

III-93

振動締固めによる液状化対策の効果について

熊本大学工学部 正員 秋吉 卓

八代工業高等専門学校 正員 瀧田 邦彦

正員○松本 英敏

九州産業交通

古閑 義幸

1. はじめに 地震時の液状化の発生により地盤の拘束力が弱まるため、これまで埋設管路に多大の被害を生じてきた。そのような液状化の対策の一つとして、局所的に液状化を抑える効果のある碎石置換工法の施工実績が増えつつあり、我々もその液状化対策に関する模型実験を行ってきた¹⁾。その結果、碎石のごく近辺だけは過剰間隙水圧の低減が著しく、地盤反力係数を増大させる効果があることがわかった。しかしながら局所的な間隙水圧の減圧効果だけで広域の防止効果を期待するのは現実的に問題もあり²⁾、むしろ他の工法の補助ないしは併用することが望まれる。一方、サンドコンパクションパイル工法に代表される締固め工法は砂層の密度の増大を図る工法として広く施工されており、その効果も報告されている³⁾。そこで本研究では、締固め工法の一つとして動圧密ないしはパイロタンパーを想定した地表面の振動締固めを行い、この工法の液状化抑制の有効性を地盤反力係数により考察した。

2. 実験概要 本研究に用いた引き抜き実験装置は図1に示すように、レール上に固定した起振機と砂槽をころの上に乗せて水平加振するものである。また、模型地盤は表1の物理定数に示すように均等係数2.31の比較的均一な川砂を用い、下部からの噴き上げ装置により緩詰め地盤を作成した。締固め地盤の作成にあたっては、メカニカルバイブレーターを緩詰め地盤の地表面に設置し、起振力2.9kgfで約20秒間振動締固めを行った。その後、地盤の締固まりの度合いを調べるため、ベーン(直径50mm、高さ100mm)を用いてせん断強度を計測した。実験ではまず a)無対策地盤と b)締固めた地盤中に水圧計、加速度計を地表面から50mm, 150mm, 250mmの深さ方向3ヶ所に設置し、過剰間隙水圧の時間変化を51.2秒間計測した。次に地盤反力係数を調べるための引き抜き試験を実施した。模型管路は地表面から100mm, 200mmの位置に設置し、水平移動時の引張力はロードセル、変位は変位計にて約30秒間計測した。水平方向移動に対しては滑車はわずかに砂を噛んだが、クレーンの性能上、引き上げ速度が16.5cm/secと速かったためその抵抗は無視できるほど小さかった。今回の実験では入力条件としては各れの場合も12Hz, 最大約120galを用いた。

3. 結果及び考察 図2は埋設深250mmにおける無対策ならびに振動締固めによる過剰間隙水圧の時刻歴である。無対策の場合は、加振と同時に過剰間隙水圧が急激に上昇していることがわかる。一方、締固めた場合は、初期せん断強度が大きくなるに従い、過剰間隙水圧の上昇開始時刻が遅れており、また上昇そのもの

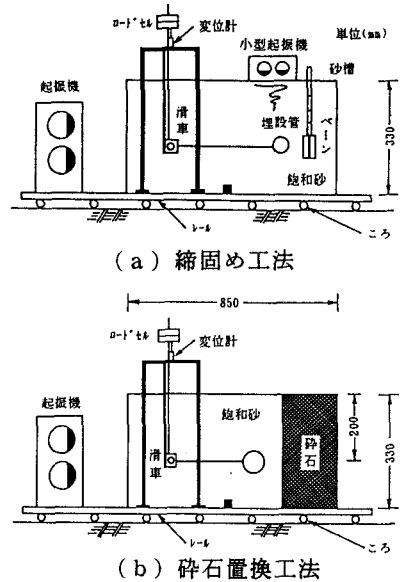


図1 振動砂槽と引抜き試験装置

表1 砂の物理定数

比重	2.74
最大粒径	2 (mm)
e_{max}	1.026
e_{min}	0.671
均等係数	2.31
平均粒径	0.34 (mm)
透水係数	2.12×10^{-2} (cm/sec)

表2 試験条件

単位体積重量	1.88 (gf/cm ³)
管の長さ	250 (mm)
埋設深さH	100, 200 (mm)
管径d	38.60 (mm)

も緩やかだが、液状化そのものの発生は防止できていない。図3は完全液状化継続時間 T_L ($u/\sigma_v' \approx 1$)とベーン(初期)せん断強度 τ_i の関係を示したものである。50mm, 150mm, 250mmいずれの深さにおいても締固めた T_L は無対策(黒)の T_L よりわずかに短いことがわかる。また、せん断強度 τ_i の強さに比例して T_L は短くなる傾向があり、締固め工法の効果が認められた。しかしながら、深くなるにしたがい、 T_L の短縮効果は小さくなっている。図4は、表2に示す試験条件のもとで図1(a)で示した実験装置で締固めた後、埋設管路の引き抜き試験より、地盤反力係数 k_0 と初期せん断強度 τ_i の関係を示したものである。無対策の場合は、完全液状化のため地盤反力係数は0.02~0.03(kgf/cm²)付近に集中している。一方、締固め地盤においては τ_i が増すにしたがい k_0 も増加する傾向にあり、深さ100mmの地表面付近では特に効果がある。しかしながら、深さ200mmでは初期せん断強度 τ_i が50gf/cm²を越えると頭打ちの傾向が見られ、締固めの効果が無くなっている。図5は図1(b)の砕石置換による地盤反力係数 k_0 と本研究での結果の k_0 を、埋設深・管径比(H/d)でプロットしたものである。無対策では、いずれの場合でも完全液状化しており深さに関係なく地盤反力係数はほぼ一定である。砕石置換(砕石境界より100mm)においては、深さに比例して右上がりに地盤反力は増加する傾向が見られる。一方、締固め工法の場合には、データに多少のばらつきがあるものの H/d が3より小さいところでは、砕石置換による地盤反力係数より大きくその効果は認められるが、それ以上では減少ないしは頭打ちの傾向にあることがわかる。

以上の実験結果より、地震時における締固め工法による液状化対策は、地表面付近の浅いところでは効果が認められた。しかしながら、深部では効果そのものはあるが頭打ちの傾向にあり、内部では液状化が発生する可能性があるといえる。

参考文献

- 1) 秋吉 卓・他3名：液状化低減のための砕石置換の効果について、土木学会第45回年次学術講演会、pp. 1192-1193, 1990.
- 2) 吉見吉昭：「ねばり強さ」に関する液状化対策の評価基準、土と基礎、pp. 33-38, 1990, 6.
- 3) 例えば安田 進：液状化の調査から対策まで、鹿島出版会, 1988.

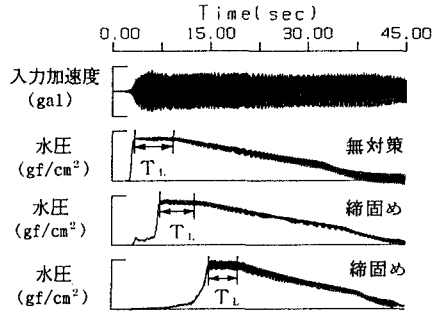


図2 入力加速度と過剰間隙水圧との関係

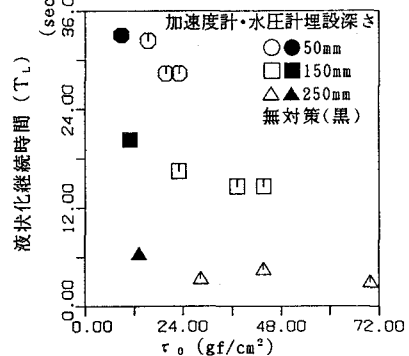


図3 液状化継続時間と初期せん断強度との関係

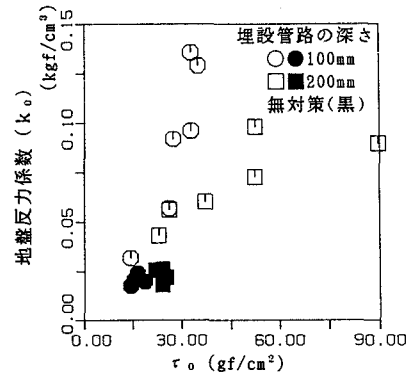


図4 地盤反力係数と初期せん断強度との関係

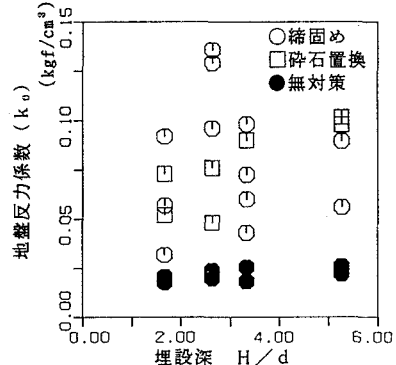


図5 地盤反力係数と埋設深さとの関係