

「水位低下の伝播状況」の訂正

— 第 63 回流域委員会 資料 4 : 「井戸の補償」に関連する「潮止堰の試験転倒」について —

川谷 健

第 64 回流域委員会において訂正しましたとおり、私が第 63 回委員会に提出しました標記の意見書のなかで、「水位低下の伝播状況の概算値」に計算間違いがありましたので、ここにあらためて修正値を報告します。そのうえで、「試験転倒で・・・期待されるような成果はほとんど得られないと考える」ことには変わりのない理由を述べます。

(訂正箇所) 第 63 回流域委員会 資料 4 川谷意見書 P.32, 3 行目: 「その結果では、低水護岸から 10m の地点で何らかの水位低下の兆候が現れ始める可能性があるのが約 1 週間後、20m 地点で 1 月後、30m 地点では 2 月以上も後になる。」を、後述の表-1 の内容に差し替え。

【訂正内容】

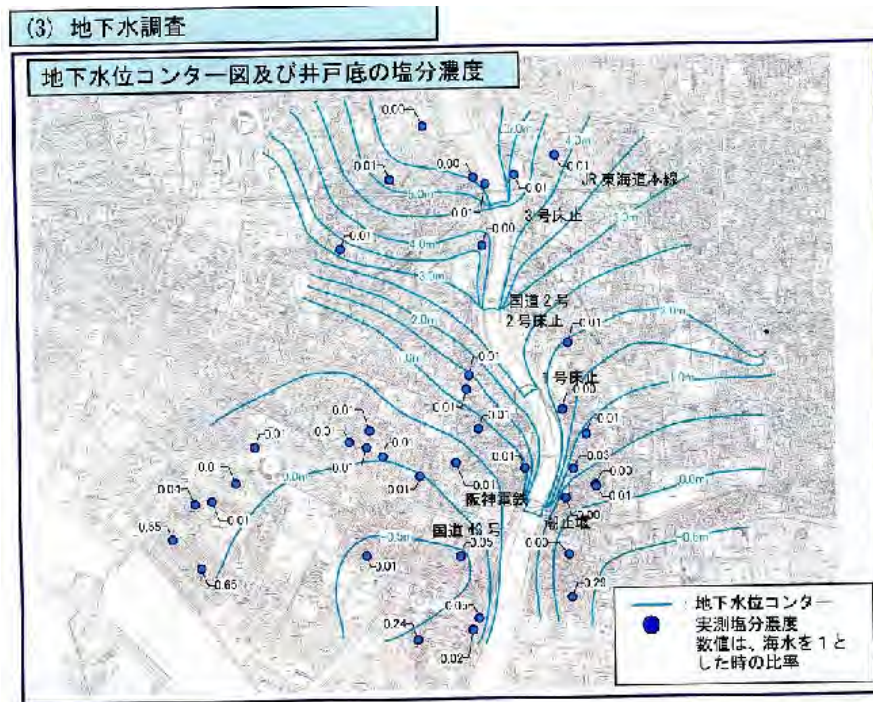


図-1 地下水水位コンター図および井戸底の塩分濃度

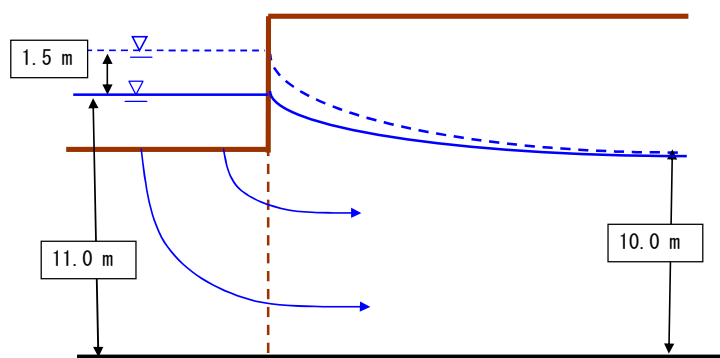
(第 55 回流域委員会 資料 5-4 P.26)

図-1 の地下水位の等高線を見ると、左岸側では、等水位線は、2 号床止付近より上流で北東方向、1 号～2 号床止より下流ではほぼ東西方向に伸びており、1 号床止より下流のごく限られた領域だけで等水位線が河川と平行になっている。したがって、左岸側の地下水は南東ないし南方向に流れ

ており、その多くは1号床止より上流の河川区間から供給されており、1号床止から潮止堰の区間からの河川浸透水は河川近傍の狭い領域では東流するものの、すぐに南に向きを変えて河川に沿って流下すると考えられる。右岸側でも、地下水の多くは2号床止ないしは1号床止より上流区間の河川から供給され、南あるいは南西方向に向かって流れ、1号床止から潮止堰の区間からの河川浸透水は河川近くの狭い領域で西流するが、すぐに南に向きを変えて河川に沿って流下すると考えられる。すなわち大局的には、河川からの浸透水はほとんど東流あるいは西流せず、北から南を向いて流れ、井戸地点での地下水は、井戸よりかなり上流の河川区間からの河川浸透水に由来する部分も大きいと考えられる。

このように、いま「試験転倒」で対象としている（右岸の）井戸群についても、その位置が1号床止より下流であっても、必ずしも井戸水は1号床止より下流区間の河川浸透水に由来するだけでなく、もっと上流区間からの河川浸透水にも由来すると考えられる。それゆえ、潮止堰の転倒によって1号床止～潮止堰の区間の河川水位が低下しても、それが井戸群の水位低下に直ちにつながらない可能性にも十分に留意する必要がある。

上述のとおり、（右岸の）地下水が河川浸透水の東流によってのみ供給・維持されているものではないけれども、仮に東流のみ（すなわち河川法線に直交する2次元断面内の地下水流れ）であるとして、河川水位の変化（低下・上昇）が地下水位の変化として伝播する状況を簡略な理論式を適用して算定した。以下に算定条件と算定結果を述べる。



図－2 河川水位の低下と地下水位の低下（概念図）

図－2のように、河川水位が低下すると（図では1.5 m）、河川近くの地下水位は低下するけれども、河川から遠くでは（すなわち図の右端の概念的な遠方境界）、元の水位（図では10 m）に近づく。理論式では河床からの浸透を取り扱えないので、まず図－3のように、地下水は鉛直な全断面から流入する（例えば貯水池の鉛直面から流入する）とする。したがって、河床からの流入量よりは大きい流入がある状態を設定していることになる。このようにしてもまだ理論式を適用できないので、図－4の場合を考える。すなわち、目的を「水位変化の伝播状況を把握すること」にしぼって、（水位低下の問題を水位上昇の問題に置き換えて）、もともと地下水位が外水位と同じである状態から、急に外水位が1.5m上昇した場合に、地下水位の上昇量とそれに要する時間を算定した。

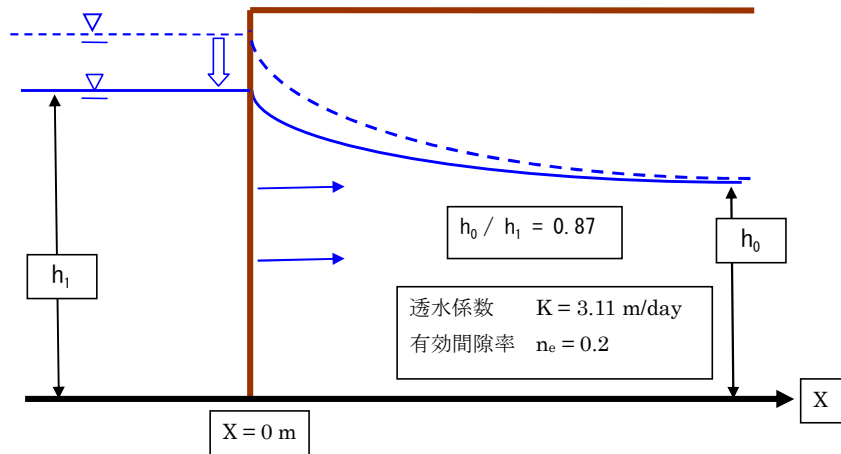


図-3 地下水浸透場の簡略化（概念図）

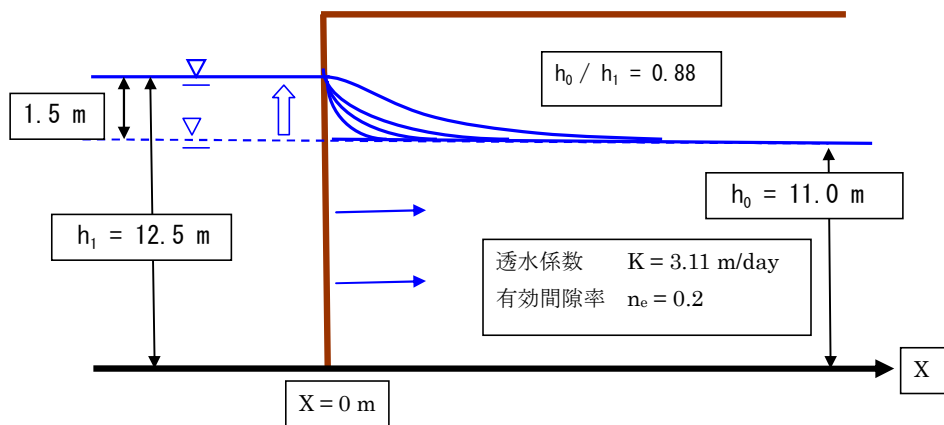


図-4 外水位の上昇に伴う地下水位の上昇の伝播

この算定には、県がシミュレーションに用いた値を考慮して、“帯水層厚” $h_0 = 11\text{m}$ 、“有効間隙率” $n_e = 0.2$ 、“透水係数” $K = 3.6 \times 10^{-3} \text{ cm/s}$ を採用し、また潮止堰転倒による“河川水位の低下量” = 1.5m （・・実際は 1m 弱）とした。

算定には、ポルバリノバ・コチナの「 $u \sim \xi$ の関係図表」を利用した。ここに、 $u = \frac{h}{h_0}$ 、 $\xi = \frac{X}{2} \sqrt{\frac{n_e}{Kh_0 t}}$

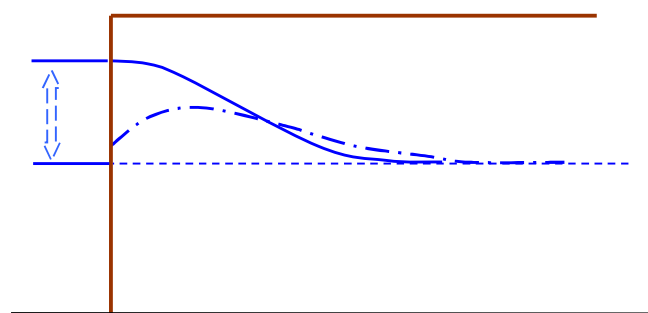
であり、 h は地下水位、 X は外水境界からの距離、 t は水位上昇・低下開始からの経過時間である。

算定結果を、表-1に示す。

表－1 外水位上昇に伴う地下水位の上昇の伝播（図－4）

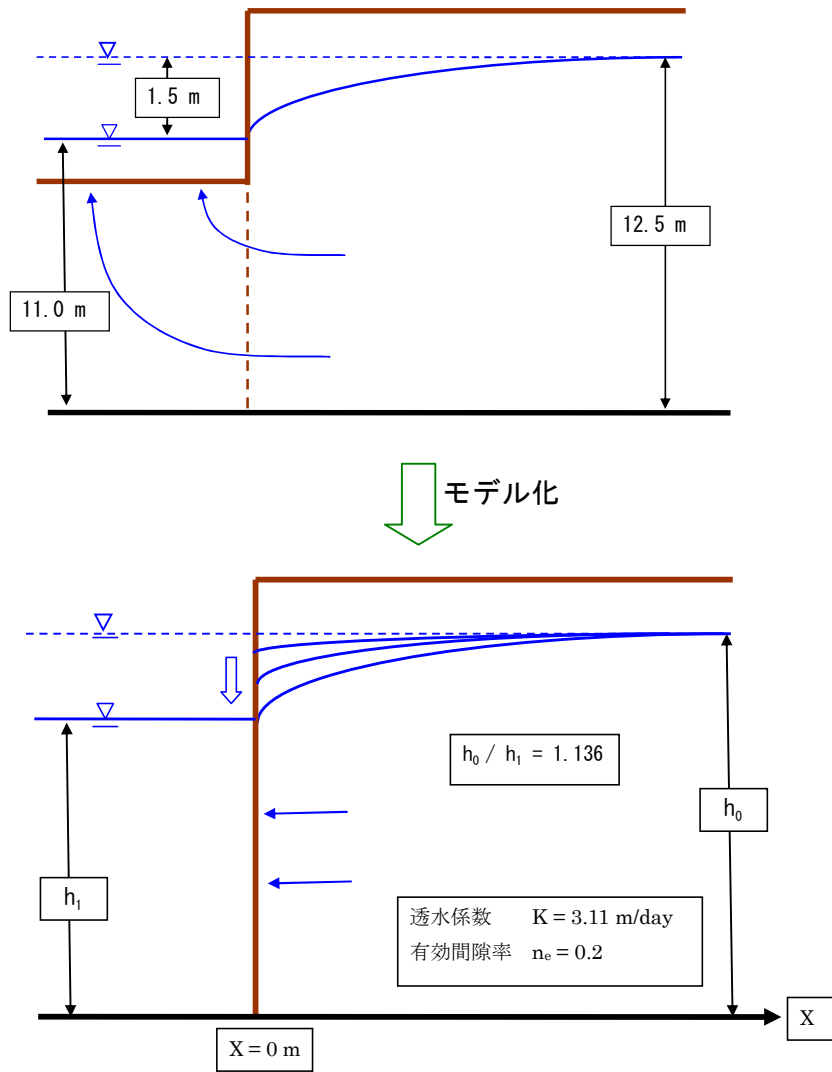
X (m)	水位低下・上昇に要する“日数”	
	50% (0.75 m) 低下・上昇	80% (1.20 m) 低下・上昇
10	1	4
20	4	15
30	8	30
50	20	75
70	40	160
100	80	320
150	180	720

表－1 に示すとおり、低水路護岸から 50m はなれた地点（ほぼ河川に直近の井戸）で、外水位の 50%相当の地下水位上昇が生じるのに 20 日程度かかり、井戸の多くが存在する 100m 以遠では 80 日程度かかる。これは、もちろん外水位を上げたままにし続けた場合である。短期間だけ外水位を上げた後、再び外水位を元の水位に下げれば、水位上昇は遠くに伝播せず、伝播しても小さいものとなる（図－5 参照）。このため、試験転倒において観測井の候補に挙げられている民生井戸でも河川から 50m 程度は離れていること、また現実には地下水が必ずしも東流していないことなどを考えると、主として民生井戸を利用して緩慢で小さな水位低下を一定精度を保ちつつ継続して計測することは実際には難しい作業であると考えられる。



図－5 外水位の上昇・低下に伴う地下水位の変動イメージ

なお、「水位低下」に視点を置いて、後述のモデル化を行い（図－6 参照）、水位低下の伝播状況を上述の方法で算定した。その結果も、概算値としては上掲の表－1 と同じである。



図－6 水位低下の伝播の算定モデル

【参考】

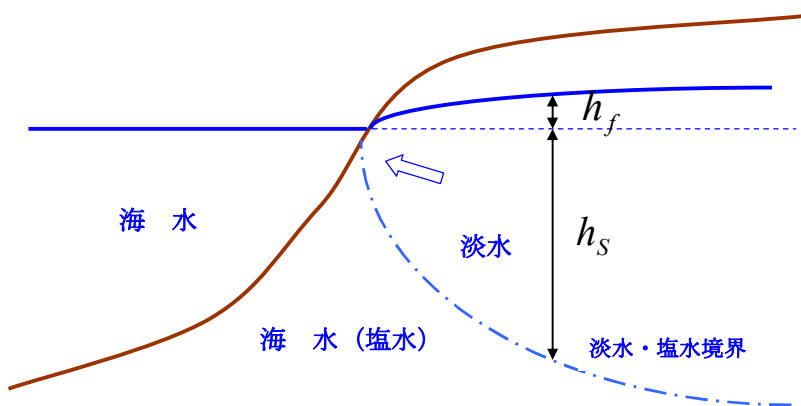
地下水帯への海水・塩水の侵入に関連して、臨海地の不圧帯水層において塩水域を概算する簡便式が「ガイベン・ヘルツベルグの近似式」として与えられている。海水・塩水の帯水層への侵入現象を地下密度流として認識するための出発点として、参考のため、近似式について以下に簡単に述べる。

図－7に模式的に示すとおり、海水の比重が 1.025～1.03 程度であっても、淡水（真水）より重いので、定常状態では、海水・塩水は帯水層の底部・下層に侵入し、淡水（地下水）はその上を海に向かって流れ、海岸線で浸出する。地下水（淡水）が浸出する海岸線のごく近傍を除けば、淡水と塩水の領域の境界位置は次式（ガイベン・ヘルツベルグの近似式）で見積もられる。

$$h_s = \frac{\rho_f}{\rho_s - \rho_f} h_f \cong (33 \cdots 40) h_f$$

ここに、 ρ_f は淡水の密度、 ρ_s は海水の密度、 h_f は海面から測った地下水面の高さ、 h_s は海面から測った淡水・塩水境界の深さである。海水の比重が 1.025～1.03 とすれば、上式に示したように、淡水・塩水の境界は h_f の 33～40 倍の深さにあることになる。例えば、地下水面が海面より 25cm 高ければ、そこでの淡水・塩水境界は海面下 8m～10m にあることになる。

河川から帯水層への塩水侵入は、このように単純化して取り扱えない要素が多々あると考えられるが、それでも、塩水侵入が地下密度流の問題であることには十分留意する必要があると考える。



図－7 臨海地の地下水（淡水）浸出と海水の帯水層への侵入（概念図）