

3次元シェルモデルによるダムゲートの耐震性能評価

独)水資源機構 正会員 ○佐野 貴之
 独)水資源機構 岡本 大樹
 独)水資源機構 正会員 佐藤 信光

1. 研究の目的

本研究の目的は、大規模地震動に対するダムゲートの耐震性能を評価することである。これまで、ダムゲートの耐震性能を3次元骨組モデルによって評価する場合、一部の部材をモデル化しないことがモデル化部材の地震時発生応力に影響を与えることが課題であった。本稿では、3次元シェルモデルを用いたFEM解析によってゲート部材耐力を評価した結果を報告する。

2. 対象ゲート

対象は、堤高140mの重力式コンクリートダムの堤頂に設置されているクレストゲート（鋼製ラジアルゲート、純径間8.2m×扉高14.5m）である。本ゲートは左右3本ずつの脚柱を有している。スキンプレートにかかる水圧荷重は、補助縦桁、横主桁の順に支持され、脚柱を介してトラニオンピンに伝達される。

3. 解析モデルおよび解析コード

解析手法は有限要素法（FEM）とし、解析モデルは3次元骨組モデルと3次元シェルモデルを用いた（図1）。シェルモデルでは、骨組モデルでモデル化されていないスキンプレートや補剛材（写真1）がモデル化されており、骨組モデルよりも実物に近いモデルとなっている。解析コードは、骨組モデルには3次元骨組み構造物非線形動的解析プログラムDYNA2E(Ver7.2)を用い、シェルモデルには有限要素法汎用構造解析コードISCEFを用いた。

4. 静的段階載荷解析

ゲート部材の耐力は、静的段階載荷解析（荷重を漸次、段階的に増加させる静的解析）により評価した。まず大規模地震動により発生する時間最大動水圧を100%とし、それを200%,300%にして載荷し（図2）、各ステップにおける各部材の応力を求め、それらを降伏応力度と比較した（図3）。この図から、骨組モデルでは、最初に134%動水圧で補助縦桁が降伏応力度に達し、次いで207%で中主桁が、245%で脚柱が降伏することがわかる。一方シェルモデルでは240%で脚柱が降伏するが、そのとき補助縦桁、横主桁は降伏応力度に達していない。補助縦桁と横主桁の応力が小さくなったのは、シェルモデルではスキンプレートがモデル化され、その剛性を見込んでいるためと考えられる。ただし脚柱が降伏に至る荷重は、両モデルでほぼ同じであった。これは脚柱が軸力の卓越する部材であるために、モデル化による影響が小さいことを示していると考えられる。

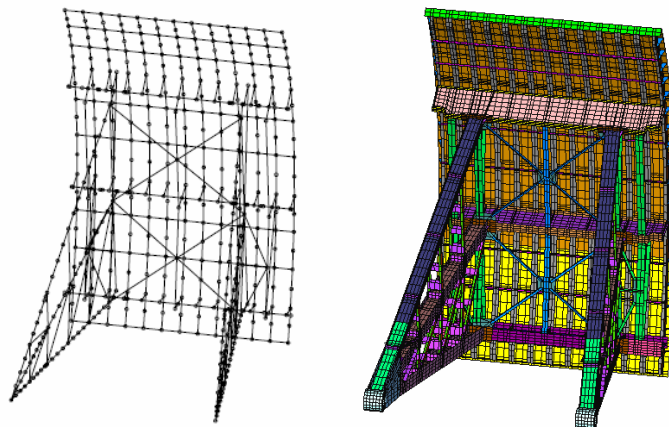


図1 骨組モデル（左）とシェルモデル（右）



写真1 スキンプレート周辺

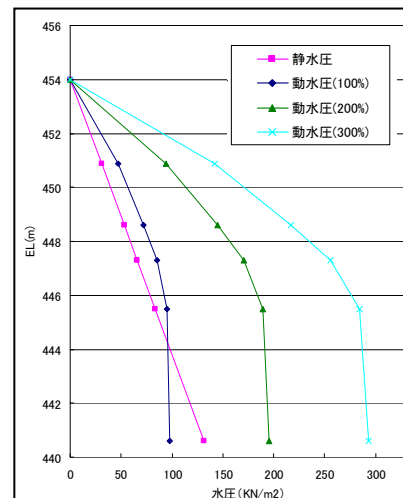


図2 静的解析に用いた動水圧

キーワード ダムゲート、シェルモデル、耐震性能、大規模地震動、耐力評価、有限要素法

連絡先 〒338-0812 埼玉県さいたま市桜区神田 936 番地 (独)水資源機構総合技術センター TEL 048-853-1785

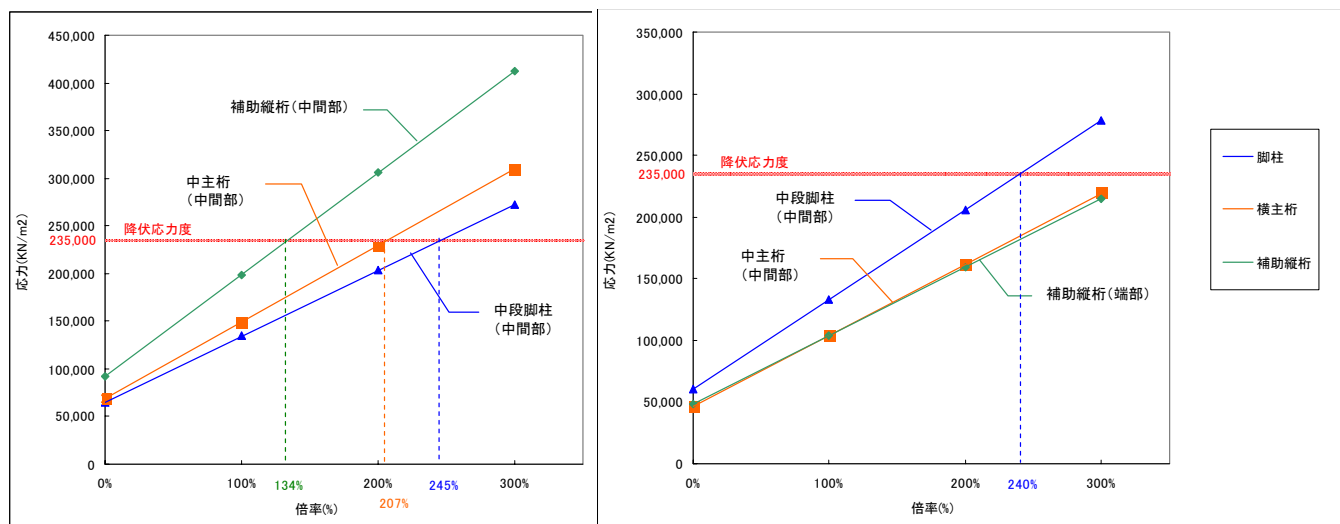


図3 静的段階解析による耐力評価結果（左：骨組モデル，右：シェルモデル）

5. 線形動的解析

次に、大規模地震動を受けるダムゲート部材に発生する応力を、線形動的解析により求めた。静的荷重はゲート自重と静水圧、地震時荷重は地震時慣性力、扉体に作用する動水圧、ゲートピンに作用する加速度（最大加速度 969gal）である。線形動的解析の解析方法は、直接積分法（Newmark- β 法）とし、積分時間間隔は 0.0002 秒、鋼部材の減衰定数は 0.02 とした。なお動水圧と加速度は、ゲート解析とは別に重力式ダム 2 次元モデルの動的解析を行いその応答値を用いた。動的解析の結果、地震中の作用荷重のなかで動水圧が支配的であること、ゲートが振動しているあいだ扉体に動水圧荷重が最大となる時刻付近（静水圧と同程度）に部材の応力が最大になることが確認された。変形図と最大合成応力度分布を図 4 に示す。この図から、静的段階載荷解析と同様、シェルモデルのほうがモデルに発生する応力が小さくなっていることがわかる。

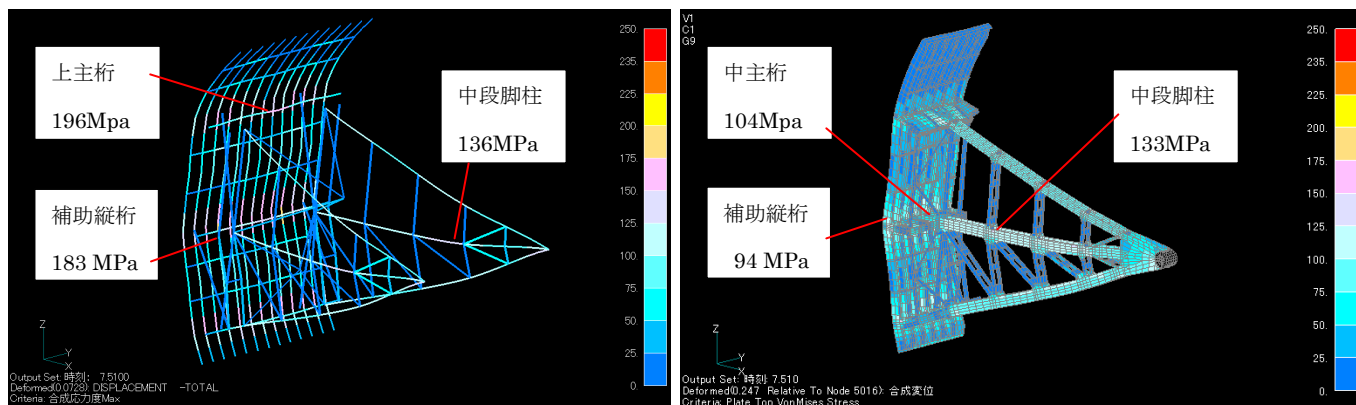


図4 線形動的解析による変形図と最大合成応力度 σ_g 分布（左：骨組モデル，右：シェルモデル）

6. まとめ

本稿では、3 次元シェルモデルを用いた FEM 解析によってゲート部材の耐力を評価した。静的段階載荷解析の結果、実部材の形状をシェル要素で忠実にモデル化したシェルモデルの発生応力は、梁要素による骨組モデルの発生応力よりも小さく、シェルモデルを用いることでゲート部材の耐力をより合理的に評価できることがわかった。スキンプレートモデル化しその剛性を組み込んだ影響が大きいと考えられる。

また、同じモデルに大規模地震動（ピン位置の最大加速度 969gal）を入力した線形動的解析を行った結果、動的解析では動水圧荷重が支配的であることが確認されるとともに、静的解析と同様、シェルモデルのほうが骨組モデルよりも発生応力が小さくなることがわかった。

参考文献

- ・国土交通省河川局：大規模地震に対するダム耐震性能照査指針(案)・同解説,平成 17 年 3 月