

I-637 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3：波長の影響）

○（株）奥村組 正会員 岸本章士
（株）奥村組 正会員 岩崎浩生

1、まえがき

近年、鉄道、高速道路などを始めとする産業並びに生活基盤施設の地下利用が進められ、長大な地中構造物の建設計画が進められている現状に鑑み、地中構造物の設計上耐震性の適正な評価手法の確立が必要となってきている。従来、地中長軸構造物の動的な耐震性を検討する場合においても、地震動の位相差を考慮した検討は、ほとんどなされていないのが現状である。

本研究では、地中長軸構造物の軸方向地震荷重の定量化を図るための基礎資料を得ることを目的として、原子力発電所屋外重要土木構造物のひとつである海水管ダクトを対象に地震動の進行波による地震応答解析を行った。本報告は、地震波長の影響について基礎的な検討を行ったものである。

2、解析条件と方法

解析モデルの概要を図-1に示す。地盤及び地中構造物を2次元FEMモデルで表現し、解析コード：SUPER FLUSHにより、地震応答解析を行った。

（1）地盤モデル

表層及び基盤層からなる成層地盤モデルとし、平面ひずみ要素でモデル化している。2次元有限要素モデルと自由地盤の境界はエネルギー伝達境界、底面境界は粘性境界としている。表層部2層及び基盤の物性を表-1に示す。表層部については、地盤物性のひずみ依存性を考慮している。^{1)、2)}

（2）地中長軸構造物モデル

構造物の横断面を図-2に示す。構造物は、はり要素でモデル化し、その物性値を表-2に示す。構造物の端部境界は、フリー境界としている。

（3）入力波

入力波としては、地中構造物に発生する断面力と地震波長の関係を単純化する目的で3種類の振動数の正弦波を用いた。正弦波の種類は、微小ひずみレベルでの地盤の卓越振動数（ $f_0=1.46\text{Hz}$ ）を有する正弦波とそれに対してそれぞれ1/5.5倍となる振動数の3波の正弦波を用いた。基盤への入力動の大きさについては、最大加速度200gal一定とした。

（4）解析ケース

解析ケースについては、入力波の位相差を考慮するため、正弦波3波それぞれにおいて、鉛直方向に対し左方向からの入射を正とし、 0° 、 15° 、 30° の入射角で入力し進行波による応答解析を9ケース行った。

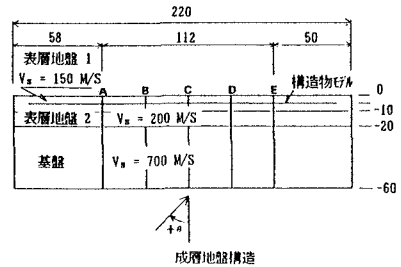


図-1 解析モデル概要図

表-1 地盤の物性値

	ポアソン比 ν	単位体積重量 γ_s (tf/m ³)	せん断弾性係数 G (tf/m ²)	減衰定数 h (%)
表層1	0.40	1.80	4133.0	2.0
表層2	0.48	2.00	8163.0	2.0
基盤	0.33	2.00	1.0×10^6	2.0
建屋	0.167	2.40	1.17×10^6	5.0

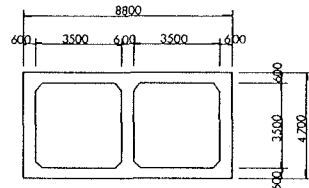


図-2 対象構造物横断面図

表-2 構造物物性値

ポアソン比 ν	単位体積重量 γ_s (tf/m ³)	せん断弾性係数 G (tf/m ²)	減衰定数 h (%)	断面積 A (m ² /m)	断面2次モーメント I (m ⁴ /m)
0.167	2.40	1.17×10^6	5.0	1.916	5.810

3、解析結果

正弦波入力応答解析の結果を表-3並びに図-3~5に示す。表-3は単位奥行き当たりの最大発生断面力の一覧表を示す。図-3~5は、最大軸力、最大曲げモーメント及び最大せん断力について、入射角 0° (鉛直上昇波)で入力波振動数 f_0 (1.46Hz)の時の発生最大断面力を1.0とした場合の正規化最大断面力を縦軸に表し、地盤の卓越振動数 f で正規化した無次元振動数を横軸に示している。

図-3の軸力についてみると、最大値が発生するケースは、波長が長い無次元振動数が0.2の場合であり入射角 30° において、12を示している。

無次元振動数が0.2の場合の入射角の違いによる正規化最大断面力の値の変化を見ると、入射角 0° の場合が最小値1.2を示し、入射角 30° の最大値12を示し、値の変動は1.2~12におよんでいる。無次元振動数1の場合の値の変動は1~6であり、無次元振動数5の場合では、入射角の変動により0.2~2.1を示している。この結果より、無次元振動数が小さい場合(波長が長い場合)は、入射角により値の変動が大きいことを示しているといえる。図-4、5の曲げモーメントとせん断力についても軸力の場合と同様な傾向を示すが、軸力の増加ほど大きくない。

結果をまとめると以下のように表せる。

- ①無次元振動数の低い(波長の長い)場合に大きな断面力が発生していること。
- ②入射角が大きくなるほど、発生断面力が大きくなっている。

4、あとがき

本研究は、地震波長が地中構造物に発生する断面力にどのように影響するかを検討する目的で行ったが、入力動の規定として最大加速度一定とした解析条件にその結果が負う所が大きいものと考えられ、実地震動のスペクトル特性を考慮した検討が今後必要と考えられる。最後に、本研究をまとめるにあたり、東京大学名誉教授久保慶三郎先生のご指導を仰いだことをここに記し感謝の意を表する。

参考文献:

- 1) 岸本章士、岩崎浩生、岩楯敞広『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2)』第46回土木学会学術年次講演会 I-600 PP1238~1239
- 2) 岸本章士、岩崎浩生、佐藤清隆『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)』第45回土木学会学術年次講演会 I-566 PP1162~1163

表-3 最大発生断面力一覧表(単位奥行き)

地中構造物固有周期フリー		軸力	曲げモーメント	せん断力
入力正弦波振動数	基礎入射角	t	$t \cdot m$	t
$f = 0.29$ ($f/f_0 = 1/5$) f_0 : 地盤の卓越振動数	0°	32.3	31.4	3.14
	15°	227.4	110.8	10.57
	30°	330.6	172.6	15.2
$f = 1.46$ ($f/f_0 = 1$) f_0 : 地盤の卓越振動数	0°	27.0	29.5	2.87
	15°	93.3	46.3	4.63
	30°	158.1	60.3	5.96
$f = 7.1$ ($f/f_0 = 5$) f_0 : 地盤の卓越振動数	0°	4.88	5.64	0.533
	15°	56.0	16.8	1.35
	30°	57.9	37.8	2.69

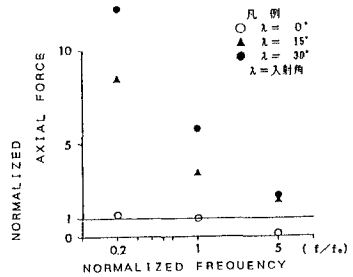


図-3 正規化最大軸力図

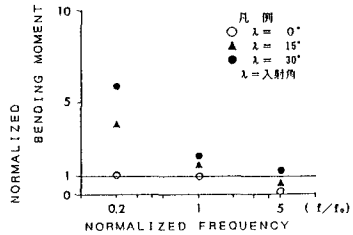


図-4 正規化最大曲げモーメント図

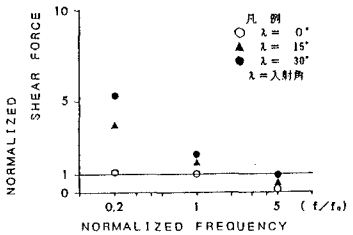


図-5 正規化最大せん断力図