

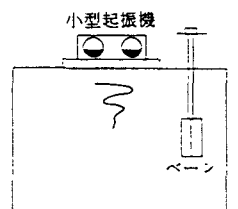
液状化低減工法による地盤剛性の比較

熊本大学工学部 正員 秋吉 卓
熊本大学工学部 正員 松本英敏

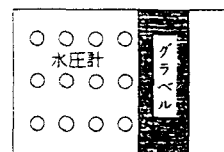
八代工業高等専門学校 正員 洲田邦彦
熊本大学工学部 学生員 〇上田徹志

1. はじめに 近年の海浜埋立地域の開発に伴い、液状化による構造物への被害が増加することが予想されることから、様々な液状化低減工法が提案され施工されているが、それらの工法がどの程度の範囲まで効果が期待できるかは完全に解明されているとはいえない。そこで、本研究では砂層の密度の増大を図るバイプロタンバーを想定した地表面振動締固め工法¹⁾と過剰間隙水圧の消散を促進するグラベルドレーン工法、そしてこれら2工法の併用法（以下併用法とする。）という3種類の対策工法についての飽和砂地盤における模型振動実験を行った。それぞれの工法について、ベーンせん断試験、水圧の測定、引き抜き試験等を行い、初期せん断強度、過剰間隙水圧、地盤反力係数を求め、これらの液状化低減工法の効果を比較検討した。

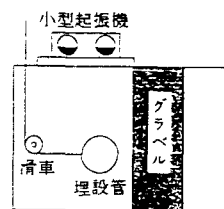
2. 実験概要 本研究に用いた模型実験装置は図1に示す。飽和砂部分は均等係数 2.31の比較的均一な川砂を用い、砂層下部からの噴き上げ装置により緩詰め状態とした。図1(a)は地表面振動締固め工法について示したものであるが、小型起振機（加振力=2,295, 2,950, 3,586kgf、振動数=800, 900, 1000rpm）を砂層表面の中央に置き、約20秒間振動締固めを行った。また図1(b)のグラベルドレーン工法では、グラベル部分にはコンクリート骨材（最大寸法20mm）を密に詰め、グラベル部分と飽和砂部分との境界には砂の移動を防ぐためにナイロンメッシュを用いた。図1(c)の併用法では、先にグラベル部分を設置し、その後小型起振機を左方の飽和砂層のみに置き約20秒間振動締固めを行った。まず最初に、地盤の締固めの度合いを調べるために各々の工法においてベーン（直径2cm、高さ4cm）を用いてせん断強度を計測した。次に、無対策地盤とそれぞれの対策を施した地盤に地表面から深さ5, 15, 25cmの鉛直位置に水圧計を設置し振動実験を行った。グラベルドレーン工法と併用法についてはグラベル境界より10, 20, 30cmの水平位置にも水圧計を設置し計測した。地盤反力係数については、図1(c)に示した装置で引き抜き試験を行った。試験方法は、過剰間隙水圧の上昇がピークに達した時点で埋設管を側方へ強制的に水平移動させた。埋設管は地表面から深さ10, 20cmの位置に設置し、引き抜き速度は16.5cm/sとした。引き抜き荷重はロードセル、変位は変位計にて計測し、線形回帰式により地盤ばねを求め、投影面積で除して地盤反力係数とした。今回の実験では各々の場合も振動数12Hz、加速度約150galで正弦加振した。



(a) 地表面振動締固め工法



(b) グラベルドレーン工法



(c) 併用法

図1 模型実験装置

3. 実験結果 図2は各々の工法についてせん断強度の変化の分布をコンター（編模様）により図示したものである。まず、(a)の振動締固め工法においては地表面に近いほどせん断強度が増大しており、特に縁部では応力集中が発生しているようである。しかしながら、深部においてはあまり効果が見られなかった。次に(b)グラベルドレーン工法ではグラベルの境界付近においてのみ若干の効果があった。これは対策工法の目的の違いによるものと思われる。(c)の併用法においては地表面付近ならびにグラベル境界に近い地中部での強度改良効果が集中する傾向にあるが、強度の大きさについては(a)と大差はない。図3は過剰間隙水圧比の分布を示している。(a)の工法ではグラベル境界付近で排水距離の短縮による過剰間隙水圧の上昇を抑える効果が顕著に見られるが、その効果は境界のごく近辺に限られている。また、鉛直方向に見た場合には深部ほどその効果が大きいようである。(b)の併用法におい

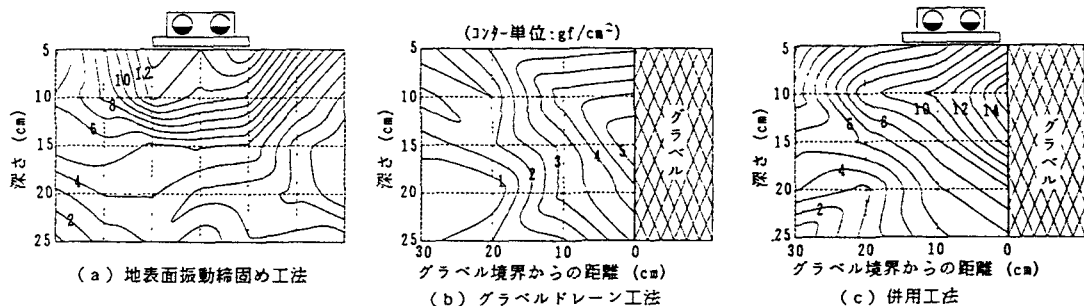


図2 初期せん断強度の増分分布

ては境界付近とともに地表面でも振動締固めによる密度の増大により、液状化が抑えられているものと思われる。また、今回は締固め工法のみにおいては相対密度(18.6%)が小さかったため、液状化が発生しており抑止までは至らなかった。図4は地表面より深さ10cmにおいて引き抜き試験により求めた液状中の地盤反力係数と初期せん断強度(τ_0)との関係である。無対策(●)の場合は完全液状化により地盤反力係数は0.02~0.03kgf/cm³の範囲内でほぼ一定である。一方、締固め工法(○)および併用工法(△)ともに振動締固めによる初期せん断強度の増大とともに地盤反力係数は増大するが両者に大差はない。締固めが十分でない初期せん断強度が30gf/cm²以下においても併用工法は0.07~0.12の範囲内にあり、締固めによる砂の『ねばり』²⁾とグラベルドレーンによる過剰間隙水圧の消散との相乗効果が地盤反力を高めたものと思われる。図5は地盤反力係数と埋設深さの関係をプロットしたものである。埋設深さ(H/d)が大きくなるにつれて工法による大差は見られないが、H/dが3より小さいところでは併用工法の地盤反力係数がグラベルドレーン工法の約2倍ほどの値を示す局所的な改良効果が表れている。

4. おわりに 今回は、目的を異にした工法ならびに両者を併用した3種類の工法について実験を行ってきた。いずれの工法においてもある程度の効果は認められたが、例えば地表面締固め工法における効果の及ぶ深度、あるいはグラベルドレーン工法の水平方向への影響範囲等、今後の課題といえよう。

参考文献 1) 秋吉 卓・他3名: 第26回土質工学研究発表会, pp1023-1024, 1991. 2) 吉見吉明: 「ねばり強さ」に関する液状化対策の評価基準, 土と基礎, 38-6, pp. 33-38, 1990.

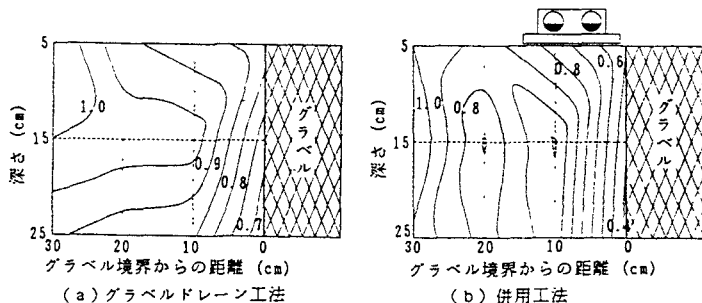


図3 過剰間隙水圧比($u/\sigma'v$)の分布

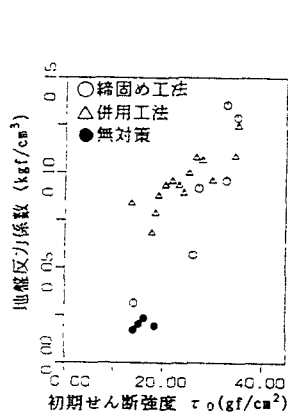


図4 地盤反力係数とせん断強度との関係

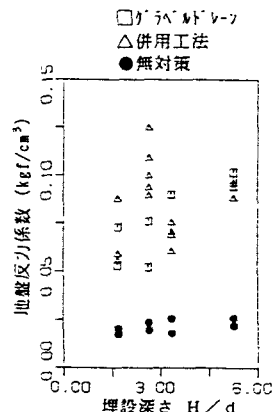


図5 地盤反力係数と埋設深さとの関係