

運輸省第二港湾建設局 正会員 〇大槻育吾

同 上 正会員 浦江恭知

同 上 正会員 中村龍二

1 概要

近年、軟弱地盤上に建設される岸壁、護岸、防波堤等の港湾構造物の基礎地盤改良工法として深層混合処理工法が注目されてきた。従来、地盤改良工法として、砂による床掘置換工法が主として用いられてきたが、床掘した粘性土の土砂処分場の確保が困難となっており、また、土捨場を確保した場合でも、その埋立地を利用する場合、再度地盤改良が必要となる場合が多い。これに比べ、深層混合処理工法は以下の利点がある。

(1) 軟弱土の土捨場を必要としない。

(2) 床掘置換に見られるようにし施工時に周辺構造物に安定上の影響を及ぼさない。

(3) 床掘等において発生する濁り等、周辺への影響が少ない。

同工法は以上のような利点を有するが、設計法、施工法とも未だ開発途中であり、確立していない。

運輸省第二港湾建設局で建設する横浜港大黒ふ頭-12M岸壁は、粘性土層厚が50M以上に及び、地盤改良を必要とするが、各種の制約条件より従来工法をとることが出来ず、その為、開発段階である深層混合処理工法について、設計法、施工法に関して各種の検討を行い、試験工事による実施の可能性を確認の上、同岸壁の地盤改良として、セメントスラリーを注入材とする深層混合処理工法の採用を決め、昭和52年3月より施工を始め、現在ほぼ1バース分240Mの地盤改良を終え、上部構造であるケーソンの据付を進めている。

本工法の海上での施工実績は数少なく、大型岸壁の基礎地盤改良工法として本格的に用いられたのは我国において今回が初めてであり、前述のとおり、設計法、施工法とも試行錯誤で検討を進めているが、現段階での設計施工の考え方をここで紹介する。

2 設計について

2-1 設計の基本的考え方 土中にセメントスラリーを注入攪拌して得られるセメント混合処理土の性質を見ると、単位体積重量はほぼ原地盤土と同じであるが、一軸圧縮強度は数 10 kg/cm^2 、破壊歪は1%前後、変形係数は数 kg/cm^2 のほぼ均質なコンクリートの様なものであり、力学的に見ると原地盤土とは全く違った性質をおびる。この為、改良土と原地盤が一体となって強度を発揮するいわゆる複合地盤として設計をするのは適当でなく改良土を一種の弾性体様の地中構造物と見なして設計することにした。

2-2 地中構造物としての改良土の形状 改良土の形状として、杭状、壁状、ブロック状をはじめとし、この地、壁を格子状に組合せるものが考えられている。これらの形状の特性として、杭状の場合、鉛直力には強いが水平力には相対的に弱く、壁状は、鉛直力と壁方向の水平力には強いが壁直角方向の横倒れには相対的に弱く、ブロック状は全ての方向の外力に対し安定性が大である。また格子状は、内部応力が許容応力度を越えなければブロック状と同様、外力に対する安定性が大である。 (図-1 参照)

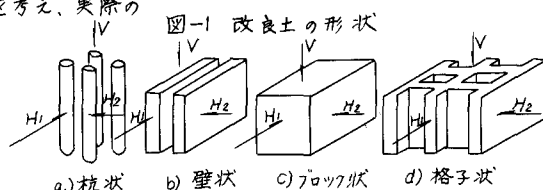
今ここで、改良土が岸壁の基礎として用いられた場合を考え、実際の

外力と図-1の外力に対応させると以下ようになる。

○鉛直力 V →ケーソン等上部構造物の重量、

○断面方向水平力 H_1 →土圧、残留水圧、地震慣性力、

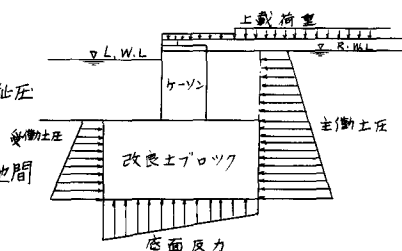
○断面直角方向水平力 H_2 →地震慣性力、



今回の設計に於いては、以下の理由でブロック形状を採用した。

- (1)全ての方向の外力に対し安定する。
 - (2)改良土内部に引張応力が発生するのをさける。
 - (3)現存する深層混合処理機的能力(現在用いている処理機は1回で約1.5m×3mの矩形断面を杭状に地盤改良するが、杭同志の接合は10時間以内でない信頼度が薄い。)では基礎として構造的に安定する一ユニットを一体的に作るにはブロック形状以外にない。
 - (4)施工途中の障害物による一部の打設不能や、一部未改良部分の存在に対してブロック全体として抵抗の期待。
- 2-3 設計検討項目 設計上の主な検討項目は以下のとおりである。(図-2参照) 図-2 安定計算モデル

- (1)滑動; 改良土ブロック底面での滑動。
- (2)転倒; 改良土ブロック前趾を回転中心とする転倒。
- (3)基礎地盤の支持力: $P < \rho_n$ P ; 改良土ブロック前趾での端趾圧
 ρ_n ; 許容支持力
- (4)未改良土の抜け出し; 改良土ブロックが目地を有する場合の目地間の抜け出しの検討



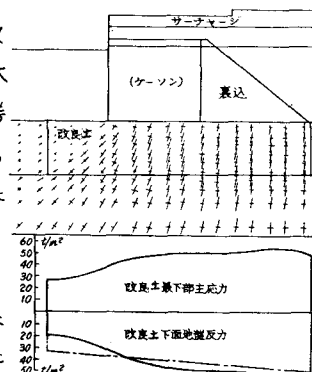
- (5)円形すべり; 改良土ブロック外縁を通る円形すべりの検討

(6)変位; 砂質土に底着した場合の改良土ブロックは殆んど変位しないが、粘性土中に浮いた場合は改良土底面下及び前面の粘性土の載荷直後の弾性変形及び載荷後の圧密により改良土ブロックがある程度の変位を生じる。今回の設計に於いてもかなりの区間が粘性土中に浮いているため、F.E.M.を用いて変位計算を行っている。

- (7)改良土の内部応力(図-3参照)

図-3 改良土内部応力分布

1)内部応力分布 前述したように改良土ブロックを一つの弾性体と見なしているため改良土内部の応力状態を調べ、コンクリート構造物の設計と同様、最大発生応力が許容応力内にあるかのチェックをする必要がある。今回周辺地盤も考慮した弾塑性F、E、M、により種々のケースを検討した。この結果、発生する最大発生応力は、全体の安定により計算された、端趾圧にほぼ等しかった、また引張応力の発生は見られなかった。



- 2)許容応力度 常時6 Kgf/cm²、地震時9 Kgf/cm²を採用した。

(8)耐震設計 地中構造物の耐震設計法は未だ確立しているとはいえず、また土そのものの地震時の動きも不明な点が多い。この為、本工法の耐震設計にあたり、模型振動実験及びF.E.M.動的解析を行った。これらの結果を参考に、当面の耐震設計は、改良土ブロック、上部構造を一つの質点として考え、土丹基盤から改良土ブロックまでの土を変位に対し非線型性を有するせん断バネと見なした。このようなモデルに対し、港湾地域での同程度の地盤の平均応答スペクトルを用いて、加速度を出し、その加速度を用いて、震度法にて設計した。この方法によると、砂層底着型では、基盤加速度がそのまま改良土に伝わり、粘性土中に浮いた場合は改良土の加速度比が10を切る。尚、耐震設計法の確立の為、現在、地震観測も実施中である。

3 施工について

施工は、T社の深層混合処理機を用い、一部地中障害物のあった處を除き、最初の工事としては、比較的順調に進められている。改良土の出来方の確認は、施工途中の処理機の施工精度の測定ならびに処理機の回転トルク荷重等の測定及びセメントスラリー注入記録によって管理し、更にチェックボーリングによる改良土の強度、杭同志の接合の確認を行っており、当初設計とほぼ一致した工事が行われていると判断しているが、本工事が完了した段階で施工データ等の最終的取りまとめを行いたい。

謝辞、この報告をまとめるに当り、港湾技術研究所、構造部、土質部の指導、協力を得た。ここに謝意を表す。