

半円形シェルの非線形挙動

宮崎大学工学部 ○ 今井富士夫

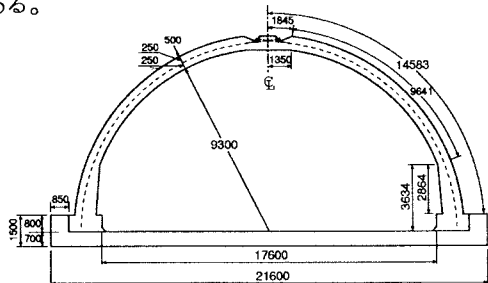
宮崎大学工学部 池内 俊裕

宮崎大学工学部 中沢 隆雄

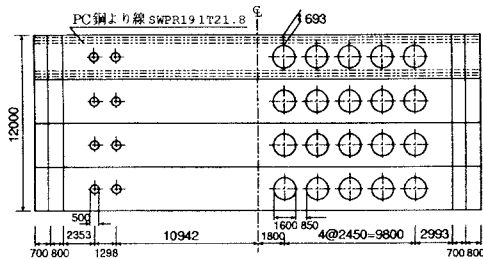
1. まえがき

平成4年に護岸堤として、図-1に示すような円孔を有する半円形コンクリートシェルが宮崎港に試験的に設置された¹⁾。壁面に開口部を有する曲面護岸堤は、鉛直護岸堤に比べて消波効果が大きいことが明らかにされており、現在、種々の開口形状についての消波効果が検討されている²⁾。

本報告は、このような曲面護岸堤の耐荷力特性に関する基礎的な研究として、数種の半円形コンクリートシェルの解析を行った結果について報告するものである。



(a) 護岸堤断面図



(b) 曲面の概略図

図-1 曲面護岸堤概略図

2. 非線形解析法の概説

本解析では、1節点5自由度のアイソパラメトリック厚肉シェル要素を採用している。

幾何学的非線形解析での剛性方程式は、式(1)となる。

$$K du = \int_v B^T d\sigma dv + \int_v dB^T \sigma dv \quad (1)$$

非弾性解析では、本構造がコンクリート構造であることから、圧縮域の降伏関数として *Kupfer*らの実験

を参考に提案された式(2)を採用した³⁾。

$$f = \{\beta[(\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y) + 3(\tau_{xy}^2 + \tau_{xz}^2 + \tau_{yz}^2)] + \alpha(\sigma_x + \sigma_y)\}^{1/2} \quad (2)$$

ここに、 $\alpha = 0.355f'_c$ 、 $\beta = 1.355$ 、 f'_c は圧縮強度を表す。

降伏進行の解析には積層化手法を用いており、本解析では断面を6層に分割した。なお、本解析ではひびわれについては無視した。

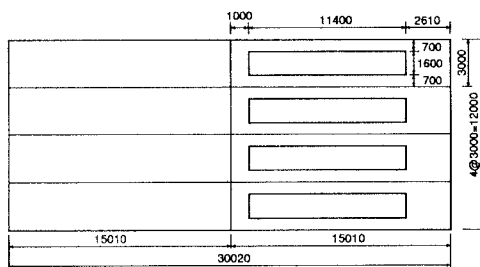
3. 解析モデル

実構造の護岸シェルは図-1に示すような円孔を多数配置したものであったが、ここでは図-2に示すような、より消波効果の大きいとされる縦スリットと横スリットを有するモデルを中心に解析を行った。

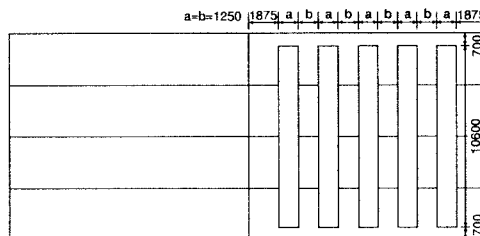
model 4は、model 3の横スリットモデルの中央部に1本の縦補強材を付加したものであり、その幅は1.4mである。

表-1 解析モデル

model 1	開口部なし
model 2	縦スリット
model 3	横スリット
model 4	横スリット・縦補強材有



(a) 縦スリットモデル (model 2)



(b) 横スリットモデル (model 3)

図-2 解析モデル

護岸堤は特にアンカーをとることなく、海底に設置されている。そこで解析での支持条件として、非載荷側の底版縁端は3方向変位を固定とし、載荷側の底版縁端は鉛直変位のみを拘束した。

載荷荷重は、図-3に示すような開口側曲面に直交する等分布荷重を採用した。

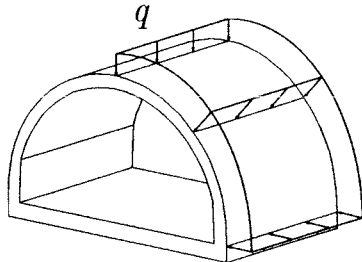


図-3 荷重モデル

4. 解析結果および考察

図-4は荷重-変位曲線で、変位は円弧頂部の中央点の水平変位である。図中、*GNL*は幾何学的非線形性を考慮したもの、*GL*は無視したものである。また、図-5は終局時の変位モードを示したものである。

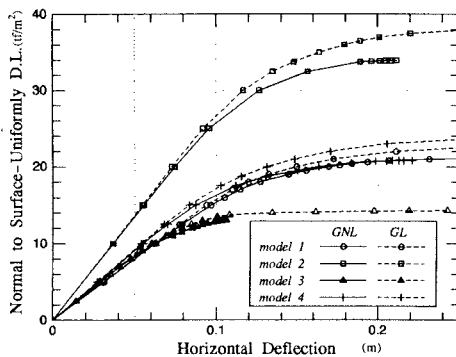
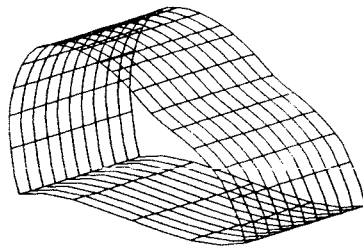


図-4 荷重-変位関係

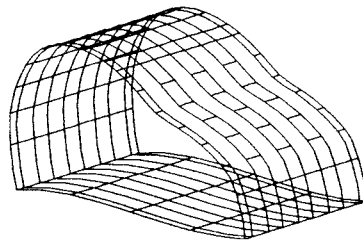
これらの図から明らかなように、補強のない横スリット形式 *model 3* は、載荷側の横板の中央部に大きな折れ曲がりが生じており、横板の局部破壊のような様相を呈している。そのため耐荷力では最も脆弱となっている。横スリット形式の中央部を縦板で補強した *model 4* は他の2つとほぼ同様な変位モードとなった。

この3者の耐荷力は、縦スリット形式が最大で、*model 4* と開口部のない *model 1* はほぼ同様な値となっており、*model 1* に比べて30%程度低減している。*model 1* が *model 2* に比べて、耐荷力が低下した理由は、*model 1* の曲面部分が剛であるため、底版に大きな変形が生じたためと思われる。ここでは割愛しているが、塑性域の拡がりからもこのことが考察される。

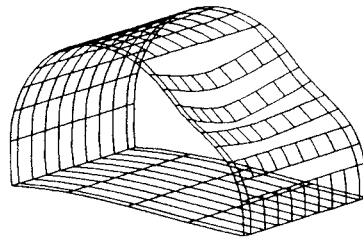
幾何学的非線形性の影響は、*model 1* が少ないものの、いずれも耐荷力で10%程度の低減となっている。本解析の結果、縦スリット形式が耐荷力の面では最も優れた構造といえよう。



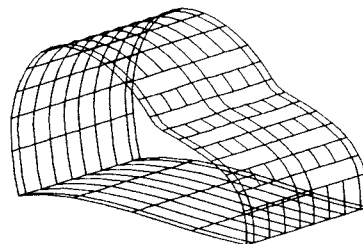
(a) *model 1*



(b) *model 2*



(c) *model 3*



(d) *model 4*

図-5 終局時の変位モード

参考文献

- 1) (財) 沿岸開発技術研究センター: 半円形防波堤実証実験調査委託, 1992
- 2) 河野 他: 海岸工学論文集 第40巻(2) pp.681-685, 1993
- 3) E. Hinton and D.R.J. Owen. Finite element Software for Plates and Shells, Pineridge Press Limited, Swansea, U.K., pp.235-403, 1984