

# 著しく乱れた流れの水理構造物におよぼす影響

Anton Grzywiński



ウィーン工科大学 (Technische Hochschule Wien) のアントン・グルツィヴィエンスキー教授は、オーストリアにおける水理学の代表的な教授で、その研究範囲は主として発電関係の水理構造物およびゲート、開門その他多方面におよび、ヨーロッパ各国に対して数多くのコンサルティングを行なっている。また基礎的な研究として、新しい問題としての水理構造物の振動や乱れの影響などについても多くの業績がある。

本文は、昭和37年9月18日、同教授が来日された機会に、土木学会水理委員会の主催により、東京学士会館で行なわれた学術講演会における講演の要旨である。(訳者)

著しく乱れた流れが水理構造物に与える影響について、ウィーン工科大学の研究所において行なった研究の数例をここに紹介する。

## 1. 大型ゲートの水理模型実験

まず第一に、Edling 発電所の頂部にフラップ（起伏片）のついたラディアル・ゲートに関する模型実験につ

いて述べる。このゲートは高さ 17 m で、部分開放時のゲート刃先付近の最大圧力変動は 図-1 に示すようになり、この結果から、ゲートの最大応力の計算にあたってこの動水圧を考慮に入れて構造計算を行なわなければならないことがわかった。

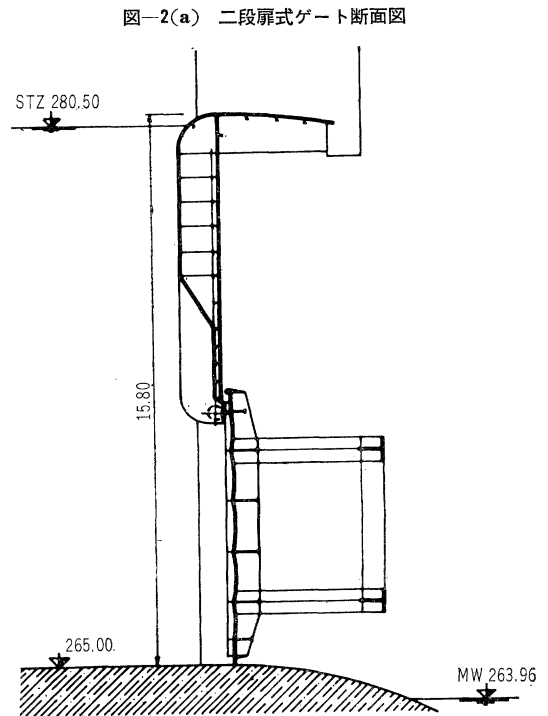
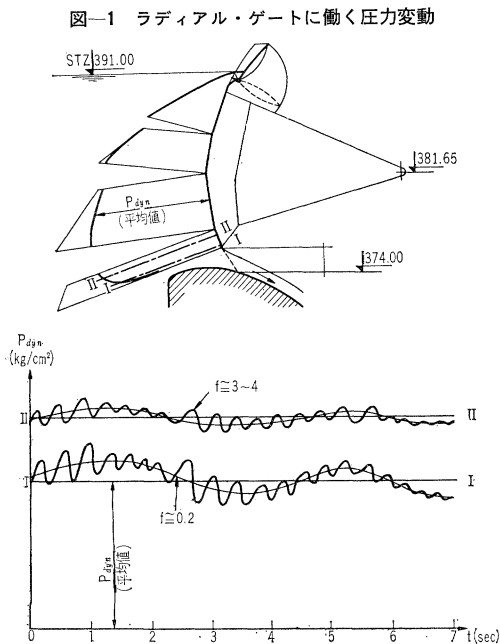
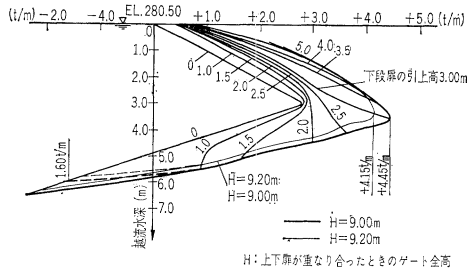


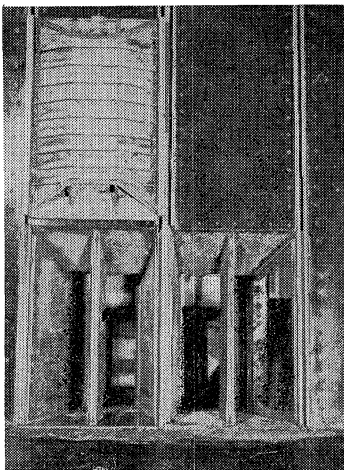
図-2(b) (a) に示すゲートに働く動水圧(上段扉に働く水圧の鉛直分力)  
(上段扉の傾斜面の位置を高め、かつ、せん孔なしとした場合)



つぎに、ダニューブ川の Aschach 発電所の余水吐ゲートは、図-2(a) に示すごとく、新しい構造形式のかき型二段扉式ゲートであって、余水吐ゲートとしては世界で最大の部類に属する。このゲートは幅 24 m、高さ 15.8 m で、3000 t の静水圧を受けることになる。通例の方法にしたがって水理実験を進め、ゲートに働く平均動水圧とその鉛直分力(図-2(b))を求めた。模型実験の結果、ゲート上の越流がきわめて大きくなると、ゲートのたわみが顕著となって、そのために構造物に生ずる動的応力が增大することがわかった。

多段分割式ゲートをダム洪水吐の流量調節用ゲートの前面に置いて、ちょうど角落しのように非常用ゲートとして用いることが行なわれる。もし放流中にこのゲートの操作を行なう必要が生じた場合、各個のゲートは著しく乱れた流れにさらされる結果、動水圧や振動を受けて、その操作には特別な配慮を払わねばならない。この種のゲートを最初に設置した例は、オーストリアの Edling 発電所の洪水吐であって、工事中はコンクリートを打設する径間の締切りに用い、他の径間を河川流が流過し得るように配置し、工事が完成した後は、洪水吐越流

図-3 取水口ゲートの模型



頂のラディアル・ゲートの上流側に非常用ゲートとしてすえつけた。このゲートに関する二、三の水理実験の結果は、国際水理学会(I.A.H.R.)のモントリオール(1959年)およびドゥブロブニク(1961年)における会議の論文集に掲載されている<sup>1),2)</sup>。

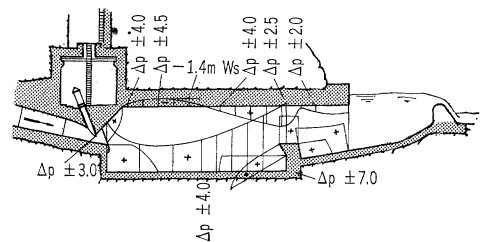
最後に、Assuan 発電所の取水口ゲートに関する模型実験について述べる。この模型の写真は図-3に見られるとおりである。ゲートに働く水頭は約 35 m で、静水圧による総荷重は 3000 t に達する。ゲートの巻上げ力をおよそ 60% に減少せしめるために、水平げたをもったありきたりの形式の高水頭ゲートを改めて、セル・タイプの構造物とした。

## 2. 放流設備の水理模型実験

第2に、ウィーン工科大学の研究所で実施された大ダムの放流設備に関する模型実験について二、三の例を述べる。

図-4 は、高さ 120 m のダムの放水管に対して設計されたもぐり型減勢池の例である。できることなら流量調節用の操作ゲートは完全に通気されるようなトンネルの末端に設置さるべきである。さもなければ減勢池をもぐり型としなければならない。しかるに、圧力変動が著しく大きいので、ゲート上や減勢池の凹みの部分などにキャビテーションが発生するのをさけるために、これに対抗するなんらかの均衡圧力が必要となる。図-4 の減勢池はこの目的にかなうように設計されたもので、減勢池の各壁面に作用する圧力分布は図中に示されている。このように、放水管減勢池の設計は、キャビテーションが全く生じないように特殊な注意深い配慮の下に行なわねばならない。

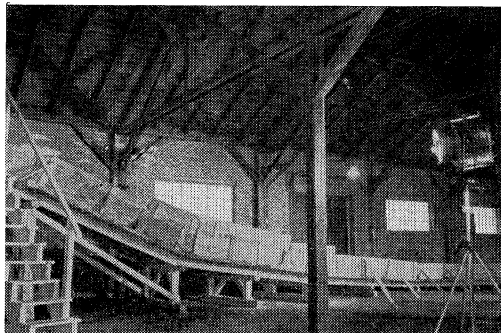
図-4 大ダムの放水管に設ける高圧ゲートと減勢池



この減勢池については、水頭約 48.5 m の比較的小い貯水池水位の下に現場試験を実施することができた。圧力および圧力変動の実測結果は模型実験の結果を裏書きし、フルードの相以則の適用の妥当性が立証された。

いま一つの模型実験は、取水口および圧力トンネルの一部に空気と水の混合噴出を生ずるような問題を取り扱う、長さ 136 m の模型について行なったもので、これ

図一5 ダムの破壊によって生ずる洪水波の実験模型



は水力発電所の適正運転の条件を決定するためのものである。この場合においても、実物と模型との間に成り立つ相似性は満足すべきものであった。

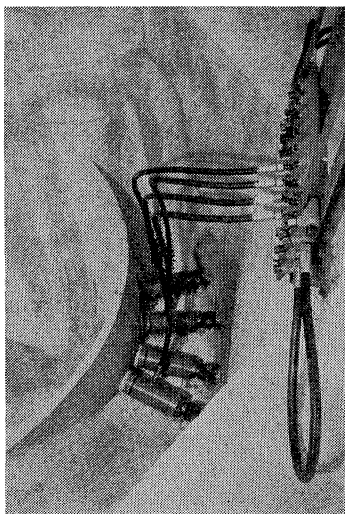
### 3. ダムの破壊によって生ずる洪水波の実験

第3に、大ダムの破壊によって生ずる洪水波に関する模型実験について述べる。

この問題を解明するための水理実験は、縮尺 1/350 の峡谷の模型を用いて行なった。模型の大きさは、長さ 76 m、高さ 4.5 m である (図一5)。

この大型模型による洪水波の水理実験にひきつづいて、峡谷におかれた大ダムに当って砕ける波の動水圧およびその圧力変動の測定を実施した。およそ 1/100 秒のきわめて短い周期の圧力変動を測定するためには、非常に感度のよい特殊な電子計測器が必要である。さらに、上述の大ダムの構造模型をコンクリートで作し、水理模型で求められた最大圧力を作用せしめて構造実験を行なった。

図一6 ダムの構造模型と油圧ジャッキ



最後に、いくつかの等質な構造模型を用いて、貯水池静水圧および波の衝突による動水圧が作用した場合の重力型アーチダムの設計荷重の安全率を決定した。動水圧は油圧ジャッキによって発生せしめた (図一6)。さらにまた、ダム本体と異なる岩盤材料を用いた模型について実験を行ない、また岩盤上の引張応力をさけるような配置に関しても実験を行なった。ダムの荷重の安全率には、岩盤の変形が、その他のすべての条件よりもはるか敏に感に影響するように思われる。

## 4. むすび——模型実験の意義——

以上、模型実験に関する筆者の研究分野から二、三の例を紹介した。

ここに述べた3章について共通するところは、著しく乱れた流れに関する問題の解明という点であって、これは、水理構造物の設計の上で常にしばしばあらわれる問題でありながら、今日まで必ずしも正しく評価されてこなかった。この問題は、水の運動と圧力との相関関係を明らかにするために、一方では水理学的な問題を提起し、他方では構造上の解析を必要とする。

各章に示した例では、いずれも主として実験的な手段によって、すなわち、水理および構造の両面の模型実験によって問題を解明する試みについて述べた。ダムの破壊によって生ずる洪水波を研究するために十分大きな模型を用いることは、河谷が急勾配でかつ湾曲しているような場合、デジタル・コンピューターによるよりもはるかに有効な方法であると筆者は信ずるものである。多くの場合において、模型実験はわれわれの知識をひろめ、また解が適正なものであるかどうか、いかなる安全度が存在するや否やを決定する唯一の方法である。

数学はたしかにわれわれの知識を進展せしめるすぐれた方法であるが、結局は手段の一つに過ぎず、過大に評価すべきものではなく、また他の方法にとって代ることのできるものでもない。つまり、数学は、解の原理が既知の場合にのみ特に役立つものなのである。「第一に模型実験、ついで計算」というやり方は、著しく乱れた流れの水理構造物におよぼす影響を調べるような、きわめて複雑困難な問題を解明するに当って用いるべき望ましい方法であると考えられる。

### 参考文献

- 1) Grzywienski, A.: "Hydraulic forces on vertical-lift gates", Proceedings of 8th Congress, I.A.H.R., Montreal, 1959.
- 2) Grzywienski, A.: "The effect of turbulent flow on multi-section vertical lift gates", Proceedings of 9th Congress, I.A.H.R., Dubrovnik, 1961.

(訳者：千秋信一・正員 工博 電力中央研究所)