

Ⅲ - B208 砂質地盤でのダイラトメーター試験を用いた地盤改良効果の評価の試み

運輸省第二港湾建設局 亀山 豊*
基礎地盤コンサルタンツ株式会社 ○中嶋 英勝**

1. まえがき 我が国において、サンドコンパクションパイル工法(SCP)は、経済的で信頼性の高い液状化対策工法の一つとして、陸上および海上を問わず多用されている。SCP工法を砂質地盤に適用する場合には、改良目標杭間N値を満足するように、投入砂量や砂杭長などが設計される。しかし、細粒分を多く含む砂質地盤に従来の設計方法を適用した場合には、細粒分の影響でN値の大幅な増加が期待できず、所定の改良効果が確認されないなどの問題が生じる。その場合の対策として、砂杭の置換率を大きくするなどが考えられるが、場合によっては非常に不経済になる。

一方、SCP打設後には杭間の地盤で静止土圧係数 K_0 が増加することが確認されている^{1)・2)}が、この効果をいかに評価し設計に反映させるかについては研究課題となっているのが現状である。そこで、本報告では液状化防止の目的で実施されたSCP工法による地盤改良効果の評価を、SCP打設後の K_0 値に着目して室内繰返し三軸試験およびダイラトメーター試験(DMT)結果から試みた。

2. 調査地の概要とDMT試験結果 調査は横須賀市の水深8m程度の海上で行われた。図1に、改良前の調査地盤の粒度組成、N値、一軸圧縮強さ q_u および圧密降伏応力 p_c を示す。海底面から-20m程度までには、砂分と細粒分を同程度含むいわゆる中間土が分布している。その下には、-60m程度まで過圧密の粘性土を主体とする沖積層が分布している。この層の過圧密比OCRは深度方向に減少していることから、本層は上載荷重の除去に伴い過圧密になったと考えられる³⁾。なお、SCP工法は、液状化防止を目的として海底面から-20mまで実施された。

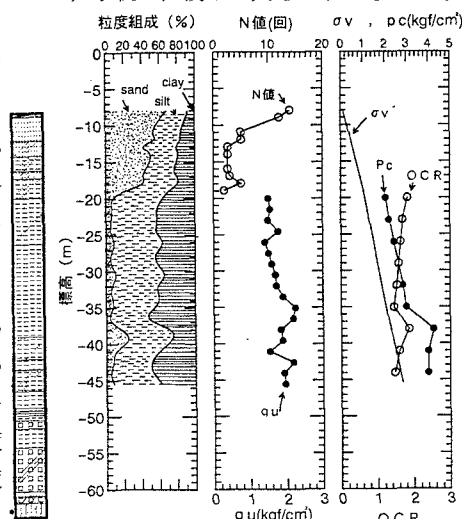


図1 調査地の地盤概況

図2にSCP打設後の杭間で実施した標準貫入試験およびDMTの結果を示す。改良後のN値は、改良前と比較して著しい変化は確認されなかった。

3. 室内試験結果とDMT結果の関係 K_0 値は、Baldiら⁵⁾の提案による(1)式からDMT結果および q_c 値を用いて推定される。ただし、 q_c 値は E_D 値から推定した⁶⁾。

$$K_0 = 0.376 + 0.095 K_D - 0.00461 (q_c / \sigma_v') \dots \dots (1)$$

図3に(1)式から推定された K_0 (DMT)および室内 K_0 圧密試験から得られた K_0 (室内)と深さの関係を示す。 K_0 (DMT)は海底面から-15m程度までの地盤で0.8前後であり、-15~-20m付近で0.5~0.6である。また、図3には同様にSCP工法を実施した隣接する地盤でセルフボーリング・プレッシャーメーター(SBP)から得られた K_0 (SBP)も示している。 K_0 (DMT)は、 K_0 (室内)および K_0 (SBP)と比較して、-10mおよび-19m付近では0.2

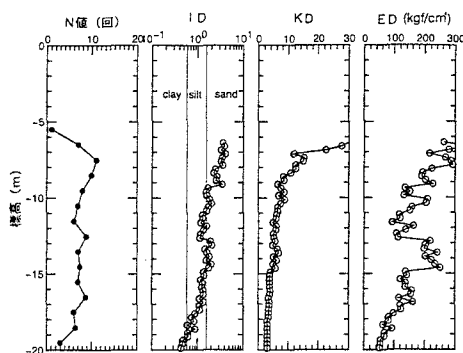


図2 改良後の原位置試験結果

Key Word: flat dilatoeter, compaction pile, liquefaction, coefficient of earth pressure at rest

*京浜港工事事務所(〒220 横浜市神奈川区山内町1-2, TEL. 045-451-8664, FAX. 045-451-5463)

**横浜支店(〒231 横浜市中区元浜町4-36, TEL. 045-671-5466, FAX. 045-671-5477)

程度小さいが深度方向にはほぼ同様に分布している。しかし、-13m付近では K_0 (DMT) は0.7程度小さい。これは、 K_0 圧密試験から原位置の K_0 値を推定する場合に用いる砂の圧密降伏応力OCRの妥当性などに疑問があるからと思われる。

4. 地盤改良効果の評価 原位置での液状化強度比 R_{Lmax} は、岩崎・龍岡⁷⁾の提案による(2)式から繰返し三軸試験の結果を用いて推定される。

$$R_{Lmax} = 0.9/0.63 \cdot (1+2K_0)/3 \cdot (\sigma_d/2\sigma_v')_{N_{L=20}} \cdots (2)$$

この式は、地盤内応力の異方性に対する補正を $(1+2K_0)/3$ により行っており、通常 $K_0=0.5$ が用いられる。しかし、先述の通り改良後の杭間地盤の K_0 値が増加していれば、上記の補正でより大きな原位置液状化強度が期待できることになる。このことは、 N 値から原位置液状化強度を推定する場合も同様である。よって、細粒分を比較的多く含む砂質地盤において、 N 値の変化のみでは評価しにくい K_0 値の変化を考慮した原位置液状化強度の推定が可能となると考えられる。

図4では、繰返し三軸試験から得られた液状化強度比 R_{L20} (20波目、軸ひずみ両振幅5%)に基づき、 $R_{Lmax} \approx R_{L20}$ としたものとDMTの結果に基づき $K_0=0.8$ として R_{Lmax} を求めたものを深度に対してプロットした。 R_{L20} は $K_0=0.5$ としたものにほぼ相当し、これに対し $K_0=0.8$ を用いた R_{Lmax} が大きく得られることが分かる。参考のために図4に一次元地震応答解析結果より得られた地震時繰返しせん断応力比 τ_{dmax}/σ_v' も示している。一般に液状化強度比が1を下回れば液状化に対して危険と判断される。したがって、今回のケースでは、液状化強度として R_{L20} を用いた場合より R_{Lmax} を用いた場合の方が液状化に対してより安全であると判定される。

5. あとがき 本報告では、細粒分を多く含む砂質地盤において液状化防止の目的でSCP工法で地盤改良をした場合に対して、DMTから推定した K_0 値を用いて原位置液状化強度を推定する方法を提案した。この評価方は改良に伴う K_0 値の増加が期待できる場合、非常に簡便であり有利であると思われる。しかし、実際の設計に反映させるには、まだ今後データの集積を行う必要がある。また、DMTから推定される中間土の K_0 値の妥当性の評価方法および K_0 値の経時的な変化についても今後検討する必要がある。

参考文献

- 1) 草野：サンドコンパクションパイル工法の実態と問題点(3)，土と基礎，Vol. 31, No. 4, pp. 79-86, 1983.
- 2) 齊藤ら：サンドコンパクションパイルによる液状化対策工の効果，土木学会第36回年次学術講演会講演概要集，第III部門，pp. 720-721, 1981.
- 3) Parry and Wroth: "Shear stress-strain properties", *Soft Clay Eng.*, pp. 309-364, Elsevier, 1979.
- 4) Marchetti: In situ test by flat dilatometer, *Journal of the Geotechnical Engineering Division, ASCE*, Vol. 106, GT3, pp. 299-321, 1980.
- 5) Bladi et al.: Flat dilatometer tests in calibration chambers, *Proceeding of In-Situ'86, ASCE Special Conference*, pp. 431-446, 1986.
- 6) 岩崎・亀井：フラット・ダイラトメータ試験による砂質土のせん断抵抗角の評価，土木学会論文集，No.499/III-28, pp. 221-224, 1994.
- 7) 岩崎・龍岡：砂質地盤の地震時流動化の簡易判定法と適用例，第5回日本地震工学シンポジウム講演集，pp. 641-648, 1978.

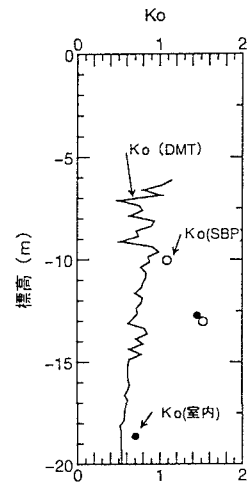


図3 室内試験とDMTから推定される K_0 の比較

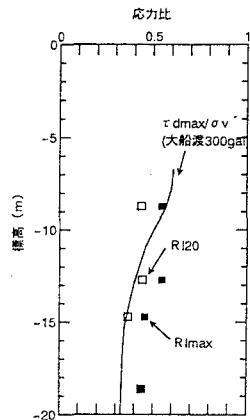


図4 液状化強度比の比較