

地中ダムによる地下水貯留の実験的検討

京都大学工学部
同上

正員 松尾新一郎
正員 河野伊一郎

1. まえがき

地中ダムは、地下水の地下貯留あるいは地下水位の規制を目的とした地下水流中に設けた止水壁であり、その構想についてはすでに発表し¹⁾、また、2次元流に単純化した断面について細管網モデルを用いた実験も一部報告している²⁾。本報告は、奈良市域における地下水開発に関する研究の一環として、奈良市域の下流側（大和郡山市との境界付近）に地中ダムを設造した場合の効果ならびに適切な位置等を検討することを目的として、細管網モデルを用いた定常流での実験を実施したものである。

2. 細管網モデルの概要

新しく開発した細管網モデルは、図-1に示すように細管を網目状に接続し、このネットの中に粘性液を流して地下水流を模擬させるものである。細管中の粘性流は近似的に Poiseuille の法則に従い、式(1)で表わされる。

$$q = \left(\frac{4}{\pi} \frac{r^2}{8\mu} \right) \cdot i \cdot a = C \cdot a^2 \cdot i \quad \text{----- (1)}$$

ここに、 q ：単位時間あたりの細管中の流量、 γ_f ：流体の単位体積重量、 r ：細管の半径、 μ ：流体の粘性係数、 i ：水頭勾配、 a ：細管の断面積（ $=\pi r^2$ ）、 C ：流体の性質のみによって決まる定数（ $=4/8\pi\mu$ ）である。

式(1)により、その流速は水頭勾配に比例するので地下水流における Darcy の法則との相似性が保障される。なお、定数 C を求めるには図-2に示すような細管中の透液性の試験装置を用いて、式(2)によって計算することができる。

$$C = \frac{2.30 A l}{2 a^2 (t_1 - t_0)} \cdot \log \left(\frac{h_0 - H}{h_1 - H} \right) \quad \text{----- (2)}$$

ここに、 $C = q/a^2 \cdot i$ 、 $h_u + h_0 = H$ 、 $A = \pi R^2$
 h_0 、 h_1 ：それぞれ $t = t_0$ 、 t_1 における上流側の水頭 h_u の値である。（図-2 参照）

3. 奈良市域の地盤の透水性と細管網モデルとの対応

奈良市域の平地部を図-3に示す長方形で近似し、AB、AC、BDが山岳との境界である。またCDは奈良市と大和郡山市との境界であり、地下水はこの境界より南へ流下する。これに対して細管網モデルは同図の細い実線で示すように正方形格子を平面に組み、その一辺 Δl を 10 cm にとり、現地盤での距離 ΔL の 400 m に対応させる。また、モデルの AB、AC、BD 上の水位 $h_u = 10$ cm、CD 上の水位 $h_0 = 0$ を境界条件とする。

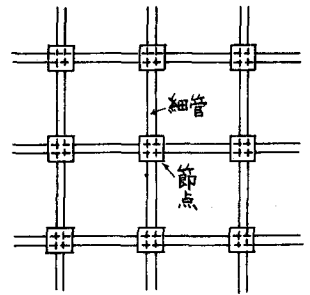


図-1 細管網モデルの一部

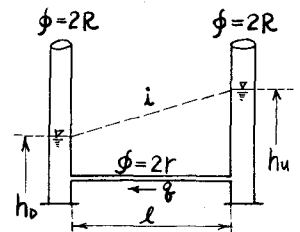


図-2 透液性試験装置

奈良市域の地盤の透水性は、別に地下水調査の結果³⁾から推定し、図-3の Zone I~IV に区分し表-1 に示す透水量係数 T を有するものとする。この透水性の異なる Zone に対しては細管の径を変えることによって模擬せしめる。式(1)でも明らかのようにモデルの透水性は細管の断面積の2乗 d^2 に比例する。したがって表-1 に示すような直径がそれぞれ、2, 3, 5, 7 mm の細管を用いて対応させることが可能である。

表-1 透水性と細管の径との対応

Zone	$T(m^2/d)$	$d(mm)$	$d^2(mm^2)$
I	40	2	16
II	200	3	81
III	1,600	5	625
IV	6,000	7	2,401

4. 地中ダムによる地下水貯留の実験結果

(1) 地中ダムと地下水位の上昇、 モデルでの地中ダムはその部分の細管を栓塞し流れを止めることによって模擬させることができる。この地中ダムの位置は奈良市と大和郡山市との境界(図-3の CD 上)とし、一例として同図で黒いハッチをしている部分、(細管 4~9) に地中ダムを造設した場合を考える。細管の栓塞(地中ダム)によって上昇した水頭を同図上に太い実線で示している。単位は cm である。これらの実験結果から現地盤での地下水位上昇量(貯留量の増分)を算定するには相似則を考えなければならない。

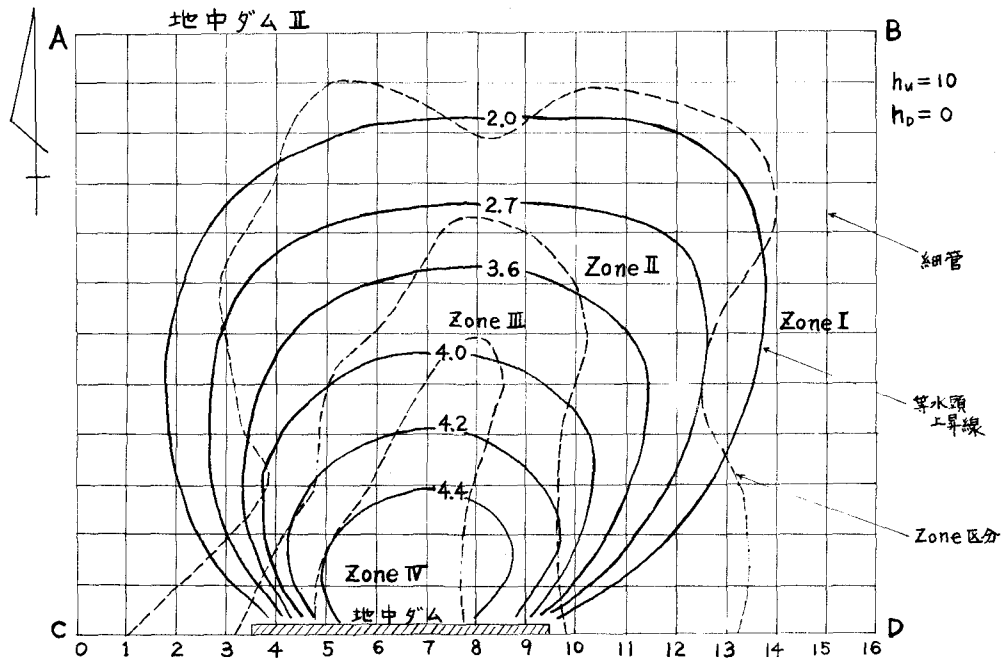


図-3 奈良市域における地盤の透水性と地中ダムによる水位上昇分布

(2) 相似則、 モデルでの記号を小文字で、現地盤に対する記号を大文字で表わす。図-4を参照して、地中ダム化前の(モデルと現地盤の)動水勾配の比 (i/I) と地中ダム化後のそれ (i'/I') とは等しくなければならない。したがって式(3)が成立する。

$$\frac{h_u - h_0}{l} \bigg/ \frac{H_u - H_0}{L} = \frac{h_u - h_0 - \Delta h_0}{l} \bigg/ \frac{H_u - H_0 - \Delta H_0}{L}$$

$$\therefore \Delta H = \Delta h (H_u - H_0) / (h_u - h_0) \quad \text{----- (3)}$$

したがって現地盤での地下水貯留量の増分 ΔS は、モデルでの増分 Δs を用いて次式にそって算定することができる。ただし、 Δs はモデルでの水頭上昇量とその面積の積の合計である。

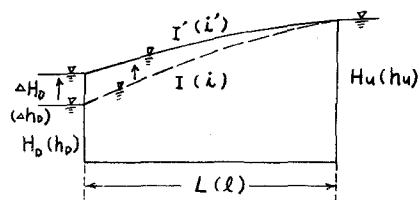


図-4 相似則の説明図

$$\Delta S = \beta \sum_i (\Delta l \times \Delta L \times \Delta H_i)$$

$$= \beta m^2 \frac{H_u - H_0}{h_u - h_0} \sum_i (\Delta l)^2 \Delta h_i = \beta m^2 \cdot \frac{H_u - H_0}{h_u - h_0} \cdot \Delta s \quad \text{----- (4)}$$

ここに、 β ：有効空けき率、 m ：幾何学的相似比（ $= L/l$ ）、添字の i は各格子節点での水頭または水位であることを示している。

今回の実験では、 $\Delta l = 10 \text{ cm}$ 、 $\Delta L = 400 \text{ m}$ 、よって、 $m = 4,000$ である。また $(h_u - h_0) = 10 \text{ cm}$ 、 $(H_u - H_0)$ は現地調査より約 30 m 、いま $\beta = 0.2$ をとって式(4)に代入すると、

$$\Delta S = 9.6 \times 10^8 \Delta s \quad \text{----- (5)}$$

となる。図-3 に示した地中ダムによる地下水貯留量の増分を式(5)によって算定すると約 2,600 万 m^3 となる。

表-2 地中ダムの位置と地下水貯留量の増分

地中ダムの位置、長さによって地下水貯留量がどのように変わるかを検討するため、さらに表-2 の Type I~VIII までについて地下水貯留量の増分を算定している。また、

$(\Delta S/L_0)$ の値をみても明

らかなように地中ダムは必ずしも長くするの

いはなく透水性の大きい地質を選定することが効率を大きくするのにより重要である。

5. あとがき

本研究は、奈良市域における地下水開発に関する調査の一環として実施したものであり、細管網モデルを用いて地中ダムによる地下水貯留の効果、適正位置等について考察した。また別に、同じ目的で差分式による数値解を電子計算機を用いて求め、両者の結果を対比させ、その結果の信頼性をも確かめている。

【参考文献】 1) 松尾、河野：地下水規制のための地中ダムの構想、土木学会誌 Vol. 53, No. 3 (1968.3)

2) 松尾、河野：細管網モデルによる地中ダムの実験、第20回土木学会年次講演会 (1967. 5)

3) 松尾、河野：奈良市域における地下水開発に関する研究、奈良市企画室 (1968.12)