

I-431

地中ダクトの模型振動実験

埼玉大学工学部 学生員 鶴見 哲也
 埼玉大学工学部 正会員 渡辺 啓行
 大成建設（株） 正会員 美斉津宏史
 東京電力（株） 正会員 末広 俊夫

はじめに

近年、土質材料を用いて土構造物の破壊特性を調べる実験が多く行われており、加えてこの実験は地盤の非線形性に伴う振動特性を把握するものであるが、非線形性を伴う地盤と地中ダクトとの応答挙動には未知な点が多く残されている。また杭基礎を持つ地中ダクトも数多く建設されているが、杭基礎が地震時に周辺地盤や地中ダクトにどのような影響を及ぼすかは知られていない。本実験は強振時に於ける砂地盤の非線形応答、杭の応答特性及び杭基礎が周辺地盤並びに地中ダクトに及ぼす影響を定性的に把握する事を目的とする。

模型振動実験

実験の対象は某火力発電所放水路であり、縮尺1/40の亚克力模型を作成した。検討ケースはTable 1に示す通りである。実験は共振実験であり水平方向正弦波入力とし、各ケースとも50gal, 200galの2通りの入力加速度にて検討した。測定は地盤の加速度応答、ダクト側壁の曲げひずみ及び動的増分土圧、杭の加速度応答及び曲げひずみについて適所に計測機を設置し、データを同時にフロッピーディスクに記録する方法で行った。測定データの処理は記録したデータ中、定常状態の連続した10波形を用いた。実験に用いた地盤及び構造物の物性をTable 2に示す。

Table 1. Experiment Cases

Case	加振方向	支持形態	板厚 t
自由 地盤	—	—	—
1	軸垂直	直接基礎	10 mm
2	軸	直接基礎	10 mm
3	軸垂直	直接基礎	5 mm
4	軸垂直	杭基礎	10 mm
5	軸	杭基礎	10 mm
6	軸垂直	杭基礎	5 mm

※ t=10mm：相似モデル

Table 2. Value of Material Properties

Quantity			
Model Conduit	Thickness	10	5
	Length	200	200
	Height mm	160	160
	Density gr/cm ³	1.19	1.19
Soil	Young's Modulus kgf/cm ²	28800	28800
	Depth of Layer cm	70	70
	Vs m/s	80	80
	Density gr/cm ³	1.369	1.369

実験結果

Fig. 1に自由地盤に於ける200gal, 27Hz 入力時の加速度応答波形を示す。波形から地盤は鉛直方向に水平振動の2倍の振動数で応答している事が分かる。これは地盤のダイレタンスーによるものであるが、強振時共振状態に於いて、地盤の鉛直振動は非常に大きくなる。更にこの鉛直振動は水平方向振動を増幅させる。Fig. 2(a)に直接基礎構造物（相似モデル）連成系に於ける地盤表面の水平方向加速度応答を示すが、200gal入力時の曲線には20Hzと28Hzの2点にピークがある事が分かる。実験より”杭基礎は鉛直方向への地盤の応答を抑制する”事が分かっているが、ここでFig. 2(b)に示す杭基礎構造物（相似モデル）連成系に於ける地表面の水平方向加速度応答曲線を見ると、28Hz付近のピークは見られない。このことから、28Hzのピークは鉛直振動によるものと分

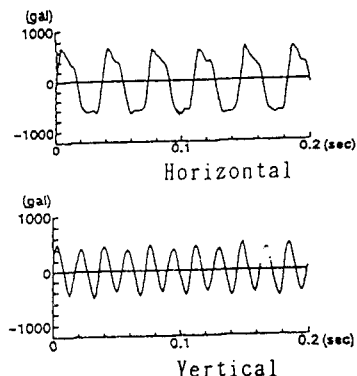


Fig. 1 Response Acceleration Curves at Surface of Free Ground.

かる。鉛直振動が地盤の水平方向振動に及ぼす影響は非常に大きく、またダクト側壁に生じる曲げひずみ及び動的増分土圧にもその影響が及んでいる事を観測しており、この鉛直振動は耐震設計上無視し得るものではない。

ダクト側壁に生じる動的増分土圧及び曲げひずみについては、ダクトの剛性の大小及び支持形態の比較として説明

する。渡辺・末広¹⁾²⁾によれば、“ダクト（直接基礎）の剛性が小さいと側壁の曲げひずみは小さく、動的増分土圧は大きくなる”。本実験に於いても類似の現象が見られた。また杭基礎を有するダクトでは、ダクトの剛性が小さいと側壁の曲げひずみ及び動的増分土圧が小さくなるという実験結果を得た。直接基礎のダクトとの違いは動的増分土圧の大小にある。直接基礎の場合、ダクトの上板に働く地盤のせん断力により、剛性の小さいダクトは地盤以上に変形しようとする。この時、ダクト側方の地盤はダクトの変形を阻止する方向に動土圧を発生する。つまり、（地盤のせん断力）＝（ダクトの支持力）＋（側方地盤の動土圧）を常に満たしているのである。同様に杭基礎の場合は（地盤のせん断力）＝（ダクトの支持力）＋（側方地盤の動土圧）＋（杭の水平方向支持力）と考えられる。このことから、杭の水平方向支持力が地盤のせん断力を受け持つ度合いが大きいと考え

れば、杭基礎を有するダクトの側壁に於ける動的増分土圧の減少は説明が付く。ここで杭の挙動について考えてみる。杭の挙動の特徴的な実験結果を、50gal 入力時の杭中央部の曲げひずみ、杭頭の加速度応答をそれぞれFig. 3, Fig. 4に相似モデルと剛性の小さいモデルとで比較したものを示す。剛性の小さいモデルの方が杭頭部に於ける加速度応答及び杭中央部から杭先端に於ける曲げひずみは相似モデルより大きい。ダクトの剛性が小さいと、その部分の見かけの速度インピーダンス比が急減するため加速度の増幅が相似モデルの場合より大きくなり同時に、それに伴う地盤の慣性力の増加分が杭の曲げモーメントを大きくするためと推定される。

あとがき

本実験から地盤の非線形挙動、杭の挙動及び杭基礎がダクトに及ぼす影響について良好な結果を得る事ができたと思われる。現在杭の3次元効果を考慮した2次元FEM解析を行っている。

引用文献1) 渡辺・末広、地中ダクトの側壁動土圧に関する実験的検討、土木学会論文集No. 432/I-16, 1991

2) 渡辺・末広、数値実験による地中ダクトの動土圧の評価、土木学会論文集No. 432/I-16, 1991

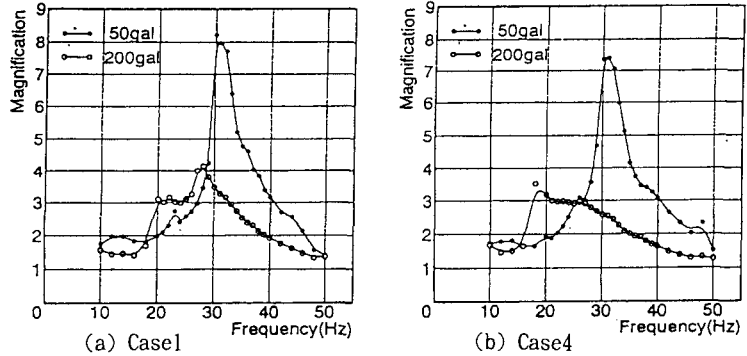


Fig.2 Resonance Curves of Response Acceleration at Ground Surface.

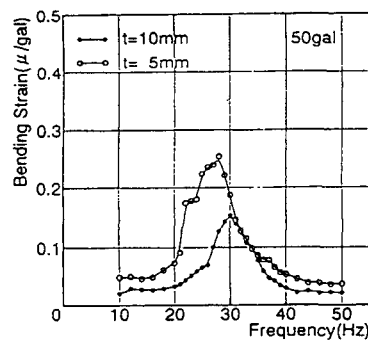


Fig.3 Difference of Resonance Curves of Bending Strain at Pile-Center Between Thickness of Conduit 10mm and 5mm.

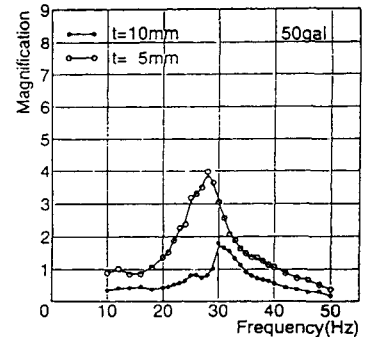


Fig.4 Difference of Resonance Curves of Response Acceleration at Pile-Top Between Thickness of Conduit 10mm and 5mm.