

I-B 114 1995年兵庫県南部地震における側方流動による構造物被害と防止例

早稲田大学 学生会員 渋谷武弘 正会員 濱田政則
正会員 若松加寿江・目堅智久 海老原夕香

1. はじめに

兵庫県南部地震では神戸市から大阪市の埋立地盤の液状化に伴う地盤の変位により、様々な構造物に甚大な被害が生じたが、構造物の被害程度には大きな差が見られた。本研究では、この要因を明らかにするための検討を行った。

2. 被害の状況とその考察

2.1. 神戸市東灘下水処理場

本処理場の敷地は、本土と魚崎浜の間を流れる魚崎運河の兩岸にまたがっている。敷地内では大規模な液状化が発生し、これに伴い地盤が最大約3m運河方向に移動した。構造物の被害としては、護岸の運河側へのはらみだし、構造物等の不同沈下、沈殿池の躯体継手部の破断、埋設管路の沈下・変形などである。構造物の種類・形式は、沈殿池、地上タンク類、埋設管など多岐にわたっている¹⁾。いずれも上部構造には大きな損傷は生じなかったことから、被害の主たる原因は、基礎地盤の液状化による支持力低下および側方流動による地盤変位と考えられる。そこで、以下の検討では、構造物の相対沈下量(現時点ではタンク類以外の傾斜角は不明)を被害程度を表す指標とした。

図1に各施設の最大相対沈下量をランク分けし、地盤の水平変位ベクトルとともに示す。沈下量が大きい構造物は、地盤の水平変位量が大きい運河護岸付近に多いことが分かるが、その一方で護岸近傍でも沈下が軽微な構造物も存在する。そこで、地盤変位がほぼ同じ条件下での沈下量を比較するために、護岸に平行な測線を設定し被害程度の違いを検討した。その結果を図2に示す。なお、本処理場内の施設はそのほとんどが沖積粘土層の下の洪積砂礫層に達する杭基礎で支持されている。杭の破壊状況等により、液状化層は地下水位以下の埋立土であると推定される。図2より、地中部がない施設の沈下が15cm以上と大きいに対し、地中部が深い構造物ほど沈下量が減少していることが分かる。さらに、側方流動による地盤の水平変位量は護岸で最も大きいことから、護岸に垂直な測線を設定した(図3)。図中、地盤の水平変位は護岸方向を上向きとしている。図より、護岸に近い施設でも地中部のあるものは沈下量が小さいことがわかる。

人工島における直接基礎の建物の不同沈下による傾斜角は、アスペクト比(高さ/底面積の平方根)と相関があることが明らかにされている²⁾。そこで、本処理場内の建物についてもアスペクト比で整理した(図4)。ただし、傾斜角が不明なため代わりに相対沈下量を用いた。図4より、沈下量とアスペクト比の間には顕著な相関は認められないが、地中部のある施設は相対沈下量が15cm以下にとどまったのに対し、地中部をもたない施設は30cm以上の相対沈下を生じている。また、施設内のタンク類については、傾斜角を高さ/直径および地中部の深さとの関係で整理した。その結果、高さ/直径と相関はなく、地中部が深い施設ほど傾斜角が小さいことがわかった(図5)。

2.2. 神戸市島上ポンプ場と神戸市西部下水処理場

島上ポンプ場は、護岸から約8m離れた埋立地上にある。敷地周辺では側方流動による地盤変位が顕著であり、護岸も最大3.15m海側へ移動したが、建物は無被害であった。ポンプ場建屋は図5に示すように、深さ約7m(一部で10m)の地下室を有しており、地下室施工の際に山止め壁として打設されたSMW(ソイルミキシングウォール)柱列杭が地下室の周囲に埋め残されていた。海側のSMW柱列杭自体は護岸の移動に伴い、護岸方向に約2.7%傾斜していた³⁾。しかし、これが周辺地盤の側方流動の影響からポンプ場建屋を保護したものと推察される。

西部処理場敷地内の、最も海に近い沈殿池は、その近傍護岸が1m以上移動したにも関わらず無被害であった。この沈殿池は、図6に示すように二階層式の構造で地中部が深く、構造体全体が厚さ50cmの連続地中壁で囲まれていた。このような構造体であったために、周囲の地盤の側方流動の影響を全く受けなかったものと考えられる。

3. まとめ

地下室や地中連続壁などをもつ構造物は、無いものに比べ側方流動等による影響が小さいことが明らかとなった。

本研究を実施するにあたり、神戸市下水道局施設管理課の竹中恭三係長には多大なご協力を頂いた。ここに記して感謝の意を表する次第である。

参考文献

- 1) 下水道地震対策技術検討委員会：処理場・ポンプ場被災原因調査、1995年7月。
- 2) 竹中工務店：阪神大震災被害調査技術報告会資料、1995年12月。
- 3) 日本国土開発：地震災害による島上ポンプ場埋戻土の沈下について、1995年6月。

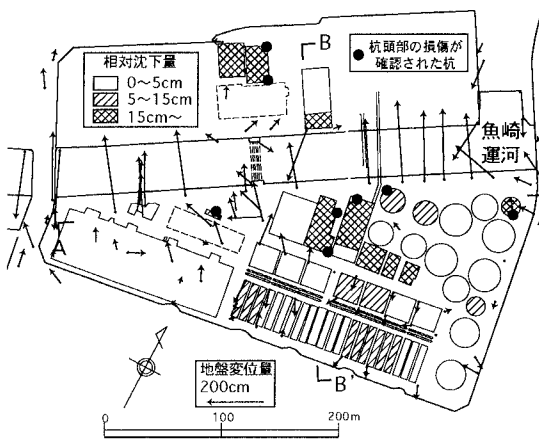


図1 東灘処理場における相対沈下量分布と地盤の水平変位量

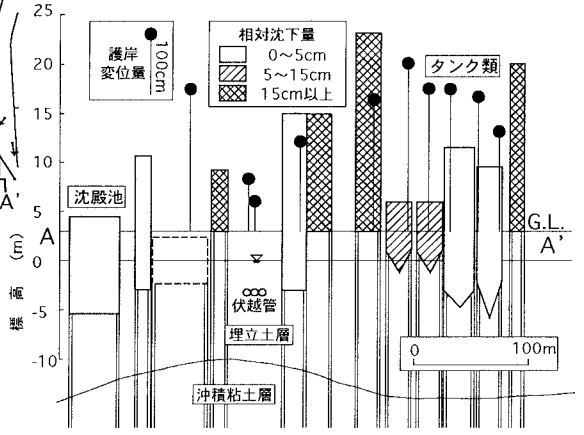


図2 護岸に平行な断面 (A-A') における施設の相対沈下量と護岸の水平変位量

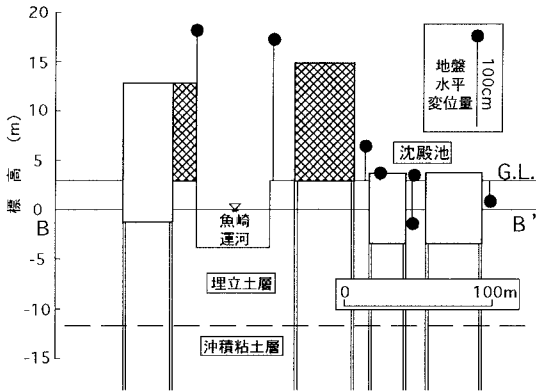


図3 護岸に垂直な断面 (B-B' 断面) における施設の相対沈下量と護岸の水平変位量

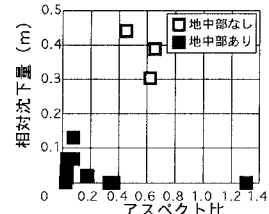


図4 アスペクト比と相対沈下量の関係

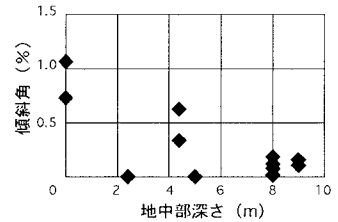


図5 タンク類の傾斜角と地中部深さの関係

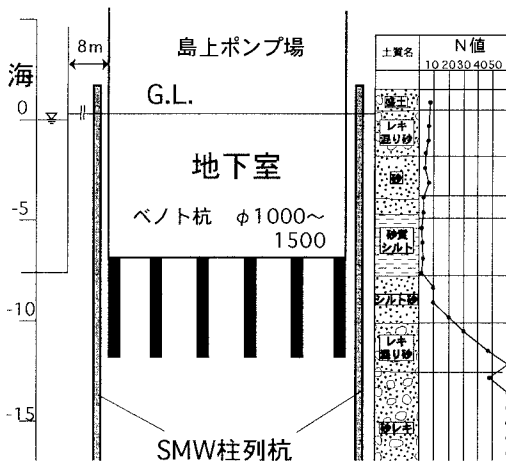


図5 島上ポンプ場の地下構造

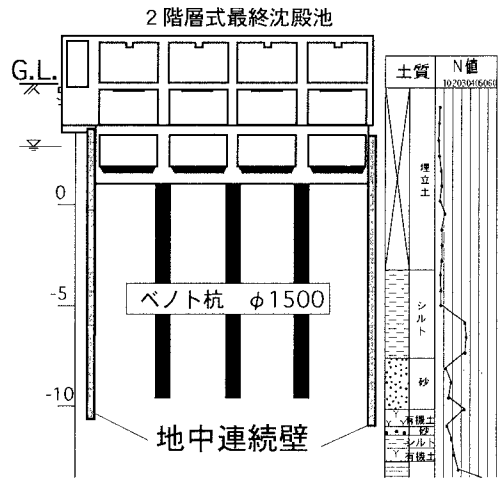


図6 西部下水処理場の地下構造