

2000 鳥取県西部地震による下水道施設の被害

藤村 尚・岩田 武^{*1}・吉野明寿^{*1}・高木 温^{*1}
 田中孝治^{*2}・森脇敏夫^{*2}・山本公憲^{*2}・椎木孝明^{*3}・松本一夫^{*4}
 鳥取大学工学部土木工学科、^{*1}シンワ技研コンサルタント(株)、
^{*2}鳥取県土木部、^{*3}米子市下水道部、^{*4}境港市下水道部

Damages to the sewerage system by the Tottori-ken Seibu Earthquake, 2000
 Hisashi FUJIMURA, Takeshi IWATA^{*1}, AKIHISA YOSHINO^{*1}, SUNAO TAKAGI^{*1},
 Kouji TANAKA^{*2}, Toshio MORIWAKI^{*2}, Kiminori YAMAMOTO^{*2},
 Takaaki SHIINOKI^{*3}, Kazuo MATSUMOTO^{*4}

Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering Tottori
 University . Tottori, 680-8552 Japan
 E-mail: fujimura@cv.tottori-u.ac.jp

^{*1}Shinwa-giken Co., Ltd, Tottori, 683-0064 Japan

^{*2}Tottori Prefecture, 680-8570 Japan

^{*3}Yonago City, 683-0846 Japan

^{*4} Sakaiminato City, 684-0004 Japan

Abstract: The earthquake occurred on the 6th of October 2000 in the western part of Tottori prefecture, nicknamed Tottori-ken Seibu Earthquake 2000, caused a lot of damage to the sewerage system, including sewer pipelines and treatment plants, in the coastal region called Yumigahama. This region covers Yonago and Sakaiminato cities. In this study, the overall damage to the sewerage system in the study area is assessed, and a statistical analysis is carried out. Besides, the damage characteristics are summarized based on field surveys and engineering design aspects of damaged structures. Some areas, particularly Takenouchi Danchi in Sakaiminato city and Uchihama sewerage treatment plant in Yonago city, suffered from severe liquefaction. The damages in these areas are studied in more detail, including the geological characteristics of the area.

Key word: Tottori-kenn Earthquake, Sewerage system, Liquefaction, Damage structure

1. はじめに

2000年10月6日午後1時30分、鳥取県西部(北緯35.5° 東経133.4° 深さ10km)を震源とするマグニチュード7.3の地震が発生し、日野町と境港市で震度6強を、中国・四国地方の広い範囲で震度5~4が記録された。この地震による死者はなかったものの、負傷者147人、全半壊家屋約3500戸、崖崩れ670箇所等の被害が生じ、ライフライン構造物にも大きな被害をもたらした。

地震による下水道施設へのおもな被害は、米子市・境港市・淀江町・西伯町に集中し、震源に近

い日野町などの山間部では、下水道施設に関する被害は報告されていない。おもな被害内容は、マンホールの浮き上がり、マンホールブロックのずれ、管渠のずれ、たわみなどであり被害金額は約5億円と報告されている。

今回の地震で、2市2町のうち特に被害が集中した米子市と境港市において、下水道の管渠施設及び処理施設の被害状況を報告する。また、管渠施設で被害が顕著にあらわれた竹内工業団地と、処理施設で被害が顕著にあらわれた内浜処理場についてそれぞれの被害状況をまとめる。

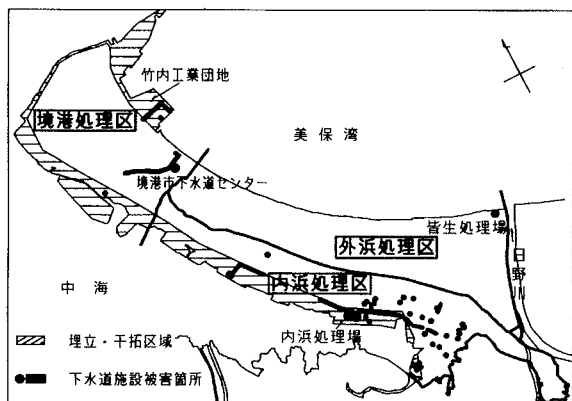


図1 下水道管の被害分布図

表1 管渠施設の被害状況（米子市）

管種	布設延長(m)	被害延長(m)	被害率(%)
剛性管渠	82,803	747	0.9
可とう性管渠	154,386	612	0.4
矩形渠	9,082	0	0.0
開渠	14,730	306	2.1
計	261,001	1,665	0.6

表2 管渠施設の被害状況（境港市）

管種	布設延長(m)	被害延長(m)	被害率(%)
剛性管渠	11,883	99	0.8
可とう性管渠	73,017	206	0.3
開渠	6,985	54	0.8
計	91,885	359	0.4

表3 処理施設の被害状況

処理区	処理施設名	供用年次	地盤状況	最大沈下量(cm)	推定外力(gal)	液状化(噴砂)の有無	側方流動の有無	被害箇所総数	処理機能への影響の有無
内浜	内浜処理場	1974	埋立・干拓	50	C	○	有	131	無
外浜	皆生処理場	1980	砂州	0	C	×	無	5	無
境港	下水道センター	1989	砂州	50	C	△	無	50	無

- 液状化(噴砂)の有無は、○：噴砂の痕跡が顕著 △：局所的に噴砂の痕跡がある ×：認められない
- 推定外力(gal)は、A：600gal以上 B：600~400gal C：400~200gal D：200gal以下
- 被害箇所総数は、処理場毎に被害項目(クラック、継手部ズレ等)を計上

2. 米子市・境港市下水道整備状況と被害概要

米子市・境港市は、各々で終末処理場をもつ単独公共下水道によって整備が進められている。平成13年3月現在での整備面積と処理人口は、米子市で1,077ha・54,730人、境港市で465ha・11,894人であり、下水道普及率は、米子市で39.5%、境港市で31.7%である。このことは全国平均の60%を大きく下回っており、今後下水道整備が急務の地域である。処理区は、米子市の外浜処理区と内浜処理区、境港市の境港処理区があり、内浜処理区で一部合流式であるが、その他はすべて分流式の下水排除方式となっている。

図1は、下水道被害分布図である。それによると、内浜処理区及び境港処理区は、外浜処理区にくらべ埋立・干拓区域が多く、地震による下水道被害も、その埋立・干拓区域の多い内浜処理区及び境港処理区に集中している。外浜処理区の場合、終末処理場である皆生処理場のみの被害であった。

表1及び表2に示すように施設別に被害状況を

まとめた場合、米子市・境港市とも剛性管渠が可とう性管渠に比べ被災率が高い結果となった。このことは剛性管渠が耐震的に弱いことを示している。

幹線管渠は、両市の全29路線のうち22路線で被害を受けていた。管径は、φ300mm～□2700×2700mmでおもに剛性管渠である。被害は、内浜処理区で埋立・干拓地から旧市街地付近にかけての中海側に集中し、境港処理区で竹内工業団地内の幹線と県道米子空港線でみられた。剛性管渠の被害状況で多かったのは、継手部および本管部での侵入水と本管部でのクラックであり、全般に大口径になるにつれひび割れによる侵入水が多くみられた。

枝線管渠の場合、管径はφ200mm～φ300mmの可とう性管渠がおもである。被害は、内浜処理区の富益団地・崎津南団地・旗ヶ崎・富士見町等と島根県との県境に近い錦海団地でみられ、境港処理区で竹内工業団地内の枝線と境港新都市地区の一部でみられた。被害状況で多かったのは、継手部

でのたるみ蛇行や本管部での侵入水，本管部でのクラック等であった．公共樹・取付管への被害は少なかった．

下水処理施設は，表3で示すように被害が最も大きいものとしては，中海の埋立地に建設された内浜処理場であった．また，境港市下水道センターにおいても，処理施設の周辺地盤の沈下が生じた．これは，建物周辺部の施工時の掘削土の埋め戻し部にあたり，この部分が液状化の影響で沈下し，被害をおこしたものと考えられる．

3. 竹内工業団地における管渠の被害

竹内工業団地は，昭和54年から昭和59年に埋め立てられた埋立地で，航路や泊地の浚渫土砂および埋立地前面の海底から採取した土砂をポンプ船で輸送して埋め立てられたものである．

埋立地内の下水道管渠は，東西方向の竹内団地1号汚水幹線と南北方向の枝線として整備されている．管種・管径・延長は，幹線で鉄筋コンクリート管φ450mm～φ500mm及び硬質塩化ビニル管φ250mmが約1km，枝線で硬質塩化ビニル管φ200mmが約0.8kmと，いずれも小口径管渠で占めている．ここでは竹内団地1号汚水幹線（東西方向）の管渠・マンホールの被害の程度について検証する．

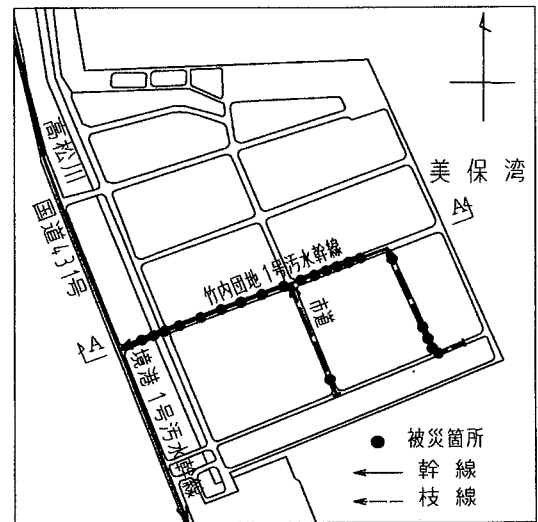


図2 竹内工業団地内の被害分布図

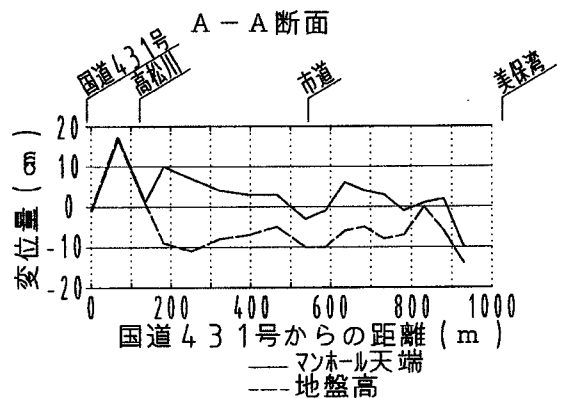


図3 マンホール部分の変位量

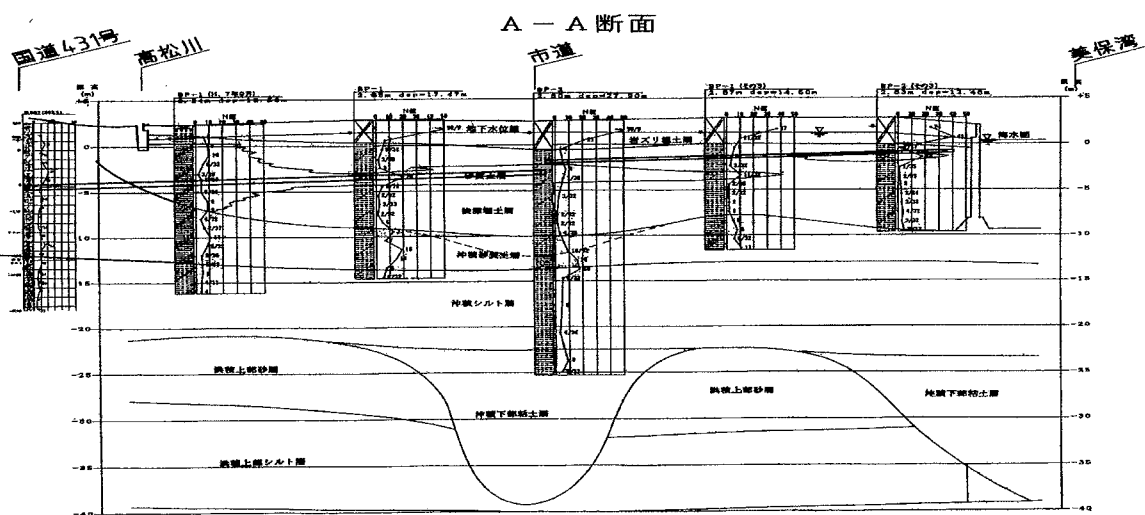


図4 竹内工業団地の地質断面図
(境港市、1996、抜粋)

図4は、A-A測線の地質断面図であり、地層分布は次のとおりである [1]。

- ①表土層は、砂質土による盛土で、場所によっては岩ズリで埋め立てを行っている。
- ②浚渫埋土層は、層厚10m程度で、シルト～砂質シルト～シルト質砂が混在した地層となっている。含有される砂分は、微砂～細砂を主体としている。N値は10以下で緩い密度となっている。この浚渫埋土層内に下水管が埋設されている。
- ③沖積砂質土層は、層厚5m程度の微砂～細砂を主体とした砂質土層で、下方ほどシルト分が多くなる。N値は5～20程度とばらつきがみられる。
- ④③以深は、沖積シルト・粘土層～洪積層が厚く分布している。

また地下水位は、海面とほぼ同じ高さ(+0.2～0.5m程度)である。

被害は、マンホールや本管で発生しており、浮き上がり・沈下・クラック・ズレ・たるみ・破損・逆勾配等の変状が確認された。特に、マンホール直壁部とマンホールから1本目の管渠で被災が多かった。また、図3は震災前と震災後のマンホール天端高及び地盤高の変位量を示したものである。その結果、地盤高は全体的に沈下し、マンホールは浮き上がる傾向が確認された(写真1～写真3)。

団地内のいたる所で液状化に伴う噴水・噴砂が見られ、被害の主原因は地盤の液状化によるものと考えられる。また、周辺地盤の液状化の判定を行ったところ、 P_L 値(液状化指数)が14となり「液状化の危険性が高い」という判定結果が得られた。

液状化に伴う沈下傾向は、高松川付近を境にして違いが見られ、美保湾側は全体的に沈下しているが、国道側は沈下が少ない。これは、高松川が埋め立て前の海岸線に当たり、浚渫土の分布状況の違いによるものと考えられる。

浚渫土は人工的に盛られた緩い地層のため、液状化発生後の土粒子の再配列に伴い沈下を生じたと考えられる。一方、高松川より国道側(沖積砂質土層が分布)は、締まりの程度が浚渫土より密であり、液状化を生じた後の土粒子の再配列による沈下は少なかったと考えられる。

また、竹内団地の中でも沈下量に差が生じている。その原因一つとして、岩ズリによる盛土や中仕切堤の構築により、重量の大きい材料を使用した場所では、その重みにより液状化発生時の沈下量が大きくなったと考えられる。



写真1 マンホールの破損

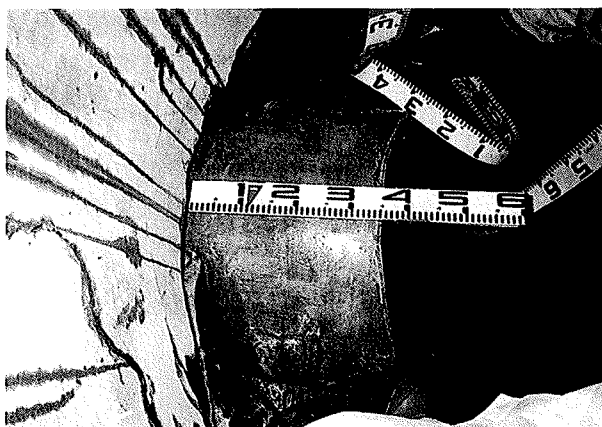


写真2 本管の抜け出し



写真3 本管の破損・浸入水

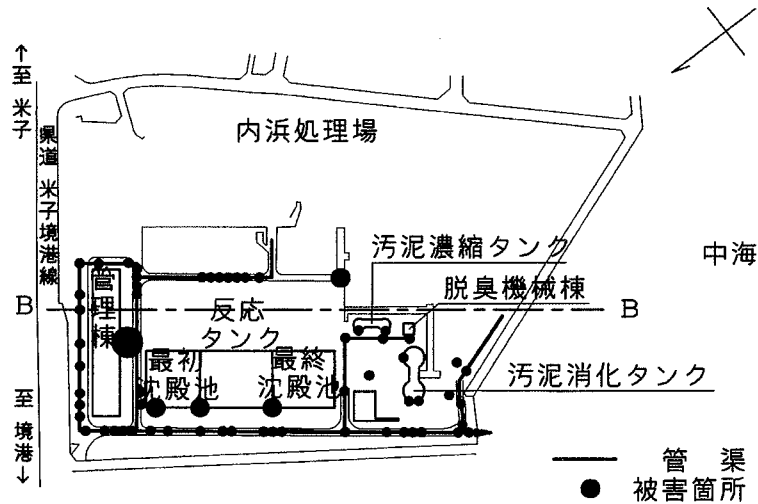


図5 内浜処理場の被害分布図

B-B断面

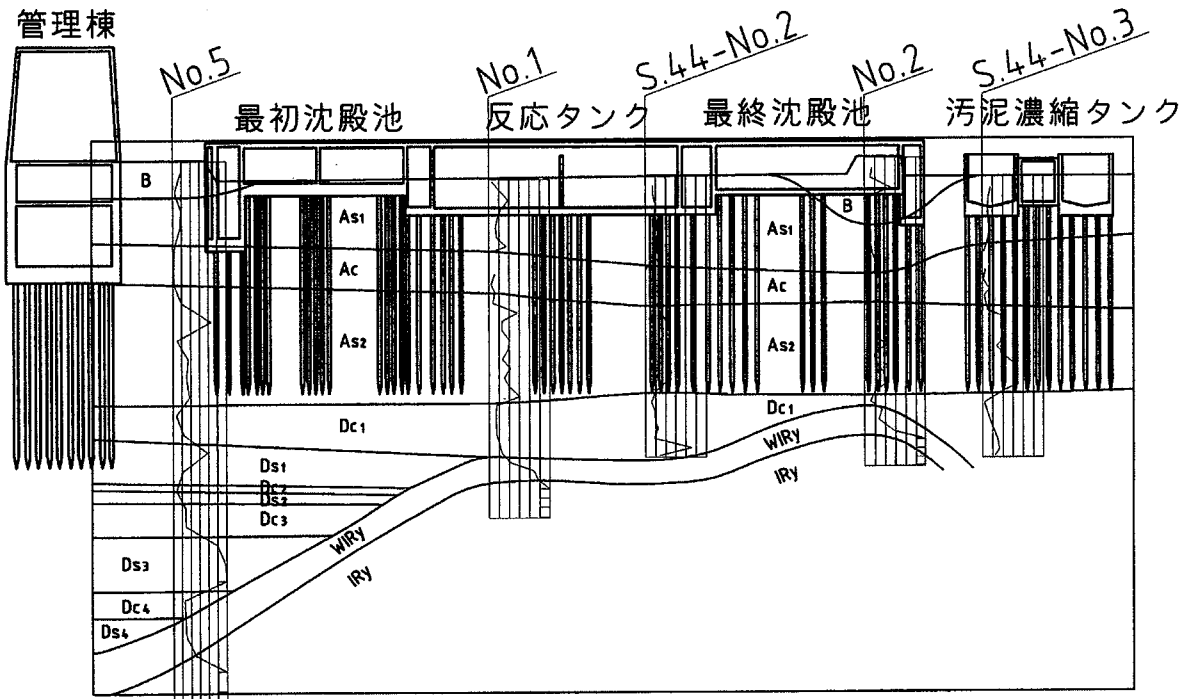


図4 内浜処理場の地質断面

(米子市、1998、抜粋)

4. 内浜処理場における施設の被害

内浜処理場は、中海と美保湾とを区切る弓ヶ浜砂州の内浜臨海低地（埋立地）に位置し、埋立地を盛土造成して構築されている。1974年に供用開始され、内浜処理区1,062haの排水処理を行っている。敷地面積は89,800m²あり、排除方式は分流式（一部合流式）で中海に放流している。ここでは処理場内の地質及び施設の基礎形状の確認を行

い、被害の程度について検証する。

図6は、B-B測線の地質断面図である。地層分布は、以下のとおりである²⁾。

- ①盛土層（B）は、木片・玉石・ガラ等を多く混入する砂層で、N値10以下と緩い密度を示す。
- ②沖積砂質土層（A_{s1}）は、N値10以下の緩く均一な砂層で細粒分が少なく、粒径0.1～0.4mmが90%以上占めている。

③沖積粘性土層 (A_c) は、N値 4 以下の軟弱な粘性土層で、上部に海成の貝ガラを混入した粘土、下部に火山灰質土がみられる。

④沖積砂質土層 (A_{s2}) は、N値が 10~25 程度とばらつきがあるが、おおむね中位の密度を示す。細砂を主体とするが、 A_{s1} 層ほど均一ではなく、細粒分や粗砂も混入している。

⑤④以深は、洪積層の粘性土・砂質土層が互層で分布し、基盤岩は流紋岩からなっている。

地下水位は、中海の高さとほぼ同じ位置 (+0.5m 前後) にあり、潮位により変動していると考えられる。

各施設の基礎形状を図-6 に示す。基礎は、おおむね中間層(沖積砂質土層または洪積砂質土層)まで根入れをした摩擦杭である。

被害は図-5 に示すとおり、処理場全体に分布している。基礎杭のある管理棟・最初沈殿池・反応タンク・最終沈殿池・汚泥消化タンク等の処理施設の建物被害はなかったものの、直接基礎の脱臭機械棟は床が 5cm 程度沈下した。

また、管理棟周辺の地盤が最大 50cm 程度沈下し、施設と接続されていた配水管の破断、場内舗装の亀裂、管廊の目地開きによる地下水の流入等が生じた。本施設内の下水道管渠の被害は、被災率約 30%を示し、一般の下水道管渠にくらべ大きかった(写真-4、写真-5)。

当処理場の被災原因としては、

- ①N値が低く緩い均一な砂質土層が分布。
- ②地下水位が高く、砂質土層が飽和状態にあること。

等の地質条件から、液状化により周辺地盤が沈下して生じたものと考えられる。

また、杭基礎が A_{s2} 層で支持されている建物の被害が無いことから、液状化は A_{s1} 層及びB層で発生したものと考えられる。

なお、ここでも周辺地盤の液状化の判定を行ったところ、 P_L 値(液状化指数)が 39 となり「液状化の危険性が極めて高い」という結果になった。

5. おわりに

今回の震災では、管渠・処理施設において流下機能への大きな影響は見られなかった。しかし今後は、各施設について高い耐震性を目指すとともに、既存施設でも施設間相互のバックアップ機能を確保し、下水道システム全体の安全性の向上が必要と考えられる。

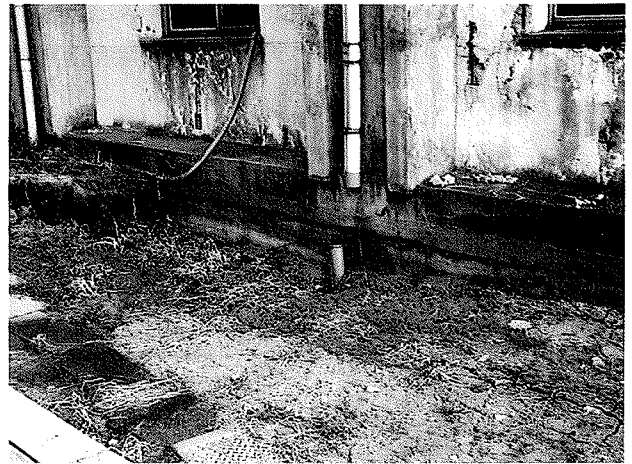


写真-4 施設周辺の配水管の破損



写真-5 周辺地盤の沈下

謝辞：本報告の一部は筆者の一人、藤村 尚 座長のもとで鳥取県西部地震・下水道施設被災原因検討会で行ったものである。日本下水道事業団 竹中恭三氏、(株)東京設計事務所 宮政律人氏、(株)三水コンサルタント 山本則幸氏、(財)鳥取県天神川流域下水道公社 有田正典氏らには、多くの議論を頂いた。記して感謝します。

参考文献

- 1) 境港市：竹内団地1号汚水幹線設計業務委託(その2)報告書、平成8年1月
- 2) 米子市：内浜処理場水処理実施設計地質調査報告書、平成10年3月