

II-251

長径間ゲートのたわみと振動に関する研究

建設省土木研究所 正員 角 哲也

【(社)水門鉄管協会水門技術研究委員会委員】

京都大学工学部 正員 中川 博次

東洋大学工学部 正員 荻原 国宏

1. はじめに

ゲートは一般に与えられた荷重条件のもとで、「応力条件」と「たわみ条件」を同時に満足するように設計され、その設計手法はすでに確立されている。一方、調節放流を行うゲートでは常に安定した操作が要求されるため、応力条件とたわみ条件を満足させる静的設計に加えて、流水によるゲートの動的安定性についても同時に検討する必要がある。

ダム・堰・水門などに設置されるゲート設備のなかでも長径間のシェル構造ゲートは、通常たわみ易い構造となるため、部分開度放流時に激しく振動する恐れがある。しかしながら、この振動現象のメカニズムは十分に解明されていないのが現状であり、ゲート設計上与えられる許容たわみ度との関係についても不明確な点が多い。

本研究は、既設の長径間シェル構造ゲートについて、扉体基本諸元(径間、扉高、設計水深)および扉体剛性諸元(ワイヤロープ支持剛性、扉体断面剛性、計算たわみ度)を調査した結果をもとに、現在までに報告されている下端放流時の振動問題等の事例と比較することにより、扉体のたわみと振動の相互関係について考察するものである。

2. 扉体基本および剛性諸元

(1) 径間、扉高

調査では、特にたわみ度が問題となる長径間ゲートとして径間30m以上を対象とした。図-1に、一段式およびフラップ付シェル構造ゲートを示す。

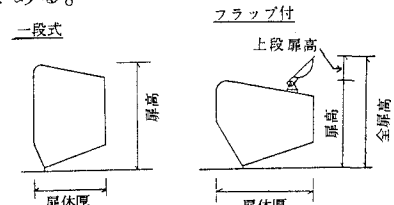


図-1 シェル構造ローラゲート

一段式およびフラップ付ゲートの径間～扉高の関係を示したのが図-2である。径間は、設置河川の基本高水流量に基づく径間割により、また、扉高は堰あるいは頭首工の湛水計画およびゲートの付加高によるが、概ね径間40m以上、扉高4m以上が大規模ゲートと考えられる。

(2) たわみ度

設計計算による水平および鉛直方向のたわみ度を示したのが図-3である。ここで設計荷重は、水平方向に設計水圧、鉛直方向に扉体重量、ゲート上部水重、扉体内水重などを考慮している。水平方向

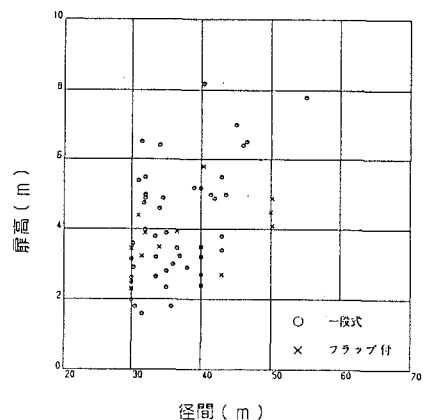


図-2 径間～扉高の関係

に概ね設計されているのに対して、鉛直方向は、1/10000以下も存在し非常にばらついている。これは、ゲートの縦横比に相当する(径間/扉高)に依存し、図-4に示すように縦横比が大となるに従って鉛直たわみ度が大きくなり、特に(径間/扉高)が20程度で一段式の場合に鉛直

たわみ度が $1/800$ に近づいてくる。一方、フラップ付の場合には、ゲート上部水重の影響により、鉛直たわみ度はさらに大きく、(径間/扉高)が12程度で $1/800$ となり、水平方向と合成されたたわみ度はかなり大きくなることを意味している。

(3)扉体固有振動数

剛性を確保することは、扉体を水圧を受けるはりと考えた場合の固有振動数を大きくすることになり、水流による渦などに対して動的安定性が向上する。鉛直方向固有振動数(f_y')は、両端弾性支持ばりとするワイヤロープ～バネ系と扉体たわみ系の合成振動として求められる。これを示したものが図-5であるが、(径間/扉高)が大なるほど小さくなっており水流による渦などに共振し易いことになる。なお、ゲート操作時は扉体内水重、上部水重および水の付加質量がゲートに作用するため、 f_y' はさらに低下していると考えられる。

3. 実機振動事例と状況

シェル構造ローラゲート下端放流時の振動発生状況の主要なものは①異音の発生、②ワイヤロープの揺れ、③上流水面の波立ち、などである。

そこで、実機ゲートの振動事例を示すと図-6のようになり、いずれも鉛直たわみ度の大きな(径間/扉高)の大なるゲートである。この時のゲート開度は $0\sim 30\text{cm}$ 程度であるが、開度は通常ゲート両端で読み取られるため、鉛直たわみを考慮すると径間中央部が微小開度放流の領域と推定される。

4. おわりに

一般に扉体のたわみは水圧荷重方向のみを考慮するが、シェル構造の場合には鉛直たわみ度がさらに問題となる。すなわち、剛性を確保することは、動的安定性を保つだけでなく振動の生じ易い不安定領域を狭くする上でも重要と考えられる。

ゲートの基本諸元である径間と扉高は河川計画上から決定されるが、結果的に剛性の大きな支配パラメータとなり振動問題と密接に関係していることから、許容たわみ度の考え方と合わせて設計上の今後の課題と考えられる。なお、本調査は、建設本省および農林水産本省の協力を得ており、ここに謝意を表する。

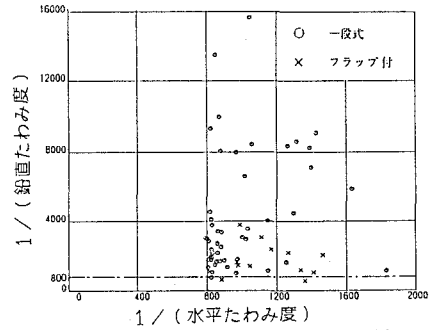


図-3 水平および鉛直たわみ度の関係

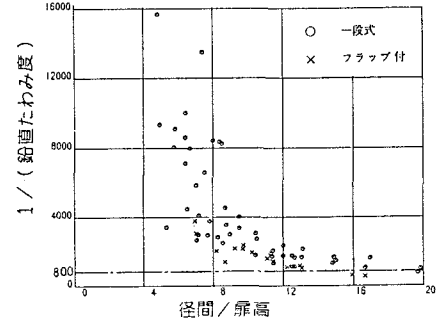


図-4 (径間/扉高)と鉛直たわみ度の関係

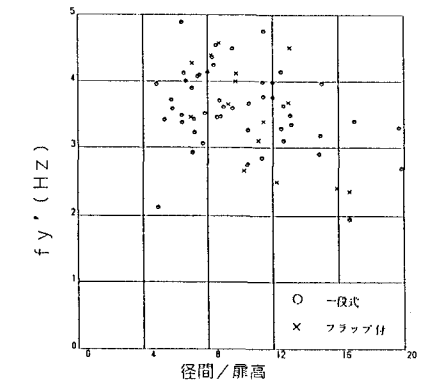


図-5 (径間/扉高)と f_y' の関係

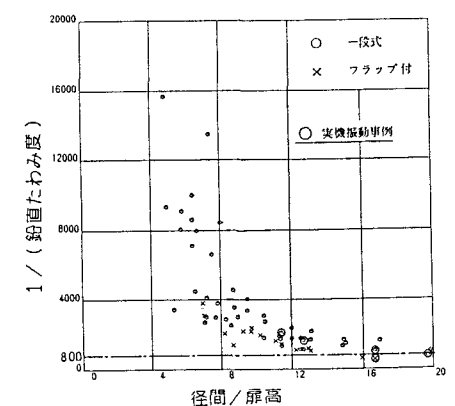


図-6 振動事例と鉛直たわみ度の関係