

III-147 河床下伏流水の電気アナログ法による解析について

大林組技術研究所 正員 斎藤 二郎

〃 〃 〇 西林 清茂

〃 〃 〃 平岡 邦興

1. まえがき

河川の水を集水設備によって直接取水する場合は通常の水理学的解析方法によって設計計画しても大きな誤差をまねくことは少ないようであるが、河床下も含んだ河川敷内の滞水地盤に複数の有孔ビューム管、鉄管と井戸あるいは埋渠として設置し、地下伏流水と取水する場合の設置計画においては問題が多い。すなわち滞水層となる地盤の状態、集水管設置状態、各集水管の相互干渉などによって伏流水は三次元的に複雑な挙動を示すからである。特に既設集水管に近時に位置し新しく集水管を設置して取水量増加を計画する場合には、附近一帯の伏流水は既設集水管によってすでにポテンシヤル変化を受けており、また新設集水管が設置されることによってこれらのポテンシヤルは再び変化し、当然既設集水管の取水量も影響を受ける。したがって、限定された地区内では新設集水管による全体の取水量増加を最大にするためには滞水層地盤状態、伏流水の供給水源の位置なども考慮して各集水管の相互干渉が最も少ない位置を決定する必要がある。

筆者らは新設集水管の設置位置決定あるいは既設集水管の取水量増加方法などの複雑な解析と必要とする伏流水の実際問題を寒天を使用して三次元的電気アナログ法によって解析している。

ここでは集水管設置計画に適用した二つの実施例をもとに伏流水の問題と電気アナログ法で解析する場合の一般的方法と集水管設置位置によるポテンシヤル分布の変化および取水量について述べる。

2. 電気アナログ実験方法と解析

電気アナログ法は模型実験であるため、現地調査を十分に行なわなければならない。現地調査が電気アナログ法解析の精度を左右するといつても過言ではない。

2.1 現地調査

Ⅰ地盤の土質性状-----特に地盤の透水性を基準として対象地区を中心に附近一帯の地層構成と調査する。この結果をもとに滞水層の層数、深さ、分布を決定する。

Ⅱ河床の状態-----河床下に集水管が設置されていなくとも、供給水源であるので河床下の不透水性物質(ヘドロ)の堆積分布状態および河床の断面形状を調査する。

Ⅲ滞水地盤の透水性-----流量解析の場合、透水係数の値は比例的に影響を与えるので、現場透水試験を実施し正確な値を求める。

Ⅳ地下水位(水圧)分布状態-----とくに既設集水設備があつてすでに取水している場合には附近一帯の伏流水は水圧低下を受けているので、水位観測井を設置して水圧ポテンシヤル分布状態を調査する。

Ⅴ既設集水設備の状況-----構造の仕用、地下水位との深さ関係など。

Ⅵその他-----河川水位の季節的変動、河川以外の地下水供給源など。

これらの現地調査結果をもとに電気アナログ模型実験を実施する。

エ2 実験装置の作成

1.) 実験対象範囲の決定——模型実験であるかぎり、無限の広がりをも再現することは不可能であつたの
現地調査結果の地盤状態、水圧ポテンシヤル分布状態、集水管の設置条件などによつて対象範囲と
決定する。

2.) 各模型構造物の作成——対象範囲が決定すれば、滞水層厚、集水管構造物の大きさなどから実験粗
模を定め各構造物も模型縮尺に応じて作成する。滞水地盤は適当な比電導度の寒天とする。異なる
透水性も持つて2層以上の地盤の場合には、各々の透水性の比に対応した比電導度の寒天を使用す
る。不透水性地盤は絶縁を施した実験槽の側壁、底板あるいは寒天地盤の切り取りによる空気へ
の置換にて表わし、河床形状は型枠あるいは寒天地盤の切り取りで作成する。

集水管、井戸の模型は集水孔の開口率を考慮した模型とする必要がある。現在ではエボナイト棒
を本体に銅線を巻きつけたものである。銅線の巻
きつけ方は次のような予備実験で定める。集水孔
は点状であるので、(1)点状と線状の区別、(2)銅線
が円形であるため、平板と円形との区別を電氣的
に調べ、たとえば図-1の場合には開口率2.8%、管
径1500mmの集水管に対してφ10mmのエボナイト
棒にφ0.22mmの銅線を単位長さ(1cm)あたり2cm
であつた。

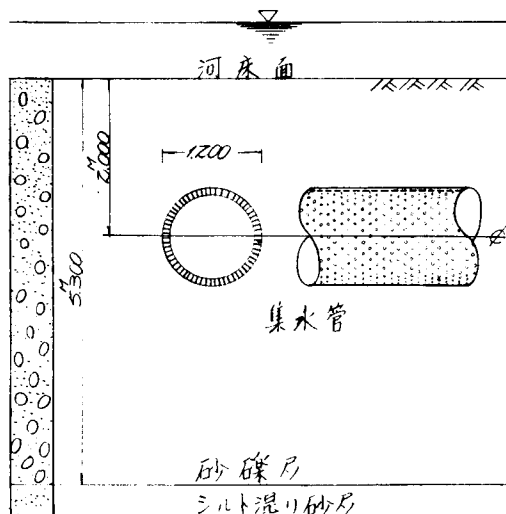


図-1 集水管構造および設置位置(実施例-1)

エ3 実験の実施方法

各実験装置が完成したら、伏流水の供給源に
銅板を設置し、集水管模型との間に配線を行なう。

実験の第一段階は既設集水管のみを設置し、地盤条

件は実際のまゝとして置く。そして概略判断した境
界条件(主に伏流水の供給源)のもとでポテンシヤル

の測定を行ない、一回のポテンシヤル分布状態を求める。このポテンシヤル分布を現地調査結果の
水位(水圧)ポテンシヤル分布と比較し、くい違いの部分があれば模型実験の境界条件が間違っている
のであるか境界条件を修正し、再びポテンシヤル分布を測定し同様の操作をくり返してできるだけ
現地のポテンシヤル分布に近づける。大抵の場合、この操作は一回で終了することなく5回、6
回と試みることになる。この段階が実験における最も重要なポイントである。(実施例-2)と例に挙げ
て説明する。図-2は現地水位測定結果をもとづくポテンシヤル分布図である。河床下の滞水層の水
位(水圧)測定は観測管設置の都合上できなかったが砂上部には32本の水位観測管を設置して各位
注。

実施例-1——山陽バルブ岩田工場の工業用水取水増加計画において河床下に布設された5本の既設集水管
に加えて新たに5本の新設管を設置する際の集水管設置位置の検討に適用したものである。

実施例-2——東洋紡岩田工場の工業用水取水増加計画において砂州の部分に埋設されている既設
集水管の取水能力増加方法を検討したもので砂州の部分に木田状あるいはクレープ状
に河水と呼び込んだ際の効果を検討した。

置の水位を求め水位低下等分布線を描いた。ラインに記入されている数字は最大水位低下量も100としこの場合のパーセンテージを示したものである。このポテンシアルラインを見ると最大のポテンシアル低下を示しているのは河岸からかなり砂州の内部に入り各集水管の合流地まであつてこの部分と中心にして附近一帯のポテンシアルは大きく低下している。したがつてこの部分の集水管の取水能力を増加させるためには既設集水管に近い部分にフリーク状の水路を造成し、河水と呼びこんで周囲のポテンシアルをあげておけば効果的なことが推察できる。図-3は電気アナログ模型実験から求めたポテンシアル分布状態である。このポテンシアル分布と得たまで境界条件を4回修正している。両者と比較すると全体的にはかなり収まらなかつたポテンシアル分布を示しているが、90%のポテンシアル

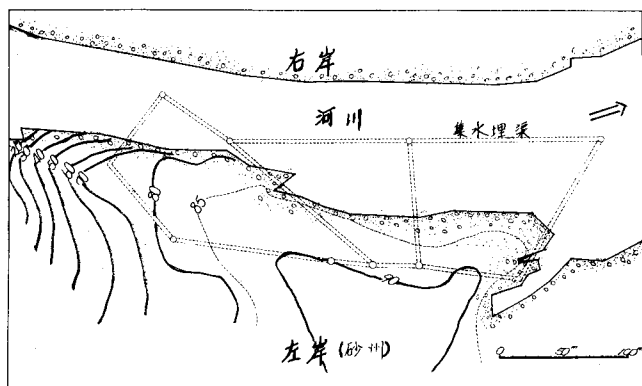


図-2 現地調査結果によるポテンシアル分布状態

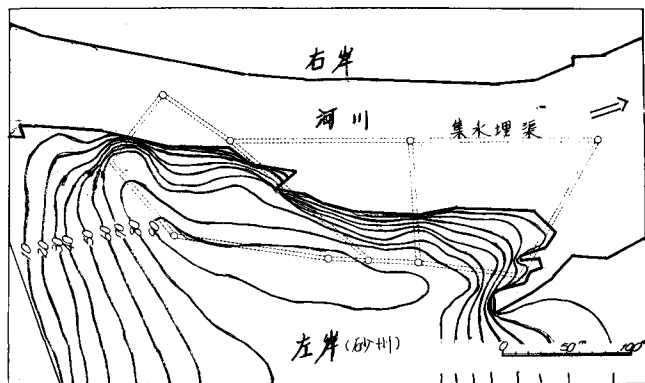


図-3 電気アナログ法によるポテンシアル分布状態(才4回修正)

分布の形状と下流の河岸一帯および河岸附近のポテンシアル分布の差異が目立つ。これは河の中でも河岸に近い部分はヘドロが堆積し河水の流入はほとんどないにもかかわらず、流入源としないため、さらに修正するためには河岸部分の流入境界条件を変えてポテンシアル規定を実施する必要がある。

2.4 新設管による取水水量増加の解析

2.3で述べたように模型のポテンシアル分布状態と実際のポテンシアル状態とでできるだけ一致するように境界条件を修正し終わらばならは取水水量増加の解析と行なう。ここでは(実施例-1)の新設管増設の場合について述べる。図-4は既設集水管の配置およびポテンシアル分布を示したものであるが、まず既設管のみの取水水量と実験結果から算出し、実際に判明している取水水量と比較する。実験値と実験値の差があれば、その誤差の割合を求めておき新設管の取水水量算定のときの参考とする。この例の場合には、実験値 5000 ~ 6000 m^3/hour に対し実験値は 4990 m^3/hour であつた。このポテンシアル分布を見れば、各集水管の周囲の伏流水はかなりのポテンシアル低下を受け、集水管 #1, #2, #3 の附近がとくに大きく影響を受けている。この影響の受け方は各集水管同志の相互干渉である。このようなポテンシアル分布を示す地区に新設管を増設する場合の位置としては集水管 #3 と #4 および #4 と #5 の間が適当と判断される。図-5は新設管の位置を #3 と #4, #4 と #5 の位置に設置した場合の附近一帯のポテンシアル分布であり、表-1 は各集水管の算定取水水量である。新設集水管 A, B が設置されたために全体の取水水量は 11.2% 増加した。しかし

ながら、既設集水管の各集水量はいずれも低減し、とくに新設集水管に近接した集水管#4、#5の場合は#4が15%、#5が13.8%と影響が大である。他の集水管は影響も10%以下で、新設管から最も離れた集水管#1は6.9%の低減にとどまり最も影響が小さい。取水量の低下と合わせてポテンシナル分布と見ると密接な関係にあることがわかる。集水管#4は最も取水量の低減を受けているが、この集水管の周囲のポテンシナル分布は新設管#A、#Bによって以前とは大巾に変化し、相互干渉が最も著

集水管	#1	#2	#3	#4	#5	#A	#B	全体
既設管の 集水量 m ³ /hour	1450	1700	590	600	650	—	—	4990
新設管増設 集水量 m ³ /hour	1350	1540	540	510	560	590	460	5550
低減率 %	-6.9	-9.4	-8.5	-15.0	-13.8	—	—	+11.2

表-1 新設管増設による既集水管の取水能力低下

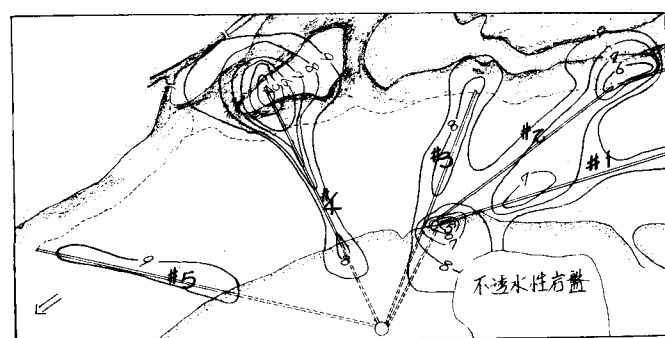


図-4 既設集水管のみの場合のポテンシナル分布

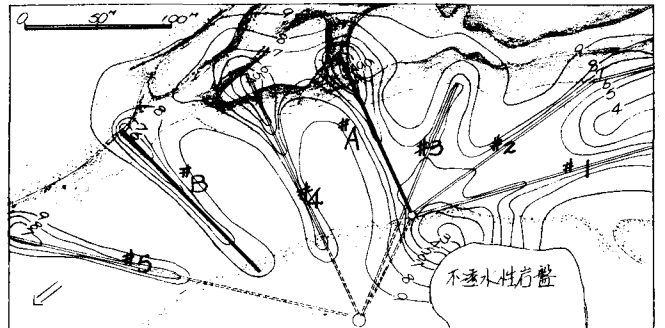


図-5 新設管#A、#Bを加えた場合のポテンシナル分布

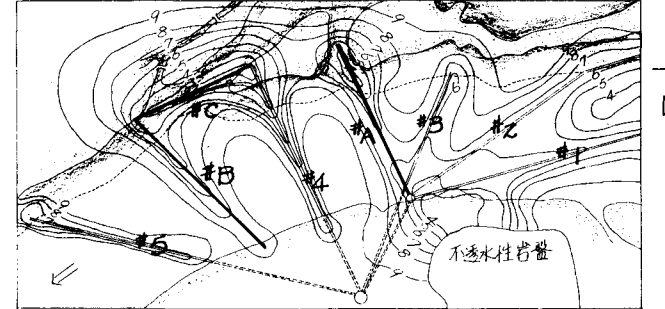


図-6 新設管#A、#B、#Cを加えた場合のポテンシナル分布

るしい。又、集水管#1、#2の附近のポテンシナル分布も既設集水管のみのときのポテンシナル分布と比較した場合影響の範囲が広がっており、取水量の低減と関連していることがわかる。

図-6は新設集水管#Cを加えた場合であるが、河床部分にヘドロ等の不透水性物質が堆積しているため効果は少なく、全体の集水量が12%増加しただけで、集水管#Cによる効果は0.8%の取水量増加にとどまっている。この部分けすに集水管#4と#Bによってポテンシナル低下を受けていたことが図-5によって明らかである。

以上のように電気アナログ法を用いて伏流水の解析を行なえば複雑な問題も簡便明瞭に解析することができる。

3. あとがき

筆者らはこの電気アナログ法をドック渠底下の減圧排水、止水天板根入れ長、ディープウエルの設置、堤体内の浸透流問題など浸透流の問題の研究を進めるとともに実際の工事計画に適用して効果を挙げている。

図の説明

砂州および隆起部

黒塗りの部分

河床下ヘドロ堆積

有孔集水管(既設置)

無孔導水管

有孔集水管(新設)

数字は自然地下水位を10とした場合の各ポテンシナルを表わす。