓地・・・・・・・・・・ 3-37

 3-8 米子港・・・・・・・・・・ 3-41

4. 対象区域における地震動・・・・・・・・・・ 4-1

 4-1 地震の概要・・・・・・・・・・ 4-1

 4-2 最大加速度分布および震度分布・・・・・・・・・・ 4-2

 4-3 加速度波形・・・・・・・・・・ 4-3

5. 今回の地震に伴う液状化現象のメカニズム・・・・・・・・・・ 5-1

 5-1 工学的地震基盤面における地震動の推定・・・・・・・・・・ 5-1

 5-2 地表面加速度の再現・・・・・・・・・・ 5-7

 5-3 今回の地震による液状化程度の検証・・・・・・・・・・ 5-10

 5-4 弓ヶ浜半島の地震環境・・・・・・・・・・ 5-24

 5-5 当地震による液状化の特徴・・・・・・・・・・ 5-27

6. 今回の地震による地盤の液状化強度の増加度合いの検討・・・・・・・・・・ 6-1

 6-1 代表地点における地震前後ボーリング調査結果の比較・・・・・・・・・・ 6-1

 6-2 過去の地震で得られた再液状化に対する知見・・・・・・・・・・ 6-1

7. 再度地震が発生した場合の液状化の想定・・・・・・・・・・ 7-1

 7-1 代表地点での限界加速度の検討・・・・・・・・・・ 7-1

 7-2 竹内団地の液状化判定・・・・・・・・・・ 7-5

 7-3 面的な発生区域の推定・・・・・・・・・・ 7-6

8. 地域別の標準的な液状化対策工法の検討・・・・・・・・・・ 8-1

 8-1 液状化対策工法の考え方・・・・・・・・・・ 8-1

 8-2 地域別の標準的な液状化対策工法の提案・・・・・・・・・・ 8-6

9. 鳥取県全域の液状化の可能性についての検討・・・・・・・・・・ 9-1

 9-1 鳥取県地域防災計画での液状化危険予想地域・・・・・・・・・・ 9-1

 9-2 鳥取県全域での液状化予測方法の提案・・・・・・・・・・ 9-1

 9-3 弓ヶ浜半島での液状化予測結果の検証・・・・・・・・・・ 9-3

 9-4 鳥取県全域での液状化予測について・・・・・・・・・・ 9-6

 9-5 鳥取県全域での液状化についての今後の取り組みについて・・・・・・・・・・ 9-6

10. まとめ・・・・・・・・・・ 10-1

<巻末資料>

巻末資料-1：液状化を生じた各地区の埋立履歴

- 1-1 竹内工業団地
- 1-2 昭和町工業団地
- 1-3 富益団地
- 1-4 崎津団地
- 1-5 安倍彦名団地
- 1-6 弓浜干拓地
- 1-7 彦名干拓地
- 1-8 米子港

巻末資料-2：竹内工業団地の液状化判定結果

- 2-1 液状化判定した調査ボーリング位置
- 2-2 液状化判定結果 (B-12-1~B-12-14 地点)

1. 弓ヶ浜半島液状化対策研究会の経緯

1-1 研究会の目的

平成12年10月6日13時30分頃、鳥取県米子市南方を震源とするM7.3、震源の深さ10kmの地震が発生した。震源に近い山間地の日野町や溝口町、島根県伯太町などでは、家屋の損傷や崖崩れが多数発生し、道路、鉄道など交通網やライフラインにも大きな被害をもたらした。

また、境港市や米子市などの弓ヶ浜半島では、家屋の損傷に加えて臨海部の埋立地や干拓地では地盤の液状化が広範囲で発生し、住宅や道路施設のほか、流通・港湾施設、農地や農地施設などに甚大な被害が発生した。

弓ヶ浜液状化研究会では、鳥取県西部地震に伴い発生した弓ヶ浜半島の液状化現象による公共施設、住宅、農地災害等についての被災状況や被災の要因などを整理したうえで、災害を受けた地域の液状化対策についてとりまとめた。また、弓ヶ浜半島における液状化の実態を参考として、鳥取県全域における今後の液状化発生の可能性について地表の微地形区分をもとにして評価した。

なお、液状化対策については、現時点で得られている限られた情報をもとに検討したものであり、実際には詳細な地盤調査結果および構造形式により異なる対策工法が選定される場合もあり得るので留意する必要がある。また、鳥取県全域の液状化可能性については、全県を対象とするため最も簡易かつマクロ的な手法で評価したものであり、詳細はボーリング資料などの土質状況を踏まえた評価が必要である。

1-2 研究会の構成

当研究会の委員の構成は、下表に示すとおりである。

所属	職名等	氏名	備考
国土交通省土木研究所	動土質研究室長	松尾 修	副議長
国土交通省建築研究所	第3研究部基礎研究室長	田村 昌仁	
国土交通省港湾技術研究所	土質部動土質研究室長	山崎 浩之	
鳥取大学	工学部教授	西田 良平	議長
	工学部助教授	清水 正喜	
	工学部助教授	藤村 尚	
応用地質株式会社	技術本部長	若松 幹男	
日本工営株式会社	コンサルタント国内事業本部事業推進室長	吉田 保	
鳥取県土木部	土木部長	渡口 潔	
	土木部次長	前田 八壽彦	
	土木部参事監	大野 正人	
	土木部参事監	砺波 匡	
	農林水産部長	谷口 興治	
	企業局次長	近藤 光	

1-3 研究会の活動状況

本研究会は、平成12年12月に第1回の研究会を開催し、平成13年3月の第3回研究会をもって終了した。その主な討議・検討内容は以下のとおりである。

研究会	開催日	討議内容
第1回	平成12年12月22日	<現地視察> ・ 議長・副議長の選出 ・ 研究会の検討内容 ・ 鳥取県西部地震の概要 ・ 弓ヶ浜半島の地形・地質概要 ・ 液状化を起こした各地区の状況
第2回	平成13年1月31日	・ 今回の地震に伴う液状化現象のメカニズム ・ 今回の地震による地盤の液状化強度の増加度合い ・ 再度液状化が起こった場合の液状化地域の想定
第3回	平成13年3月14日	・ 鳥取県全域の液状化可能性について ・ 地域別の標準的な液状化対策工の提案 ・ 研究会報告書について

2. 弓ヶ浜半島の地形・地質概要

2-1. 地形概要

米子市から境港市に至る弓ヶ浜半島は、日野川から流れる土砂が堆積してできた全長 18km、幅 4km の砂州である。地形的には、西側の中海側が内浜、中間が中浜、美保湾側の外浜に区分される。内浜では砂州の上に新砂丘がよく発達し、米子市彦名町では海拔 20m を超える厚さとなる。中浜、外浜では砂丘はごく少なく、規模も小さい。砂丘の高度は全般的に言って日野川より高く、北端部では低くなっている。

また、農業用地、工業用地拡充を目的として埋め立て、干拓が行われてきているが、美保湾側は大半が自然海浜であるのに対して、中海側は埋立、干拓による造成地が多い。

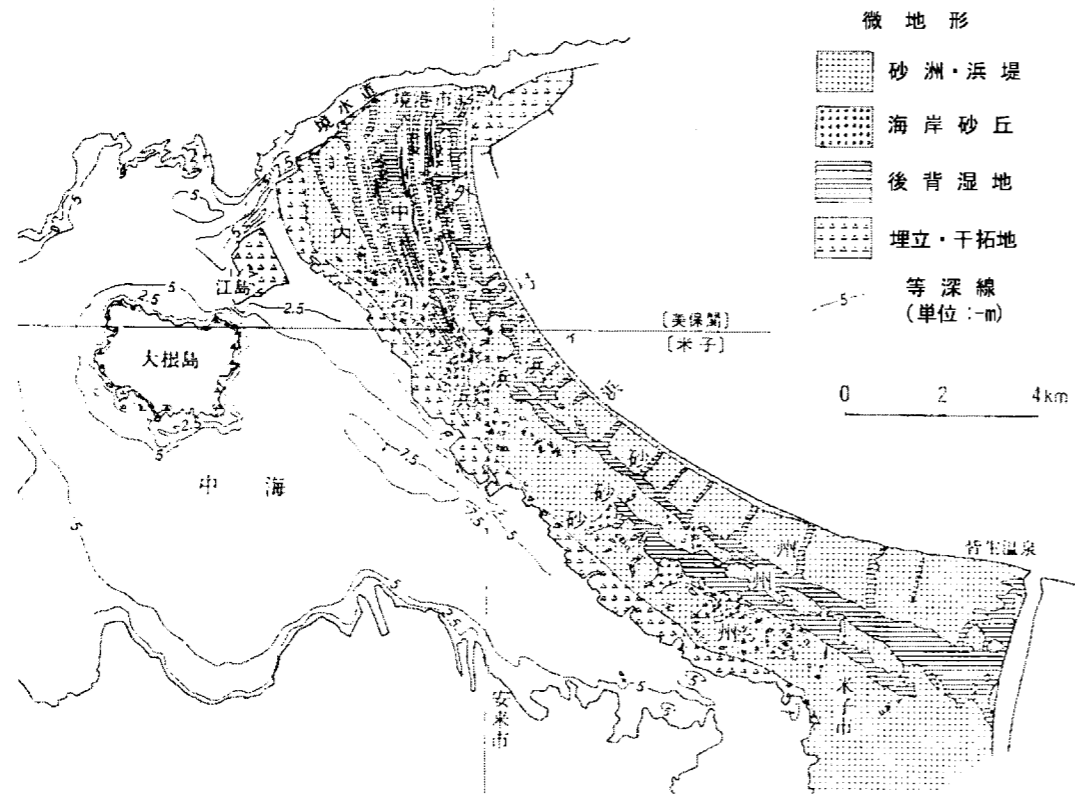


図2-1 弓ヶ浜半島の微地形
 (「松江地域の地質」：鹿野ほか、1993.)

2-2. 地質概要

図2-2に「鳥取県地盤図」より抜粋して、弓ヶ浜半島の外浜部分の断面図(A~A')ならびに、半島縦断方向の断面図(B~B')を示した。

地表より、

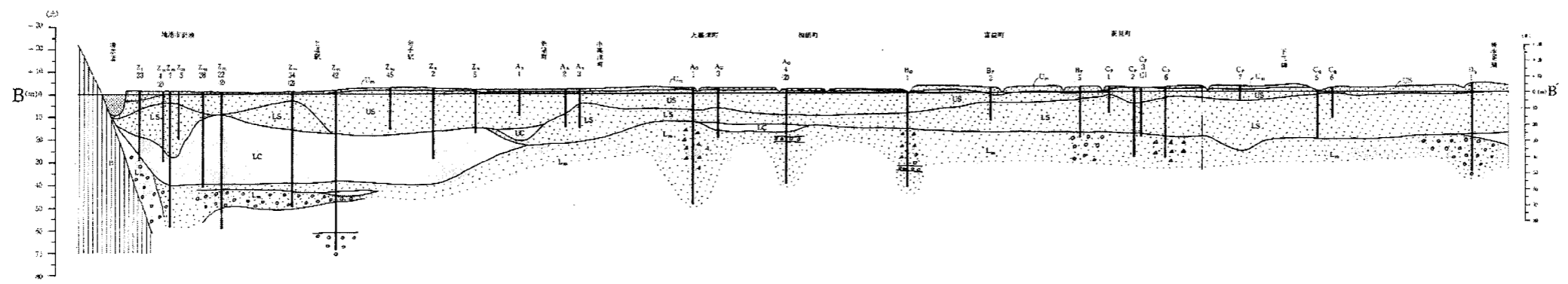
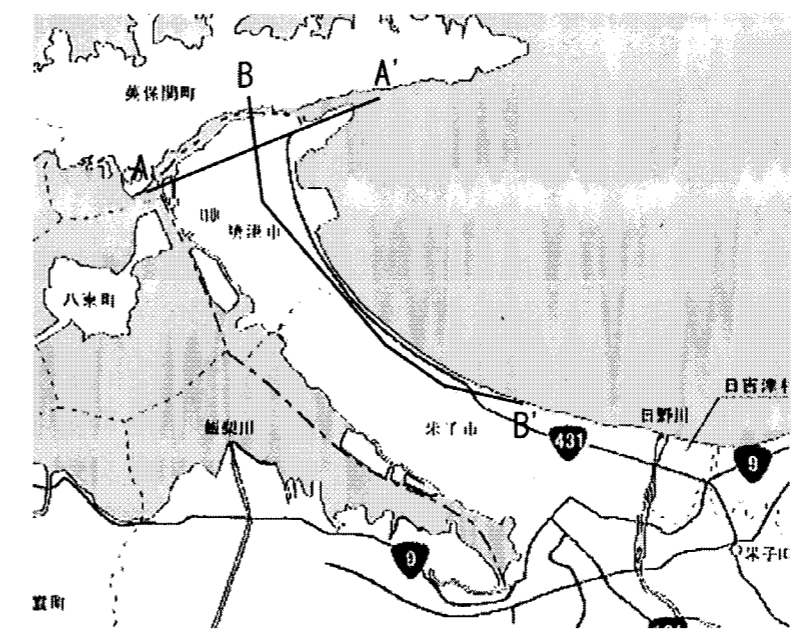
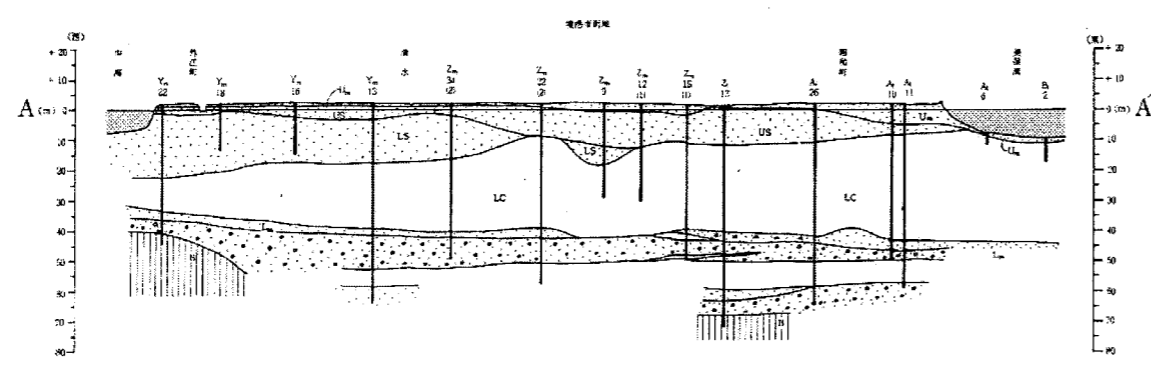
- ・ 最上部砂層Um
- ・ 沖積砂層US
- ・ 洪積新規砂層LS
- ・ 洪積最下部層Lm

の順に堆積しており、上部粘土層UCが堆積するのは、ごく限られた範囲である。砂丘の下底はUS層の上面に相当し、境界には湿地性植物の腐植土を含むことが多い。

外浜ではUm層US層は中～粗砂、LS層は均質な細砂である。内浜、中浜ではUm層、US層(砂丘砂も含む)、LS層はほとんど粒度が同じで均質な細砂である。砂丘の上面、Um層、US層の上部にはN<5のゆるい砂層が分布する。しかし、これらの地表近くのゆるい部分を除くと、USでN>10~15、LSでN>20と比較的締まった砂層であり、かなり重量のある構造物の支持層となっている。

また、最下部層Lmは、砂礫が主体で概ねN値>50と良好な支持地盤といえるが、竹内団地付近では、砂、泥、砂礫が互層をなし、N値>50を示すのは標高70m以深となるところもある。また、全体的に礫の混入の少なく砂質土主体のところでは、N値<50を示す場所もある。

なお、干拓、埋立地の土質は、一概には言えないが全般的に緩い状態にあり、今回に地震で液状化被害が発生したのは、こうした埋立、干拓地である。



凡例

- | | | | |
|--|----------|--|---------|
| | 海、河、湖沼 | | 最上層 |
| | 砂レンガ | | 上部砂レンガ層 |
| | 砂 | | 上部粘土層 |
| | 粘土、シルト | | 下部砂レンガ層 |
| | 基盤岩類 | | 下部粘土層 |
| | 凝灰質、浮石入り | | ローム層 |
| | 玉石入り | | 最下部層 |
| | | | 基盤岩類 |

図2-2 弓ヶ浜半島外浜部の地質断面図

3. 各地区の液状化による被害状況

本章では、平成12年鳥取西部地震に伴う液状化により被害の発生した5団地、2千拓堤防および米子港について、液状化分布や被災状況等をまとめた。各地区の地形・地質概要や地質構成及び被災状況と被災要因を以下に示す。

3-1. 竹内工業団地

竹内工業団地は、JR境線の境港駅の東南方約3.0kmで国道431号沿いに位置しており、約1.0km四方の総面積約128haの埋め立て地である。

1) 地形・地質概要

竹内工業団地は、中海と美保湾とを区切る弓ヶ浜砂州の美保湾側の北端部に位置している。弓ヶ浜砂州は、日野川左岸から中海と美保湾の間に突き出す全長18km、幅4km前後の砂州であり、砂州の先端は境水道を挟んで島根半島に迫っている。砂州全般は、標高TP+6m程度以下であり、ほとんどが砂からなる低平地であるが、砂州の上の砂丘はTP+20m程度を越えるものがある。竹内工業団地は、砂州の美保湾側で標高TP-10m程度付近までの所を埋め立てている。

中海臨海地帯は、後期中生代火山岩類と火山岩類に貫入した花崗岩類とを基盤岩とした第三紀層が広く発達する。第三紀層の上位は、第四紀層が不整合に覆っており、第四紀層の上部は沖積層が分布し、沖積層の下位は洪積層が分布している。なお、沖積層の上位は、現世の埋め立て土層が分布している。

2) 地質構成

竹内工業団地は、昭和54年～昭和59年頃に埋め立てられて昭和61年頃から用地の売却を行っており、埋め立ては航路や泊地の浚渫土砂及び埋め立て地前面の海底から採取した土砂をポンプ船で吹き込んで造成している。

竹内工業団地の既往調査は、図3-1.1の位置図に示す位置で実施されており、代表的な地質想定断面図を図3-1.2～図3-1.3に示す。既往調査で確認されている深度は、標高TP-83m程度までである。標高TP-10m程度以浅は、現世の埋土(R)層であり、砂州(西)側は標高TP+2mまで薄くなっている。標高TP-10m～TP+2m以深から標高TP-16m～TP-42mは、第四紀の沖積層であり、標高TP-16m～TP-42m以深は第四紀の洪積層である。

埋土(R)層は、砂質シルトを主体として埋め立てられているが、部分的に砂質土を主体とする所があり、極めて不均質である。N値は、0～4と軟らかいまたは緩い地層である。沖積層は、砂丘砂層・シルト層～砂質土層・シルト層・粘性土層である。砂丘砂層のN値は10～20、シルト層～砂質土層のN値は5～10であり、緩い～中位な地層である。シルト層及び粘性土層のN値は、0～4と軟らかい地層である。洪積層は、砂層・シルト層～砂質土層・砂質土層・粘性土層・砂礫層である。上部の砂層及び砂質土層のN値は、15～40と中位～密な地層であり、下部の砂層及び砂礫層のN値は、50以上と非常に密な地層である。シルト層～砂質土層及び粘性土層のN値は、10～20と硬い～非常に硬い地層である。

3) 被災状況と被災要因

竹内工業団地の被災状況は、図3-1.4の分布図(写真3-1.1～写真3-1.4の写真)に示すとおりであり、液状化による噴砂や側方流動による被災等が生じている。なお、被災要因は、液状化による噴砂及び側方流動が主体と考えられ、竹内工業団地を含む地域一帯が全体に沈下しているものと考えられる。沈下は、液状化によるものと考えられ、沈下の程度は不均一である。

液状化による被災は、竹内工業団地の一部を除いて全体に存在しており、北側から南西側にかけて被災が見られない所が点在している。

①噴砂(クラック、浮き上がり、沈下、波打ち)

液状化による噴砂は、団地全体に存在しているが、西側が比較的多く噴砂が存在しており、アスファルトを突き破ったものと、空き地等の土砂から噴砂したものがあり、噴砂とともにクラックや目地等の開き等が生じている。なお、噴砂がアスファルトを突き破れなかった所は、アスファルトを押し上げる浮き上がりや道路等の波打ちが生じている。また、沈下は、液状化による地盤の土砂の移動で生じているものと考えられる。

②抜け上がり(沈下)

液状化による構造物の抜け上がりは、周辺地盤に沈下及び地中埋設管の損傷等の被害が生じており、素別の工場建屋に生じている。

③側方流動

液状化による側方流動は、西側の水路で生じており、水路の護岸が水路の内側に変状している。

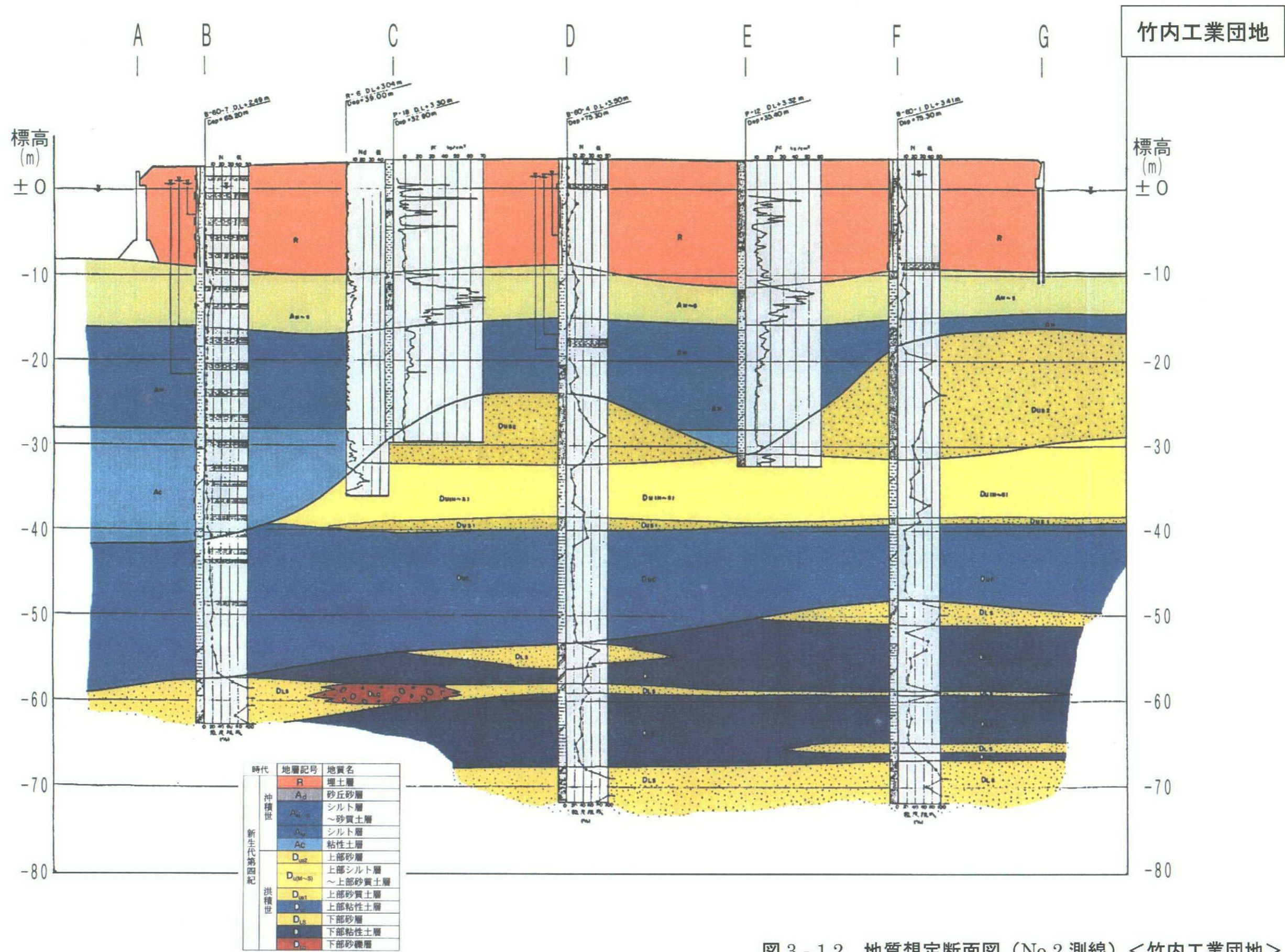


図 3 - 1.2 地質想定断面図 (No.2 測線) <竹内工業団地>

竹内工業団地

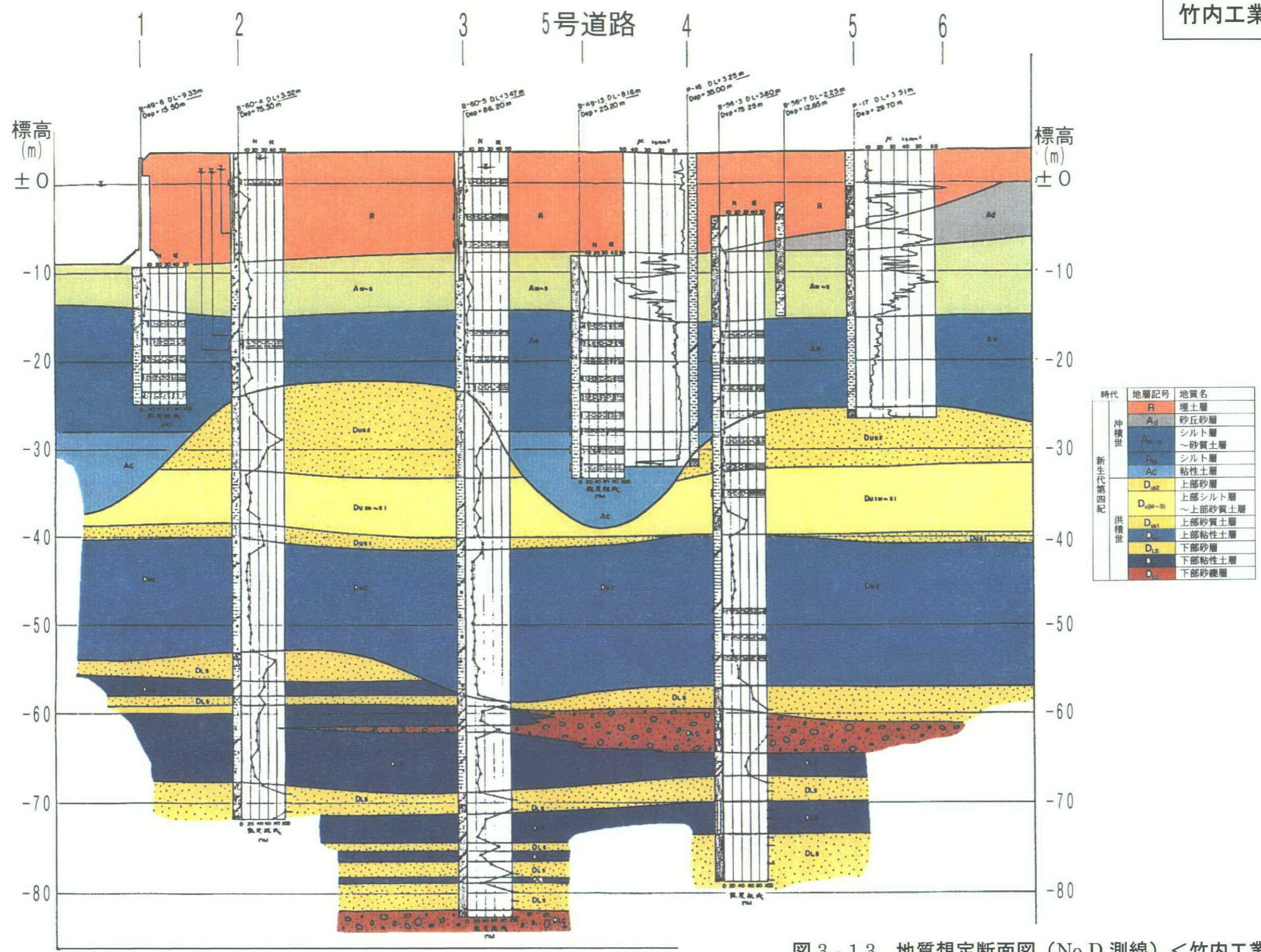


図 3 - 1.3 地質想定断面図 (No.D 測線) <竹内工業団地>



図 3 - 1.4 液状化分布図<竹内工業団地>



写真-1 護岸の沈下



写真-2 護岸の変状は認められない



写真-3 護岸と平行にクラック噴砂が見られる



写真-4 護岸と平行したクラック



写真-5 道路に直行する多数のクラック



写真-6 駐車場に見られるクラック

写真3-1.1 代表被害写真<竹内工業団地>

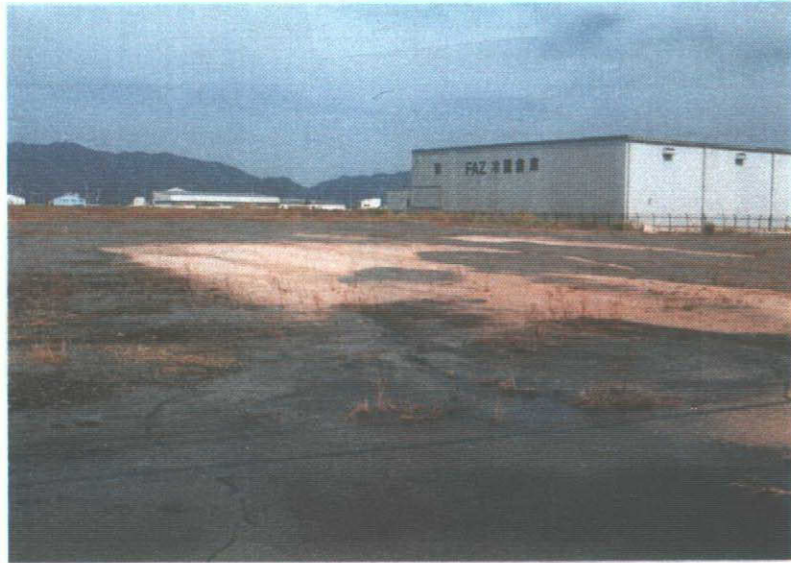


写真-7 数々の噴砂後の状況

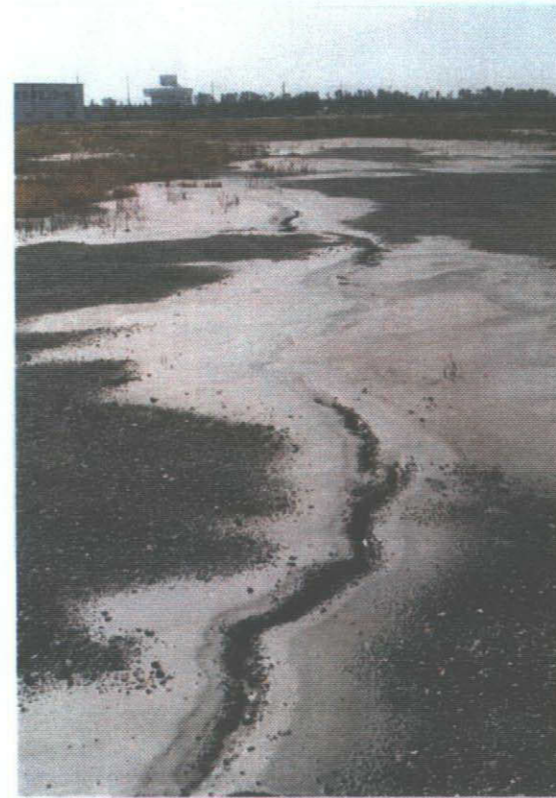


写真-8 開口クラックに見られる噴砂



写真-9 開口クラックに見られる噴砂



写真-10 開口クラックに見られる噴砂



写真-11 開口クラックに見られる噴砂



写真-12 開口クラック。噴砂は片づけて残って無いが噴砂が亀裂内に分

写真3-1.2 代表被害写真<竹内工業団地>



写真-13 填砂の状況



写真-14 建物の抜け上がり状況



写真-15 填砂が一面に流出している



写真-16 盛土法面がずり落ち基礎が
むき出しになっている



写真-17 外部の変状が認められない
敷地と建物



写真-18 外部の変状が認められない
敷地と建物

写真3-1.3 代表被害写真<竹内工業団地>



写真-19 路面の浮き上がり



写真-20 填砂により一面に砂が流出



写真-21 被災を受け仮復旧している



写真-22 水路の両側の護岸とも水路中心に押されていつ。川底は隆起しその上は填砂の砂が堆積している。



写真-23 水路の両側の護岸とも水路中心に押されていつ。川底は隆起しその上は填砂の砂が堆積している。



写真-24 橋台部の変状
水路の護岸が押し出されている

写真3-1.4 代表被害写真<竹内工業団地>