

東北工業大学 正員 ○ 浅田秋江

同 上

栗原益男

§ 1 まえがき

最近、構造物の耐震設計に用いる耐震設計用地震動に地盤の動特性を加味しようという動きが活発になり、地盤の弾性波探査、常時微動測定、地震動観測あるいはS波の重複反射理論にもとづく地盤の地震時応答解析が盛んに行われている。その内でも、とくに、耐震設計用地震動をS波の重複反射応答解析法により求める傾向がきわめて強い。しかるに、地盤と基盤との剛性が明確に区分されている地盤では理論的にいっても、S波の重複反射と同程度に表面波によっても地盤の固有振動が励起される。したがって、S波と同じように表面波をも耐震設計用地震動として考慮しなければならない。例えば、過去の震害を振り返ってみると、男鹿西方沖地震（1964）による八郎潟西部承水路堤防、新潟地震（1964）による越後線および新潟空港滑走路の縦断方向に発生した波状の陥没など、分散性Rayleigh波によるとと思われる痕跡が残されているし、また、一級国道七号線海老ヶ瀬地区の道路に発生した蛇行はLove波による痕跡と思われる。さらに、地震観測結果から、例えば1968年十勝沖地震時に八戸港湾で観測されたSMAC強震記録のNS成分が、Rayleigh波であり、EW成分がLove波であるといわれているし、また、震源から650Kmも離れている東京都内の超高層ビルが表面波により大きく揺れた事実などを見聞すると、耐震設計用地震動に表面波を考慮しなければならない工学的必要性が痛感させられる。とくに、上述した如く、最近、耐震設計用地震動はS波の重複反射応答解析法により算定される傾向がきわめて強いが、表面波の影響が大きいと思われる長大構造物（橋りょう、地中埋設管、河川・干拓堤防など）の耐震設計に対して、セン断波のみを対象とした現在の応答解析のみを常に適用することには問題がある。

このような観点から、著者は数年前から地盤における実体波と表面波との応答特性について比較検討を続けてきた。その結果、地盤と基盤との剛性が明確に区分されている地盤では、S波の重複反射と全く同程度に表面波の卓越が顕著であることが理論計算結果と実測値とから明らかにされた。しかし、これらの実測値は主に地盤の常時微動測定により得たものであるが、その後、地表の三点においてそれぞれ三成分の地震動観測を続けてきたが、最近満足される地震記録が得られたので、三点三成分地震動観測および解析の紹介を兼ねて得られた記録の解析結果を今回報告するものである。

§ 2 三点三成分地震動観測法とその解析について

三点三成分地震動観測は、図-1に示す地盤上の三点においてそれぞれ三成分の加速度計（表-1）を設置して行った。一般に、地表で三点三成分観測を行うと、図-2に示すように各点で地震波の対応とその位相差が現われ、次の関係式が成り立つ。

$$\frac{1}{U} = \left(\frac{t_{12}}{r_{12}} \right) \sec \varphi, \quad \frac{1}{U} = \left(\frac{t_{13}}{r_{13}} \right) \sec (\theta - \varphi)$$

上式で、 r_{12} 、 r_{13} 、 θ は既知であり、 t_{12} 、 t_{13} は観測により求まる。したがって上式から伝播速度 U と伝播方向 φ とが求められる。次に、この伝播速度と波長とから波の分散が求まりしたがって波の分散曲線が得られる。また波の伝播方向と三成分観測より得られる波の軌跡とからRayleigh波とLove波の判別ができる。

§ 3 観測記録の解析結果とその考察

図-3は観測記録の波形を示したが、これらの記録から水平動成分が各点間で位相差を生じていることが観察される。また、水平動記録の軌跡の代表例を図-4に、水平動EW成分の実測分散と理論分散とを図-5に示したが、とくに図-5から、地震波動がRayleigh波かLove波かの区別は定かではないが、伝播

速度の分散性が明瞭にでていることから表面波であることが確認される。さらに、上下動成分の実測スペクトルと Rayleigh 波の理論分散曲線および P 波の理論スペクトルとを比較すると、図-6 に示すように、実測スペクトルの卓越周期 (0.3 sec) は P 波の理論スペクトルのピークと一致せず、Rayleigh 波の群速度極小のところの周期と一致していることからみて、地震波動は Rayleigh 波が優勢に卓越していることがわかる。

以上述べた解析結果より、地盤と基盤との剛性が明確に区分されている地盤では、常時微動に限らず、地震波動でも表面波が優勢に卓越することが明らかにされた。

換振器	固有周波数 臨界減衰 減衰係数 感度 最大加速度	3 C.P.S 40 11 15 $\mu A/gal$ 200 gal
電磁オシログラフ	検流計の固有周波数 記録速度	50 C.P.S 10 cm/sec
自動起動器	最小起動入力 最小起動感度	22 mV 0.005 cm/sec

表-1 三点三成分地震動観測装置の性能

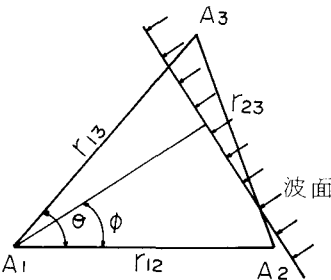


図-1 地震波動の伝播方向および速度

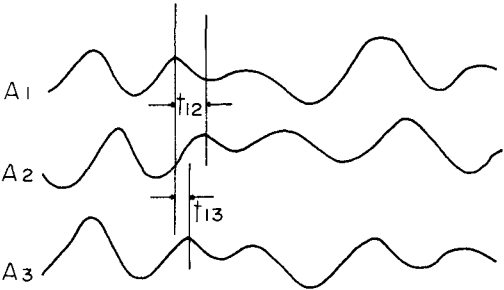


図-2 三点における地震波動の位相差

図-4
水平動成分の軌跡

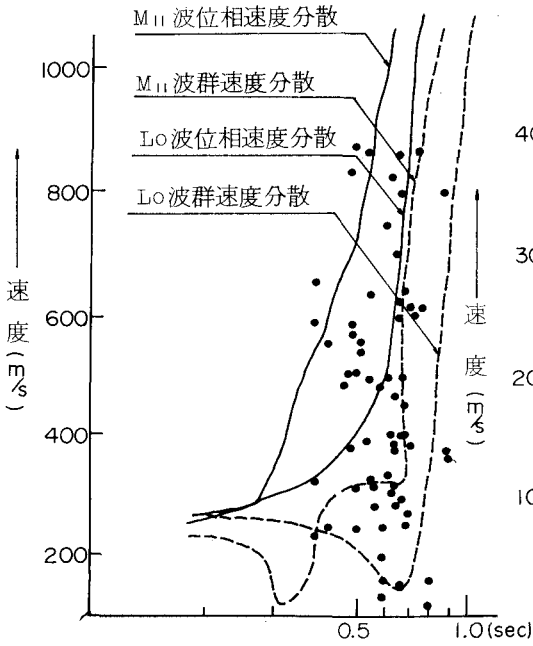
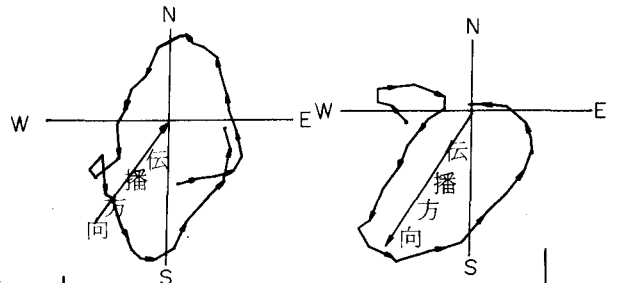


図-5 実測分散および理論分散

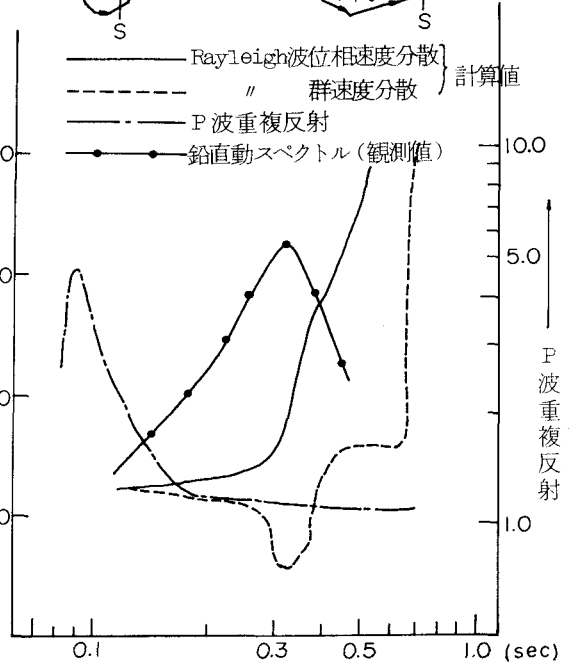


図-6 上下動成分の実測スペクトル、P波の理論スペクトル、Rayleigh波の群速度および位相速度の理論分散

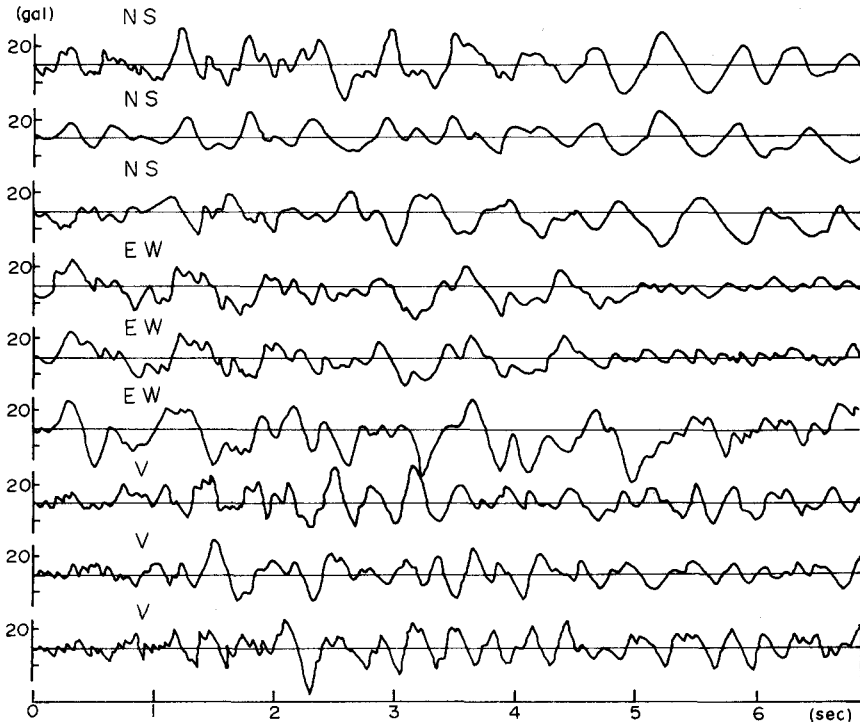


図-3 三点三成分地震動観測記録