

## NETIS 登録 QS-000013-V MITS 工法

## スラリー中圧噴射(CMS)システムによる深層混合処理工法

末次孝之・角 和樹・三浦哲彦

セメントスラリーの中圧噴射を併用した機械攪拌による、深層対応型地盤改良工法（MITS 工法 CMS システム<sup>1)2)</sup>の原理及び概要について紹介する。本工法の特徴は、改良機が小型軽量で改良径 $\phi$ は最大 1600 mm まで、打設長は 22 m まで施工可能であること、また上空制限下で施工ができ、さらにコスト縮減が可能であることである。本報告では施工事例として、水門取付部の段差抑制、道路構造物の基礎と段差抑制、上空制限下での掘削時変位抑制対策、土留・ヒービング防止対策、沈下防止対策等について説明する。

キーワード：地盤改良、深層混合処理、軟弱地盤、小型軽量機械、スラリー中圧噴射、コスト低減、工期短縮

## 1. はじめに

深層混合処理工法は、機械混合攪拌方式と噴射混合方式とに大別される。前者は、原地盤に固化材を攪拌翼により混合するものであり、後者はスラリージェットにより地盤を切削・攪拌しつつ、固化材と原位置土と混合する方式である。軟弱地盤での地盤改良は大型機械での施工が難しい箇所も多く、小型・軽量機械による施工が望まれている。このような軟弱で狭小な現場に対応した CMS システム（セメントスラリーの中圧噴射と機械攪拌翼による併用地盤改良工法）について、原理と特徴及び施工事例を紹介する。

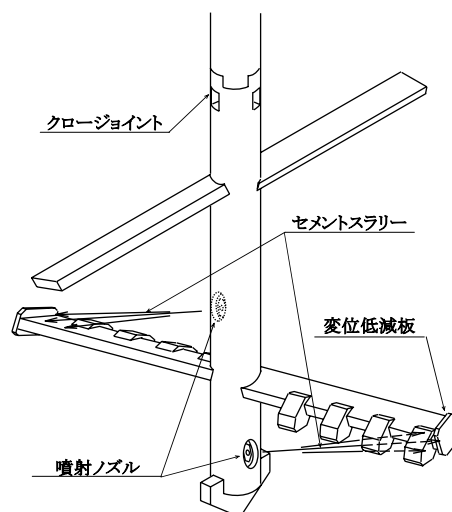


図-1 特殊攪拌翼の概要

## 2. CMS システムの原理と概要

## (1) システムの原理

CMS システムの原理は、機械攪拌工法と高圧噴射ジェットグラウト工法の長所を組合せたものである。図-1 に示すように、セメントスラリーを中圧（5 MPa～15 MPa）で噴射しつつ、特殊攪拌翼により軟弱地盤と混合することで柱状改良体を造成する。

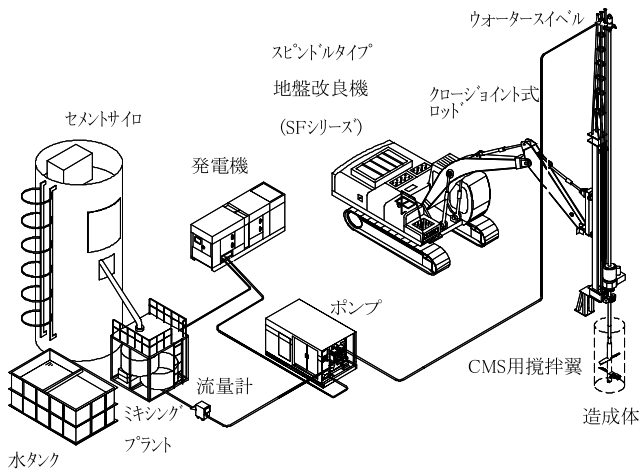
セメントスラリーのジェット噴射により、攪拌翼の回転トルクの低減を図ることができるので従来より小型の機械でより大きな径の改良体を造成することが可能となった。また、ロッドの中心部に集ってくる未改良の粘性土の土構造を噴射エネルギーによって崩すことにより共回りを防止する。リーダー（攪拌部）をバ

ックホウに取付けることで、機動性は向上し狭小な現場にも対応することが可能となった。

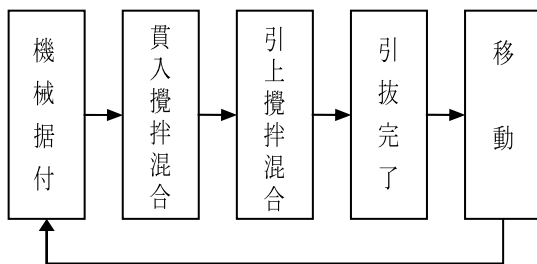
## (2) システムの概要

使用機械の構成を図-2 に示す。グラウトポンプは最大吐出量 200 L/分、最大吐出圧力 20 MPa を使用する。大規模施工ではスラリープラント 1 基に対して複数の改良機をセットすることが可能である。

施工フローは図-3 を標準としている。本工法は混合方式にスラリー噴射を併用しているため、改良下端での練返し等の先端処理は不要である。



図一 機械構成図



図一 標準施工フロー図

### 3. CMS システムの特徴

本システムの特徴を列記すると次のようである。

- ①改良機は小型軽量で狭小な現場でも施工可能
- ②改良径は最大φ 1600 mm が施工可能
- ③最大打設長 22 m, 上空制限下での施工可能
- ④機械位置から下方及び上方への施工が可能
- ⑤リーダー部は倒伏可能でメンテナンス容易
- ⑥コスト縮減が可能

以下に、詳細を示す。

- ①改良機は小型軽量で狭小な現場でも施工可能

従来のスラリー式機械攪拌工法では、長尺施工する場合には、40 t から 120 t 程度の地盤改良機が使用されている。本工法は、セメントスラリーを噴射することで土構造を崩す効果が期待でき、小さいトルクで攪拌混合が可能となった。地盤改良機は、クローラ型バックホウ (0.28 m<sup>3</sup> ~ 0.8 m<sup>3</sup>) をベースマシンとしており、総重量は 9 t ~ 25 t である。バックホウのブームを伸縮及び旋回することで、本体不動のまま複数本の施工ができ、狭小な軟弱地盤上で施工可能である。

- ②改良径は最大φ 1600 mm が施工可能

改良径φ 500 mm からφ 1600 mm まで造成することができる。表一 1, 2 に各土質の N 値に対する最大の改良径を示す。

表一 1 適用改良径 (粘性土)

土質 (N 値)	0 ≤ N < 2	2 ≤ N < 6	6 ≤ N < 11
粘性土	φ 1600 mm	φ 1400 mm	φ 1000 mm

表一 2 適用改良径 (砂質土)

土質 (N 値)	0 ≤ N < 6	6 ≤ N < 11	11 ≤ N < 15
砂質土	φ 1600 mm	φ 1200 mm	φ 800 mm

- ③最大打設長 22 m, 上空制限下での施工可能

クレーンを併用することでロッドを継足すことができ、小型軽量機械でありながら打設深度 22 m の施工が可能である。マスト (図一 4 参照) を装着せずロッドを継足すことにより、上空制限下での施工も可能である。表一 3, 4 に改良径に対する施工深度を示す。

表一 3 N 値による適用打設長 (粘性土)

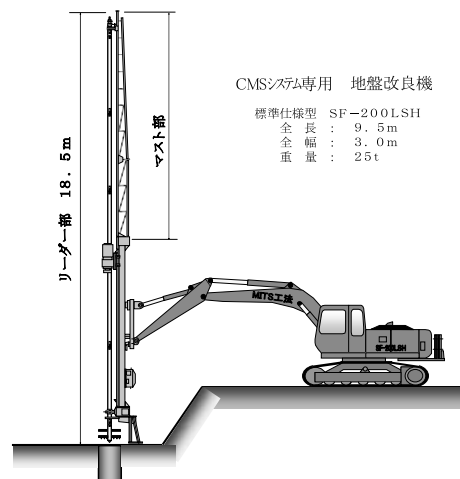
改良径	0 ≤ N < 2	2 ≤ N < 6	6 ≤ N < 11
φ 1000 mm	22 m	22 m	22 m
φ 1200 mm	22 m	15 m	15 m
φ 1600 mm	15 m	15 m	—

表一 4 N 値による適用打設長 (砂質土)

改良径	0 ≤ N < 6	6 ≤ N < 11	11 ≤ N ≤ 15
φ 800 mm	22 m	22 m	22 m
φ 1000 mm	15 m	15 m	—
φ 1600 mm	10 m	—	—

- ④機械位置から下方及び上方への施工が可能

改良機本体位置から最大下方 2 m 及び上方 2 m の施工が可能である (図一 4)。



図一 4 機械設置位置より下方施工

- ⑤リーダー部は倒伏可能でメンテナンス容易

写真一 1 のように地盤改良機のリーダー部を地上まで倒伏することができる。それにより、リーダー部



写真-1 リーダー部の倒伏状況

の組立・解体時やメンテナンス作業の安全性が向上した。

⑥コスト縮減が可能

小型軽量機による長尺改良体を施工できるためコスト縮減が可能である。従来工法との比較を下記に示す。

- (a) 地盤改良機の損料が安価。
- (b) 施工時間が短縮可。
- (c) 施工足場が簡単（軟弱な場合は敷鉄板程度）。
- (d) 機械組立・解体費用が低廉。
- (e) 大規模施工では、1基のプラントから複数台の改良機ヘスラリーを供給可能。

4. 施工事例

本工法の特徴を活かした現場を紹介する。3. で述べたCMSシステムの特徴に該当する番号を記す。

(1) 水門部における取付部の段差抑制

特徴②③⑥に該当

- (a) 目的：河川堤防と水門の取付部の段差抑制
- (b) 施工概要（図-5）
  - 改良径φ 1200 mm，本数 120 本
  - 最大打設長 18.5 m，最大改良長 12.5 m
  - 改良体の圧縮強度  $qu875 \text{ kN/m}^2$
- (c) 地盤条件：上部 2 m は礫を含有する平均 N 値 10 程度の盛土。それ以深は中間に N 値 3 の緩い砂層 4m を挟んだ N 値 3 程度の粘土層。
- (d) 施工条件：コスト低減を望まれた。
- (e) 対策及び結果：平成 17 年度の NETIS テーマ設定技術募集方式（フィールド提供）での現場であった。軟弱層 60 m の現場で水門と堤防の地盤沈下擦り付け対策としての地盤改良を施工した。要求性能は残留沈下量を 60 cm 以下、

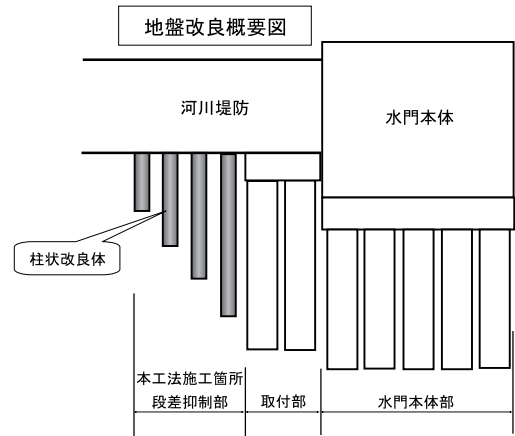


図-5 概要図

従来工法より低廉であることであったが、1プラント2マシン構成で施工を行い、要求を満足した。

(2) 道路構造物の基礎と段差抑制

特徴①③④⑤⑥に該当

- (a) 目的：ボックスカルバートの基礎及び取付部の段差抑制対策（コラムアプローチ工法）<sup>3)</sup>
- (b) 施工概要（図-6）
  - 改良径φ 1000 mm，本数 327 本
  - 最大打設長 22.0m，最大改良長 18.5 m
  - 改良体の圧縮強度  $qu375 \sim 450 \text{ kN/m}^2$
- (c) 地盤条件：沖積粘性土（N 値 0～2）18 m，その下に緩い砂層（N 値 2～11）7 m
- (d) 施工条件：軟弱層が厚いため大型機械は使用できない。コスト低減，工期短縮を望まれていた。
- (e) 対策及び結果：施工箇所を矢板で仕切りドライとし，2 m の盛土と敷鉄板により施工。1プラ

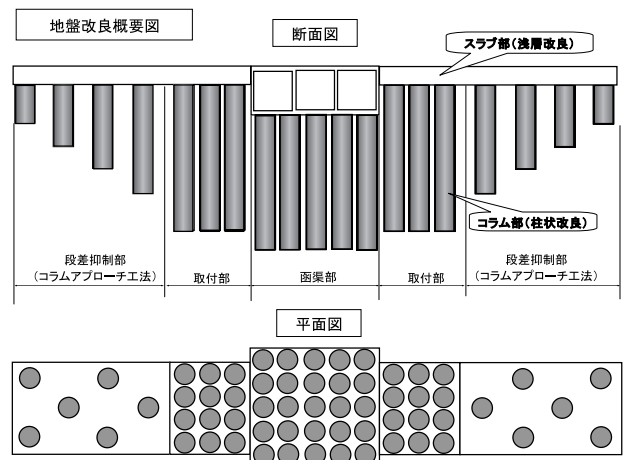


図-6 概要図



写真-2 構造物基礎施工状況

ント2マシンでコスト低減・工期短縮が可能となった。写真-2に施工状況写真を示す。

(3) 上空制限下での変位抑制対策

特徴①③④⑤⑥に該当

(a) 目的：橋台下部工の掘削における変位防止対策

(b) 施工概要 (図-7)

改良径φ 1000 mm, 本数 96 本

打設長 9.0 m, 改良長 8.5 m

改良体の圧縮強度  $qu400 \text{ kN/m}^2$

(c) 地盤条件：沖積粘性土で平均 N 値 1 程度, その下部は砂岩

(d) 施工条件：既設国道高架下 7 m での制限下での施工。改良体端部が JR 軌道敷地まで 0.9 m と近接しているため改良施工時の変位が懸念された。

(e) 対策及び結果：0.45 m<sup>3</sup> クラスの改良機を使用し, 2 m ロッドをクレーンにより継足しながら施工。作業時は常時動態観測を行い, 変状無く完了。写真-3に当現場の施工状況写真を示す。

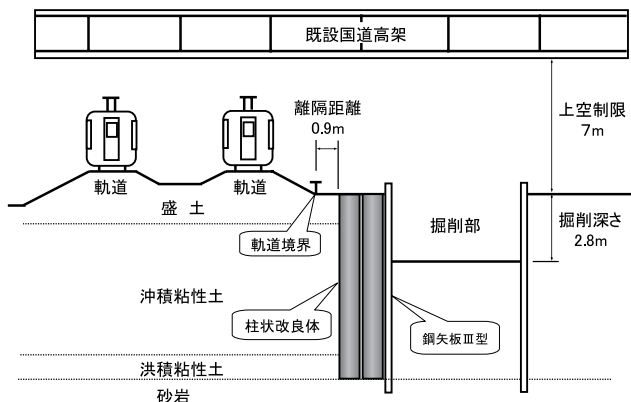


図-7 概要図



写真-3 上空制限下での施工状況

(4) 土留・ヒービング防止対策工事

特徴①②④⑤⑥に該当

(a) 目的：放流渠設置における基礎と掘削時土留

(b) 施工概要 (図-8)

改良径φ 1600 mm, 本数 2126 本

最大打設長 8.5 m, 改良長 8.0 m

掘削深さ 5.0 m, 圧縮強度  $qu600 \text{ kN/m}^2$

(c) 地盤条件：放流渠を海岸堤防潮遊池の河床下に計画。沖積粘性土で平均 N 値 0 ~ 1

(d) 施工条件：超軟弱な粘土層上部で安全施工が求められた。施工延長は 350 m と長くプラント用地が端部一箇所のみであった。コスト低減, 工期短縮を望まれた。

(e) 対策及び結果：改良径を本工法最大のΦ 1600 mm とし, 本数を削減したため, コスト縮減ができた。また, 0.8 m<sup>3</sup> 改良機 2 台を使用し, 河床上をアームを伸ばし作業を行い, 盛り土に乗りながら前進する方法とした。改良後は圧縮強度を確認しながら次工程の掘削にかかることで工期短縮が可能となった。プラント用地が確保できなかったため, 中継ポンプを設置した。堤防に変状は発生せず無事完了できた。写真-4に当現場の施工状況写真を示す。

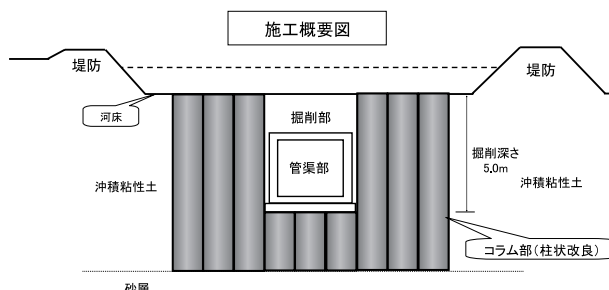


図-8 概要図



写真—4 超軟弱地盤上での施工状況

(5) 沈下防止対策

特徴①④⑤⑥に該当

(a) 目的：道路の沈下抑制（コラムスラブ工法）<sup>4)</sup>

(b) 施工概要（図—9）

改良径φ 1000 mm，本数 521 本

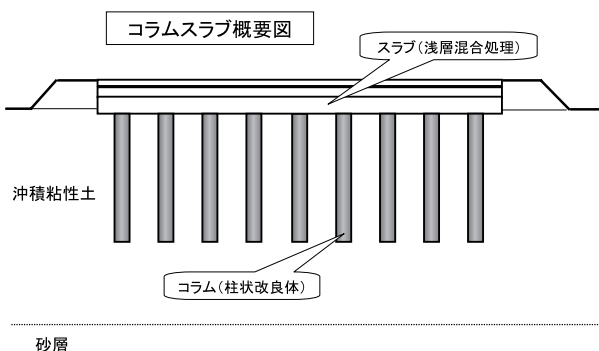
打設長 9.4 m，改良長 7.5 m

改良体の圧縮強度  $qu680 \text{ kN/m}^2$

(c) 地盤条件：沖積粘性土（N 値 0～1）が 13 m 堆積している水田地帯

(d) 施工条件：軟弱層が厚く堆積しているため大型機械は使用できない。コスト低減，工期短縮を望まれていた。

(e) 対策及び結果：施工箇所を矢板で仕切りドライとし，2 m の盛土と敷鉄板により施工を行った。1 プラント 2 マシンでコスト低減・工期短縮が可能となった。



図—9 概要図

(6) 基礎杭頭部の側方変位抑制対策

特徴①②③④⑤⑥に該当

(a) 目的：橋台基礎杭頭部の側方変位抑制対策

(b) 施工概要（図—10）

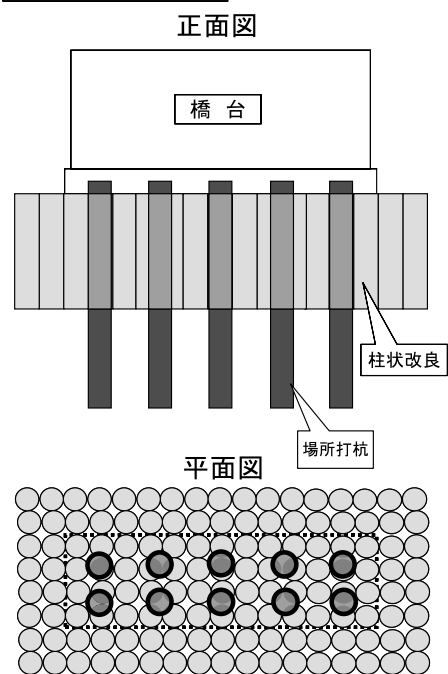
改良径φ 1400 mm，本数 264 本  
打設長 12.9 m，平均改良長 10.5 m  
改良体の圧縮強度  $qu300 \text{ kN/m}^2$

(c) 地盤条件：沖積粘性土で平均 N 値 2，中間に N 値 10 の砂層を挟んでいる。

(d) 施工条件：中間層に砂層を挟み，打設長が 10 m を超えているため大型機の施工となるが，コスト低減，工期短縮を望まれていた。

(e) 対策及び結果：改良径は施工可能なΦ 1400 mm とし，1 プラント 2 マシンでコスト低減・工期短縮が可能となった。

施工概要図



図—10 概要図

(7) その他

河川護岸の耐震補強工事において，台船上に改良機 2 台とスラリープラントを設置し，移動しながら施工を行った。従来は改良機とスラリープラントにそれぞれ台船が必要であったが，本工法の特徴を生かし VE 提案したことで大幅なコスト縮減が可能となった。

5. おわりに

CMS システムは，従来の施工機械では困難な現場に対応可能な地盤改良工法である。MITS 工法には本文で紹介した CMS システムの他に QSJ システム<sup>5) 6) 7)</sup>がある。地中に障害物が残存していても削孔が可能で，硅砂とセメントスラリーを噴射することにより，改良

体を造成する工法である<sup>7)</sup>。今後は、これらの工法の長所を生かした設計を提案していくと共に、さらなるコストダウンに貢献したいと考えている。

NETIS 登録 QS-000013-V

《参考文献》

- 1) MITS 工法協会：MITS 工法（CMS システム）積算資料，2005 年 6 月（4 回）
- 2) MITS 工法協会：MITS 工法（CMS システム）技術資料，PAT.373 1669
- 3) 三浦哲彦・沈水 龍・藤川和之・元永優一：軟弱地盤上道路における段差緩和工法に関する現場施工と動態観測，土と基礎 **50** [5]，pp.14-16（2002）
- 4) 三浦哲彦・逆瀬川方久・藤川和之・石賀弘祐：軟弱地盤上道路におけるコラムスラブ工法の現場試験結果について，基礎工 **33** [4] pp.79-83（2005）
- 5) MITS 工法協会：MITS 工法（QSJ システム）積算資料，2003 年 6 月（3 回）
- 6) MITS 工法協会：MITS 工法（QSJ システム）技術資料，PAT.352 6016
- 7) 末次孝之・角 和樹・馬渡和也・三浦哲彦：珪砂セメントスラリー中圧噴射システムによる深層混合処理工法の開発，基礎工 **33** [3] pp.91-95（2005）

JCMA



【筆者紹介】

末次 孝之（すえつぐ たかゆき）  
MITS 工法協会 会長  
（株）富士建  
代表取締役 社長



角 和樹（すみ かずき）  
MITS 工法協会 技術委員長  
（株）富士建  
取締役技術部長



三浦 哲彦（みうら のりひこ）  
MITS 工法協会 技術顧問  
（株）軟弱地盤研究所 所長

## 建設の施工企画 2006 年バックナンバー

平成 18 年 1 月号（第 671 号）～平成 18 年 12 月号（第 682 号）

1 月号（第 671 号）  
夢特集

5 月号（第 675 号）  
施工現場の安全特集

10 月号（第 680 号）  
情報化施工と IT 特集

2 月号（第 672 号）  
環境特集 温暖化防止に向けて  
（大気汚染防止・軽減）特集

6 月号（第 676 号）  
リサイクル特集

11 月号（第 681 号）  
ロボット・無人化施工特集

3 月号（第 673 号）  
環境特集 環境改善（水質浄化・土壌浄化）

7 月号（第 677 号）  
防災特集

12 月号（第 682 号）  
基礎工事特集

4 月号（第 674 号）  
特集 品確法 公共工事の品質  
確保

8 月号（第 678 号）  
標準化特集

■体裁 A4 判  
■定価 各 1 部 840 円  
（本体 800 円）

9 月号（第 679 号）  
維持管理・延命化・長寿命化特集

■送料 100 円

### 社団法人 日本建設機械化協会

〒 105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8（機械振興会館）

Tel. 03 (3433) 1501 Fax. 03 (3432) 0289 <http://www.jcmanet.or.jp>