

25. 原位置で製造する湿潤セメント製造装置の開発

株式会社東洋スタビ：○田村 繁雄, 太田 善彦, 小西 勇

1. はじめに

浅層地盤改良において地盤改良用の固化材を使用するときに発生する固化材の粉塵・飛散を抑制する方法として、環境およびコスト面から有利となる一つの手法に、固化材に少量の水を加え湿らせた状態で使用する方法がある。これまでセメントおよびセメント系固化材を水で湿らせて使用する技術は、公知のことであるがこれまで実用化されていない。^{参考文献1)} 今回、原位置で湿潤状態の固化材を製造する装置ならびに施工システムについてその開発経緯ならびに施工例について報告する。

2. 開発の経緯

固化材を用いる地盤改良工法のうち、特に改良厚が2~3m以内の浅層地盤改良工法における原位置混合方式の現場では、散布・混合作業時に発生する固化材の発塵と飛散が環境ならびに労働安全衛生上から問題となっている。これまで通常行なわれている対策としては、埃の立ちにくい「発塵抑制型固化材」の使用や固化材を原位置でスラリーにして用いる方法などがとられており、施工費が割高になっていた。

一方、原理的にはもっとも単純で環境およびコスト面からも有利な原位置でセメントを水で湿らせて利用する方法は、以下の理由から実用化には至っていなかった。

① ミキサー内で粒子の細かい粉体であるセメントに水を噴霧しながら強制攪拌して均一に湿ったセメントとし、この湿ったセメントを排出口に向けて工事に必要な量だけ強制的に送り出すミキサーが実用化されていなかった。

② 湿潤セメントを製造後、固化材の水和反応が始まる前に土と固化材を速やかに混合する必要があるため、現場サイドからは積極的に採用されにくい

方法であった。

これらの理由から、材料価格が多少割高でも工場製品である発塵抑制型固化材が用いられていた。しかし、近年沿道住民の環境に対する意識の向上や工事費の縮減といった社会環境が変化したこともあり、従前は採用が難しかった工法や材料でも、環境もしくはコストの面から優位な工法が積極的に試みられるようになってきた。

そこで、実用化に当たりこれまでの問題点を踏まえ、下記に示す開発コンセプトで実用に供することができる湿潤セメント製造装置および施工システムの開発を行ったものである。

- ① 湿潤セメントの製造能力は、スタビライザーの施工能力に合わせ最大20t/時間以上とする。
- ② 製造システム機器全体を、トレーラーの台車に搭載できること。
- ③ 加水量は、セメント重量比で最大10%まで調整できること。
- ④ セメントの計量精度は、±5%を目標とする。
- ⑤ 吐出量は、1, 2, 3, 5t および連続運転の設定ができるものとする。
- ⑥ セメントタンクの容量は、ジェットパック車1台分が貯留できる容量とする。
- ⑦ セメントと水をできるだけ瞬時に、かつ均一に混合できるミキサーであること。

3. 発塵抑制方式

通常用いられている粉状の固化材に対する発塵抑制方式には、表-1に示すように、①テフロン繊維を混合したもの、②油脂もしくはアルコール系の添加剤を加えたもの、③固化材をブリケット状に圧縮したもの、④固化材をスラリー状にして利用するものなどがある。

このうち①、②および③のタイプのものは、あらかじめ工場にて製造し現場に供給されるものであり、④のスラリーで使用するタイプは現場で製造し、すぐに施工に供するものである。

今回報告するセメントに水を加え製造する湿潤セメントは、原則として現場もしくはその近傍で製造し、セメントと水の水和反応が進行し改良強度に影響を与える前に土と固化材を混合する方式である。

表-1 発塵抑制型固化材の種類 参考文献2)に加筆修正

種 別		発塵抑制機構	
製品	テフロン処理タイプ	固化材に微量のテフロンを添加し、液体中にサブミクロン系の繊維を形成させて微粒子を捕捉し、粉体の発塵を抑制したものの	
	ウェットタイプ	油脂・アルコール系	セメント系固化材に油脂系もしくはアルコール系の液体を添加し、固体粒子の表面を濡らし湿潤感をもたせたもの
		湿潤消石灰	消石灰に20%程度の水を加え、湿潤状態にしたもの
	ブリケット状タイプ	セメント系固化材と生石灰の混合物をブリケット状に圧縮したもの	
現場加工	スラリータイプ	セメント系固化材と水とを通常1:1程度のスラリーにしたもの	
	湿潤セメント	モイスト(湿潤)セメント	セメント系固化材に水を加え、固体粒子の表面を濡らし湿潤感をもたせたもの

4. 湿潤セメント製造装置

(1) 製造フロー

湿潤セメント製造装置の主要装置は、①固化材タンク②水タンクおよび③混合攪拌用ミキサーで、固化材はスクリュウフィーダーによりミキサーに供給し、水は高圧ポンプによりミキサー内へ噴射供給するものである。

湿潤セメント製造フローを図-1に、製造装置の外観を写真-1に示す。

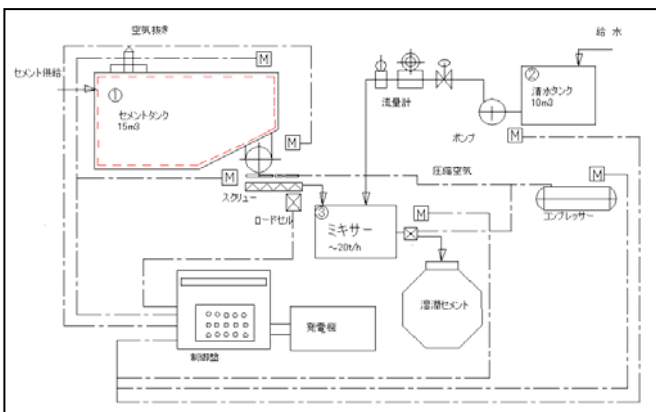


図-1 製造フロー



写真-1 湿潤セメント製造装置外観

(2) 製造装置の主な仕様

表-2に湿潤セメント製造装置の主な仕様を示す。

表-2 製造装置の主な仕様

項 目		仕 様
形状	形式	トレーラー車載型
	幅	3,000mm
	長さ	16,495mm
	高さ	3,700mm
機械質量		120kN
台車		トレーラー
セメント	タンク容量	15m ³ (14t)
	切出仕様	バーフィーダー
水	タンク容量	10m ³
	添加方式	高圧ポンプ噴射
	添加水量	3%, 5%, 8%, 10%, 15%, 20%
発電機容量		75kVA(総使用電力量35.8kw)
ミキサー	型式	一軸パドル
	計量	1t,2t,3t,5t,連続

① 混合用ミキサー

型式：一軸パドルミキサー (TYM-02)

能力：最大 20t/h, 動力：11kw-4P

本体：L=2,000mm, 容量：0.3m³

回転数：100~250rpm

② セメントタンク

容量：15m³ (14 t), セメント送り機構：チェーンコンベア方式, 切出方式：バーフィーダー

③ 水タンク

容量：10m³, 吐出ノズル：シャワーノズル方式

吐出圧：490~687kPa

(3) 本機の特徴

① 粉体のセメントと重量比で 3~20%の水を均一に混合攪拌できる水平軸回転型混合機である一軸パドルミキサーを採用し、噴射ノズルの位置や噴射方法および混合羽根の改良を行い、連続的かつ均一にセメントと水の混合・加湿が可能となった。

② タンク内のセメント送り機構にチェーンコンベ

ア方式を採用し、かつタンク内部にセメントの圧密防止用バッファーを取り付け、タンク内のセメント量の変動に対しても均一な送り量を確保できる。

③ 施工現場の気象条件や製造する材料の特性に応じて水の添加量を変えることができる。

5. 基本性能の確認試験結果^{参考文献3)}

(1) セメント吐出量および加水量

湿潤セメント製造装置の吐出量と加水量を確認した結果の一例を表-3に示す。

このときの測定結果では、吐出設定量 3t で吐出量のばらつき（標準偏差）は9kgであった。また、加水設定量 8%（240kg）で加水量のばらつき（標準偏差）は1kgであった。

表-3 吐出量および加水量測定結果の一例（単位：kg）

種別	データ数	設定量	最大値	最小値	平均値	標準偏差
セメント吐出量	98	3,000	3,047	2,988	3,010	9
加水量		240	244	240	241	1

(2) 発塵抑制効果

過去の文献^{参考文献1)}および事前確認試験の結果を踏まえ、現場で発塵抑制効果が期待できる固化材に対する水の標準加水量を8%とし、試験施工において散布・混合時の発塵抑制状況を観察し評価した。その結果、写真-2に例示したように、加水量8%で従来の発塵抑制型固化材と同等の発塵抑制効果が確認できた。また、風速、気温、湿度などの気象条件にもよるが、製造後2時間以内であれば概ね所定の発塵抑制効果が持続することを確認した。

(3) 湿潤セメントの可使用時間

セメントに水を加えると、徐々にセメントの水和反応が起こるが、地盤改良材として使用する場合の可使用時間の目安を決めるため、湿潤セメント製造後から土と混合するまでの時間を変えた試験を実施した。標準加水量8%の湿潤セメントを用い、6号砕砂に添加量を変えて行った試験の結果を図-2に示す。

試験結果より、混合後の経過時間が2～3時間を超えると、強度の低下傾向が大きくなることが判った。

よって、この試験結果およびこれまでのセメント安定処理工の過去の実績から、湿潤セメントを用い

たときの可使用時間は2時間以内として管理している。



写真-2 発塵抑制効果の確認状況

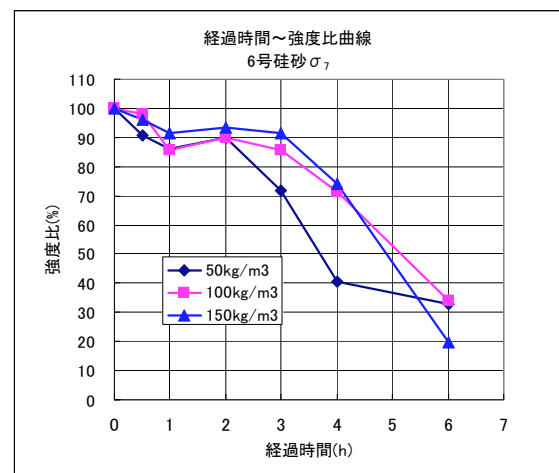


図-2 経過時間と強度の関係

(4) 加水量と強度

セメントに加える水の量が改良土の強度に及ぼす影響を確認するために、加水量を0～8%まで変化させた湿潤セメントを用い、自然含水比55%の粘性土に対して固化材添加量（75, 100kg/m³）および養生日数（7, 28日）を変化させて一軸圧縮強度試験（JCAS:L-01-1990）を実施した結果を図-3に示す。この結果によると、水8%を加えた場合で10%程度強度の低下が見られる。よって、湿潤セメントを用いた場合の配合試験は、あらかじめ加水した固化材を用いて固化材添加量を決めることとしている。

これまでの知見では、土質、目標強度、添加量により異なるが、固化材添加量で最大10%程度の割り

増しが必要となっている。

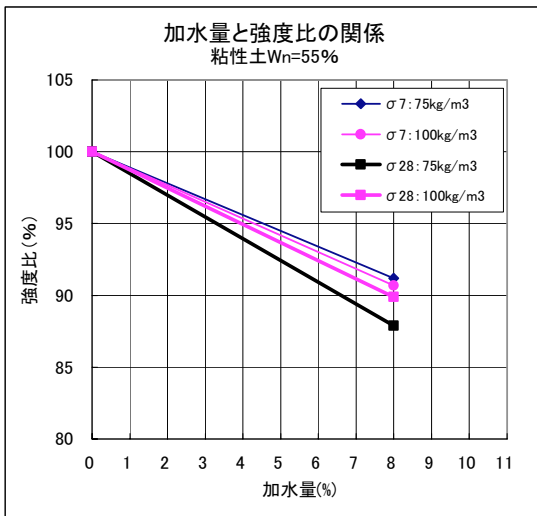


図-3 加水量と強度の関係

6. 施工例

本施工例は、岐阜県大垣市綾野地内の一般国道475号（東海環状自動車道）において、路床改良のためのセメント安定処理工に使用する固化材（一般軟弱土用セメント系固化材）の発塵抑制を目的として採用されたものである。

工事概要は以下のとおりである。

- ・施工年月：平成19年3月、
- ・施工面積：3,100m²
- ・固化材散布量：A工区97kg/m²、B工区120kg/m²
- ・湿潤セメント製造量：325t

施工状況を写真-3～写真-8に示す。



写真-3 機械配置

写真-4 固化材吐出



写真-5 固化材積込

写真-6 固化材散布



写真-7 固化材敷き均し

写真-8 混合

7. おわりに

これまでの湿潤セメントの製造実績は約960tになっているが、今後の課題等は以下のとおりである。

① 今回開発した湿潤セメント製造機は、トレーラー搭載型であり、現場の近傍で固化材を製造することができるが、現場条件によっては現場の近くに製造装置を設置することが難しいことがある。このような場合に対応し、かつ現行の機械性能を維持しながら現場内を自走できるタイプの製造装置の開発を行っている。

② 湿潤セメントを用いた場合、混合、転圧までを2時間以内に終了するように管理しているが、所定の時間で終了できない場合に対応する技術の開発を行う予定である。

③ 湿潤セメント製造中にある一定時間ごとにミキサー内部を水で洗浄しているが、今後洗浄水の処理を含めた清掃方法の改良が必要である。

<参考文献>

- 1) 宇部三菱セメント(株), 特開平6-305788号など
- 2) (株)セメント協会, 「セメント系固化材による地盤改良マニュアル, 第3版」 pp.59, 2003.9
- 3) 田村・和田・窪田, 「湿らせたセメント系固化材とこれを用いた改良土の特性」, 第42回地盤工学研究発表会, 論文NO.315, 2007.7