

東京大学 正 石原研而
不動建設(株) 正 〇川瀬泰裕
東建地質調査(株) 中島三春

1 まえがき

昭和53年6月に発生した宮城県沖地震($M=7.4$)は、宮城県を中心に大きな被害を与えた。中でも、液状化現象は軟弱地盤を形成する多くの埋立地等で観察された。石巻港-70m岸壁後背の敷地に位置する全通連石巻油槽所敷地の周辺などでも液状化が生じ噴砂の跡が見られた。しかし、バウムロコンポーザー工法により地盤改良が行われた油槽所内では、液状化現象、タンクの不等沈下は認められず、砂地盤を締固めることによる液状化防止効果が発揮された。そこで、液状化が生じた油槽所敷地の周辺、および液状化しなかった油槽所内よりそれぞれ乱さなけり砂の採取を行ひ、くり返し三軸圧縮試験装置により液状化試験を行つて若干の解析を試みた。

2 経過

油槽所の位置を図-1に示す。油槽所建設前の地盤調査結果(図-2)に示すように、当地は、GL-11m付近まで $N=2$ ~12のゆるい砂層であり、それ以下は、砂質シルト、細砂が互層になり基盤のレキ層に至る。そこで、液状化対策、地盤強化対策として上部のゆるい砂層を、コンパクションパイル(φ=700)を1.8m間隔で基盤まで打設して、締固めその上にタンクを設置した。地盤改良後の上部砂層は、図-3に示すように $N=14$ ~22($N=16$)の良く締った砂層となった。本工事は、昭和50年に実施された。地盤改良工事概要を図-7に示す。なお、地震後の処理部、無処理部の地盤調査結果を図-4に示した。地盤改良前〜地震後の地盤調査位置は、図-6に示す。

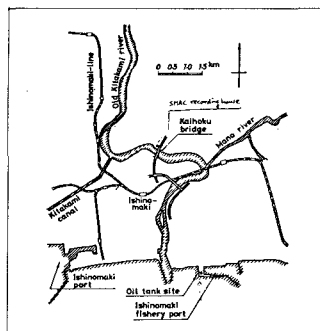


図-1 位置図

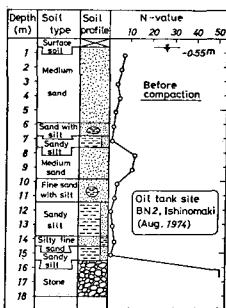


図-2 改良前

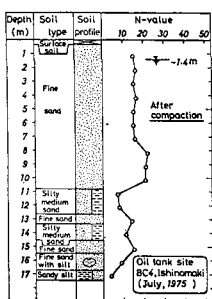


図-3 改良後

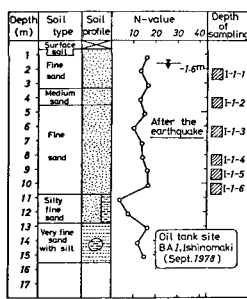


図-4 地震後(処理部)

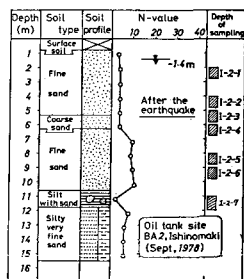


図-5 地震後(無処理部)

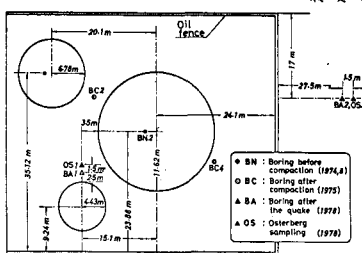


図-6 地盤調査位置図

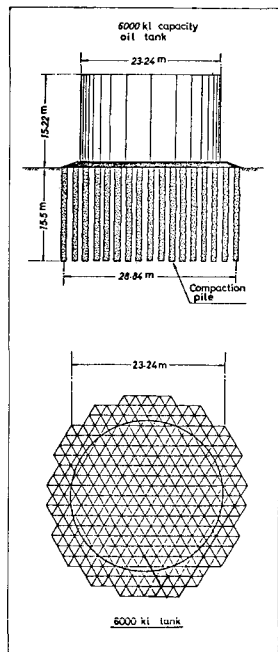


図-7 地盤改良工事概要

3 実験方法

乱さない試料の採取には、オスターバーグサンプラーを用い、試料は一旦凍結した。実験装置は、通常のくり返し三軸圧縮試験装置を用いた。この装置に供試体をセットし、バックプレッシャー（15%）を加え、間げき水圧係数 $B \geq 0.95$ となるまで完全飽和させた。その後圧密（ $\sigma'_v = 10$ %）し、非排水状態で1Hの正弦波を加え、液状化実験を行った。実験結果は、応力比とくり返し回数（20回）の関係で整理し、20回のくり返し回数で軸ひずみ両振幅が $DA = 5\%$ となる時の応力比を求め、処理部、無処理部それぞれについて深度方向に対しプロットすると図-8のようになる。GL-6mまでは、両者の差は大きい。それ以上になると応力比の差は小さくなっている。また、GL-10m～11mでは、処理部と無処理部の値が逆転しているが、これは無処理部の土質がシルトであるためである。上部砂層は、ほぼ均一な平均粒径 $D_{50} = 0.14 \sim 0.2$ 、均等係数 $U_c = 1.7 \sim 2.3$ の細砂である。砂の粒径分布の範囲を図-9に示した。

4 解析

解析に当たっては、当地区の地表面最大加速度を $a_{max} = 220 \text{ gal}$ と仮定した。石巻市の南北橋付近（露出岩盤）で観測された最大加速度が $a_{max} = 290 \text{ gal}$ であったことから、この値はそれほど不自然ではないと思われる。地盤内の深さ z の底面に作用するせん断力は、 H を地下水面の位置、 γ は水面より上の湿潤密度、 γ_{sat} は水面より下の土の単位体積重量として、

$$\tau_d = 0.55 \cdot \frac{a_{max}}{g} \cdot \gamma_d \cdot \{ \gamma \cdot H + \gamma_{sat} \cdot (z - H) \}$$

より求めた。⁽²⁾ また、地盤のせん断抵抗力は、図-8の応力比 $\frac{\sigma'_{de}}{2\sigma'_v}$ より

$$\tau_r = \frac{\sigma'_{de}}{2\sigma'_v} (N_c = 20, DA = 5\%) \cdot \sigma'_v$$

$$\sigma'_v = \frac{1 + 2K_0}{3} \cdot \sigma'_v \quad (K_0 = 0.5)$$

から求めた。以上の τ_d 、 τ_r より液状化に対する安全率 (F_s) を

$$F_s = \frac{\tau_r}{\tau_d}$$

と定義し、 F_s を深度方向に対しプロットすると図-10のようになる。

処理部については、タンク内の油の荷重が拘束圧に影響していると思われるので、その荷重を考慮している。液状化を生じた無処理部は、GL-3m～10mで $F_s < 1$ 、また処理部は、ほぼ $F_s \geq 1$ と実際現象と一致することになった。

5 まとめ

今回の宮城県沖地震、および一連の実験、解析により次のことがわかった。

- (1) 砂地盤を締め固めることによる液状化防止効果が確認された。
- (2) くり返し三軸圧縮試験と簡易法による解析で、ある程度砂地盤の液状化を推定できる。

〈参考文献〉

- (1) 宮城県沖地震震害調査報告書 (不動建設株式会社) 1978
- (2) 石原碩而 ; 「土質動力学の基礎」 pp280～pp286

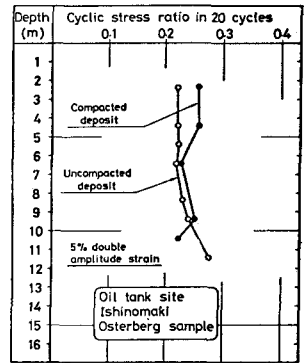


図-8

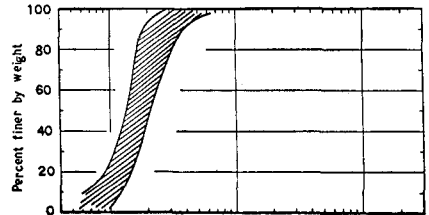


図-9

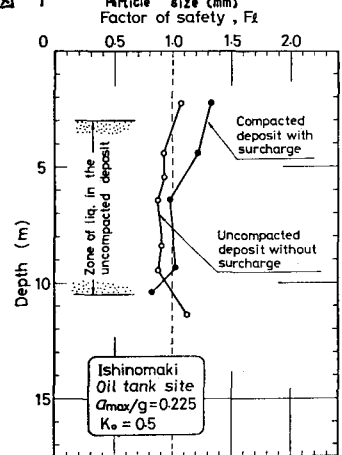


図-10