

## 遠心模型実験による護岸構造物の液状化被害と埋設ガス導管への影響

(株)大林組技術研究所 正会員 佐藤 清 (株)大林組技術研究所 正会員 松田 隆  
 神戸大学 正会員 高田至郎 大阪ガス(株) 正会員 小川安雄  
 東京ガス(株) 小口憲武 東邦ガス(株) 北野哲司  
 住友金属工業(株) 松本真明

### 1. はじめに

地震時にケーソン護岸の背後に発生する地盤の側方流動と、それにとまなう埋設ガス導管の変形の再現を目的として遠心模型振動実験を実施した<sup>1)</sup>。本報では導管模型の変形挙動の他、護岸の変位特性と背後地盤との関係などを中心に報告する。

### 2. 実験方法

遠心模型振動実験は、(株)大林組技術研究所の大型遠心実験装置に搭載された油圧式振動台<sup>1)</sup>を使い、相似率 1/30 (遠心重力場 30g) の条件で実施した。

図-1 に実験模型の断面図と平面図を示す。模型はモルタル製のケーソン護岸、上部非液状化層と下部液状化層からなる背後地盤、上部非液状化層の埋設ガス導管模型(以後、模型管と呼ぶ)によって構成される。地盤は 8 号硅砂による相対密度 70%、厚さ 16cm (4.8m) の上部非液状化層、8 号硅砂による相対密度 26%、厚さ 36cm (10.8m) の下部液状化層である。井合ら<sup>2)</sup>は、背後地盤および基礎地盤がいずれも緩い砂質土の場合、重力式護岸ではレベル 2 地震動に対して護岸高さの 20~40%の水平変位が生じることを、既往の地震被害事例からまとめている。本実験はガス導管の大変形領域での数値解析

手法<sup>3)</sup>の照査用データを得るため、出来るだけ大きな側方流動により模型管を変位させることを目的とした。そのため、護岸模型の基礎地盤は背後の液状化層と同じ相対密度(26%)とした。地下水には脱気水を用いた。

模型管は外径 20mm (600mm)、肉厚 0.5mm (15mm) で、63cm (18.9m) の直管部と 90 度曲管部 (3DR) を有する L 字型とした。模型管は上部非液状化層の土被り 6cm (1.8m) の深さに埋設し、63cm の直管部が地盤流動方向に直交するように配置した。地盤流動方向と平行になる直管部は、アルミ製治具により土槽側壁に固定した。模型管配置方向は、曲管部が 90 度より大きく開く方向に変形する「外曲げ」と、閉じる方向に変形する「内曲げ」の 2 種類としたが、今回報告するのは「内曲げ」のケースについてのみである。計測項目は図-1 に示す護岸模型の水平変位(上下 2 箇所)、模型管端部の変位、護岸背面の土圧、過剰間隙水圧比の他、地盤および護岸の加速度、模型管のひずみ等である。加振は 60Hz (実物換算 2Hz) の正弦波を 30 波入力し、振幅は 12.2g (実物換算 400Gal) を目標とした。

### 3. 実験結果

図-2 に実物換算した入力加速度波形を示す。最大振幅は 442Gal である。図-3 は模型の最終変形断面(遠心力を開放した後の状態)を示しており、点線が初期状態、実線が実験終了後の状態である。黒丸は模型管端部の位置を示す。護岸は加振により海側へ変位し、背後地盤は側方へ流動し、沈下した様子が観察できる。ただし図に示す護岸の天端変位 7.3m のうち、0.9m は遠心力開放時による。模型管背後地盤は管によって塞き止められ、管前

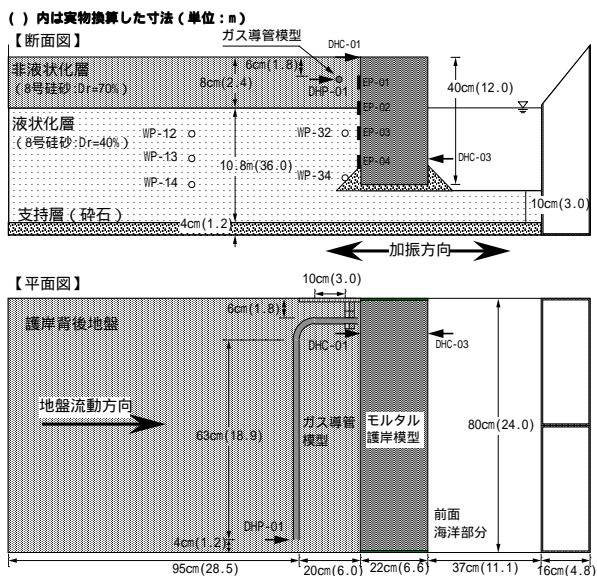


図-1 実験模型図

表-2 各層の諸元 (透水係数は 1g 場での数値)

	密度 (t/m <sup>3</sup> )	相対密度 (%)	間隙比	透水係数 (cm/s)
上部非液状化層	1.38 (乾燥)	70	0.92	—
下部液状化層	1.74 (飽和)	26	1.22	2.7 × 10 <sup>-2</sup>
ケーソン護岸	2.16	—	—	—

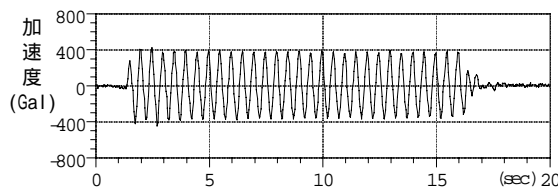


図-2 入力加速度

キーワード：遠心力模型実験、液状化、側方流動、ケーソン、埋設管

連絡先：204-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640 大林組技術研究所 TEL:0424-95-0950 FAX:0424-95-0909

面の地盤は護岸側へ崩壊している。埋設管の周辺地盤が不飽和で比較的密な場合、側方流動した地盤は管周辺をすり抜けず、管に大きな被害を与える。図-4は護岸からやや離れた位置の過剰間隙水圧比(WP-13)を示し、背後地盤の液状化が確認できる。図-5は護岸近傍の過剰間隙水圧比(WP-32)を示しているが、護岸が地盤に先行して移動するため、背面地盤は膨張することになり水圧比は1.0に達するまで上昇しない。

図-6は実物換算した護岸天端の水平変位(DHC-01)と、模型管端部の水平変位(DHP-01)である。護岸変位は6.4m、模型管端部の変位は2.0mに達している。

図-7は護岸天端の水平変位(DHC-01)と護岸下部の水平変位(DHP-03)から、護岸天端での水平変位を転倒による回転成分と、滑動あるいは基礎地盤のせん断変形による並進成分とに分離して、示した図である。加振による護岸変位のうち83%は転倒によるもので、転倒が進む加振後半では並進成分は増加しない。このように転倒が卓越するのは、捨て石マウンドの厚さが不足していることや、基礎地盤の密度が小さいことによる。したがって、十分な厚さのマウンドと基礎地盤の改良によって、地震時における護岸の変位はかなり小さく出来ると考えられる。

図-8、9は護岸背後の壁面土圧を示しており、図-8は護岸上部(EP-01)、図-9は中央部よりやや下での値である。図-8から、加振1波目で護岸が背後地盤側へ変位して受働土圧が発生し、その後、護岸の海側への変位が進行することがわかる。図-9では、加振開始後7秒程度まで土圧振幅が減少傾向にあることから、護岸が背後地盤に押されて変位しているのではないことが推定できる。ただし、護岸の変位が回転成分のみになる加振後半では土圧振幅が増加しており、背後地盤が護岸を押しするような状態になっていることが推定できる。

#### 4.まとめ

遠心模型実験装置により、ガス導管模型を埋設した護岸背後地盤の側方流動実験を実施した。その結果、比較的密度の大きい地盤で側方流動が生じた場合、埋設管周辺での地盤のすり抜けはなく、管に大きな変形が生じることや、基礎地盤が緩い場合、護岸の変位の大半は転倒によることなどが示された。

本研究は(社)日本ガス協会が経済産業省資源エネルギー庁からの委託により、平成8年度から調査研究を進めてきた「ガス導管液状化対策調査」における平成12年度の成果の一部である。経済産業省をはじめとする関係各位、「ガス導管液状化対策調査研究特別委員会(委員長:片山恒雄文部科学省防災科学技術研究所長)」の各委員に感謝の意を表す。

参考文献 1) 佐藤清、松田隆、高田至郎、小川安雄、小口憲武、北野哲司、松本真明:遠心模型振動実験を用いた地盤側方流動による埋設ガス導管の変形特性の考察,第36回地盤工学研究発表会(2001)投稿中。2) 井合進、一井康二、森田年一、佐藤幸博:既往の地震事例に見られる液状化時の護岸変形量について,第2回阪神・淡路大震災に関する学術講演会論文集,1997.1,pp259-264。3) 高田至郎、小川安雄、吉崎浩司、北野哲司、岡村一男:液状化側方流動を受ける埋設管の大変形挙動に関するハイブリッド弾塑性解析手法,第10回日本地震工学シンポジウム,1998.11,pp61-66。

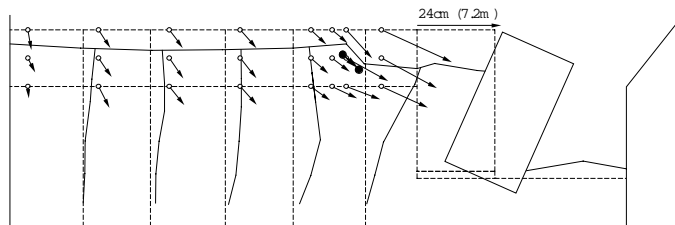


図-3 模型全体の最終変形断面図

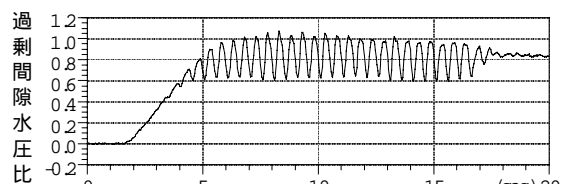


図-4 液状化層の過剰間隙水圧比(WP-13)

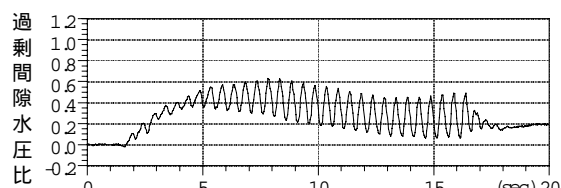


図-5 液状化層の過剰間隙水圧比(WP-32)

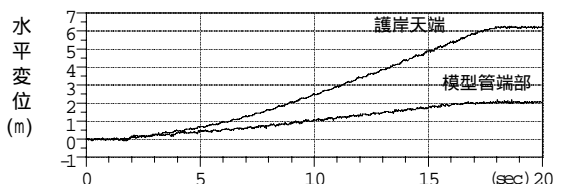


図-6 護岸天端・模型管端部の水平変位

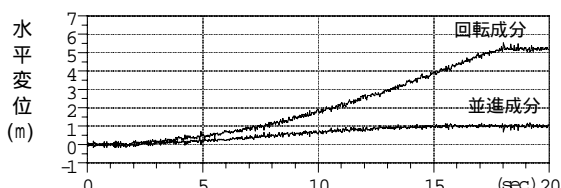


図-7 護岸水平変位の回転成分と並進成分

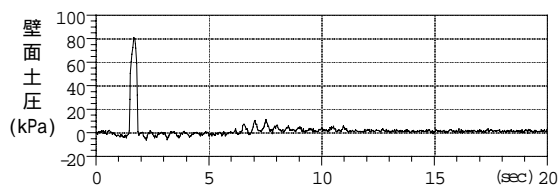


図-8 護岸背後の壁面土圧(EP-01)

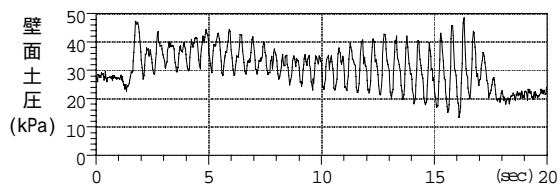


図-9 護岸背後の壁面土圧(EP-03)