

III-258

1987年千葉県東方沖地震で生じた噴砂の液状化特性(その2)

飛島建設(株) 正会員 ○森 伸一郎 境野典夫 沼田淳紀
正会員 長谷川昌弘 太田直之

1. はじめに

海岸埋立地盤の液状化は、近年増えつつあるウォーターフロント域の開発計画等を推進してゆくうえで解決してゆかなければならない問題の1つである。1987年12月の千葉県東方沖地震(M6.7)では、東京湾岸沿いの海岸埋立地で多くの液状化が発生した。

筆者らは、地震発生後現地調査を行ない、液状化の発生した21地域から92の噴砂試料を採取し、それらの物理的性質について調査・報告してきた。^{1)~4)} すなわち、この地震の噴砂の特徴として、①これまでの地震の噴砂に比べて細粒分が多い¹⁾²⁾ ②塑性指数が10未満の低塑性または無塑性である³⁾ ③一般の沖積砂層・埋立砂層に比べて、細粒分含有率に占める粘土分含有率(PC)の割合が小さく $PC \leq 10\%$ である³⁾ ④噴砂に含まれる粘土分の粒子形状は粒状・砕屑状が優勢である⁴⁾、ということを明らかにした。

このような広範囲にわたって海岸埋立地で多くの液状化が発生した例はない。そこで、上述した性質を持つ噴砂の液状化特性を知る目的で、噴砂を用いて繰返し三軸試験を実施した。試料の物理的性質・試験方法・試験結果の一部を同題(その1)で述べた。ここでは、さらに試験結果に検討を加えたので報告する。

2. 噴砂の液状化強度

図-1に、噴砂および豊浦砂の液状化試験結果を再び示す。豊浦砂の試験結果から、当試験では低めの液状化強度を示していることが解る。繰返し数の小さい領域では、噴砂は豊浦砂に比べて大きい強度を示すが、 $N_c=20$ に対応するいわゆる液状化強度は、豊浦砂が $R_{20}=0.114$ であるのに対し噴砂が $R_{20}=0.114 \sim 0.124$ であり、噴砂は豊浦砂とほぼ同程度に液状化し易い砂であるといえる。また、異なる3つの応力比で载荷したZ-10、G-5、W-1の各試料の強度曲線は、互いに平行であるので、1つの応力比でしか载荷していないP-6、Z-9、W-3の試料についても平行な曲線を引いて液状化強度を読みとった。

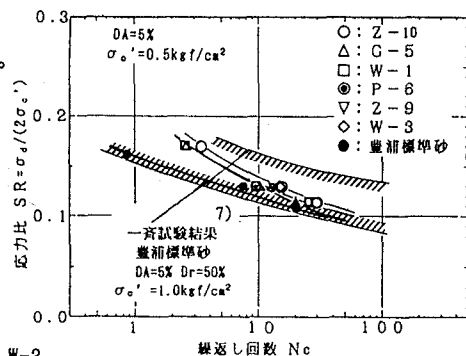


図-1 液状化試験結果

3. 噴砂の間隙水圧発生特性

豊浦砂の場合、間隙水圧比が0.5程度になると、急激に間隙水圧が上昇し液状化にいたるが、噴砂においてはいずれも急激な間隙水圧の上昇はみられなかった。そこで、間隙水圧の発生特性を明瞭にするために、間隙水圧の拘束圧に対する比と $DA=5\%$ に達するときの繰返し回数で正規化した繰返し回数比との関係を整理した。応力比0.13の場合の結果を図-2に示す。この図より噴砂もまた液状化し易い砂の特徴を表わしていると見ることができるが、間隙水圧比が0.5から1に上昇するのに要する正規化繰返し回数は豊浦砂では0.1に満たないのに対し、噴砂では0.13~0.30である。

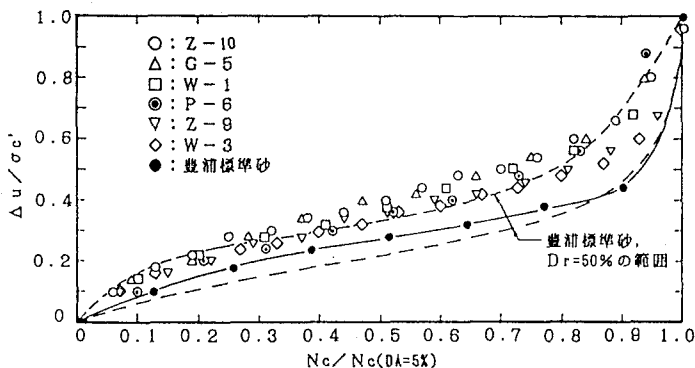


図-2 繰返し回数比と過剰間隙水圧比の関係

4. 既往の研究結果との比較

今回の噴砂は、①細粒分が多い、という特徴とともに②均等係数が小さい③細粒分の割に粘土分が比較的少ない、という特徴もある。これらの特徴をふまえて、平均粒径と液状化に対する強度の関係を既往の研究結果と比較した。図-3に相対密度50%の平均粒径と30回の繰返しで液状化に必要な応力比の関係を示す。我々の試験結果は低い応力比を示すものの、Lee-FittonやSeed-Idrissの結果⁵⁾にみられる傾向とほぼ同様の傾向を示しているといえる。すなわち、低塑性であればシルトであっても、液状化強度は砂と同様もしくは低いと言える。つぎに粘土分含有率や塑性指数と液状化強度の関係を既往の研究結果と比較する。図-4、図-5にそれらの関係を示す。いずれも、古関・石原・藤井によるものである。⁶⁾これらは、鉱さいや鉱さいとベントナイトまたはカリナイトを混合した試料による研究結果である。この図に今回の噴砂の結果をプロットしてある。細粒分含有率が3~93%と大きく異なる試料の液状化強度には殆ど差がなく、細粒分含有率が液状化強度の直接的な影響要因とならなかったのに対し、粘土分含有率や塑性指数については液状化強度と相関が強いという既往の結果と調和的であると言える。

5. 結論

噴砂の液状化試験を行ない次のことがわかった。

- ① 豊浦砂と比べ僅かに液状化強度が大きいとはいえ、噴砂は豊浦砂とほぼ同程度に液状化しやすい。
- ② 噴砂にみられる平均粒径と液状化強度の関係は既往の結果と同様の傾向を示した。
- ③ 既往の研究結果を参考にしたとき、噴砂の液状化強度は細粒分含有率よりも粘土分含有率や塑性指数のほうがより関係が深いと思われる。

以上のことから、低塑性のシルトは液状化しやすいと言える。

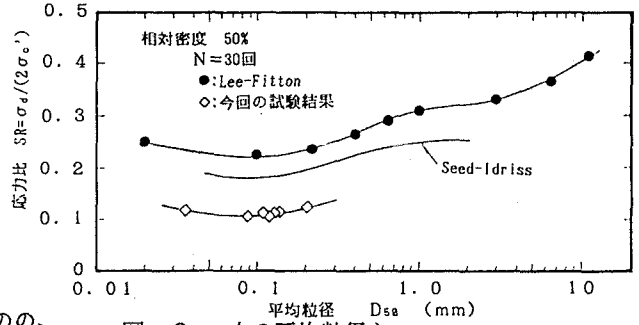


図-3 土の平均粒径と30回の繰返しで液状化に必要な応力比

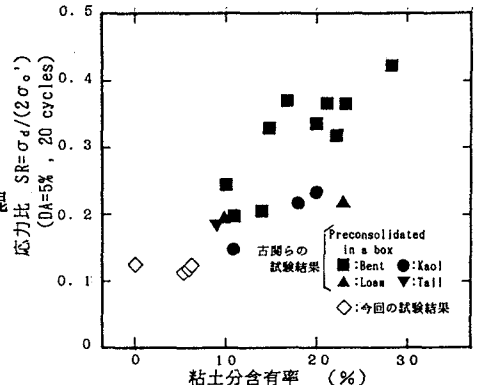


図-4 粘土分含有率（5μm以下）と液状化強度の関係

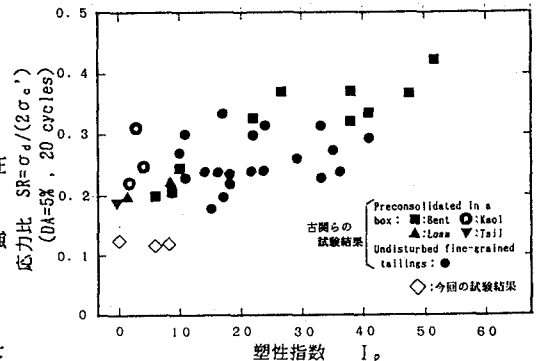


図-5 塑性指数と液状化強度の関係

<参考文献>

- 1) 森, 滝本, 長谷川: 1987年12月17日千葉県東方沖地震における液状化調査, 第23回土質工学研究発表会講演概要集, 1988.6
- 2) 森, 滝本, 長谷川: 1987年12月17日千葉県東方沖地震における液状化による噴砂の粒度特性, 土木学会第43回年次講演概要集(Ⅲ), 1988.10
- 3) 森, 池田, 滝本, 長谷川: 1987年千葉県東方沖地震で生じた噴砂のコンシステンシー特性, 第24回土質工学研究発表会講演概要集, 1989.6
- 4) 滝本, 森, 長谷川, 上野: 1987年千葉県東方沖地震で生じた噴砂の粒子形状の観察, 第24回土質工学研究発表会講演概要集, 1989.6
- 5) 安田: 液状化の調査から対策まで, 鹿島出版会
- 6) 古関, 石原, 藤井: 細粒分を含む砂の三軸液状化試験, 第21回土質工学研究発表会講演概要集, 1986.6
- 7) 加岡: 委員会報告Ⅱ, 砂質土および砂地盤の変形・破壊強度の評価に関するシミュレーション発表論文集, 1984.12