

再生土および粒状改良土の耐液状化性能確認実験

広島工業大学大学院 学生会員 ○ 溝畑 陽一
 広島工業大学工学部 フェロー会員 中山 隆弘
 NPO 法人 日本粒状改良土協会 早坂 佑

1. はじめに 平成 16 年 10 月 23 日に新潟県中越地方を襲った M6.8（暫定値）の直下型大地震の際には数多くの地盤で液状化が発生し、水道施設の被害を始め、幹線道路の寸断等、各種ライフラインシステムが長期に渡り麻痺状態に陥った。このような地盤の液状化による被害を軽減するために開発されたのが「粒状改良土」である。この土は透水性に優れ、良質な砂と同等の地盤支持力を有し、乾いた砂のような性質を持っているために、液状化に対して強いといわれている。しかし、これまでその確認実験がなされたことはなく、今回、一般的な再生土に対する実験と併せて振動台による室内実験を実施した。

2. 粒状改良土 粒状改良土では、従来の改良土の課題となっていた高含水比の粘性土等についての改良効率の限界や水場の弱さなどが改善されている。また良質な砂より良好な変形特性を示し、耐久性にも優れ、施工後の落ち込み等が少ないことが証明されている。現在、東京都をはじめとするいくつかの行政機関でも埋め戻し材料としての利用がなされている。平成 14 年 5 月に建設工事に係る資源の再資源化等に関する法律「建設廃材リサイクル法」が施工され、さらに、平成 16 年東京都告示第 523 号においては、それまでの道路占用工事要綱が一部改定されて、埋め戻し材料に粒状改良土が新たに加えられた。

3. 実験概要

3.1 実験材料 本実験では粒状改良土および再生土に対する振動実験を実施した。各試料の物理的性質を表-1 に、粒径加積曲線を図-1 に示す。表-1、図-1 に示す通り、両試料の物理的性質は大きく異なる。地盤の液状化には地盤の粒度分布が大きく影響する。つまり、図-1 で比較を行うと、粒状改良土は再生土よりも比較的に耐液状化性能が高いことが推測される。

表-1 試料の物理的性質

	粒状改良土	再生土
ρ_s (g/cm ³)	2.665	—
U_c	13.636	5.625
U_c'	2.062	0.667
D_{10} (mm)	0.33	0.16
D_{50} (mm)	3.5	0.7
k (cm/s)	4.35E-03	5.13E-03

モデル地盤は、両試料とも締固めを行った後、約半日を掛けて土槽の四隅から緩やかに水を加えていき、ほぼ飽和したモデル地盤を造った。

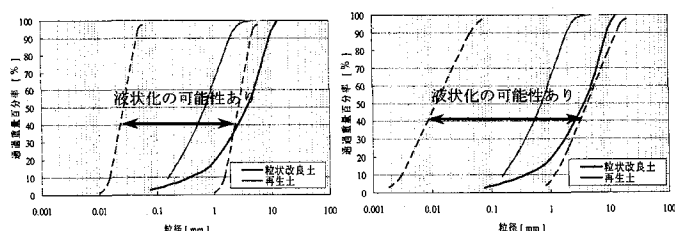
3.2 せん断土槽 実験で使用した土槽は、図-2 に示すせん断土槽（内部 0.9m×0.9m、深さ 0.45m）である。

3.3 加振装置 加振装置は、広島工業大学 22 号館 耐震防災研究棟に設置されている油圧サーボ式水平垂直二軸振動台（島津製作所 EHV-5x/4z）で、正弦波実験を行った。また再生土に対しては、現時点までに地震波実験も行っている。

3.4 計測機器 計測機器は、図-2 に示すように振動台とモデル地盤の計 3 ヶ所に設置した小型加速度計（KYOWA AS-1GB）およびせん断土槽の壁側 3 箇所に貼付した小型間隙水圧計（SSK P306A-02）である。

3.5 実験ケース 本実験では、ふたつのモデル地盤に対し、まず共振曲線を描くために正弦波加速度振幅を 20gal 程度に固定し、加振周波数のみを 1Hz から 10Hz まで 1Hz 刻みで増やしていき、振動台と地盤表面の応答加速度を測定した。次に周波数を 3Hz に固定し、液状化が発生するまで加速度振幅を 50gal から上限を設けず、50gal 刻みで上昇させた。

一方、再生土に対する地震波実験では、兵庫県南部地震の際に観測された神戸海洋気象台地盤上記録(N-S 成分)と宮城県沖地震時の開北橋周辺地盤上記録(N-S 成分)を用い、それぞれ最大加速度を 100gal, 200gal, 500gal に調整して実験を行った。ただし、この実験は、今後、地盤の動的特性を同定する方法を開発するために行ったものであり、ここでは詳細には言及しない。



(a) 比較的均等な砂

(b) 比較的均等でない砂

図-1 粒径加積曲線

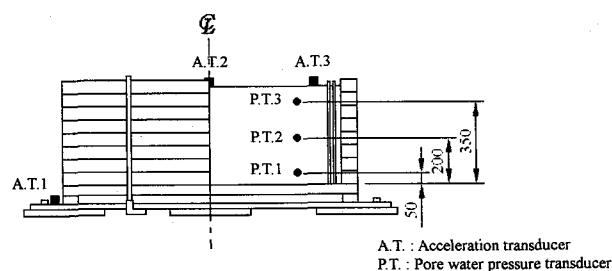


図-2 せん断土槽

4. 実験結果 以下では、紙面の都合上、これまでの実験で得られた主な結果のみを示す。

4.1 再生土および粒状改良土の耐液状化性能

図-3 および図-4 に、それぞれ再生土および粒状改良土に対して正弦的加振を行った場合の間隙水圧の時間的変化を示す。

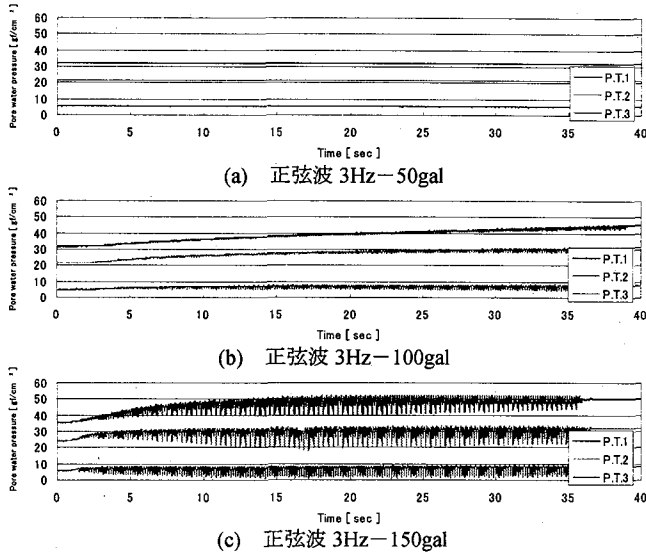


図-3 間隙水圧の時間的変動 (再生土)

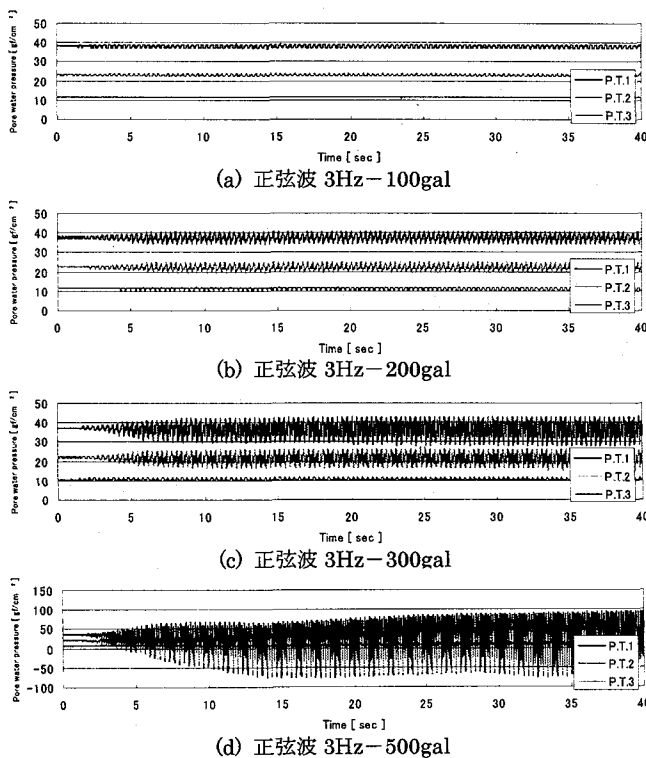


図-4 間隙水圧の時間的変動 (粒状改良土)

あくまでせん断土槽による室内実験であることから定性的な比較しかできないが、単純に液状化を起こした加速度を比較すると、約 150gal で液状化を起こした再生土に比べ、粒状改良土は約 500gal までは液状化が発生しなかった。この結果から粒状改良土の耐液状化性能が相当高いことが分かる。

なお、図-4(d)に見られる通り、粒状改良土に対し 500gal の加速度を与えた場合には負の間隙水圧が生じている。この原因については土槽内部の振動状態が不明であり、いまのところ把握できていない。

4.2 再生土の地震波に対する応答 図-5 は、入力地震動 (宮城県沖地震: 最大加速度を 200gal に調整) と、それに対する再生土の間隙水圧の応答記録である。図に示す通り、7 秒位から徐々に間隙水圧が上昇を始める。しかし、地震加速度が小さくなる 20 秒以降は、徐々に間隙水圧が減少していることが理解できる。

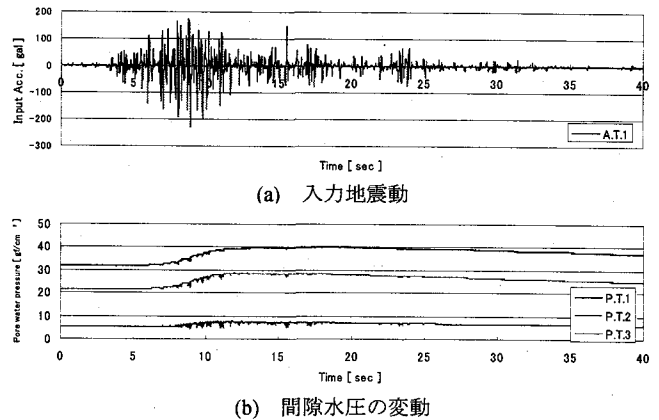


図-5 宮城県沖地震に対する間隙水圧の時間的変動 (再生土)

6. まとめ 今回の実験により、再生土に比べ、粒状改良土がかなり優れた耐液状化性能を持っていることを確認できた。これは主として粒度分布の影響だと考えられる。しかし、今回は種々の制約条件によって、モデル地盤の飽和度や飽和単位体積重量などの詳細な土質試験が行えず、これらの物性が耐液状化性能に及ぼす影響³⁾を検討できていない。これらを踏まえて定量的な検討を行うことが今後の重要な課題である。

【謝辞】

本研究を進めていくにあたり、広島工業大学工学部建築工学科 宮崎祐助 教授には終始適切なお指導、ご教示を賜りました。また、広島大学工学部 加納誠二 助手、(株)大林組技術研究所建築基礎研究室室長 石井雄輔 氏、同土木構造研究室耐震防災グループ副主査 樋口俊一 氏からは、実験方法に対する有益な示唆をいただきました。さらに、前田建設工業(株) 中国支店営業部課長 渋川克宏 氏には再生土の入手にご尽力いただきました。ここに記して皆様に深甚なる謝意を表します。そして、1 年間共に研究を行ってきた本学 4 年生 (当時) の 佐々木優一 君、丹生谷文太 君に深く感謝します。

【参考文献】

- 1) 気象庁: 平成 16 年(2004)新潟中越地震について □速報□.
- 2) 足立紀尚・龍岡文夫: 土の力学 (Ⅲ), 新体系土木工学 18, 土木学会編, 技報堂出版, 1981.8.
- 3) 吉見吉昭: 砂地盤の液状化(第 2 版), 技報堂出版, 1991.5.