

重錘落下締固め工法による地盤改良効果について

山口大学工学部 正員 兵動正幸  
 中電技術コンサルタント(株) 正員○一瀬泰啓, 古川 智  
 中国電力(株) 土木部 正員 平岡順次, 澄川 健  
 日本国土開発(株) 安田 暁

1. まえがき

近年の大地震では埋立て地の液状化による被害が地盤災害として顕著であり、兵庫県南部地震では特に埋立地で広範囲に液状化による沈下が発生した。このような状況から、埋立て地盤においてより合理的で適切な液状化対策が望まれている。

中国電力(株)三隅発電所建設用地は、浜田市街地から南西約15kmの三隅町沖の海面を埋立て造成した地盤であり、海底浚渫砂を投入した範囲では緩く堆積した飽和砂地盤が地震によって液状化する危険性が高いと考えられた。このため、液状化対策工法として重錘落下締固め工法を採用し、発電所用地の地盤改良を実施した。重錘落下締固め工法は、重さ数十トンの重錘を高所から繰返し落下させ地盤を締固める工法であり、既に多くの施工実績がある。改良効果の判定は、施工後に標準貫入試験などにより効果を確認する方法が一般的で、液状化強度の増加はN値等からの間接的評価としている。これまで、室内試験においては、同工法を要素試験により再現し、液状化強度の増加を直接的に調べた研究<sup>1)</sup>があるが、現場において直接的に調べた事例はあまり見当たらない。

本文は、重錘落下締固め工法による地盤改良効果の確認方法として改良前後にサンプリングした不攪乱試料を用いて非排水繰返し三軸試験を行なった結果および同一地点で実施した孔内水平載荷試験結果を報告するものである。

2. 試料および実験方法

浚渫砂で埋立てられた地盤では、N値は改良前6程度であった。これに重錘落下締固め工法により、重さ25tの重錘を25mの高さから各打撃点で16回繰返し落下させて締固めた。重錘による打撃は5mピッチで行ない、試料の採取は各打撃地点の中間点の深度3~5mにおいて実施した。改良前の試料もほぼ同じ地点のものである。試料の物性は $G_s=2.721$ ,  $e_{max}=1.364$ ,  $e_{max}=0.810$ ,  $U_c=1.781$ であった。改良前後の試料の粒度分布を豊浦砂との比較で図-1に示した。

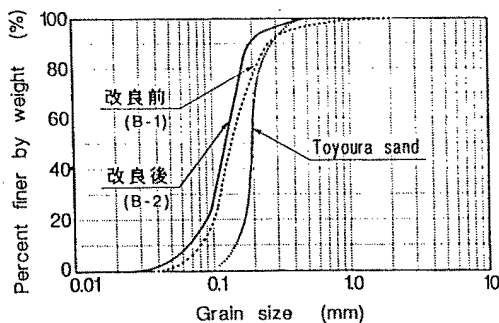


図-1 粒径加積曲線

試料は、豊浦砂よりも平均粒径が小さく、15%程度の細粒分を含んだものであった。改良前後の試料に対し、非排水繰返し三軸試験を60kPaの有効拘束圧のもとで、0.1Hzの正弦波軸荷重を載荷することにより行った。

3. 実験結果

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・軸ひずみ関係の一例を図-2に改良前、図-3に改良後について示す。改良前後の軸差応力・軸ひずみ関係を比較すると、改良前においては圧縮、伸張両側に変形が広がっているが、改良後は特に圧縮側の変形が抑止されており、より大きな軸差応力の載荷であるにも係わらず変形を生じるのに多くの繰返し回数を要していることが観察される。これらの図から、重錘落下締固めにより特に圧縮方向に強い構造が形成されたことが判明し、明らかな改良効果が認められる。

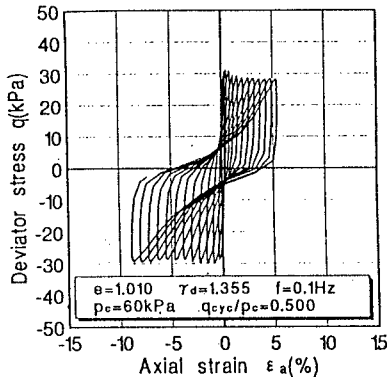


図-2 軸差応力・軸ひずみ関係（改良前）

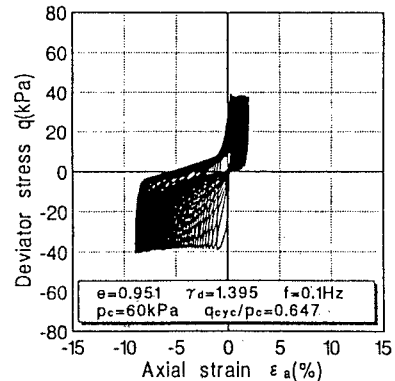


図-3 軸差応力・軸ひずみ関係（改良後）

軸ひずみ振幅  $\epsilon_{DA}=5\%$  を液状化破壊と定義し、液状化に至るに必要な応力比  $\sigma_d/2\sigma_c$  と繰返し回数  $N$  の関係を図-4に描いた。図中には、改良前後の試料に対するそれぞれの液状化強度曲線と、比較のために豊浦砂  $Dr=70\%$  と  $Dr=90\%$  の結果も示した。用いた試料には細粒分が混入していたため、改良前においても豊浦砂の  $Dr=70\%$  程度の液状化強度があったが、改良後には豊浦砂の  $Dr=90\%$  を上回る液状化強度となっており、かなりの改良効果があったと評価される。

兵庫県南部地震のような直下型地震では、非常に大きな外力が少ない繰返し回数で作用することが想定されるが、改良土の液状化強度は特に繰返し回数10回以下で急増する傾向を示しており、有効な改良効果を得ているものと判断される。

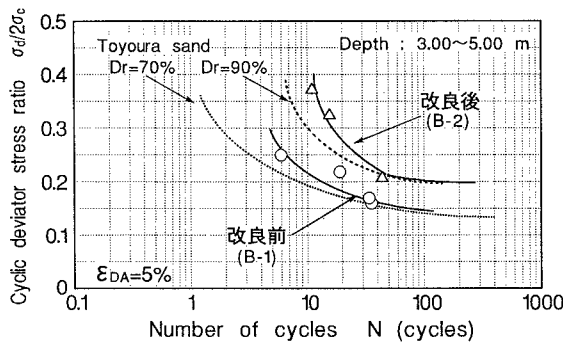


図-4 改良前後の試料の液状化強度曲線

表-1 改良前後の変形係数  $E_p$

試験深度 GL (m)	変形係数 $E_p$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	
	改良前	改良後
-2. (山土)	8.8	10.6
-5. (浚渫砂)	8.9	89.7
-8. (浚渫砂)	18.5	155.3

#### 4. 孔内水平載荷試験結果

改良前後にサンプリングした同一ボーリング孔内で水平載荷試験を実施しており、地盤の変形係数に対する改良効果の確認を行った。変形係数  $E_p$  の改良前後の比較を表-1に示す。表より山土に対する改良後の  $E_p$  の増加はわずかであり改良効果は十分でない。これは山土の細粒分含有率  $P_c=43\%$  と高いためであると考えられる。一方、浚渫砂については改良後の  $E_p$  は改良前の8~10倍の値を示しており、かなりの改良効果が認められる。

#### 参考文献

- 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，pp757-760, 1992.