

## 34. 地下水位低下工法による液状化対策工

東亜燃料工業(株)：大森 弘一

大成建設(株)：坪根 康雄・林 伸行

### 1. はじめに

東亜燃料工業御川崎工場400号地は、神奈川県川崎市浮島町の臨海埋立地にあり、地表面から約1.5mが埋立及び旧海底砂層、その下に約4.0mにも及ぶ軟弱な粘土層、その下は地表面下約15.0mの泥岩層まで密実な洪積砂または、固結粘土層である。また地下水位は、地表面下約1mである。

この敷地に、大小60基を数える総容量100万 $\text{m}^3$ のタンクが設置されており、その基礎は、プレロード工法(埋立中にサンドシームが多かったため、バーチカドレーンを実施していない)で建設されている。そして、建設以来18年間に2.5m程度の圧密沈下が生じ、なお0.6m程度の沈下が予想されている。

このうち、表層をなす埋立砂層は、消防法等によれば「液状化の可能性は低い」と推定されたが、より大規模な地震(地表面300gal程度)については、液状化の技術的知見も少ないことから、

「地震リスクアナリシス」を実施し、企業の社会的使命、経営基盤の確立等の経営判断により、液状化対策を実施することになった。

### 2. 地下水位低下による液状化対策工

地震時の地盤の液状化の対策工としては、地盤が液状化しないようにする対策、液状化が構造物に及ぼす被害を軽減する対策、液状化しても支障が生じないように構造物を設計しておく対策等が考えられるが、臨海埋立地にある既存の石油タンク施設のように、既存構造物がある広大な敷地を対象とする場合は、早急な対策がとりにくい。そこで、対策工として地下水位低下工法の検討を行い、この工法を採用することにした。この工法は、

- ① 浅層の砂を不飽和に変える。
- ② 飽和砂として残る部分についても、有効応力を増加させる。

などの効果により、既存構造物のある敷地の液状化対策を急速に、しかも確実に行うことが出来る。このとき、敷地外周を止水壁で囲むことにより、近隣施設への地下水位低下の影響を最小限に止め、また揚水設備への負担を軽減することが出来る。図-2に、地下水位低下工法の概念図を示す。

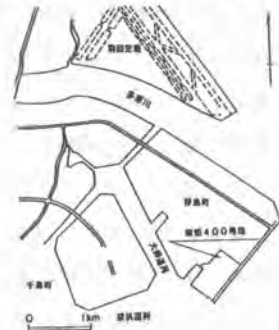


図-1 400号地位置図

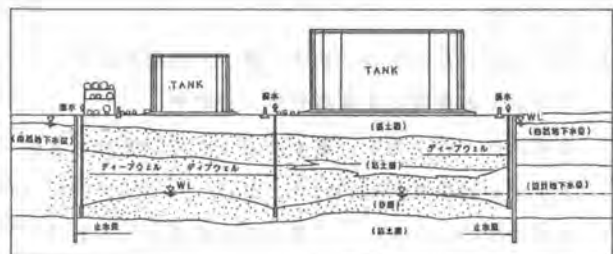


図-2 地下水位低下工法概念図

工事の概要は以下の通りである。(図-3参照)

対象面積 : 約26万㎡

止水壁 : 壁厚80cm, 深度約16m,  
延長約2400m,

設計透水係数  $1 \times 10^{-7} \text{ cm} / \text{sec}$

揚水井戸 : エアードンプ式ディーブウェル 17本

目標水位低下量 : 5m

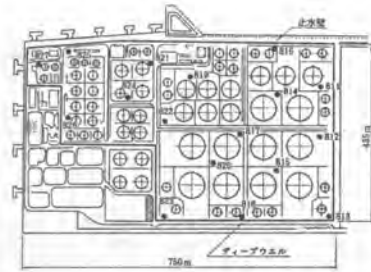


図-3 工事概要

### 3. スラリー止水壁工法

止水壁としては、欧米において汚染防止壁あるいは、止水壁として使用されているスラリーウォール(ベントナイト泥土壁)を採用した。これはトレンチを連続的に掘削して、現地発生土にベントナイトを添加、ミキシングしたものをトレンチの中に流し込んで築造するもので、次のような特徴がある。

- ① 高い止水性を有し、透水係数  $1 \times 10^{-7} \text{ cm} / \text{sec}$  が確保出来る。
- ② 可とう性にすぐれ、周辺地盤の挙動に追随出来るので、耐震性がある。
- ③ 継目のない止水壁が得られ、またクラックの自癒性がある。
- ④ コストが低廉であり、施工速度が速い。

#### (1) スラリーウォールの配合

一般に、スラリーウォールは、現地発生土に、土の乾燥重量あたり、2~6%のベントナイトを混入して使われているが、本例の場合、発生土砂が、海水雰囲気であること、また、浸透してくるものも海水であることにより、配合試験及び劣化試験を行い、ベントナイトの添加量を6~8%とした。

しかしながら、施工の進行に伴い、スラリーウォールの壁厚が時間とともに80cmから約10cm程度圧密する箇所がみられたので、ベントナイトのみの配合からベントナイト3%、粉末粘土20%の配合に変えた。

#### (2) スラリーウォール構築方法

スラリーウォールの施工フローを図-4に示す。また、スラリーウォールの掘削・埋戻しの施工方法を図-5に示す。スラリーウォールの特徴は、ロングアーム式バックホーを使って、トレンチを連続的に掘削していくことにある。ここで採用したロングアーム式バックホーの諸元は、図-6に示すものであり、その母機には、UH23を採用した。

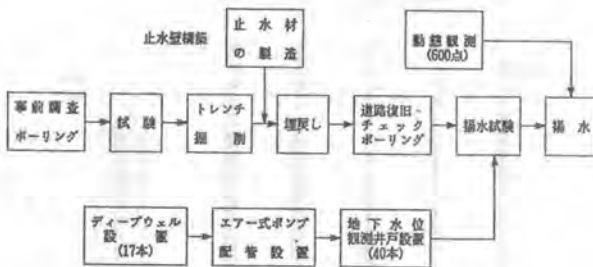


図-4 工事全体フロー

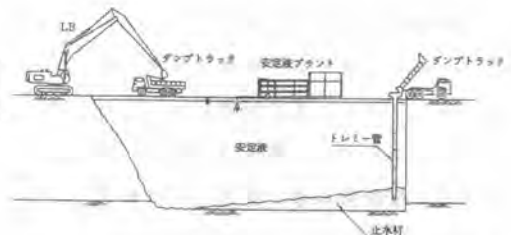
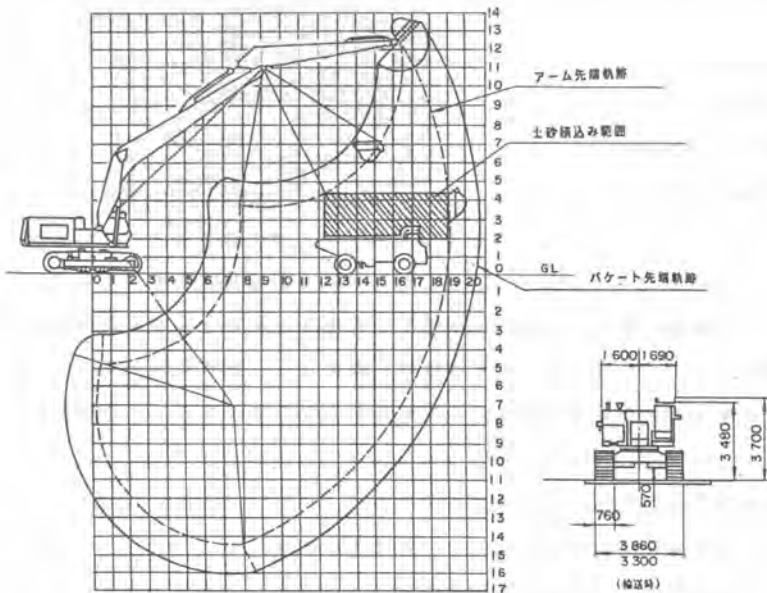


図-5 スラリー止水壁の施工手順



タイプ	16,000 mm型
ブーム長	12,000 mm
アーム長	7,400 mm
バケット容量	0.9 m <sup>3</sup>
バケット幅	800 mm
全重量	65,000 kg
全長	6,610 mm
全幅	3,860 mm
高さ	3,500 mm
接地圧	0.92 kg/cm <sup>2</sup>
最大掘削半径	20,400 mm
最大掘削深さ	16,220 mm

図-6 ロングバックホー諸元

このロングアーム式バックホーの掘削可能深度は16mであり、止水壁の根入れ深さが、これ以上のものについては、ML（真砂式のクラムシェル）を用いて掘削した。

溝壁の安定は、高濃度泥水（比重1.1～1.2、ナトリウムベントナイト5%）を用いて、トレンチを無限開放長（実施は約70mまで）で、安全に施工することが出来た。

### (3) 止水材の製造

止水材は、まずフロージェットミキサーで50%濃度のベントナイト泥土をつくり、これと発生土をスタビライザーでミキシングして作成した。止水材混練プラントを図-7に示す。

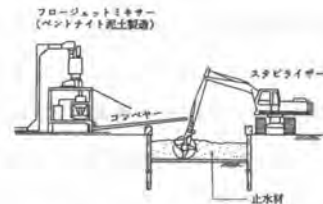


図-7 止水材混練プラント

### (4) 止水材の埋戻し

製造した止水材は、ダンプトラックで現場まで運び、トレミー管（φ600）を用いて埋戻した。

### (5) 補助工法

埋設の障害により、ロングアーム式バックホーによる施工が不可能な場所に対しては、スウィング工法を採用した。これは図-8に示すように、埋設物の脇をロッドで通過させ埋設物以深で翼を広げて掘削し、注入、かく拌を行うもので、削孔径は、φ1000～φ3200までが可能なもの

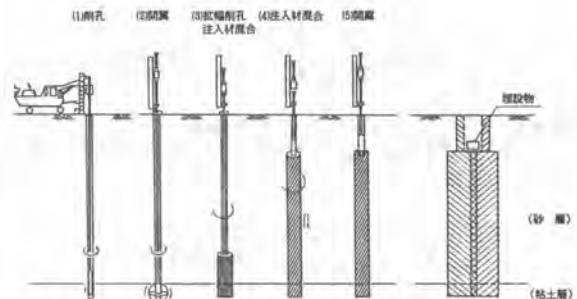
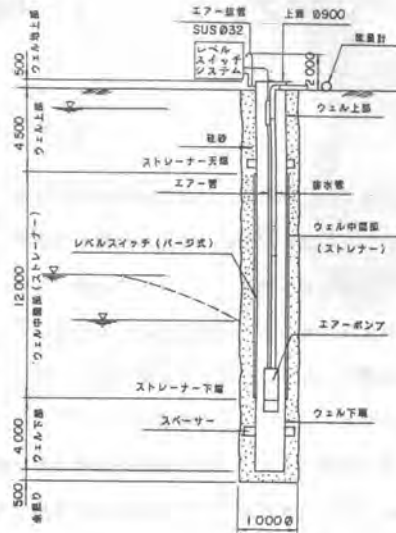


図-8 スウィング工法概念図

である。注入材としては、ベントナイトと粘土を使用した。

#### 4. 揚水設備

揚水設備は、事前に実施した揚水試験結果の水力定数に基づいて浸透流解析を行い、水位低下区域内に有害な不等沈下が生じないように、地下水位をコントロールするため17本のディープウェルを配置した。ディープウェルの構造は図-9に示すように、 $\phi 1000$ の削孔をし、その中に $\phi 600$ のストレーナーを設置し、周辺を珪砂で充填したものである。ストレーナー



項目	仕様	用途
削孔	削孔径	オーロケーションのハンマーチップ及びBH
	径、深さ	$\phi 1,000$ mm, KP-17.00
	名称、材質	鋼管, SUS316L, 1=9.5
上部	径、長さ	$\phi 600$ , 4,500+500 mm
	名称、材質	FRAM 多層式スクリューFRAM+ABS樹脂
中間	径、長さ	$\phi 600$ , 12.0 m, 1=17.5 mm
	スリット寸法	1.5 mm程度
下部	削孔率、透水性	17%
	名称、材質	FRAM樹脂, FRPM
フィルター	径、長さ	$\phi 600$ , 4.0 m
	名称	珪砂
ポンプ	径	D85 > 3.0 mm
	厚さ	200 mm
ポンプ	名称、材質	エアージェット, SUS 316L
	揚水量	MAX. 87 t/min (可変型)
ポンプ	揚程	40 m
	動力	エアージェット
ポンプ	揚水管、径、材質	$\phi 60$ , SUS 316L
	水位検出	エアージェット式
流量計	積算流量測定	現場指示器接続!

図-9 ディープウェル構造図

は長期的な使用を考慮し、FRPMを使用している。またポンプはエアージェットで駆動し、レベルスイッチをはじめ、揚水井戸の付帯設備は全てエアージェットを動力とした安全性及び信頼性の高いものである。

#### 5. 管理・計測

地下水位は図-10の揚水コントロールフローに示す方法でレベルスイッチの操作によりコントロールしながら低下させた。また、管理・計測は、地下水位観測井戸約50点、沈下観測点約600点について行い、パーソナルコンピューターを用いて組織的に行った。

揚水は、1986年1月より行い、7月より定常運転に入った。1年後の平均的な水位低下量は約4.5 mで沈下は平均6 cm程度生じたが、当地区の年間平均沈下量が2~4 cm/年であるため、地下水位低下による沈下の増加は2~4 cmであった。

また、地下水位の低下に伴い、降雨浸透量が増大し、ディープウェルの揚水量は、当初解析により求めたものを上まわり、80 m<sup>3</sup>/日・本程度となったが、システムは順調であり、本工事を通じて、地下水位低下工法は実用化することができた。

参考文献) 大森、伊佐：石油タンク施設、土木学会誌、昭和61年4月



図-10 揚水コントロールフロー