

水平 2 方向入力による大深度地中構造物の地震時挙動に関する分析

大成建設 (株) 正会員 ○井上 和真
 大成建設 (株) 正会員 渡辺 和明

1. はじめに

一般に地中構造物の耐震設計は、設計用スペクトルに適合した水平 1 方向と鉛直方向の地震動の組合せに対して実施されることが多い。しかし、地層処分施設のような大規模地中構造物では、構造変化部や地層境界部においては、地震時挙動が複雑になることが予想され、従来の水平 1 方向入力では、実際の多次元入力に対して生じる応答を適切に評価できないおそれがある。

そこで、大深度地中構造物を対象に、観測波を用いた 3 次元 FEM 解析を実施し、水平 2 方向入力に対する地震時挙動の分析を行った。

2. 大深度地中構造物による動的解析

図 1 に示す立坑と横坑からなる仮想のモデルを対象とする。覆工はシェル要素、地盤はソリッド要素でモデル化し、構造物と地盤の連成モデルによる 3 次元動的線形弾性解析を実施した。

入力地震動は、岩盤部で観測された代表的な地震動として、2011 年東北地方太平洋沖地震の牡鹿観測波（以下、牡鹿波）と 2000 年鳥取県西部地震の賀祥ダム監査廊での観測波¹⁾（以下、賀祥波）を用いた。

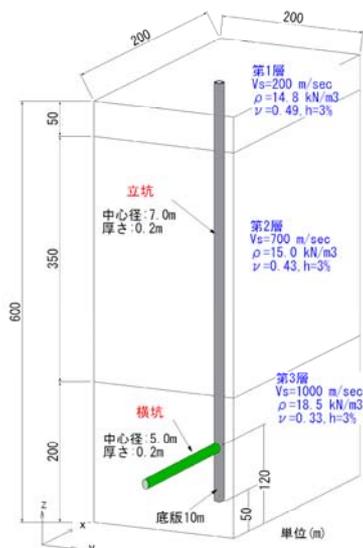


図1 解析モデル図

各入力地震動に対して、入力方向及び入力成分数について表 1 に示す 3 ケースを設定した。

表 1 解析ケース

CASE	牡鹿波		賀祥波	
	X	Y	X	Y
1	NS	-	NS	-
2	-	EW	-	EW
3	NS	EW	NS	EW

3. 解析結果と分析

図 2 に地表面から 50m 付近の立坑に生じる直応力の最大値分布を、図 3 に立坑との接続部付近の横坑に生じる直応力の最大値分布を示す。地層境界や立坑と横坑の構造変化部の影響によって、周辺の部位に比べて発生応力が大きくなる傾向が見られた。牡鹿波の結果では、1 方向入力と 2 方向入力で大きな差が見られない。これに対して、賀祥波の結果では 2 方向入力することによって 1 方向を単独で入力した場合の 1.2 倍程度の応力増加となっている。このような傾向について、入力地震動の 2 方向特性に着目して分析する。

図 4, 図 5 に牡鹿波、賀祥波の加速度オービット、図 6 にそれぞれの地震動の 2 方向応答倍率²⁾（周期ごとに 2 方向応答スペクトルを 1 方向応答スペクトルの大きい方で除したものを）を示す。牡鹿波の加速度オービットは円形に近い形となり、明確な方向性を示していない。一方、賀祥波はオービット上で第一象限と第三象限を結ぶ方向に明確な方向性を有している。強い揺れの方向性を示すことは、入力地震動の NS 成分と EW 成分の加速度振幅が同時に大きくなることに相当し、入力地震動の水平 2 成分間の位相特性や振幅特性によって決定されるものである。このような入力地震動の方向性の影響によって、2 方向入力時の応答増加の傾向に差が生じたものと考えられる。また、2 方向応答倍率は周期ごとではばらつくものの、固有周期 0.02 秒から 5.0 秒までの平均値は、牡鹿波で 1.02、賀祥波で 1.16 となり、図 2, 図 3 の最大応答値の比と概ね一致している。

キーワード 水平 2 方向入力, 観測地震動, 2 方向応答倍率, 大深度地中構造物

連絡先: 〒160-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1 新宿センタービル 大成建設(株)原子力本部 TEL03-5381-5190

4. まとめ

3次元FEM解析による比較解析により、入力地震動の特性によっては水平2方向入力を考えることで発生応力が増加する傾向が見られ、その増加比率は、簡易な1質点系で評価される2方向応答倍率によって概ね評価できることがわかった。今後は、代表的な地震のみならず、多数の観測記録に対して水平2方向特性の分析を行う予定である。

謝辞

本検討にあたり、国立研究開発法人防災科学技術研究所のK-NETの観測記録を利用させていただきました。

参考文献

- 1) JCOLD : Acceleration Records on Dams and Foundations, No.2, Japan Commission on Large Dams, CD-ROM, 2002.
- 2) 五十嵐, 井上, 古川, 宇野, 松田, 標準波一相補直交成分波の組合せによる橋梁の耐震照査用水平2方向入力地震動, 土木学会論文集 A1, Vol.68, No.4, pp. I_458-I_469. 2012

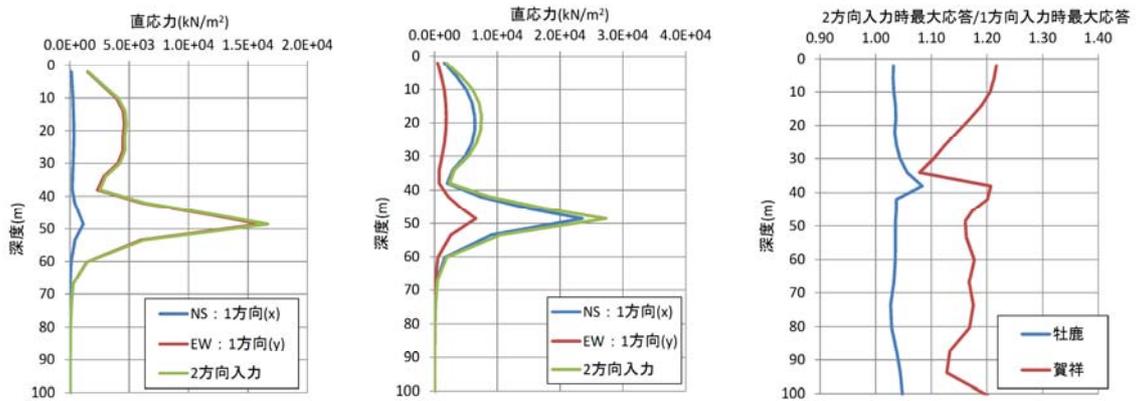


図2 立坑に生じる直応力の最大値分布 (右: 牡鹿波, 中: 賀祥波, 右: 2方向入力時最大応答/1方向入力時最大応答)

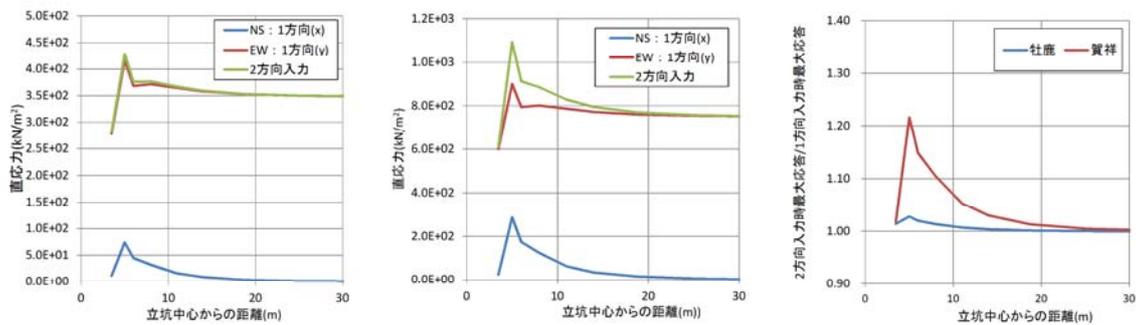


図3 横坑に生じる直応力の最大値分布 (右: 牡鹿波, 中: 賀祥波, 右: 2方向入力時最大応答/1方向入力時最大応答)

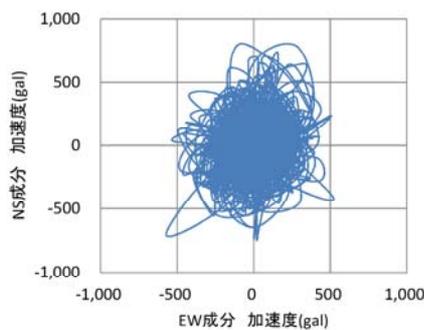


図4 加速度オービット (牡鹿波)

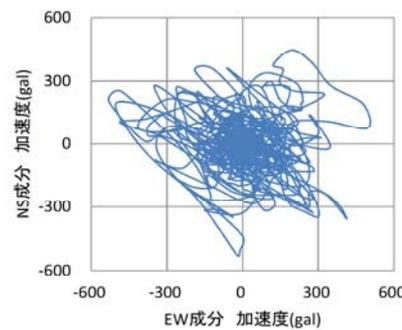


図5 加速度オービット (賀祥波)

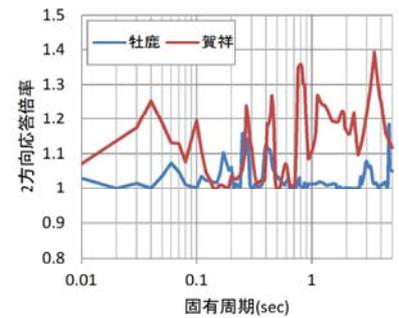


図6 2方向応答倍率 (変位)