

**土木学会技術
開発賞
受賞の紹介**

**RECEIVING THE JSCE
INNOVATIVE
TECHNIQUE
AWARD**

技術開発賞受賞の紹介

埋立地の液状化対策としての事前混合処理工法の開発

DEVELOPMENT OF PREMIXING METHOD AS A MEASURE AGAINST LIQUEFACTION OF RECLAIMED LAND

善 功¹・石山 范²・千田宏三³・
蛭川友司⁴・森 國夫⁵

Kouki ZEN, Susumu ISHIYAMA, Kouzo CHIDA,
Tomoji HIRUKAWA and Kunio MORI

¹正会員 工博 運輸省港湾技術研究所土質部動土質研究室長
(〒239 横須賀市長瀬3-1-1)

²正会員 運輸省第一港湾建設局新潟港工事事務所長

³正会員 北海道開発局小樽開発建設部小樽港湾建設事務所長

⁴日本道路公団大月管理事務所長

⁵事前混合処理工法協会技術委員長

Key Words : cement, earthquake, liquefaction, soil improvement

1. はじめに

我が国は世界有数の地震国であり、港湾、空港、道路等々の公共施設の立地する臨海部では、地盤が緩く堆積しており、液状化が発生しやすいことは過去の地震被害からも明らかである。そのため、最近では、液状化の可能性のある地盤では何らかの対策がとられるのが普通である。地盤の液状化対策としては、既に種々の方法があるが、これらは地盤造成後に改めて対策工事を実施するものがほとんどで、その意味では工事を二度行うことになり、経済的・時間的に得策ではない。また、現場における種々の制約から、液状化しない適切な材料を十分に確保し、施工することは必ずしも容易でない現状である。

このような背景から、既にでき上がった埋立地に対して適用される従来の液状化対策工法の発想を転換し、埋立てと同時に液状化対策も済ましてしまおうとする発想が生まれた。この発想を具現化するために、粘土地盤では液状化が発生しないという経験的事実にヒントを得て、液状化しやすい砂質材料に粘着力を付加しセメンテーション効果によって液状化を防止する工法の開発が始められた。砂質土にセメントを混合し処理する方法は、ソイルセメントのような構造物の一部としての適用や仮設的な利用など、陸上部では固化工法としてかなり昔から多くの実績がある。また、水中コンクリートなども現在広く用いられている。しかしながら、大量の土砂を迅速に処理し、埋立てと同時に液状化対策を実施することを目的とした場合には、従来の固化工法とは異なった水中工事における多くの課題を解決する必要があった。事前混合処理工法は、このような諸課題を解決して、新しい液状化対策の発想を具現化し工法として実用化したものである。

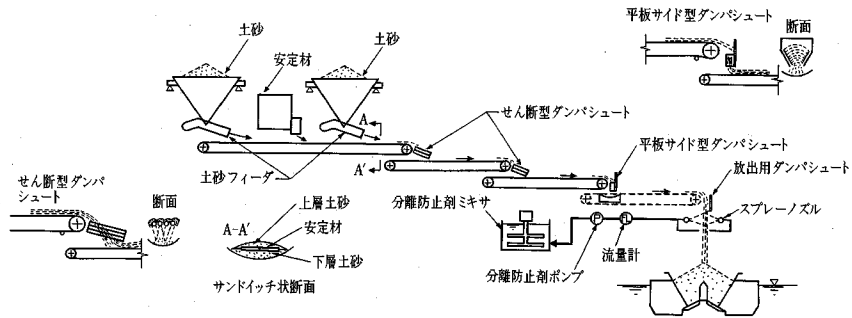
2. 事前混合処理工法の概要

事前混合処理工法とは、埋立材料に少量のセメントと分離防止剤を添加・混合して新材料(処理土)に改良した後、所定の場所に運搬・投入して、そのまま安定した地盤を造成する工法である。施工は、① 混合処理、② 運搬、③ 投入・地盤造成の3段階に大別される。本工法は、液状化のおそれのある砂質土を対象としており、処理地盤では、処理前の砂質土の持つせん断抵抗角に加え、セメント量に見合った粘着力が付加されるという特徴がある。事前混合処理工法の利点としては、① 埋立て後の液状化対策が不要になるため、工期短縮が図れ工事の二度手間が省ける、② 処理地盤の強度をある範囲内で任意に設定できる、③ 処分に困る浚渫土砂などの有効利用が図れる、④ 比較的簡単な混合システムで効率的・経済的混合が可能、⑤ 従来の締固め工法に比較して騒音・振動が少ない、⑥ 埋立工程の一部に本工法を組込むことが容易で、汎用性が高い、⑦ 大水深での適用が可能、⑧ 土圧低減や支持力増大等の効果が期待される、などがあげられる。

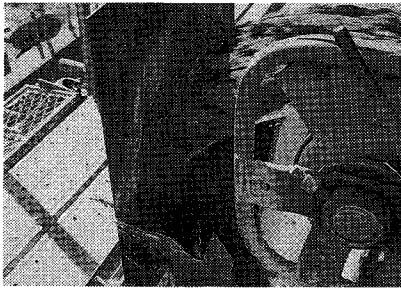
3. 事前混合処理工法の特徴

(1) 液状化しない処理土

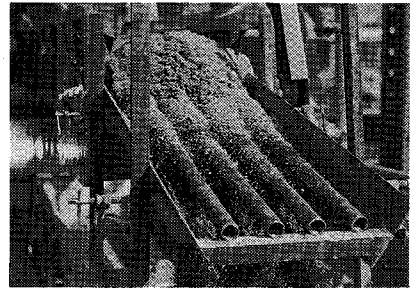
砂質土の静的強度は粘土ほど小なくない。そこで、本来の砂質土の強度を保持しつつ、粘着力を付加したのが本工法で用いる処理土の特徴である。粘着力は、土粒子個々の接触点に付着したセメントの硬化によって埋立て後に付加される。種々の室内試験の結果、① セメントの添加により粘着力が付加されるとともに、内部摩擦角はやや増加するか未処理土と同程度の値を保持すること、



図一 混合システム



写真一 平板サイド型ダンパシュート



写真二 せん断型ダンパシュート

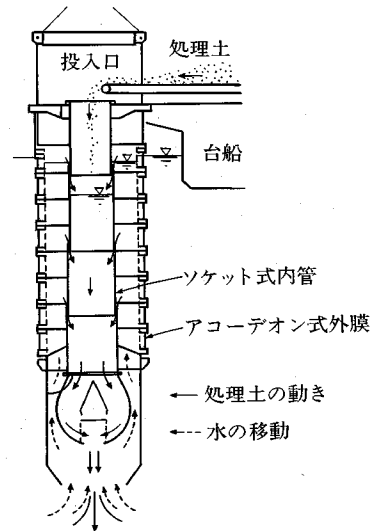
② 砂質土に数%のセメントを添加・混合することにより、実用上、液状化しない材料に改良されること、③ 材料にもよるが一軸圧縮強度が0.5~1.0 kgf/cm²程度あれば液状化が発生しないことが明らかになっている。これらのことから、非常に少ないセメント添加率でも液状化防止に極めて有効であることが分った。

(2) 混合方法

混合方法として、図一に示す新しい混合システムが開発された。この方法は、ベルトコンベヤの乗り継ぎ部に設けた複数の特殊なダンパシュートを利用して、大量の土砂とセメントを連続的に混合するもので、フィーダから薄層に供給された土砂とセメントをベルトコンベヤ上でサンドイッチ状にし、これらが上記のダンパシュートを通るさいの衝突およびせん断エネルギーによって効率的な混合を行う仕組みになっている。ダンパシュートには平板サイド型(写真一)とせん断型(写真二)の2種類がある。混合の最終段階で分離防止剤をスプレー添加し土粒子に付着したセメントの水中での分離を抑制する。このシステムの開発によって、土砂とセメントの大量・急速混合が実現した。

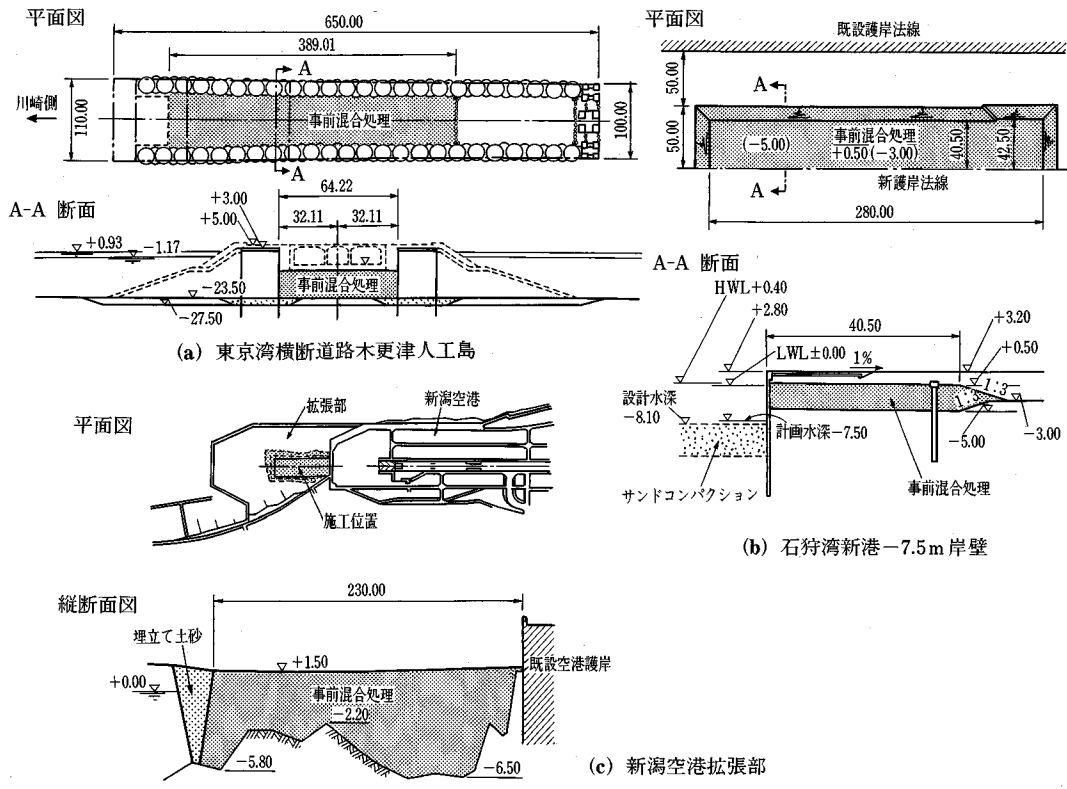
(3) 埋立方法

処理土の運搬は陸上部では通常のダンプカーを用い、海上部の場合は船団を構成し混合後直ちに水中に投入する。処理土の投入・埋立方法は、① 陸上部から撒き出す



図二 二重管シュート

方式、② 新たに開発した汚濁防止型のシュートを用いる方式、③ 底開式土運船による直投方式などが用いられる。①はブルドーザ等により処理土を撒き出していく方法で陸上部からの施工に有効であり、②は図一に示すような二重管の大型のシュートを用いて処理土を海底に投入するもので、海上施工に用いられる。また、③は通常の底開式土運船による埋立方法と同様である。写真一3はシュートを用いた処理土の投入実験後に掘削した埋立地盤の自立した断面状況を示す。埋立方法を数種類



図一三 施工断面図



写真一三 処理地盤の掘削断面

用意することにより、現場条件にあわせた処理土の埋立が可能となった。

4. 施工実績

(1) 工事概要

施工実績としては3件の実施例がある。東京湾横断道路木更津人工島改良盛土工事(約44万 m^3 、水深-23m:図一三(a))では汚濁防止型シュートを実用化し、約

44万 m^3 の埋立てを9ヵ月で完了し急速施工が実証された。また、石狩湾新港東-7.5m岸壁背後工事(約6万 m^3 、水深-5m:図一三(b))では、処分に困る浚渫土砂の有効活用を図り、新潟空港拡張部埋立て工事(約12万 m^3 、水深-7m:図一三(c))では、空港制限下の施工という課題および近隣騒音対策を解決するなど、本工法の特徴を生かした施工が実施された。使用材料を表一に示す。

(2) 施工機械および設備

事前混合処理工法のための施工機械を海上施工の場合についてあげると、①混合用プラント船、②シュート船、③揚土船、④土運船、⑤セメント船、⑥ブルドーザ、⑦排水処理設備などである。図一四に船団構成を示す。陸上施工の場合には、船団は不要であり、①混合プラント、②ブルドーザ、③ダンプカー、④セメントサイロなどが主な機械設備である。混合プラントの能力は、東京湾横断道路木更津人工島改良盛土工事、新潟空港拡張部埋立て工事では250 m^3/hr 、石狩湾新港東-7.5m岸壁背後工事では100 m^3/hr である。

(3) 処理地盤

図一五に石狩湾新港東-7.5m岸壁処理地盤の特性の

表-1 使用材料 (配合 m³当たり)

(a) 東京湾横断道路木更津人工島

材 料	仕 様	数量 (Kg)
砂	千葉県浅間山産 山砂	1,330
セメント	高炉 B 種	100
分離防止剤	強アニオン性ポリアクリルアミド	0.110

(b) 石狩湾新港-7.5 m 岸壁

材 料	仕 様	数量 (Kg)
砂	浚渫仮置土砂	1,350
セメント	高炉 B 種	54.0
分離防止剤	強アニオン性ポリアクリルアミド	0.101

(c) 新潟空港拡張部

材 料	仕 様	数量 (Kg)
砂	東港浚渫土 (空港埋立地内仮置土)	1,350
セメント	高炉 B 種	40.5
分離防止剤	強アニオン性ポリアクリルアミド	0.101

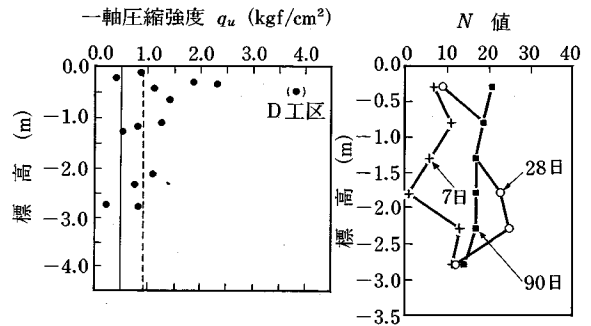


図-5 処理地盤の特性

表-2 一軸圧縮強度, 飽和湿潤密度に関する品質確認の平均値

	日常管理 材齢 28 日	中間確認 材齢 31 ~ 145 日	最終確認 材齢 52 ~ 292 日
一軸圧縮強度 (kgf/cm ²)	4.35	5.32	7.60
飽和湿潤密度 (t/m ³)	1.80	1.77	1.78

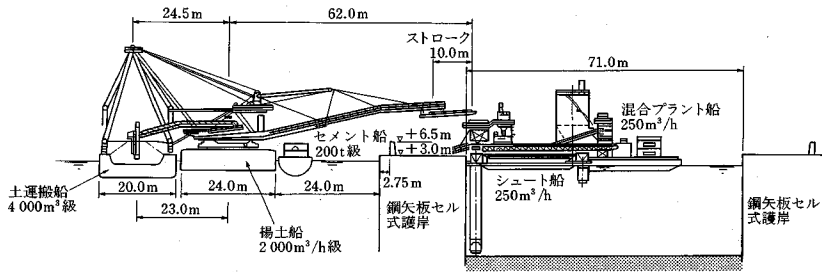


図-4 船団構成

一例を示す。処理地盤のようにぜい性の高い地盤における N 値の適用には検討を要する点もあるが参考までに示している。また、表-2 には、東京湾横断道路木更津人工島工事における一軸圧縮強度、飽和湿潤密度に関する品質確認の平均値を示す。深層混合処理工法などの他の固化工法と同様に、一軸圧縮強度や N 値のばらつきは大きくなるが、3. で述べた強度特性を有する液状化しない処理地盤が造成され、改良目的を達成することができたと考えている。

5. おわりに

本工法は、液状化対策のみならず、支持力やすべり抵抗の増大、土圧低減等、工法としてのポテンシャルも高く今後の展開によっては効用の拡大が期待される。最近頻発している地盤災害や埋立地の高度利用などにより、

今後、大規模な地盤対策が必要とされる現場が増加し本工法の適用も広がるものと期待される。最後に、本工法の開発にあたっては、運輸省港湾技術研究所、運輸省第一港湾建設局、北海道開発局、東京湾横断道路(株)、事前混合処理工法協会を始めとする多くの方々ご支援、ご協力を賜った。関係各位に対し厚く御礼申し上げる次第である。

参考文献

- 1) 善 功企：液状化対策としての事前混合処理工法の開発，土と基礎，Vol. 38, No. 6, pp.27-32, 1990.
- 2) 善 功企：事前混合処理工法による埋立地盤対策，土と基礎，Vol. 42, No. 2, pp.37-42, 1994.

(1995.7.14 受付)