

(株)大林組 東京本社土木本部技術部 正〇山本 進

1. まえがき

市街地工事における単なる仮設用の山留壁、または止水壁として発展してきた地下連続壁工法が、時代の要請に応じ、様々な技術的な改良開発が進められ、今日では、地下連続壁自体を耐震壁として、あるいは、地中構造本体壁、ダムの止水壁や長大橋基礎など重要構造物に用いられるようになってきた。地下連続壁の用途および適用範囲が拡大されるにしたがつて、その掘削深さも深くなってきた。そして、このことは、施工方法および施工管理の面により一層の重要性が要求されることとなり、施工上のミス、完成品の品質のバラツキが許されず、地下連続壁全体に品質の向上、一様性が要求されてくる。ここでは、新しく開発した施工管理法および施工法の重要点について述べる。

2. 地下連続壁の施工

地下連続壁の施工に当つての重要な問題点を列挙すると次のようになる。

- (a) 掘削機械に関する問題
- (b) 掘削方法に関する問題
- (c) 泥水の取扱いに関する問題
- (d) 鉄筋、コンクリートに関する問題

これらの問題点は図-1の地下連続壁工法の施工管理図に示すとおり、全体的に相互に関連しているの、適確な管理を行うためには、十分な調査にもとづいた計画を立てられていなければならない。

3. 自動泥水管理装置

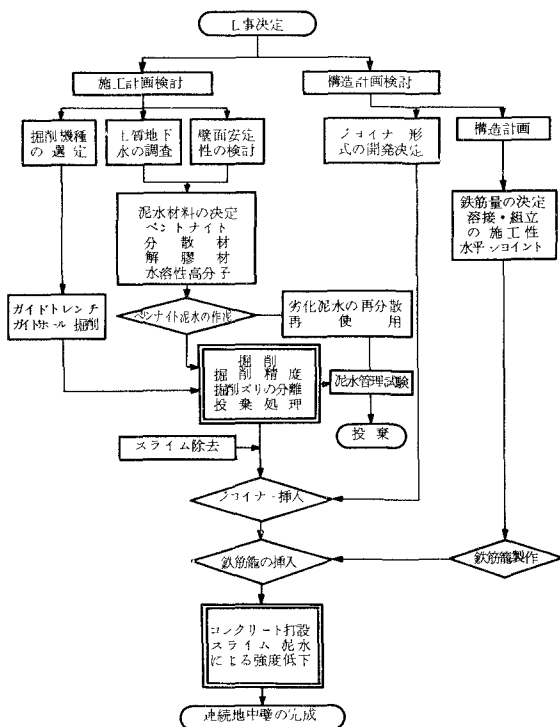
地下連続壁工法は、常に掘削溝孔に泥水を満たして掘削を進める、いわゆる泥水工法である。この泥水の機能は、

- (a) 泥水の側方圧力による孔壁土砂の安定および湧水の防止
- (b) 泥水の孔壁内浸透による土粒子の連結、不透水性の強じんな泥膜による崩壊防止および地盤の安定
- (c) 浮遊している土粒子の沈殿防止、

などである。

地下連続壁工法の成否は、いかに安全、確実に溝孔を掘削するかにかかつており、掘削時の孔壁の安定は、この泥水によって直接支配され、しかも壁体は、かなりの幅と深さをもつ断面で

図-1 地下連続壁工法の施工管理図



あるため、掘削方法やコンクリートの管理も重要であるが、施工時の泥水管理が最も重要なこととなってくる。大林組では、この泥水の良否を科学的に、しかも工事現場で簡単に判定できる「大林式泥水試験法」を研究開発してきた。この方法は泥水の懸濁状態、微細粒子濃度、塩類濃度を化学的手法で測定し、その結果を管理図にプロットして泥水の使用の可否を判定するものである。この判定法は、バッチ式検測であるので、経時的な泥水の性状を把握することができず、さらに半定量的な測定であるため、多少個人差の入る余地があつた。

そこで、従来の手法を改良し、泥水管理の精度、能率の向上を図り、任意の深さの泥水のサンプリングが可能で、連続的、自動的に泥水を管理できる自動泥水管理装置を開発した。

3-1 自動泥水管理装置による測定方法

ベントナイト泥水は施工中にベントナイトが凝集したり、薄められたりすることによつて、その機能が劣化するので、そのまま作業を続けていると崩壊などの事故を引き起すおそれがある。したがつて、作業中は常に泥水の変化を正しく把握し、劣化した泥水は廃棄し新しい良好な泥水を追加してゆかねばならない。ベントナイト泥水の機能を把握するための試験の各種をあげると

- (a) 比重測定
- (b) 粘性試験
- (c) ろ過試験

などがあるが、自動的に泥水の機能を管理するには、

- (a) 泥水のコロイド濃度の測定
- (b) ζ ポテンシャルの測定

などがある。

これらの測定のためには、電磁差圧計、 r 線測定器、 ζ メータ、粘度計などがある。掘削溝孔内の泥水には、不純物が多く混入しているため、このような泥水の性状を連続的に簡易に測定することは不可能に近い。

本装置による管理方法は泥水のpH値と比重を測定して管理しようとするものである。pH値の測定は、流通型pH伝送器（ガラス電極、超音波洗浄器付）で行ない、比重は圧力リピータと差圧液位伝送器によつて測定する。

pH値の測定によつて、泥水中へのセメントの混入、掘削土の混入などによる泥水の劣化、主に泥水の活性に関する管理をし、比重の測定によつて、雨水や雑用水の流入による泥水濃度の変化を管理する。サンプリング方式としては、サクシオンタイプと押し上げタイプがあり、本装置は水中ポンプによる押し揚げタイプである。

写真-1 自動泥水管理装置

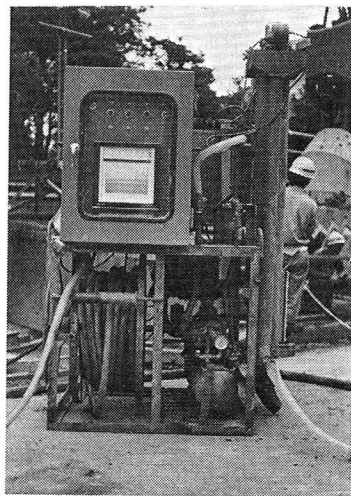
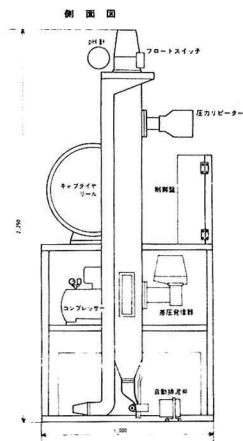
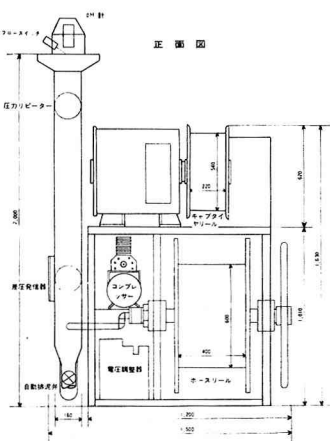


図-2 自動泥水管理装置

図-3 自動泥水管理装置



図→ 2、 3 に本装置の概略図、写真→ 1 にその写真を、
図→ 4 に本装置で測定した結果を示す。

3-2 比重の測定

壁面の安定上、泥水圧は不可欠なものであるため泥水比重が重視されるが、壁面安定上必要とされる泥水比重は現在のところ不明である。本装置では壁面安定および施工性に関するベントナイト濃度を間接的に測定するために比重測定を採用している。泥水比重はベントナイト濃度と掘削土の濃度とによって決定されるので、掘削土の濃度が予め判つておれば、ベントナイト濃度を比重測定によって間接的に測定出来る。

ベントナイト濃度と掘削土濃度および比重との関係を図→ 5 に示す。

3-3 pH の測定

泥水の pH は泥水の調合、掘削地盤の土質、水質および混入するセメントの混合程度によって決定される。通常の場合、現場では泥水調合が工事中に変更されたり、土質、水質が大巾に変化することはない。したがって、pH 測定によって泥水中に混入したセメント濃度を測定することが可能である。各現場ごとに孔内泥水の pH とセメント混入量との関係を予め求めておけば、セメント混入量を推定できる。pH とセメント混入量との関係を図→ 6 に示す。

3-4 比重の基準値の決定

従来ベントナイト濃度は、大林式泥水試験法により、特殊な試薬を用いて測定されており、その基準値は現場の施工条件、土質条件に応じ決定されていた。本装置においては、従来と同じくベントナイト濃度の基準値を決定し同時に平均的な掘削土の混入量を決定し、この二つの値から泥水比重を決定する。その計算は次式による。

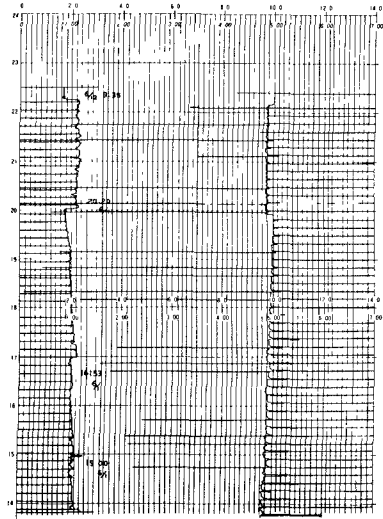
$$r_m = 1 + \frac{1}{160} (CB + Cs) \quad \text{ここに} \quad r_m : \text{泥水比重} \quad CB : \text{ベントナイト濃度}(\%) \quad Cs : \text{掘削土混入量}(\%)$$

掘削土の混入量は施工条件、土質条件によって異なるが、概略の値を示すと、粘性土地盤 20% 前後、砂地盤 12% 前後、砂礫地盤 5% 前後である。なお、この値は掘削機によっても異なり、非循環式（グラブ型式）では大きく、循環式では小さくなる傾向にある。

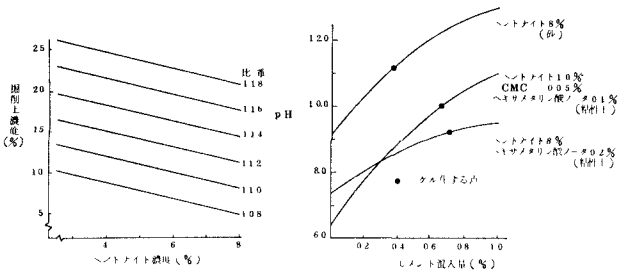
3-5 pH の基準値の決定

従来泥水中の塩類濃度は大林式泥水試験法により、コロイド化学的手法を用いて測定していた。そして、凝集状態にある泥水は使用不可としていた。泥水が凝集化する際の塩類濃度は、泥水の調合、土質条件などによって異なり、したがってセメント混入量も異なってくる。泥水が凝集化する時の pH も図→ 6 に例示したように、現場によって異なるので、pH の最高限界値は現場ごとに決定する必要がある、全体的な傾向としては、pH の最高限界値は 10~12 であり、これ以下の泥水が使用可となる。

図→ 4 現場測定結果



図→ 5 ベントナイト濃度、掘削土濃度、比重の関係
図→ 6 現場泥水の pH とセメント混入量



4. 超音波垂直精度測定装置

地下連続壁を本体壁として用いるためには掘削溝孔の垂直性および設計壁厚の確実性が要求される。掘削精度の確保のために、掘削機の性能もさることながら、掘削途中の施工管理がきわめて重要である。従来、掘削溝孔の精度確認には下げ振りなどで行っていたが、信頼性が低いので、その精度を高めるために超音波垂直精度測定装置を開発した。本装置は掘削溝孔の形状を測定するための装置であり、側定の原理は、泥水中で超音波を利用して、壁中心から超音波を壁面に向つて発信し、壁面に当つてはね返つてくる反射波を受信してその時間差より距離を測定して、自動的に記録紙に孔壁の形状を記録するものである。

4-1 本装置の構成

- (a) 超音波発、受信器
200 KHz の超音波発生のためのパルス波発信および反射波の受信パルスなどを検出する装置。
- (b) 送受波器（トランスジューサー）
丸型のチタン酸バリウム製送波用・受波用、各1ケづつ1組となり、両面2組（計4ケ）枠内に取付けられている。
- (c) 記録計
反射時間をマルチペン方式で記録するもので、湿式記録紙が使用される。
- (d) 側定用ウインチ
一定速度で壁面の形状を連続的に側定するため、ワイヤーにより鉄製のウェイトを吊り、その両面に送受波器を取付け、垂直に上下する。昇降速度は2段切換となつている

図-7、8に使用例およびフロー図を、図-9 に測定結果を示す。

5. まとめ

地下連続壁工法の施工に関する問題点および新しく開発した管理装置について述べたが、本工法の開発経緯をみると、昭和40年前後から各施工業者が独自に行なわれてきた。そのために統一された施工管理基準が未だ確立されていない。現在各機関で進められている成果をもとに早急に施工および技術管理基準の確立が望まれる。

参考文献

1) 喜田大三・中田礼嘉・扇孝三郎, OWS-SOLETANCHE工法の泥水比重の現場調査と管理
一泥水工法における泥水管理に関する研究(第4報) 大林組技術研究所報 第3 1969
2) 喜田大三・川地 武, 泥水工法における泥水管理に関する研究 (第13・14報)

図-7 使用例

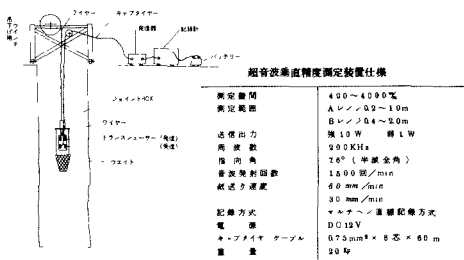


図-8 超音波垂直精度測定装置フロー図

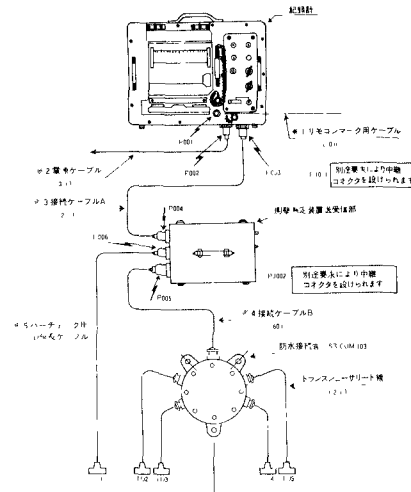


図-9 孔壁垂直精度測定結果

