

2016 年台湾・台南地震による 上水道管路の被害分析

宮島 昌克¹・池本 敏和²・村田 晶³・吉田 雅穂⁴・金子 正吾⁵

¹ 正会員 金沢大学教授 理工研究域環境デザイン学系 (〒920-1192 石川県 金沢市角間町)
E-mail:miyajima@se.kanazawa-u.ac.jp

² 正会員 金沢大学講師 理工研究域環境デザイン学系 (〒920-1192 石川県 金沢市角間町)
E-mail:tikemoto@se.kanazawa-u.ac.jp

³ 正会員 金沢大学助教 理工研究域環境デザイン学系 (〒920-1192 石川県 金沢市角間町)
E-mail:murata@se.kanazawa-u.ac.jp

⁴ 正会員 福井工業高等専門学校教授 環境都市工学科 (〒916-8507 福井県 鯖江市下司町)
E-mail:masaho@fukui-nct.ac.jp

⁵ 正会員 株式会社クボタ 鉄管研究部 (〒660-0095 兵庫県 尼崎市大浜町 2-26)
E-mail:hshogo.kaneko@kubota.com

2016 年 2 月 6 日午前 3 時 57 分 (現地時間) に台湾の高雄市美濃区を震央とする地震が発生した。台南市新化で最大震度の 7 を記録し、100 名以上が死亡、負傷者も 500 名を超えた。この地震で、水道施設にも大きな被害が生じ、台南市では地震直後には約 40 万戸に上る大規模な断水が発生した。本文では、台南市の水道施設の概要と被害状況を報告するとともに、水道管路の被害の原因について、現地で計測した常時微動観測結果も用いて考察する。

Key Words: water supply system, damage, the 2016 Tainan earthquake in Taiwan,

1. はじめに

2016 年 2 月 6 日午前 3 時 57 分 (現地時間) に台湾の高雄市美濃区 (北緯 22.92 度, 東経 120.54 度) を震央とするマグニチュード $M_w=6.5$ の地震が発生した。震源深さは 16.4 km である。この地震で、台南市新化で最大深度の 7 を記録するとともに、雲林県草嶺で震度 6 を、嘉義市などで震度 5 を記録した。台南市で 9 棟の建物が全壊し、5 棟が傾斜するなどし、死者 117 名、負傷者 551 名を数えた。特に、台南市永康区では地上 16 階、地下 1 階のビル「維冠金龍大樓」が横倒しに倒壊し、地震による死者のほとんどに当たる 115 名の犠牲者が出た。

地震直後には台南市内の約 40 万戸で断水が発生し、市民生活に大きな影響を与えた。水道管路被害に着目して行った現地調査 (3 月 4 日～8 日) と、その後収集した資料を基に、水道管路被害の概要を報告するとともに、現地調査の際に行った被災箇所における常時微動観測結果も参考にしながら、水道管の被害原因について考察する。

2. 台南市の水道施設の概要

台湾の上水道は台北市を台北自來水会社が、その他を台湾自來水会社が管理、運営しており、台湾自來水会社は台北市以外の地域を図 - 1 に示すように 12 区に分割して管理している。今回の地震の被害の中心である台南市は第 6 区である。

2014 年の統計によれば、第 6 区の行政人口は 1,884,284 人、給水人口は 1,865,380 人であり、水道普及率は 99.0% である。また、給水能力は 1,059,300 $\text{m}^3/\text{日}$ 、平均日配水量は 896,144 $\text{m}^3/\text{日}$ である。管路総延長距離は 7,690 km であり、図 - 2 に口径別敷設延長割合¹⁾を、図 - 3 に管種別敷設延長割合¹⁾を示す。図 - 3 によれば、管路総延長の約 2/3 が塩化ビニル管 (PVC) であり、約 1/4 がダクタイル鉄管 (DIP(K), DIP(A)) であることがわかる。なお、台湾のダクタイル鉄管は K 型及び A 型継手が用いられており、我が国の耐震型継手は使われていない口径 800 mm 以上の大口径管の管種別敷設延長割合を図 - 4¹⁾に示すが、コンクリート管 (PSCP, PCCP) とダクタイル鉄



図 - 1 台湾自來水の管理区分

管が約 4 割ずつであり，鋼管（SP）が約 2 割であることがわかる。

3. 台南市の水道施設被害

台南市における管路被害は口径 500 mm（以下， $\Phi 500$ mmと記す。）である送水管の被害箇所が 27 か所， $\Phi 450$ mm以下の配水管，給水管の被害箇所は 1,300 か所以上であった。図 - 5 に送水管の管路網と，大規模断水に影響を与えた大口径送水管の被害位置を示す。配水管，給水管の被害の詳細はまだ明らかにされていないので，ここでは図 - 5¹⁾に示す，口径が $\Phi 1,500$ mmを超える大口径送水管の被害に注目して被害原因を考察する。なお，同図右上の番号 5 は山上浄水場であり，左下が台南市中心部であるが，その途中に番号 1～3 の $\Phi 2,000$ mmの大口径送水管の被害が生じたことから，地震直後には台南市中心街を含む 40 万戸で断水が生じるようになった。特に，番号 3 の管路は地上 16 階，地下 1 階のビル「維冠金龍大樓」が横倒しに倒壊した下敷きとなったもので，人命救助作業を優先して送水管の修繕が地震後数日間行えなかったため，図 - 5 の番号 3 の下の $\Phi 1,350$ DIP と記してある箇所に写真 - 1¹⁾に示すような地上仮配管を行って

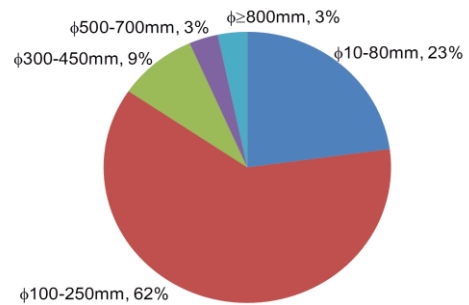


図 - 2 口径別敷設延長割合¹⁾

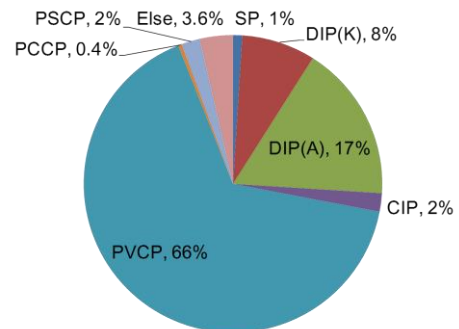


図 - 3 管種別敷設延長割合¹⁾

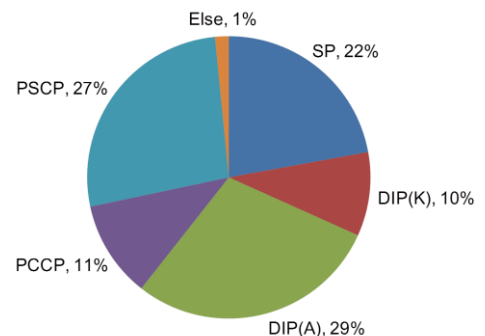


図 - 4 大口径管の管種別敷設延長割合¹⁾



図 - 5 送水管の管路網と大口径送水管の被害位置¹⁾

断水の解消に努めた。

(1) 新化区忠孝路

図 - 5 の番号 1 の地点では、 $\Phi 2,000$ mm の鋼管が破損し、漏水を生じた。被害箇所を含む 1,205 m にわたって、地下約 8 m に WPS 推進工法で敷設されたものである。約 5 mm の円周方向の亀裂が生じていたということである。被災現場付近で計測した常時微動の H/V スペクトル比を図 - 6 に示す。常時微動観測方法の詳細は文献 2) に譲るが、15 分間計測し、安定した個所の 5 区間を取り出し H/V スペクトル比を描くとともに、その平均を太黒線で示している。同図によれば、0.6~0.7 秒にピークが見られるので、わが国の 3 種地盤に相当する地盤ではないかと推測される。したがって、軟弱地盤における地震動増幅が被災原因として考えられる。なお、現地調査によれば、噴砂などの液状化の痕跡は確認できなかった。

(2) 開運橋詰

図 - 5 の番号 2 の地点では、 $\Phi 2,000$ mm の鋼管とコンクリート管(PSCP)の接合部が損傷した。被災現場付近で計測した常時微動の H/V スペクトル比を図 - 7 に示す。同図によれば、0.2~0.3 秒にピークが見られ、比較的固い地盤であることがわかる。現地調査によれば、噴砂などの液状管痕跡はもとより、道路の亀裂や周辺の家屋被害などは確認されなかったので、管路継手部の劣化が被害原因でないかと考えられる。

(3) 永康区永大路

図 - 5 の番号 3 の地点は、前述した「維冠金龍大樓」が横倒しに倒壊した下敷きとなったもので、 $\Phi 2,000$ mm のコンクリート管(PSCP)が破損した。倒壊建物に取り残された住民が溺死した事例があるということなので、かなり大規模な漏水が発生したようである。被災現場付近で計測した常時微動の H/V スペクトル比を図 - 8 に示す。同図によれば、0.6 秒付近にピークが見られ、比較的軟らかい地盤であることがわかる。現地調査によれば、付近に若干噴砂の跡が認められ、ビルの倒壊原因の一つに液状化があるのではないかと議論されている。しかし、管路の被害原因は倒壊ビルが埋設個所の道路にめり込んで直接管路を破損したことによる。

(4) 安定区長和路

図 - 5 の番号 4 の地点では、 $\Phi 1,500$ mm の鋼管が破損し、漏水を生じた。溶接接合ではなく継手で接合されており、接合部から漏水したようである。管の内面にポリエチレンのライナーが施されていたが、それが大きくはがれており、管の劣化が被災原因の一つと考えられる。被災現場付近で計測した常時微動の H/V スペクトル比を図 - 9



写真 - 1 $\Phi 1350$ mm のダクタイル鉄管による地上仮配管¹⁾

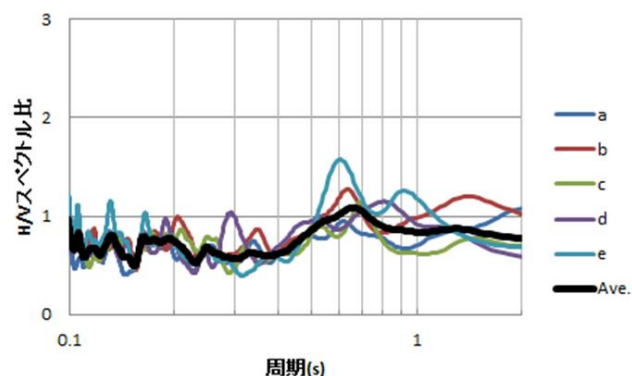


図 - 6 新化区忠孝路における常時微動H/V スペクトル比

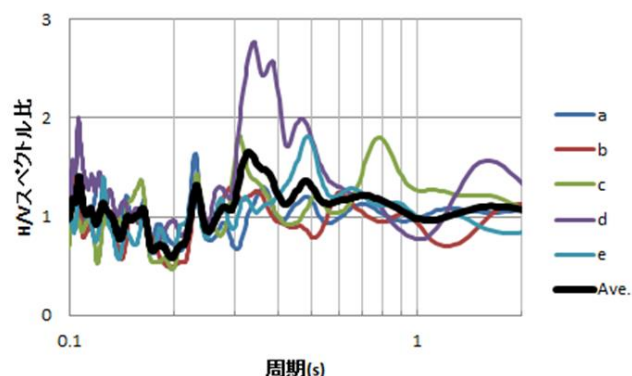


図 - 7 開運橋詰における常時微動H/V スペクトル比

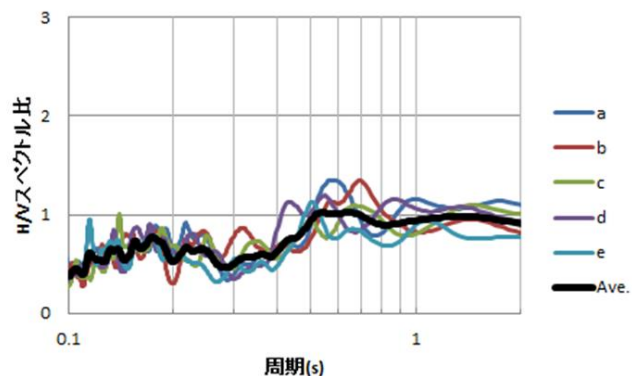


図 - 8 永康区永大路における常時微動H/V スペクトル比

に示す。同図によれば、0.2秒以下と0.7秒付近にピークが見られる。当該地点は地下水位が浅く、砂地盤であったことから液状化発生の可能性が考えられるが、現地調査によれば、顕著な液状化の痕跡は確認できなかった。

3. まとめ

2016年2月6日に発生した台湾の台南地震における水の解消に努めた。

道管路被害について、その概要を報告するとともに大口径送水管の被災原因を、現地調査にて計測した常時微動計測の結果を含めて考察した。

この地震において台南市内で液状化が発生し建物の傾斜、沈下が顕著に生じた地域があったが、その地域と大規模送水管の被災現場とは一致していない。常時微動計測結果によれば、開運橋詰は比較的固い地盤であると推察されるので、管路の劣化が被害原因と考えられる。他の3地点はいずれも常時微動のH/Vスペクトル比のピークが0.6秒以上に見られることから軟弱地盤であると推察され、地盤振動の増幅が大きかった可能性が考えられる。

強震観測点においても常時微動観測を行っているので、強震記録と強震観測点の常時微動記録を用いて、管路被災地点の地震動を推定し、管路被害原因の一つとして地震動強度が考えられるのか否かについて研究を進めていく予定である。

謝辞：現地調査及びその後の資料収集に当たり、台湾国家地震工程研究中心の劉 李宇博士に多大なご協力を得た。また、成功大学防災研究中心の李 心平博士と研究

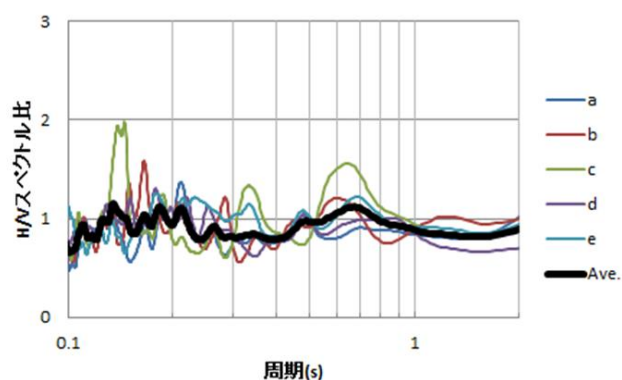


図 - 9 安定区長和路における
常時微動H/Vスペクトル比

室の学生諸氏には液状化に関する情報を頂くとともに現地調査に協力していただいた。深謝します。最後に、本研究の遂行にあたって科学研究費補助金（一般研究B，No.25289135，研究代表者 宮島昌克）の一部を使用しました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 劉 李宇：2016/02/06 高雄美濃地震 自來水系統震害 - 台水 6 区（台南），NCREE, 2016.3. (PPT ファイル).
- 2) 村田 晶，宮島昌克，池本敏和，吉田雅徳，金子正吾：2016 年台湾・高雄美濃地震における地震被害と常時微動観測による地盤動特性推定，日本建築学会北陸支部研究報告集，Vol. 59，pp.119-120，2016.7.

(2016.9.2 受付)

DAMAGE ANALYSIS OF WATER SUPPLY PIPELINES IN 2016 TAINAN EARTHQUAKE IN TAIWAN

Masakatsu MIYAJIMA, Toshikazu IKEMOTO, Akira MURATA,
Masaho Yoshida and Shogo KANEKO

This paper is focusing on damage to water supply pipelines by the 2016 Tainan Earthquake in Taiwan. An earthquake with a magnitude of 6.5 occurred in Mino district of Takao City in Japan on February 6, 2016 at 3:57 on local time. The depth of hypocenter was 16.4 km. At first, an outline of the earthquake and the damage is given. Then the damage to water supply pipelines is shown and the causes of the damage are discussed in relation to the result of microtremor measurements at the damage sites.