

クレストラジアルゲートの小開度で発生する自励振動

東洋大学工学部環境建設学科教授 フェロー 荻原 国宏
水門鉄管協会技術調査研究委員会 委員長)

はじめに 水門鉄管協会の技術調査研究委員会では第 3 回目の研究調査としてクレストラジアルゲートの自励振動を取り上げて平成 12 年から 2 年計画でスタートしている。クレストラジアルゲートについては日本では和歌山ダム、アメリカでは Folsom Dam での事故が注目された。振動説もあったが結局部材の座屈が原因であった。今回の研究はどのような条件で自励振動が発生してくるかを明確にし、より経済的なゲート設計が出来るような技術に結び付けようとするものである。委員会では幹事会が中心になり 既往のデータの集約を行っており、これは別の機会に発表する事にする。ここでは模型実験の成果を中間の段階であるがまとめたものである。

模型の規模 模型の規模は原型の 1/25 を想定して図-1 のような規模で製作した。ゲートの操作を想定したバネは板バネを使用してゲートスキンプレート面に沿ってワイヤーで吊り下げる方式を取った。いわゆる前面操作方式に相当する。模型は 4 本の支柱 (左右 2 本で、上下 2 本) で回転中心と結合されている。上部の 2 本の支柱にターンバックルを組み込み、回転中心と圧力中心のずれを無段階で設定できる方式とした。

実験条件 実験条件は上流水深、ゲートの開き、回転中心と圧力中心のずれ、板バネの定数を変えている。現地でのゲートの固有振動数は 3Hz 付近にあるので、模型では 15Hz 程度になる。

しかし模型での実験のしやすさから 5Hz から 10Hz 付近で実験している。

図-2 圧力中心と回転中心の関係 (右)

実験結果 まず**圧力中心と回転中心**のずれによる振動の発生状況の代表的な例を図-2 に示す。これは固有周波数が 5.5Hz であり、水深が 35 cm の場合である。St=3 が圧力中心と回転中心が一致する場合で、この場合は減衰振動となっている、St=3.5, 4, 4.5 と振動の振幅が大きくなっているのが判る。数字が大きくなるに従って上部の支柱の長さが短くなることを示し、圧力中心が回転中心の下側にずれて行っている。

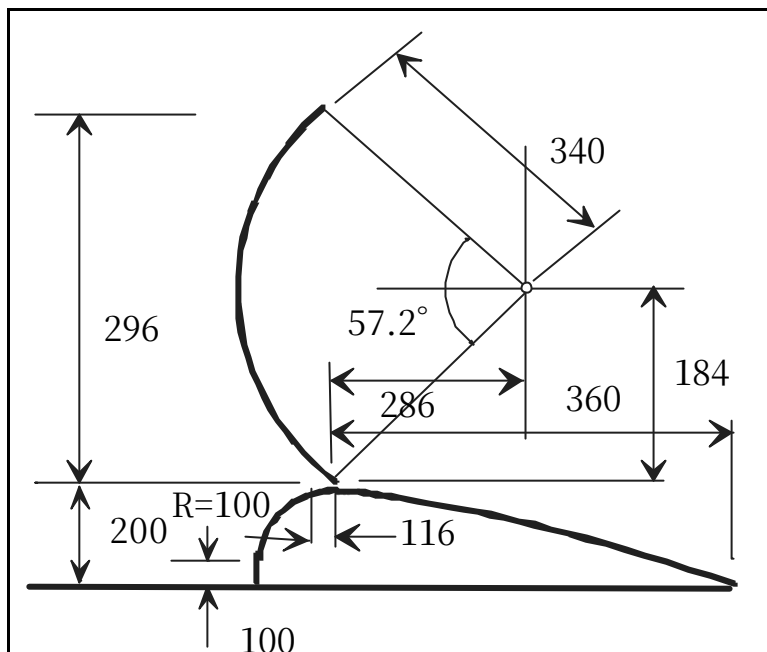
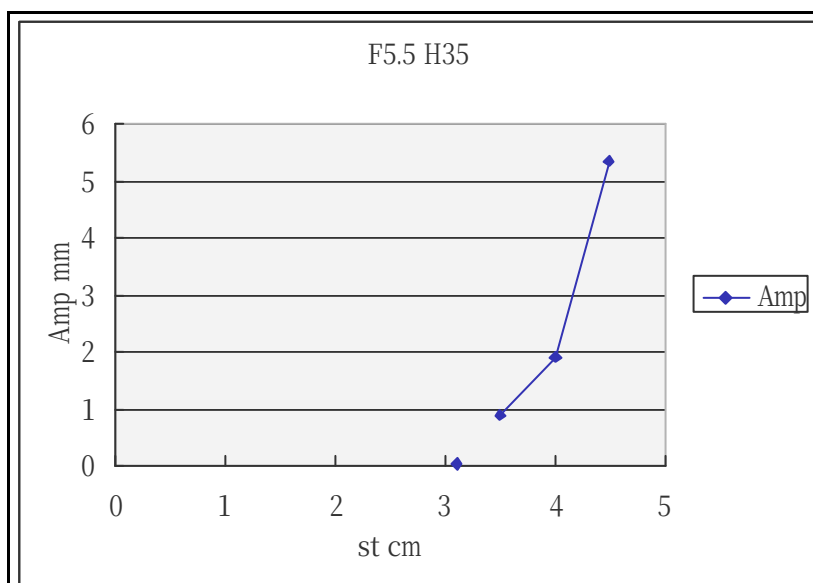


図-1 模型模式図



キーワード: クレストラジアルゲート、自励振動、不安定条件

連絡先 〒350-8585 川越市鯨井 2100、Tel:0492-39-1395、Fax:0492-39-1395 or 0492-31-4482

このことから圧力中心が回転中心より下側にあることが小開度での自励振動の必須の発生条件であることが判る。

つぎに**水深とゲート開度**の関係についてまとめたのが図-3である。固有周波数が6Hzであり、支柱のずれが1cmの場合である。開度が4,6,8と変えたときの振動発生状況であるが、開きが4mmの場合には20cmから27cmの水深で振動しているが、開きが6mmの時には27cmのみで振動している。開きが8mmの時には振動が発生しない。

このことから開きが大きくなると振動が発生しにくくなり、水深が大きくなるほど振動が発生しやすくなることがわかる。

次に**固有周波数との関係**について見ると図-3と図-4の比較からその傾向が判る。前者の固有周波数は6Hzであるが後者の値は9.5Hzである。後者は開度2,3,5で振幅は0.8mm以下であることがみられる。このことから固有周波数が高くなると振動の大きさが小さくなると共に、振動の発生する範囲(開き)が狭くなることが明らかになった。

別途行った理論計算で自励振動の発生条件を求めたのが(1)式である。この式で各パラメーターは次のごとくなっている。aはゲートの開き、Hはダム頂点からの上流水深、 γ は減衰係数、Iは慣性モーメント、Cは流量係数、 ρ は水の密度、B、R0はゲートの幅とスキンプレートと回転中心との距離、 δ は回転中心と圧力ベクトルの作用線との垂直距離である。

上記の結果はこの理論式と良い整合性を示している。すなわち1)開度が小さいほど、2)水深が大きいほど、3)減衰比が小さいほど、4)固有周波数が小さいほど、5)初期の振動振幅が大きいほど、6)回転中心と圧力中心の距離が大きいほど、自励振動が発生しやすい。

現段階でのこの理論式と実験値との整合性は完全には取れていない、特に開度と固有周波数との関連でもう少し理論の展開を考慮する必要がある。なおこの研究は水門鉄管協会プロジェクト研究として平成12年度に行われたもので、平成13年度に追加の研究をしてまとめることになっている。

Kunihiro Ogiwara, Yukihiko Ueda, Hiroya Emori, Flow induced vibration of radial gate under small gate opening, FIV 2000, Flow-Induced Vibration, Editors S. Ziada & T. Staubli, 19-22, June, 2000

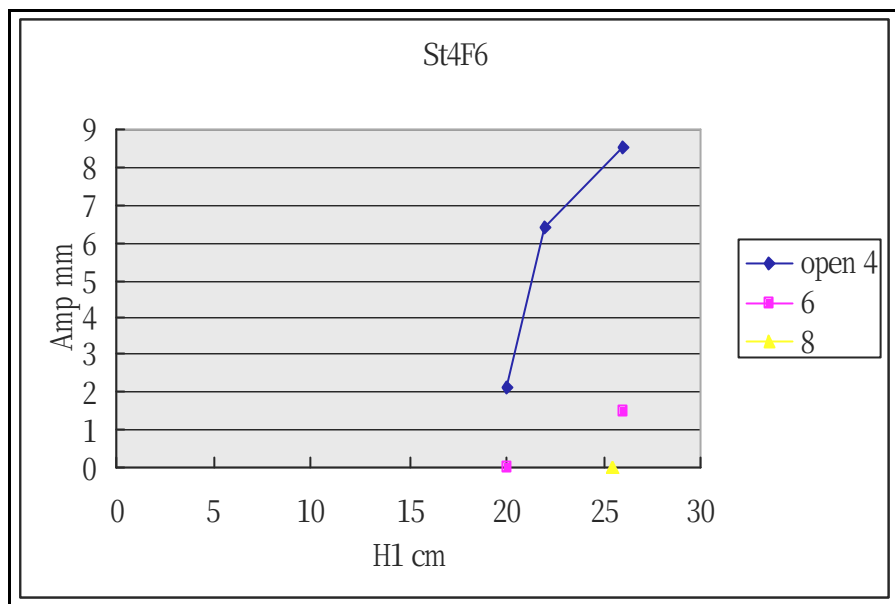


図-3 St=4, F=6Hz

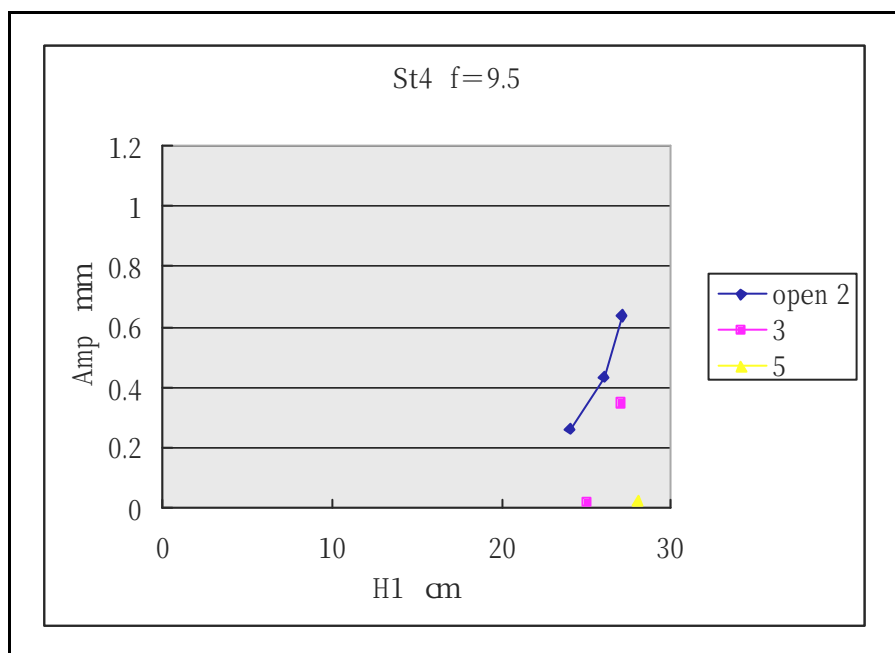


図-4 St=4, F=9.5Hz

$$\frac{g I}{C r \sqrt{2 g H B R_0^2 d q_0}} \frac{3 p}{2} < \frac{1 - \frac{3}{2} \frac{a}{H}}{\sqrt{1 - \frac{a}{H}}} \dots (1)$$