

I-566

地中構造物に対する斜め入射を
考慮した地震応答解析 （その1）

(株) 奥村組 正会員 岩崎浩生

(株) 奥村組 正会員 岸本章士

電力中央研究所 正会員 佐藤清隆

1. まえがき

地中長大構造物の設計において、長軸方向の地震動の位相差を考慮した検討は極めて少ないのが現状である。本研究は、地中長大構造物の軸方向設計に必要な地震荷重の評価と定量化を図るための基礎資料を得ることを目的として、地盤の応答特性と入力地震動の入射角および基盤傾斜との関係について検討したものである。

2. 解析条件

解析計算には2次元有限要素解析プログラム『SUPER-FLUSH』を用いた。地盤モデルは平面歪みモデルで表層と岩盤の2層構造とし、基盤の傾斜の有無により成層地盤モデルと傾斜地盤モデルの2種類について検討した。図-1に解析モデルの概略を示す。また、表層はGL.-10mを境界として、上層が $V_s=150\text{m/s}$ 、下層が $V_s=200\text{m/s}$ 、岩盤は $V_s=700\text{m/s}$ とした。境界条件は側面を伝達境界、底面を粘性境界とした。なお、表層地盤のせん断弾性係数および減衰定数については、歪依存特性を考慮した。

解析に用いた地盤物性値を表-1に示す。

表-1 地盤モデルの物性値

	表層1	表層2	岩盤
ポアソン比 ν	0.40	0.48	0.33
単位体積重量 (tf/m^3)	1.80	2.00	2.00
せん断弾性係数 (tf/m^2)	4133.0	8163.0	100000.0
減衰定数 (%)	2.0	2.0	2.0

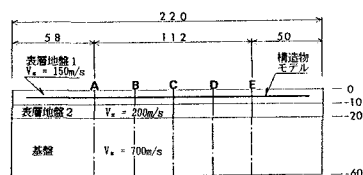
地中長大構造物（以下ダクトと呼ぶ）は単位体積重量 2.4tf/m^3 、せん断弾性係数 $1.17 \times 10^6\text{tf/m}^2$ 、減衰定数 5%、断面積 1.92m^2 のはり要素でモデル化した。ダクトの端部境界は自由とした。

地震応答解析に用いた入力地震波の時刻歴波形およびフーリエスペクトルを図-2に示す。

図-2に示した地震動を最大入力加速度 388gal として底面粘性境界より、次の入射角で入力した。ただし、鉛直方向に対して、左方向からの入射を正とする。

- ・成層地盤 入射角 $\theta = 0^\circ, 15^\circ, 30^\circ$
- ・傾斜地盤 入射角 $\theta = 0^\circ, 30^\circ, -30^\circ$

◇成層地盤モデル



◇傾斜地盤モデル

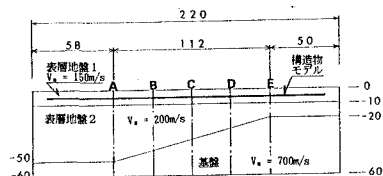
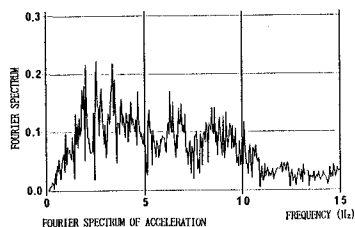
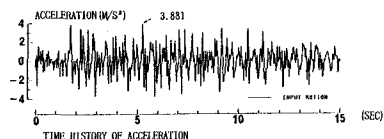


図-1 解析モデルの概略

図-2 入力地震波時刻歴波形および
フーリエスペクトル

3. 地盤の応答

成層地盤の卓越一次振動数は、A～E断面とも約1.3Hzである。一方、傾斜地盤の卓越一次振動数は、地盤の表層厚により、A断面では約0.7Hz、C断面では約1.0Hz、E断面では約1.3Hzである。

解析により得られた地盤の最大応答加速度と、最大せん断歪を、表-2、表-3に示す。

成層地盤の最大加速度応答値は、入射角が大きくなるほど、水平、鉛直とも大きくなる傾向が見られる。一方、せん断歪については、小さくなる傾向がある。これは、入射角の変化につれて入力地震動の水平成分が変化し、歪レベルも変化することにより、地盤の増幅特性が、変化するためと考えられる。

傾斜地盤の加速度応答特性は、基盤に鉛直上昇波を入力した場合でも鉛直成分が大きくなる。この傾向は、入力動の基盤への入射角によって異なり、入射角30°の場合に、鉛直加速度の最大値を示している。

図-3は、地震波の入射角30°のときに地盤モデルの中にダクト構造物をはり要素で考慮した場合と地盤のみの場合の応答の比較をしたものである。ダクトをはりモデルで考慮した場合、ダクトモデルがない場合に比べ、地盤の加速度応答は、小さくなる傾向が見られる。さらに、構造物近辺の地盤では、断面間で異なった応答を示しており、進行波が早く到達する地点ほど低減される。

4. まとめ

地盤および、地盤・構造物への地震動の位相差入力地震応答解析を行って得られた地盤の応答結果をまとめると次のようになる。

- ① 成層地盤に地震波を斜め入射をした場合、入射角が変化するに従い、応答特性は変化する。
- ② 傾斜地盤モデルでは、入射角0°の鉛直上昇波の場合でも、斜め入射をした場合と同様に地盤表層部で地盤震動に位相差が生じる。
- ③ 地中構造物を梁モデルでモデル化したとき、構造物周辺の地盤の応答加速度は、小さくなる。

参考文献

当麻純一、国生剛治、岩橋徹広、大友敬三：原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震安全性評価（その1）応答変位法と動的解析法の比較検討：電力中央研究所報告 No.385047 1986年

表-2 地盤の最大応答加速度

地盤モデル 地震波入射角		単位 (gal)				上段	水平
		地 盤 系		地 盤 構 造 物 系		下段	鉛直
		MODEL 1 成層地盤	MODEL 2 傾斜地盤	MODEL 3 成層地盤	MODEL 4 傾斜地盤		
A 断 面	0°	330.3 0	273.1 103.1	297.2 0	234.4 105.7	257.2 77.0	
	15°	338.2 125.					
	30°	365.5 253.4	292.9 322.5	206.6 218.3	303.0 289.8		
	-30°		292.7 179.6		189.1 186.1		
	0°	329.5 0	300.0 158.0	297.7 0	187.2 173.4		
C 断 面	15°	336.8 125.2		278.8 101.8			
	30°	365.2 253.8	284.0 383.3	267.5 222.1	236.0 362.2		
	-30°		333.4 130.0		170.5 121.6		
	0°	390.2 1.0	374.6 100.0	296.5 0	225.1 106.1		
	15°	338.4 128.9		333.6 107.7			
E 断 面	30°	368.7 257.9	356.0 350.7	375.4 226.4	233.3 331.4		
	-30°		409.4 186.4		178.7 179.5		

表-3 地盤の最大歪

		単位 (%)				上段 水平 下段 鉛直	
地盤モデル 地震波入射角		地 盤 系		地 盤 構 造 物 系			
		MODEL 1 成層地盤	MODEL 2 傾斜地盤	MODEL 3 成層地盤	MODEL 4 傾斜地盤		
A断面	0°	0.437	0.260	0.475	0.141		
	15°	0.427		0.463			
	30°	0.375	0.280	0.387	0.237		
	-30°		0.287		0.150		
C断面	0°	0.442	0.298	0.481	0.297		
	15°	0.432		0.455			
	30°	0.374	0.301	0.361	0.335		
	-30°		0.335		0.257		
E断面	0°	0.436	0.399	0.473	0.460		
	15°	0.426		0.437			
	30°	0.373	0.286	0.328	0.403		
	-30°		0.387		0.370		

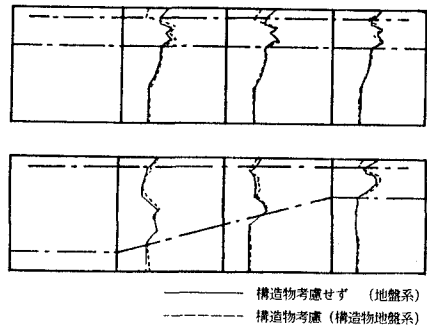


図-3 構造物を考慮した場合と、しない場合の地盤の応答加速度の比較（入射角30°）