

ゲート振動とその周辺の流れの相互作用に関する研究

京都大学工学部 正員 中川 博次
J R 東海 正員 川越 正啓

BUCKNELL UNIV. 正員 Charles W. Knisely
京都大学大学院 学生員〇畑 明仁

1. まえがき

河川に設置された長径間ゲートが微小開度の状態で流水振動を起こし社会問題となることがしばしばある。それ故、実際にゲートの設計を行う際、こうした振動問題が発生しないように配慮する必要がある。しかしながら、ゲートの振動問題は構造系と流体系の複雑な相互作用によるもので、その要因分析は難しく、また明らかになっていないところが多い。今回は、実際に用いられることの多いシエル構造長径間ゲートの二次元模型を作成し、実験的にその振動特性を調べてみた。

2. 原型ゲートと模型ゲートとの相似性について

模型ゲートと原型ゲートとの間に次のような相似関係（相似比は1/7.5）が成立している。すなわち、(a) 扉体断面形の幾何学的相似 (b) 扉体の単位長さ当りの質量相似 (c) 固有振動数のフルード相似である。特に、(c) の固有振動数は、たわみ度1/180の扉体（通常1/800）に合わせて決定し模型ゲートを非常に柔らかい構造とした。なお、模型ゲートの外略図を、図-1に示す。

3. ゲートの振動を決定する諸特性

ゲートの振動を決定する特性として考えられるものを大まかに分類すると (a) 流体系を決定するパラメータ (b) 系の動力学的特性を決定するパラメータ (c) 系の境界条件となる。これらのパラメータをすべて同時に検討することは不可能なので今回は主として (c) の境界形状と振動特性の関係を調べた。すなわち、上流水深 H_u 、下流水深 H_d 、ゲート開き s 、ゲート形状が振動に及ぼす影響を調べた。

4. 実験概要

まず $H_u=30\text{cm}$ に固定して各形状について振動実験を行い、 s を変えながら どのような H_d に対して振動が発生するかを調べた。また、その後、流れの状態を知るために可視化実験を行った。振動発生領域を図2～5に示す。 H_d が2～3cmまでのところは下流側自由流出状態、 H_d が7cm以上のところは下流側潜り流出状態であり、そのはさまれた部分は遷移区間である。下流側が自由流出か潜り流出かによって全く違うタイプの振動が観測されたが、ここでは、下流側潜り流出の場合についてのみ述べることにする。

5. 実験結果

振動発生領域（図2～5）を見ると、全てのゲートについて s が小さい値をとる時は H_d の値に関わらず振動が発生しやすくなっている。これは、過去のゲート振動観測事例と一致するものである⁽¹⁾。振動発生領域について、個々の形状毎にその特徴的な結果を拾えば、図-2と図-3については、リップが長い方がピーク点付近（ $H_d=14\text{cm}$ ）と H_d が大きくなったところで揺れ易くなっているが分かり、図-4を見ると、 $H_d=14\text{cm}$ （すなわち、下流水深がゲート底板と側板の境界に位置するところ）辺りで振動が発生しない領域があること、図-5からは、 H_d の小さいところでは全く振動が発生していないことが分かる。こうした結果の詳細を知るため、可視化実験を行ったところ、次の3つの内容が観測された。(1) リップ下の非常に速い剪断流は、その上の層との流速差により渦を形成する。その渦はゲート底板の傾斜に沿って、徐々に成長し、最終的にゲート下側全体に及ぶ大規模なローラー上の流れとなる（図-6、7）。(2) ゲートの上下動にともなって、ゲート下の渦は拡大、収縮、回転、停止を繰り返し、周期運動を行う。(3) ゲートの上下動にともなって、下流側水深も変動するが、下流側水深変動と上述のローラー運動は独立のものではなく同調しあい、共振現象を起こしている（図-7）。特にこの共振現象は重要で、振幅の大きさが上下流水位差（すなわちリップ下流速）に対して、単調増大とならないこと、A-1の振動が $H_d=14\text{cm}$ の辺りで発生しなくなってしまうことと深く関連しているものと思われる。また、渦の周期性は、流量変動の周期性と密接に関連し合っており、D-3のゲート

Hiroji NAKAGAWA, Charles W. KNISELY, Masahiro KAWAGOE, Akihito HATA

が、小さい H_d に対して振動しなかったのは、上流側のゲート形状が流量変動に何らかの影響を与え、その結果、渦が下流水深の変動とうまく同調しなかったためと考えられる。

6. まとめ

今回の実験で生じた、下流側潜り流出時における鉛直振動の要因はゲート振動と同調したゲート下側の大規模なローラー状の流れ、下流水深の変動、流量の変動の3点と考えられ、個々の要因が相互に影響し合い、すべて共振した時に強い振動となるものとする。

今後は、より詳細なデータ整理と要因分析をし、また、ばねの強さや、河床形状を変えて実験を継続していく予定である。

参考文献 1) 振動便覧, 土木学会, 1985, 第11章第3節

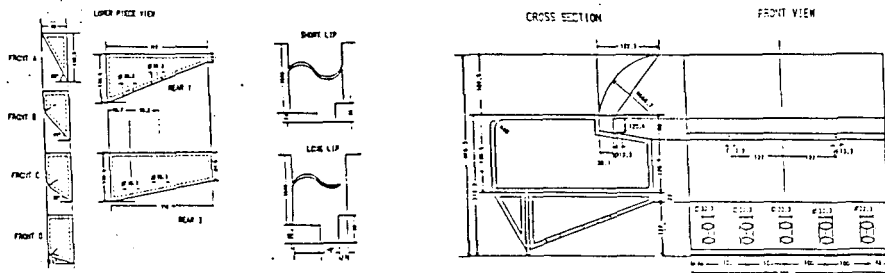


図-1 模型ゲート概略図

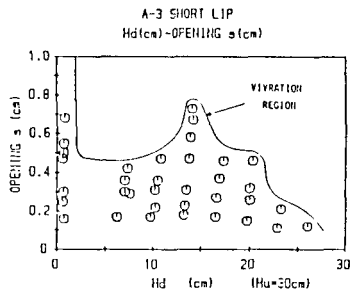


図-2 $H_d - s$ (A-3 SHORT LIP)

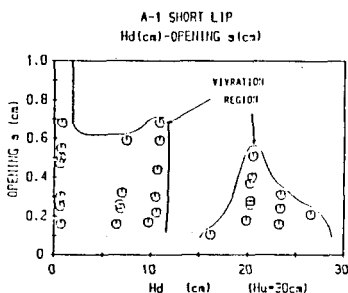


図-4 $H_d - s$ (A-1 SHORT LIP)

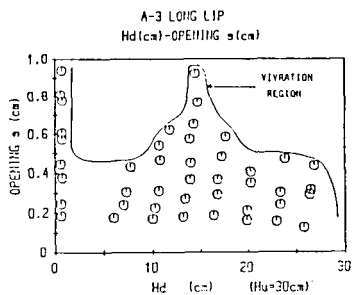


図-3 $H_d - s$ (A-3 LONG LIP)

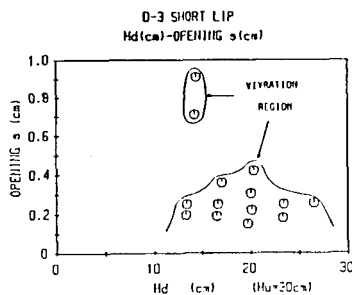


図-5 $H_d - s$ (D-3 SHORT LIP)

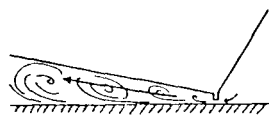


図-6 渦の成長の様子

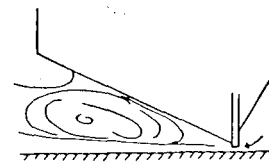


図-7 ローラー運動と下流水深