

重錘落下締固め工法による改良土の繰返しせん断特性

山口大学大学院

山口大学

中電技術コンサルタント(株)

中国電力(株)

学生員 ○松下純子

正員 兵動正幸 中田幸男

正員 古川 智

正員 平岡順次 澄川 健

1. まえがき

近年相次ぐ大地震の発生において、臨海埋立地における液状化被害が数多く報告されている¹⁾。しかし、阪神大震災により被災した京阪神地域において、重錘落下締固め工法により液状化対策がなされていた地区では液状化が発生しなかった。埋立地盤への適切な液状化対策工法が求められる中、重錘落下締固め工法の有効性が初めて認められる結果となった。この地盤改良工法は、あらかじめ定めた打撃点に重錘を大型クレーンで高所から繰返し落下させ、地盤を締固めるといったものである。適用土質の範囲が広く、経済的であるため、施工実績も多い工法である。一般的に、改良効果については施工後に標準貫入試験による N 値で確認されている。また、同工法を室内要素試験により再現し、液状化強度を評価した研究²⁾もこれまでに行われている。

しかし現位置の不攪乱試料を用いた評価はあまり行われていない。本研究では島根県三隅町の、三隅火力発電所用海浜埋立造成地盤において採取された重錘落下締固め工法施工前後の不攪乱試料を用いて、繰返しせん断試験を行い³⁾、液状化に対する改良効果の評価を試みたものである。

2. 試料および試験方法

現場は浚渫埋立地であり、改良前の標準貫入試験による N 値は 4 程度であった。重錘落下締固め工法により重量 25t の重錘を高さ 25m から 5.0m ピッチの打撃点に繰返し落下させ、締固めた。改良後の N 値は 10 以上に上昇している。試料の採取は打撃点の中間地点において 2 種類の深度で行わ

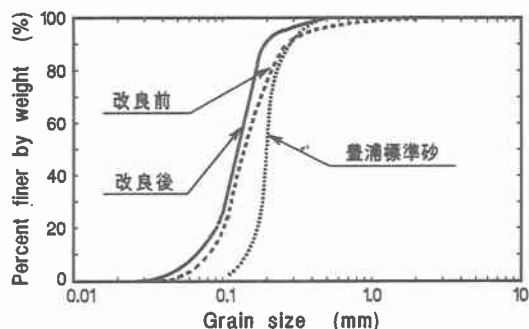


図-1 試料の粒径加積曲線

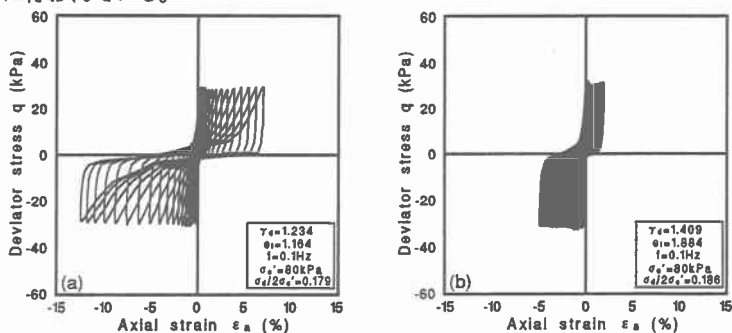


図-2 軸差応力-軸ひずみ関係 (a) 改良前 (b) 改良後

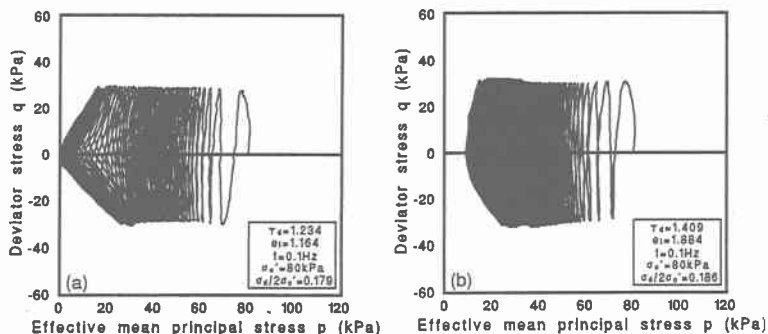


図-3 有効応力経路 (a) 改良前 (b) 改良後

れた。図-1 に試料の粒径加積曲線を示す。この試料は豊浦砂よりも平均粒径が小さく、細粒分含有率は15%程度である。試料の物性値は $G_s = 2.721$, $e_{max} = 1.364$, $e_{min} = 0.810$, $U_c = 1.781$ であった。これらの改良前後の試料に対し、所定の平均有効主応力のもとで周波数 0.1Hz の正弦波荷重を載荷することにより非排水繰返し三軸試験を行った。

3. 試験結果および考察

非排水繰返し三軸試験により得られた、改良前後の試料に対する軸差応力～軸ひずみ関係と有効応力経路の一例を図-2 と図-3 にそれぞれ示す。図-2 において(a)の改良前においては、圧縮、伸張ともに軸ひずみの発達が認められるが、(b)の改良後では圧縮側の軸ひずみの発達が改良前に比べ減少している。次に、図-3 に示す有効応力経路において、(a)の改良前の有効応力は繰返し回数の増加と共に徐々に減少し、最終的に0となり、初期液状化に至ることがわかる。これに対し、(b)の改良後では有効応力の減少に多くの繰返し回数を要し、また最終的に初期液状化に至っていない。これらの図から、締固めにより地盤が密になったことで、特に圧縮方向に強い構造が形成され、改良効果が認められたものと思われる。図-4 に、軸ひずみ両振幅 DA と圧縮側ピーク有効応力比 η_p の関係を示す。改良前のピーク有効応力比は1.7付近で収束しているが、改良後は2.2付近で収束しており、動的試験により得られる破壊線が改良後は著しく増加することが分かる。軸ひずみ両振幅 $DA = 5\%$ を液状化破壊と定義し、図-5 に破壊に至るに必要な繰返し応力比 $\sigma_d/2\sigma_c$ と繰返し回数 N の関係を示す。図中には比較のため豊浦砂 $Dr = 70, 90\%$ の結果についても併記した。

改良前においても $Dr = 70\%$ の豊浦砂程度の液状化強度は認められていたが、改良後は豊浦砂 $Dr = 90\%$ の強度を上回っており、かなりの改良効果があったものと評価できる。また、繰返し回数10回以下で強度が急増しており、密詰め砂の挙動となっていることがわかる。これらのことより、重錘落下締固め工法は、比較的小さい繰返し回数で非常に大きな外力が作用するようなタイプの地震に対し、有効な改良効果を得ているものと思われる。従って阪神大震災のような直下型地震においてその有効性が発揮されるものと思われる。

【参考文献】

- 1) 安田進・阪神・淡路大震災における液状化対策工法の効果, 基礎工, vol. 23, No. 12, 1995. 2) 丸山浩史・兵動正幸・四宮圭三・村田秀一・安福規之: 瞬発載荷履歴を受けた砂の液状化強度特性, 第23回土質工学研究発表会講演集, pp. 757-760, 1992. 3) 兵動正幸・他: 重錘落下締固め工法により改良された埋立て地盤の液状化強度について, 第30回土質工学研究発表会講演集, vol. 2, pp. 899-900, 1995

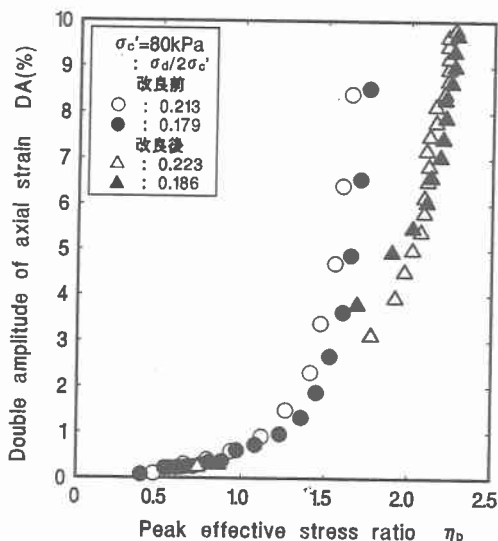


図-4 軸ひずみ両振幅と圧縮側ピーク有効応力比の関係

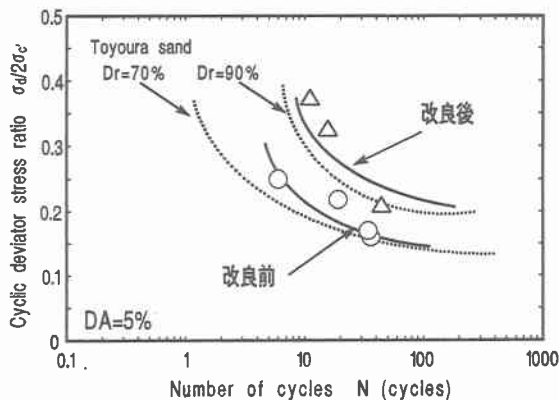


図-5 液状化強度曲線