

VI-29

中国天津港における深層混合処理工事

天津港務局
(株) 竹中土木張 通明
正員 細見 尚史

正員 ○西岡 成

1. はじめに

天津港は中国の国際貿易の拠点として港湾施設の拡張整備が急がれている。今回、東突堤南側棧橋の土留部基礎に海外では初めての深層混合処理工法の採用の機会を得たので、その施工概要をここに報告する。

2. 土質性状

工事区域の土層は、図-1に示すように粘土、亜粘土、亜砂土、粉砂が互層になっており、また東西方向に著しく起伏している等非常に複雑な構成となっている。

また、表-1に示す改良対象土の物理特性より以下の事が言える。

- ①日本の港湾地域の粘性土に比べ、自然含水比が低く、単位体積重量が大きい。②淤泥、淤泥質粘土は、自然含水比が液性限界よりも大きく僅かな攪乱で乱され易い。③粘土、亜粘土、亜砂土は、N値が比較的大きく液性指数が1.0より小さいことから乱され難い。

したがって、粘土、亜粘土、亜砂土の施工や改良杭の床付け（着底）基準の決定の困難さは事前に充分予測可能であった。

3. 深層混合処理工法による施工

3.1 工事の概要

深層混合処理工法は多軸式処理機を用い、現位置でセメントスラリーを注入し、軟弱地盤と攪拌、混合することにより地盤を改良する工法であり、昭和62年度末において、陸上工事及び海上工事を合わせると約1,150万 m^3 の実績がある。

今回の工事の規模は、施工延長970m、改良幅17.5~22.4m、改良深さ13.5~16.5m、改良土量は約21万 m^3 であった。また工区を6つに分割し（図-1参照）、両端部をブロック式で、残りの工区を改良率50%の壁式で改良した。使用した硬化材は中国製#500セメントであり、標準的なセメント添加量は改良の深さに応じ、改良対象土1 m^3 当り150~180kgとした。セメントスラリーの水セメント比は、改良対象土の自然含水比が低いことか

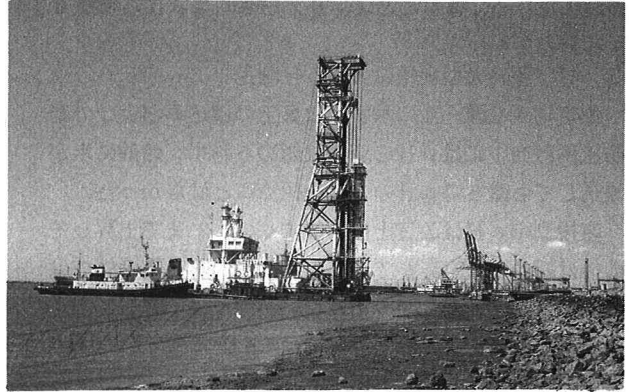


写真-1 施工状況

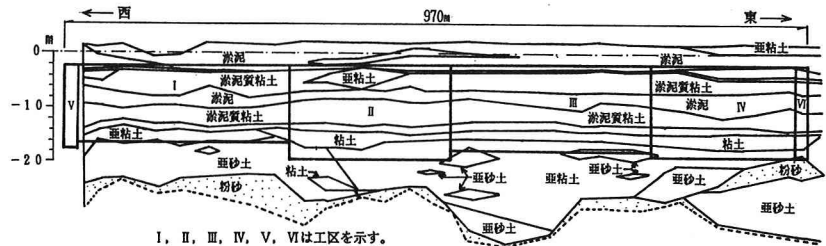


図-1 土質縦断面図

表-1 改良対象土の物理特性

土 層	単位体積重量 γ_t (gf/cm^3)	自然含水比 w_n (%)	液性限界 w_L (%)	塑性指数 I_p	液性指数 I_L	N 値
淤 泥	1.64	58.5	45.7	23.5	1.56	
淤泥質粘土	1.74	47.1	39.5	19.9	1.41	
淤 泥	1.66	58.7	52.2	27.4	1.27	
淤泥質粘土	1.75	46.8	44.0	22.5	1.15	
粘 土	1.84	36.5	40.7	20.5	0.79	8
亜 粘 土	1.94	27.8	30.6	10.9	0.65	13
亜 砂 土	2.00	24.3	27.5	5.8	0.47	28
粉 砂	—	—	—	—	—	50

ら効果的な攪拌、混合を計るため130～150%とした（日本における標準的な値は60～100%）。図-2に標準断面図を示す。

3.2 施工状況

施工は昭和62年5月に試験工事を実施し、本工事は昼夜体制をとり12月の厳冬期前には終わることが出来た。しかし、工事を進めていく上で技術的な課題も数多かった。以下にその幾つかを紹介する。

①着底層付近の土層、土質が大きく変化する（図-1参照）ので、施工管理が難しかった。②材令60日での現場強度が予想し難く、仕様書に記載されている値（ $\bar{q}_u = 25 \text{ kgf/cm}^2$ ）を満足するセメント量の決定が困難であった。③海上ボーリングや供試体の作製のための機器の整備と技術の向上に時間を消費した。

上記①と②については、施主の天津港建設開発公司およびコンサルタンツと協議を重ね、貫入速度、先端処理時間、処理機トルク値を支持層の変化に留意しつつ土質の変化に対応させて、きめ細かく運転仕様の変更を行った。またセメントについては、試験工事の結果を踏まえ、本工事における材令14日、28日、60日強度を確認しつつ添加量を変更した。ボーリングのサンプラーは良質のコアを採取するためにダブルコアチューブとし、スライムの除去に充分な時間を費やした。

3.3 施工結果

当工事では鉛直ボーリングを23本、改良杭の接合状況を調査するための斜めボーリングを5本実施し、改良の状況を観察すると共に一軸圧縮試験を実施した。表-2に一軸圧縮試験結果（材令60日以上）を示す。これより以下の事が言える。①全体の $\bar{q}_{ur}$ は約35 kgf/cm^2 であった。②水セメント比の違いが強度に与える影響はなさそうである。③強度の変動係数は0.20～0.43であり、日本における既往の実績（0.21～0.35）²⁾と殆ど同じであった。

また、斜めボーリングによるコア観察の結果、未改良土は殆ど混入しておらず、均質な改良土が確保されていた。さらに目視による接合部の観察結果より、一体となった接合部が確認された。

今まで日本において深層混合処理工法で改良してきた土とは異なる土質性状であるために、当初その施工性、改良効果が懸念されていたが、改良土の一軸圧縮強さ、強度のばらつき、均質性、接合状況等から総合的に判断して日本における実績と殆ど同様な施工結果を得たと思っている。

4. おわりに

現在、改良地盤中に連続沈下計、挿入型傾斜計、多段式傾斜計を埋設し動態観測を実施中であるが、その報告は別の機会に行いたいと考えている。最後に、この報告が海外における深層混合処理工法の発展の一助になれば幸いである。

（参考文献）

- 1) 小川富美子・杉本一明：港湾地域における土の工学的諸係数の相関性、港湾技術研究所報告、Vol.17, No.3, 1978.
- 2) 奥村良介 他：セメント系硬化剤による深層混合処理工法に関する研究（その21）－深層混合処理改良地盤の統計的性質－、第16回土質工学研究発表会、1981.

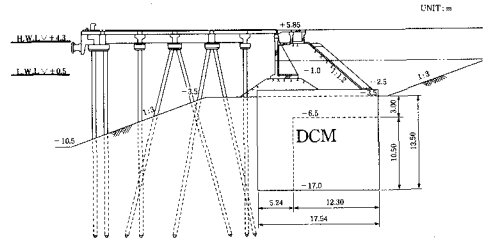


図-2 標準断面図

表-2 改良土の一軸圧縮試験結果（ $T_c > 60$ ）

工区	材令 T_c (日)	水セメント比 W/C (%)	平均一軸圧縮 強さ $\bar{q}_u$ (kgf/cm^2)	標準偏差 σ	変動係数 V	供試体個数 n (個)
I	76～107	130	31.04	9.46	0.30	54
II	70～73	140～150	46.01	14.45	0.31	70
III	74～81	130	31.39	13.42	0.43	31
VI	58～61	150	26.09	5.22	0.20	52
平均			34.91			207