III−15　地中ダム化による地下水規制

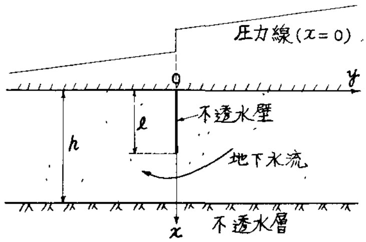
京都大学工学部　工博　正員　　松尾新一郎
同　大学院　工修　学生員　○河野伊一郎

1．概　説

用水需要の増大が地下水の過剰揚水となり，引いては地下水位低下，揚水量の減少から帯水層の破壊，とりわけ臨海工業地帯では地盤沈下という事態にまで至っている。こうした現状では，もはやこれ以上の地下水開発が不可能であることを物語っている。かつて，地下水は無制限に存在し，揚水施設の能力次第でいくらでも揚水利用できるかのように取り扱われてきたところにその原因がある。ここに至って，無駄な地下水の放流をなくし，許容限度内において最大限有効にこれを利用するためには，人為的な地下水位調節，地下水流制御など，地下水の規制が必要である。ムダ，ムリ，ムラのない地下水開発を計ると同時に，地下水の弊害を除去することが理想であり，目的である。こうした地下水開発・保全に対する積極的な努力；すなわち合理的な地下水規制とは，たとえば，帯水層中に不透水壁を造ることによって地下水位の調節を図り，地下水流を規制することなどである。計画的，意欲的な地下水規制の努力から，いままでよりも数段の有効な地下水利用が可能となり，あるいはまた被害を軽減することができる。勿論，このような考えの実現には困難な問題は数多く予想されるけれども現在の土木技術の水準からして決して不可能ではない。以上の観点から，地中ダム化による地下水位と地下水流の規制を念頭に，被圧地下水と自由地下水との基本的な場合について，地下水位，地下水流の変化を解析した。

2．被圧地下水帯における地中ダム化

図−1に示すように，透水層厚さが一定で無限に続く被圧地下水帯中に不透水壁を造った場合，地下水流と地下水位の変化について考察した。流線網作成にあたって等角写像の理論を用いて計算し精密解を求めた。式(1)はその写像関数である。

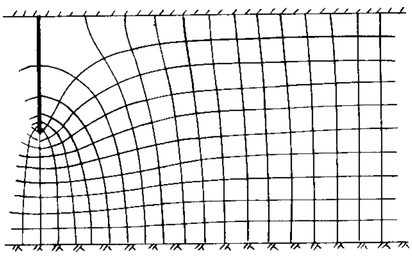


図−1　被圧地下水

$$w = \frac{2h}{\pi}\cdot k\cdot I\cdot \cosh^{-1}\frac{\cos(\pi z/2h)}{\cos(\pi \ell/2h)} \quad \text{----------}(1)$$

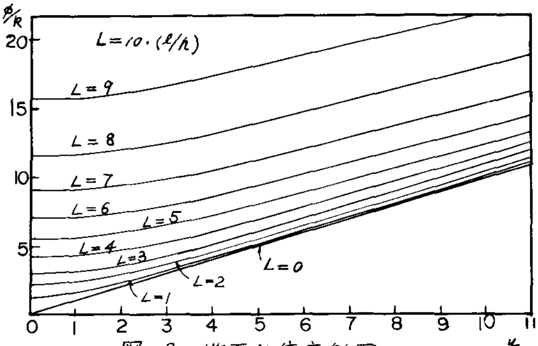
$$w = \phi + i\psi,\qquad z = x + iy$$

ここに，ϕ；ポテンシャル関数，ψ；流関数，
h；透水層厚さ，I；ダム化前の動水勾配，
k；透水係数　ℓ；不透水壁の長さ，
$(x,\ y)$；図−1での直角座標（z−平面），



図−2　流線網　$(\ell/h)=5/10$

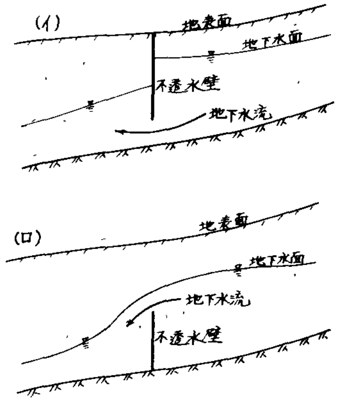
図−2はその一例として$(\ell/h)=5/10$の場合の流線網である。(ℓ/h)の変化と地下水流，地下水位の変化との関係を検討するため，$(\ell/h)=1/10\sim 9/10$の場合に分けて計算した。図−3は(ℓ/h)をパラメーターとして$x=0$面上の地下水位を図示したものである



図−3　地下水位変動図

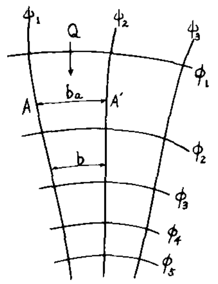
ただし，横座標のディメンジョンは（$h/10$），縦座標のディメンジョンは（$h\cdot I/10$）である。したがって，$L=0$ のグラフは不透水壁のない場合，すなわちダム化前の地下水位線であり，勾配は I である。また，図−2，図−3 は縦断面解析の結果であるが，これを平面図と考えて，巾($2h$)の地下水流路に，巾(2ℓ)の完全不透水壁を造った場合の結果とみなすこともできる。

3. 自由地下水帯における地中ダム化



図−4　自由地下水

自由地下水帯に不透水壁を造った場合，縦断面図で描くと図−4のようなケースが考えられる。しかし不透水壁付近の自由地下水の水面形を正確に決定する方法は，いまだ，はっきりしていないようである。考えられる方法としては，模型実験による方法，数値解析による方法，流線網による作図くりかえし法，その他であるが，いずれの方法もその精度において疑わしいところがある。筆者は，被圧地下水の流線網から出発して，数値計算を折り混ぜた流線網修正法が適当であると考えている。つぎに，縦方向に流速勾配がないと考えられる地点で地下水位変動量が決った場合の地下水位変動解析法については別に発表した。[1] この自由地下水の2次元的解析法を拡張し，これに地下水流の巾の変化を考慮した方法を採用する。図−5において，流線を ψ_i，ポテンシャル線を ϕ_j，二つの流線 ψ_1，ψ_2 にはさまれた流路の巾を b とし，この流路を流れる単位時間当りの地下水流量を Q とすると，Darcy の法則から，



図−5

$$Q = k\cdot I\cdot h\cdot b \quad \text{-----------} (2)$$

式(2)において，Q，k を一定とすれば，(厳密には Q/k が一定)

$$I = (Q/k)\cdot\frac{1}{b\cdot h} \quad \text{または，} \quad h = (Q/k)\cdot\frac{1}{b\cdot I} \quad \text{---} (2)'$$

流路の任意の一地点（A−A′）で，h_a，I_a，b_a を測定すれば 式(2)′中の（Q/k）の値が求まることになり式(3)が成立する。

$$I = (b_a\cdot I_a\cdot h_a)\cdot\frac{1}{b\cdot h} \quad \text{または，} \quad h = (b_a\cdot I_a\cdot h_a)\cdot\frac{1}{b\cdot I} \quad \text{-----} (3)$$

地下水位が $\pm\Delta h$ 変動したとき，動水勾配が $\mp\Delta I$ 変化したとすると，

$$I \mp \Delta I = (b_a\cdot I_a\cdot h_a)\cdot\frac{1}{b(h\pm\Delta h)} \quad \text{-----------} (4)$$

流路を流線方向に適当に細区分し，式(4)をくりかえし用いて水位変動を解析する。

参考文献　1) 松尾，河野「地下水の変動解析について」土木学会関西支部年次学術講演会講演概要（昭和37年），Ⅱ−15，P73〜74．