土木学会第49回年次学術講演会（平成６年９月）

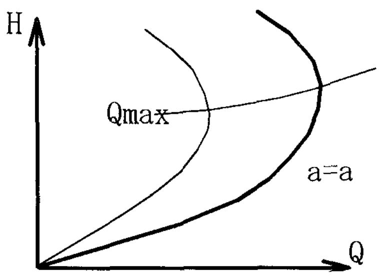
II－316　長径間ローラーゲートの自励振動発生限界の推定法

正員　東洋大学工学部　荻原　国宏
正員　京都大学工学部　中川　博次
正員　石川島播磨重工　上田　幸彦

はじめに

長径間シェルローラーゲートの自励振動の発生範囲は、過去の実験結果から上限の開度が撓みを考慮した時の、流量の最大点の上流水位より深い所で発生し、下限は梁の中央部が河床に接地する開度として決定できる事が明確になっている。そこで、代表的な上流面リップ形状をもつ、いくつかのゲートについて理論的に限界条件について検討をしてみた。

図－１　流量最大条件



梁の撓みを考慮した時の流量

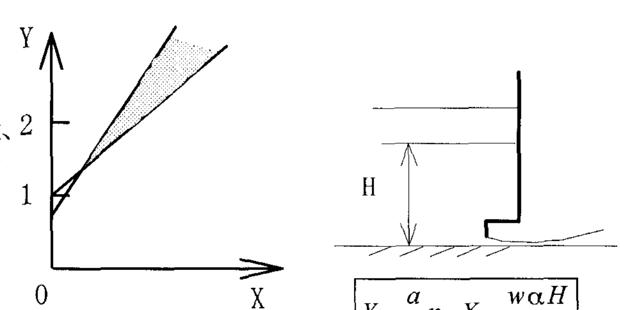
ゲートに分布荷重として自重w_d，上流水位の変化に伴って加わる水圧qがある。上流水位をHとすると q=f(H) である。従って梁は単純梁として梁の中央点の撓みδ、梁の両端の開度を a, 梁のスパン長をＬとし、流量係数をCとして関係式を導く。中央点のたわみδと開度を考慮した時の流量Qは次の様になる。

$$\delta=\frac{5(w_d+q)L^4}{384EI},\quad Q=C\sqrt{2gH}\left[aL-\frac{(w_d+q)L^5}{120EI}\right]\quad(1)\qquad \frac{a}{L}=\frac{L^4}{120EI}\left[w_d+q+2H\frac{dq}{dH}\right]\quad(2)$$

上限は流量最大の条件であるので流量の式の両辺を２乗してＨで微分する事によって(2)の式が得られる。またゲートの設計時には撓み度の基準があり通常1/800－1/600以下で設計されている。そこで自重による撓み度を1/nとする(3)式ととなる。この関係を式(2)の限界条件式に当てはめると式(4)、(5)が得られる。

$$\frac{1}{n}=\frac{5w_dL^3}{384EI}\quad(3)\qquad \frac{a}{L}n\geq 1+\frac{q}{w_d}\quad(4)\qquad \frac{a}{L}n\leq\frac{16}{25}\left[1+\frac{q}{w_d}+\frac{2H}{w_d}\frac{dq}{dH}\right]\quad(5)$$

同様にして下限も撓みの中央点の式から上の式の後半の式となる。次にゲート上流面の形状によって考えられる代表的な水圧荷重の式を１次、２次関数として与えた場合の限界条件について検討をする。



$$Y=\frac{a}{L}n,\ X=\frac{w\alpha H}{w_d}$$

図－２　水平リップを持つ鉛直タイプのゲート

(1)　$q=\alpha wH$ の場合（図－２のタイプのゲート形状の場合）

このとき接地の条件式は（７）、流量最大の条件式は（６）となる。この限界をグラフに表わしたのが図－２の中の左の図である。図中の斜線の部分が振動発生範囲である。交点の座標は(8)式のようになる。ただしｗは水の単位重量である。

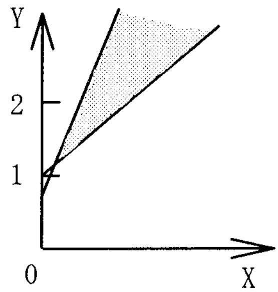
$$\frac{a}{L}n\leq\frac{16}{25}+\frac{48}{25}\frac{w\alpha H}{w_d}\ (6)\qquad \frac{a}{L}n\geq 1+\frac{w\alpha H}{w_d}\ (7)\qquad Y=\frac{a}{L}n=\frac{32}{23},\ X=\frac{w\alpha H}{w_d}=\frac{9}{23}\quad(8)$$

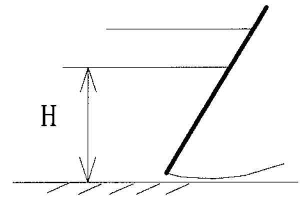
(2) $q=\beta wH^2$ の場合（直線リップが下流側に傾斜している場合）

この時流量最大の限界条件式は(9)，接地の条件式は(10)である。このときの限界条件は図－３の様になり、斜線の部分が振動の発生範囲となる。図－２の場合と似ているが変数の取りかたが違っているので注意する必要がある。

$$\frac{a}{L}n \le \frac{16}{25}+\frac{16}{5}\frac{w\beta H^2}{w_d} \quad (10),\quad \frac{a}{L}n \ge 1+\frac{w\beta H^2}{w_d} \quad (9)$$

交点の座標は(11)となる。





$$Y=\frac{a}{L}n,\ X=\frac{w\beta H^2}{w_d}$$

図－３ 傾斜リップの場合

$$Y=\frac{a}{L}n=\frac{64}{55},\ X=\frac{w\beta H^2}{w_d}=\frac{9}{55},\ H=\sqrt{\frac{9w_d}{55w\beta}} \quad (11)$$

(3) $q=w(\delta+\gamma H+\varepsilon H^2)$ の場合（一般的な２段ゲートの場合）

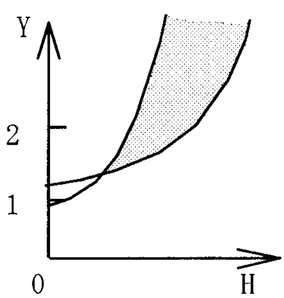
この時流量最大の条件は(13)式，接地の条件式は(12)である。これをグラフにしたのが図－４の左のグラフである。

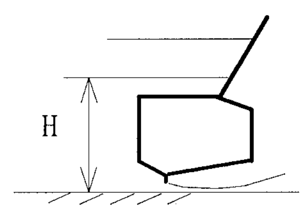
$$\frac{a}{L}n \ge 1+\frac{w}{w_d}\left(\gamma+\delta H+\varepsilon H^2\right) \quad (12)$$

$$\frac{a}{L}n \le \frac{16}{25}+\frac{16}{25}\frac{w}{w_d}\left(\gamma+3\delta H+5\varepsilon H^2\right) \quad (13)、$$

斜線の部分が振動発生範囲である。

交点の座標は(14)、(15)で与えられる。





図－４ ２段ゲートの場合

$$Y=\frac{a}{L}n=\frac{1}{55}\frac{w}{w_d}\left[64\gamma+9\frac{w}{w_d}+32\delta H\right] \quad (14)$$

$$H=\frac{23}{110\varepsilon}\left[-\delta\pm\sqrt{\delta^2+\frac{1980}{529}\varepsilon\left(\frac{w}{w_d}+\gamma\right)}\right] \quad (15) \qquad a=Y_c\,nL \quad (16)$$

結果に対する考察

上流水位が上昇したときにゲートが下向きにたわみ、流出する面積を小さくするタイプのゲートで現在のところで考えられる基本的なタイプのゲート３種について、その自励振動の発生範囲の予測手法を求めて見た。この過程で開度の下の限界は二つの限界曲線の交点の鉛直座標の値Ｙで与えられ。たわみ度１／ｎのとの積で与えられる。すなわち限界値は上流水位Ｈの関係でＸまたはＨによってY_cとして決まってくる。従って開度はとして式（１６）によって求められる。この事から、たわみ度の小さいゲート程振動が発生する開度が小さいことが判る。すなわち（１６）式のｎＬは設計時の梁の中央のたわみ量であるので、結局振動の発生限界を与える開度は設計たわみ度に比例している事が判る。

また上流水位が上昇すると、ゲートが河床に接地して振動がしなくなるが、上記の接地条件は丁度梁の中央点が丁度接地する条件であるので、実際には振動時にゲートリップが河床を叩く振動も発生しうるので、この条件式で求まる限界水位より小さい水位でも振動が生ずる事が考えられる。ここで求めた限界条件は振動系の条件は考慮していないので減衰力が強いゲートでは、この限界条件内でも振動が発生しない事もある。