

地中構造物の変位照査による地震リスクとスクリーニングアウトの考え方

東北電力(株) 正会員 ○伊達 政直 大内 一男
(株)大林組 正会員 浅井 隆一 米澤 健次

1. はじめに

導水管カルバートのように構造物の要求性能が構造物の塑性化、損傷が機能喪失に直結しない地中構造物においては、耐力照査に比較して変位(層間変形角)照査¹⁾は、より合理的な結果を与える可能性がある(図-1)。

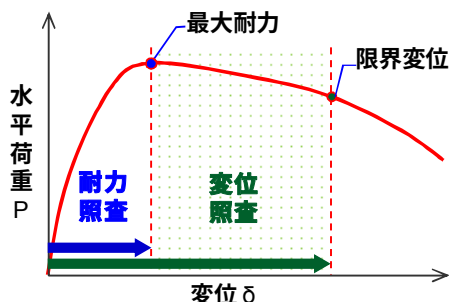


図-1 荷重～変位曲線と限界変位

昨年度は、変位照査手法に基づいた地中構造物の大規模地震に対する裕度の検討を行い、地震動を増大させた場合に変位照査手法の有効性について報告した²⁾。

本報告では、地中構造物の地震リスクの評価手法を構築するため、2種類の構造物に対して地盤を連成させた動的非線形応答解析を行い、構造物の限界変位と応答変位の関係に対して、地震動を増大させた場合に地盤剛性(構造物と地盤の剛性比)の違いが変位照査の結果に与える影響について検討を行った。

2. 解析モデル

土被り厚さが異なる鉄筋コンクリート製の6連および2連のボックスカルバートを対象とする。コンクリート構造物非線形有限要素法プログラム「FINAL」に対して、構造物と地盤を連成させた動的非線形応答解析を行えるように、地盤を平面歪要素でモデル化し、地盤構成則および地盤モデルの側方境界条件として粘性境界を導入した。両者とも岩盤上のカルバートであり、基礎版と岩の間に線形バネを考慮した。地盤構成則は、上層の埋戻土や表土にGHEモデルを適用し、カルバート直下の風化岩～硬岩

層を弾性体とした。カルバートは、コンクリートを平面歪要素、鉄筋をトラス要素でモデル化した。コンクリート構成則は、修正 Ahmad モデルおよび長沼モデル、鉄筋をバイリニアでモデル化した。

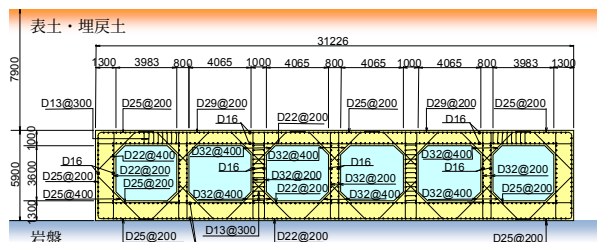


図-2 6連カルバートボックス構造図

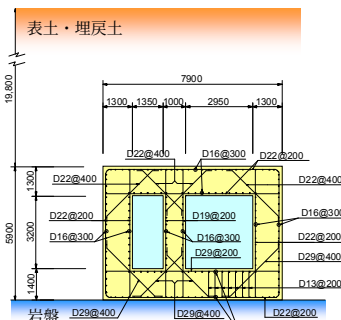


図-3 2連カルバートボックス構造図

3. 動的非線形応答解析の結果

最大水平加速度で約450gal、最大鉛直加速度で約300galの地震波を、モデル下端より入力し、水平・上下同時加震による動的非線形応答解析を行った。

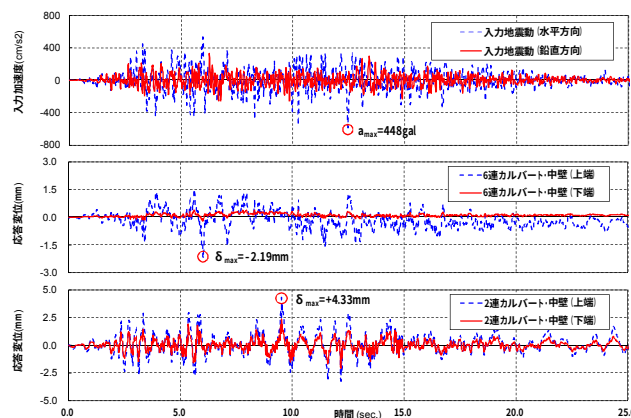


図-4 入力加速度と応答変位(中壁)

4. 作用荷重と応答変位の関係

応答解析によって求まる対象構造物の全壁のせん

キーワード 電力施設, 地中構造物, 変位制御, せん断破壊, スクリーニングアウト

連絡先 〒980-8550 仙台市青葉区本町 1-7-1 TEL 022-799-6103 FAX 022-262-5851

断力合計(水平荷重)と頂底版間の層間変位(水平変位)の分布を、図-5 と図-6 に示す。頂底版間の最大相対変位は、基準地震波の2倍まで直線的に分布し、対象構造物は弾性範囲内の応答である。荷重～変位関係の勾配は、変位制御交番載荷解析の結果とほぼ一致している。基準地震動の2倍を超える地震波に対しては、構造物の部分降伏域に入っており、構造物全体系での最大耐力に近づく結果となっている。

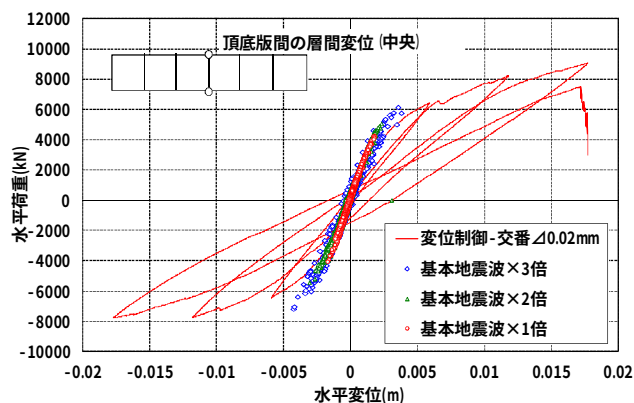


図-5 荷重～変位関係 (6 連カルバート)

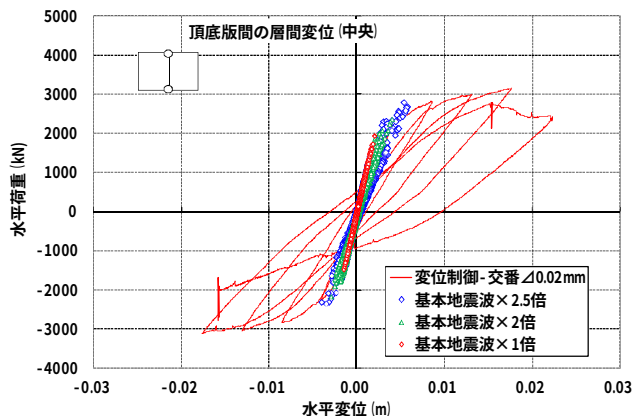


図-6 荷重～変位関係 (2 連カルバート)

5. 限界変位との比較による変位照査

6 連カルバートにおいて、入力加速度と最大層間変位の関係(図-7)は、下に凸の曲線となり、入力加速度の増加においても限界変位に対する層間変位は十分な裕度を持っている。2 連カルバートにおいて、地盤剛性が小さい場合 (初期剛性 $\times 0.5$ 倍) には、下に凸の曲線となり、同様の傾向を示している(図-8)。地震波を漸増させた場合、土圧が線形に増加せず、地盤の塑性化が構造物の部分降伏よりも先行して起こっている。このように地震波を漸増させて、各地震波による構造物の応答変位を求め、その層間変位が収束する傾向である場合に、地震リスクのスクリーニングアウトが可能となると考えられる。

一方で、2 連カルバートにおいて、地盤剛性が大き

い場合 (初期剛性 $\times 2$ 倍) には、構造物の損傷が先行して起こり、応答変位が大きくなり限界変位を超える結果となった。この場合、限界変位がせん断破壊により決定される構造ではなく、構造物に対して地盤の応答変位に追随する変形性能が求められる。また構造物廻りの地盤変位を地盤補強にて抑制する場合、構造物と地盤の剛性比に注意が必要である。

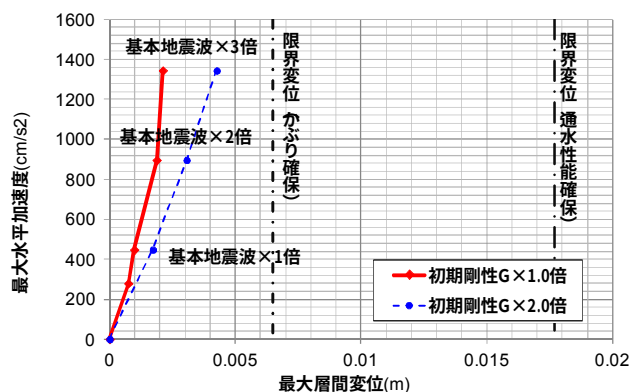


図-7 最大加速度～変位関係 (6 連カルバート)

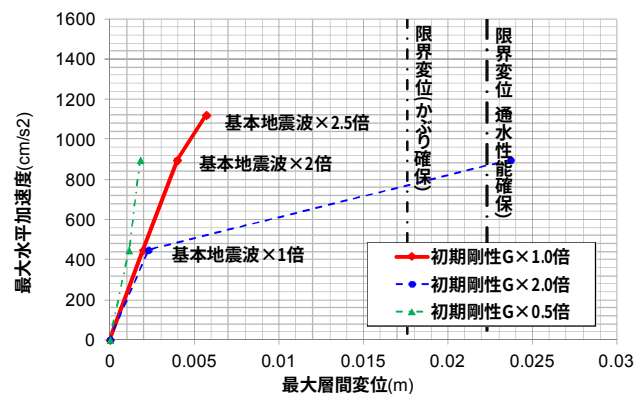


図-8 最大加速度～変位関係 (2 連カルバート)

6. 今後の課題

地震リスクのスクリーニングアウトは、連成系の解析の中で地震波を漸増させて、構造物の層間変位の収束状況を確認することにより可能となる。その解析では、地盤と構造物の非線形性およびその間のジョイント要素の影響が卓越してくるため、解析の追従性について検証しておくことが課題となる。

今後、地震波の増加に対して構造物の剛性低下が地盤に先行するモデルを対象に、地盤と構造物の相互作用を把握し、地盤剛性を変化させた場合の影響および地中構造物の地震リスクの評価手法に関して、引き続き検討を行う予定である。

参考文献

- 1) 土木学会原子力土木委員会, 「原子力発電所屋外重要土木構造物の構造健全性評価に関するガイドライン」, 2008/7
- 2) 大内, 伊達「変位照査を用いた大規模地震に対する地中構造物の裕度の検討」2011/9, 土木学会第 66 回年次学術講演会