

地中構造物の耐震安全性に及ぼす鉛直方向地震動の影響

九州大学大学院工学研究科 学生員 ○豊永 臣悟 フェロー 大塚 久哲
佐藤工業(株) 正会員 伊東 守 (九州大学大学院工学研究科博士課程在学)

1. はじめに

兵庫県南部地震では大規模な鉛直地震動が観測されたが、現在のところ一般の地中構造物の耐震設計において鉛直地震動は考慮されていない。本研究では鉛直アレー観測地震波を用いて、地中構造物を有する地盤の鉛直地震動あるいは水平地震動による動的解析を行った。またその応答結果を用いて、鉛直地震動による地中構造物あるいは周辺地盤への影響について検討した。

2. 解析対象物

本研究では、表1に示す日本原子力研究所(大洗研究所)の地盤を対象とした。大洗地区では鉛直アレー観測が行われており、本研究では深さ173.6mで観測された加速度波形を用いた。表1に示す地盤をSHAKEによりモデル化し、構造物や地盤の非線形性を考慮できる程度(300gal)にスケーリングした加速度波形を基盤に入力し、深さ26.5mにおいて抽出して入力波形(露頭波)とした(水平:454gal, 鉛直:158gal)。また、比較のため兵庫県南部地震(神戸大学)において観測された露頭地震波(水平305gal, 鉛直445gal)も入力地震動として用いた。

次に、地中構造物の検討を行うため、大洗地盤における深さ26.5m、幅57.4mのFEMモデルを作成した。なお、対象地中構造物については参考文献¹⁾中の鉄筋コンクリート製二連ボックスカルバートを用い、設置位置は3.5mから7.6mである。

3. 解析対象手順

図1に解析の手順を示す。最初に1次元での地震応答解析、次に2次元FEMモデルによる地震応答解析を合計7ケースについて複素応答法により行った。なお、ケース4、7については大洗地盤における増幅地震波形、神戸大学での観測波形を水平鉛直同時入力により解析を行い、その他のケースについては水平動あるいは鉛直動の単独入力とした。鉛直動の入力については、上下方向のせん断ひずみの発生が小さいと思われるため、ケース1では1次元の、ケース3・ケース6については2次元の水平動による等価線形解析の収束

表1 大洗の地盤物性値

地層	地震計設置位置	土層厚H(m)	単位体積重量γ(t/m ³)	せん断波速度Vs(m/s)	せん断弾性係数G(t/m ²)	ポアソン比ν
ローム層	No.4-O- (GL-1.2m)	3.5	1.33	230	7200	0.46
		4.5	1.93	350	24100	0.43
		1.5	1.78	300	16300	0.45
		11.0	1.82	440	36000	0.41
		6.0	2.05	650	88400	0.33
見和層	No.3-O- (GL-32.1m)	12.0	1.93	430	36400	0.46
		1.5	1.89	380	27800	0.47
		24.5	1.85	370	25800	0.47
		15.0	1.87	390	29000	0.45
		11.0	2.02	490	49500	0.45
石崎層	No.2-O- (GL-95.2m)	44.0	1.79	480	42100	0.45
		25.0	1.82	540	54200	0.44
		15.5	1.86	590	66100	0.43
鮮新統	No.1-O- (GL-173.6m)	-	1.99	1020	211300	0.36
中新統		-	-	-	-	-

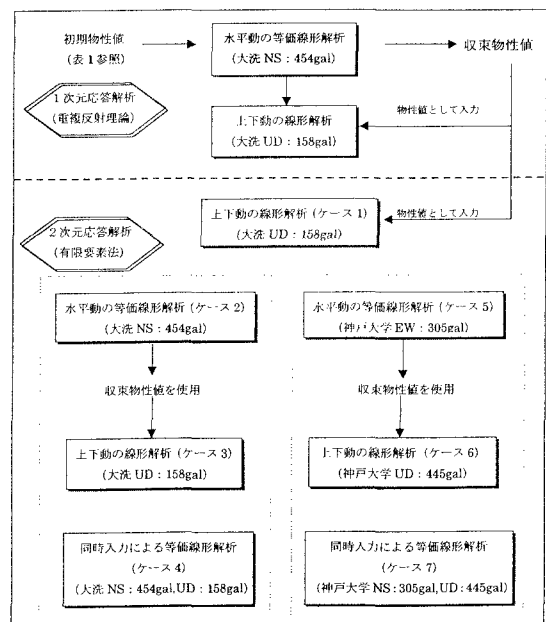


図1 解析フロー

剛性を初期値として用いた線形解析を行っている。ただし、構造物は全ケースにおいて線形とした。境界条件については、側方エネルギー伝達境界、底面粘性境界とした。

4. 結果

図2にケース2、3、5、6の深度方向の最大変位を示す。地中構造物の影響を見るため、地中構造物側壁位置の鉛直線上の値をプロットした。水平動を入力した場合（ケース2、5）については水平の、鉛直動を入力した場合（ケース3、6）は鉛直方向の最大変位を示す。全ケースにおいて地表面に近づくにつれて増幅が見られた。鉛直変位は、大洗波では158galで変位が1mm程度、神戸大学波では445galに対し5mm程度の変位となっている。水平変位は大洗波では454gal入力に対し変位が3mm程度、神戸大学波では305gal入力に対し12mm程度であり、水平変位におけるこの差は波形特性によるものと思われる。

次に、図3にケース1～4およびケース5～7の解析によるボックスカルバートの増分断面力の比較を軸力に関して示す。図には常時荷重との比較のため自重解析の結果を加えている。中壁上部と下部では常時荷重による軸力が大きい。神戸大学波の鉛直動入力（ケース6）および同時入力（ケース7）においても常時荷重の50%程度まで軸力が増加している。このように自重解析時の軸力と比較しても無視できない値となっており、設計上考慮すべきものと考えられる。また他の節点においても水平地震時に生じている軸力が鉛直動によって生じていることも分かった。

5. まとめ

本研究では水平動の収束剛性をもとに、鉛直動の等価線形動的解析を行った。その結果水平動のみの解析とは異なる応答を示し、実挙動に近いと思われる水平鉛直同時入力の結果の方が単独入力の結果より大きかった。

以上のことから、実際の地震時の地中構造物の挙動を水平動のみによる動的解析では把握できないと考えられるため、今後鉛直動をも考慮した解析結果を蓄積し、地中構造物の合理的耐震設計の確立を目指したい。なお詳細は参考文献²⁾を参照されたい。

参考文献

- 1) 土木学会：原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震設計に関する安全性照査マニュアル，平成4年9月。
- 2) 構造工学論文集 Vol. 44A(1999.3 登載予定)

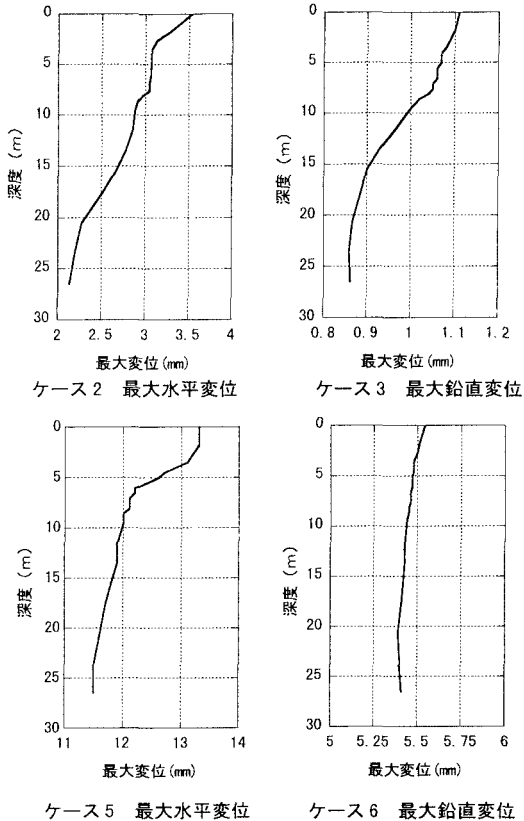


図2 ケース別最大変位

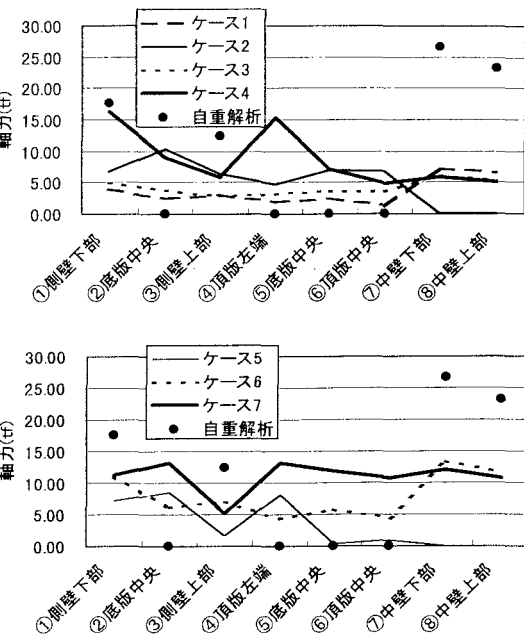


図3 増分断面力比較（軸力）