

# AWARD-Demi 工法の開発 (その2: 施工試験概要)

ハザマ ○三反畑 勇 早稲田大学 赤木 寛一  
 (有)マグマ 上原 精治 前田建設(株) 安井 利彰  
 太洋基礎工業(株) 土屋 敦雄 戸田建設(株) 下坂 賢二

## 1. はじめに

筆者らは、気泡掘削工法を深層地盤改良工法に適用することで、掘削土(気泡混合土)の流動性と遮水性(孔壁安定性)の向上を図り、施工性と品質の改善や余剰汚泥の削減を実現することに取り組んでいる<sup>1)</sup>。本報では、これらを検証する目的で実施したAWARD-Demi(アワード・デミ)工法の施工試験の概要について述べる。

## 2. 施工試験の概要

AWARD-Demi工法(Demi工法と呼ぶ)における適切な施工条件を見出すために、掘削・引上げ時の注入材(気泡、水、セメントミルク)の配合や注入量、攪拌翼の回転数等の各種条件を組み合わせる施工を行い、改良杭の施工性、品質、周辺地盤への影響等の検討を行った。なお、セメントミルクのみを用いる通常の深層混合処理工法(従来工法と呼ぶ)も併せて施工し、施工性や品質などを比較した。

### 2.1 改良杭配置と地盤条件

改良杭は直径1m、長さ8mで、Demi工法8ケースと従来工法2ケースの合計10ケース(表-2参照)を施工した。地盤は、上層より順にローム、凝灰質粘土、細砂層からなる。配置図及び地盤条件を図-1、図-2、表-1に示す。なお、施工時の地中変位を測定するため、ボーリング位置(Bor.S1, S2)には挿入式傾斜計のガイド管を埋込んだ。また、施工後にオールコアボーリング(Demi工法で8本、従来工法で1本)を行って一軸圧縮強度などを確認した。

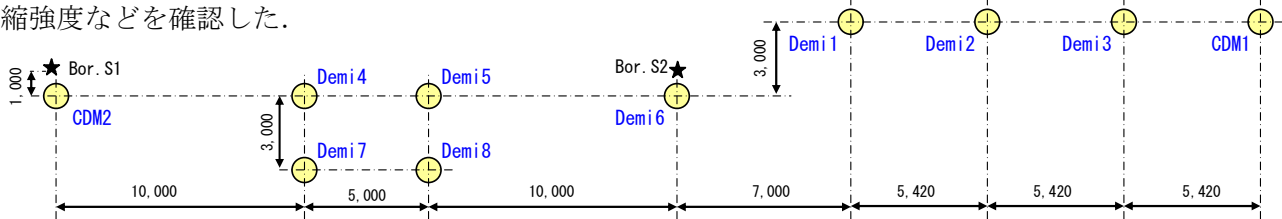


図-1 改良杭配置およびボーリング位置

標尺 [m]	No. Bor.S1 調査日:2011/3/10					No. Bor.S2 調査日:2011/3/9						
	層厚 [m]	深度 [m]	柱状図	土質区分	色調	記事	層厚 [m]	深度 [m]	柱状図	土質区分	色調	記事
0	1.85	1.85		ローム	暗茶褐	上部草根混じる粘性中位色変調する	1.20	1.20		ローム	暗茶褐	草根混じる
2				凝灰質粘土	黄灰	4m付近から所々砂質を帯び、又砂を挟む	3.35	4.55		凝灰質粘土	黄灰	全体に半固結状下部所々砂を挟む
5	3.30	5.15		細砂	暗茶灰	含水多い粒子一定せず所々粘土を挟む	5.95	10.50		細砂	暗茶灰	含水多い粒子一定せず若干の粘土質を帯び、又粘土を挟む
10	5.35	10.50										

図-2 ボーリング柱状図

表-1 土性値

	ローム	凝灰質粘土	細砂
湿潤密度 $\rho_t$	1.526	1.683	1.800
乾燥密度 $\rho_d$	0.823	1.077	1.352
土粒子の密度 $\rho_s$	2.772	2.730	2.655
自然含水比 $w_n$	85.4	56.2	33.1
間隙比 $e$	2.367	1.534	0.963
飽和度 $S_r$	100.0	100.0	100.0
礫分(2~7.5mm)	0.0	0.0	2.8
砂分(0.075~2mm)	12.5	18.0	73.8
シルト分(0.005~0.075mm)	46.0	41.9	14.5
粘土分(0.005mm未満)	41.5	40.1	8.9
最大粒径	2	2	4.75
均等係数 $U_c$	-	-	46.1
50%粒径 $D_{50}$	0.0083	0.0106	0.2617
液性限界 $w_L$	136.2	76.3	NP
塑性限界 $w_P$	70.7	34.8	NP
塑性指数 $I_P$	65.5	41.5	NP
地盤材料の分類名	砂まじり火山灰質粘性土(II型)	砂質火山灰質粘性土(I型)	細粒分質砂
分類記号	(VH <sub>2</sub> -S)	(VH <sub>1</sub> -S)	(SF)

キーワード 地盤改良, 気泡掘削, 発生汚泥量低減, 環境負荷低減, 工費低減, 低炭素社会  
 連絡先 〒305-0822 茨城県つくば市莉間 515-1 ハザマ 技術研究所 TEL.0298-58-8813

## 2.2 試験ケース

改良強度の目標値を 500kN/m<sup>2</sup> 以上とし、事前に室内配合試験を実施して、表-2 のように施工条件を設定した。

## 2.3 施工状況

施工機械は、汎用的な単軸の深層混合処理機 (DHJ-12, 写真-1) を使用し、三段攪拌翼 (供回り防止翼付き, 写真-2) を用いた。注入管が 1 本のため、Demi 工法では配管のバルブ切替えによって掘削時の気泡注入と引上時のセメントミルク注入などを管理した。図-3 は施工記録およびコア抜き試験結果の一例である。以下に主な考察を示す。

- ① Demi 工法は、今回設定した条件でほぼ問題なく施工でき、余剰汚泥の発生は従来工法に比べて少なかった。
- ② Demi 工法施工時の周辺地盤に対する影響 (変位) はほとんどなかった。
- ③ 回転トルクは、土質、掘削速度、気泡添加率、加水量等の影響を受けるが、Demi 工法の気泡混合土<sup>1)</sup>は回転数を低速(20rpm)から高速(60rpm)に変化させてもトルクはほとんど上昇せず、効率的な施工が可能と考えられる。
- ④ Demi 工法は、従来工法(CDM2)よりもセメント量が25%少ないケース(Demi8)でも同等の一軸圧縮強度がでており、従来工法とセメント量が同じケース(Demi4)では従来工法よりもかなり大きな強度がでている。

表-2 試験ケース一覧

試験ケース名	AWARD-Demi工法								従来工法		
	Demi1	Demi2	Demi3	Demi4	Demi5	Demi6	Demi7	Demi8	CDM1	CDM2	
粘性土 掘削時	気泡添加率(%)	0.628	0.628	0.942	1.569	1.255	0.942	0.946	0.946	—	—
	セメント量(kg/m <sup>3</sup> )	—	200	—	—	—	—	—	—	400	400
	W/C(%)	—	105	—	—	—	—	—	—	100	100
	回転数(rpm)	20	20	60	20	30	30	30	30	20	20
砂質土 掘削時	掘削速度(m/min)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.42	0.42
	気泡(ℓ/m <sup>3</sup> )	169	169	254	423	338	254	255	255	—	—
	水(ℓ/m <sup>3</sup> )	120	—	60	60	60	120	120	120	—	—
	セメントミルク(ℓ/m <sup>3</sup> )	—	276	—	—	—	—	—	—	532	532
粘性土 引上時	気泡添加率(%)	0.25	0.25	0.38	0.63	0.5	0.38	0.296	0.296	—	—
	セメント量(kg/m <sup>3</sup> )	—	100	—	—	—	—	—	—	200	200
	W/C(%)	—	45	—	—	—	—	—	—	100	100
	回転数(rpm)	20	20	60	20	30	30	30	30	20	20
砂質土 引上時	掘削速度(m/min)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.84	0.84
	気泡(ℓ/m <sup>3</sup> )	84.5	84.5	127	211	169	127	100	100	—	—
	水(ℓ/m <sup>3</sup> )	—	—	—	30	—	—	—	12.7	—	—
	セメントミルク(ℓ/m <sup>3</sup> )	—	78	—	—	—	—	—	—	266	266
粘性土 引上時	消泡剤の添加	有り	有り	有り	有り	有り	有り	有り	有り	—	—
	セメント量(kg/m <sup>3</sup> )	200	100	150	200	150	150	150	150	—	—
	W/C(%)	45	45	60	60	60	60	60	60	—	—
	回転数(rpm)	60	60	60	60	60	60	60	60	40	40
粘性土 引上時	引上速度(m/min)	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.8	0.8
	注入セメントミルク(ℓ/m <sup>3</sup> )	156	78.1	139	186	139	139	139	139	—	—
	消泡剤の添加	有り	有り	有り	有り	有り	有り	有り	有り	—	—
	セメント量(kg/m <sup>3</sup> )	400	200	300	400	300	300	300	300	—	—
粘性土 引上時	W/C(%)	45	45	60	60	60	60	60	60	—	—
	回転数(rpm)	30	30	30	30	30	30	30	30	20	20
	引上速度(m/min)	0.15	0.15	0.15	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.8	0.8
	注入セメントミルク(ℓ/m <sup>3</sup> )	312	156	278	372	279	279	279	279	—	—
羽根切回数	粘性土	気泡混合土(回/m)	1040	1040	1520	840	960	960	960	960	—
	セメント混合土(回/m)	400	400	400	300	300	300	300	300	435	435
砂質土	気泡混合土(回/m)	920	920	1160	720	780	780	780	780	—	—
	セメント混合土(回/m)	400	400	400	300	300	300	300	300	442	442

注) 気泡: 合成界面活性剤系の起泡剤を、水で希釈して発泡装置を用いて、体積を約500倍に発泡させた。  
 気泡添加率: 土に気泡を添加するとき指標で、土の乾燥重量に対する起泡剤の重量比率(%)で表す。  
 気泡注入量: 気泡を土砂に注入する量の指標。掘削土体積1m<sup>3</sup>に対して注入する気泡量(ℓ/m<sup>3</sup>)。



写真-1 施工機械 写真-2 施工完了状況

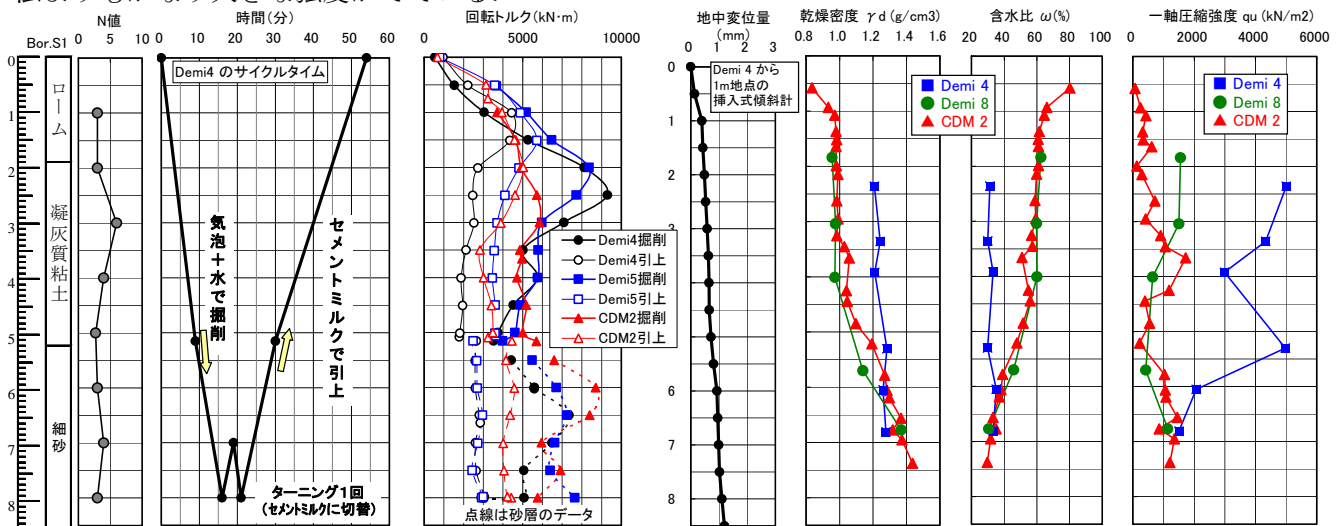


図-3 施工記録および改良体の一軸圧縮試験結果の例

## 3. おわりに

本報告では施工試験の概要を示した。Demi 工法の効果を定量的に検討した結果等は「その3」<sup>2)</sup>で報告する。

## 参考文献

- 1) 請川誠ほか: AWARD-Demi 工法の開発(その1: 工法概要), 土木学会第67回年次学術講演会, (社)土木学会, 2012(投稿中)
- 2) 安井利彰ほか: AWARD-Demi 工法の開発(その3: 施工試験結果), 土木学会第67回年次学術講演会, (社)土木学会, 2012(投稿中)