

大型土槽の液状化実験によるグラベルパイルの効果の検討

株式会社 武智工務所○桑山 晋一 山下 啓明

同上 細川 義隆

東京工業大学 吉見 吉昭

1. はじめに

最近、地震時における液状化防止工法として振動・騒音等が少なく、市街地でも施工可能なグラベルドレーン工法が注目されている。グラベルパイルの設置が砂地盤に及ぼす影響については、解析や模型実験から予測することができないので、実大または、それに近い規模の実験によって、実際の施工法を適用した場合について、直接改良効果を検討することが必要である。そこで筆者らは、長さ6m、幅4m、深さ約5mの土槽を用い、繰り返しせん断を加えることによって液状化を発生させる実験を行うことにより、グラベルパイルの打設が地盤の液状化抵抗に及ぼす効果について検討を加えた。

2. 実験地盤及び実験方法

実験は、表-1に示すように無処理地盤(CASE1)とグラベルパイルを打設した処理地盤(CASE2~4)の4種類について行なった。グラベルパイルは、土槽中心に対して点对称になるように正方形配置し、間隔は表-1に示すとおりとした。グラベルパイルの直径は40cm、長さは4mである。

一例として、CASE2の場合の断面図を図-1に示した。間隙水圧計は、グラベルパイルの中心及び半径方向に図-1に示すように深度-1.2m、-2.4m、-3.6mの位置に4個ずつ設置した。実験地盤は、珪砂を用い水中落下法によって作製した。グラベルパイルは、ケーシングオーガを用いて施工した。表-2に用いた試料の物理的性質及び透水係数を示しておく。実験装置は、図-1に示すように加力壁を土槽底部にヒンジ結合し、その上部をアクチュエーターによって繰り返し加振する構造になっている。地盤の液状化実験の方法は、1Hz、20波の正弦波を一段階とし、加振力0.5tfから液状化の生じる最終加振力まで段階的に上げていく方法を取った。なお各加振後は、モニターによって過剰間隙水圧の消散を待ってつぎの加振段階に移った。

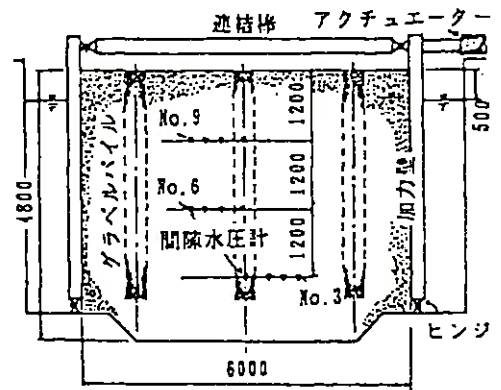


図-1 せん断土槽断面図 (単位mm)

法は、1 Hz、20波の正弦波を一段階とし、加振力0.5tfから液状化の生じる最終加振力まで段階的に上げていく方法を取った。なお各加振後は、モニターによって過剰間隙水圧の消散を待ってつぎの加振段階に移った。

3. 実験結果及び考察

表-3に各最終加振力、液状化発生に至った回数を示す。図-2は、各実験の加振前のコーン貫入試験の結果である。グラベルパイルの施工によって、qc値が約2倍ほどに増大しているが、ドレーンの間隔による違いはほとんどみられない。貫入抵抗に基づく液状化抵抗推定法²⁾を参考にして、液状化抵抗がqc

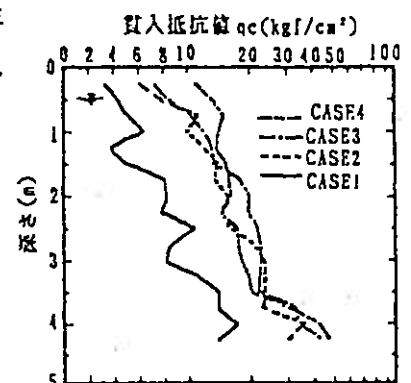


図-2 実験地盤のコーン貫入抵抗値

表-1 グラベルパイルの間隔

実験名	間隔(m)	本数
CASE1	—	0
CASE2	2.0	6
CASE3	1.5	12
CASE4	1.2	15

表-2 試料の物理的性質及び透水係数

試料名	D ₁₀ (mm)	D ₃₀ (mm)	U _c	G _s	$\rho_{max}(g/cm^3)$	$\rho_{min}(g/cm^3)$	k(cm/sec.)
珪砂6号	0.29	0.18	1.81	2.883	1.548	1.234	0.02~0.07
砕石6号	9.3	5.1	1.82	2.885	1.604	1.319	8.0

表-3 液状化試験の結果

実験名	最終加振力 (tf)	液状化に至った加振回数
CASE1	9	11
CASE2	12	8
CASE3	15	7
CASE4	15	9

Effects of Gravel Piles on Liquefaction Resistance by Large Scale Tests ;S. Kuwayama, H. Yamashita, Y. Hosokawa, (Takechi Engineering Co.,Ltd.),Y. Yoshimi (Tokyo Institute of Technology)

値の平方根に比例すると仮定すれば、排水効果を別にして、9tfの荷重が無処理地盤に及ぼす影響と $9 \times \sqrt{2} \approx 12.7$ tfの荷重が処理地盤に及ぼす影響がほぼ等しいことになる。そこで、無処理地盤では9tf, 処理地盤では12tfの荷重による、深さ2.4mにおける過剰間隙水圧の経時変化を示すと図-3のようになる。この図からCASE2とCASE3,4の間に明確な差があることが明らかである。図-4,5は、CASE1, CASE4の最終加振時の深さ別の過剰間隙水圧の経時変化を示したものである。図-4の-1.2mの地点では、深層の過剰間隙水圧が消散するまで液状化状態が持続している。しかしグラベルパイルを施工したCASE4では、深度に関係なく、加振終了と同時に過剰間隙水圧の消散が始まっている。これは、各深度で発生した過剰間隙水圧がグラベルパイルによって消散されていることを示す。図-6は、液状化時の深さ-2.4mの砂中の水平方向及び-2.4~-1.2mの砂中の鉛直方向の平均動水勾配の経時変化を示したものである。図中破線の水平方向の動水勾配は、CASE2ではほとんど見られない。しかし、CASE3,4では、それぞれ、0.79, 0.88に達しており、かなりの水平方向の流れがあったことを示している。CASE3,4が12tfで液状化しなかったのは、この排水効果によるものと考えられる。実線で示した鉛直方向の動水勾配は、CASE3では1.0程度で加振終了後しばらく持続している。しかし、CASE4では加振中にピーク値に達した直後に低下している。水平方向も同様な傾向を示す。以上より、液状化時の排水効果は、CASE4では期待できるが、CASE3では十分でなく、CASE2では、ほとんど期待できない。従って、グラベルパイルの間隔は、この場合は120cm(CASE4)程度が有効であったと考えられる。実験において地盤が液状化に至ると、噴砂現象、グラベルパイルからの噴水現象が見られた。これらの現象は、加振終了後もしばらく続いた。これは、本装置が液状化現象を忠実に再現できることを示し、得たデータの信頼性を裏付けるものである。

4. まとめ

(1)本装置は、実大規模での実際的な施工法を用いた改良地盤に対して繰り返しせん断実験が行え、液状化時の改良地盤の挙動を再現することができる。(2)グラベルパイルの効果は、施工時の周辺地盤の締め固め効果と排水効果の相乗効果が期待できる。その結果この実験では、液状化抵抗が約67%増大した。(3)グラベルパイルの打設間隔を変えた実験の結果排水に有効な間隔は、この場合120cm程度であることがわかった。

謝辞 本研究を行うにあたり、通商産業省から重要技術開発費補助金を頂いたこと、また有用な助言を頂いた東京工業大学、時松孝次先生に深く感謝いたします。

参考文献 1) 藤川, 山下, 藤又, 武田, 高橋: 大聖土層による飽和砂地盤の液状化現象, 第20回土質工学研究発表会, 1985 2) Tokimatu and Yoshimi (1983): Empirical Correlation of Soil Liquefaction Based on M -value and Fines Content, Soils and Foundations, Vol. 23, No. 4.

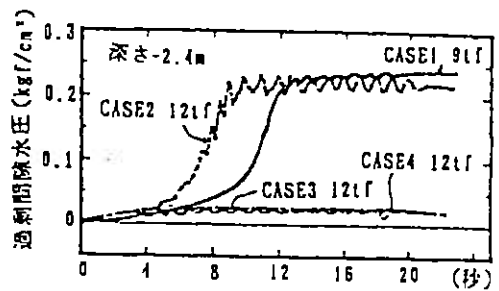


図-3 過剰間隙水圧の経時変化

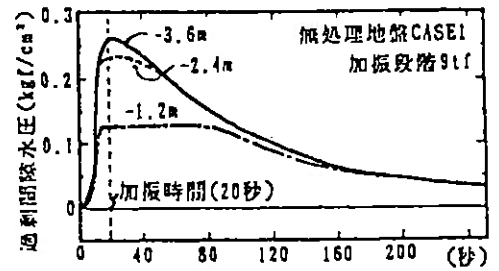


図-4 過剰間隙水圧の経時変化

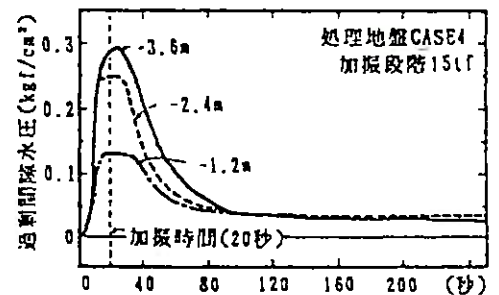


図-5 過剰間隙水圧の経時変化

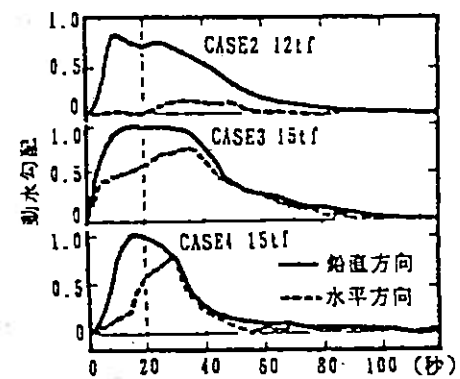


図-6 平均動水勾配の経時変化