

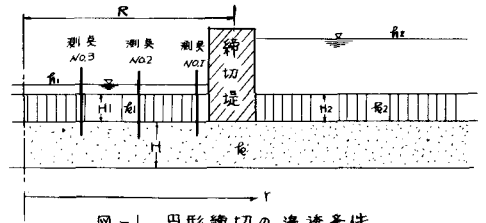
1. まえがき 河川や湖沼の中、あるいは岸に接して河川構造物を建設する場合、仮締切堤防を作り、施工場所をドライにして工事を行なう場合が多い。この場合締切堤に接する水面が高いと激しい漏水が起ったり、また漏水は起らないときでも締切区域の地盤が湿潤になりすぎたりして、工事に支障を及ぼすことがあるので浸透水の処置が問題になる。

地盤を構成している地層や浸透条件が複雑で実際の浸透流は複雑であるが、単純な場合を仮定して検討を加えた。まず締切堤の設置形状を円形とし、地盤は透水層上に表層が覆っているものとする。

このような条件で締切区域内の水位を低下させたときの浸透を定常流と考え、透水層内の水頭分布、締切区域内へのパイピングを防止するためのディーフウェル、ウェルポイントなどの対策工法の効果を検討した。¹⁾ その後、締切工事中の観測を行ない、締切区域内の水位低下にもよる透水層内の水頭が変動していく状況がわかったため、ここでは締切区域内への浸透を非定常流として取り扱ったものについて述べる。

2. 定常流としたときの浸透

図-1に示すように地表を半透水性の表層が覆い、その下に透水層が存在するような地盤を想定する。締切堤の幅を無視し、流れが中心に対して軸対称と仮定すると透水層内の分布は次のようになる。



$$r \leq R \text{ において } h_1 - h = (h_1 - h_R) I_0(r/\lambda_1) / I_0(R/\lambda_1)$$

$$r \geq R \text{ において } h_2 - h = (h_2 - h_R) K_0(r/\lambda_2) / K_0(R/\lambda_2)$$

$r = r$ における水頭 h_R は、

$$h_R = \lambda_1 I_0(R/\lambda_1) K_1(R/\lambda_2) h_2 + \lambda_2 K_0(R/\lambda_2) I_1(R/\lambda_1) h_1 / \lambda_1 I_0(R/\lambda_1) K_1(R/\lambda_2) + \lambda_2 K_0(R/\lambda_2) I_1(R/\lambda_1)$$

$$\text{ここに } \lambda_1 = \sqrt{H H_1 k/k_1} \quad \lambda_2 = \sqrt{H H_2 k/k_2}$$

上式で求めた計算値を実測値と比較すると水位低下後かなり時間を経過し、定常流になった時点では大体一致することが知られた。

3. 非定常流としたときの浸透

締切区域内の水位変化および透水層内の水頭変化にもよる地層の弾性的変形を考慮に入れ、浸透流を検討する。まず $r \leq R$ においてはダルシーの法則により $q = -2\pi r k H \frac{dr}{dr}$

$$\text{したがって } \frac{\partial q}{\partial r} = -2\pi r k H (\frac{\partial h}{\partial r} + r \frac{\partial^2 h}{\partial r^2})$$

$$\text{また連続の条件から } \frac{\partial q}{\partial r} = -2\pi r \{ h - h_1/c_1 + S \frac{\partial (h - h_1)}{\partial t} \}$$

$$\text{両式から } -k H (\frac{\partial^2 h}{\partial r^2} + r \frac{\partial^3 h}{\partial r^3}) + r/c_1 (h - h_1) + S r \frac{\partial (h - h_1)}{\partial t} = 0 \text{ とする。}$$

$$\text{また、} r \geq R \text{ においては同様に } -k H (\frac{\partial^2 h}{\partial r^2} + r \frac{\partial^3 h}{\partial r^3}) + r/c_2 (h - h_2) + S r \frac{\partial (h - h_2)}{\partial t} = 0$$

となる。

こゝに $C_1 = H_1/\rho_1$, $C_2 = H_2/\rho_2$ である。また S は貯留係数と呼ばれるもので、Jacob は次のように与えている。²⁾ $S = \rho g H (\eta/E_w + 1/E_s + C/E_c)$

こゝに、 E_w および E_s は水の弾性係数および透水層の弾性係数、 η は透水層の間キ率である。又 C は透水層の上下に存在する半透水層ないし不透水層の弾性係数、 C は厚さ形状などに関する係数である。

4. 浸透流の数値計算

上記の方程式を解くことは困難なもので数値計算によって解を求めることを試みた。

計算には利根河口堰の締切り箇所例を取り上げた。締切区域内の水位低下に伴う水頭変化を観測した結果は図-2のとうりなので、計算値が実測値に合致するよう貯留係数 S および透水係数を変えて計算を繰

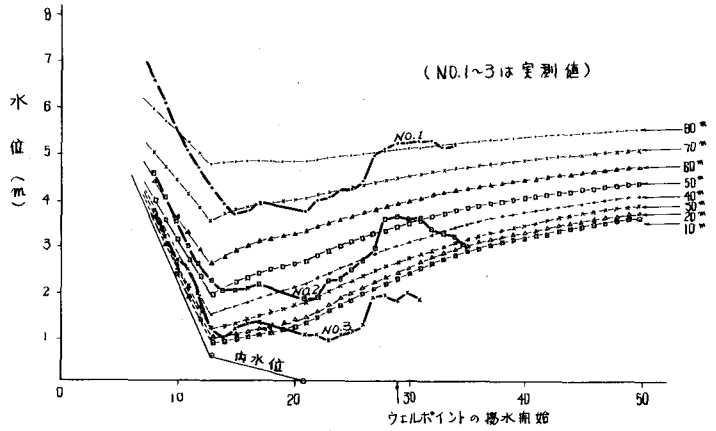


図-2 時間と水頭との関係

返した。図-2に示した結果は、 R_1 および ρ_1 に $2.8 \times 10^{-6} \text{ cm/sec}$, ρ_1 に $2.8 \times 10^{-3} \text{ cm/sec}$, H_1 および H_2 に 3 m, H に 2 m を代入し、 S を 0.074 と仮定したときの透水層内の水頭変化である。なお曲線の数値は締切堤の位置からの距離である。また図-3には水頭分布がはっきりするように書きなおしたもので図中の数字は経過日数を示している。締切堤内の水位低下

を行なうと当初は漏水が少なくても、時間の経過とともに透水層内の水頭が上昇し、浸透流量が次第に増大することもあることを示している。図-2において実測値がかなり不規則変動を示しているが、これは外水位の湖沼や河川流量の増減による変動や、締切区域内の排水あるいは降雨の影響が加わったためと考えられる。特に実測水頭が28日目頃から再び低下しているのは締切区域内への漏水や、砂の噴き上げを防止するため、ウェルポイントによる排水を開始したのである。

5. おまけ 締切区域内への浸透を非定常的に取扱い検討を加え、実測データの状態を説明することができた。締切区域内の水位低下にともなう透水層内の水頭分布および変動の状態は S および透水係数に大きく影響を受けることがわかり地盤条件によっては漏水が次第に増加していくことを示した。また説明を省略したが広範囲の面積の水位低下するときは貯留係数 S は、普通の揚水試験などによって求める値と比較して大きな値をとることが知られた。

参考文献

- 1) 山村, 稲葉, 尾林: 締切区域への漏水と対策, 土木技術資料 10-4, 1968
- 2) Jacob, C. E.: On the Flow of water in an Elastic Artesian Aquifer, Transactions, American Geophysical Union Vol. 21, 1940.