

地盤構成の急変部における地中構造物の振動特性に関する模型実験

京都大学工学部 正会員 後藤尚男
 京都大学防災研究所 正会員 土岐恵三
 京都大学防災研究所 正会員 高田至郎
 日建設計 正会員 〇角南 進

1. まえがき

地中構造物の耐震性は地上構造物と異なり、周囲を地盤に取り巻かれているため地震時における挙動はその地盤の振動特性に強く影響を受ける。埋設管の耐震設計では管軸に沿う振動を仮定することが多いが、地盤構成が変化する部分においては地表面に沿って伝播する波動であっても、また鉛直下方から入射する波動であっても反射・屈折などによって地盤内に埋設された管には大きなひずみが発生することが考えられる。そこで本研究はゼラチンと合成ゴムを用いた振動模型により、堅さの異なる地盤が深さ方向に傾斜して接合している地盤と層厚が段状に変化する地盤内に埋設された管について振動実験を行ない、地盤構成が変化する地盤内の管の振動特性について検討したものである。

2. 実験装置および実験方法

定常加振実験は図1に示すごとく、鋼製箱内にモデル地盤を作り振動台上に設置した。堅さの異なる地盤が30°の傾斜で接合しているモデルをCASE1とし、表層が段状である場合をCASE2とした。堅さの違いはゼラチンの含有量で調節した。本実験では相似律を考慮して $E_p/E_m=7000$, $\rho_p/\rho_m=2$, $L_p/L_m=150$ としたが、この場合の原型と模型との対応は表1に示す通りである。埋設管のひずみは図1に示す1,

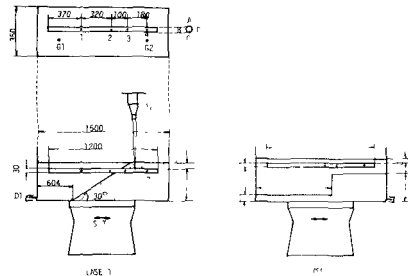


図1 実験概略図

2, 3, 4の4箇所それぞれA, B, C, Dの4点、計16点で計測した。地盤内加速度を知るため、地盤内のG1とG2の位置に小型加速度計を埋設した。さらに埋設管の変位を振動台上方より非接触型変位計によって計測した。定常加振実験では軸方向および軸直角方向に加振し、側壁を取り除いた実験、埋設管を取り除いた地盤のみの実験をも実施した。側壁を取り除いて軸方向にP波、S波の衝撃波動を入射させて地盤内加速度、埋設管のひずみならびに変位を計測した。

表1 堅さの異なる地盤内埋設管の振動実験

		原 型		模 型	
		軟 層	硬 層	軟 層	硬 層
地 盤	弾性定数	17500 kg/cm^2	37100 kg/cm^2	250 kg/cm^2	530 kg/cm^2
	単位重量	2.0 g/cm^3	2.0 g/cm^3	1.0 g/cm^3	1.0 g/cm^3
	ポアソン比	0.495	0.495	0.495	0.495
埋 設 管	材 料	鉄筋コンクリート		合成ゴム	
	寸 法	4 ϕ 180 mm		0 ϕ 3 $\times$ 12 mm	
	弾性定数	3.57 $\times 10^4 \text{ kg/cm}^2$		51 kg/cm^2	
	単位重量	3 g/cm^3		1.5 g/cm^3	

層厚の異なる地盤内埋設管の振動実験

		原 型		模 型	
		基 層	基 層	基 層	基 層
地 盤	弾性定数	28000 kg/cm^2	56000 kg/cm^2	400 kg/cm^2	800 kg/cm^2
	単位重量	2.0 g/cm^3	2.0 g/cm^3	1.0 g/cm^3	1.0 g/cm^3
	ポアソン比	0.495	0.495	0.495	0.495

3. 定常加振実験結果

図2はCASE1の実験における軸方向定常加振の結果であり、G1とG2での加速度応答を示した。これより400 cpmで軟地盤の加速度の共振が見られ、各層が独自の振動性状を示すこと

がわかる。その場合の埋設管の4点でのひずみを図3に示す。50 CPMから300 CPMまでは軟地盤の加速度が大きい。一方、測点1と測点4は同程度のひずみ量を示しており、接合部をはさむ管上の測点2,3も同様な値を示すが、後者は前者の2倍程度のひずみ量を示している。そして軟地盤の共振振動数である400 CPMにおいては接合部付近の埋設管には非常に大きなひずみが発生している。1,000 CPM以上の高周波においては図2では加速度が大きな値を示しているのに埋設管のひずみは小さい。高周波では変位が小さく、地盤の相対変形すなわちひずみが小さくなるため、ひずみは地盤の運動加速度に直接の関係はないことを示している。CASE2のモデルに対する軸直角方向定常加振実験における層厚大,小両地盤内の応答加速度の測定結果を図4に示す。これより層厚の異なる両地盤はそれぞれ違った揺れ方をすることがわかる。その時のある周波数における最大ひずみの軸方向分布を図5に示す。この場合は段付近の測点2,3に特に大きなひずみ量を示すことはなく、測点1または4で大きなひずみとなっている。その他の側壁を取り除いた実験、埋設管を取り除いた実験などの結果は講演時に報告する。

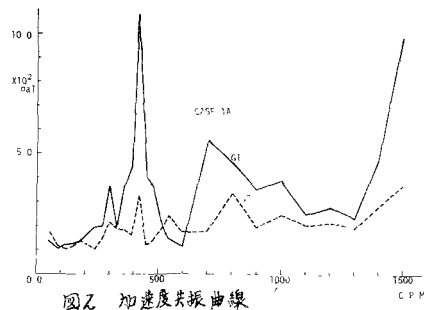


図2 加速度共振曲線

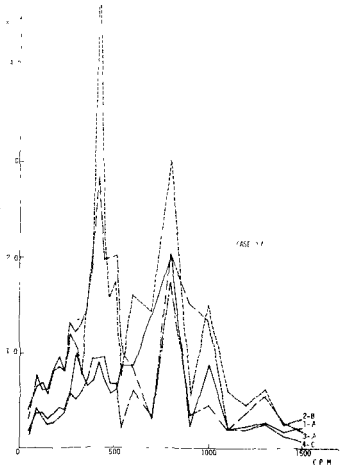


図3 ひずみ共振曲線

4. 衝撃波伝播実験結果と考察

CASE1のモデルで側壁を取り除き、衝撃波を管軸方向に入射させた実験において、衝撃を加えた方に近い測点でのひずみに対する埋設管各測点でのひずみ増幅率を示したのが図6である。矢印は波の進行方向を示し、SS, HS, SP, HPはそれぞれ軟,硬地盤よりS波, P波を入射させた場合を表わしている。図より30°傾斜した地盤の接合面はSSに対しては接合部付近の測点2,3でのひずみの増幅率は小さく、逆方向から波が入射する場合にはひずみが大きくなることかわかる。一方、P波の場合は伝播方向によって増幅度に大きな差異は認められない。また、スペクトル解析により、埋設管ひずみと地盤内加速度のパワースペクトルは低周波部分でよく一致することなどの結果が得られた。以上各種の実験より地盤構成が急変する場所に埋設された地中構造物の振動特性についていくつかの知見が得られたが詳細については講演時に報告する。

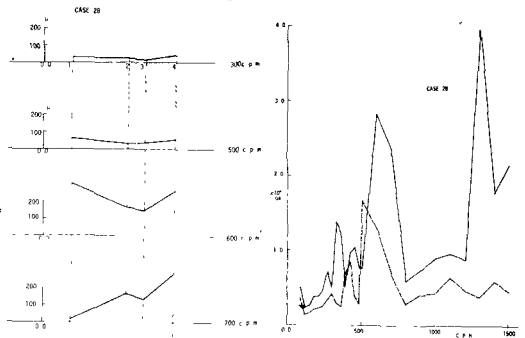


図4 加速度共振曲線

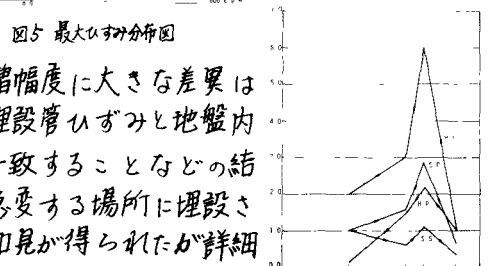


図5 最大ひずみ分布図

図6 ひずみ増幅率