

京都大学防災研究所 正会員 三浦房紀

京都大学防災研究所 正会員 土岐憲三

1. まえがき

海峡連絡橋のような長大な橋梁では、その径間は数百メートルから千数百メートルに達するものもある。このような大径間の橋梁に対して耐震性の検討を行う際には、もはや各下部構造には同一の地震波動が入力するものと考えただけでは不十分であり、各種の要因によって生ずる位相差を伴う地震動入力に対しても検討を行う必要があるものと考えられる。しかも波動はその立地している地盤の地下構造の影響により複雑に伝播モードが変化するものと予想される。一般に構造物-地盤系の震動解析には有限要素法が有効な手段であるが、この様な波動の伝播特性を考慮に入れた長大橋梁基礎-地盤系の解析はその解析領域が極めて広範に及びことから、計算機の容量の制限と受け行い得なかった。一方、著者らはこれまでに有限要素法により弾性表面波の伝播特性を調べる問題に対して半無限要素の導入を提案して¹⁾、その妥当性と有用性を調べてきた。その結果、半無限要素の導入により大幅に解析モデルの自由度を節約できることが明らかとなった。^{2),3)} そこで、本研究は、半無限要素を導入して、長大橋梁基礎-地盤系のモデルを設定し、レーレー波が伝播する際の基礎の挙動を調べたものである。

2. 解析モデルおよび入力波

図-1は本研究で用いた長大橋梁基礎-地盤系のモデルである。基礎の径間は1000mであり、基礎の規模は高さ85m、底面幅50m、根入れ深さ25mである。地盤の地下構造を変えてモデルを3通り仮定しており、これにより基礎の応答に及ぼす地盤の地下構造の影響を調べる。地盤および基礎の物理定数は表-1に示す通りである。

ここで、このような大径間を有する橋梁の上部構造の剛性は基礎-地盤系の剛性に比べ小さいものと考えられ、したがって上部構造-基礎間の相互作用の影響は基礎-地盤系の挙動にフィードバックしないものと仮定し、上部構造は解析モデルから省いている。有限要素網は、その最下層が半無限要素となっており、側方の境界はエネルギー伝達境界となっている。

図-2(a)はModel 1, Model 3の両側、およびModel 2の左側の水平地盤内に伝播するレーレー波の位相速度であり、図-2(b)はModel 2の右側の水平地盤内に伝播するものである。1Hz付近の1次モードの位相速度はいずれも約1000m/秒程度であり、(a)ではそれ以

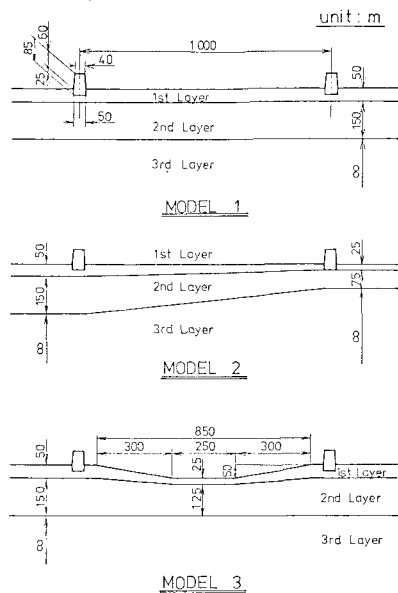


図-1 解析モデル

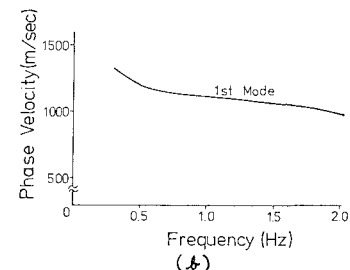
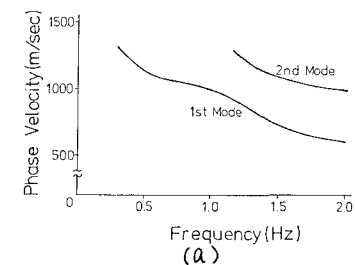


図-2 位相速度曲線

表-1 モデルの物理定数

	Density (kg/sec ³)	Shear wave velocity (m/sec)	Poisson's ratio
1st Layer	190	450	0.4
2nd Layer	200	650	0.4
3rd Layer	210	1300	0.4
Structure	250	1600	0.17

上の振動数になると位相速度は急に低下している。解析は振動数領域で行ない、0.3 Hz の遮断振動数がその下限であり、位相速度と要素幅の関係から上限は 2.0 Hz とする。入射波は地表面での水平変位を 1 としたレーレー波の基本モードであり、これを各モデルの左側から入射する。したがって図-2(a) は入射波の位相速度でもある。図-3 にモードを示す。H は水平成分、V は鉛直成分を意味する。

3. 解析結果および検討

図-4 は両基礎の応答倍率および位相差から定まる両基礎頂部の相対変位の最大値を入射波の振幅で除したものを各振動数について示したものである。図-4 より Model 1 と Model 3 とは倍率に多少の差はあるが極めてよく似た特性を示しているのに対し、Model 2 は倍率、振動数特性共に他のモデルとは傾向がかなり異なっている。Model 1 と Model 3 の第 2 層以深の地盤構造を比較すると、Model 3 の第 2 層の層厚が中央部で 25m 薄いだけであり、地下の深い所の地盤構造は同一とみられる。一方、Model 2 の第 2、第 3 層の構造は他のモデルのそれとは異なり表面波の伝播特性に大きな影響を及ぼすものと考えられる。図-5 は Model 2 の右側の水平地盤層を伝播するモードであるが、これを図-3 の入射モードのそれぞれ対応する振動数における変位分布と比較すると地下深くまで入射モードより大きな変位が存在している。すなわち入射波が Model 2 内で伝播する際に変位分布は徐々に変化し、入射波のもつ波動エネルギーは地表面付近の地層から下層の地層へと移動していることになる。その結果 Model 2 の地表面付近の変位は相対的に小さいものとなり、基礎の応答倍率も小さいものとなる。また図-2 より明らかなように Model 2 の右側水平地盤を伝播する波動の位相速度は入射波のそれより早く、これは波動の伝播速度が Model 2 内では徐々に早くなり、伴って波長が長くなることを意味している。このため両基礎間の位相差も他のモデルとは異なった状態となる。図-4 において、1.0 Hz の Model 1 と Model 3 のピークは基礎の動揺振動に起因するものである。Model 2 の左側の基礎も他のモデルの基礎と同じ接地条件であるため動揺振動は生じているが、右側の基礎がほぼ同位相で運動しており、かつ応答倍率そのものも他のモデルに比較して小さいため Model 2 ではピークは生じず、1.0 Hz は極めて特徴的な結果となっている。以上の議論より、この様な長径間を有する橋梁基礎の相対的な運動に対して、地下の深い場所での地盤構造が極めて重要な役割を演ずることが明らかとなった。

○参考文献

- 1) 土坂・三浦；弾性波による構造物基礎周辺地盤の震動解析，京都大学防災研究所年報 20 号 B-2，1977，pp.33~59
- 2) 三浦・土坂・佐藤；地盤・構造物系、動的有限要素解析における半無限基盤層の影響，土木学会第 32 回年次大会 I-73，1977，pp.133~134
- 3) 三浦・土坂；動的有限要素解析における半無限弾性基盤層の影響，土木学会第 33 回年次大会 I-232，1978，pp.448~449

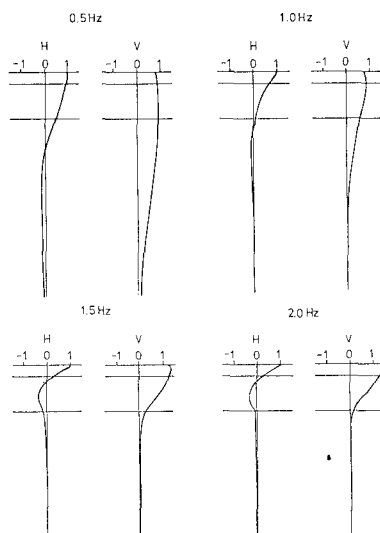


図-3 入射波のモード

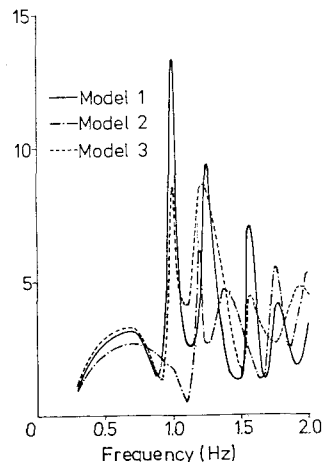


図-4 両基礎間の最大相対変位の入射波の振幅に対する倍率

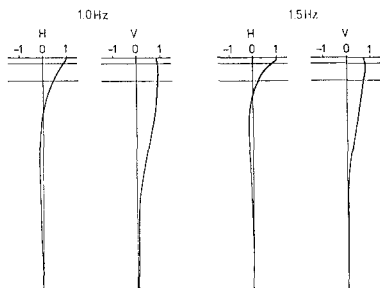


図-5 Model 2 の右側水平地盤を伝播するレーレー波のモード