

埼玉大学 工学部 正会員 佐藤 邦明
 " " " 〇 渡辺 邦夫
 " " 研究生 香取 完和

はじめに

最近、河口での水資源貯留を主目的とする河口ゼギの必要性が高まっているが、しかしこの河口ゼギにかけられる水工学的諸問題の中には、必ずしも十分解明されていないものもある。その一つに、河口ゼギゲート操作に関連する下流河道、およびゲート付近地下地盤の塩水くさびの問題がある。このため今回筆者らは、従来あまり解析が行われていない地下地盤内の塩水くさびの挙動把握を中心に、モデル実験を行ない、二・三の理論解析とあわせて検討した。

1 基礎理論

河口ゼギとゲート付近の水理条件を、図-1のようなモデル化によって考える。ここに、 D は一樣透水性地盤厚さ、 d はゲート開度、 ρ_1, ρ_2 はそれぞれ淡水・塩水の密度、 h_1, h_2 はゲート上・下流の水位、 Δh は水位差、 q_1, q_2 はそれぞれ河道内流量、浸透流量である。また塩水くさびに関して、 l_s をゲートより河道内塩水くさび先端までの距離(浸入距離)、 h_s をその厚さ、 l_g を地下塩水くさび始点距離とする。通常塩水くさび界面では、分散・拡散が起こるが、今回は考えないこととし、理論はゲート開度と l_s 、および地下塩水くさび形状について検討する。

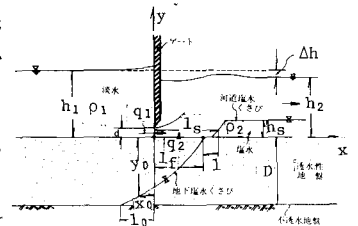


図-1 現象のモデル化

まず、河道内塩水くさびの浸入距離 l_s であるが、今図-2のようなくさびが鋭状になると考え、記号を図のようにとる。くさびは、ゲート下流に形成される壁面噴流の運動量と関係を持ち、いま、河道内流量 q_1 は、浸透流量 q_2 に比べて大きく、 $q_2 \approx 0$ と置く。ここで、くさび前面に働く、動水圧は静止塩水くさび水圧に等しいと考えれば、

$$\beta/2 \rho_1 u^2 h_s = 1/2 \rho_2 g h_s^2 \quad \text{----- (1)}$$

とかける。ここで β は係数であり、 u はくさび先端付近の代表流速である。

いま u をAlbertsonらの研究から、 α を定数として、

$$u \sim \alpha / \sqrt{l_s/d} \cdot U \quad \text{----- (2)}$$

と仮定し、(1)式に代入し、またゲート上・下流の連続の関係を考え、新しい係数を与えれば、

$$l_s/d = \zeta \cdot \rho_1/\rho_2 \cdot Fr^2, \quad Fr = q_1/d\sqrt{g h_s} \quad \text{---- (3)}$$

となる。ここで、 q_1 はもぐりせきの流量を用いることができるのであれば、 l_s はこれを実験的に Fr の関数形で決めておくことにより算定しうる。近似的なアプローチを行なったが、基礎的には壁面噴流の機構を十分究明しておくことが必要である。

つぎに、地下塩水くさびの形状であるが、ここではP.Ya. Polubarinova-Kochinaの非打込み矢板地下地盤内塩水くさび解析を拡張し、写像解析により検討した。いま、図-3(a)のような物理面におき、 AB に沿ってポテンシャル $\phi = -\rho_2/2 \Delta h$ 、 BC に沿って $\phi = \rho_2/2 \Delta h$ とし、くさび界面 $AB'C$ に沿って流関数 $\psi = 0$ である。ここに、 ρ_2 は透水係数、 ρ_1 はゲート開度やゲート下水圧分布などに影響される定数と考える。ここで、写像

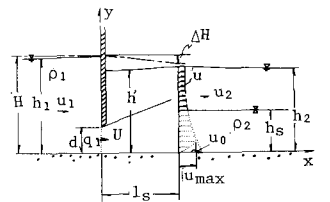


図-2 河道塩水くさびモデル

解析における (a) 物理面, (b) U~V 面, (c) $\frac{d}{dy}$ 面, (d) $\frac{d}{dx}$ 面を結びつける関係は図-3 のようであり, 境界条件を考慮して積分定数を決めれば, 界面形状は $1 < \eta < 2$ で,

$$\left. \begin{aligned} x_0 &= 2h/\pi \cdot \ln \{2(1+\zeta)\} \\ y_0 &= 2h/\pi \cdot \sin^{-1} \zeta + h_1 \\ h_1 &= \varepsilon \Delta h/2 (\rho/\rho_s - 1) \end{aligned} \right\} \text{----- (4)}$$

で与えられることとなる。

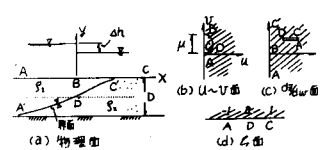


図-3 地下塩水くさびの写像解析

2 実験方法

実験は図-4 に示される実験装置を用いて行, た。これは河道と地盤の模型 (長さ 96cm, 高さ 35cm, 幅 1cm) の両側に貯水部を有, ている前面透明水路である。上・下流側貯水部の水位はオーバーフロー装置により一定に保たれ, 下流部から塩水の代りに着色砂糖水 (密度は 1.03) を供給する。ゲート模型は厚さ 1mm で 45° のリップを有, ている。また透水地盤はガラス球で作り, 透水係数は 2.4×10^{-4} であり, 厚さは 10mm である。実験条件はゲート開度を表-1 のように変え, また各々に伴って水位差を種々変えて行, た。さらに, 同時に壁面噴流の性質とみるため, 塩水くさびのなり場合の河道内流速分布と別の実験水路 (長さ 410cm, 高さ 50cm, 幅 10cm) を用い, プロヤラ式流速計により測定した。

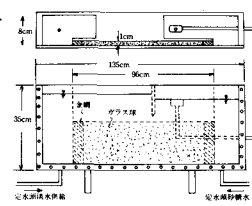


図-4 実験装置

表-1 実験条件

実験番号	ゲート開度	実験数
Exp-1	—	—
2	—	—
3	0.0	8
4	0.5	8
5	1.0	10
6	1.5	9
7	2.0	8
8	2.5	6
9	3.0	5
10	3.5	5
11	4.0	5
12	4.5	4

3 実験結果

まずゲート付近の流れの性質は, トレーサーにより図-5 のように観察された。河道で塩水くさびはゲート下流側に生ずる内部噴流束に連行され, 小さい速度で上流側に向かい, 噴流束の上・下流で弱い環流が生じ, 十分下流で一樣流とな, っている。また地盤内部ではゲート直下と図-1 の $\eta + \pi$ に矢板を設けた場合の浸透流と同様な一對の環流束がみられる。

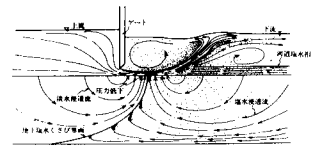


図-5 流水の性質

つぎに, 理論式 (3) における係数 ε はフルード数 Fr の関数になることが考えられるが, これを調べたのが図-6 である。この図から ε は Fr が増加するにつれ小さくなり, またあるフルード数 $Fr_c \approx 0.32$ 以下が急変していることがみられる。この Fr_c は一連の実験から層流と乱流の遷移と思われ, $Fr < Fr_c$ では $\varepsilon \approx 1.3$ と読みとれる。さらに, 式 (4) の適合性があるが, これを検討するためにはまず係数 ε を知る必要があるが, このためあらかじめ図-7 のような関係を実験的にもとめておき, その図から ε を決めた。そのようにして得られた ε から理論形状をもとめ, 実験と比較したものが図-8 である。この図からかなり良好一致が認められる。ただ Δh が大きい場合にやや差が大きくな, っているが, これは河道流量が大きくなりゲート付近の圧力分布が必ずしも簡単にならず, その算定に誤差が入るものと思われる。しかし, 全体的な形状は良くあ, っており, こうい, たアプローチが使えるものと考ええる。

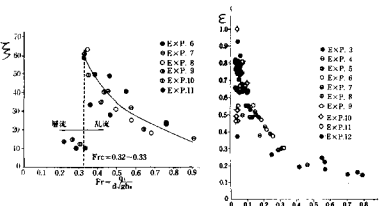


図-6 ε - Fr 関係 図-7 ε - Δh 関係

図-8 は図-7 のような関係を実験的にもとめておき, その図から ε を決めた。そのようにして得られた ε から理論形状をもとめ, 実験と比較したものが図-8 である。この図からかなり良好一致が認められる。ただ Δh が大きい場合にやや差が大きくな, っているが, これは河道流量が大きくなりゲート付近の圧力分布が必ずしも簡単にならず, その算定に誤差が入るものと思われる。しかし, 全体的な形状は良くあ, っており, こうい, たアプローチが使えるものと考ええる。

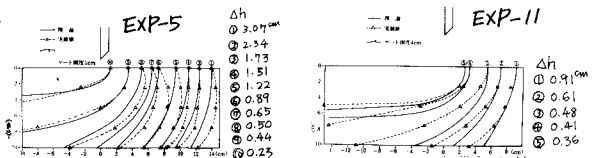


図-8 くさび形状の実験と理論との比較