

三成分コーン貫入試験によるサンドドレーン改良効果の確認（その2）

東亜・清水・国土総合・竹中土木・りんかい・株木JV 正会員 ○ 深沢 健
正会員 平林 弘
関西国際空港（株） 播本一正
大西正夫
近藤武司

1. はじめに

軟弱粘土地盤上で土構造物を建設する場合，施工中の強度増加，圧密度などの地盤情報を如何に入手するかが施工管理の基本であり，それは原位置強度の評価と同様に工事全体の工期，工費に及ぼす影響は大きい．筆者らは，従来の方法に較べてより合理的で実用性のある，コーン貫入試験を中心とした軟弱地盤の調査・設計・施工管理法を提案し，実務に適用してきた．本論文は，大阪湾泉州沖における軟弱粘土地盤上に建設中の護岸工事に，上記手法を適用した施工管理事例を報告するものである．

2. コーン貫入試験の適用性

コーン貫入試験（CPT）は，一軸圧縮強度や現場ベーン強度のように土質によって値が左右されることが少なく，地盤の成層状態や貫入時の先端抵抗等の有用な情報が短時間に得られ，試験方法も単純であるという利点を有する．得られる先端抵抗（ $q_T - \sigma_{v0}$ ）から直接地盤のせん断強度を求めることはできないが，せん断強度との相関性の高さを利用することにより，調査だけでなく施工管理にも適用でき，その有効性については多数報告されており¹⁾，当工事におけるサンドドレーン(SD)改良地盤の初期挙動についても既に報告している²⁾．当該地盤の沖積粘土層の物理・力学特性については，文献3)に詳述しているが，砂分以上の土粒子をほとんど含まない概ね均質な粘性土地盤であり，設計用せん断強度（ $S_{u(mob)}$ ）と $q_T - \sigma_{v0}$ の関係として次式が得られている（図 - 1）．

$$S_{u(mob)} = 1/12(q_T - \sigma_{v0}) \quad \dots\dots\dots (1)$$

3. 施工順序とCPT実施時期

護岸の施工は，次の手順で行われている．1.5mの厚さで敷砂を撒布し，厚さ約25mの沖積粘土を全域に渡りSD改良を行う．杭径は $\phi=400\text{mm}$ ，改良ピッチは護岸直下で $2.0 \times 2.0\text{m}$ （施工上， $1.6 \times 2.5\text{m}$ となる），その他が $2.5 \times 2.5\text{m}$ である．その後，約6mの盛砂をバース直投により施工する．ここで，所定の強度発現を待つため4ヶ月の圧密放置期間が設けられている．CPTは圧密放置期間中の90日目と120日目に実施した．沈下は図 - 2 に示すとおり順調に推移している．

4. 強度増加率

正規圧密（NC）状態における強度増加率（ S_{un}/σ'_{v0} ）は，SD改良地盤の圧密によるせん断強度増加の推定およびbv原位置強度から圧密降伏応力や有効鉛直応力の算出などに利用できる重要なパラメータであるが，これまでは経験上得られた値（0.3）や欧州の粘土で得られた I_p との関係式を用いて評価されてきた．アジアの海成粘土の一面せん断試験から得られた $S_{un(d)}/\sigma'_{v0}$ は， I_p や地域に依存せず0.27～0.32の範囲にあると報告されている⁴⁾が，今回は室内試験によらず，図 - 3 に示す $q_T - \sigma_{v0}$ の勾配と(1)式により求めたところ， $S_{un}/\sigma'_{v0} = 0.30$ が得られた．図中，圧密がほぼ終了している盛砂施工後120日目のコーン先端抵抗を併せて示したが，原地盤は年代効果を受けた正規圧密エージド（NCA）粘土であることや年代効果の種別と層区分，すなわち，化学的結合や二次圧密が卓越している部分および年代効果を受けていない表層部についてCPTにより明確にすることができる．

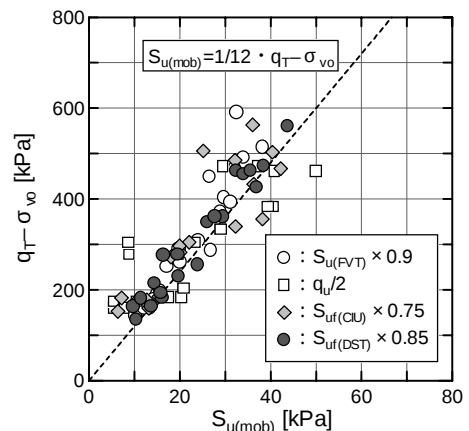


図 - 1 $S_{u(mob)}$ と $q_T - \sigma_{v0}$ の関係

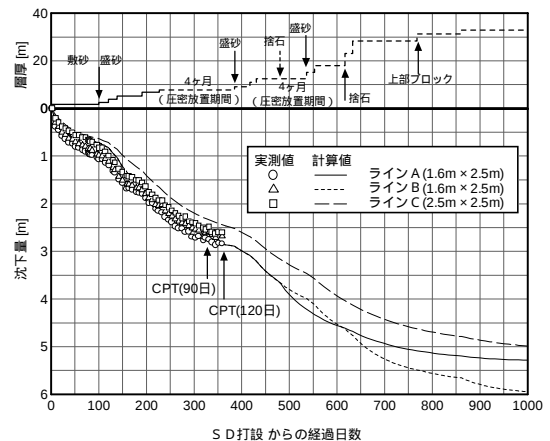


図 - 2 時間沈下曲線とCPT実施時期

5. 増加強度と圧密度の測定

図 - 4 は、各段階でのコーン先端抵抗の深度分布と (1) 式により計算した $S_{u(mob)}$ および圧密度 (U) を示したものである。図中に示した $S_{u(mob)}$ 予測値は、 S_{un}/σ'_v およびこの粘土が NCA 粘土であることによる圧密の進行に伴う強度増加の概念 (図 - 3 の矢印) に基づく計算結果である。 U は次式により算定した。

$$U = (\sigma'_{v1} - \sigma'_{v0}) / \Delta \sigma$$

ここに、 $\Delta \sigma$: 盛砂による増加応力

σ'_{v0} : 盛砂施工前の有効土被り圧

σ'_{v1} : 盛砂後の有効鉛直応力

$$\sigma'_{v1} = 1/3.6(q_T - \sigma_{v0} - \Delta \sigma)$$

また、CPT にて間隙水圧が一定値を示すまで放置する

消散試験により得られた過剰間隙水圧 (Δu) から算出した U も併せて示した。盛砂施工 120 日後の CPT より得られる U (U_p) の平均値は 84%、沈下測定より得られた U (U_s) の平均値は 87% であった。両者の関係は、応力の U とひずみの U との関係を考慮すれば妥当であると考えられる。

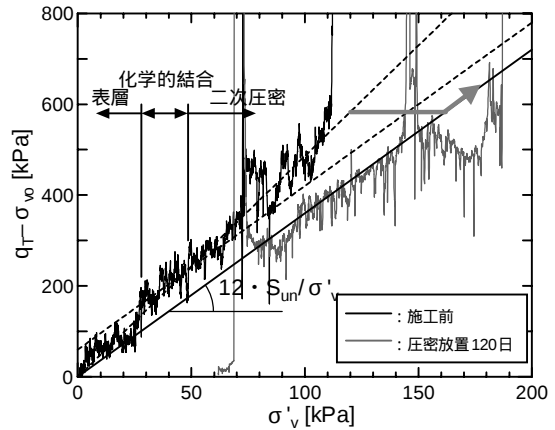


図 - 3 CPT により求めた強度増加率と年代効果の要因

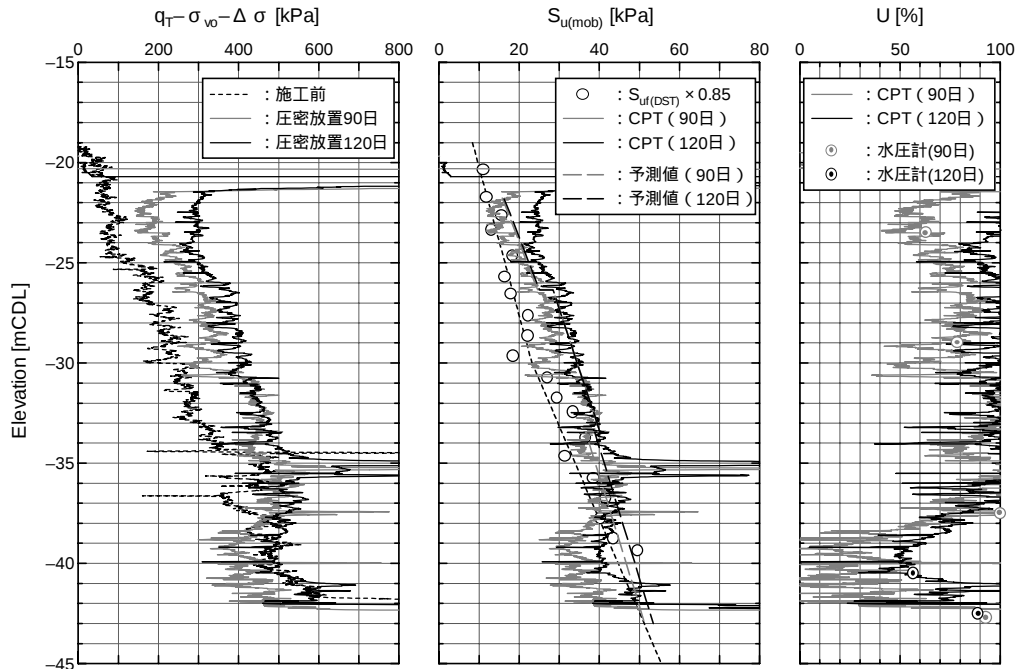


図 - 4 地盤強度の変化と圧密度

6. まとめ

以上、軟弱粘土地盤上に建設中の護岸工事における、コーン貫入試験を中心とした施工管理事例を報告した。現在までに得られた結論を以下に示す。CPT により、増加強度と圧密度が測定でき、それらの値は妥当である、実務レベルでの施工管理への適用が可能である、正規圧密状態における強度増加率を推定できる、年代効果の有無と種別および層区分の判定ができる。

【参考文献】

- 1) Hanzawa, H., Kishida, T., Fukasawa, T. and Asada, H. (1994) : A case study of the application of direct shear and cone penetration tests to soil investigation, design and quality control for peaty soils, *Soils and Foundations*, **34**, (4), 13-22.
- 2) 播本一正, 阪井田茂, 深沢健, 平林弘 (2000) : 三成分コーン貫入試験によるサンドドレーン改良効果の確認, 土木学会第 55 回年次学術講演会, -A291.
- 3) 播本一正, 阪井田茂, 深沢健, 平林弘 (2000) : 大阪湾泉州沖沖積粘性土の物理・力学特性, 土木学会第 55 回年次学術講演会, -A58.
- 4) 鈴木耕司, 深沢健, 山根信幸, 半澤秀郎 (2000) : 一面せん断試験とコーン貫入試験による軟弱地盤の新しい調査・設計・施工管理法, 第 45 回地盤工学シンポジウム, 49-54.