

### III-116 止水ならびに土留用地中連続壁体造成に関する研究

大林組技術研究所 正員 斎藤二郎  
〇正員 西林清茂  
正員 岡田純二

#### 1. まえがき

従来、止水や土留用のために地中に連続した壁体を造成する工法として矢板工法、注入工法および各種の泥水工法が用いられてきた。しかしながら、アースダムや堤防基礎地盤の止水、地下構造物への地下水流入防止など主に止水を目的とする場合、これらの工法は止水不完全であったり、造成壁体が必要以上に過大すぎて非経済的であったりする。ここに述べるOMG工法(Ohbayashi Membrane Grouting Methodの略)は泥水工法と同様、地中に連続壁体を造成するものであるが、泥水工法では地中に30~100cmの厚い壁体を造成するのに対して、厚さ3~10cm程度の薄い壁体を造成し、止水あるいは簡単な土留を主目的としたものである。本工法のように地盤中に壁厚の薄い連続壁体を造成するという考え方は経済性の点から見ても特に土木分野においてかなりの用途があるものと思われる。

#### 2. 施工法

この工法の施工手順は図-1に示すように、

- ①工事の開始にあたって、まず本工法用鋼杖(便宜上このように呼称する)を6~8本連続的に地中に打ち込む。
- ②打ち込んだ鋼杖を最初10~20cmだけ引抜いて地中に若干の空隙を作り、土の流入を防ぐために注入管の先端につめておいたコーンを鉄筋棒その他の方法で突き落とす。この注入管の頭部に注入用ホースをとりつけてグラウト注入の準備を完了する。
- ③ついで鋼杖を徐々に引抜きながら地盤中に形成されてゆく空隙を十分満すようにグラウト注入を行なう。
- ④工事が進めば、引抜いた鋼杖を打って返しにして転用し、上記の操作を繰り返す。

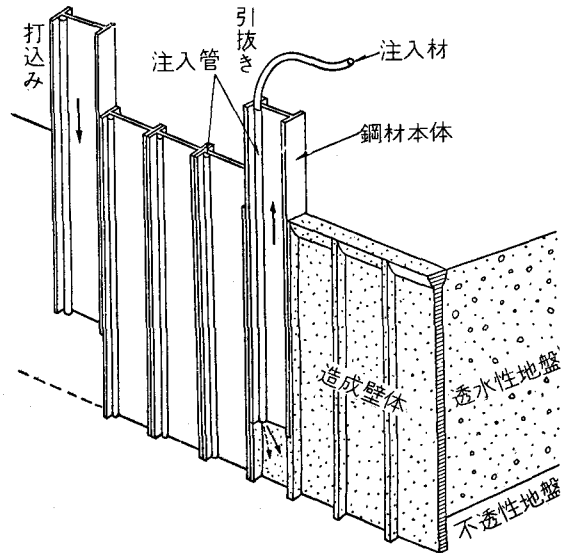


図-1 O.M.G.工法施工概略図

このように数本の鋼杖を用いて連続壁体を造成するものである。厳密に言えば、壁体は形成空隙に作られる壁体の核にはる部分とグラウトが浸透する周辺部分から成り立っているといえる。

#### 3. 鋼杖

使用する鋼杖は図-2にその一例を示すように注入管と連結装置を備えたものである。図-3は大型実験と本工事に適用したものであって250×125×9%のI型鋼を本体としてフランジ、ウェ

ブの部分に鋼板を、I型鋼の内側の対角線上に2ヶ所φ1"の注入管を備えたものである。フランジ部分に取り付いた厚さ12%の鋼板はその一方を鞘状にして隣接鋼杖との連結を完全にするためのものであり鋼杖先端ウェブ部分の両側に取り付いた厚さ16%の鋼板は鋼杖引抜きによって地中に形成される空隙の断面を大きくする目的と鋼杖先端部の補強および打ち込みによって地盤

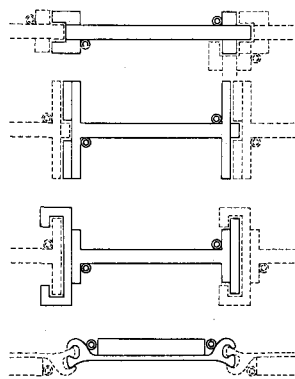


図-2 使用鋼杖断面形状の一例

の壁面と鋼杖面との間に空隙を作って、打ち込み、引抜き時のフリクション減少の効果を期待したものである。さらに先端のフランジ、ウェブの部分は鋭角状にカットして打ち込みやすくしてある。

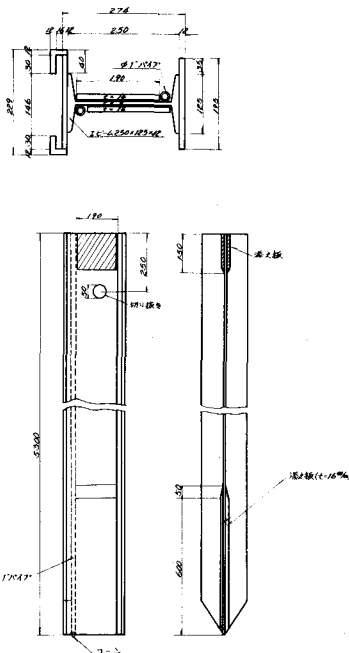


図-3 本工事使用鋼杖

#### 4. グラウト注入量

まずグラウトの注入量であるが、一般に注入されるグラウトの量は形成空隙の容積よりも大である。これはグラウトが空隙を形成している壁面から周辺の地盤に浸透するほどの原因によるもので、この浸透量はグラウトの構成材料、地盤の土性、鋼杖引抜き速度、注入圧力などによって異なる。たとえば、模型実験槽内の砂地盤でグラウトの量を変化させて壁体造成を行なって実験では、鋼杖引抜きによって生じる形成空隙容積(鋼杖の最大断面にもとづく容積と等しいとする。)と(イ)ほぼ等しい注入量の場合、壁体の壁厚は鋼杖の断面厚と比較して明らかに薄く、壁面も凹凸、欠損が目立ち壁体としての機能を十分に発揮し得ない状態である。(ロ)1.5~1.8倍程度の注入量の場合、壁体は鋼杖の厚さとはほぼ等しく、鋼杖の断面形状と似かよったほぼ完全なものである。しかし(ハ)2.5倍程度の多量になると壁体は壁厚の大幅に膨れ上がった状態となり不経済なものとなる。ただしこれは人工砂地盤のものであり、実際の地盤では異なる結果になると思われる。したがって正確な注入量を定める最も良い方法は当然のことながらあらかじめ試験的に壁体造成を行っておくことである。注入作業の際、最も注意すべきことはグラウト注入量の管理であるが、当工法では注入量自記記録装置を用いて注入施工管理を行っている。この記録装置を使えば計画の単位時間当りの注入量を管理することができる。

#### 5. グラウト

グラウトの構成材料はおおよそ次のようなものである。

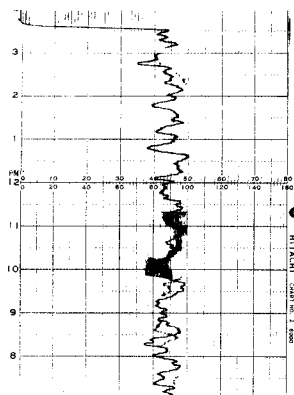


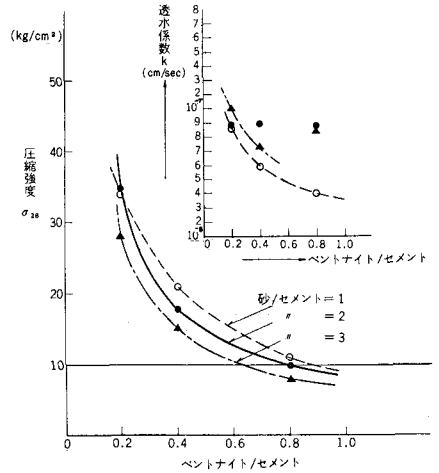
写真-1 注入量記録

セメント、フライアッシュ、砂、ローム、粘土、ポゾリス、塩化カルシウム、Al剤

ここに本工法のグラウトに必要なとされる主な条件は止水性、強度、および適当なコンシステンシーである。以下順にこれらについて検討してみよう。

### 5.1 止水性

この工法の主目的である止水性についてはおおよそ $\epsilon = 10^{-6} \text{cm/sec}$ 以下の値が望まれる。野外実験および本工事に使用したセメント：フライアッシュ：砂：水 = 1：0.5：2：0.9の場合でも $\epsilon = 1 \times 10^{-6} \text{cm/sec}$ 程度となるが、これ以上に止水性を要求される場合にはベントナイトを混入する。上記の配合にベントナイトをセメント量の20%混入させれば $\epsilon = 10^{-7} \text{cm/sec}$ のオーダーに減少させ得る。しかし、反面強度低下、コンシステンシーに悪影響を及ぼすので適当な量の混入としなければならぬ。図-4はベントナイトの混入量を変化させた場合の強度と透水係数の測定結果を示したものである。これによればベントナイトの混入量増加にしたがって透水係数の減少（止水性の増大）は見られるが、強度の低下も大である。



### 5.2 強度

止水性を目的とする場合には壁体強度はさして必要としない。したがって強度をある程度犠牲にすればグラウト材

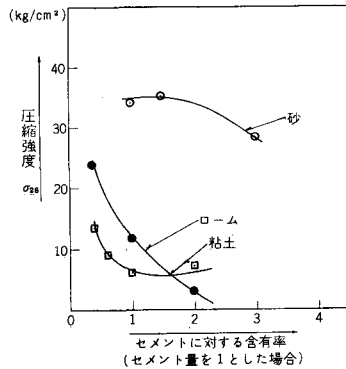
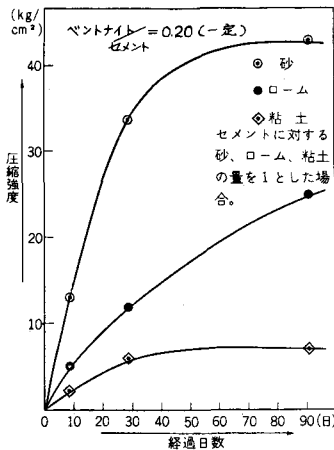


図-4 ベントナイトの強度と止水性に及ぼす影響

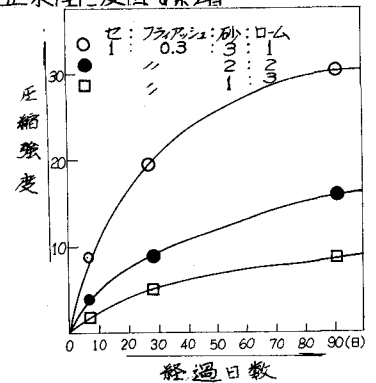


図-6 圧縮強度(砂、ローム、粘土の含有量変化)

図-7 ローム混入割合による圧縮強度

料として不透水性の低廉な材料を用いることができる。図-5はベントナイトをセメント量の20%そして砂、ローム、粘土を各々セメント量の100%加えた場合の圧縮強度を比較したものである。又図-6は上記各材料の含有量と強度の関係である。砂の場合は向題ないとしてもローム、粘土の場合、強度10kg/cm<sup>2</sup>を確保するための混入量はローム/セメント = 1, 粘土/セメント = 0.5である。したがって砂をローム、粘土と完全に置き換えることはセメント量を多く必要とすることになり、不経済となる。図-7は砂およびロームを混入し、それぞれの割合を変化させた場合の強度を示した。

### 5.3 コンシステンシー

グラウトは良いコンシステンシーを得られるが、強度のために水量を少なくした方がよい。室内実験および実際の施工経験からフロー値で18~22<sup>sec</sup>が限度のようである。グラウトの構成材料のうちベントナイト、ローム、粘土などは材料分離防止剤としての効果を発揮するが、混入量が多すぎれば適当なコンシステンシーを得るために水を多く必要とする(図-8)。又このコンシステンシーが経時変化することは当然のこととしてグラウトミキサーの攪拌能力によっても影響を受ける。攪拌羽根の回転数が異なる2種類のミキサーによって実験した結果では高速回転の方がフロー値の増加を抑制できる。その他、ミキサー内への材料投入順序によっても変わるので材料分離を防止する意味でも粒子の小さいものから大きいものへと十分攪拌しながら投入する方がよい。ロー値との関係

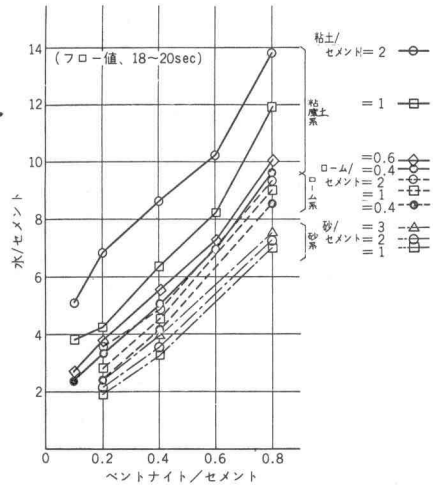
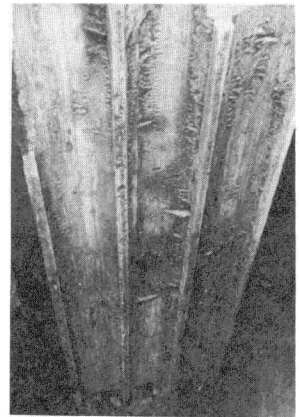
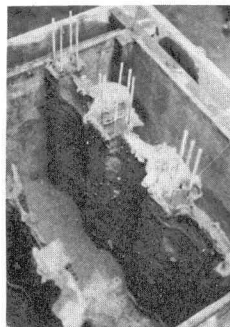


図-8 ベントナイト混入量とフロー値との関係

### 6. 地中連続壁体

写真-2, 写真-3は模型実験槽内の砂地盤に造成した壁体の一例である。連続壁体のジョイント部の接合状態は非常に良く、又箱型壁体(60<sup>cm</sup>×30<sup>cm</sup>×80<sup>cm</sup>)の内部を満水にして水位降下Fを測定した結果では毎分0.2%程度で止水効果は十分であった。写真-4は図-3の断面形状をした長さ4.00mの鋼杖を用いて実際地盤(ローム地盤)を対象に造成した連続壁体の1ブロックであって壁体の片側の一部を深さ約3m50掘削したものである。注入量は鋼杖容積の約1.8倍であったが、写真-5に示すごとく壁体断面の形状は申し分なく、その厚



さは鋼杖の断面厚41%に対し約39%とはほぼ等しいものであった。本工程への最初の適用は昭和44年2月に実施した新潟県の貯水地堰体漏水防止であった。このときは堰体断面中央部に漏水部分を中心とした堰体延長25mにわたって深さ5mの連続止水壁体(本数約100本)を造成し、完全に漏水を防止できた。

写真-2 連続壁体 写真-3 箱型壁体

写真-4 地中連続壁体 (壁体長4.00)

この工法は2年有余の実験研究を経て現在、本工事に適用されるまでになっていたが、今後グラウト注入量の向題、使用鋼杖の改良の向題に取り組んでゆくとおりである。なおこの研究は昭和42年、当時当技術研究所主任 藤の福住隆二氏の指導のもとに開始したものであることを附記し、ここに深く感謝の意を表します。

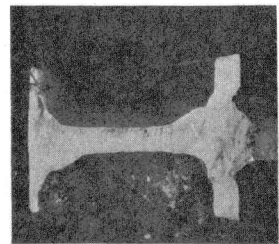


写真-5 造成壁体断面