

金沢大学 工学部 正員 高瀬信忠
住友電気工業(株) 正員 丸山一郎
パラナ大学(ブラジル) 太田準士
(金沢大学大学院生)

1. はじめに

水資源の有効利用や開発等の対策として、堰(頭首工)については色々な形態が考案されてきたのであるが、建設費が安価で保守や点検等の維持管理が容易であり、また、耐久性や耐蝕性にも優れているゴム引布製起伏堰(Fabri Dam)が近年急速に脚光を浴びてきた。しかし、その起伏堰における堤体の振動や倒伏過程の水理特性に関する問題点等が幾つもあるといわなければならないのであるが、本研究は、倒伏過程における水理特性の中で最も重要視されている V notch 現象について考察し、今後の同堰の大型化や用途拡大等における開発のための基礎資料を得ようとするものである。

2. ゴム引布製起伏堰に関する従来の研究

本研究では、空気膨張式の同堰に対して内部空気量を減らすことによって生ずるダムの変形及び越流量の変化についての考察をしたものであるが、普通は同堰の内圧は設計で定められに状態にあり、そして、堰高はほぼ水平となっている。その特性等は Anwar¹⁾、萩原²⁾、中川³⁾ による研究から推算されるが、同堰が水膨張式の場合、頂点はほぼ最後まで水平を保ち流量制御は比較的簡単であるけれども、空気膨張式ではある程度に内圧が下がると局所的に低い部分ができ、流水が集まる V notch と称する現象が起き、その制御は複雑になる。特に、設備費等の点から簡単に安価な空気膨張式が圧倒的に多いので、 V notch についての研究は、非常に重要な問題であるといわなければならない。 V notch の発現限界については、萩原²⁾や住友電気工業(株)での研究及び実験等がなされていて⁴⁾、高く評価されているのであるが、現在までの研究では、 V notch 発現後の特性についてはほとんど発表されていないので、これらについても考察を加えたものである。

3. 模型実験装置及び水理量

実験水路は図-1に示すように、幅2m、長さ7m、高さ20cmの鋼製水平長方形水路を用い、上流側で水路幅を1mに絞り同堰に越流させるが、堰本体の袋体は合成ゴムをナイロン布で被覆したもので、実際の同堰と同じ材料を使用しており、その大きさは周長29.1cm、最大堰高10.0cmである。膨張式は空気式で、同堰内部の底には4個の孔をあけて注入口や排出口、マノメーター等に連結したが、下流側の堰上げは無く越水した水は、そのまま下流に流下させることとした。そして、水路上流には整水板を設け、同堰より上流側1.8mの水路幅の中央にポイントゲージを設置し、上流水位を測定した。実験水路への通水は揚水ポンプからタンクに水を上げ、そこから電磁流量計を通して水路に水を流したが、流量はポンプの出力や水路の規模等から、ほぼ3ℓ/secから28ℓ/sec位までとして、その流量調節はバルブで行なった。

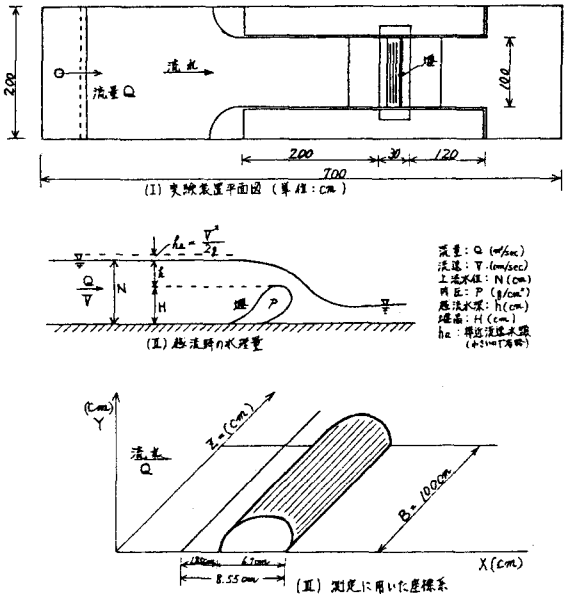


図-1. 模型実験装置及び水理量

4. 実験項目及び主な実験結果

次の(1)から(3)までの項目は、 V notch 発生前の状態のものである。

(1) 流量一定 (6 l/sec) にして、内圧を徐々に下げて同堰の変形及び上流水位を測定

(2) 上流水位一定にして、内圧を徐々に下げた場合の同堰高及び流量の変化を測定 (図-2。測定は同堰中央にて行なった)

(3) 内圧一定 (12 g/cm^2) で、いろいろな越流状態における同堰の変形について測定 (図-3。測定は同堰中央にて行なった)

(4) V notch 発生後の圧内と上流水深との関係測定 (図-4)

(5) V notch 時における同堰の形状測定 (図-5)

(6) V notch の位置による越流への影響把握

(7) 同堰内部空気容積を減らすことにより変化する断面の測定

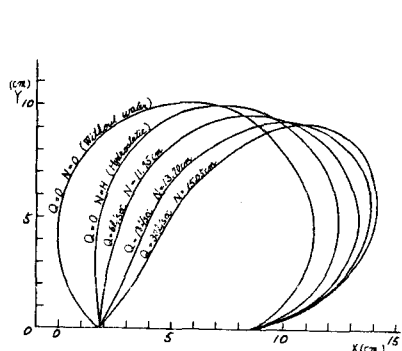


図-3 内圧一定 (12 g/cm^2) で越流状態を変えた場合の形状変化

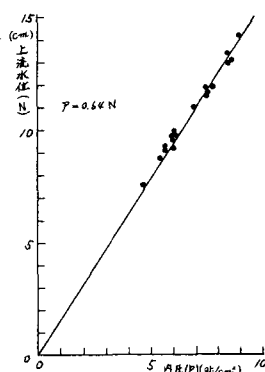


図-4 V notch 発生後の内圧と上流水深との関係

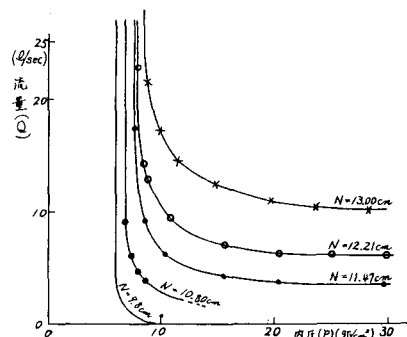


図-2 上流水位一定で内圧を変えた場合の同堰の関係

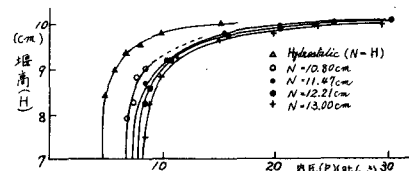


図-5 V notch 時における同堰の形状

5. 実験結果に対する考察

上記(1)の実験では、上流水深及び同堰高は内圧の低下と共に低下し、同堰断面は変形した状態となっており、(2)の実験では図-2からもわかる通り、内圧の低下と共に同堰高の低下は上流水深も影響しているが、内圧はある程度下がるとほぼ一定値に近づき、一方、流量は増加し続けること、そして、 V notch 現象は、この内圧がほぼ一定値になってゆくと生じることが判明した。図-4より V notch の発生限界は近似的に、 $P = 0.64N$ ---- (a) によって与えられるが、同発生限界における萩原の式は、 $R/H = (3P/4H) - (1/2) + (1/4)\sqrt{(PH)^2 + 2}$ ---- (b)、また、以前に研究された住友電気工業(株)の実験式は、 $P/H = 0.54 + 0.81(R/H)$ ---- (c) であるが、われわれの実験では、 $P/H = 0.63 + 0.67(R/H)$ ---- (d) となった。図-7より、 $N = h + H$ なので、この関係を式(d)に代入して整理すると、 H をパラメーターとした決式が得られる。 $N = 1.49P + 0.06H$ ---- (e)、式(a)と式(e)は、ほとんど一致するが、式(a)は非常に簡略化されたものといえるであろう。図-5より同堰上流部に変曲点のあることがわかるが、この点では内圧と外圧が一致しているものと思われる、ほぼ、 $Y = N(1 - 0.64)$ 位の位置にあるとみて差支えないようである。(6)の実験では流量、内圧及び空気容積一定での V notch 発生位置による影響を調べてみたが、発生位置が変ることによる上流水位の影響の小さいことがわかった。最後に、実験や計算とりまとめに当って御協力願った当時学生の菅原伸雄君(石川県庁)に対して、深く感謝する次第です。

参考文献：1) Amner: Inflatable Dams, Proc. ASCE. (HY3), 1967. 2) 萩原・立石・吉屋：ラバーダム形状に関する研究，土木学会論文報告集，No. 179, 1970. 3) 中川：フブリダムの水理機能に関する実験中間報告書，1972. 4) 住友電気工業(株)：81年度フブリダムの研究について，1981，その他。