

り、従つて枕木応力 $\sigma_{xt} = 32.1 \text{ kg/cm}^2$ となつた。

これを従来の国鉄における静的計算法⁽⁴⁾によつて求めると $M_r = 29243 \text{ kg-cm}$ 、 $\sigma_r = 39.0 \text{ kg/cm}^2$ となる。

4. 結 言

以上によつて著者の行つた計算法ならびに数値計算例についてその概要を述べたが、計算の結果はむしろ静的計算法よりも若干少い値を示している。これについては荷重の時間函数を求めるときに3連モーメント定理が適用しうると仮定したこと及び計算の際の項数を4項までに止めたことによる誤差が含まれるものと考えられる。これらの点については更に研究を進めなければならない。また同時に荷重が枕木に

衝撃的影響⁽⁵⁾を与えた場合についても考察を行っているが、この場合の研究をも更に進めて行く考えである。

—参考文献その他—

- (1) 後藤尚男、弾性基礎にある梁の撓み振動の基礎的研究、土木学会論文集第6号、PP.125~126
- (2) 小野諒兄、鉄道線の構造及強度、PP.108~113
または、Transaction of A. S. C. E. Vol. LXXXII I. 1919. PP. 1554~1580
- (3) 最上幸夫、レール応力算定に関する一考案、山口大学工学部学報、第2巻、PP.107~111
- (4) 上掲著書2) P.91
- (5) 最上幸夫、レールに作用する衝撃荷重の影響について、土木学会第8回年次学術講演会において講演。

軟弱土壌に於ける基礎杭の電気化学的固定法について

加 賀 美 一 二 三

1. 緒 言

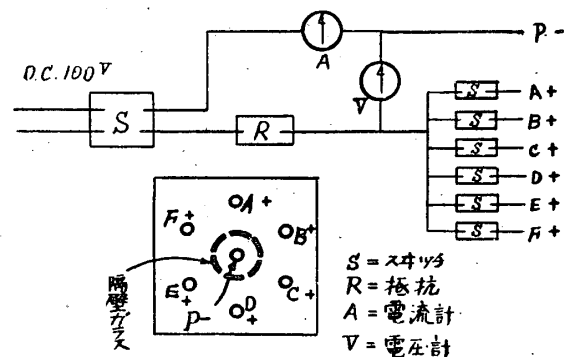
軟弱地盤に対する基礎工法は其の目的により種々なる施工法が実施せられて居り、殊に基礎杭による場合は杭端並に杭周囲の土壌は容易に排除せられ静力学的及び動力学的沈下抵抗も小であつて、杭径の大小にも其の傾向が影響されるけれども主として側方変位により落付き割合に小さい地耐力であることが一般に認められる事柄であるから、之が構築工学の研究対稱となり其の一方法として電気化学的固定法が考へられる。即ちErlench、Endell及びCasagrande⁽¹⁾の諸氏が1936年及び1937年アルミニウム薄板を木杭に取付けて直流通電による模型実験並に実際施工への応用結果を発表して居る。其の主旨は杭と杭との間の地盤を固めるのではなくて杭の表面と土壌との間の摩擦を大ならしめる層を作るにあると報告されて居る。著者は1948年丸軟鋼棒にて細い基礎杭を作り本文中の如き実験装置を組立て、実験なし、其の地盤の固化機構を吟味考察したのであるが其後1951年越賀氏が

次いで1952年村山教授⁽²⁾が食塩水飽和による固化機構を論述されて居る。

著者は本文の概要を1951年の土木学会年次大会に於て報告して居るので、以下其の内容を述べんとするものである。

2. 実験装置及び実験結果

(1) 実験装置



図一1 通電装置と実験基礎杭の配置関係

本実験は分析結果が表一1の如き土壌に対し、図一1の実験装置にて実施したものであつて、丸軟鋼棒径6m.m.、長さ43cmの杭にて杭下端は

尖状となし、陽極杭を6本とした。

成分	灼熱減	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	R ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O
%	18.58	43.27	21.32	12.79	34.11	0.61	1.02	1.32	0.94	0.77

表-1 実験使用土壌の分析表

予備実験に於て陰極の支持力は電力量の如何に拘らず無きものと考へられたので大きい径の陰極杭1本とした。実験に当り通電することにより土壌表面に水が溜つて来るので、電流短絡を防ぐため陽極と陰極との間に図示の如き隔壁を設けた。

(2) 実験結果

イ、電力量

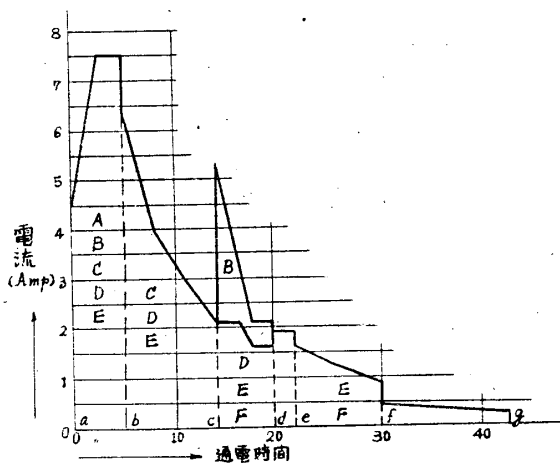


図-2 通電時間と杭数との関係

各杭に流した電力量即ち電流-時間の関係は図-2の如くなる。

今図-2を解説すると

- a-b間~6本の杭全部へ電流を通づ。
- b-c間~C、D、E、Fの4本に通電。
- c-d間~上部の線はB杭を新に回路に入れて通電。
- c-e間~下部の線はD、E、Fの3本に通電。
- e-f間~E、F2本に通電。
- f-g間~Fにのみ通電。

以上通電の結果は次値となつた。

杭種	通電時間	電力 (W. H)
A	5.	562.
B	10.5	867.
C	14.	1600.
D	21.5	2060.
E	30.	2517.
F	42.5	2937.

ロ、電力及び通電時間と支持力との関係

電力と支持力との関係は図-3となり、通電時間と支持力との関係は図-4となる。

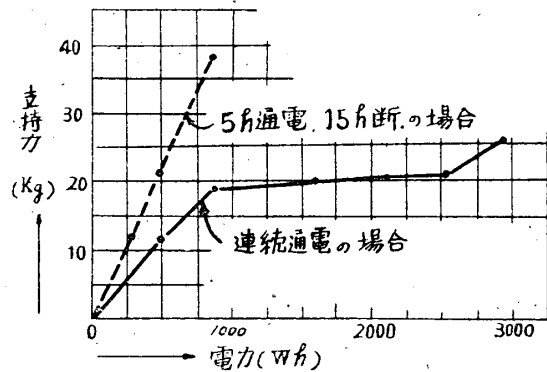


図-3 電力と支持力との関係

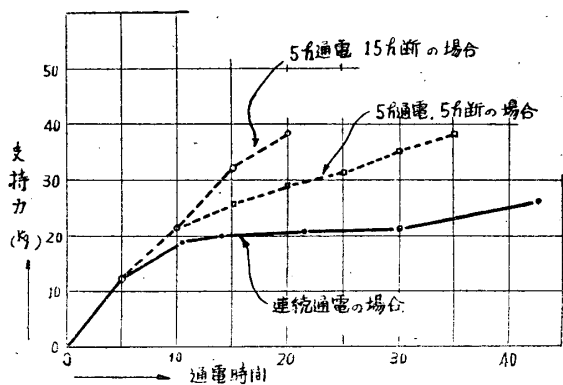
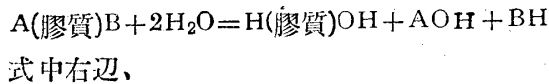


図-4 通電時間と支持力との関係

3. 土壌の固化現象と其の考察

之の種実験は電気分解作用に伴ひ電気泳動と電気滲透の作用が誘起されるものであり、本実験実施に当り気体としては陽極には酸素を僅か発生し、不燃性ガス、可燃性ガスも気泡となつて僅かながら放出する。陰極には水素を発生する。そして之の場合金属は析出しない。之は鉄イオンは水素イオンよりイオン化傾向が大であるから気体水素の発生となる。粘土壤中の植物性ガスは杭附近及び杭と杭との中間の任意点より出て、粘土壤中のガスは殆んど排除せられることとなる。通電によりイオン化しない土壤中の水分は電気滲透を起し陰極より排出される。之の電気滲透は陽極附近の水分が完全になくなるまで続き、之の脱水効果のため電気分解が無

視出来る程小となり、又粘土粒子の移動が殆んど不可能となつたとき陽極杭周囲に鱗状の凝固層が完成して杭の支持力増加となる。粘土は帯電してゲル或はゾルとなつて居るが、通電により帯電性を失ひ沈澱する。土壤膠質は主として酸性膠質と両性膠質即ち珪酸、腐植酸の如き弱酸と鉄、礬土等の如き弱塩基が部分的に結合して生成せる複合体であつて、結合に与らないH及びOHを有するため両性反応を呈するものと考へられる。そして土壤中に於ては遊離のH及びOHは他の陽イオン及び陰イオンと置換されてA(膠質)Bなる形で存在する。斯る膠質懸濁度に電流を通ずる時は電気分解により次の如き反応をなすことになる。



第1項; $H(\text{膠質})OH = \text{中性膠質}$

第2項; $AOH \rightleftharpoons A^+ + OH^-$

$OH^- \rightarrow \text{陽極(酸素発生)}$

$A^+ + \ominus \rightarrow A(\text{無荷電}),$

$A + 2H_2O = AOH + H_2$

$AOH; \sim \text{アルカリ性}$
 $H_2; \sim \text{発生水素}$ } $\rightarrow \text{陰極}$

第3項; $BH \rightleftharpoons B' + H^+$

$H^+ \rightarrow \text{陰極(水素発生)}$

$B' + \oplus \rightarrow B(\text{無荷電})$

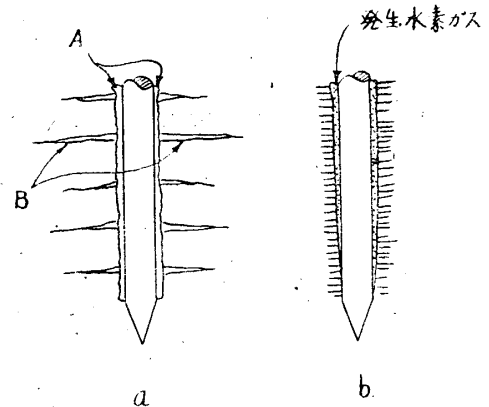
$B + H_2O = BH + OH$

$2OH \rightarrow H_2O + \frac{1}{2} O_2$

$BH; \sim \text{酸性}$
 $O_2; \sim \text{発生酸素}$ } $\rightarrow \text{陽極}$

一般に複合塩である土壤に対するPHの測定として、本実験に於ては一時間後の陰極附近の水はPH 10.5、陽極附近の水はPH 5.4となつた。陰極の鉄は水に溶解せず水素に還元されて赤錆はなくなり、陽極の鉄は化学過電圧が一般に大きいから多少溶解し附近は弱アルカリ性となる。

図一5、aのA及びBの主要電流通路の部分には鉄の溶解により弱アルカリとなり、之の部分を通つて電気泳動作用として陰極側の両性膠質(水酸化鉄、水酸化アルミニウム)は電気分解進展後陽極に向つたもので鱗状の層となつて



図一5 通電後の陽極杭及び陰極杭の状態

凝固する。又陰性膠質である膠質珪酸、膠質腐植酸等も陽極側に折出する。陰極側に移動する膠質は殆んどなく、附近の帯電して居ない粘土が沈澱して残り、陽極側に比して相当地盤の低下を生ずる。陰極側の粒子は帯電性をもたないため、陰極側の水は清澄となり、陽極側は鉄の溶解等にて懸濁度が甚しい。陰極側は図一5、bの如くなり支持力がなくなる。又極附近の温度は一般に陰極側が大となる。本実験に於て電流7.5アンペアーの場合陰極最高温度は97°C、陽極は37°Cとなつた。之は隔壁内の水面積の大小にも影響されるが相当間隔があれば温度の上昇は小さく、Endell氏は温度上昇せずと報告されて居る。そして陽極附近の土壤は褐色がかつた黒味を帯びて居り固状となる。褐色は鉄分と考へられ、之の固状の土壤が陽極に密着し杭支持力増大の一要因となると言へる。

又図一5、aの杭周面A部分の厚さは1cm程度、B部分は杭周より4~6cmの半径距離の鱗状層となる。之の層状をなす鉱物質は水に不溶のもので萬一水浸すると仮定するも、之の金属化合物的鉱物質のため層間に挟まれた部分は群杭構造でも採用すれば水の影響を受けることは少いと考へられる。若し杭荷重が過大となつた場合はB部分剪断作用による滑出しも考へられるのである。一般に100V程度に於て電流を通ずる経済的電力に於て、連続通電は30倍、断続通電にては60倍以上の支持力増加となつた。

電流は電解、電気泳動及び電気滲透に費されるものにて、連続通電した場合より断続的に長時間通電した方が図一4の実験結果の如く効果

的である。之は電気泳動及び電気滲透に消費される電流×時間による支持力増加が、電解に使用された同量の電力による支持力増加より大であることの立証である。即ち水分が小になると電流を断ち、水分の増加をまち電気泳動に好条件にしつゝ通電したことによるもので電気滲透も断続的にする方が完全となるからである。

4. 結 言

軟弱土壤に於ける基礎杭の支持力増強並に地盤固定工法として本実験結果に見る如く可成りの好成绩を示し、Casagrande氏の報告要旨と相当異なり金属化合物的の鱗状鋳物質層を形成し且つ層間の土壤固化も強固のものとなる。そして其の基礎杭の支持力増加は100V程度に於て通電した経済的電力に於て、連続通電は30倍、断続通電に於て60倍以上となつた。

以下二、三の点を指摘して見ると、

(1) 通電方式は種々吟味されるべきであり、本実験に於ける陽極附近の土壤はゲル状となることは殆んどないと考へられるが、陰極側は水の浸入に対し元の不良状態となる恐れあるに よりセメント凝固による如き工法の併用が望ましい。又接地抵抗の小なる極板を用ひることも一方法と考へられる。

(2) 本法は土質に於て膠質の多いもの程電気泳動が大であり、砂質となる程効果が少いと考へられ又鉄分の多いもの程良好と思はれる。

(3) 極として電導度の点よりは銅やアルミニウムが優れるが、水酸化物や附着物質との間の剪断応力に於ては鉄が尤であると同時に経済的並に実用的であると考へられる。但し1952年村山教授の研究成果報告の如くアルミニウム極板は脱水効果のため、土壤がポーキサイト転移となれば新見界となり更に一段有望の工法として認められる。

終りに本実験に当り本科助手長谷川博氏の勞にまつ所が多い。こゝに記して感謝の意を表する。

参考文献；～

- (1) L. Erlenbach, "Anwendung der elektrochemischen Verfestigung aufschwimmende Pfahlgründungen," Bautech. 1. Mai. 1936 S. 257~259
- (2) L. Casagrande, "Grossversuch zur Erhöhung der Tragfähigkeit von schwebenden Pfahlgründungen durch elektrochemische Behandlung," Bautech, Heft. 1. 1937. S. 14~16
- (3) 加賀美一二三, "軟弱地盤における基礎杭の電気化学的固定法について", 土木学会年次大会講演発表, 1951.5月
- (4) 越賀正隆, "粘性土の電気処理について", 土木学会年次大会講演発表, 1951.5月
- (5) 村山朝郎, "アルミニウム電極による土の電気化学的固定法", 土木学会年次大会講演発表, 1952.5月

直六面体熱傳導の一解析

村 川 勝 彌

1. 緒 言

境界条件が時間tの一般的な函数なる場合の解析を見る機会に恵まれないので直角座標(x,

y, z)を用い、内部に熱を発生する場合を解析した。λ=熱傳導率 a₁, a₂=熱傳達率

2. 熱傳導微分方程式と境界条件

$$\frac{\partial u}{\partial t} = k \cdot \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) + Q(x, y, z, t) \quad (1)$$

$$\left(\frac{\partial u}{\partial y} - h_1 \cdot u \right)_{y=0} = 0 \quad (5)$$

$$h_1 = \frac{a_1}{\lambda}, h_2 = \frac{a_2}{\lambda}, (u)_{t=0} = f(x, y, z) \quad (2)$$

$$\left(\frac{\partial u}{\partial y} + h_1 \cdot u \right)_{y=b} = 0 \quad (6)$$

$$\left(\frac{\partial u}{\partial x} - h_1 \cdot u \right)_{x=0} = 0 \quad (3)$$

$$(u)_{z=0} = F(x, y, t) \quad (7)$$

$$\left(\frac{\partial u}{\partial x} + h_1 \cdot u \right)_{x=a} = 0 \quad (4)$$

$$\left(\frac{\partial u}{\partial z} + h_2 \cdot u \right)_{z=c} = 0 \quad (8)$$