

8. 結 論

$m \cdot h_2$ が与えられて三径間連続バリ橋を設計する場合は、次項を考えて設計しなければならない。

- (1) 断面二次モーメント比 $n(=I_2/I_1)$ の影響を考えなければならない。
- (2) 与えられた m を、次の (9) 式で検討して、 n の大きさを定めなければならない。

$$m \cong \sqrt{\frac{2(1+1/r)}{3\beta}}$$

- (3) h_2 が小さく制限されている場合は、 n を小さく選ばなければならない。
- (4) $M_{\max}^{(1)} \cdot M_{\max}^{(2)} \cdot M_1$ は、図-3 から $m_{\max}^{(1)} \cdot m_{\max}^{(2)} \cdot m_1$ を求め、これに wl_2^2 を乗じて簡単に計算することができる。
- (5) $m \cdot h_2$ のほかに、許容応力度・ハリ断面の形状が与えられ、かつ、(7) 式が成立する場合は、

(14) 式から ω を計算し、図-4 から $\omega \cdot m$ を満足する n を求めて、(6) 式から h_1 を計算すればよい。

本研究は、当室長友永和夫博士の指導をいただき、斎藤昇君の協力を得たことを附記する。

文 献

- 1) 拙著：断面を異にする三径間連続バリにおける曲げモーメントの一般的傾向，土木学会誌，第39巻，第4号（昭.29.4）
- 2) 拙著：ハリ断面の様な三径間連続バリ橋における径間比について，土木学会誌，第38巻，第8号（昭.28.8）
- 3) 拙著：三径間連続バリ橋の経済的設計について，土木学会誌，第39巻，第8号（昭.29.8）。
- 4) たとえば，吉田徳次郎：鉄筋コンクリート設計法，コンクリートハンドブック。（昭.29.6.2）

電気化学的固結法による地這り防止工の施工例

正員 工学博士 村 山 朔 郎*
准員 三 瀬 貞**

ON THE WORKS TO MAKE IMPERVIOUS ZONE IN THE GROUND
OF LAND SLIDE USING ELECTRO-CHEMICAL
HARDENING METHOD

(JSCE Nov. 1954)

Dr. Eng. Sakurō Murayama, C.E. Member, Tadashi Mise, C.E. Assoc. Member

Synopsis In the previous report titled "On the electro-chemical hardening of soil by means of aluminium electrodes", we could make clear the mechanism of this reaction and made some improvement for its application.

This report is a description about the processes and results of the works which were executed with this electrochemical hardening method to make a impervious zone in natural clayey ground.

要旨 前報¹⁾においてアルミニウム電極による土の電気化学的固結法の機構を解明し、かつその適用限界を拡張する新たな工法の考案についてのべた。本報告はその応用として本固結法を地這り地の地下水防止層形成に使用した実例とその効果とをのべたものである。

1. 緒 言

著者等はさきの報文¹⁾においてアルミニウム電極による土の電気化学的固結法の機構を解明し、固結機構が電気化学的に陽極より溶け出したアルミニウムが、 $\text{pH}=7$ の地帯を中心としたある範囲内で不溶性水酸化

物となつて土粒子間隙に析出し、界面化学作用と電気滲透作用とによつて土の力学的強度を増大するとともに、不透水化を助長することにあることを明らかにした。また固結帯の位置は土性によつて変化すること、酸性土などでは $\text{pH}=7$ の地帯が生成されにくく、中には固結のできない土もあることなどをのべ、その対策として土中に適当な電解質を誘導することにより固結帯の位置の移動を可能にし、あるいは固結不可能であつた土中にも固結帯の生成を可能にさせるよう電気化学的固結法の適用について新たな工法の考案を行つたことをのべた。

本報告はその応用として、本固結法を地這り地の地

* 京都大学教授，工学部土木工学教室

** 京都大学助手，工学部土木工学教室

下水防止層の形成のために使用した状況とその効果とを述べたもので、わづかの電気量により自然粘土層内の所期の位置に有効な不透水膜を形成させることができた。

2. 現地の状況並びに固結工事の概要

現地は国鉄阪和線熊取一日根野間 33.5 km 付近、線路北側の切取斜面で、巾約 120 m、奥行約 50 m(図-1 参照)にわたり、しばしば地這りを繰り返し、そのたびに崩土を

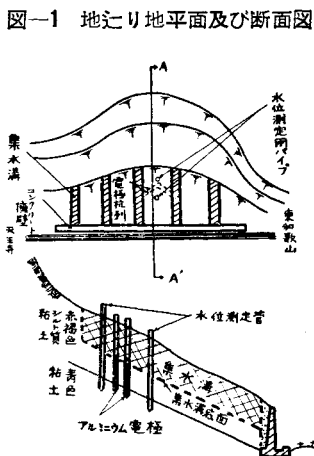


図-1 地這り地平面及び断面図

除去してきたが、なお当時(昭和 27 年 3 月)も約 10°の傾斜を有し、土地の飽水につれて滑動の傾向が見られた。これは本地域が斜面表面より約 5~6 m の所に、その傾斜がほぼ当時の法面のそれと平行するような不透水青色粘土の下層を有し、その上に赤褐色シルト質粘土の上層が載り、滑りやすい単斜層的地下構造となつている上に、さらに上層土は下層粘土よりも透水性が大きいから、上層に地下水が集まり土を飽水させて一層これを弱体化、潤滑化させることに原因しているためである。この地這り防止のため、法尻にコンクリート擁壁を設け滑り止めとするほか、法に沿つて図-1のごとく 5 本の互いに平行な集水盲暗渠を作り、これら暗渠で集められた水は擁壁背面の盲下水溝に導かれるようにして上層土の飽水化を防いだ。しかし暗渠の底面は下層粘土層よりも 2~3 m 高位にあるため、上下両層の境界面付近を流れる地下水を集水盲暗渠に導くためには、盲暗渠の上部入口の位置において、下端が下層粘土層表面に、上端が少なくとも盲暗渠底面に達するような不透水壁を地中に設け、

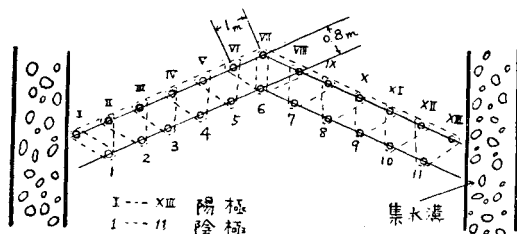


図-2 電極杭配列及び通電単位図

地下水流を遮断しなければならない。本固結法はこの不透水壁を設定するために用いたもので、図-2のごとく集水盲暗渠の間を上方に凸の山形状をした 80 cm 間隔の 2 本の平行線上に 1 m 間隔にアルミニウム板巻き木杭を電極として打込み、この平行線の間の中

に不透水性固結層を形成するようにした。杭は末口 15 cm 程度の長さ約 6 m のものの先端部 3 m に厚さ 0.8 mm のアルミニウム板をまき、リード線は杭とアルミニウム板にはさみ込み釘づけて地上

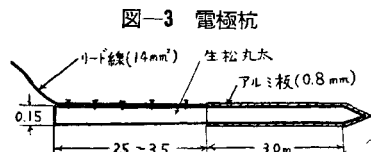
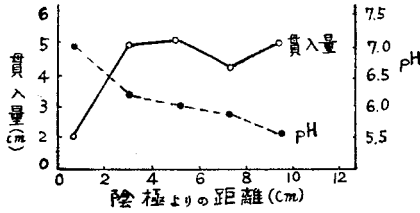


図-3 電極杭

に引き出した(図-3)。設備の都合で直流電源としては 150 V、30 A 容量の水銀整流器 1 台しか得られなかつたので容量上、2 本の平行線上の杭群を一方を陽極、他方を陰極と対にして通電することは不可能であつた。陰陽極それぞれ 1 本づつを対にして通電しても 140 V にて 15 A 程度の電流量が流れるので、同時に 2 対の電極に通電すれば電源容量を超過するおそれがあつた。しかし 1 対の極だけを用いて通電すれば、固結帯が両極を結んだ線付近に生じ、左右に拡がるものが少なく隣接固結帯と連続しなくなる。ゆえに固結帯の形、すなわち pH=7 の等電位帯の形を杭列(所定平行線)にできるだけ平行に拡げるため、平行線上の杭を千鳥に配し、その中の 3 本の杭を 1 組として、山側の平行線上の杭 2 本を陽極に、谷側の平行線上の杭 1 本を陰極として分割通電し、順次この方式を繰り返して全体に及ぼした。千鳥型の杭配列にすれば相対型の配列に比べて所要杭数が 1 本だけ少なくてすむ利点がある。なお陽極を 2 本、陰極を 1 本として前者の本数を多くしたことは、陽極よりの溶出アルミニウムイオンの極間土中への滲透状態を広範にし、かつ均一化させるためであり、陽極を山側においたことは陽極の電気分解によるアルミニウムイオンの拡散に電気滲透流の上に重力水流も寄与できるよはかつたためである。

現地のシルト質粘土は吸着電解質が流失し去つて水素粘土になつており、その pH は約 6 を示すため、通電により生ずる pH=7 の位置すなわち固結帯位置が陰極にきわめて近接することは前述の理論からも推察でき、また室内実験からもこれを実証することができた。すなわち現地の土を箱に入れ、アルミニウム電極を用いて直流通電した結果の pH 分布と固結帯位置は図-4のごとくなり、現地にそのまま本固結法を用いれば、固結帯が陰極周囲にのみ生じるおそれがある。こ

図-4 pH と貫入量



これを防止し固結帯を両極中間に移動させるため、前の報文にのべた考案をここに応用し、陽極杭の上部を粘土の小堤で囲み、この小堤内に食塩水をため、これを杭に沿って電極位置に滲透させた後、電気泳動、電気滲透によつて地中に食塩及びナトリウムイオンを導き、土中に生ずる pH 傾度を急にして pH=7 の生成帯を陰極から離し、中央近く移動させるように工夫した。

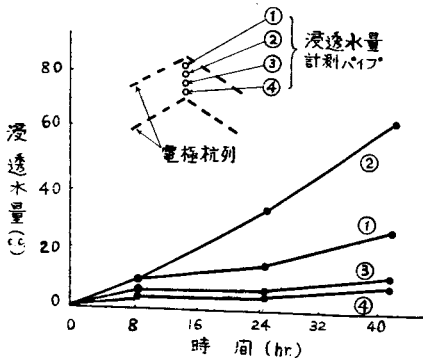
3. 工事施工の効果

通電した電気量は設備の容量不足と通電時間の制限で、始め予定したよりきわめて僅少であつたが、約6カ月後、固結層前後の地下水位を約1カ月にわたり実測した結果、不透水層の形成

が認められた。すなわち固結工事前、固結層の山側と谷側とに1本づつ地中に設置した地下水位測定用パイプ内の水位について調査したところ、通電前2孔間の水位差は18cm(昭和27年3月)であつたものが、

同年9月に行つた約1カ月間の測定では110cmを保持して、不透水層の形成が推定できた。また固結層の位置を見るため極間の部分に4本のパイプを等間隔に打込み、各パイプよりの浸透水量を検したところ、陰極より極間の1/4の所にあるパイプが湧水最小でこの付近に固結が進展したものと思われる(図-5)。

図-5 浸透水量



なお通電直後、極間の土を露掘して固結程度を見た際、未処理土ではゴム靴が穿入の程度であつたものが、処理土は靴で自立できる程度に固まつていたが、特に硬度の高い固結層があるようには見られなかつた点及び実際通電した電気量があらかじめ行つた室内実験からこの土を十分に固結するのに必要と推定した電気量よりもかなり少なかつた点よりも、この程度の通電量では完全な固結層をうるにはかなり不足しており、実際形成された固結層はきわめて薄いものであらうと思われる。しかし本工事実施結果よりみると土を不透水化するには、さほど厚い固結層を必要とせず、この程度の通電量でも相当程度目的が達せられることが実証できたものと思われる。なお3本1組の各電極杭組に与えた通電量並びに電流、電圧の平均及び最大最小値は表-1のごとくで、本工事実施に要した総電力量より極間の土1m³に使用した値を求めると30k.W.H.であつた。

4. 結 語

さきに報告したアルミニウム電極による土の電気化

表-6

| 電 極 番 号 | + | I | II,III | III,IV | IV,V | V,VI | VI,VII | VII,VIII | VIII,IX | IX,X | X,XI | XI,XII | XII, XIII |
|--------------|---|------|--------|--------|------|------|--------|----------|---------|------|------|--------|-----------|
| | - | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 平均電圧 (V) | | 152 | 148 | 152 | 148 | 129 | 140 | 134 | 149 | 149 | 150 | 150 | 127 |
| 平均電流 (A) | | 8.3 | 14.0 | 12.9 | 13.9 | 15.6 | 17.0 | 13.9 | 16.8 | 13.9 | 15.0 | 15.0 | 13.9 |
| 最大電流 (A) | | 10.0 | 14.8 | 16.0 | 14.7 | 17.5 | 18.9 | 15.2 | 17.8 | 14.3 | 17.0 | 15.7 | 16.2 |
| 最小電流 (A) | | 6.8 | 12.0 | 11.2 | 12.2 | 15.0 | 15.4 | 14.2 | 16.0 | 13.2 | 14.6 | 14.0 | 12.8 |
| 通電量 (k.W.H.) | | 26.5 | 25.0 | 43.2 | 24.7 | 24.1 | 54.7 | 22.4 | 30.0 | 24.0 | 27.0 | 54.0 | 37.0 |

学的固結法¹⁾を地中不透水層の形成に応用したもので、結果よりみれば実験室的規模の成果はよく現地工事に適用できることを認めることができた。電源容量はいくぶん過少であつたが、かえつて僅少な通電量でも土の不透水化にはかなりな効果のあることが実証され、今後に対する本工法に一応の目安をうることができた。

この小研究に対して、これを取上げ、その実施の機会と便宜を与えられた当時の天王寺鉄道管理局根来施設長始め同局のかたがたに深甚の謝意を表するとともに、実験効果の測定をして下さつた鳳電力区丹羽克己氏の熱意に対して衷心より敬意を表する次第である。

参 考 文 献

- 1) 村山・越賀・三瀬：アルミニウム電極による土の電気化学的固結法，土木学会誌，第38巻第3号，p. 92

(昭.29.6.22)