

大林組技術研究所 正員 齊藤 二郎

○正員 西林 清茂

1 まえがき

前報では本工法に関する基礎実験、壁体造成室内、屋外模型実験の研究結果を述べ、本工法の地中連続壁体造成工法としての有効性について報告した。屋外模型実験はロームあるいは砂質ローム地盤を対象としたものについて述べたが、その後引続き砂礫地盤を対象とした壁体造成実験を進めてきたので、まず第一にその結果について述べ、ついで本工法を堤体漏水防止を目的とした連続止水壁体造成工事に適用して成功を納めた実施例二件について概説する。

2 砂礫地盤を対象とした壁体造成実験

実験槽は大きさ $2.00\text{ m} \times 2.50\text{ m} \times 2.50\text{ m}$ の鉄筋コンクリート製で両側壁に注水装置を備えた水密性のものである。この実験槽内に図-1に示す粒度配合の砂礫地盤を水締めしながら投入して飽和砂礫地盤を作成する。この人工砂礫地盤は強度 $N = 5 \sim 10$ 、透水係数 $k = 1 \sim 10\text{ cm/sec}$ 程度のもので、施工時、鋼材打込の振動によって密度が増大し、強度増加する傾向がある。鋼材の打込、引抜きには二本構を使用した。打込みには重量 750 kg の角分銅を、また引抜きには巻き上げ力 1500 kg の二胴ウインチを用い、図-2に示すように滑車を併用して引抜き速度を 11 m/sec とした。この実験における検討事項は次の二つに分けられる。(イ)砂礫地盤中にOMG壁体を造成することを主目的として実験槽内に単一の壁体を造成し、壁体とグラウト注入量との関係を検討すること、(ロ)砂礫地盤における使用鋼材の形状の検討を目的として二枚連続の壁体造成を行なうことである。

2.1 造成壁体とグラウト注入量の関係

使用グラウトの配合は

$$C : F : S : W = 1 : 0.5 : 4 : 1.3$$

である。ただし、このままではグラウト圧送の際、材料分離の恐れがあるので材料分離防止、流動性改良のために $\text{KGA}^* 0.4\%$ を添加している。この配合でフロー値 $14 \sim 15\text{ sec}$ 、強度 $\sigma_{98} = 30 \sim 40\%$ である。形成された壁体の断面形状はローム地盤の場合にくらべ若干壁面崩壊しがちであるが、形状は比較的良好で、壁厚はローム地盤の場合にくらべてかなり大きくなる。壁体の表面は現地盤の小礫が混入し、コンクリート状になっている。これらは鋼材引抜きによって形成された空隙に注入したグラウトが形成空隙周辺の砂礫層内に浸透し、あたかもプレキャストコンクリート状に一体化したためである。

グラウト注入量を鋼材容積(形成空隙)の1.5, 2.0, 2.5倍と変化させた場合の造成壁体の断面形状を測定したのが図-3である。

OMG工法; Ohbayashi Membrane Grouting Method
K.G.A ; Kubo Grouting Aid

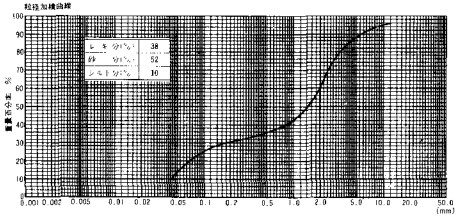


図-1 人工砂礫地盤の粒度分布

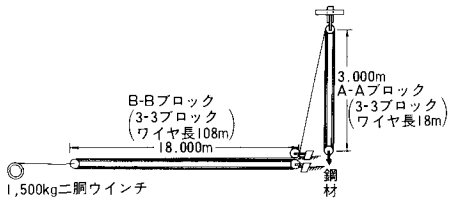


図-2 大型模型実験鋼材引抜装置

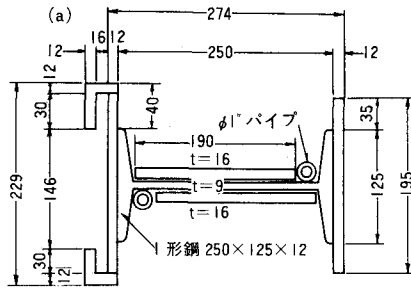
図でわかるように鋼材の出来上がり壁体の壁厚は鋼材のウェブ厚（41%）よりいずれも大であり、グラウト注入量と壁厚を比較すると注入量の増加につれて壁厚も増大し、グラウト注入量／鋼材容積＝2.5倍の場合、75%の壁厚のものが形成され鋼材ウェブ厚の約1.8倍となる。壁厚、壁体形状の両面から考えて適正なグラウト注入量は鋼材容積の2倍程度が最適と思われる。

砂礫地盤の施工で注意すべきことは鋼材引抜きとグラウト注入を正確に連係させることである。鋼材引抜き、グラウト注入作業中、たまたまグラウト注入を中断し、1分程度経過した後、再注入したが、空隙はすでに閉塞しており、異常に高い注入圧のもとで少量のグラウトしか注入出来なかった。掘削後観察した壁体はその部分だけφ10cm程度の棒状のものが形成されているのみであった。

2.2 砂礫地盤用鋼材の検討

ローム、砂質ローム地盤では図－5の鋼材Aタイプを使用して成功を納めてきたが、砂礫地盤を対象とした場合には連結部分の構造に問題がある。すなわち鋼材Aタイプの場合、単一で打込むときの打撃回数は打込み長さ230mに対し70回程度であったものが、連結して打込む場合には240回と約3.5倍近くなる。又、たとえ打込みが可能であっても引抜き時の引抜き抵抗力が非常に大きく、前に打設した隣接鋼材まで共上がりしようとする。この際、隣接鋼材が共上がりしないように装置を設け、油圧ジャッキで引抜いた結果、引抜き抵抗力は20～25t

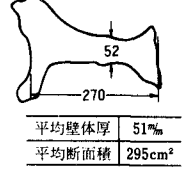
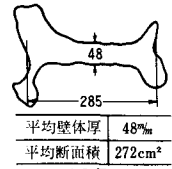
であった（鋼材貫入深さ230m）。さらに引抜いた後の鋼材の観察によると、連結部のコの字形の部分に砂あるいは小礫が結まっており、隣接の鋼材が打込まれるこ



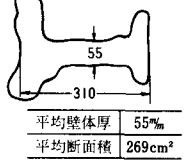
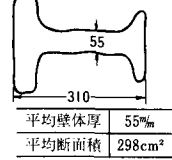
図－5 鋼材Aタイプ

とによって押しつぶされ、あたかも砂岩状になって間隙を狭くしていた。これが摩擦抵抗を非常に大きくした主たる原因であろう。対策として鋼材先端のコの字形の部分にカバーを設けたが、砂、小

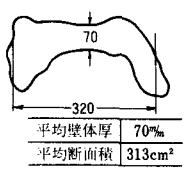
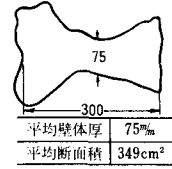
グラウト注入量 1.5倍



グラウト注入量 2.0倍

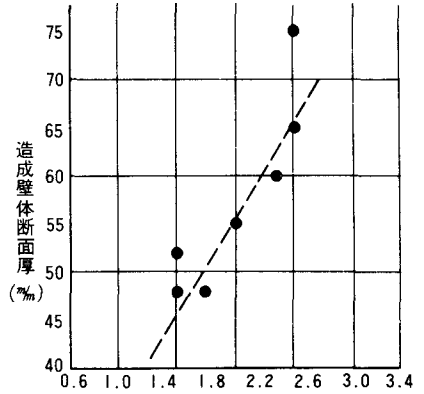


グラウト注入量 2.5倍



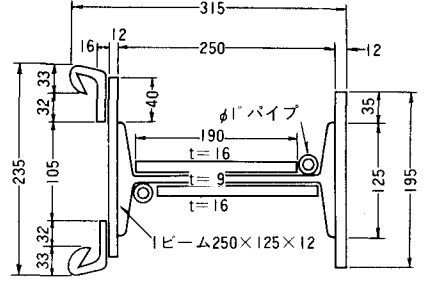
（鋼材はAタイプ使用）

図－3 造成壁体断面形状



グラウト注入量／鋼材容積

図－4 壁体断面厚とグラウト注入量



図－6 鋼材Bタイプ

礫の浸入を防ぎ得なかった。そこで図－6に示すように連結部コの字形部分の改良を行なった（鋼材Bタイプ）。このタイプは鋼材Aタイプのコの字形の部分を取り取って、八幡ダンゼン型鋼矢板の耳の部分を取りつけたもので、鋼材打込み時、この部分に入る砂や小礫が次の鋼材の打込みの際、容易に外へ押し出されるようにしたものである。このタイプの鋼材を使用した場合、鋼材の打込み打撃回数は図－7に示すように単一の場合にくらべ2～2.5倍を要する。鋼材Aタイプに比較しかなり打込みやすくなっているが、今後ともなお一層の改良が必要と考えている。このように砂礫地盤を対象とした場合でも確実にOMG連続壁体を造成できることが判明し、とくに造成壁体の断面形状はローム地盤のそれと比較して決して見劣りするものでないことが明らかとなった。しかしながら、鋼材の打込み、引抜き作業は砂質ローム地盤にくらべて困難であるため、より一層の鋼材の改良（連結部分、注入タイプの内臓、全体の剛性の向上。）とともに鋼材打込み、引抜き機械としてパイプロハンマー等の使用を考える必要がある。

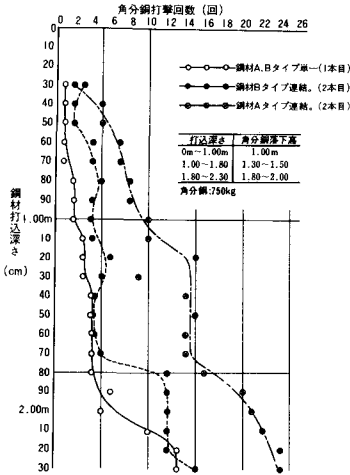
3 実施例－1 新潟県浦本貯水地堤体漏水防止工事

問題となった漏水は盛土堤体の法尻付近に数ヶ所の漏水とその周囲の法面20㎡に浸潤した状態で発生していた。この堤体材料は表－1に示すように透水係数 $k=1.4\times10^{-5}\text{cm/sec}$ とかなり不透水性の砂質ロームである。OMG連続止水壁体造成位置は漏水部分10mを中心に左右7m程度延長し、全延長25mである。そして堤体断面中央、堤頂から深さ5m（盛土部3m、現地盤粘性土2m）とした。図－8に施工位置の平面および断面図を示す。

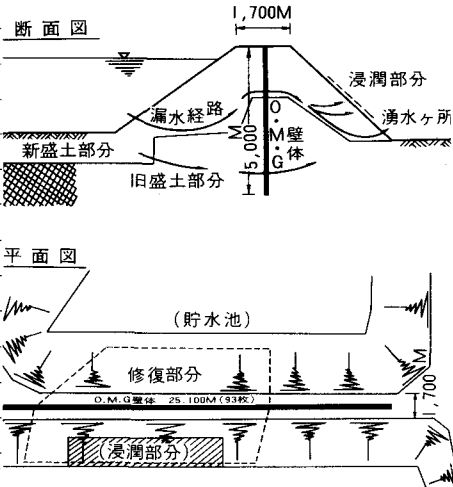
使用鋼材はAタイプで長さ530mのものを6本用意した。鋼材の打込み、引抜き作業は堤頂巾が170mと極めて狭いため、施工能率は低下するが二本構を使用した。施工法は第一報で述べたように、鋼材6本を連続して打込んだあと、5

基本性質 コンテ ン ス イ ン デ キ ス	単位体積重量	γ_s	g/cm ³	2.514
	土粒子の比重	G_s	—	2.75
	自然含水比	W	%	30～60%
	液性限界	$W \cdot L$	%	60
	塑性限界	$W \cdot P$	%	32.7
	塑性指数	$I \cdot P$	—	27.3
	礫	$>2.00\text{mm}$	%	33
	砂	$2.00\sim0.074$	%	42
	シルト	$0.074\sim0.005$	%	19
	粘土	<0.005	%	6
分 析	均等係数			41.7
	三角座標分類名称			砂質ローム
	圧縮強度	q_u	kg/cm ²	1.5
	透水係数	k	cm/sec	1.397×10^{-5}

表－1 浦本貯水池堤体盛土材土質性状



図－7 鋼材A、Bタイプ打撃回数



図－8 浦本貯水池OMG連続壁体造成位置

本のみグラウト注入と併行して順次引抜き、最後の1本は次の鋼材打込みの基準として残す方法で、鋼材5本の打込み、引抜き・注入作業を1サイクル

とした。なお、鋼材打込み、引抜き時のフリクションカットのために濃度5%のベントナイト溶液を使用した。この効果を鋼材打込み時の打撃回数で比較すれば、使用前90~120回要したものが、使用後は70~90回に減少しており、又、鋼材引抜き時の地盤共上りはほぼ完全に防止されていた。

使用したグラウトの配合は

C : F : S : W = 1 : 0.5 : 2 : 1

で、強度 $\sigma_{28} = 163 \text{ kg/cm}^2$ 、フロー値14~15secである。グラウト注入作業では注入自記々録装置を用いて施工管理を行なったが、その結果を図-9に示す。一部に多量のグラウトを必要としているが、おおよそ180ℓ~220ℓ/1本であった。したがって、
グラウト注入量/鋼材容積 = 17~21倍となる。

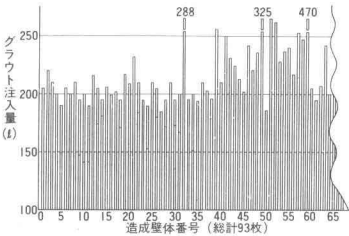


図-9 グラウト注入量記録

4 実施例-2 横浜桂台宅造工事遊水池堤体止水壁造成工事

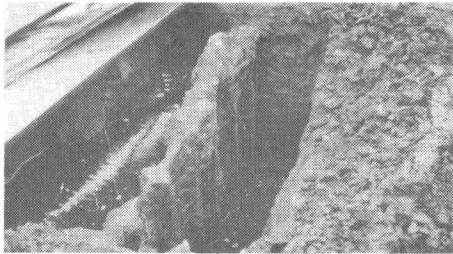


写真-1 造成壁体状況(掘削試験)

浦本について実施した第二の例も堤体漏水防止工事であるが、先の例は既成盛土堤体に漏水が発生した時点で当工法を適用したのに対し、この場合は築堤完了後、貯水前に止水壁造成を行なったものである。当工事も施工条件が悪く二本構を使用した。OMG壁体は池側堤体小段の部分で、深さ7.00mの壁体を全延長30mにわたって造成したものである。施工法は浦本の場合とほぼ同一であるので詳述することは省略し、その概要を表-2に一括して示す。施工完了後、掘削試験を実施した。そのときの壁体の状況を

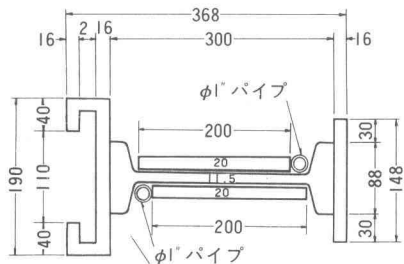


図-10 使用鋼材断面図

施 工 期 間 1970. 1. 10 ~ 2. 23	
工事機械段取り仮設工事 23日間	
O.M.G連続壁体造成工事 20日間	
使用鋼材 本 数	図一 17参照 6本
鋼材打込引抜き作業 二 本 構 角 分 鋼 2 鋼 ウ イン チ (引 抜 力)	断面300×300 mm 、長さH=12m 1,000kg 巻き上げ力 1,500kg, 30HP ウインチと3-3ブロックの組合わせで最大 引抜力13.5T
ゲ ラ ウ ト 配 合 透 水 係 数 k 強 度 σ_{28} フ ロ ー 値	セメント:フライアッシュ:砂:水=1:0.6:2:1 $k = 1 \times 10^{-6} \text{ cm/sec}$ $\sigma_{28} = 150 \text{ kg/cm}^2$ 13sec
グラウト注入作業 グラウトミキサー グラウトポンプ	東邦製 容量 200ℓ ヤマトEP-2, 最大吐出量 105ℓ/min
1本当りグラウト注入量 グラウト注入量/鋼材容積	300ℓ 1.8~1.9倍
対 象 地 盤 盛 土 堤 体 現 地 盤	ローム、N値3~5 粘土質シルト N値1~2
O・M・G壁体 壁 体 長 壁 体 巾 壁 厚 連 続 壁 延 長 壁 体 枚 数	$\ell = 7.000 \text{ m}$ $b = 320 \text{ mm}$ $a = 52 \text{ mm}$ 30.400m 95枚

表-2 横浜桂台宅造遊水池堤体止水工事概要

写真-1に示す。壁厚は52 mm 、1枚の壁体巾は320 mm で鋼材の断面形状とほぼ同一である。連続壁体の止水能力に関しては降雨時、片側だけに滞水させたとこ
ろ漏水は認められず、結果は非常に良好であった。