

電力中央研究所 正会員○岩楢敏広, 花田和史, 沢田義博 矢島 若
日本原子力研究所 江連秀夫, 出井義男

1. はじめに

本研究は、日本原子力研究所JPDR (動力試験炉) が廃炉になる機会を利用し、地盤調査、起振実験、地震観測を実施し地盤・構造物のモデル化手法、数値解析手法の検証を目的としたものである。本報告は、これらのうち、地盤・構造物において実施した地震観測および起振実験のデータにより、地盤および構造物の地震動特性を明らかにするとともに、実験結果に基づいて作成した解析モデルの妥当性について検討したものである(図1)。

2. 試験結果

2-1. 地震観測データ (表1)

(1) 1982年6月～9月の間にマグニチュード70 (最大水平応答値: 地表107gal, JPDR頂部109gal) を含む合計6ヶ所の良好な記録が得られた。各観測波形は、マグニチュード、震源距離に応じ、長周期から短周期まで種々の卓越周期成分を有する。各地震の基盤における入射角を気象庁の標準走時表を用いて求めると、6°～17°に分布した。

(2) 最大加速度の増巾率の平均値は地盤・地表間では、水平成分が3.8倍、上下成分は6.6倍とむしろ上下成分が大きい値を示すが、構造物 (基盤-上部操作床間) では、水平成分が、3～5倍であるのに対し上下成分ではほぼ1倍とほとんど増巾しない事が判明した (図2)。

2-2. 地震観測による地盤・構造物の応答特性

(1) 水平成分について地盤・構造物の各々の応答特性および地盤・構造物相互間の応答特性を調べた。地盤の基盤に対する地表の伝達関数の実測値は、4Hz, 8Hz, 13Hzにピークがあり、1次より2次の方が大きな振巾となる傾向がある。構造物の基盤に対する上部の操作床の伝達関数は、6～7Hzに顕著なピークがあり、固有振動数に相当すると考えられる。これより減衰定数は約17%と評価された。また、地表に対する基盤の応答は、長周期より6Hz程度までは周波数とともに振巾が大きく減衰し、いわゆるローパスフィルタ的特性を示す事が明らかとなった。

(2) 以上の各伝達関数の実測値は、地盤・構造物をS波の成層構造に置換したモデルによる重複反射理論で良く説明する事が出来、第一近似としてこの方法が有用であることを示した(図3)。

(3) 上下地震動成分について伝達関数の実測値と地盤・構造物のP波構造モデルに基づく重複反射理論との対比を行ったが水平成分の場合に比べてその一致度は劣るが、理論値は実測値

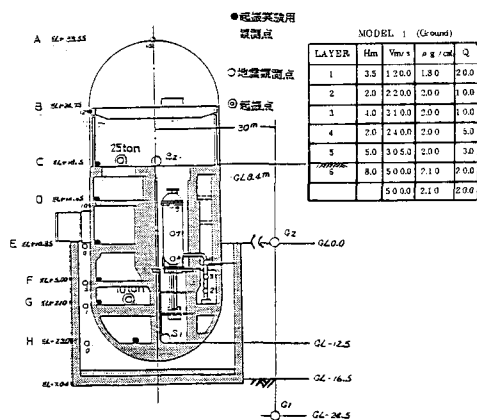


図-1 観測点配置

表-1 観測記録の最大振巾

Obs. pt.	Direction	Max. Amplitude (gal)					
		EQ. 1	EQ. 2	EQ. 3	EQ. 4	EQ. 5	EQ. 6
G1	NS	285	278	274	576	565	631
	EW	258	330	393	525	438	437
	UD	177	228	230	526	331	291
G2	NS	929	688	136	169	168	229
	EW	1070	820	162	180	201	281
	UD	1180	802	238	187	189	287
S1	NS	301	352	335	59	448	675
	EW	283	389	458	69	361	546
	UD	290	291	286	636	433	271
S2	NS	1093	712	120	1232	145	749
	EW	884	871	140	1897	164	99
	UD	302	250	392	512	481	351

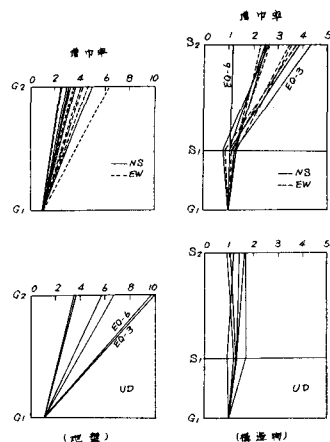


図2 最大振巾の増巾率分布

とほぼ対応しており上下応答に関してもこの方法が有用であると考ええる。

2-3. 起振実験による構造物の動特性

(1) C床(EL18.65m), G床(EL2.1m)に25ton, 10tonの2台の起振機を設置し、水平上下に起振し構造物の振動応答を計測した。水平起振では、JPDRの1次振動数として $f_1=6.7\text{Hz}$ が得られた。この時の振動モードを図4-aに示すが、振動数および振動モードも地震観測結果と良く一致している。JPDRの2次共振振動数として、 $f_2=24.6\text{Hz}$ が得られた。これは、JPDRドーム部主体の固有振動数と考えられる。また、JPDRの上下成分の増巾がない事が起振実験結果からも示された(図4-b)。

(2) JPDRの減衰定数として $R_1=24\% \sim 26\%$ (1次), 7.5% (2次)が得られた。

(3) 起振実験結果より地盤バネ定数を求めた結果、田治見式による計算結果より若干大きい値となった。

3. 数値解析モデルの検討

(1) JPDRを周辺地盤とバネで連結された多質点系モデルでモデル化し、起振実験結果を同定し、実験結果を最も良く表現する最適モデルについて検討し、同定モデルおよび同定手法の妥当性を確認した(図5.6)。

(2) 上記同定結果から評価された埋込部底面および側面の水平バネ定数の値は、地盤調査より得られた地盤物性値を田治見の理論解を若干修正した評価式に代入して求めた値とほぼ同等であった。

(3) 以上の検討により、JPDRのような深い埋込部を有する構造物の動的挙動に関し、側面に働く土の抵抗力が大きな影響を及ぼし埋込み部側面のバネ定数の評価が重要であることを確認した。

(4) 埋込み部側面のバネ定数の評価手法としては確立されたものはないが、ここに示したように、埋込み部の地盤物性が把握できれば、埋込みのない基礎に対する弾性理論解を修正適用する事により、埋込み部側面のバネ定数を近似的に評価できる見通しを得た。

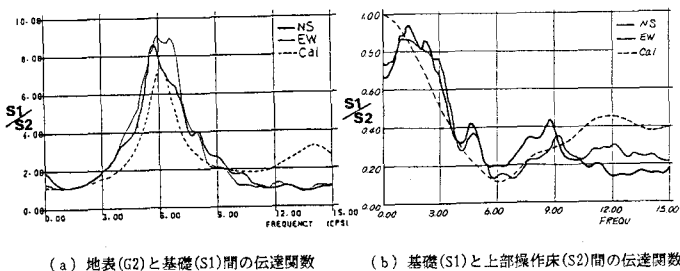


図3 実測と理論の伝達関数の比較

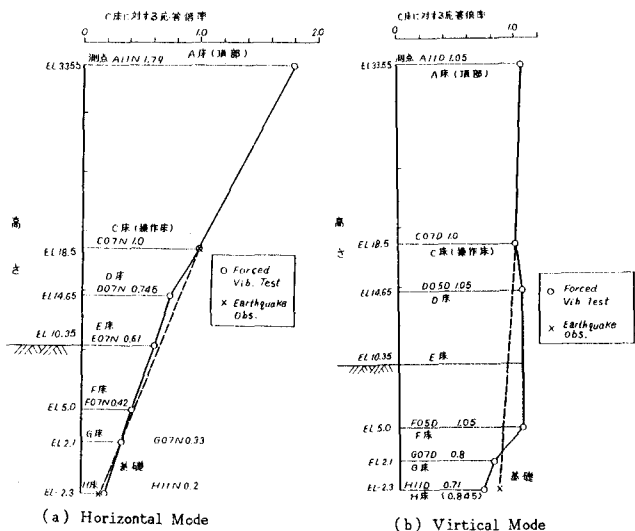


図4 起振実験・地震観測によるモード形状

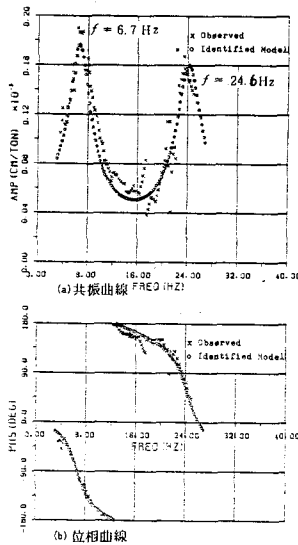


図5 起振時伝達関数(測定値と解析値の比較) 測点AIN (EL33.5m)

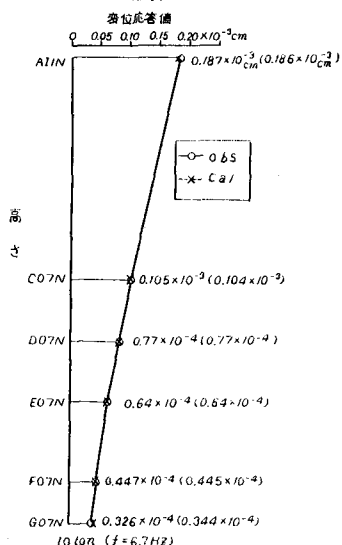


図6 起振実験による水平振動モード(測定値と理論値の比較、 $f=6.7\text{Hz}$)