

深層混合処理工法について（その5）

西林 清 茂 松 尾 龍 之
細 谷 芳 己 須 藤 賢

Improvement of Deep Soft Ground by Cement Mixing (Part 5)

Kiyoshige Nishibayashi Tatsuyuki Matsuo
Yoshimi Hosoya Ken Sudo

Abstract

Work on development of mixing apparatus for improvement of deep soft ground by the cement mixing method begun in 1977 has been going on with various kinds of experimental studies made. One outcome of the research is the "Oval" type mixing stabilizer which produces the most uniform mix heretofore known.

This report describes the first actual construction project to use the "Oval" type mixing stabilizer. The work was carried out from January to February in 1982, and consisted of improvement of foundation ground for construction of a retaining wall and stabilization of slopes as a measure to prevent sliding by embankments. Work by the Oval-DM (Deep Mixing) Method proceeded smoothly and strengths of improved soils adequately satisfying the design strength of $q_u=1.5 \text{ kg/cm}^2$ were obtained.

概 要

昭和52年度から開始した深層混合処理工法における攪拌装置の開発は、各種の実験的研究を行ないながら進めてきた。その結果、最も均一混合に優れた装置として Oval 型攪拌装置を生み出した。

本報告は、Oval 型攪拌装置を用いた最初の本工事について述べたものである。工事は、昭和57年1月から2月にかけて擁壁築造に伴う基礎地盤の改良と、盛土によるすべり防止対策としての法面地盤の改良である。両工事とも Oval-DM 工法の施工は順調に進み、設計強度の $q_u=1.5 \text{ kg/cm}^2$ を十分満足する改良強度が得られた。

1. まえがき

混合の均一性向上を主眼に、昭和52年度より研究開始した深層混合処理工法における攪拌装置の開発は、基礎的なモデル実験^{1),2)}、中規模の野外フィールド実験³⁾、実際工事に準じた現場試験⁴⁾を積み重ねて進めてきた。その結果、100ケースに及ぶ攪拌径 50 cm のモデル実験から、水平ブレードの注入補助翼とだ円形の攪拌翼を組み合わせた Oval 型攪拌装置が最も優れた混合性能を持つことを見い出し、さらに攪拌径を実大規模の 1m まで拡大したフィールド実験、現場試験においても当攪拌装置の良好な改良効果を確認することができた。

そこで、この攪拌装置を用いた深層混合処理工法を Oval-DM 工法と称し、今回本工事を2件続けて実施した。

この工事は、擁壁築造に伴う基礎地盤の改良と、盛土による法面のすべり防止対策としての地盤強化のためのものである。

以下、両工事に採用した Oval-DM 工法の施工方法、工事概要、施工結果について述べる。

2. Oval-DM 工法の施工方法

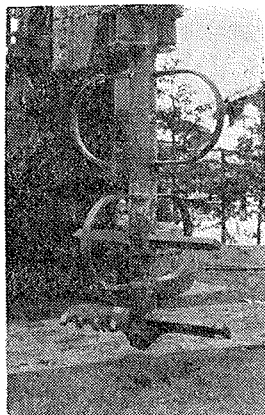
両工事とも、次の仕様で施工した。

2.1. 攪拌混合方法

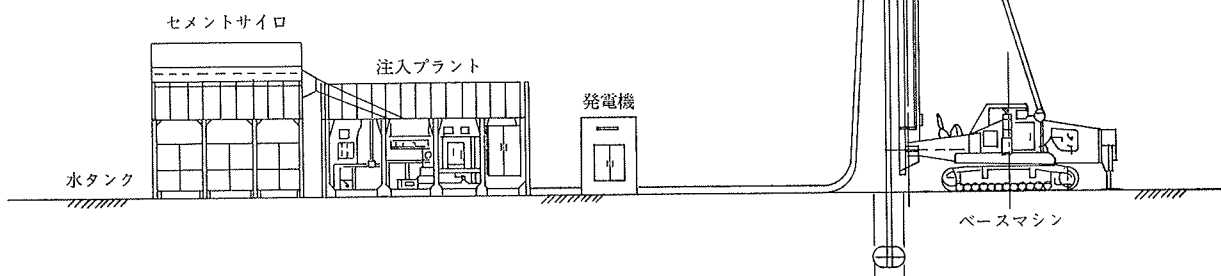
固結パイルの造成は、以下の通りである。

(1) 攪拌混合装置貫入

固化材であるセメントミルクを地盤中に供給しながら攪拌混合装置を所定の回転数、下降速度で掘削、貫入させる。



写真一 攪拌混合装置



図一 施工機械全体配置図

(2) 底着層（支持層）の確認

攪拌混合装置が支持層（両工事共、標準貫入試験値 $N=10$ 以上の層）に達したならば、底着処理のために下降速度を 0.3 m/min と低速にし、支持層に $20\sim30\text{cm}$ 貫入させ根固めを行なう。

なお、支持層の確認は、回転駆動モータの電流値で行なった。

(3) 攪拌混合装置引抜き

底着処理終了後、セメントミルクの供給を停止し、攪拌混合装置を所定の回転数、上昇速度で引抜く

2.2. 固化材

使用した固化材は、普通ポルトランドセメントに水を加えたセメントミルクでその配合は水・セメント = 1 : 1 である。

2.3. 使用機械

使用した攪拌混合装置は、だ円形攪拌翼 2 段と、その下端に切削翼を取り付けた、Oval ダブルカッタ付である。固化材の吐出口は、底着処理のために攪拌混合装置最下部に設け、切削翼の回転によって生じる空隙に固化材が吐出されるように横向きとした。

その他の使用機械は、ベースマシン、回転掘進機、固化材プラント、注入用グラウトポンプなどであるが、これらの主要諸元を表一に、全体配置を図一に、また攪拌混合装置を写真一に示す。

機械名	主要諸元
ベースマシン	日本車両製 DHJ-60M, M40D 本体重量 26t
回転掘進機 (オーガモータ)	三和機材製 D-60H 改造型 27.41 r.p.m
固化材プラント	三和機材製 PM-15型
グラウトポンプ	鉦研試維製 MG-30
セメントサイロ	20t用
攪拌軸 発電機	$\phi 152.4 \text{ mm} \times 10 \text{ m}$ 175 KVA (防音型)

表一 使用機械

項目	仕様
固化材の種類	セメントミルク
配合	水・セメント = 1 : 1
添加率 α (%)	20 (容積比)
注入圧 P (kg/cm ²)	20
下降速度 Vd (m/min)	1.0
上昇速度 Vu (m/min)	1.0
下降時回転数 Nd (r.p.m)	41
上昇時回転数 Nu (r.p.m)	41

表二 施工仕様

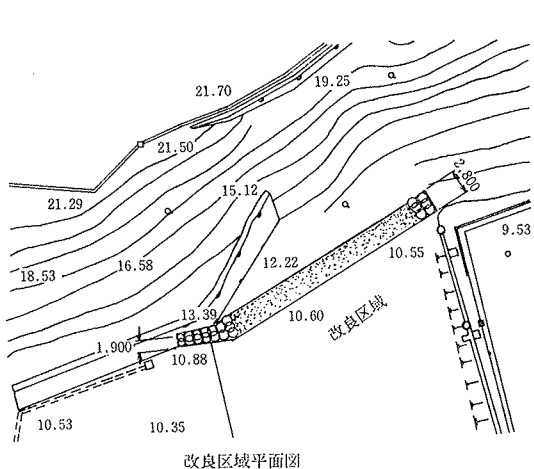
2.4. 施工仕様

パイロ造成のための施工仕様、すなわち固化材の注入施工仕様、攪拌混合装置の攪拌混合施工仕様は、表一 2 である。

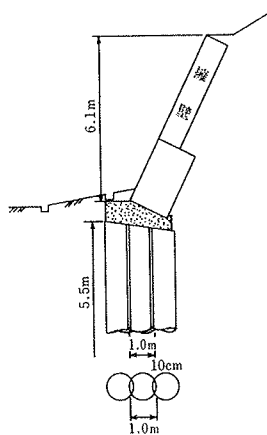
3. 施工例-1 擁壁基礎地盤改良工事

この工事例は、大雨で一部崩壊した斜面に、擁壁（幅 $1 \text{ m} \times$ 高 6 m 、延長約 25 m の桁桁擁壁）を築造する災害復旧工事において、擁壁の沈下防止、斜面のすべり防止を目的として基礎地盤の強化を計るために Oval-DM 工法を適用した地盤改良工事である。

図一 2 に工事区域の平面図、断面図を示す。

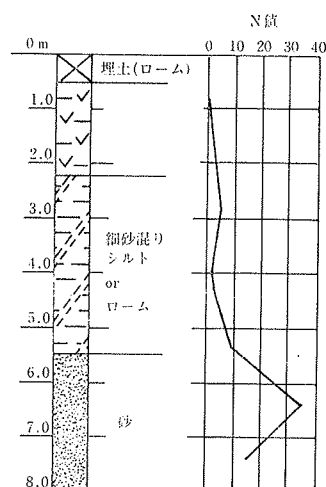


改良区域平面図



改良区域断面図

図一2 工事区域の平面図および断面図



図一3 土質状態とN値

3.1. 地盤状態

改良対象区域の土質は、表層から埋土層（ローム）有機質粘土層、細砂混りシルトとロームの互層、砂層から構成されている。各層の地盤強度は、標準貫入試験によって1箇所、スウェーデン式サウンディング試験によって4箇所測定したが、いずれの測定結果も表層から-5m~6m 付近の砂層にいたるまで $N < 10$ 以下の軟弱層であり、擁壁の基礎地盤としては不満足な強度である。

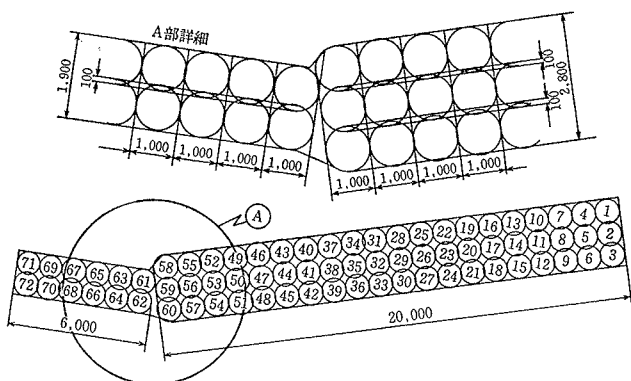
図一3に、ボーリングによる土質調査と標準貫入試験結果を示す。

3.2. 工事概要

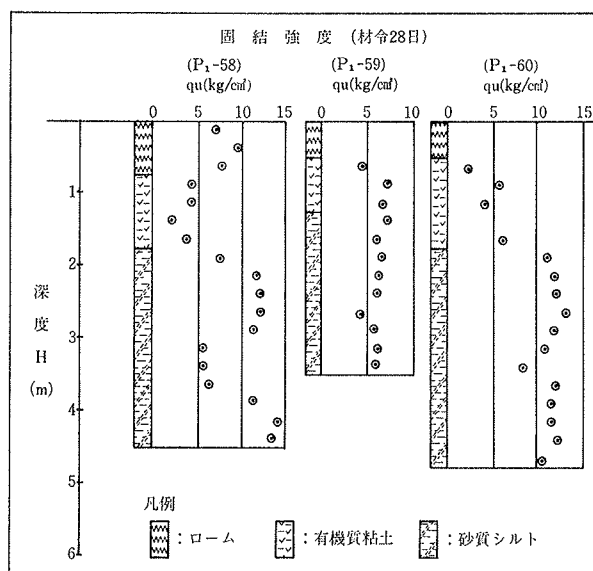
- (1) 工事期間：昭和57年1月18日～1月23日
- (2) 改良面積：約70 m²
- (3) 改良深度：GL-6.30 m
(内、地表面下80 cm は改良せず)

(4) 造成パイル仕様：

- イ) パイル径 ϕ 1,000 mm
- ロ) パイル長 5,500 mm
- ハ) パイル本数 72本
- ニ) ラップ幅 横方向3例または2例のパイルは10 cm ラップ。



図一4 パイル造成配置図



図一5 造成したパイルの改良強度

縦方向のパイルは、接触パイルで、ラップ幅は零

- (5) 設計改良強度：一軸圧縮強度 $q_u = 1.5 \text{ kg/cm}^2$

図一4に造成したパイルの配置およびラップ部の詳細を示す。

3.3. 施工結果

(1) 改良強度

P₁-58, 59, 60 の3本のパイルから固結土を採取し、材令28日で一軸圧縮試験を実施して造成パイルの強度調査を行なった。

採取試料から判定した土質柱状図とともに、各パイルの深さ方向に測定した改良強度を図一5に示す、P₁-59パイルの強度は、 $q_u = 6 \sim 7 \text{ kg/cm}^2$ に分布しており、極めて良好な品質を示している。これに対し、P₁-58, 60パイルの強度は、一見バラツキが大きいように見えるが、土質別に調べると、有機質粘土では $q_u = 3 \sim 4 \text{ kg/cm}^2$,

ロームでは $q_u=6\sim7\text{ kg/cm}^2$ 、破質シルトでは $q_u=10\text{ kg/cm}^2$ 前後の値に分布しており、比較的一定した値を示している。

しかし、いずれのパイルも設計改良強度の $q_u=1.5\text{ kg/cm}^2$ を十分満足する強度が得られた。

(2) 施工能力

Oval-DM 工法の施工能力は、全稼働日当りの平均値を求めると約14本/日である、しかし、稼働日の中には埋もれていた倒木などの障害物によるトラブル休止時間も含まれており、1日順調に施工が進めば、18~20本/日(100~120m/日)の施工能力が期待できる。

(3) パイル頭部の観察調査

擁壁基礎造築の際、パイル頭部を掘り出して固結状態、ラップ状態を観察した。

写真-2は、掘り出した状況である。パイルは所定径の1.0mに造成されており、またラップ部も完全に接合され、一体化した固給体の造成が確認された。

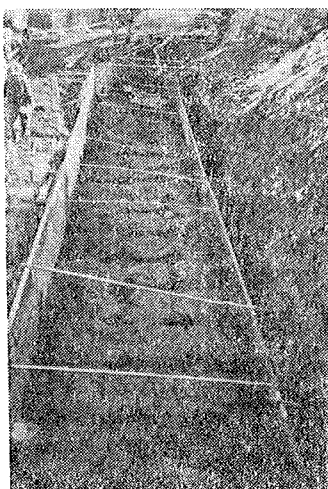


写真-2 造成したパイル頭部

4. 施工例-2 地すべり防止を目的とした法面地盤改良工事

Oval-DM 工法を適用した第2回目の実施例は、盛土に伴う法面の円弧すべり防止を目的として、その法尻付近の地盤を強化したものである。

図-6に工事区域の平面図、断面図を示す。

4.1. 地盤状態

改良対象地区の土質は、概略表層から埋土層(ローム)、

ローム質シルト層、有機質粘土層、砂質シルト層、砂層から構成されている。しかし、当地区は谷間になっているために過去に色々な土砂を埋立てた形跡がある。さらに Oval-DM 工法を施工する前に、地中に埋もれている倒木を除去するため、バック

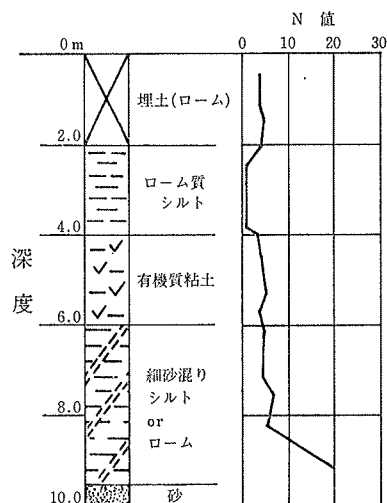


図-7 代表的な土質状態とN値

ホウで2~3m掘り起したこともあって、その地層構成は極めて複雑であり、場所によって大きく異なる。

しかし、地盤強度は、表層部の埋土層から、下部の砂層にいたるまで $N<10$ で、軟弱層が最大10mも分布しており、地下水位も高く、水量も豊富であり、斜面の安定上、極めて条件の悪い地盤である。

図-7は、工事区域の中心部において、バックホウによる掘り起し前に実施したボーリングによる土質調査結

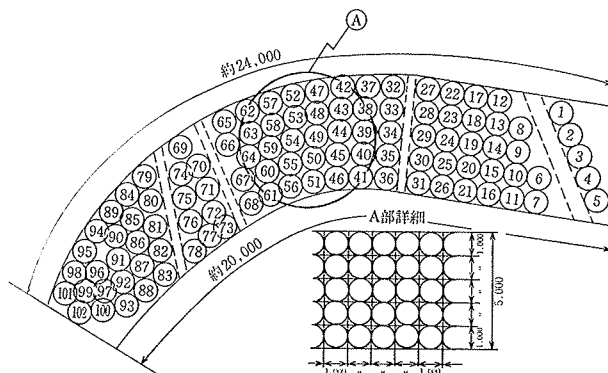
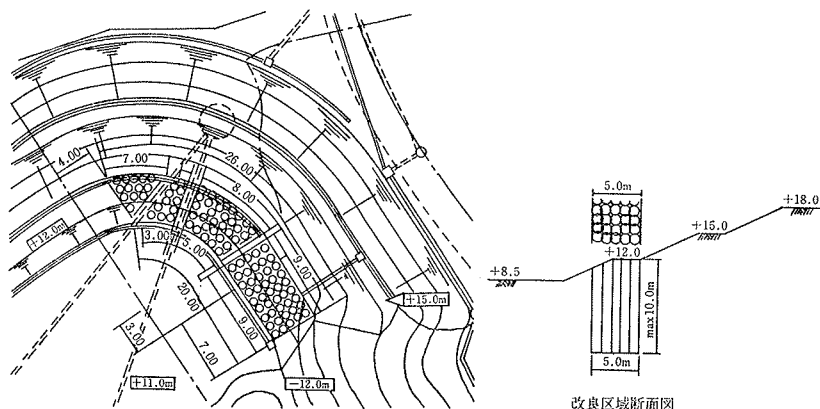


図-8 パイル造成配置図

果とスウェーデン式サウンディング試験より推定したN値の値である。

4.2. 工事概要

- (1) 工事期間: 昭和57年1月27日 ~ 2月13日
- (2) 改良面積: 約110m²
- (3) 改良深度: 最大GL-10.0m
- (4) 造成パイル仕様:
 - イ) パイル径 $\phi 1,000\text{ mm}$
 - ロ) パイル長 最大10,000mm
 - ハ) パイル本数 102本
 - ニ) ラップ幅 ラップ幅零



改良区域平面図

改良区域断面図

図-6 工事区域の平面図および断面図

接触パイル

図-8に造成したパイルの配置図を示す。

4.3. 施工結果

(1) 改良強度

$P_2-29, 32, 39$ の3本のパイルから固結土を採取し、強度試験を実施した。その結果は、図-9であるが、採取試料から判定した土質の内、ローム質シルトは暗褐色を呈し、かなり有機化が進んでいる様子であったので有機質粘土に含めた。

材令28日の改良強度は、3本のパイルとも平均 $q_u=5 \text{ kg/cm}^2$ 程度であるが、やはりこの実施例でも対象土の土質によって固結強度が異なり、有機質粘土が $q_u=3\sim 4 \text{ kg/cm}^2$ 、ロームが $q_u=5\sim 6 \text{ kg/cm}^2$ 、砂質シルトが $q_u=8\sim 9 \text{ kg/cm}^2$ 程度に分布している。

したがってパイル全体の固結強度が実施例-1に比べて小さいのは、当地区の有機質粘土層が厚く堆積していることが一因である。しかし、いずれのパイルも設計強度 $q_u=1.5 \text{ kg/cm}^2$ を満足していた。

(2) 施工能力

全稼動日当りの平均施工能力は、約12本/日であるが、やはりこの工事でも埋設管、埋木などの障害物に攪拌翼が接触するトラブルが発生しており、工事が順調に進めば14~15本/日の施工が可能である。

(3) パイル頭部の観察調査

写真-3, 4は、パイル頭部の固結状況を観察するために、工事区域の表層地盤をすき取った状況である。固結パイル中に点線で示した空間があるのは、この下に排水管が埋設されており、この部分を避けてパイルを造成したためである。

掘り出したパイル頭部は、すべて直径1mか、若干それよりも大き目に造成されているのが確認された。

5. あとがき

以上、Oval-DM 工法の施工例として、2件の地盤改

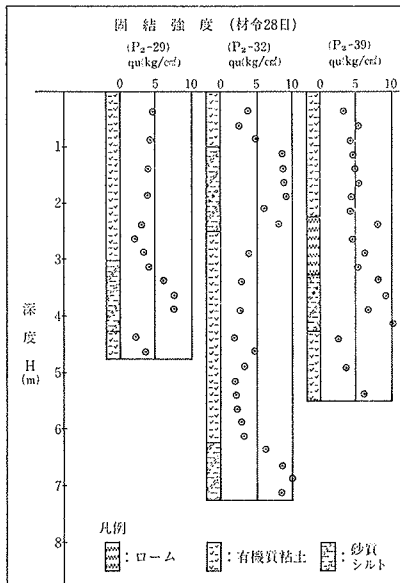


図-9 造成したパイルの改良強度

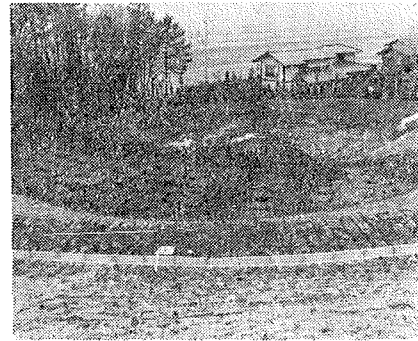


写真-3 造成したパイル（全景）

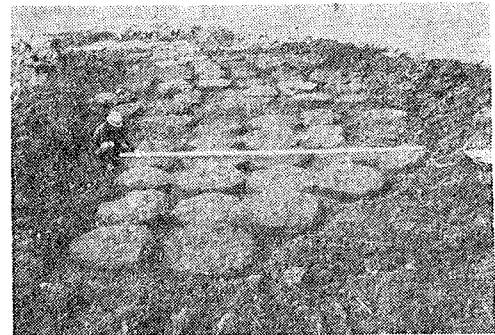


写真-4 パイル頭部の近接写真

良工事について述べた。施工は、地中の障害物による若干のトラブルがあったが、順調に進行し、工期内に完了することができた。また、改良強度も対象土の土質によってバラツキが見られたが、設計強度の $q_u=1.5 \text{ kg/cm}^2$ を十分満足し、良好な結果が得られた。

Oval-DM 工法については現在もモデル実験を行ないながら、種々の土質の地盤に対する攪拌混合性、最適攪拌混合条件などについて鋭意研究を続けており、より良い工法の完成を目指し努力している。

参考文献

- 1) 斎藤, 西林, 松尾: 深層混合処理工法について (その1), 大林組技術研究所報, No. 21, (1980), pp. 95~99
- 2) 斎藤, 西林, 松尾: 深層混合処理工法について (その2), 大林組技術研究所報, No. 22, (1981), pp. 110~114
- 3) 斎藤, 西林, 松尾, 細谷: 深層混合処理工法について (その3), 大林組技術研究所報, No. 23, (1981), pp. 87~91
- 4) 西林, 松尾, 細谷, 須藤: 深層混合処理工法について (その4), 大林組技術研究所報, No. 25, (1982), pp. 85~89