

清水建設(株) 海洋開発部 正会員 田中正博

清水建設(株) 海洋開発部 正会員 三藤重剛

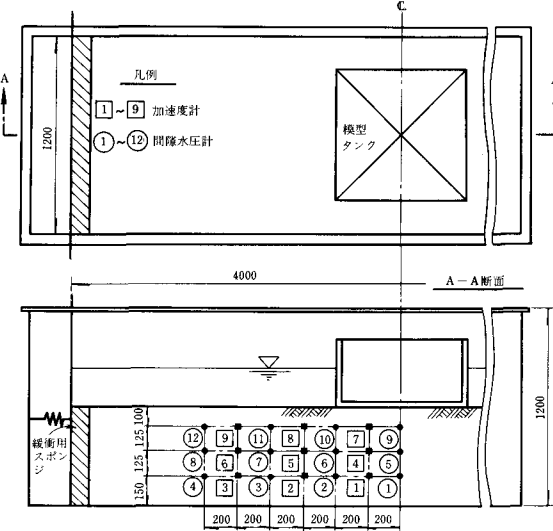
清水建設(株) 海洋開発部 正会員 小林 浩

1. 緒言

砂質地盤上に設置された構造物が地震を受けた場合、地盤の液状化が問題になる。本実験は、海洋に設置された着底式貯油タンクを相定し、地盤の液状化と地盤上の構造物の沈下との関係を調べ、さらに液状化時の構造物の沈下に大きな影響を及ぼす要因を把握しようとするものである。

2. 実験装置および実験方法

大型振動台（4 m×5 m）に両面アクリル製実験槽（内寸法長さ4 m，幅1.2 m，深さ1.2 m）を設置し、自動散砂フィーダを用いて一定水深に保たれた実験槽内のポリマー水溶液中に一定高さから乾燥砂を落下させ模型地盤を作成した。砂層を作成する過程で、図－1に示すように砂層内に小型加速度計（容量2 G）および間隙水圧計（容量200 gr/cm²）を埋設した。使用した砂は大井川河口の砂で、その物理的性質は、土粒子比重2.64，50 %粒径0.36 mm 均等係数2.63 最大間隙比1.007，最小間隙比0.609である。微振動を与えて所定の密度が得られた砂層に模型タンク（1辺0.8 m，高さ0.4 m）を設置した。模型タンクの幾何学的縮尺は1/125 で、間隙水の逸散の相似率として時松ら¹⁾の提案している時間係数を用い、透水係数を縮尺するため水の代りに粘性の高いポリマー水溶液を使用した。



図－1 実験装置概略

3. 実験結果および考察

表－1 は実験番号(1)～(7)の実験条件である。図－2 は実験番号(1)，(2)および(3)の測点⑨の間隙水圧比（過剰間隙水圧と初期有効応力との比）と相対沈下量（模型の沈下量と砂層厚との比）の関係である。液状化している実験(3)の場合の沈下は液状化していない(1)および(2)の場合の圧密等による沈下に比して著しく大きいことが分る。図中の σ_{20} はブシネスクの式²⁾による初期有効応力の計算値である。図－3 は実験(4)，(5)，(6)および(7)の測点⑨の間隙水圧比と相対沈下量の関係を接地圧 Q をパラメータとして示したものである。表中の q および Q はそれぞれ(1)および(2)式で定義される模型の接地圧である。

表－1 実験条件

実験 番号	接 地 圧		相対密度	加速度	液状化
	q (gr/cm ²)	Q (gr/cm ²)	Dr (%)	α (gal)	
(1)	17.7	18.1	43	32	無
(2)	14.5	18.1	43	61	無
(3)	15.5	15.8	44	124	有
(4)	18.9	16.2	40	106	有
(5)	18.9	9.9	37	89	有
(6)	17.6	7.5	43	190	有
(7)	15.2	5.0	46	140	有

$q = q_0 - (h + d) \cdot \gamma_p$ (1)
 $Q = q_0 - (h \cdot \gamma_p + d \cdot \gamma_t)$ (2)
ここに、 q_0 ：模型の単位面積当りの空中重量（gr/cm²）， d ：模型の根入れ深さ（cm）， h ：水深（cm）
 γ_p ：ポリマー水溶液の単位体積重量（gr/cm³）， γ_t ：砂の湿潤単位体積重量（gr/cm³）である。

表-1から分るように実験(4)~(7)の接地圧 q はほぼ等しいが接地圧 Q は大きく異なっている。図-3から分るように、接地圧 Q が大きい程模型の沈下量も大きくなっており、また間隙水圧比 u/σ_{z0}^* の小さい時点で沈下を生じている。これは接地圧 Q が大きい程残留地盤支持力(地盤支持力から接地圧 q を差し引いた支持力)が小さいため、過剰間隙水圧の上昇に伴う有効応力の減少の残留支持力への影響が大きく、模型の沈下量が大きくなるものと考えられる。実験(4)の場合、 $u/\sigma_{z0}^* = 0.4$ の近傍から急激に δ/H が大きくなっており、これは吉見ら³⁾の実験($q = 18 \text{ gr/cm}^2$)結果とよく一致している。実験(5)では $u/\sigma_{z0}^* = 0.6$ を、実験(6)および(7)では $u/\sigma_{z0}^* = 0.8 \sim 0.9$ を越えると δ/H が急増しているが、沈下量は次第に小さくなっている。これらのことから接地圧 Q は模型の沈下にきわめて大きな影響を及ぼすことが分る。図-3の右側の図は実験(4)~(7)の測点⑦での加速度と入力加速度との比で、その値の小さい程液状化が進行していることを示す。 σ_{z0}^* は完全液状化すれば $u/\sigma_{z0}^* = 1$ 、 $\alpha_r/\alpha_i = 0$ になるという考えに基いて補正した初期有効応力である。間隙水圧比の模型の沈下への影響は、模型直下の浅い位置で最も大きく、深さが深くかつ模型からの水平距離が大きい程小さくなっており、これは液状化の進行状況と一致している。

模型の沈下に最も大きな影響を及ぼすのは、模型直下の浅い領域の液状化であるが、模型周辺の液状化によって模型直下の地盤の側方拘束圧が減少することで沈下に影響することは考えられる。

4. 結語

本実験から、接地圧 Q が液状化時の構造物の沈下にきわめて大きな影響を及ぼすことが分った。また、構造物の沈下は完全液状化に至らなくても生じており、一つの目安として、間隙水圧比 u/σ_{z0}' が0.4以上になる場合は沈下に対する検討・対策が必要と思われる。

本実験は、通産省より日本海洋開発産業協会(J O I A)が委託を受けた「石油の海洋備蓄システムの開発調査」の一環として清水建設㈱が行なった模型実験の一部である。この機会を与えていただいたJ O I Aに感謝致します。

- 参考文献 -

- 1) 時松孝次, 吉見吉昭: 砂地盤上の構造物の地震による沈下, 第11回土質工学研究発表会報告集
- 2) 例えば, 赤井浩一: 土質力学, 朝倉書店
- 3) 吉見吉昭, 時松孝次: 構造物近傍の砂地盤における地震時の液状化, 第4回地震工学シンポジウム講演集

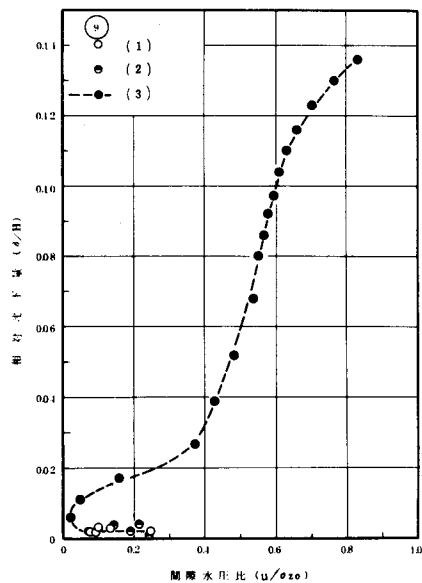


図-2 相対沈下量と間隙水圧比の関係

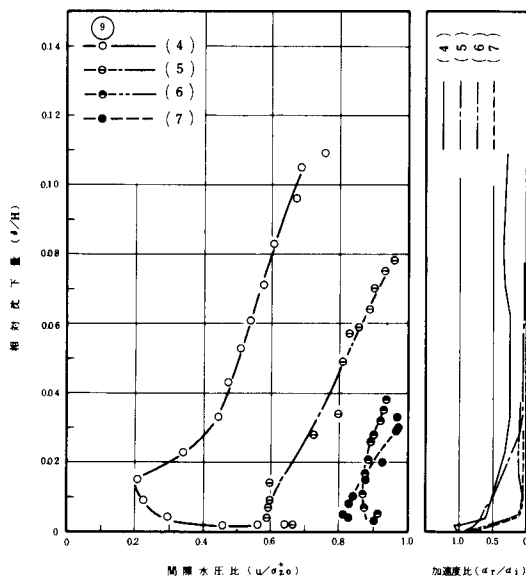


図-3 相対沈下量と模型タンク直下の間隙水圧比の関係