

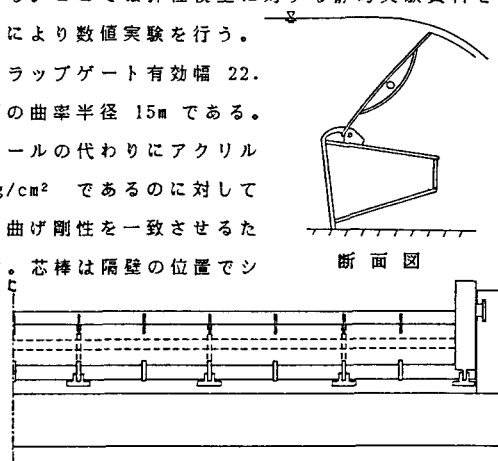
フラップゲートの構造特性について

(株) 駒井鉄工所 正会員 ○細田 直久
岡山大学工学部 正会員 谷口 健男
(株) 駒井鉄工所 太田 勝

1. まえがき 水門形式のうち越流・底流両用型ゲートである、下部に箱型断面ゲート、上部にシェル型フラップを有した親子ゲートは、水位・流量の制御が比較的容易であるという利点を有することより近年よくもちいられている。このような親子ゲートにおける静力学的挙動が問題となるのは、越流時の上部フラップにおける挙動である。本研究の目的は、親子ゲートの上部フラップ部（シェル構造）の静力学的挙動を評価し、その設計のための資料を提供しようとするにある。ここでは弾性模型に対する静的実験資料を対象として、フラップ部の数値モデルを作成し、有限要素法により数値実験を行う。

2. 模型実験 ゲートのフラップ部はスチール製で、フラップゲート有効幅 22.75m、高さ 2.23m、下面板の曲率半径 1.2m、上面板の曲率半径 15m である。弾性模型は 1/10 の弾性相似模型を使用する。材質はスチールの代わりにアクリルを用いる（図 1 参照）。スチールのヤング率は 2100000 kg/cm^2 であるのに対してアクリルのヤング率は 33000 kg/cm^2 と非常に小さいので曲げ剛性を一致させるためにフラップ部の図心の位置にステンレス製の芯棒を通す。芯棒は隔壁の位置でシェル構造体と接続する。

模型におけるひずみの測定はひずみゲージを用いて行い、そのひずみより応力を求める。フラップ部が 45° 起立時と 20° 起立時で満水状態のときの応力を測定している。また、変位測定はフラップ部が 30° 起立時に、越流水深を変化させそれぞれに対して、ポイントゲージにより鉛直方向の変位を測定する。



正面図
図 1 模型図

3. 数値実験

3. 1 板モデルによる解析 まず模型の簡単な数値解析モデルとして板モデルを設定して、フラップ部の曲げ剛性のみを評価してどの程度実験値を再現できるかを調べる。フラップ部は左右対称構造であり、荷重が対称であることより対称モデル（右半分）を取り扱う（図 2 参照）。シェル部分の換算板厚は、実験値と計算値の変位を合わせることにより決定する。一例として越流水深 10cm、ゲートが 30° 起立時のデータを用いたところ、換算板厚 0.4cm を得た。変位曲線を図 3 に示す。なお、変位は実験値、計算値ともにフラップ上面の x 軸方向のセンターライン上のものである。

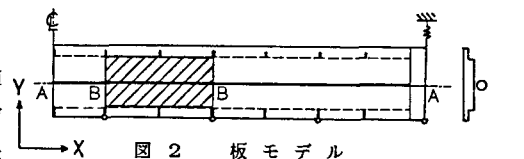


図 2 板モデル

つぎに応力解析を行う。この板モデルでは有限要素法の性質を考えれば精度的に不十分であるといえよう。

そこで応力検出箇所を含んだより小さい領域を対象とした部分解析、すなわちズームングを強制変位法を導入することにより行う。その領域を図 2 の斜線部の、隔壁間の上スクリンプレートとする。ゲートが 45° 起立時で満水状態のときの応力図を図 4 に示す。応力の実験値、計算値ともにまた、フラップ上面の x 軸方向のセンターライン上のものである。

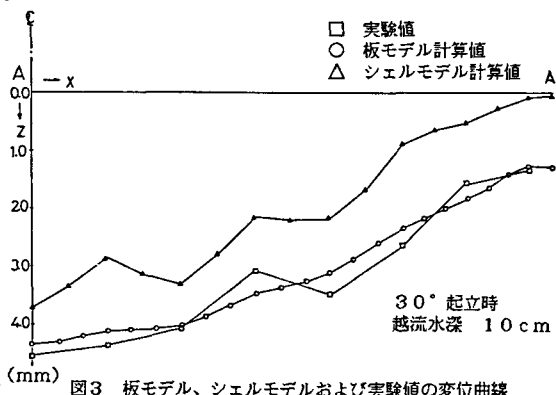


図 3 板モデル、シェルモデルおよび実験値の変位曲線

3.2 シェルモデルによる解析 シェルモデルは模型の諸元をその-10.0
まま導入する。また板モデルと同様に対称モデルを取り扱う。フラップ部
は 1. 上面の板 2. 下面の板 3. 隔壁 4. 端部の剛な隔壁 5.
芯棒 6. 上・下縁のはり より構成されていることより、様々な種類の
有限要素が混在する。ここでは、構造要素の特性を考慮して 1, 2 対
しては板シェル要素、3 に対しては膜要素、4, 5, 6 に対してははり要
素を用いる(図5参照)。越流水深 10cmでゲートが 30° 起立時の変位曲
線を図3に示す。また断面の変形状態を図6に示す。つぎに板モデルと同
様に隔壁間のスキンプレートについて応力解析を行う(図7参照)。

3.3 考察

① 全体系のたわみについて(図3参照) 2つのモデルおよび実験
値ともに変位状態は良く似通っている。隔壁部分(ヒンジ上方)ではその
前後と比較すると変位は小さくなっており連続ばりの様な挙動を示す。こ
れよりここで取り扱った様なシェル構造を有するフラップ部
でも適切な曲げ剛性が評価できれば、その全体の挙動を板モ
デルで十分表現できるといえ、従って全体系では曲げ挙動が
卓越しているといえる。

② 断面の変形について(図6参照) 隔壁および上・下縁の
はりの存在するところでは変形はほとんど見られない。隔壁はその
位置の断面を保持するとともにx軸回りの曲げ変形に抵抗し、
また上・下縁のはりはx軸回りの曲げ変形に抵抗しているが、こ
れは有限要素モデル自体が剛すぎるためと考えられる。

③ スキンプレートの応力分布(σ_x)について(図4, 図7
参照) σ_x の分布もまた連続な板の挙動を示す。実験値および
板モデルの σ_x はともに隔壁間のスキンプレートの中央付近で小
さく減少している。これは上・下縁のはりの影響であると思われ
る。シェルモデルでは荷重が実験よりも大きいことより全体的に
 σ_x は大きくなっているが、その中央付近では応力の落ち込みが見られ
ない。これは、シェルモデルにおいては図5の様にx軸方向の分割数が
少なく、要素の縦横比が約1:3であるためであると思われる。しかし
変位状態が実験値とかなり似通っているという点からこの問題が解決す
れば実験値と似た応力分布になるであろう。シェルモデルにおいて、端
部のスキンプレートで応力解析を行いねじりの影響を検討したが上述の
理由により良い結果は得られなかった。

4. あとがき フラップ部はシェル構造として設計されてはいるもの
の、全体としてその変形を見れば曲げ挙動がねじりを卓越しており板構
造の様な変形であるといえよう。しかしながら局部的には、例えば端部
ケーブルの影響により、少なくとも端部のスキンプレートはねじり挙動
が発生している。しかしながら、下部のヒンジ構造によりその影響が消
え、その他の部分は板的な挙動を示していると考えられる。

<参考文献> 1). 鷲津久一郎 他 "有限要素法ハンドブック", 培風館

2). 小堀為雄 他 "有限要素法による構造解析プログラム", 丸善

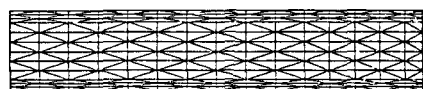
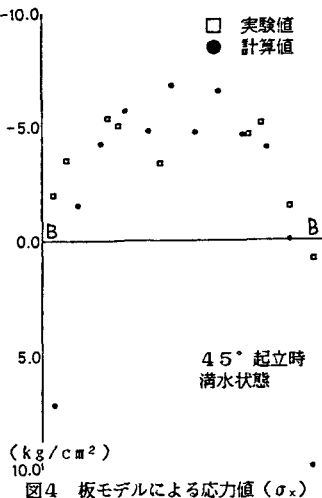


図5 シェルモデルメッシュ図

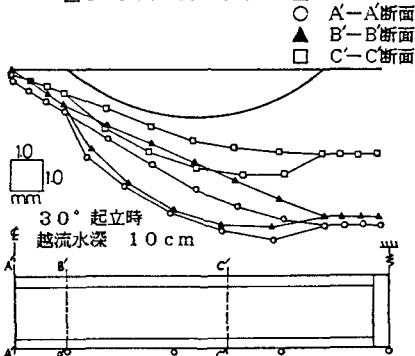


図6 シェルモデルの断面変形状態

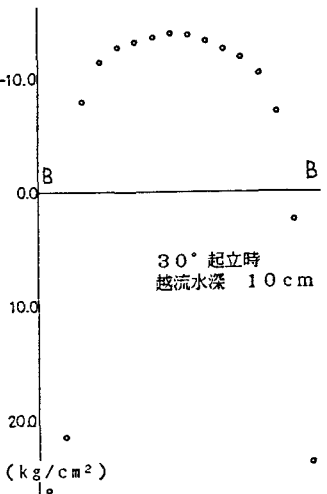


図7 シェルモデルによる応力値(σ_x)