

入力地震動に着目した地中ダクト構造物の動的非線形解析

中電技術コンサルタント

正会員 片山吉史*

正会員 岸田健太郎*

正会員 古川 智*

岡山大学環境理工学部

正会員 竹宮宏和**

正会員 島袋ホルヘ**

1. はじめに

兵庫県南部地震以降、地中構造物の耐震設計法は、大規模地震動も踏まえた 2 段階設計の導入と、大規模地震に対しては損傷過程をも考慮した耐震設計法に移行しつつある。

本研究では、レベル 2 地震による地中構造物の挙動に着目するため、地盤と構造物の非線形性を導入し、両者を一体とした動的解析法を用い、入力地震動における位相特性の差違、上下動の有無による地中構造物の挙動に与える影響について検討する。

2. 検討方法

(1) 検討対象構造物

検討対象構造物は、図-1 に示す比較的浅い個所に埋設されている RC 製の 2 連ボックスカルバートを想定し、周辺地盤は、せん断波速度 120m/sec、層厚 20m の軟弱地盤とした。

(2) 解析手法

解析手法は、直接積分法に基づく 2 次元動的 FEM 解析（解析コードは TDAPIII）を採用し、地盤と構造物を一体とした動的解析を行った。地盤は、平面ひずみ要素でモデル化し、そのせん断ひずみとせん断応力関係に非線形モデルとして Ramberg-Osgood モデルを適用した。構造物は、はり要素でモデル化し、その曲げモーメントと曲率の関係に、非線形モデルとして武田モデルを適用した。なお、構造物と地盤の接触面での滑りや剥離の構造非線形性は考慮していない。

(3) 入力地震動

入力地震動として、図-2 に示す鉄道構造物等設計標準・同解説・耐震設計¹⁾の、スペクトル I およびスペクトル II を用いた。解析ケースを表-1 に示す。検討ケース 1-A および 2-A は、鉄道標準・同解説に示されるスペクトル I、II に適合した標準波を用いた。位相特性の違いの影響を検討するためのケースとして、八戸波をスペクトル I に適合させた 1-A、ポートアイランド波をスペクトル II に適合させた 2-B の 2 ケースを設定した。ケース 2-C は上下動を考慮しており、上下動は水平動の 1/2 とした。

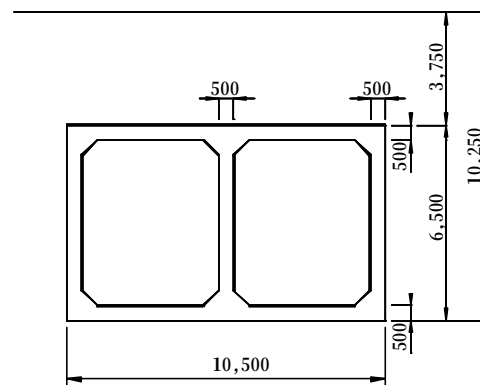


図-1 解析対象構造物

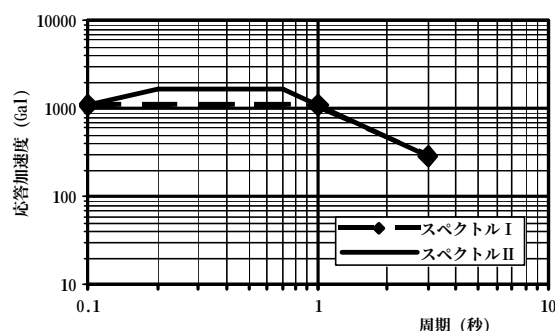
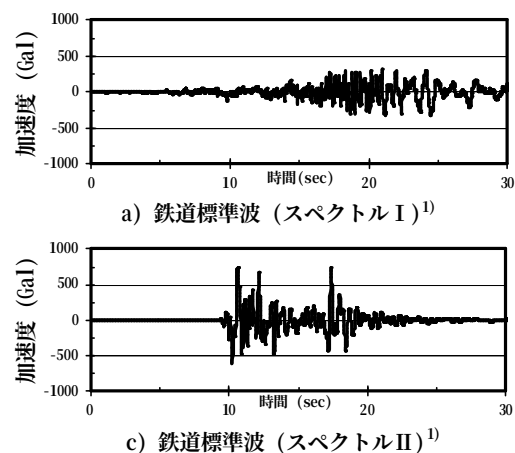
図-2 弾性加速度応答スペクトル¹⁾

図-3 入力地震動

キーワード：ダクト、動的解析、FEM 解析、入力地震動

連絡先：* 〒734-8510 広島市南区出汐 2 丁目 3-30 TEL:082-256-3416

** 〒700-8530 岡山市津島中 3 丁目 1-1 TEL:086-252-1111

3. 検討結果

各ケースにおける地盤の最大応答値を図-4に示す。最大加速度、最大変位とも、 $1-A < 1-B = 2-B < 2-A$ の順に大きい。

各ケースにおける構造物の部材毎の、最大断面力を表-2に示す。各部材の断面力の比較は、 $1-A < 1-B = 2-B < 2-A$ に大きく、地盤の応答値の大小関係と対応していることが分かる。このことから、地中構造物を対象とした場合には、地盤の応答値が支配的となり、地盤の応答が大きい入力動で構造物の断面力が大きくなっている。同じ設計応答スペクトルに適合させた振幅特性がほぼ同一とみなせる入力動であっても、地盤の応答、結果として構造物の応答も大きく異なることが分かる。

断面力が最大となるケース 2-A では、隔壁の中央を除くほぼ全体で、ひび割れが生じ、隅各部で降伏モーメントを越える領域が分布するが、終局に至る要素は存在しなかった。図-5に、部材の局率が最も大きくなる隔壁下端のM-φ履歴曲線を示す。

上下動を考慮したケース 2-C では、上下動を考慮しないケース 2-A に比べ、軸力は8~41%程度大きくなるが、せん断力と曲げモーメントについては、側壁で上下動を考慮した方が少し大きくなるのを除き大差ない。本検討では、RC部材の非線形特性は軸力一定として設定しているが、軸力変動を考慮した場合には、上下動の影響が大きくなることが考えられる。また、本検討で対象とした地盤は成層地盤を対象としているが、非成層地盤を対象とした場合には、特に頂版、底版の応答において上下動の影響が大きいと考えられる。

表-1 検討ケース

NO	振幅	位相	鉛直動
1-A	スペクトルⅠ	標準波	—
1-B	〃	八戸波	—
2-A	スペクトルⅡ	標準波	—
2-B	〃	ポットアイランド波	—
2-C	〃	標準波	水平動の1/2

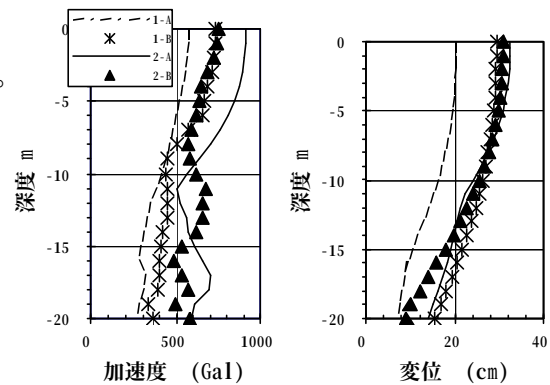


図-4 地盤の最大応答値

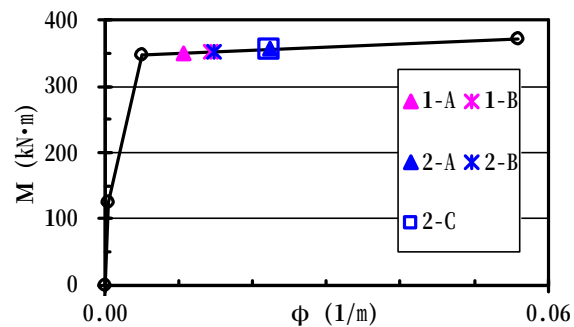


図-5 M-φ最大値(隔壁下端)

表-2 断面力の最大値

	1-A			1-B			2-A			2-B			2-C		
	N	S	M	N	S	M	N	S	M	N	S	M	N	S	M
頂版	220	290	351	245	296	351	295	304	354	249	297	352	318	303	354
底版	354	330	392	378	352	390	419	365	424	368	344	396	492	364	427
側壁	368	321	393	395	362	395	442	339	426	382	360	392	515	347	432
隔壁	466	227	397	480	287	399	481	346	417	483	268	399	677	347	417

注) 単位: N(kN), S(kN), M(kN・m)

4. まとめ

- ・入力地震動の振幅特性が同一でも、位相が異なる場合には、地盤の応答と構造物の断面力が異なる結果となり入力地震動の振幅特性と同様に位相特性が重要であることが判明した。
- ・本研究で対象とした成層地盤中の構造物については、上下動の有無による影響は部材の軸力に関して大きく、上下動を考慮した場合に全ての部材で軸力が大きくなった。
- ・本研究では、RC部材の非線形特性に軸力変動を考慮していないが、軸力変動を考慮した場合には、上下動の有無の影響が大きくなると考えられ、今後の課題とする。

[参考文献]

- 1) 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，平成11年10月，pp.30~33, 37~38
- 2) (財)沿岸開発技術研究センター：埋立地の液状化対策ハンドブック，平成9年，pp.79~81