

インピーダンスによるSMWの品質管理について

広島工業大学	正会員	鈴木 健夫
成幸工業（株）	正会員	國藤 祚光
広島工業大学大学院	学生会員	○尾村 倫基
広島工業大学大学院	学生会員	森田 保彦

1. はじめに

地下構造物を建設する場合に土留め、止水を目的として連続地中壁が用いられている。我が国ではソイルミキシングウォール（SMW）工法が開発され現在施工実績2,500,000m²（壁面積）までに普及している。このSMW工法とは土とセメント系懸濁液を原位置で混合・攪拌し造成する地中壁工法である。SMW地中壁は原位置土を骨材とするために、現場条件により所要の品質の確保に配慮している。もし、SMW壁中に品質の不良な箇所が存在すると、そこから地下水などの漏水が発生し、地中壁は土留め、止水の機能を失う。そこで、本研究は、SMW地中壁の品質管理を目的として品質不良箇所からの漏水を早期に探知し、初期のうちに応急対策をたてるために、電気的な計測について研究したものである。

2. 実験方法

①使用するまさ土の基本的性質を調べる。

②まさ土、セメント（まさ土の乾燥重量に対して5%）、ペントナイトを混合し、ソイルセメントを作成し、水セメント比がJIS-A-1210によって求めたまさ土の最適含水比となるように水を加える。

③②で作成したソイルセメントをプラスチックボックス（350×690×280mm）内の型枠に締め固め、電極を図のように配置し以下の条件で各回路のインピーダンスの値をLCRメータを用いて測定する。

I) 通常状態の電気的測定

ソイルセメント壁中の電極間の基礎的なインピーダンスを知るために、異なる形状（円筒、板状）、長さ（65mm、30mm）の電極を用いて各回路のインピーダンスを測定する。

II) 電極間に障害物がある場合の電気的測定

ソイルセメント壁中の電極間に基礎構造物などの障害物がある場合を想定し、電極間に鉄筋を入れた状態、絶縁体を入れた状態の各回路のインピーダンスを測定する。

III) 電極間の距離に差がある場合の電気的測定

ソイルセメント壁中に打設するH型鋼が斜めに入った場合を想定し、電極間距離を回路間で変化させた状態の各回路のインピーダンスを測定する。

IV) 通常状態で側面に水を満たした場合の電気的測定
ソイルセメント壁の側面に地下水が接していることを想定し、I)の実験で作成したソイルセメント壁の側面に水を満たした状態の各回路のインピーダンスを測定する。

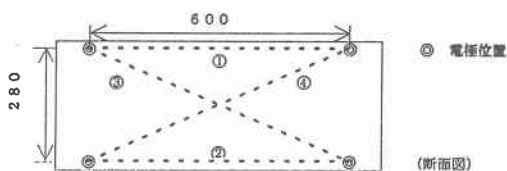


図1 通常状態の電極配置図（単位：mm）

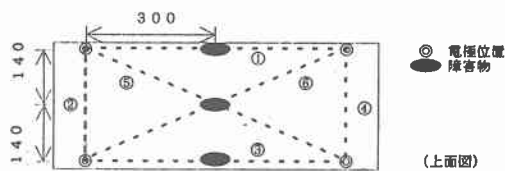


図2 電極間に障害物がある場合の電極配置図（単位：mm）

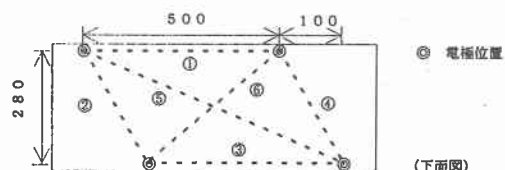


図3 鉄筋が斜めに入った場合の電極配置図（単位：mm）

V) セメント壁中に貫通箇所がある場合の電気的測定
 ソイルセメント壁の壁体に水の浸透箇所を想定した
 貫通箇所 ($\phi = 5 \text{ mm}$) をソイルセメント壁の上部、
 中央部、下部にそれぞれ作成し、実際に水を流して各
 電極間のインピーダンスを測定する。

3. 実験結果と考察

実験Ⅰ～Ⅲにおいてはまず、ソイルセメントの壁の形
 状の把握を目的として実験を行った。結果をみると、
 セメント壁中の電極間のインダクタンス：Lについては
 測定不能であった。キャパシタンス：Cについては
 実験により多少ばらつきがあるものの、ある程度セメ
 ント壁中の電極間距離を予測できる。電気抵抗：Rに
 ついては、測定値から予測される予測距離を求め、実
 際の電極間距離と比較すると、Rの測定値より予想さ
 れる予測距離と設定距離との誤差は電極間距離が3
 0 cmの場合で1.5%、距離にして約 $\pm 0.9 \text{ cm}$ 、
 電極間距離が60 cmの場合で1.6%、距離にして
 約 $\pm 0.96 \text{ cm}$ であり、電気抵抗：Rの測定値から
 電極間距離をある程度予測できることがわかる。障害
 物などが回路中にある場合には電気抵抗、キャパシタ
 ンスの値と複合的に電極間距離を予測できる。

実験Ⅳ～Ⅴについては、実験Ⅰ～Ⅲでインピーダンス
 の値を用いて、ソイルセメント壁の形状をある程度把
 握できることを利用して、より実際の現場に条件を近
 づけて実験を行った。この実験では、ソイルセメント
 壁中の水の浸透状態が変化することで生じる電気的
 な変化から、ソイルセメント壁の品質不良箇所を探知
 することを目的としている。今回の実験では、水がセ
 メント壁に浸透することによる電気抵抗の変化率を
 用いて浸透位置を予測した。変化率は式(1)によっ
 て求めた。浸透位置に近い回路の電気抵抗は他の回路
 の変化率を大きく上回る変化率を示した。また、実験
 により得られた変化率を比例計算により距離に換算
 すると、ある浸透位置が予測できることが分かった。

4. 結論

電気抵抗の測定値、および変化率を用いてセメント壁の形状な把握、水の浸透位置を予測できることがわか
 った。今後、電気的測定など諸問題を解決し、これを現場実験に発展させ、さらに実用性を追求することが
 求められる。最後に、今回の論文発表にあたって、実験に御協力頂いた本学卒業生、宇高勲君、宮本大輔君
 に深く感謝の意を表します。

～参考文献～

『ソイルミキシングウォール設計施工指針』
 『建設・防災技術者のための物理探査』

社団法人 日本材料学会
 佐々宏一、芦田譲、菅野強 p. 2, p. 128～213

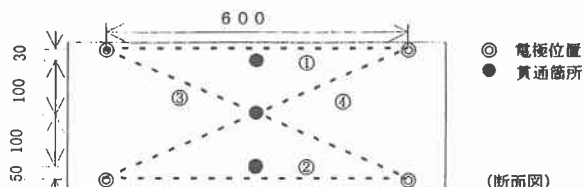


図4 ソイルセメント壁に貫通箇所がある場合の電極配置 (単位: mm)

表1 電気抵抗と距離の関係
 電極間の距離が60 cmの場合

	①	②	③	④	⑤	平均
R (k Ω)	18.0	18.2	18.3	18.9	18.7	18.4
予測距離 (cm)	58.7	59.4	59.5	61.5	60.9	60.0
誤差 (%)	2.2	1.0	0.8	2.5	1.5	1.6

表2 電気抵抗と距離の関係
 電極間の距離が30 cmの場合

	①	②	③	④	⑤	平均
R (k Ω)	14.4	14.1	14.1	13.7	13.8	14.0
予測距離 (cm)	30.9	30.2	30.1	29.3	29.6	30.0
誤差 (%)	3.0	0.7	0.3	2.3	1.3	1.5

表3 電気抵抗と変化率
 中央部に貫通箇所がある状態

	①	②	③	④
通常状態の電気抵抗 (Ω)	249.3	351.3	312.0	311.0
浸透状態の電気抵抗 (Ω)	246.7	347.3	306.3	305.3
変化率 (%)	1.04	1.14	1.83	1.83

表4 電気抵抗と変化率
 下部に貫通箇所がある状態

	①	②	③	④
通常状態の電気抵抗 (Ω)	249.7	358.0	314.3	311.7
浸透状態の電気抵抗 (Ω)	248.0	349.0	310.7	308.3
変化率 (%)	0.68	2.51	1.15	1.09

式1 変化率

$$\text{変化率} = \frac{(\text{最初の抵抗値}) - (\text{水浸透に対する抵抗値})}{(\text{最初の抵抗値})} \times 100$$