

報 文

東原調整池の漏水量算定について

上 床 一 義* 長 東 勇*

I. はじめに

東原調整池は、新生代第三紀の宮崎層群と呼ばれる不透水性基盤の上に厚く滞積した新生代第四紀の段丘レキ層、日向ローム層等の透水性基盤上に構築されるダムである。このような透水性基礎地盤上にダムを建設する場合、ダム本体および池敷部からの漏水量を許容範囲におさめる工法を検討することが重要な課題である。その対策として、止水トレンチ、連続止水壁、薬液注入、揚圧力処理、ブランケット工およびこれら各工法の組合せなどの工法がある。東原調整池で、経済比較の結果、採用したブランケット工法における漏水量の算定方法について紹介する。

II. ブランケット工法¹⁾

ブランケット工法とは、透水性基礎地盤上にダムを建設する場合、ダムの上流部（貯水池内）に透水性の小さ

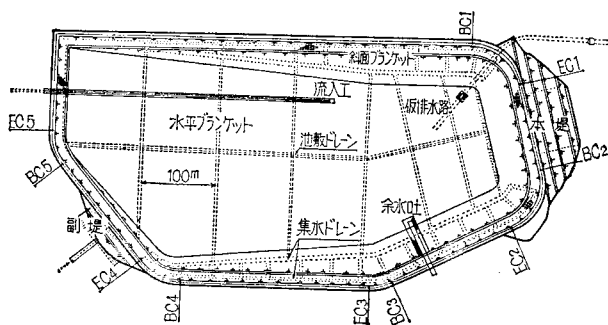


図-1 東原調整池平面図

* 九州農政局一ツ瀬川農業水利事業所（うわとこ かずよし、なつか いさむ）

い材料を敷ならし、転圧し、これを堤体の不透水性部と接合させることによって基礎からの浸透水量を軽減させる工法をいう。ブランケット工法は、部分的な止水壁を設ける場合に比べより効果的であり、また完全に止水壁を設けるものに比べ一般にはるかに経済的である。たとえば、本工法は、当ダムのように透水性基礎が深く透水層が地山内部まで続いている場合とか、透水層が傾斜していて一部が貯水池内に露頭している場合などでも容易にかつ経済的に施工できるからである。また、本工法は、止水トレンチ工法などのように浸透水を強制的に遮断するというよりは、むしろ浸透路長を延長することによって流量の減少を企てる工法であるから、本工法によるときは基礎地盤内の動水コウ配が一般に小さい。したがって、他の工法、たとえば止水壁によるときの地山との接着部に往々にみられるようなパイピングなどは起りがたい。さらに本工法を行う場合、ブランケットに悪影響を与えるもの（草木根を含んだ表土等）以外の基礎地盤を掘削する必要はなく、地表面での転圧によって容易に施工できる点や、一般に地形、地質上、土を主体としたダムが計画されるようなダムサイトでは、多くの場合、水田など軟弱な不透水性土でおおわれているので、不透水性な材料が得やすく有効に使用できる点などからみて都合のよい工法である。

III. 漏水量の算定

1. 算定方法とその得失

漏水量の算定方法を大きく分けると、図-2 のように分類される。

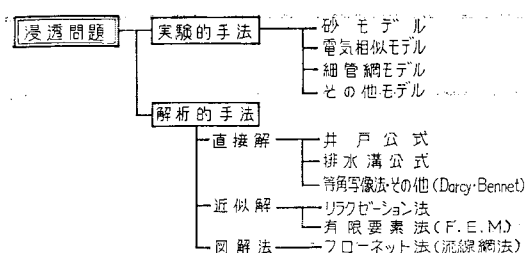


図-2 漏水量の算定方法

流線網による解析は、ネットが正しく求められれば、かなりの精度を示すが、一般に複雑な領域の場合は手間がかかり、電気相似法を用いるか、F.E.M. 等による他ない。F.E.M. による解析は、ほとんどすべての解析が可能であり、異方性材料から構成される場合をはじめ、どのような複雑な領域でも取扱うことができる。しかし、自由水面を持った領域、非定常解析については若干のテクニックを要し簡便な手法とはいえない。

これらに対し、傾斜コアを持つ堤体の漏水量を求める福田の理論(実験式)、最も単純なDarcyの理論、およびブランケットを通り基礎を漏出する流量を求めるBennetの理論などは、漏水量の目安を手早く算出するのに便利である。

2. 算定の基本的な考え方

前述のように、漏水量の算定方法には種々のものがあるが、本調整池の各部(本副堤・斜面ブランケット・水平ブランケット)からの漏水量の算出方法を次のように区分することとした。

本・副堤……………フローネット法²⁾

斜面ブランケット……福田の理論³⁾

水平ブランケット……Darcyの理論⁴⁾、Bennetの理論⁵⁾、F.E.M.⁶⁾

なお、これら各部について、各部の透水係数をパラメーターとして漏水量を算出し、総漏水量が計画許容漏水量 500m³/day (総貯水量×0.05%) に相当するときに許容し得る最大の透水係数がいくらになるかを検討することとするが、調整池各部からの漏水量のバランスの考え方としては、築堤各材料別の試験盛土結果および本調整池ほぼ全域が透水性基礎地盤上に存在することから考え、各部の接水面積にほぼ比例した漏水量の配分を考慮することとする。

3. 本副堤・斜面ブランケットの漏水量

本副堤の漏水量の算出は、試行法により求めた流線網図による。透水係数をパラメーターとして漏水量を示すと図-3となる。

斜面ブランケット部は、傾斜コア式であるので福田の

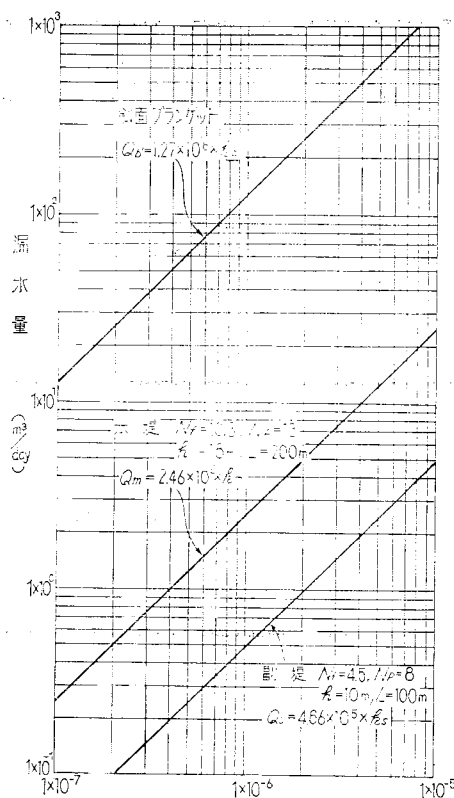


図-3 木堤・副堤・斜面ブランケットの漏水量と透水係数

式により漏水量を算出する。なお、水深が変化しているので、最深部と最浅部の値の平均値を斜面ブランケット部の漏水量とする。透水係数をパラメーターとして漏水量を示すと図-3となる。

4. 水平ブランケットの漏水量

水平ブランケットからの漏水量は、本来ブランケット厚さおよびその透水係数をパラメーターとして扱うべきものであるが、ここでは、連土計画および経済比較の面から別途検討し、決定した厚さ 1.50 m を定数として扱うことにして、前述の3手法を用いて比較検討することとする。なお、Bennet および F.E.M. では、漏水量は地山の透水係数とブランケットの透水係数の比によって大きく左右され、中でも地山の透水係数の決定が最も重要な要素となるが、地山の現場透水試験結果によるとかなりのバラツキがみられ、ある定数として決定し難い状況であるので、これら地山の透水係数およびブランケットの透水係数をパラメーターとして検討することとする。

(1) Darcyの理論による漏水量

$$Q_b = 86,400 \cdot i \cdot A \cdot k_b \times 10^{-2} = 4.12 \times 10^8 \times k_b \text{ (m}^3/\text{day)}$$

k_b : ブランケットの透水係数 (cm/sec)

i : 動水コウ配 (H/t)

H : 全水頭 (平均 6 m)

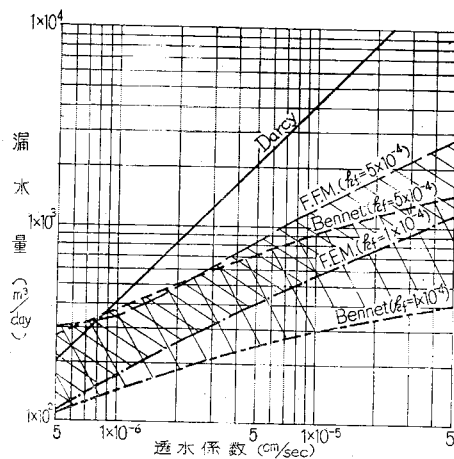


図-4 水平ブランケット (厚さ 1.5m) の漏水量と透水係数

t : ブランケット厚 (1.5m)

A : ブランケット面積 (119,200 m²)

(2) Bennet の理論による漏水量

$$x_r = \sqrt{\frac{k_f \cdot z_f \cdot t}{k_b}} = 3.87 \sqrt{\frac{k_f}{k_b}}$$

$$Q'_b = 86,400 \cdot L \cdot \frac{k_f \cdot z_f \cdot H}{x_r + x_d} \times 10^{-2}$$

$$= \frac{7.44 \times 10^7 \times k_f}{3.87 \sqrt{\frac{k_f}{k_b}} + 13} \text{ (m³/day)}$$

x_r : 有効浸透路長 (m)

k_f : 地山の透水係数 (cm/sec)

z_f : 地山の層厚 (平均10m)

L : 水平・斜面ブランケット接線長 (1,436m)

x_d : 不透水性部分底幅 (平均13m)

(3) F.E.M. 解析による漏水量

解析にあたって、本調整池の本堤ダム軸に直角方向に本堤・水平ブランケット・斜面ブランケットを切る断面を設定し、1543 個の三角形要素、950 節点に分割した。なお、要素分割に際してポテンシャルコウ配が急変すると思われる水平ブランケット下のドレーン付近および堤体内のドレーン付近で細かく分割した。解析条件として、イ) 水平ブランケットの透水係数は $k_{bv} = 5 \times 10^{-7}$ cm/sec $\sim 5 \times 10^{-5}$ cm/sec の範囲で変化させ、いずれの場合も $k_{bh}/k_{bv} = 10$ とする、ロ) 地山の透水係数は $k_f = 5.0 \times 10^{-4}$ cm/sec、 1.0×10^{-4} cm/sec とする、ハ) 解析断面外への流出および解析断面への地下水の流入は無視する、ニ) 現実に近いと思われる不透水層面を設定する。

上記、3 手法による結果を示すと 図-4 のようになる。

IV. 結果の検討

本副堤・斜面ブランケットからの漏水量を 130m³/day ($k = 1 \times 10^{-6}$ cm/sec の時) とすると、水平ブランケットからの許容最大漏水量は 370m³/day となる。この漏水量にタイアップした水平ブランケットの透水係数を 図-4 から求めればよいのであるが、各手法間におけるバラツキが激しい。Bennet および F.E.M. による解析では、ブランケットの透水係数のみでなく地山の透水係数が支配的な要素となっている。すなわち、Darcy の理論では、ブランケットの下部でボタ落ち状態となり動水コウ配を決定するものは全水頭とブランケット厚のみであるが、他の二者では地山の透水係数が関与してくる。したがって、水平ブランケットからの漏水量を Darcy の理論を用いて求めると過大な漏水を考えることになり、安全ではあるが、ある意味で過大設計ともいえよう。同様のことは、完成後のヘドロ等の滞積効果がみかけの透水性を低下させることからいえる。Bennet および F.E.M. により得られた解についても、その条件設定が必ずしも適切であるとはいえないだろうから、実際の適用については、現地の特殊条件、材料の特性、安全率を考慮して慎重に決定すべきであろう。

なお、東原調整池は昭和54年3月に完成の予定である。以下に諸元を示す。

型	式：均一型フィルダム、斜面および水平ブランケット
堤 高	21.00 m
堤 長	1708.91 m
堤 体 積	742,190 m³
総貯水量	998,000 m³
有効貯水量	910,000 m³
最大取水量	6.39 m³/sec

参 考 文 献

- 1) 山口和樹・大根義男：フィルダムの設計および施工 (1973)
- 2) Cedergren H. R. : Seepage, Drainage and Flow Nets
- 3) 福田秀夫：傾斜心臓形フィルタイプダムの浸潤時、透水量に関する研究、鹿島研究所出版会 (1956)
- 4) Darcy H. : Les Fontaines Publiques de la Ville de Dijon (1856)
- 5) Bennet P. T. : The Effect of Blankets on Seepage through Pervious Foundation, Trans. ASCE, 112 (1946)
- 6) O. C. ツェンキー・ジャック、Y. K. チューン：マトリックス有限要素法、培風館

(1977. 8. 16. 受稿)