

# 気泡掘削等厚式連続壁工法

## AWARD-TREND

土屋 敦雄

気泡掘削等厚式連続壁工法（AWARD-TREND）（以下「本工法」という）は、気泡液を使用して原位置土との混合攪拌を行い、形成された気泡安定液により掘削溝を安定させ、壁造成時に気泡を消泡させることにより従来のベントナイト系安定液に比べ排土量を大幅に削減でき、遮水性及び強度の高い高品質な連続壁の築造を可能とした工法である。

キーワード：気泡による排泥削減

### 1. はじめに

等厚式ソイルセメント地中連続壁工法は、大深度や制約の多い条件下においても、その高い品質等から多く採用されるようになってきた。しかし、それに伴う、施工負荷や排出残土の増加が課題であった。このような背景の中、気泡による掘削と消泡をソイルセメント壁に応用した本工法を開発した。

### 2. 工法の概要

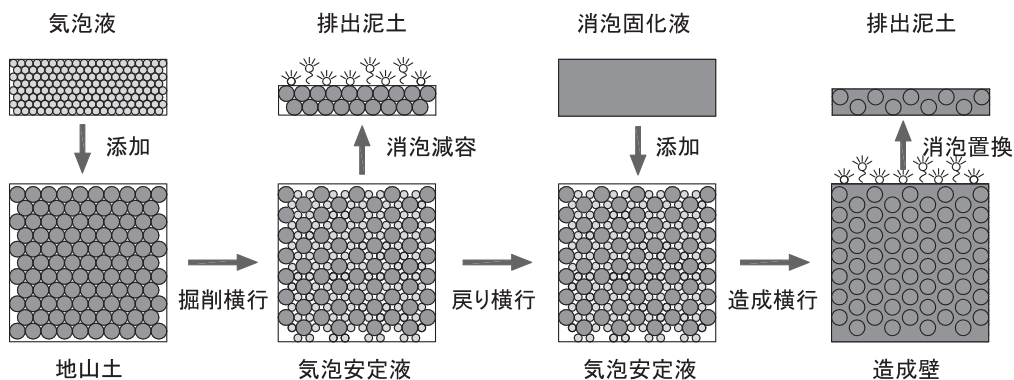
本工法は、等厚式施工機にて、カッターポストとカッターチェーンで構成されたチェーンソー状の掘削機を地中に建て込み、気泡液を使用して地盤掘削を行い、攪拌混合によって得られた掘削混合土（気泡安定液）により掘削溝を安定化させる地中連続壁工法である。壁造成時には、固化液に消泡剤を添加した注入液を用いて攪拌（造成）をする。消泡剤の作用より、気泡安定

液中の微細な気泡は表面張力を失い、大きな空気塊となる。空気分はカッターチェーンの回転とともに地表に放出され、注入液体積と体積減少された土とのバランスが確保される。これにより、発生泥土量は、大幅に低減されたソイルセメント連続壁が造成される。図一1に掘削～造成模式図を示す。

### 3. 工法の施工手順

- ①起動、縁切り
- ②先行掘削
- ③戻りラップ掘削
- ④造成
- ⑤芯材建込・退避掘削
- ⑥カッターポスト養生

図一2にプラント系統図を、図一3に施工手順を、図一4に等厚式施工機を示す。



図一1 掘削～造成模式図

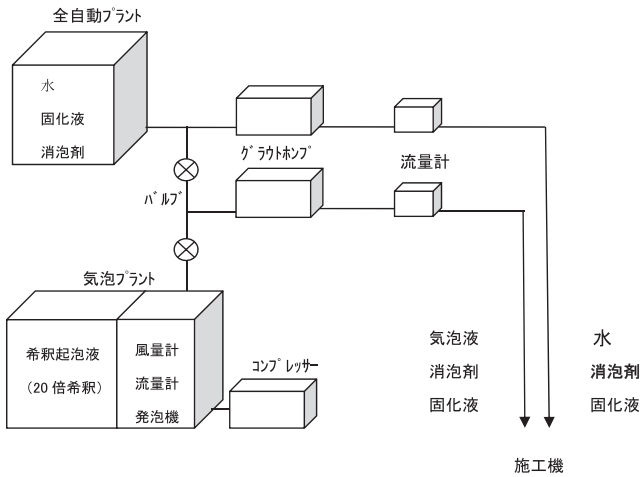


図-2 プラント系統図

#### 4. 施工事例

##### (1) 市川中工事概要

東京外環自動車道の千葉県区間に高速道路部（一般国道部含む）の掘り割り式半地下構造物を構築する工事で、外環（千葉区間）は、高速道路部を地下へ、国道部を地表へと整備する構造となっているが、本工事区間は、真間川、京成線、国道14号、JR総武本線、各種市道が工事範囲を横断することにより、高速道路部の深度が深く、一般部が地下に移行・拡幅するため、函体の構造が2層構造や4層構造の組み合わせとなっている。又、現場周辺は閑静な住宅密集地であり、学校や病院に密接して施工を行うため、周辺環境に配慮した施工が求められた。

土留め壁の施工に当たり、周辺環境やコスト面を考慮した結果、リーダー部が低く転倒の危険性が少なく、周辺に威圧感を与えない、騒音も少ない、大深度における施工性や、排出残土が削減できる工法の中から、本工法が採用された。写真-1に施工機を図-5に市川中工事概要図を示す。

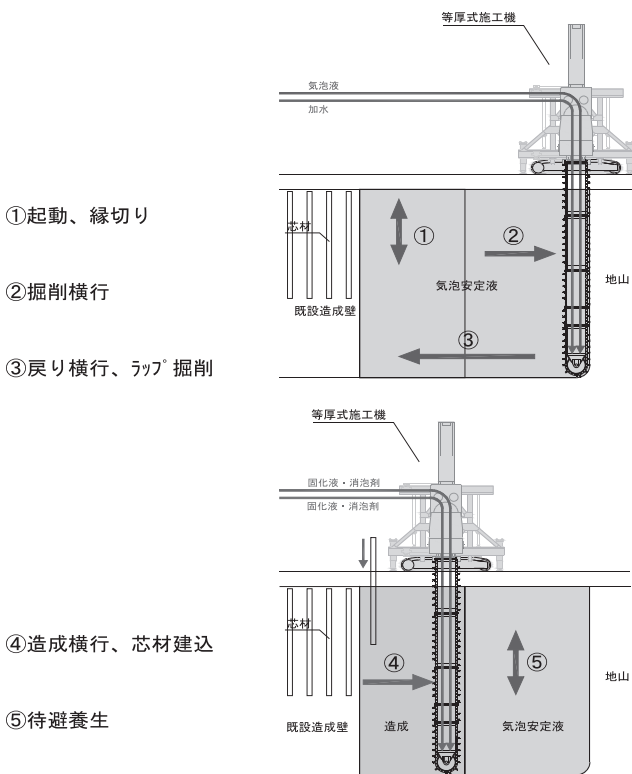


図-3 施工手順

工事名：東京外環自動車道 市川中工事  
 発注者：東日本高速道路(株) (NEXCO 東日本) 関東支社

元請け：鹿島・大林・鉄建特定建設工事共同企業体  
 工期：平成23年11月30日～平成27年11月3日

施工目的：土留め壁  
 施工数量：壁厚550mm, 700mm 深度, 15.7～53.5m  
 面積 152,500 m<sup>2</sup>

芯材 H440×300×11×18 (18.0～30.5m),  
 H588×300×12×20 (9.5～38.5m) 他

施工台数：最大8台

図-6に地中連続壁施工模式図を示す。

土質条件

本現場の代表土質を図-7に示す。

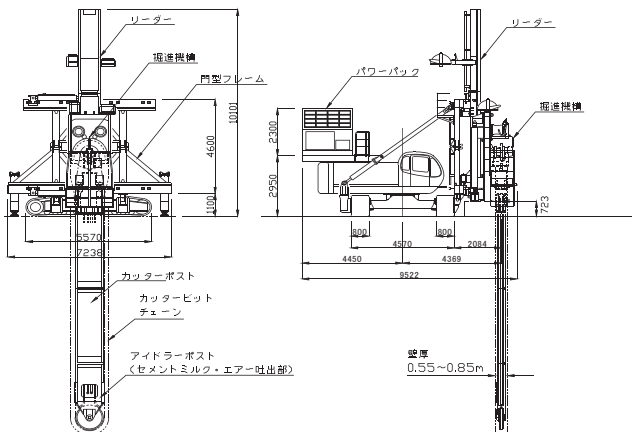


図-4 本工法施工機



写真-1 本工法施工機

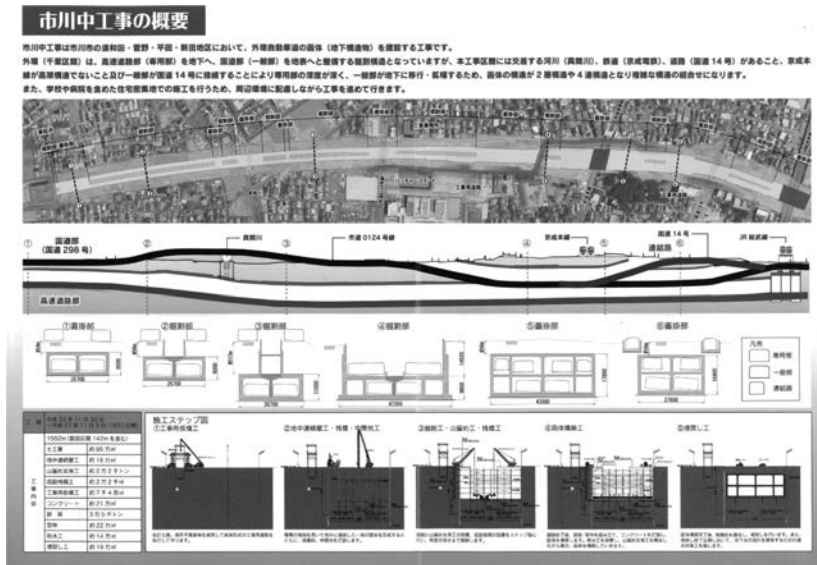


図-5 市川中工事概要図

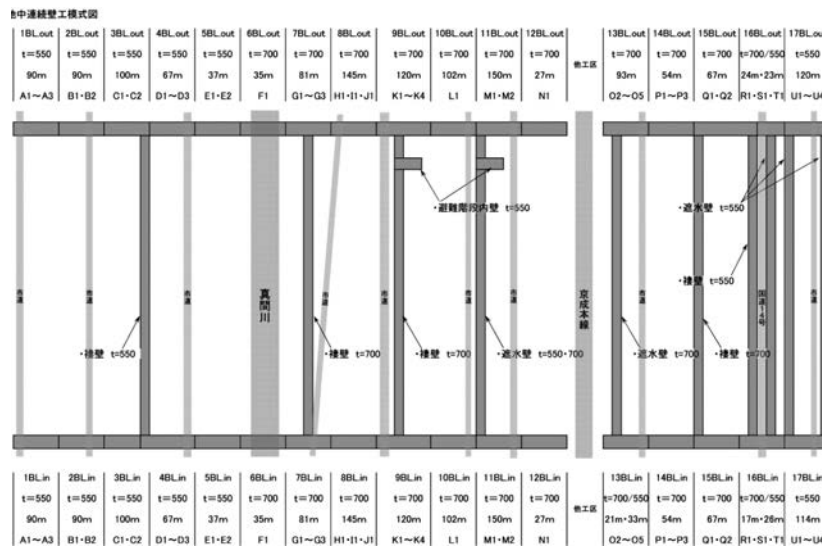


図-6 施工模式図

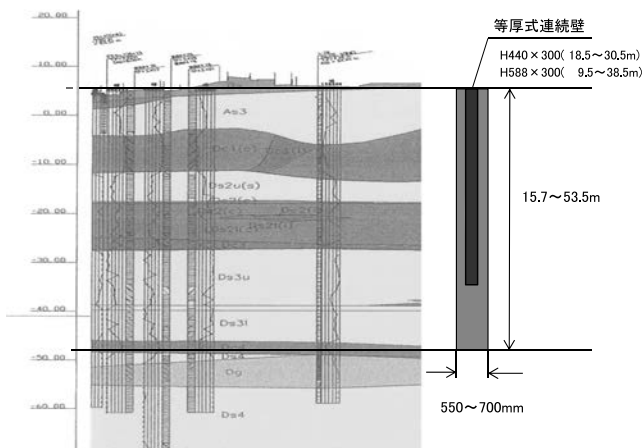


図-7 地盤概要

(2) 事前室内配合

配合は、現地土質試料を採取し事前に室内配合により決定した。室内配合では、一軸圧縮強度については

現場：室内 = 1 : 2 透水係数現場：室内 1 : 1/5 と設定した。現場に於ける一軸圧縮強度は  $1000 \text{ kN/m}^3$ 、透水係数は  $1.0 \times 10^{-6} \text{ cm/s}$  以上の品質が求められた。

表-1 に要求品質を示す。又、表-2 に室内配合より決定した掘削液としての第1混合の配合を、表-3 に同じく固化液としての第2混合の配合を示す。

(3) 施工状況

本現場は閑静な住宅街であることから、施工時間は、朝 8:00 ~ 17:00 の施工である。本作業は準備、片付け等の時間を除けば約 6.5 時間である。原則として残業を許されていないことから、毎日の確実な施工が求められた。

本工法は、通常の全自動プラントにコンパクトな気泡発生プラントを追加するだけで施工が可能である。通常施工では必要なベントナイトサイロや、フレコン

表一 掘削液および固化液の要求品質

測定項目		管理目標値	指定・自主区分	備考
<b>掘削液（混合スラリー）【第一混合試験】</b>				
テーブルフロー値		180 ~ 230 mm	自主	掘削液の流動性・懸垂力の確認。
ブリーディング率	3時間後	3%未満	自主	掘削液のブリーディング、砂礫分の沈降度合いの確認。
	24時間後	3%未満	自主	
土の湿潤密度		1.1 ~ 1.4	自主	孔壁安定の確認。
<b>固化液（固化液混合スラリー）【第二混合試験】</b>				
テーブルフロー値	直後	180 ~ 280 mm	自主	固化液の流動性・懸垂力の確認。
	3時間後	150 mm 以上	自主	芯材建込時の固化液の流動性保持時間の確認。
ブリーディング率	3時間後	3%未満	自主	固化液のブリーディング、砂礫分の沈降度合いの確認。
	24時間後	3%未満	自主	
一軸圧縮強度	材齢 28 日	2,000 kN/m <sup>2</sup> 以上	指定	(室内強度) : (現地採取コア) = 2 : 1 の安全率を考慮。 現地一軸圧縮強度 : 1,000 kN/m <sup>2</sup> もしくは 500 kN/m <sup>2</sup> 以上。
透水係数	材齢 28 日	2.0 × 10 <sup>-7</sup> cm/s 以下	指定	(室内試験) : (現地採取コア) = 5 : 1 の安全率を考慮。 現地透水係数 : 1.0 × 10 <sup>-6</sup> cm/s 以下。
六価クロム溶出	材齢 7 日	0.05 mg/L 以下	指定	土壌環境基準に適合することの確認。

表二 第一混合の配合

対象土 (m <sup>3</sup> )	起泡剤 (kg)	水 (kg)	希釈倍率 (倍)	エア (ℓ)	気泡添加率 (%)	発泡倍率 (倍)	気泡注入率 (%)	加水量 (ℓ)	備考
1.0	0.617	11.723	20	296.2	1.0	25	30.9	75	一般部配合

表三 第一混合の配合

対象土 (m <sup>3</sup> )	第一混合	第二混合						備考
	加水量 (ℓ)	セメント (kg)	水 (kg)	W/C (%)	消泡剤 (kg)	遅延剤 (kg, %)		
1.0	75	275	275	100	0.617	11.00	4	一般部配合

揚重機等も必要無いので、本現場のように、狭隘な場所や広範囲に渡るような現場では有効である。写真一2にプラントを示す。

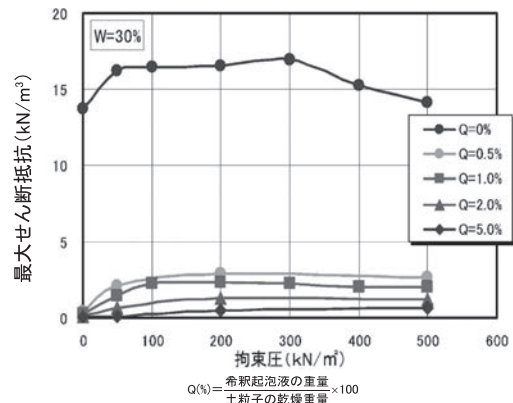
施工前の検討に於いては、大深度施工における高圧の土圧により気泡が圧縮され、気泡安定液の流動性が損なわれるのではないかと懸念された。そこで、事前に室内実験にて 500 kN/m<sup>2</sup> の高圧力下に於けるベーンせん断試験を行い、気泡はベアリング効果を損なうことなく機能し、気泡安定液は高い流動性を維持する



写真一2 プラント設置状況

ことを確認した。

図一8に高圧下でのベーンせん断試験の結果を示す。実際の53mの大深度下の施工においても、機械負荷も通常施工より軽く、掘削も安定した連続施工ができ、工期の短縮が図れた。又、限られた本作業時間の中で、毎朝のカッターポストの縁切り起動作業は、通常施工では1時間以上を要したが、本工法では、半分程度の時間で完了でき、室内実験結果の妥当性が確



Q : 気泡を土砂に添加する量の指標。土粒子質量に対する気泡添加量の百分率。

図一8 拘束圧と最大せん断抵抗の関係

認できた。

造成中においては、気泡安定液中の気泡が消泡剤によって消泡され、固化液と置換される。固化液の注入量に対して、非常に少ない排出泥土量が確認できた。発生泥土量もカッターポスト建て込み泥土を含め、掘削体積の60%以下で推移している。写真—3、4に施工状況を示す。



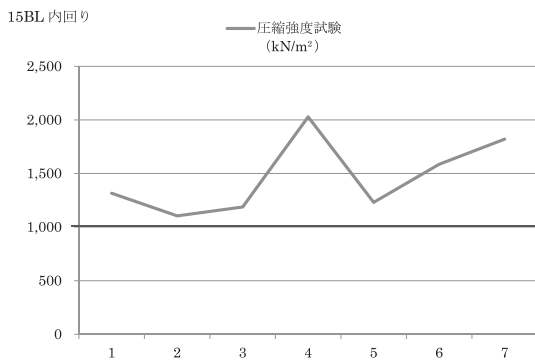
写真—3 先行掘削状況



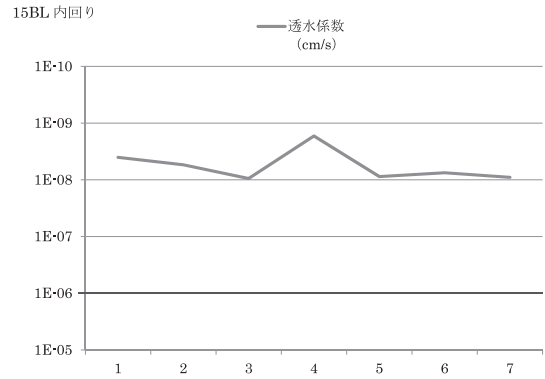
写真—4 造成芯材建込状況

#### (4) 施工品質

施工管理は掘削時、造成時に気泡安定液、固化液混合スラリーの比重とテーブルフローにて管理基準以内



図—9 一軸圧縮強度試験結果



図—10 透水係数試験結果

であることを確認しながら施工を行った。壁品質に於いては、1000 m<sup>2</sup>に1カ所の割合で、ウエットサンプルを採取し管理した。試験結果の一部を図—9に一軸圧縮強度試験、図—10に透水係数を示す。いずれも一軸圧縮強度 1000 kN/m<sup>2</sup> 以上、透水係数 1.0 × 10<sup>-6</sup> cm/s 以下を確保している。

#### 5. おわりに

本工法気泡掘削等厚式連続壁工法 (AWARD-TREND) は、現在も施工中の本現場を含めすでに 160,000 m<sup>2</sup> を超える施工実績を上げてきた。

等厚式連続壁工法の課題であった、大深度施工時の機械負荷や発生泥土の増大を、本工法気泡掘削等厚式連続壁工法 (AWARD-TREND) は大幅に低減出来る工法として本現場での採用となった。これら実績を踏まえ、今後の一層の貢献とさらなる発展を期待する。

本報文作成に当たり関係者各位のご協力を賜り、本誌面をお借り感謝を申し上げます。

JCMIA

#### 《参考文献》

- 1) 近藤義正, 中山貴司, 赤木寛一: 掘削土砂に気泡と水を添加した地盤掘削用安定液の開発と適用, 土木学会論文集 C, Vol.64 (2008), No.3, pp.505-518, 2008年7月
- 2) 近藤義正, 掘削土に気泡を添加した地盤掘削用安定液の開発と地中連続壁への適用
- 3) 等厚式ソイルセメント地中連続壁工法技術積算マニュアル 2012年7月
- 4) 東日本高速道路(株)関東支社, 鹿島・大林・鉄建特定建設工事共同企業体: 東京外環自動車道市川中工事業内他

#### 〔筆者紹介〕

土屋 敦雄 (つちや あつお)  
 太洋基礎工業(株)  
 神守研究開発センター  
 取締役 センター長

