

(46) アレー観測による表面波の伝播特性の検討

運輸省港湾技術研究所 正員 井合 進
 運輸省港湾技術研究所 正員○浦上 武
 運輸省第二港湾建設局 正員 片山 忠

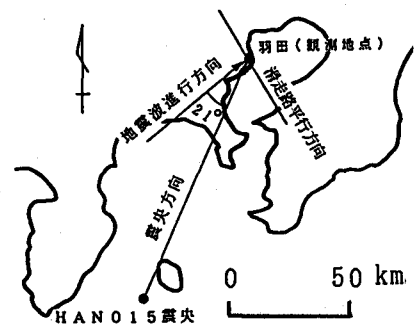
1. まえがき

滑走路や地下埋設構造物などの長大構造物の耐震性をより合理的に検討するためには、地震応答解析の際に入力する地震動の位相差をより詳細に把握する必要がある。位相差が発生する要因の一つに、地震波の伝播があげられる。本研究では、東京国際空港のアレー観測網により得られた観測記録を用いて、表面波の伝播特性について検討した。

2. 記録の概要

表-1 地震諸元

発震時	1990年 2月20日 15時53分
震源位置	伊豆大島近海
緯度	34° 46' N
経度	139° 14' E
震源深さ	5.8Km
地震規模	M6.5



3. アレー観測システム

解析に用いたデータは、1990年 2月20日、伊豆大島近海に発生した地震の記録である。地震諸元を表-1に示す。震央位置は図-1に示すとおりである。

解析に用いたデータは、東京国際空港において実施されているアレー観測システム¹⁾により取得されたものである。このシステムでは、観測地点が図-2に示すように東京国際空港新A滑走路平行方向及び直交方向に十字型に展開されている。各観測地点には、図-3の断面図に示すように4台の地震計が配置されている。工学的基盤層の地震計は、地表面下40m～80mに存在する洪積砂礫層に、N値50以上の層が10m以上連続していることを確認した位置に設置されている。

*気象庁発行の地震月報による。 図-1 震央位置と地震波進行方向

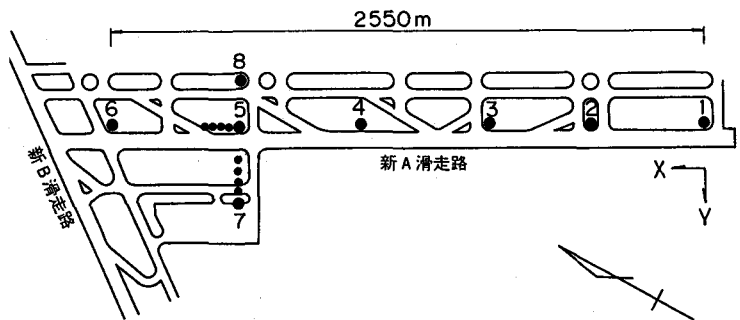


図-2 地震観測システム平面図

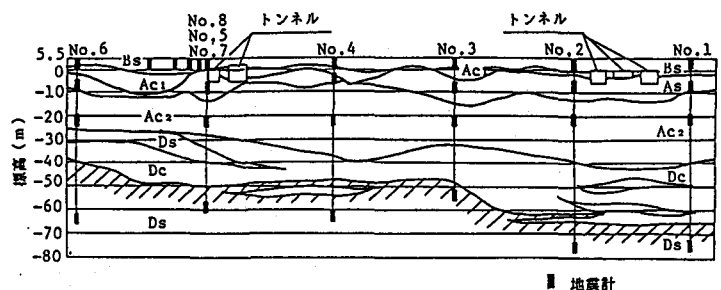


図-3 地震観測システム断面図

4. 解析結果

4-1 観測記録

図-4は、各地点の工学的基盤層での、卓越方向成分に合成した変位時刻歴波形である。また、No. 5地点の工学的基盤層の上下動成分の変位時刻歴波形を図-5に示す。上下動変位が水平動に比較して小さいことから、比較的長周期部分の地震動はラブ波であると思われる。解析対象は、工学的基盤層での、比較的長周期成分が卓越している観測開始から53sec~138secの部分とした。No. 5地点での解析対象部分のフーリエスペクトルを図-6に示す。この図から、解析対象部分は6sec~9secの波から成ることがわかる。図-7は、No. 5地点における、解析対象部分の地震動変位軌跡である。この図から、地震動の振動方向が一方向に卓越していることがわかる。一般にラブ波の卓越方向は、地震波の進行方向と直交する方向である。このことに基づき、図-1に変位軌跡から推定した地震波の進行方向を示す。図に示す様に、実体波の場合と異なり、ラブ波の進行方向は震央方向と一致せず、約20°西寄りの方向に傾いている。これは、ラブ波が三浦半島北部から神奈川県西部の地域において2次的に生成されたためと思われるが、詳細は明らかでない。同様の傾向は、過去の観測例にも見られる²⁾。

解析対象部分について、相互相関関数により各地点ごとのラブ波の到達時間差を求めて、ラブ波の位相速度を算定した。位相速度は、解析対象部分に狭帯域フィルターをかけた場合、及びかけない場合について算定した。狭帯域フィルターは、周期帯域幅0.3sec程度とし、周期

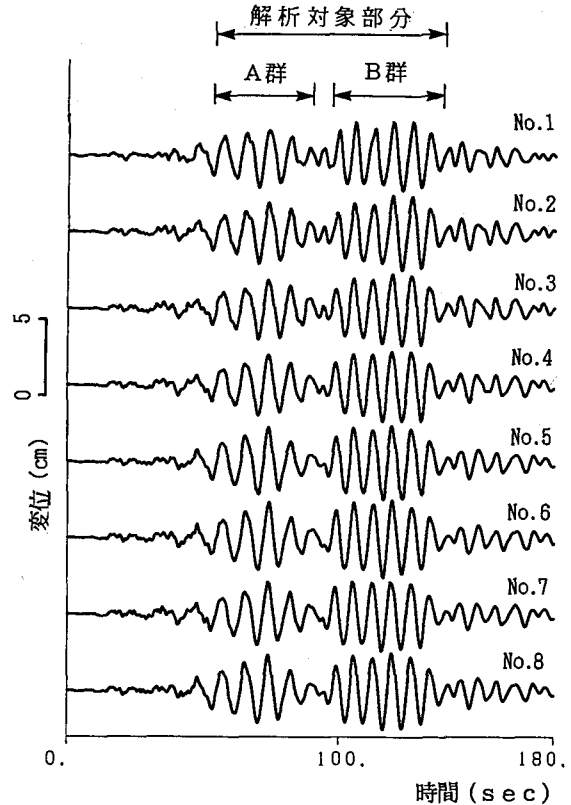


図-4 卓越方向成分変位時刻歴波形

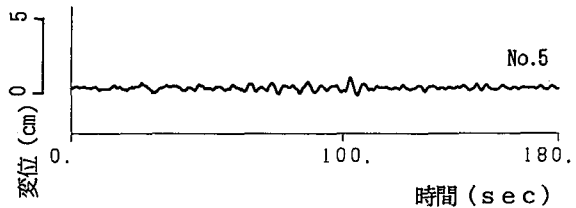


図-5 上下動成分変位時刻歴波形

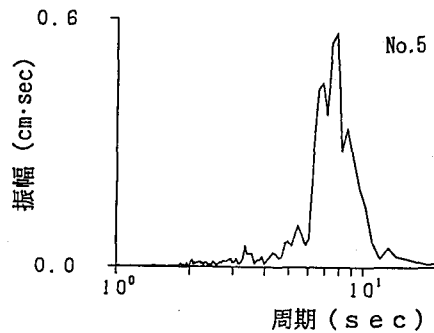


図-6 フーリエスペクトル

6 sec ~ 8.5 sec の範囲で7種類用いた。狭帯域フィルターをかけない場合については、解析対象部分を一括して相互相関を求めても、分散性の影響で到達時間差が求まらない。そこで、卓越周期が異なるとされる解析対象部分の前半と後半を、図-4に示すようにA群、およびB群に分割し、それぞれについて位相速度を算定した。A群、およびB群の卓越周期は、それぞれ8.2 sec、及び7.1 secであった。A群、及びB群の、滑走路直交方向、及び滑走路平行方向の到達時間差を図-8、及び図-9に、また、狭帯域フィルターをかけた場合の到達時間差を図-10、及び図-11に示す。これらの図からわかるように、ラブ波の進行方向が滑走路にほぼ直角であることから、滑走路平行方向についてはラブ波の伝播が明瞭でない。したがって、ラブ波位相速度は滑走路直交方向の3地点、No. 7地点、No. 5地点、及びNo. 8地点の記録から求めた。このようにして求めた位相速度の観測値を図-8及び図-10に示す。

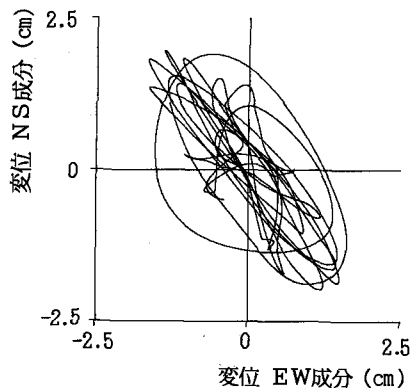


図-7 変位軌跡

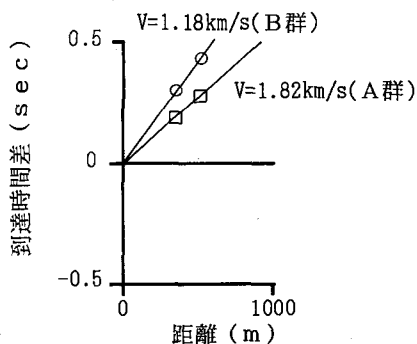


図-8 ラブ波到達時間差 狭帯域フィルターなし (滑走路直交方向)

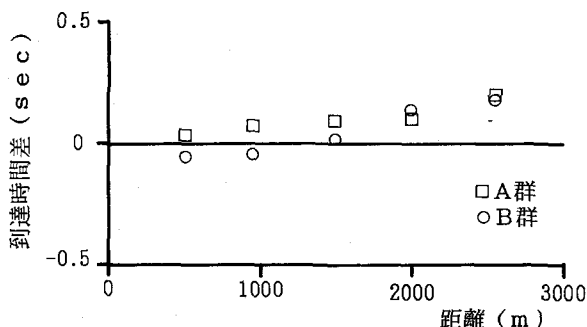


図-9 ラブ波到達時間差 狭帯域フィルターなし (滑走路平行方向)

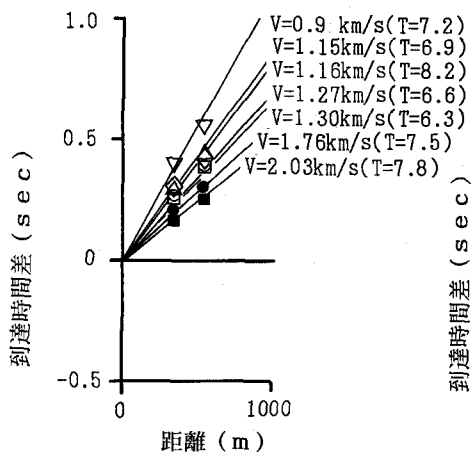


図-10 ラブ波到達時間差 狭帯域フィルターあり (滑走路直交方向)

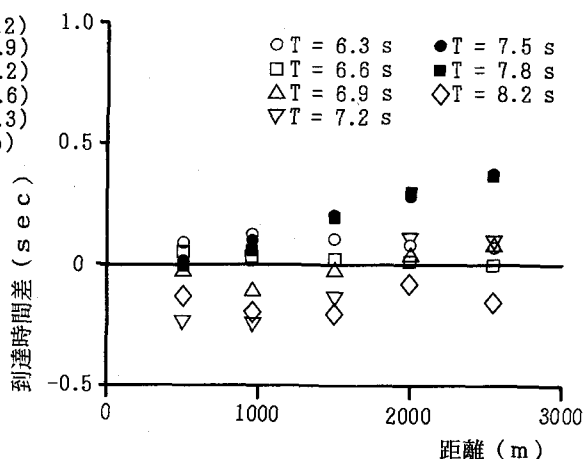


図-11 ラブ波到達時間差 狭帯域フィルターあり (滑走路平行方向)

4-2 位相速度の理論値

Haskellの方法にしたがい³⁾、ラブ波の位相速度の理論値を計算した。計算に用いた地盤モデル⁴⁾を図-12に示す。この地盤モデルは、夢の島爆破実験から得られたデータから推定された東京深部の地下構造に基づいているが、この実験の際に設定された測線は東京国際空港を通過していない。このため、東京国際空港の地下構造とは一致しない可能性もあると思われる。図-13に、計算により求められたラブ波分散曲線を示す。図-13には、観測記録に狭帯域フィルターをかけた場合の位相速度もあわせて示している。

図に示すように、理論分散曲線は観測値とほぼ一致しているが、相対的にやや遅い傾向がある。これは、ここで用いた地盤モデルが東京国際空港での地下構造を正確に表現していないことが原因と思われる。地震動の位相差によって発生する地盤ひずみは、位相速度に反比例する。今回の解析においては、理論的に求められたラブ波位相速度は観測値に比較してやや遅く、下限値に該当している。このことは、理論値が設計上は安全側であることを示している。

5. 結論

- 1) ラブ波の進行方向は、震央方向と一致せず、約 20° 西寄りに傾いている。これは、実体波の場合と異なり、ラブ波が三浦半島北部から神奈川県西部の地域において2次的に生成されたためと思われる。
- 2) ラブ波位相速度の理論分散曲線は、観測値に比較してやや遅く、下限値に該当している。このことは、理論値が設計上は安全側であることを示している。

参考文献

- 1) 土質工学会(ニュース): 東京国際空港高密度地震観測システム稼働開始-液状化現象も観測する世界有数の高密度地震観測網-、土と基礎、Vol.36、No.7、1988年7月、pp93-95
- 2) 倉田栄一、井合進: 表面波は直進するか-アレー観測による軌跡の比較-、第20回地震工学研究発表会、1989年7月、pp101-104
- 3) N.A.Haskell: The Dispersion of Surface Wave on Multilayerd Media、Bull.Seism.Soc.America、Vol.4、No.2、1953年
- 4) 嶋悦三、柳沢馬住、座間信作: 首都圏の基盤構造、第5回日本地震工学シンポジウム、1978年11月、pp321-328

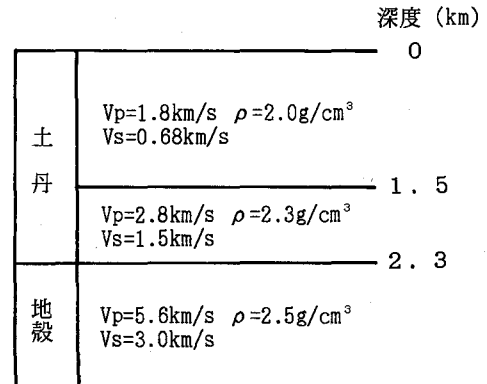


図-12 地盤モデル⁴⁾

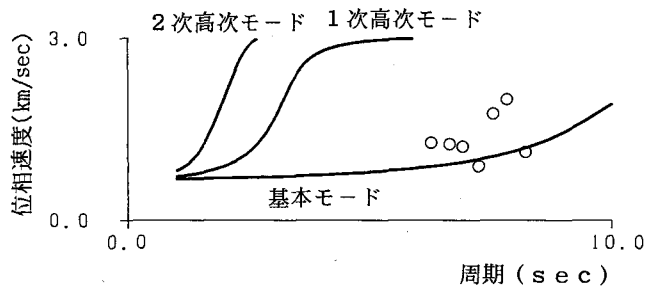


図-13 ラブ波分散曲線