

# 貯木場造成における表層セメント安定処理工事

喜 田 大 三      久 保      博  
漆 原 知 則

## Soil Cement Stabilization Work at Surface layer of Wood Stock Yard

Daizo Kita                      Hiroshi Kubo  
Kazunori Urushibara

### Abstract

Soil cement stabilization work was done on an area of 8,250m<sup>2</sup> to a depth of 1m employing a special mixing machine made up of an oil-hydraulic-pressure type shovel and a mixing section. (1) In a field test, the optimum net mixing time of the machine was 0.83min/m<sup>2</sup> (or 3.8 time/m<sup>2</sup>). Accordingly, in actual work, mixing was performed with base machine moving times and short intermission times controlled to 0.92 min/m<sup>2</sup>. The machine was practically undisturbed by gravel contained in parts of the surface layer. (2) At parts of weak ground, the compaction work was delayed overnight after mixing with cement in order to improve trafficability for compacting machines. In laboratory tests, the cement-mixed soil with moisture content much higher than the optimum moisture content was decreased in strength, but increased in dry density and was improved in trafficability by 24 hours of delay in compaction.

### 概 要

貯木場造成の際、特殊形状の攪拌混合部を取付けた「特殊混合機械」を用いてセメント安定処理工事 (A=8,250m<sup>2</sup>, d=1m, w<sub>n</sub>=10~40%) が行なわれ、その処理能力・施工性、また混合から締固めまでの放置が改良土に及ぼす影響を調べた。

(1) 特殊混合機械の最適混合時間 (正味) は、現地試験 (試験区 No. 1~No. 4, 各 12m<sup>2</sup>) によって、当現場では0.83分/m<sup>2</sup> (3.8回/m<sup>2</sup>) であった。この結果、実際工事での混合は、ベースマシン移動時間や小休止も含めて 0.92分/m<sup>2</sup> (390m<sup>2</sup>/6時間) で行なわれ、良好な改良効果を得た。また、同機は一部表層の混入礫の影響をほとんど受けずに施工できた。

(2) 工事の際、地盤の軟弱な場所では、締固め機械 (小型ブル、タイヤローラ) のトラフィカビリティを向上させるため、セメント混合後一夜放置して締固めた。室内試験でこの放置時間の影響を調べた結果、最適含水比を大きく上回る含水比の土では、放置によって改良強さは低下するが、締固め密度が増大し、トラフィカビリティが向上することを認めた。

## 1. まえがき

セメント安定処理工法は、わが国では従来、道路の路床や路盤の改良などに用いられ、最近では軟弱地盤における各種土地造成などにもよく適用されている。そして、セメント安定処理工法の対象土は無機質の砂質土だけでなく、有機質土、火山灰土、軟弱掘削残土、および各種廃棄物にまで拡大されている。このようにセメント安定処理工法は、今後、建設工事の各分野でその必要性がますます増大すると考えられる。

しかし、セメント安定処理工法が今後さらに広く用い

られるとした場合、同工法の施工機械、添加材、および設計・施工方法において改善・開発すべき点が少なくない。その一つとして、混合機械は従来、各種の専用スタビライザ、バックホウなどが用いられてきたが、取扱い簡便で、混合状態・処理能力のさらに優れた機械が望まれている。筆者らは、某陸上貯木場の造成のための表層セメント安定処理工事において、特殊混合機械の能力・施工性などについて調べた。また、セメント混合から締固めまでの放置時間が改良土の性状に及ぼす影響が問題となったので、室内試験で検討した。その結果、有益な知見を得たので、報告する。

## 2. 工事の概要

### 2.1. 全体の概要

某港湾の埠頭の一部（面積約60,000 m<sup>2</sup>）は、ポンプ浚渫船による吹上げ土砂で埋立てられ、その一部表層に山土がまき出されている埋立地である（図-1参照）。この埋立地を陸上貯木場として利用することが計画されたが、地盤強さが不足していたため、地盤改良が必要となった。そこで、昭和55年2月～3月に一部の区域で表層セメント安定処理工事が行なわれた。当工事における工事の規模・改良目標値・添加材料などは以下のようであった。

工事面積：8,250 m<sup>2</sup>

改良厚：1 m

対象土量：8,250 m<sup>3</sup>

改良目標値：一軸圧縮強さ  $q_u$  28日 7 kgf/cm<sup>2</sup>以上

CBR 28日 20%以上

添加材料及添加量：普通ポルトランドセメント、重量比で5%添加（=85 kg/m<sup>3</sup>）

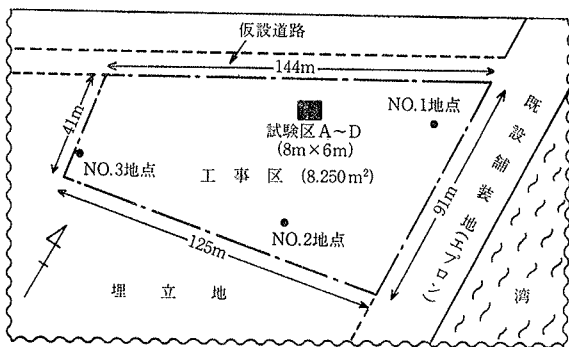


図-1 工事場所平面図および調査地点

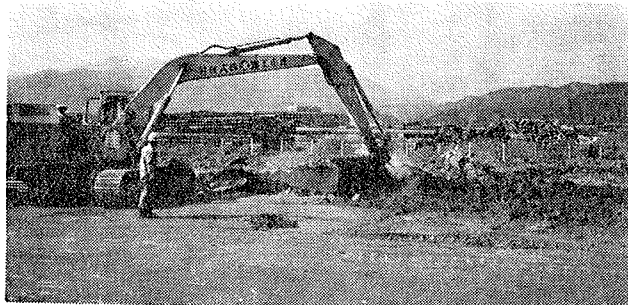


写真-1 工事の状況

### 2.2. 施工機械

施工機械としては、整地を行なうための小型ブルドーザ、セメントを混合するための特殊混合機械、およびセメント混合土を締固めるためのタイヤローラなどが使用された。

ここで用いられた「特殊混合機械」の概要は以下のようである。特殊混合機械は油圧ショベル（通常、バケット容量0.6 m<sup>3</sup>～0.8 m<sup>3</sup>程度を使用）をベースマシンとして、そのアーム部先端に攪拌アタッチメントを取付けている。本機による混合状況および攪拌混合部を写真-1および写真-2に示す。写真より明らかなように、本機は攪拌部に特色がある。すなわち、攪拌部は、平行に配列された4本のパイプを覆板と中間板で固定し、各パイプの下軸に、軸の周囲を巻回させるようにした連続のら旋羽根を装着、さらにその先端には爪が取付けられている。なお、ら旋羽根自体は回転運動しない。攪拌部の幅は約1.3 m、ら旋羽根を有する軸の長さは約1 m、また質量は約700 kgである。攪拌部によって対象土を掘起し、あるいはすくい上げ反転などの単純な操作を行なうことによって、土がせん断、破碎、反転され、土と添加材料が混合される。本機は従来、石灰安定処理などでは、用いられたことがあり、粒径の大きな石灰と土の混合には有効なことが報告されていた。しかし、本機はセメント安定処理に用いられるのは初めての試みであり、施工性および処理能力などが注目された。

### 2.3. 施工方法

施工のフローを図-2に示す。図のように、予備整地したのち、セメントを粉状で所定量散布し、本機でセメントの混合を行なった。そして、小型ブルドーザおよびタイヤローラによる一

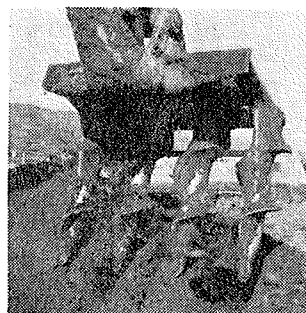


写真-2 特殊混合機械の攪拌混合部

次、二次転圧を行なった。その際、地盤が特に軟弱な場所では混合後、一夜放置して、締固め機械に対するトラフィカビリティを改善したのち、転圧した。

また、当工事での実稼働日における作業工程は表-1のようであった。実稼働日の処理面積は、約390 m<sup>2</sup>/日、また特殊混合機械の稼働時の能力は約65 m<sup>2</sup>/時（約65 m<sup>3</sup>/時）であった。

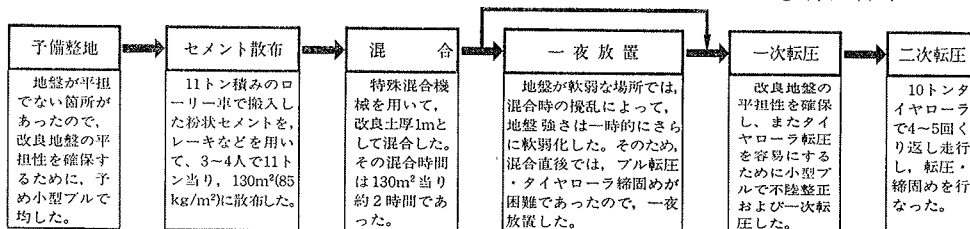


図-2 セメント安定処理工事の施工フロー

時間 工種	1 日 目						2 日 目			備 考
	8	10	12	14	16	18	8	10	12	
予備整地	(随 時 実 施)									
散 布	1台目分	2台目分	3台目分							散布面積：390m <sup>2</sup> /日
混 合	■	■	■							1台分当り約2時間混合。 390m <sup>2</sup> ÷6時間=65m <sup>2</sup> /時
一次転圧		□	□	□			■	■	■	390m <sup>2</sup> 当り約1時間
二次転圧		□	□	□			■	■	■	390m <sup>2</sup> 当り約2時間

注) □は地盤状態良好のために、混合直後に転圧できた場合。

表一 実稼働日における標準的な作業工程表  
(任意の処理場所における表示)

### 3. 地盤の性状

工事区における代表的と思われる3地点(図一1参照)の土質調査の結果を表一2に示す。同表のように、地点によって土質は大きく異なっており、地盤は埋立時の排砂管の移設方法などを反映してかなり複雑な構成であることが示唆された。自然含水比は約10~40%で、細粒分に富む場所のコーン指数は4~10 kgf/cm<sup>2</sup>であった。また、No.3地点の表層では、表層にまき出された山土に混入していた、礫が多く認められた。

柱状図	No.1 地点			No.2 地点			No.3 地点			
	自然含水比(%)	粒度分布(%) 液分 塑分 砂分 粗粒分	コーン指数(kgf/cm <sup>2</sup> )	自然含水比(%)	粒度分布(%) 液分 塑分 砂分 粗粒分	コーン指数(kgf/cm <sup>2</sup> )	自然含水比(%)	粒度分布(%) 液分 塑分 砂分 粗粒分	コーン指数(kgf/cm <sup>2</sup> )	
	41		10			26	11	45	38	27
							13	0	74	26

表二 代表的地点における土質性状

### 4. 調査項目、目的および方法

#### 4.1. 混合時間に関する現地調査

2.2. に述べた特殊混合機械の能力を把握するため、特に最適混合時間を調査した。その調査方法として、下記のように混合時間の異なる4試験区を設け、それぞれの改良強さによって最適混合時間を求めた。

試験区：No.1~No.4 (土質が均一と思われる場所を選定、図一1参照)

1 試験区の面積：12 m<sup>2</sup> (=2×6 m)

特殊混合機械の混合時間：No.1 (5分間), No.2 (10分間), No.3(20分間), No.4(40分間)

添加材料：普通ポルトランドセメント5%

締固め条件：全試験区とも混合後一夜放置して、一次および二次転圧を行なった。

改良強さの試験：

室内 CBR 試験 (JIS A 1211)

現場 CBR 試験 (JIS A 1211)

平板載荷試験 (JIS A 1215)

#### 4.2. 混合後から締固めまでの放置時間の影響に関する室内試験

2.3. に述べたように、地盤の軟弱な場所では、セメント混合後、締固め機械のトラフィカビリティを確保するために、一夜放置してから一次および二次転圧を行なった。そこで、締固めまでの放置時間が改良土の性状に及ぼす影響を室内試験で調べた。

試料：4.1.の現地試験の場所から採取した土

添加材料：普通ポルトランドセメント5%

混合：ホバート型ミキサー5分間

突固め：φ100 mm・h 127 mm のモールドに入れて、2.5 kg ランマー (落下高 30 cm) で5層各68回突固めた (E<sub>c</sub>=25.6 kg/cm<sup>2</sup>)

養生：密閉し空中24日間, 水浸4日間 (計28日)

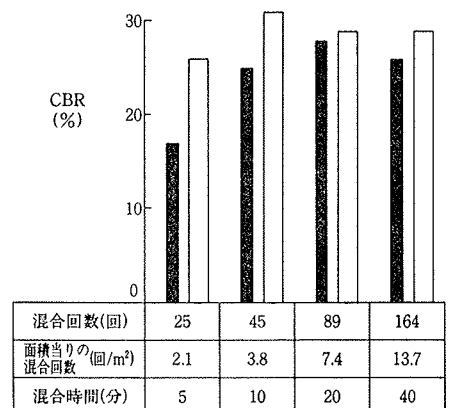
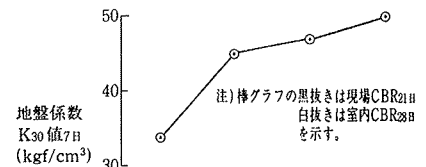
一軸圧縮試験：φ50 mm・h 100 mm に成型し, JIS A 1216で試験

### 5. 結果と考察

#### 5.1. 特殊混合機械の最適混合時間

調査結果を図一3に示す。ここで、混合時間とは土とセメントを混合している正味の時間を示し、ベースマシンの移動時間

や休止時間は含まれていない。図のように改良強さは混合時間が5分から10分に増加すると、30~50%増大した。しかし、混合時間10分以上では、改良強さの増大は明瞭でなく、K値はわずかに増大したが、室内および現



図一3 特殊混合機械による混合時間と改良強さの関係

場 CBR はほとんど増大しなかった。したがって、当現場における特殊混合機械の混合時間は面積  $12\text{m}^2$  で約 10 分、すなわち  $0.83\text{分}/\text{m}^2$  が最適であることが判明した。なお、図-3 のように、当現場における特殊混合機械の時間当りの混合回数は約 4~5 回/分であり、したがって最適混合時間における面積当りの混合回数は約 3.8 回/ $\text{m}^2$  であった。

この試験結果などを考慮して工事が行なわれ、2.3 に既述のように特殊混合機械の実稼働時の処理能力は、 $130\text{m}^2$  当り約 2 時間、すなわち約  $0.92\text{分}/\text{m}^2$  であった。この値が上記の  $0.83\text{分}$  よりもやや大きいのは、ベースマシンの移動時間や小休止時間が含まれていることなどによる。

特殊混合機械はバックホウなどと同様、混合時間・混合回数などにばらつきを生ずることが避けられない。しかし、当工事では、上記のように混合時間を管理しながら施工したので、それらのばらつきは少なく抑えられ、セメント混合状態を良好に維持でき、また混合過剰によって不経済となることを防止できた。

なお、当工事区の一部には、表層にまき出された山土に礫（最大径：約  $30\text{cm}$ ）が混入していたが、特殊混合機械はその影響をほとんど受けることなく、混合作業を続行できた。

## 5.2. セメント混合後から締固めまでの放置時間が改良土の性状に及ぼす影響

供試土の性状を表-3、試験結果を図-4 に示す。実際の工事は自然含水比 ( $w_n$ , 約 35%) の土を対象としたが、ここでは比較のため、自然含水比の土と最適含水比 ( $w_{opt}$ , 約 17%) 付近の土の 2 種類について試験した。以下、それぞれ  $w_n$  土、 $w_{opt}$  土で表示する。

まず、 $w_n$  土では、セメント混合後の放置時間とともに、含水比 ( $w$ ) は低下し、また乾燥密度 ( $\rho_d$ ) は増大した。 $\rho_d$  の増大程度、すなわち  $\rho_d(24\text{時間放置})/\rho_d(\text{放置なし})$  は 107% であった。つぎに、一軸圧縮強さ ( $q_u$ ) は放置によって低下し、 $q_u(24\text{時間放置})/q_u(\text{放置なし})$  は 64% であった。このように  $w_{opt}$  を大きく上回る  $w_n$  土の場合、混合後の放置によって強さは低下するが、一方  $\rho_d$  は含水比が  $w_{opt}$  に近づくために増大する。 $\rho_d$  の増大は、セメント混合土の突固め時の状態が向上したことを示唆する。したがって、実際工事で自然含水比 30~40% の軟弱な場所において、セメント混合後一夜放置したのち転圧締固めを行なったことの妥当性が試験結果からも認められた。

一方、 $w_{opt}$  土では、混合後の放置時間とともに、 $w$  および  $\rho_d$  は低下し、 $\rho_d(24\text{時間放置})/\rho_d(\text{放置なし})$  は 91% であった。また、 $q_u$  も同様に低下し、 $q_u(24\text{時間放置})/$

自然含水比 $w_n$ (%)	最適含水比 $w_{opt}$ (%)	粘土 (%)	シルト (%)	砂 (%)	$W_L$ (%)	$W_P$ (%)	$I_p$	比重 $G_s$	$I_g$ loss (%)
35	17	32	41	27	32.8	19.2	13.6	2.77	4.2

表-3 供試土の性状

$q_u$  (放置なし) は 82% であった。ところで、M. J. Cowell らによると、セメント改良土の  $\rho_d$ ,  $q_u$  は混合後の放置によって低下するけれども、放置時間が 6 時間以内であれば、締固めエネルギーを増して  $\rho_d$  を放置なしの場合の  $\rho_d$  まで高めると  $q_u$  低下は

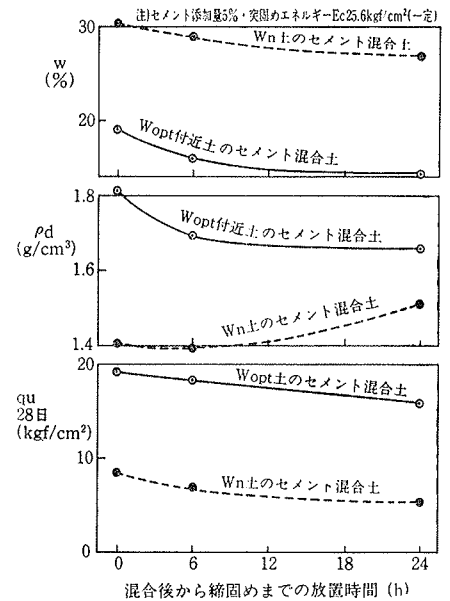


図-4 セメント混合後の締固めの遅れと含水比、密度、一軸圧縮強さの関係

防止される。このことから、 $w_{opt}$  土において混合後の放置が改良強さを低下させる原因として、放置時間が短い場合、締固め密度が低下すること、放置時間が長い場合、セメントの反応がかなり進んでいるため締固めに伴う破壊後の再結合が少ないことが大きい。

以上の  $w_n$  土と  $w_{opt}$  土の結果から、セメント混合後の放置が改良強さを低下させる原因は、 $w_n$  土と  $w_{opt}$  土では若干異なり、 $w_n$  土の場合、セメント水和水が速いため締固め後の再結合力が減少していることが大きいと推察される。

## 6. あとがき

セメント安定処理工事に伴い、特殊混合機械の最適混合時間、セメント混合から締固めまでの放置時間が改良強さに及ぼす影響などを調査し、有益な知見を得た。現地調査に際し、御協力を頂いた大林道路側の寺尾五郎所長および志水和幸氏に謝意を表します。

## 参考文献

- 1) Cowell M. J., Irwin L. H.: Effect of compaction delays and multiple treatments on the strength of cement stabilized soil, Trans Res, Rec (USA) 702, (1979), pp. 191~198