

## シールド発進・到達工法の改良

中部電力㈱ 正会員 滝 英治 伊藤一男

○夏目寿人

## 1. まえがき

洞道構築工法の一つとして、シールド工法は近年急速に発展してきた工法である。シールドの発進・到達には地盤改良等の補助工法が不可欠とされてきたが、今回これを省略する工法を考案したので報告する。

## 2. シールド発進工法

シールドの発進には、図-1に示すように立坑構築のための山留め壁（RC壁、鋼杭等）が障害となるため、これを撤去する必要がある。従来、山留め壁の撤去にあたっては、立坑内への土砂・水の流出を防止するため薬液注入や凍結工法等による地盤改良を行ってきた。

今回、図-2に示すように、立坑の山留め工法にH形鋼を芯材としたソイルセメント柱列杭を採用し、シールド発進部分の芯材に表面処理をして、芯材の引抜きを可能にするとともに、シールド発進時における土砂や水の流出を防止するため、エントランスパッキンを2段に装備し、地盤改良を行わないシールド発進を可能にした。

## 3. シールド到達工法

シールドの到達には図-3に示すようにシールド発進時と同様の地盤改良を行い到達部分の山留め壁を撤去してきた。

今回、図-4に示すように到達立坑の山留め壁にも発進立坑と同様のソイルセメント柱列杭を採用し、芯材の引抜きを可能にするとともに、シールド到達時における土砂や水の流出を防止するため、バルクヘッドを設置して、地盤改良を行わないシールド到達を可能にした。

## 4. 芯材引抜き設計

本改良工法のポイントは、ソイルセメント柱列杭の芯材を確実に引抜くことである。筆者らは芯材の引抜き工法の一つとして芯材表面に縁切材（発泡材、厚さ1cm）を貼付する工法<sup>1)</sup>を考案した。

今回、より長大な芯材の引抜きを必要としたため、ソイルセメントと芯材との付着力をさらに低減する材料として、特殊ワックスを用いて施工を行った。山留壁の概要を図-5に示す。なお、現場引抜き試験に先立ち、ワックスの剪断特性試験、室内引抜き試験を実施し、現場での引抜き荷重を想定した。

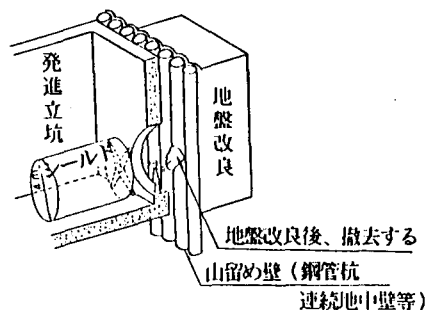


図-1 発進状況図（従来工法）

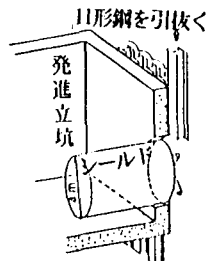


図-2 発進状況図（新工法）

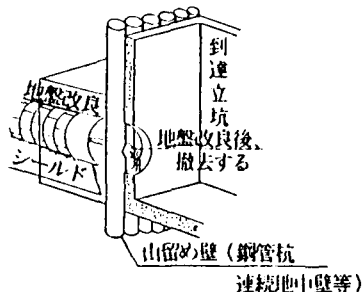


図-3 到達状況図（従来工法）

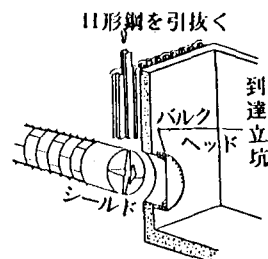


図-4 到達状況図（新工法）

## (1) 剪断特性試験

ワックスの剪断特性を図-6に示す。50~70℃が遷移領域で、70℃以上で液体、50℃以下で固体となる。固体の剪断強さは温度により大きく影響を受ける。

ベーン剪断試験結果によれば、剪断強さ(粘着力)と温度とは指数関数で表されるようである。残留強度も同様の傾向が見られ、剪断強さは降伏時の約1/4まで低下している。

三軸圧縮試験(III)結果では、粘着力はベーン剪断試験のそれよりも若干低く測定されるようである。

## (2) 室内引抜き試験

供試体の概要を図-7に示す。引抜き試験は室温(11℃)状態で実施した。引抜き荷重(芯材重量除く)は $T=1.5t$ であり、ワックス付着強度は $\tau_f=0.72\text{ tf/m}^2$ と、過去の実績値( $3.5\text{ tf/m}^2$ )および三軸圧縮試験結果( $4.6\text{ tf/m}^2$ )よりかなり小さくなっている。この原因としては、モルタルの収縮等による芯材の付着面積が減少したことが考えられる。

## (3) 現場引抜き荷重の算定

引抜き時に発生する荷重はワックスの剪断抵抗に起因し、芯材が剛体として挙動し、全延長にわたりワックスの粘着力( $Cu$ )が発揮されるとすると、引抜き荷重( $T$ )は次式で算定できる。

$$T = Cu \cdot A \quad \text{ここで、} A: \text{芯材の付着面積}$$

今回使用した芯材の付着面積は約47.3㎡であり、ワックス材の施工実績値を参考にし、引抜き荷重を166tと想定した。

## 5. 芯材引抜き結果

引抜き対象杭11本のうち、6本について試験を行った。引抜き試験の結果を表-1に示す。この結果からわかるように、想定引抜き荷重よりもかなり小さい荷重で引抜くことができた。この要因としては、芯材の垂直性、ソイルセメントの強度、ワックス材の厚さ、引抜き時の芯材温度等が考えられる。これらの関係については、今後さらに現場試験を実施し、芯材の延長を図るうえでより適切な設計・施工方法を確立して行きたいと考えている。

## 6. おわりに

立坑構築の山留工法として、ソイルセメント柱列杭を採用し、その芯材に表面処理を施し、芯材の引抜きを確実なものとした。これにより、シールドの発進・到達に従来不可欠とされてきた地盤改良の省略が可能にした。本工法はシールド工事全般に適用可能であり、多大な経済効果と作業安全の向上とが期待される。

<参考文献> 1) 滝、西野、高原、那須、『ソイルセメント柱列杭のH形鋼材の引抜きについて』土木学会第43回年次学術講演会概要集Ⅲ-221 P484~485

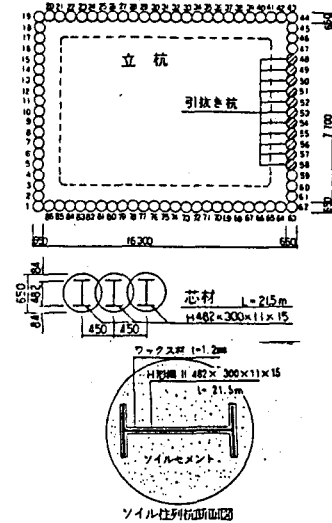


図-5 山留め壁概要図

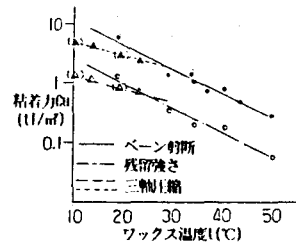


図-6 ワックス剪断特性

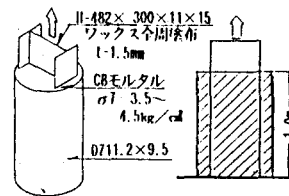


図-7 室内引抜き試験概要図

表-1 引抜き試験結果

|       | N049 | N050 | N051 | N052 | N053 | N055 | 平均 |
|-------|------|------|------|------|------|------|----|
| 荷重(t) | 46   | 40   | 31   | 37   | 49   | 67   | 43 |