

重錘落下締固め工法による砂地盤の改良効果の評価

山口大学工学部 正 員 兵動正幸 村田秀一 中田幸男
 日本国土開発(株) 正 員 徳原裕輝
 山口大学大学院 学生員 荒牧憲隆 松下純子
 日本地研(株) 正 員 〇高柳和宏

1. まえがき 昨年の1月に発生した阪神大震災は、港湾構造物などに甚大な被害をもたらした。しかしながら、重錘落下締固め工法が施された京阪神地域では、液状化による被害はあまり見られなかった¹⁾。重錘落下締固め工法の液状化対策工としての有効性がこの地震で初めて裏付けられたことと判断される。しかし、現在、液状化対策工法による改良効果を室内実験により研究した事例はあまり報告されていない。また、現場における評価は、標準貫入試験により得られるN値を用いた簡易的な評価などが一般的である。そこで、今後ますます必要とされる液状化対策工法について、その改良効果を詳細に調べていくことは重要なことである。本研究では、重錘落下締固め工法の施された実地盤より採取された不攪乱試料を用いて、繰返し三軸試験を行いその強度増加を調べることを目的とした²⁾。さらに、その結果と現場から得られたN値を用いて、液状化強度増加の評価を行うものである。

2. 試料と実験方法

試料の採取場所は、島根県三隅町の海浜埋立地であり、重錘落下締固め工法により地盤改良工事が行われた所である。施工においては重さ25tの重錘を高さ25mから5mピッチで繰返し落下させ、密度の増大をはかり液状化対策が目的とされた。試料は重錘落下による地盤改良工事が行われた2箇所(B, B'地点)において改良前後に採取されたものを用いた。図-1に試料の採取された地点の土質柱状図を示す。図より改良前のN値はN=5程度しかないが、改良後はN=10以上に増加しており重錘落下締固め工法の改良効果が認められる。この試料の物理的性質は、 $G_s=2.721$ 、 $e_{\max}=1.364$ 、 $e_{\min}=0.810$ であり最大・最小間隙比が豊浦砂に比べてやや大きい値を示している。また、代表的な粒径加積曲線を豊浦標準砂と併せて図-2に示す。この図より、この試料は豊浦砂より平均粒径が小さく、15%程度の細粒分を含むことが分か

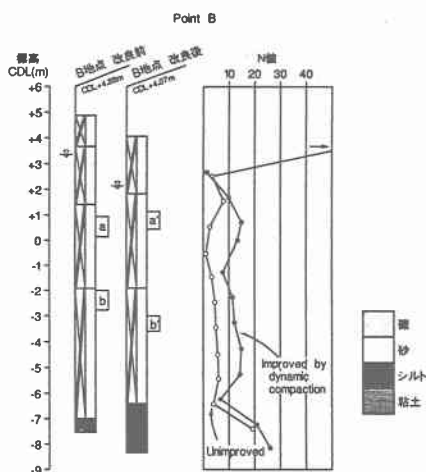


図-1 試料の採取された地点の土質柱状図

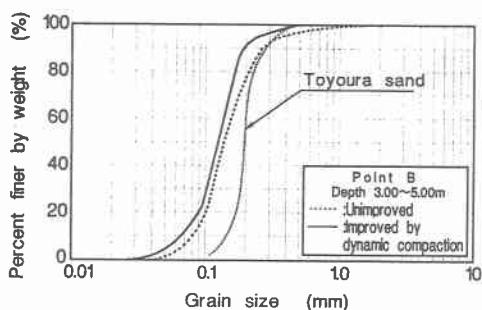


図-2 代表的な試料の粒径加積曲線

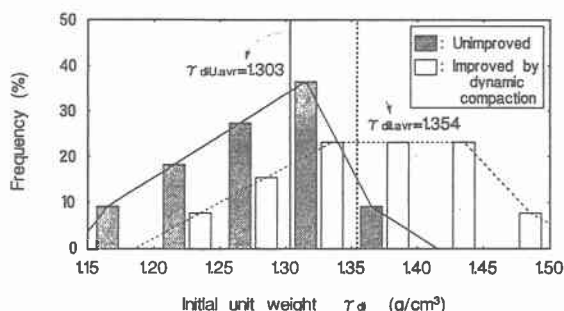


図-3 全試料の初期単位体積重量のヒストグラム

る。図-3 に実験に使用した全試料の改良前後の初期単位体積重量のヒストグラムを示す。改良前は初期平均単位体積重量 $\gamma_{di}=1.303$ であるが重錘落下締固め工法により $\gamma_{di}=1.354$ となり密度の増加が認められる。繰返し三軸試験は、まず、不攪乱試料をコアビットボーリングにより半径 5cm、高さ 10cm の円柱供試体に整形して三軸セル内にセットし、その後、供試体を飽和させ、B 値が 0.96 以上のものに対して所定の拘束圧で、 $f=0.1$ Hz の正弦波荷重を載荷することにより行った。

3. 実験結果の考察と評価

図-4 に非排水繰返しせん断試験より得られた、同じ地点の改良前後の代表的な繰返しせん断応力比 $q_{cyc}/2p_c$ と繰返し回数 N の関係を示す。この時、軸ひずみ両振幅 $DA=5\%$ を破壊ひずみと規定した。また、図中には比較の対象として豊浦標準砂の $D_r=70\%$ 、 90% の液状化強度線も示した。この図より改良後の液状化強度は改良前に比べてかなり高く、特に繰返し回数 $N=10$ 以下では強度の急増が認められる。また、改良前の液状化強度は豊浦砂の $D_r=70\%$ と同程度であるが、改良後は $D_r=90\%$ を上回りかなりの改良効果があったと評価される。次に、図-5 に繰返し三軸試験より得られた繰返し回数 $N=10$ 及び $N=20$ 時の液状化強度 R_{f10} 、 R_{f20} と現場から得られた N 値の関係を示す。図より改良前の R_{f10} と R_{f20} は同程度の強度を有することが分かる。改良後は N 値の増加と共に強度も増加するが、 R_{f10} は R_{f20} に比べ急激な強度増加を示す様子が分かる。図-6 に、先述の繰返しせん断強度を道路橋示方書³⁾により算定された地震時せん断応力比 $L=r_d \cdot k_s \cdot \sigma_v / \sigma'_v$ で除した安全率 F_L と N 値の関係を示す。改良前ではいずれの安全率もほぼ同程度の値を示し、 $F_L=1$ 以下で「液状化する」と判断できる。しかし、改良後では $F_L=1$ 以上で「液状化しない」と判断でき、また、 R_{f10} における安全率は R_{f20} の約 2 倍近くの値を示すことが分かる。それは、少ない回数で主要動が発生する直下型地震に対して有効であることを示している。

4. あとがき

重錘落下締固め工法を施すと地盤の密度は増大し、 N 値の増加もみられた。また、繰返し三軸試験により繰返し回数 $N=10$ 付近で液状化強度が顕著に増加することが分かった。以上より、阪神大震災のような少ない回数で主要動が発生した直下型地震に対しても有効な改良効果を得ていることが、 N 値だけではなく室内実験からも認められた。

【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の効果，基礎工，Vol. 23，N. 12，pp. 23-31，1995，
2) 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 回土質工学会発表公演集，Vol. 2，pp. 899-900，1995， 3) 日本道路協会：道路橋設計示方書・同解説，V 耐震設計編，1990。

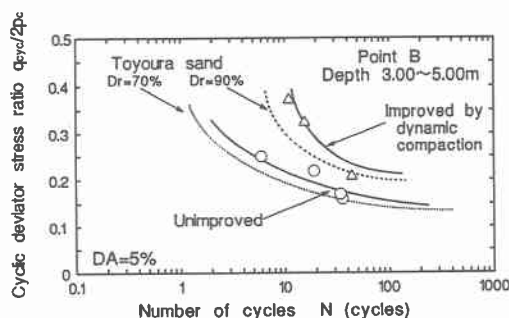


図-4 代表的な試料の液状化強度

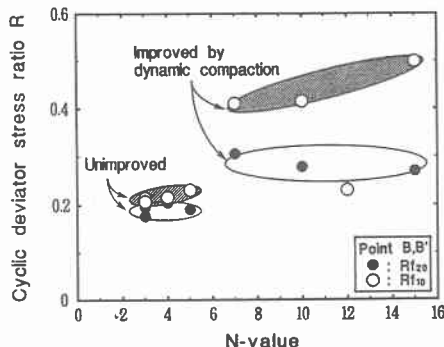


図-5 改良前後の試料の液状化強度と N 値の関係

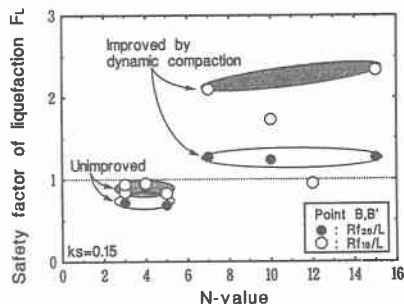


図-6 試料の液状化安全率と N 値の関係