

## 32. 泥水モルタルを利用した山留壁の施工例

清水建設 横山典明

### 1. まえがき

建設現場から発生する土砂などは、臨海地域の埋立や宅地造成などの事業が飽和状態になり、その処分地が不足し、特に大都市において大きな社会問題になっている。また、市街地での建設工事では、振動や騒音のみでなく周辺地盤の沈下および隣接構造物の変位などの悪影響をおよぼさない工法の選定が必要である。

これらの問題を解決するために、掘削残土や廃棄ベントナイト安定液などの現場発生土を泥水化した後、これにセメントを混合した材料（以下泥水モルタルと言う）を開発した。そして、既存杭撤去後の空洞部の埋戻し、ベント杭など場所打ち杭の空打ち部の埋戻し<sup>(1)</sup>などの材料に適用してきた。これらの結果から泥水モルタルは、従来の材料を使用する場合の技術的問題点を解決し施工的にも極めて良好であり、しかも経済的に優れていることなどが明らかになった。

本文は、泥水モルタルの用途と実績およびプラントについて述べたのち、近接施工の掘削において、隣接構造物に変位を与えない工法として、H鋼を併用した泥水モルタルによる山留を施工し、良好な結果を得たのでその施工概要について述べるものである。

### 2. 用途と実績

泥水モルタルは、その主材料が単純であるために配合を自由に変えることができ、固結した泥水モルタルの性質を用途に適合させることが可能である。したがって泥水モルタルは、極めて広範囲な利用方法がある。泥水モルタルには、以下に示すような用途が考えられる。

#### ①埋戻し

- 既存杭撤去後の空洞部埋戻し
- 各種場所打ち杭の空打ち部埋戻し
- 山留壁と本構造物の空洞部埋戻し

#### ②遮水壁

- 遮水壁 …… 泥水モルタルのみ
- 山留め兼用遮水壁 …… H鋼、鋼管などと泥水モルタルの併用

#### ③中詰（充填）

- ジャンクションの中詰 …… 鋼管矢板など
- トンネル、シールドの空洞部充填

実績一覧表（1979年8月1日現在）

目的	配合条件 (材令28日)	実績容量 ( $m^3$ )	場所	備考
埋戻し	一軸圧縮強さ $qu=0.5-2kg/cm^2$	10,000	東京都	枕引抜き
埋戻し	一軸圧縮強さ $qu=0.5-2kg/cm^2$	4,500	東京都	ベント杭空打ち部
埋戻し	一軸圧縮強さ $qu=0.5-2kg/cm^2$	1,360	東京都	PIP空打部
遮水壁	一軸圧縮強さ $qu=2-4 kg/cm^2$ 透水係数 $k=1 \times 10^{-7} cm/sec$ 以下	1,100	千葉県	
埋戻し	一軸圧縮強さ $qu=2-5 kg/cm^2$	40	東京都	枕引抜き
埋戻し	一軸圧縮強さ $qu=0.5-2kg/cm^2$	8,000	大阪府	ベント杭空打ち部 施工中
山留め	一軸圧縮強さ $qu=8-10kg/cm^2$	700	東京都	H鋼との併用
山留め	$qu=5kg/cm^2$	1,300	神奈川県	H、SP鋼管 杭の併用

#### ④地盤改良

なお、表-1は、1979年8月現在での実績を表したものである。

### 3. 泥水モルタルプラント

泥水モルタルプラントは、泥水の作製、泥水とセメントの混合(モルタルミキサー)および圧送の3部門から構成されている。泥水モルタルの作製順序は、現場発生土と水を作泥槽に入れバックホーでこね返し所定の比重に泥水を作製し、1.5m<sup>3</sup>

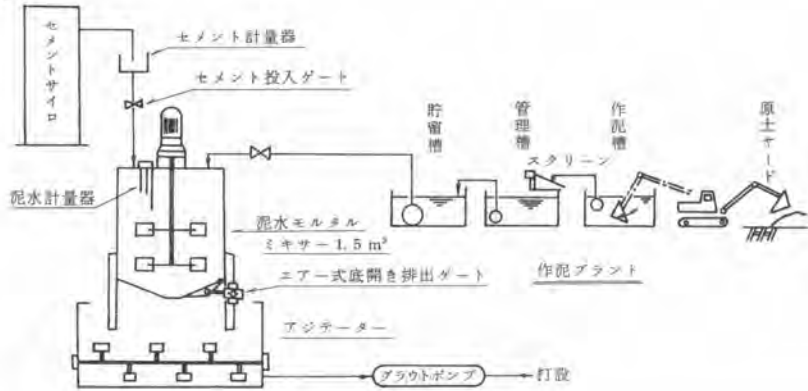


図-1 プラントの模式図

容量の高速ミキサーに送りセメントと混合した後、アジテーターに送る。これらの関係を模式図として、図-1に示す。

#### 3.1 泥水作製方法の検討

泥水の作製方法は、開発当時に種々の調査・実験を実施した。例えば、①パンミキサー、②サンドポンプ、③ミキサー車、などを利用した、泥水作製実験を行なった。また、④粘土解こうミキサーの作製および実験、⑤バックホーの利用による実験も実施した。これらの結果から、バックホーを利用して、作泥槽の中で泥水を作製する方法は、原始的な方法であるが、機械的トラブルがなく、作製能率も良好であり、極めて経済的な方法であることが明らかになった。

#### 3.2 泥水モルタルミキサーの特徴

泥水モルタルミキサーは、①能力45m<sup>3</sup>/H(max)を目標にする、②自動制御システム化する、を基本的考え方として新しく作製したのであり、その仕様を表-2に示す。このミキサーの特徴は、①泥水モルタルの排出は、空気圧による底開き方式である。②ミキサー内の乱流が少ないので、計量レベルの検出精度が高い。③2段羽根方式を採用したので、混合・攪拌効率が低い。④泥水投入口が大口径なので、投入時間が少ない、などである。

表-2 ミキサーの仕様

容 量	1.5 m <sup>3</sup>
外形寸法	直径14m、高さ315m
重 量	2.7 <sup>t</sup>
能 力	45 m <sup>3</sup> /H(max)
モーター	11KW ギャード モーター

### 4. 山留壁の施工例

#### 4.1 施工現場の地盤

施工現場(以下M現場という)の地盤は、GL-22mまで丸の内地下谷を埋めた有楽町層と呼ばれている都内でも有数の軟弱地盤である。この軟弱地盤は、シルト層で構成されており、単位体積重量は、

$\gamma_t = 1.4 \text{ g/cm}^3$  であり深度に関係なくほぼ同じ値である。また、N値は、0であり、一軸圧縮強さは、深度と共に大きくなっており、その範囲は、 $q_u = 0.4 \text{ kg/cm}^2 \sim 2.0 \text{ kg/cm}^2$  である。GL-22 m以深は、N値50以上の良く締った砂であり、下部東京層と呼ばれている地盤である。

#### 4.2 山留の目的と施工条件

この山留は、シールド工事の発進立坑に伴い施工するものである。この山留工事は、図-3に示すように隣接現場（以下D現場という）と極めて近接しており、また、地盤が軟弱なためにD現場の地中連続壁に変位などを与える可能性が大きかった。そこで、①振動・騒音が少ない、②周辺地盤に沈下を生じない、③地中連続壁に変位などを生じない工法を選定するために種々の検討および実験を実施した。そして最終的工法決定のために間ゲ

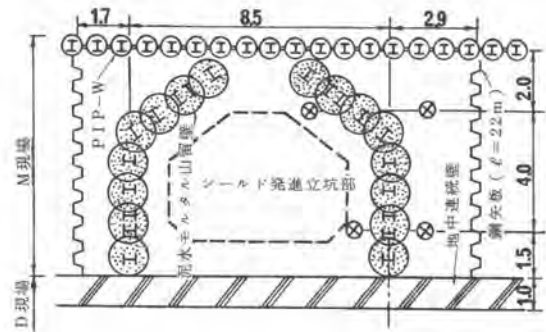


図-3 発進立坑平面図

キ水圧、地盤変位、およびD現場の地中連続壁の挙動を測定しながら、①杭と杭のラップが可能であるため遮水性にも優れている泥水モルタルと、②実績のある注入モルタルを使用する杭を各2本比較実験をした。この現場実験の結果、泥水モルタルの注入による地中連続壁への影響は、極めて少ないことが明らかになり、泥水モルタル（H鋼を併用する）を使用する柱列山留壁工法に決定した。

#### 4.3 泥水モルタルの配合決定

泥水モルタルの目標とする力学的性質は、既往の山留計算の結果および類似工法の施工例を参考にして、①一軸圧縮強さ  $q_u = 8 \text{ kg/cm}^2 \sim 10 \text{ kg/cm}^2$ （材令28日）、曲げ強さ  $\sigma_b = 3 \text{ kg/cm}^2 \sim 5 \text{ kg/cm}^2$ （材令28日）、②透水係数  $k < 5 \times 10^{-4} \text{ cm/sec}$ （材令28日）、③杭をラップさせるために材令3日～5日で原地盤と同程度（ $q_u = 0.5 \text{ kg/cm}^2 \sim 2.0 \text{ kg/cm}^2$ ）の強度とすることなどとした。

以下に一軸圧縮試験と透水試験のみについて、その方法と結果について述べる。

○一軸圧縮試験 一軸圧縮試験の試料は、直径5cm高さ10cmのモールドに詰め20°Cの恒温室で各材令まで養生をした。この試料を土の一軸圧縮試験（JIS-A1216）により実施した結果を図-4に示す。

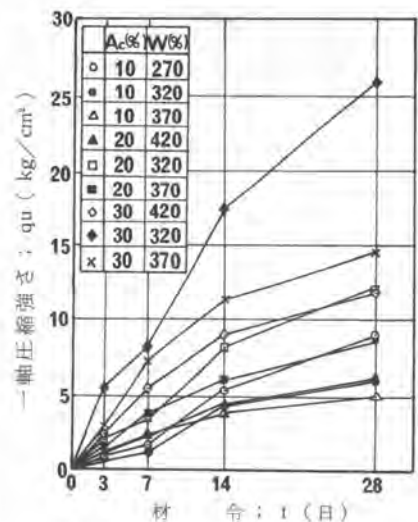


図-4  $q_u \sim t$  の関係

○透水試験 あらかじめ直径10cm、高さ10cmの透水円筒に泥水モルタルを流し込みビニールでシールをした後、20°Cの恒温室で水中養生をした。そして、材令28日でこの円筒ごと透水試験機にセットして、透水試験（JIS-A1218）を実施した。図-5は、セメント重量混合比別に、透水係数(k)と泥水の含水比(w)との関係を示したものである。この図から、透水係数は、セメント重量混合比が

大きい程、また、泥水の含水比が小さい程、小さくなっていくことが判る。

これら室内実験の結果から、目標とする力学的性質を具備する配合は、泥水の含水比  $w = 370\%$  程度 ( $r_t = 1.15 \text{ g/cm}^3 \sim 1.16 \text{ g/cm}^3$ ) にし、セメント重量混合比  $A_c = 20\%$  と決定した。

#### 4.4 山留壁の施工方法と結果

山留壁の施工順序は、ロッドレスリバース機により直径  $1219 \text{ mm}$  の削孔を行ない、H鋼 ( $400 \times 400 \times 13/21$ , 長さ  $31 \text{ m}$ ) を挿入した後、泥水モルタルを注入した。

同じようにして、3本おきに行ない、すでに注入した隣りの杭の泥水モルタルが自立する程度に固結したところ、この固結した泥水モルタルを削り取りながら削孔した。なお、均一な泥水モルタルを作製するためには、管理槽での泥水の含水比を一定にすることが必要であり、マッドバランスで単位体積重量  $r_t = 1.15 \text{ g/cm}^3 \sim 1.16 \text{ g/cm}^3$  の範囲になるように調整した。

このようにして、D現場の山留め自動計測システムで測定しながら16本の杭を約1ヶ月で構築した。

工事着手まえに問題点とした、隣接するD現場の地中連続壁の変位もなく工事を終えることができた。杭と杭のラップは、写真-1に示すように一体となっており遮水性も良好であった。

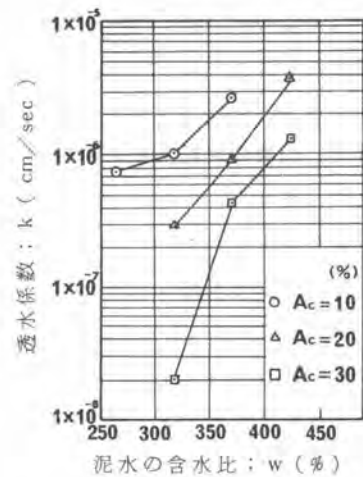


図-5 K~Wの関係



写真-1 掘り中の山留壁

## 5. あとがき

泥水モルタルとH鋼を併用する山留工法は、軟弱地盤における山留工法として極めて有効な工法である。また、泥水モルタルは、いわゆる資源の再利用であり、掘削残土などの処分地が不足している現状からも意義のある材料であると考えている。今後も引き続き用途の拡大と応用工法の開発を考えていきたいと考えている。

### <参考文献>

- (1)横山典明ほか：現場発生土を再利用したベント杭空打ち部の埋戻し例，第23回土質工学シンポジウム（1978.11）
- (2)横山典明ほか：現場発生土を利用した材料（泥水モルタル）の適用その1，第14回土質工学研究発表会（1979.6）