

地層処分施設における大深度地中構造物の耐震性評価に関する基礎的研究

大成建設（株）	正会員	○渡辺	和明
大成建設（株）	正会員	澤田	茉伊
大成建設（株）	フェロー会員	志波	由紀夫

1. はじめに

地層処分施設は、岩盤内の広範囲に、長大立坑、連接坑道群、坑道交差部等を有する大規模な大深度地中構造物である。その立地に際しては、地震に対する安全性評価¹⁾が検討課題の一つとなるが、3次元的な構造形状や地質構造を考慮した耐震性評価法は確立していないのが実状である。本研究では、仮想モデルを用いた3次元動的解析を実施し、大深度地中構造物の地震時挙動の特徴を明らかにするとともに、耐震計算における応答震度法の適用性、動的解析時の立坑や横坑のモデル化に関する解析的検討を行った。

2. 大深度地中構造物の地震時挙動

検討対象を図-1に示す。3層地盤に立坑と横坑からなる仮想モデルで、大規模な地層処分施設の一部分を取り出したようなモデルである。大深度地中構造物の基本的な地震時挙動を把握する目的で、地盤をソリッド要素、立坑と横坑をシェル要素でモデル化した3次元地盤～構造物連成モデルによる動的線形弾性解析を実施した。解析モデルは、平面的に十分な領域を確保し、境界条件として全側面の節点における鉛直方向自由度を固定、下端を底面粘性境界とした。入力地震動は、水平1方向のみで、「鉄道構造物等設計標準・同解説－耐震設計」²⁾のレベル2スペクトルI地震動のG1地盤用波とした。

3次元動的解析の結果より、代表部位の応答を図-2と図-3に示す。地盤のせん断ひずみが急増する地層境界付近、変形モードの異なる立坑と横坑の接続部付近で、構造物に大きな応力が発生するなど、複雑な地震時挙動を示すことがわかる。

3. 応答震度法の適用性検討

応答震度法は、地盤の1次元地震応答解析の結果から静的震度を算定し、それらを地盤～構造物全体モデルに静的に作用させ、構造物の地震時応答を簡易に評価できる計算手法であり、一般の地中構造物の耐震設計にも多く適用されている。ここでは、地層処分施設のような大深度地中構造物を対象に、応答震度法の適用性について検討した。なお、応答震度法に用いる静的震度の算定方法は、設計基準等に明確に規定されたものが無い。そこで本検討では、1次元地盤応答解析結果の応答加速度を用いた静的震度の評価方法に関する比較検討も行った。

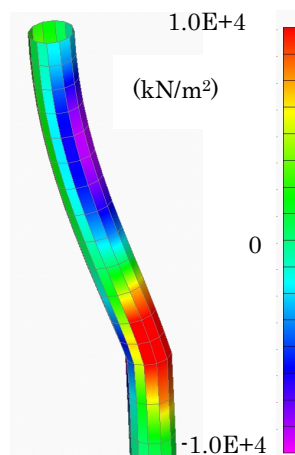


図-2 地層境界部の軸応力分布

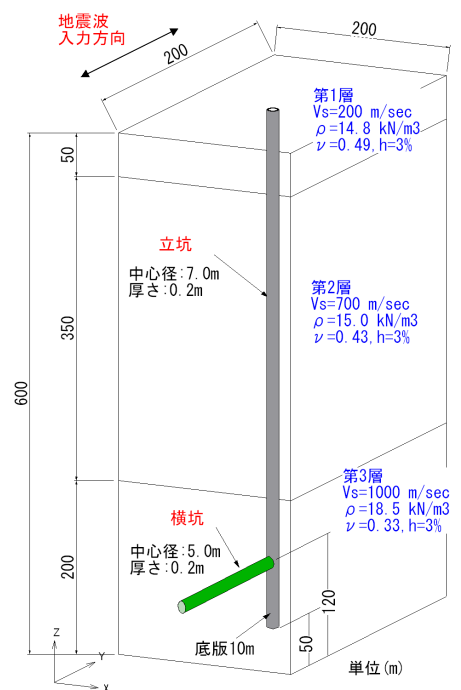


図-1 検討モデルと地盤条件

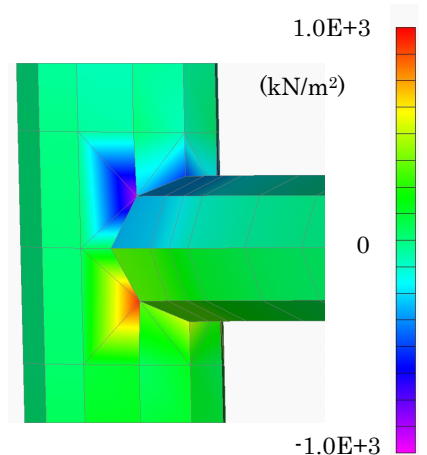


図-3 構造接続部の軸応力分布

・応答震度法A：底面に対する地表面の相対変位が最大となる時刻の加速度から静的震度評価

キーワード 地層処分施設、耐震性評価、3次元動的解析、応答震度法、大規模解析

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設（株） 技術センター 土木技術研究所 TEL：045-814-7231

- ・ 応答震度法B：地層境界(第1層と第2層)深さでの最大せん断ひずみ発生時刻の加速度から静的震度評価
- ・ 応答震度法C：立坑と横坑の接続部の深さでの最大せん断ひずみ発生時刻の加速度から静的震度評価

立坑と横坑の代表的な部位において、構造物に発生する縁応力とせん断応力の比較結果を図-4に示す。応答震度法Aは、モデル全体の変形挙動を再現したケースに相当するが、各部位で動的解析に比べて小さい応答値となっている。これに対して対象部位ごとに時間断面を設定し、その時刻の加速度より静的震度を評価したケースは、他の部位での評価精度は低いが、対象部位の応力は動的解析の結果とほぼ一致している。

4. 構造物のモデル化に関する検討

地層処分施設は、広範囲に複数の立坑や横坑が存在するため、地盤～構造物全体をFEMでモデル化する場合、膨大な節点数や要素数になることが予想される。もしも立坑や横坑を杭のように梁要素でモデル化できれば、わざわざ地盤内に空洞を設けてシェル要素で構造形状を厳密にモデルする必要がなくなり、解析作業を効率化することが出来る。そこで図-1の立坑と横坑を梁要素でモデル化し、同様の3次元動的解析を実施した。

図-4に比較結果を示す。地層境界部では、細密にシェル要素でモデル化した場合に比べて、いずれの応力とも過小評価する結果となっている。これは、梁要素でモデル化した場合、構造物の側面に作用する周面せん断力による影響を評価できないためと考えられる。また立坑と横坑の接続部付近においては、梁要素でモデル化した場合、局所的に応力が増大する傾向となっている。なお横坑のせん断応力は、シェル要素の場合に有意な値が発生しているが、梁要素でモデル化した場合はこの値を評価することができない。

5. まとめ

地層処分施設のような大規模な大深度地中構造物では、地層境界や構造変化部が、地震時の安全性評価において重要な検討部位となる。簡易な静的計算手法である応答震度法は、検討対象の部位ごとに適切な静的震度を評価することで、地層処分施設の耐震計算手法として適用することが出来る。また、動的解析による地層処分施設の地震応答評価では、立坑や横坑の3次元形状をシェル要素によって細密モデル化する必要がある。

参考文献

- 1) 核燃料サイクル開発機構：地層処分研究開発第2次取りまとめ一分冊2 地層処分の工学技術，1999年
- 2) (財)鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説―耐震設計，1999年

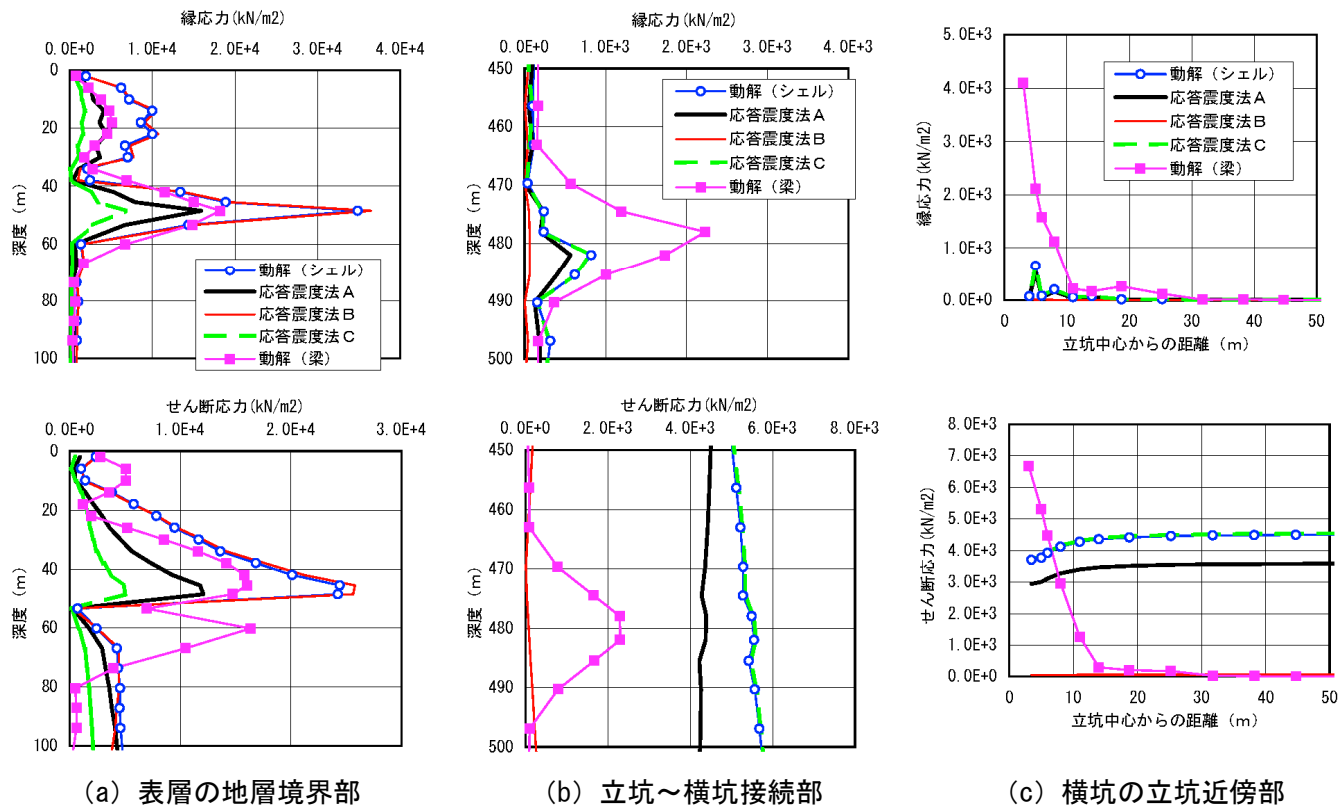


図-4 代表部位における比較結果