

# 下水道

協会誌

2002/No.476

Vol. 39

Journal of Japan Sewage Works Association

特別企画

費用・便益から見た下水道システム

6

社団法人 日本下水道協会  
Japan Sewage Works Association



# 2000年鳥取県西部地震での 下水道施設被害の分析

鳥取県生活環境部住宅環境課下水道室  
社)日本下水道協会技術部

## 1. はじめに

平成12年10月6日に発生した鳥取県西部地震はM=7.3と表-1に示すように平成7年1月17日の兵庫県南部地震と同等規模の地震であった。しかしながら、各機関での被害調査では、下水道施設だけでなく他の土木施設も含め、兵庫県南部地震に比べれば甚大な被害は少なく、比較的小規模な被害であるとの報告である。兵庫県南部地震に匹敵する地震動が作用したにも拘わらず大被害に至らなかったことは、技術的に興味深い点である。そこで、下水道施設に関してこの被害実態の詳細を明らかにし、今回の地震の被害記録を残すことを第一の目的に調査を実施したものである。ここではその概要を報告する。

調査対象は、比較的被害が多く発生した米子市、境港市である。表-2に鳥取県西部地震が発生した時点(平成12年10月6日)での両市の供用施設

表-1 地震の概要(兵庫県南部地震との比較)

地震名称	平成12年鳥取県西部地震	平成7年兵庫県南部地震
マグニチュード	7.3	7.3
震源深さ	約10km	約14km
各地の震度	震度6強: 境港(30km) 白野(7.3km)	震度7: 神戸(16.8km) 淡路島一部
	震度5強: 米子市(14km)など	震度6: 洲本市など

( km ): 震央距離

および調査対象を、図-1に調査範囲を示す。調査対象は、両市が実施した被害調査(被害査定報告書)に原則基づいている。同調査では処理場・ポンプ場の全施設が、管きょについては供用管きょ

表-2 供用施設状況および調査対象

施設名	米子市	境港市
処理場	3ヶ所	1ヶ所
ポンプ場	6ヶ所	-
汚水管渠総延長 <sup>※1</sup> (雨水延長 <sup>※2</sup> )	238.3km (34.9km)	84.9km (29.8km)
地震被害調査範囲	汚水管渠の1割程度(約24km) +主な被害箇所	汚水幹線(約9.5km) +主な被害箇所

注) 汚水管渠延長(実績)  
下水道統計平成11年度(H12.3末)



図-1 主要汚水管きょと調査対象施設案内図

のうち約一割の主要な污水管きょを中心に調査が実施されていた。

## 2. 地震動および地盤特性

震源を含む調査地域周辺のマクロな地質状況と地震動観測結果を図-2に示す。震源周辺は花崗岩質からなる岩盤が主である。一方、調査対象である弓ヶ浜半島に位置する米子市・境港市はほとんどが沖積低地であり、中海周辺に埋立地（干拓地）が分布していることがわかる。図-3に弓ヶ浜半島の日本海側と中海側の代表的な柱状図を示すが、同半島の生成から明らかなように、日本海側は表層から砂層が20m以上堆積しており、表層の10mを見てもその平均N値は25程度と比較的大きく、典型的な砂丘堆積であるといえる。これに対し、中海側は表層の砂層の層厚が10m程度と日本海側に比べ薄く、そのN値も10程度と日本海側に比べ小さく、砂丘背面の後背地的な環境下での堆積した砂層であるといえる。以上より、埋立地の分布や表層の砂質土の特性から、中海側が相対的に液状化発生の危険度の高い地域であることがわかる。

地震動特性は図-2の地震観測結果に示したように、地表面最大加速度は震源周辺の岩盤地帯で900galを上回る観測点もありきわめて大きい。しかし、調査対象である沖積地盤では3カ所で観測記録がとられており、300gal前後（220～380gal）とそれほど大きくないことがわかる。

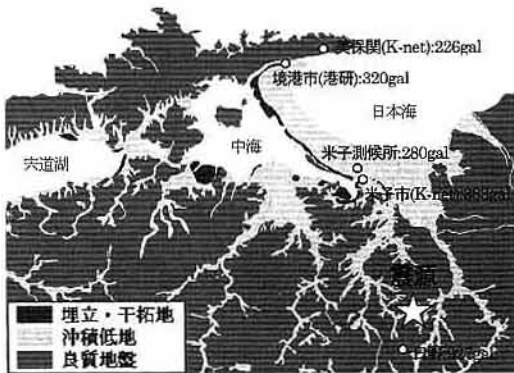


図-2 概略の表層地質と地震動観測結果

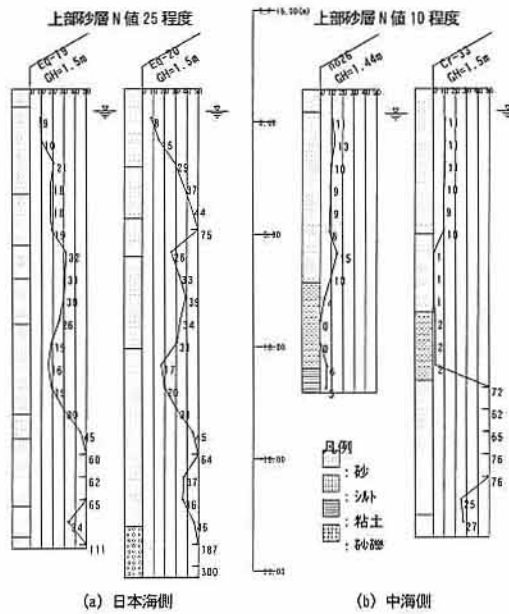


図-3 弓ヶ浜半島の地盤特性

## 3. 被害状況

### 3.1 管路施設

調査対象である米子市、境港市における管路施設の被害率を兵庫県南部地震と対比して表-3に示す。また、鳥取県西部地震での被害形態の内訳を図-4に整理して示す。これらから、人孔の被害率は両地震で大差ないものの、管きょの被害率は兵庫県南部地震の1/6と明らかに小さいことがわかる。また、図-4の被害形態分類から、人孔・管きょともに、クラックや浸入水などの比較的軽微な損傷がほとんどであり、兵庫県南部地震に比べて被害程度も軽微であったことも明らかである。

表-3 被害率の比較

対象	鳥取県西部地震	兵庫県南部地震
人孔の被害率	0.28 箇所/km	0.4 箇所/km
管渠の被害	0.50 箇所/km	3.0 箇所/km

■兵庫県南部地震  
 下水道の地震対策についての検討報告書-平成8年9月-下水道地震対策技術調査検討委員会を参考に算定  
 ■鳥取県西部地震  
 被害査定報告書の被害数、および下水道統計平成11年度の污水管渠実績をもとに算定

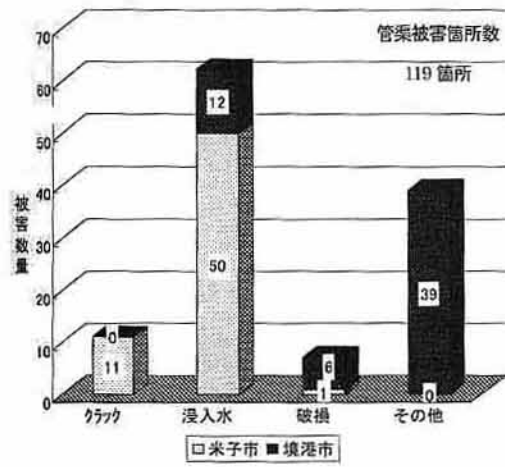


図-4(a) 管きょ被害数量 (被害形態別分類)

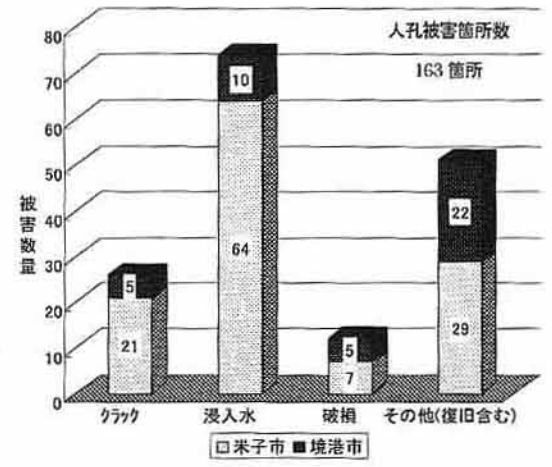


図-4(b) 人孔被害数量 (被害形態別分類)

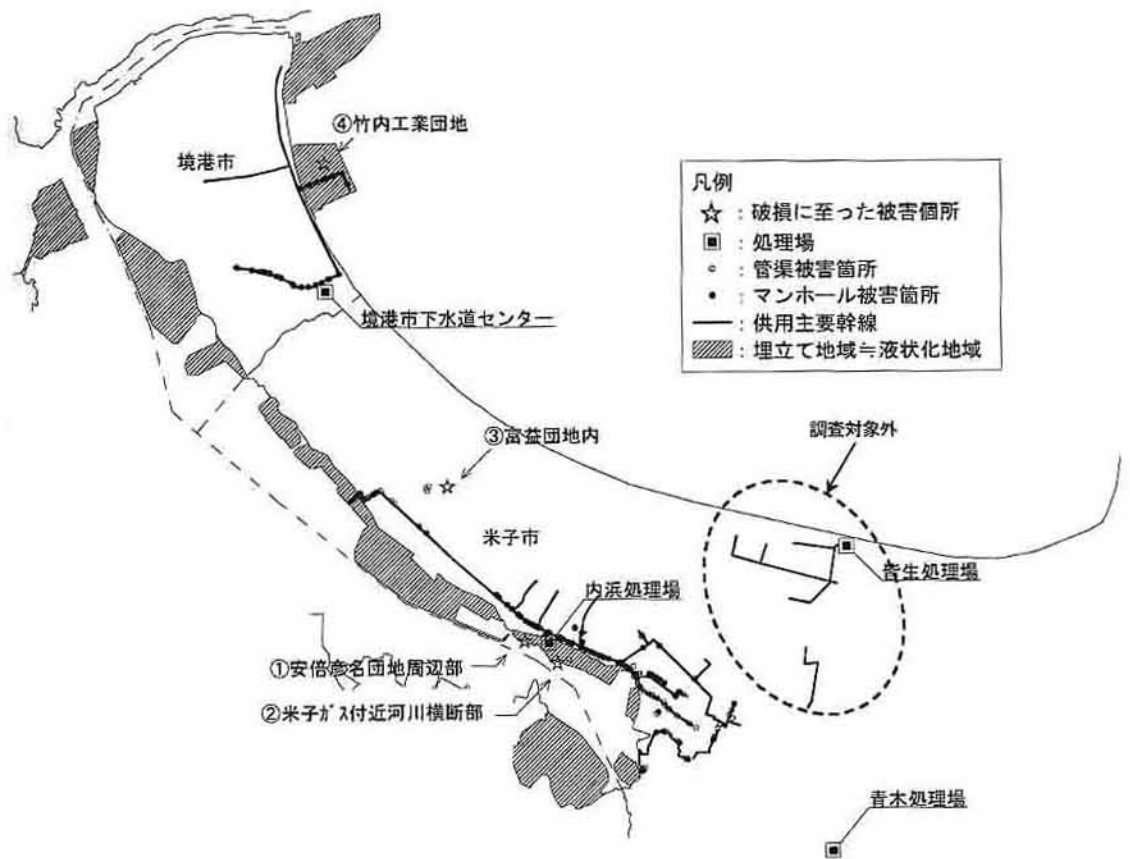


図-5 管路施設の被害箇所

図-4に整理した全被害箇所および被害形態で破損といった大被害の生じた地点(4カ所)の位置を図-5の平面図に示す。大被害のあったもののうち、3地点(①②④)は臨海部の埋立地であり、1地点(③)が内陸部である。しかし、この内陸部の被害箇所(富益団地内)は、砂取り場の後を造成した箇所で大被害が発生している。これらの被害箇所では液状化発生の痕跡と、それに伴う地盤流動が発生しており、被害要因は明らかに液状化の発生によるものである。

3.2 処理場施設

処理場等の施設被害の状況を表-4に示す。同表は調査対象の10施設のうち被害が報告されたものを示したものである。これによると、液状化による地盤沈下が主な被害発生要因であり、配管類の架台損傷や、側溝・土間・道路などの変形や亀裂の被害が主たるものである。なお、一部建物の

不同沈下とあるが、これも直接基礎形式を採用した簡易な建物(車庫、脱臭機棟)が、地盤沈下が生じ、これによる不同沈下で傾斜した程度であり、土木・建築の主要構造物には有害な損傷は皆無であった。

4. 被害要因の分析

4.1 マクロな要因分析

以上、鳥取県西部地震での下水道施設の被害が兵庫県南部地震でのそれに比べ甚大な被害を生じなかったこと、被害発生の主たる要因が液状化であることを述べたが、それらの原因を考察すると以下のように推測できる。

(1) 地震動について

鳥取西部地震と兵庫県南部地震の震度分布と震源近傍の観測記録を図-6、図-7にそれぞれ示

表-4 処理場施設の被害状況

都市名	施設名	被害状況		
		構造物損傷	付属物損傷	配管類損傷
米子市	内浜処理場 (51,360m <sup>3</sup> /日最大)	①道路損傷約1700m <sup>2</sup> ②EXP. J損傷 ③建物不同沈下1カ所	土間、ホーチなど約70カ所	①配水管延長800m ②配管泊50カ所
	皆生処理場 (60,700m <sup>3</sup> /日最大)	EXP. J損傷	無し	無し
	青木処理場 (2,720m <sup>3</sup> /日最大)	数カ所	無し	配管切断3カ所
	中央ポンプ場	①側方流動2カ所 ②地盤沈下3カ所	階段沈下	無し
境港市	下水道センター (51,360m <sup>3</sup> /日最大)	①管廊損傷5カ所 ②建物不同沈下1カ所	側溝・土間など	配管損傷3カ所

注) 被害箇所は、災害復旧査定で認められた箇所である。( )内は計画処理量を示す。

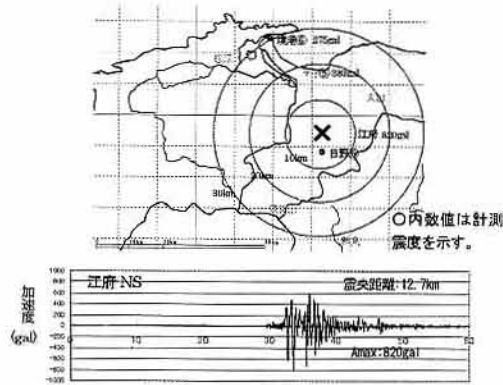


図-6 鳥取県西部地震の震度分布と観測波形

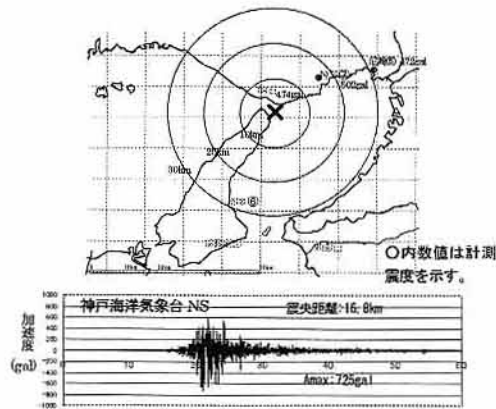
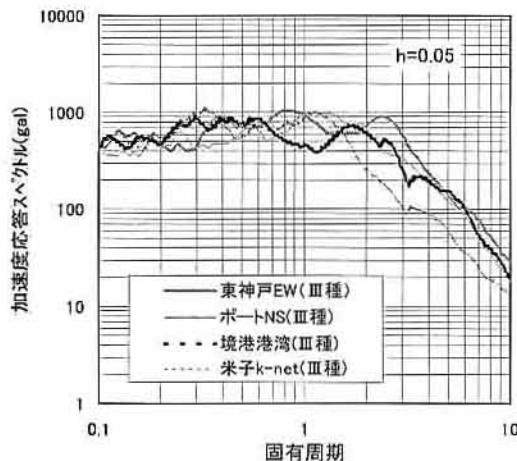


図-7 兵庫県南部地震の震度分布と観測波形

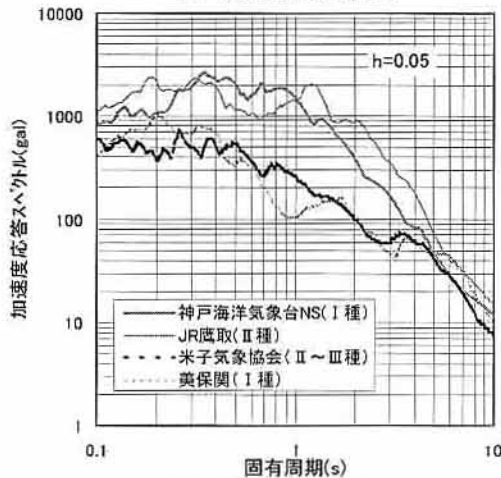
す。鳥取県西部地震の規模は震源近傍の地表面最大加速度から判断すると、兵庫県南部地震と同程度であった。しかし、以下の理由から、地震動（波動）に伴う被害は小さくなったものと考えられる。

① 下水道施設の被害が比較的多かった今回調査対象の米子・境港市（市街地）での地表面加速度は300～400gal程度と推定されるのに対し、兵庫県南部地震での被害の集中した神戸、尼崎市（市街地）での450～500galに比べれば地震動は小さいこと。

② 図-8の加速度応答スペクトルに示すように、地震動の周期帯に着目した場合その波形特性



(a) 液状化の影響あり

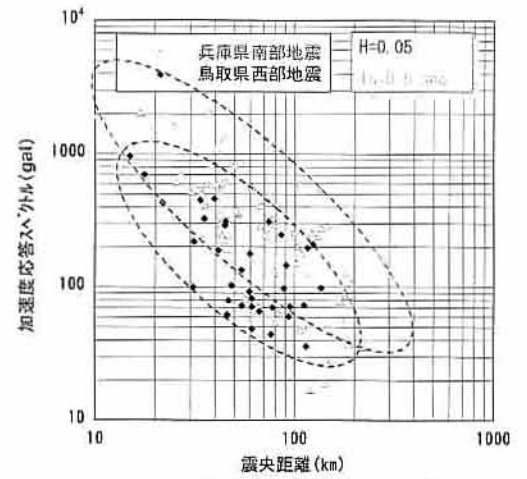


(b) 液状化の影響なし

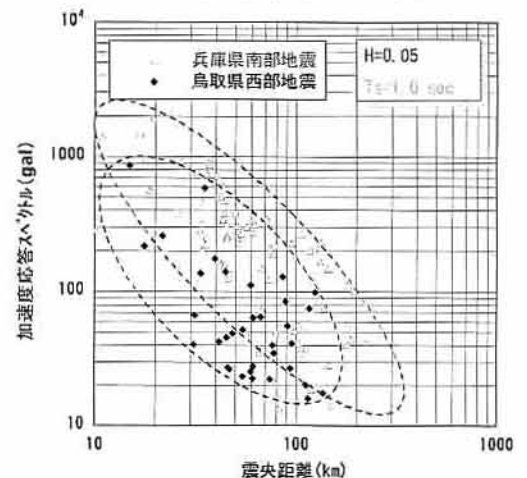
図-8 被害地域での加速度応答スペクトル

としては、同図(a)では両地震の加速度応答スペクトルに大差がなく、液状化の発生した地域では応答加速度に大差がないといえる。しかし、同図(b)では0.5秒以上の加速度応答スペクトルは鳥取県西部地震のほうが小さく、液状化の影響のない地域では明らかに応答加速度が小さかったといえる。

③ 特に構造物に影響を及ぼす固有周期帯(0.5秒～1.0秒)の地震動特性は図-9の加速度応答スペクトルの距離減衰特性に示すように、固有周期0.5秒、1.0秒ともに鳥取県西部地震は兵庫県南部地震よりも応答加速度が小さいことから、この



(a) 固有周期  $T_s=0.5$  秒



(b) 固有周期  $T_s=1.0$  秒

図-9 加速度応答スペクトルの距離減衰特性

周期帯の地震動が総じて小さかったものと想定できる。

(2) 液状化・流動化について

液状化の発生に関しては、その発生の程度ももちろんであるが、被害の大小を分けるものは、地

盤流動発生の有無とその移動量の大きさによると推定できる。

例えば図-10、図-11に兵庫県南部地震と鳥取県西部地震の事例を対比して示す。図-10は兵庫県南部地震でポートアイランドにおける地盤特性

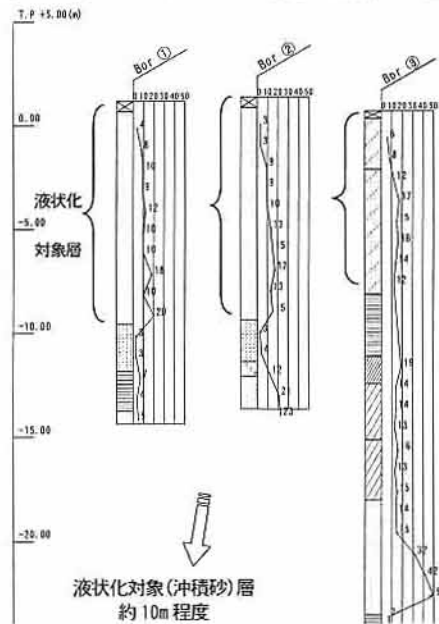
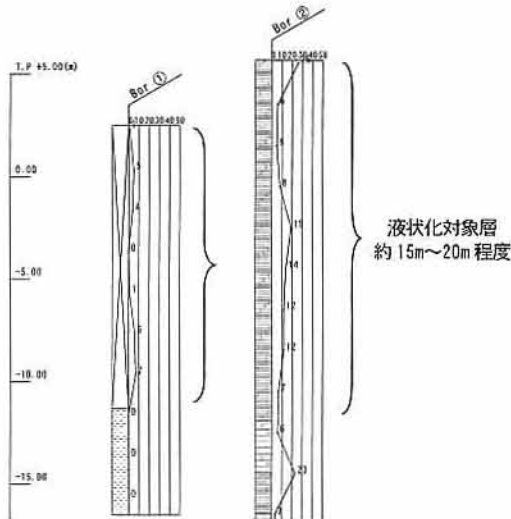
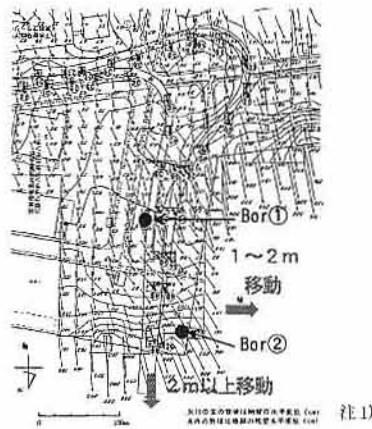
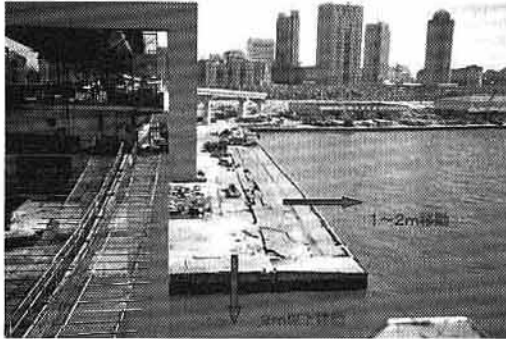


図-10 ポートアイランドの地盤特性と地盤流動量<sup>注1)</sup>

図-11 安倍彦名団地の地盤特性と地盤流動量

と流動量であり、図-11は鳥取県西部地震で水路被害があった安倍彦名団地の地盤特性と流動量である。ポートアイランドでは液状化対象層が約15m~20m存在して流動量が1~2mであったのに対して、安倍彦名団地では液状化対象層が約10m存在して流動量が数10cmに収まっている。

以上のように、鳥取県西部地震の被害地点の方が、液状化対象層厚が薄く、地盤流動量も1オーダー近く小さいこと。鳥取県西部地震での液状化発生地域は図-11に示したような中海に面した埋立地（干拓地）にはほぼ限定されており、液状化発生程度の割には地盤流動の発生は大規模なものではなかったことが小被害に留めた大きな理由とい

える。ただし、液状化発生の比較的著しかった埋立地は、まだ下水道施設が十分普及していなかったことも被害を少なくしたもう一つ大きな原因である。

#### 4.2 液状化発生地域でのマイクロな要因分析

液状化発生地域ですべて被害が生じているかというそういうわけでもない。図-12に安倍彦名団地での被害が著しく、地震後応急的に復旧した地点(①~⑦)を示す。同図には管きょの土被りも併せて示し、地下水位以下の管きょ区間とそれ以外を区分して示した。団地内ではほぼ全域で液状化の痕跡があり、液状化の発生は明らかである。また、水路近傍では数10cm程度の流動が確認され



図-12 安倍彦名団地の被害状況と飽和土層の関係



ている。しかし、団地全域が液状化しているにも拘わらず、被害の生じた箇所は比較的少なく、被害箇所は以下の特徴を有している。

(1) 水路沿いの被害箇所(①②③⑦)は管きょ土被り厚が2.0~3.0m程度で、既往調査ボーリングでの孔内水位(GL-1.5m~2.0m)以深に埋設されており、明らかに液状化の発生したと考えられる飽和砂層中のものであった。

(2) 水路沿いの管きょの被害位置(④⑤⑥)は、土被り厚が1~2m程度で不飽和土層中に埋設され、管理設位置で液状化が発生したとは考えにくい、その下部の液状化により地盤流動を生じ、管体に流動力が作用したために生じたものと考えられる。

## 5. ま と め

鳥取県西部地震では兵庫県南部地震に比べ明らかに被害箇所が少なく、かつ液状化程度も著しくなかった。この被害発生要因の主たるものは液状化およびそれに伴う地盤流動の発生によるものといえる。以上より、被害が少なかった理由は以下のように推定できる。

① 被害地域での地震動が地表面加速度および構造物に影響する周期帯(0.5秒~1.0秒)での応

答加速度ともに、兵庫県南部地震よりも小さかったこと。

② 液状化対象層が兵庫県南部地震よりも薄く、①の地震動が小さいこともあり、液状化発生程度が著しくなかったこと。

③ このため、大規模な地盤流動が発生しなかったこと。なお、これは護岸構造の違いや臨海部における護岸の背面地盤と前面の水位高低差の違いも関係したと思われる。

以上のことから、下水道施設の耐震性を高め、地震後に要求される機能を保つためには、設計や耐震診断において、特に液状化層の分布状況および地盤流動の発生の有無と流動量を詳細に把握し、対策工も含めた構造検討を入念に行い、適切な対応を図ることが重要と考えられる。

謝辞：今回用いた地震被害情報は米子市、米子市下水道部、境港市建設部下水道課より提供して頂きました。ここに記して謝意を表します。

### 〈参 考 文 献〉

注1) 兵庫県南部地震における道路橋の被災に関する調査報告書、平成7年12月兵庫県南部地震道路橋震災対策委員会

