

締固め工法による砂杭打設地盤の液状化強度に関する一考察

不動建設株式会社  
東京電機大学

正会員 ○原田健二 山本 実  
正会員 安田 進

1. はじめに

筆者らは、レベル2地震動における締固めによる改良地盤の設計法について検討している。土木学会の第2次提言においては、レベル2地震動による“復旧可能な範囲での変形の許容”が謳われており、1995年兵庫県南部地震で実証された締固め工法の変形抑制効果の要因としての設計法の構築を目指している<sup>1)</sup>。設計法に関連する液状化判定としては、1996年の「道路橋示方書・同解説V耐震設計編」(以下、新道示と呼ぶ)においてN値と液状化強度の関係が示されている。また、サンドコンパクションパイル工法(以下、SCP工法と呼ぶ)などの締固め工法により改良された地盤の評価は杭間の標準貫入試験によるN値で行われることが一般的であるが、実際には図-1に示すようなメカニズムにより周辺地盤の密度の増加と同時に静止土圧係数 $K_0$ が増加する。図-2は、杭間における改良率 $a_s$ と $K_0$ の関係( $a_s=0\%$ が改良前を表わす)である。このような改良効果を設計に組み込む目的でSPT室内土槽実験と繰返し中空ねじりせん断試験を実施した<sup>2)</sup>。

本報においては、実験により得られたN値と液状化強度の関係と新道示による(凍結サンプリング試料)関係をダブルカウントの問題(図-3に示すN値の増加には密度増加と $K_0$ 増加によるものが含まれているという問題)も含めて比較して考察し、締固め工法による砂杭打設地盤の杭間における液状化強度を評価する。

2. 室内実験結果

前述したSPT室内土槽実験と繰返し中空ねじりせん断試験では $K_0$ に着目し、両試験において $K_0=0.5, 1.0, 1.5$ の状態での相対密度 $D_r$ 、N値、液状化強度 $R_L$ の関係を求めている。図-4の下図がSPT室内土槽実験から得られた結果であり、上図が繰返し中空ねじりせん断試験によるものである。これによれば、 $K_0$ は密度やN値に影響を及ぼしていることがわかる。また、液状化強度をN値で評価するうえで問題となるN値のダブルカウントの問題について考察するために相対密度を介して、N値と液状化強度の関係を $K_0$ 毎に図-4を使ってプロットすると図-5のようになる。同図は、 $K_0$ のN値に及ぼす影響を相殺したN値と液状化強度の関係ということがで

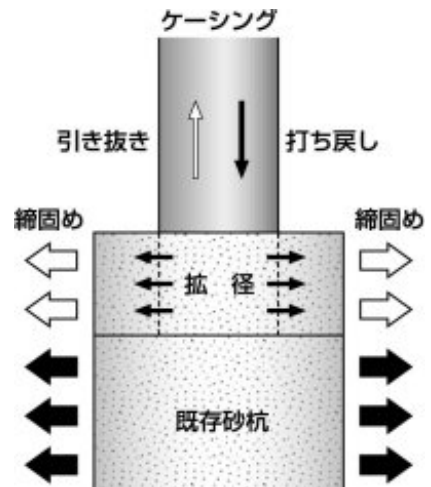


図-1 締固め工法による密度増加と $K_0$ 増加のメカニズム

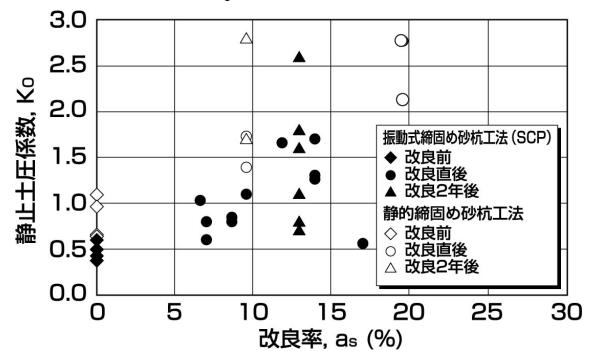


図-2 改良率と $K_0$ の関係

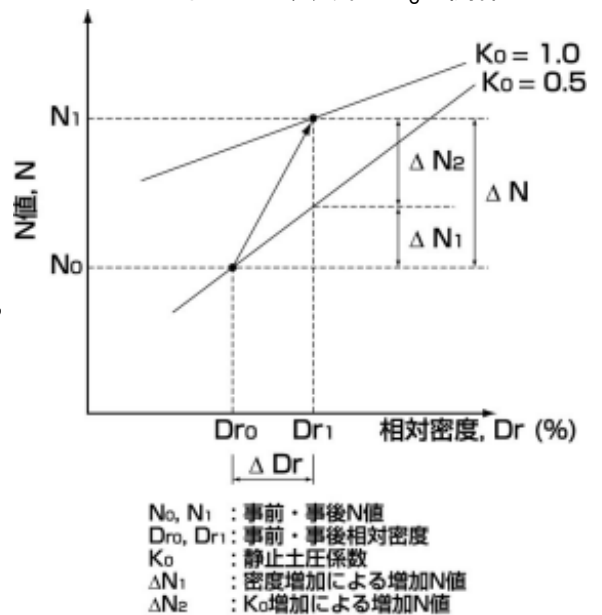


図-3 N値増加に含まれる密度増加と $K_0$ 増加

レベル2地震動, 締固め工法, 静止土圧係数, 液状化強度, 相対密度  
東京都台東区台東 1-2-1, (TEL) 03-3837-6034, (FAX) 03-3837-6158

きる。

### 3. 新道示による液状化強度との比較

新道示で示されているN値と液状化強度の関係は、 $K_0$ を通常の自然地盤で得られている0.5と仮定して求められている<sup>3)</sup>。しかしながら、締固めによる改良地盤の杭間における $K_0$ が、図-2に示すように増加して1.0~1.5となれば、液状化強度も増加するはずである。そこで、図-5のプロット値に新道示に示されているきれいな砂のN値と液状化強度曲線の間を重ねてみると、N値が20程度のあたりでは今回の実験から求めた液状化強度がやや高めであるが、 $K_0=0.5$ の時の曲線（太線）に比較적으로一致していることがわかる。同図には、 $K_0$ が増加した地盤を締固め改良地盤として下式における補正係数Cを1.6までの0.1刻みの曲線（図の実線と点線）で表している。締固めによる改良地盤はN値の比較的大きいところにあるのでこれを考慮して図-5をみると、 $K_0=0.5$ の曲線をC=1.0として $K_0=1.0$ の場合でC=1.20~1.40、 $K_0=1.5$ でC=1.40~1.60の範囲にあることがわかる。

$$R_L (\text{改良地盤}) = C \cdot R_L (\text{自然地盤})$$

つまり、 $K_0$ が増加した締固めによる改良地盤は、自然地盤に比べて2割~6割増しの液状化強度を有していることになり、その割合は改良後のN値が大きくなるにつれ大きくなる傾向にある。

### 4. まとめ

以上、実験結果より得られたN値と液状化強度の関係と新道示に示されている液状化強度との比較を行った結果、以下の点を指摘できることがわかった。

- 1) 室内実験における $K_0=0.5$ の曲線が新道示に示されているきれいな砂での曲線に比較的に一致することから以前に実施した実験の結果の妥当性が検証された。
- 2) 図-5は、ダブルカウントの問題を相殺した締固めによる改良地盤の液状化強度を表しており、 $K_0$ が増加した地盤を適切に評価できているといえる。

今後は、細粒分を含む地盤を対象として同様の実験を実施し、締固めによる改良地盤の設計法も含めた評価について検討していく予定である。

本検討を進めるにあたり、国土交通省土木研究所松尾室長に御助言を賜りました。誌面を借りて御礼申し上げます。

### 【参考文献】

- 1) 松尾修, 安田進, 山本実, 原田健二, 橋本隆: レベル2地震動における改良地盤の評価に関する実験的研究, 第24回地震工学研究発表会講演概要集, pp.273-276, 1997.
- 2) Harada, K., Yasuda, S., Yamamoto, M., Arai, D., and Uda, M.: Influence of Earth Pressure Coefficient on SPT N-value and Liquefaction Resistance of the Ground Improved by Compaction methods, Geoeng'2000, Conference Proceedings Symposium on Flow Deformation, 2000.11
- 3) 松尾修: 種々の砂質土の液状化強度について, 第31回地盤工学研究発表会, pp.1035-1036, 1996.

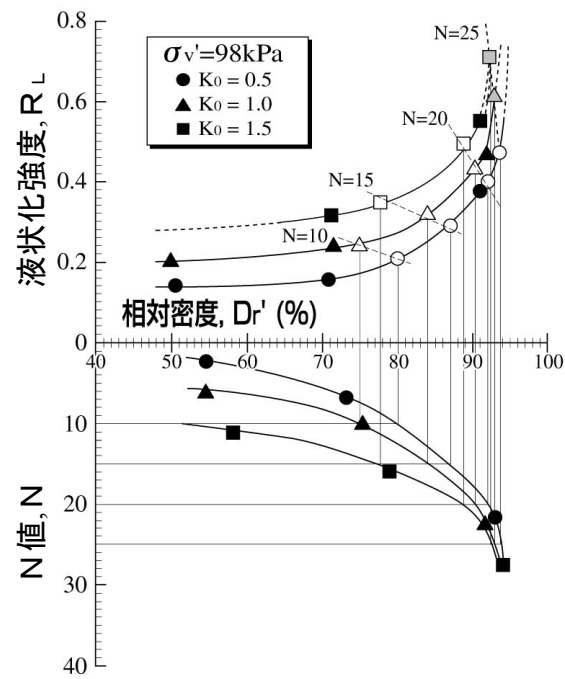


図-4 N値～相対密度～液状化強度の関係

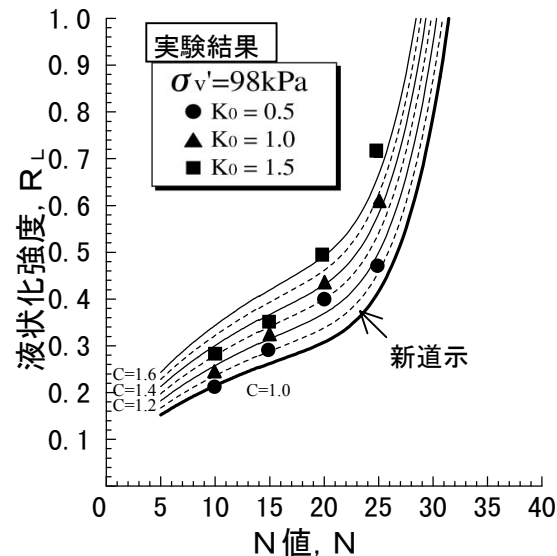


図-5 N値と液状化強度の関係