衝撃荷重を受ける液状化砂質地盤の挙動に及ぼす地下水位上昇の影響

茨城大学 学生会員 石田達久 フェロー会員 安原一哉 正会員 小峯秀雄 村上 哲

地震国である日本は数多くの地震を経験し、大きな被害を受けている。とりわけ地震動を 1 はじめに 受ける地盤および土構造物の挙動、安定性が、地盤工学の重要な課題となっている¹⁾。また、地球温暖化など の気候変動による海面上昇や異常気象の影響により、地下水位の上昇が進行し、地震時に液状化の危険性が増 す可能性が推測される。このように水位上昇を受けた地盤は、地盤内が飽和し、有効応力低下が生じているた め、地震時の衝撃により液状化が生じる可能性が高くなる。そこで水位の変化によって地震時地盤に及ぼす影 響を明らかする必要がある²⁾。本実験では、海面上昇に伴う地下水位の上昇の影響を受けた沿岸域砂質地盤が 地震による外力を受けたときの挙動を明らかにし、衝撃荷重を受けた地盤が地下水位上昇に伴い地盤変位量が どの程度変化するか調べた。

2 実験概要 本実験では沿岸域の水平地盤を想定し、護岸を設置した 1G 場における衝撃式液状化模型 試験装を行った。衝撃式液状化模型試験はカケヤにより、模型地盤に衝撃を与え、地盤を瞬時に液状化させる 方法である。試料は豊浦砂を使用し、護岸は重力式護岸〔単位体積重量 2.15(t/m³)〕を採用した。図-2.1 は模 型地盤の概要を示している。間隙水圧計は上下2列で、計6個設置している。また、注水装置は注水タンクの ワイヤーを上下させることで最大で 2m 移動することができ、土槽への注入時、流量に水頭差を用いることに

より土槽内の水位を制御できる。図-2.2 は実験条件を示してお り、その内容は初期水位を護岸背後地盤高さ 120mm とし、水 位上昇量 0mm、40mm、80mm とする。入力する衝撃は地盤を 液状化させるために約 200gal(1m/s²=100gal)に設定し、過剰間隙 水圧を模型土槽に設置された間隙水圧計で測定し、過剰間隙水 圧比 u / σ'_{v0} (u:過剰間隙水圧、 σ'_{v0} :有効上載圧)の値によ り液状化の有無を判定する。また、模型土槽の側面がアクリル 板になっており、地盤側面に色砂を設置し、動画撮影により液

水位上昇なし

状化後の地盤変位量を測定 する。撮影は衝撃入力前後、 30 分間に撮影する。模型実験 (初期)(終了後、間隙水圧、加速度、 撮影した動画を解析し、地盤 挙動特性を検証する。

3 実験結果

3.1 過剰間隙水圧の測定結果 図-3.1 は水位 上昇量 80mm の場合の地盤上部および下部の間隙 水圧測定による過剰間隙水圧比である。地盤上部 は、液状化が認められたが、地盤下部は液状化が 認められなかった。同様に全ケースにおいても地

キーワード:液状化 地盤流動 地下水位上昇 連絡先:〒316-8511 茨城県日立市中成沢町 4-12-1 TEL0294-38-5163 FAX0294-38-5268



図-2.1 模型地盤の概要





盤下部は過剰間隙水圧比 0.6~0.8 程度を示しており、地盤下部は液状化が確認されなかった。その原因として、 地盤下部の測定位置が低く、過剰間隙水圧が液状化に至るほど上昇しなかったと考えられる。また、全ケース において、過剰間隙水圧は上昇後、5~10 秒ほどで消散し、約 20 秒後には値が一定になった。

3.2 護岸の傾斜における実被害との比較 岸被害と比較して、どの程度の被害か検証した。本実験では護岸の被害を検証するために護岸の被災変形率を 用い、その算出方法³⁾は

表-3.1 本実験における護岸の被災変形率

case	水位上昇量(mm)	水深(mm)	最大はらみだし量(mm)	傾斜度(°)	被災変形率(%)
4	0	-80	9.06	1.4	4.2
5	40	-40	11.6	1.8	5.4
6	80	0	14.4	2.2	6.7

とした。表-3.1 は本研究の結果から算出した護岸の被災変形率を示しており、傾斜した護岸におい

て海側への天端部のはらみだし量を最大はらみだし量とした。そこで、本実験における護岸の被災変形率と実際の被害と比較するために、大きな被害が確認された兵庫県南部地震における護岸の被災変形率³⁾を用いた。 兵庫県南部地震における護岸の被災変形率が10%~50%であるのに対して、本実験における被災変形率は 4%~7%であり、護岸の被害は小さいと考えられる。しかし、地下水位上昇により護岸の被災変形率が増大す ることはわかる。また、実地盤の被害において地下水位が上昇した場合、本実験で採用した200galより大き な加速度、地震による慣性力などが加えられると、さらに護岸の被害が増大することが想定できる。

3.3 地盤流動特性 本実験では地下水位上昇に伴い地盤変位量がどの 程度変化するか検証した。図-3.2 は地下水位上昇量なしの場合における地 盤の水平変位量を基準にして地下水位上昇に伴う地盤の水平変位量増加 率を示しており、変位増加率は次式に示した。

水平変位量増加率(%)=(地下水位上昇量40mm、80mmの水平変位量(mm) 地下水位上昇量なしの水平変位量(mm) -1)×100

結果から水平変位量は地下水位上昇量 80mm において、地表面付近では 水平変位量が大きく増加傾向にあり、最大で護岸付近の水平変位量が約 120%程度の増加傾向を示しているのが分かる。地表から深さ 90mm 地点 においても大きく増加傾向を示した。一方、地下水位上昇量 40mm におい て、水平変位量は地表面付近において、約 40%程度の増加傾向を示し、地 表面から深さ 90mm 地点にも 20%~40%程度の増加傾向を示した。地盤地 表面付近および地盤内において、水平変位量が地下水位上昇に顕著に増加 した。特に地盤地表面付近は広範囲に渡って、水平変位量が増加した。

4 まとめ 本実験において、護岸および地表面付近の地盤流動が著 しく、護岸から離れていくと地盤流動量は小さくなっており、実際の被害 事例と同様な傾向を示した。また、地下水位上昇に伴い地盤変位量が増加 した原因としては護岸および地盤地表面付近において、地盤の液状化の程 度および護岸の傾斜による影響が考えられる。また、護岸付近は護岸の傾 斜により、大きく地盤流動が発生するが、地下水位の低い場合と比較する と地下水位が高い場合は広範囲に渡り、水平変位量が増加する傾向が見ら れた。このような護岸付近における水平変位の増加傾向は無視できないと 考えられる。

深さ0mm地点 140 ➡地下水位上昇量40mm <u></u>€120 -地下水位上昇量80m ₩ 100 暫 80 変位量性 60 水玉 40 20 100 50 ٥ 150 200 護岸からの水平距離(mm) (a)地盤表面 深さ90mm地点 100 ●-地下水位上昇量40m 8 80 ➡地下水位上昇量80m 水平変位量増加 60 40 20 0 50 100 150 200 護岸からの水平距離(mm) (b) 深さ 90mm 地点 図-3.2 地下水位上昇による 水平変位量増加率

《参考・引用文献》1)安田 進,山田 恭央,片田 敏行:土質力学,株式会社オーム社,pp103-107,1997. 2)土木学会 海岸工学委員会 地球環境問題研究小委員会:地球温暖化の沿岸影響[海面上昇・気候変動の実態・影響・対応戦 略],pp.150-151,1994. 3)運輸省港湾研究所:阪神・淡路大震災研究報告会資料,pp20-129,1996.