

I-442 実体波・表面波の伝播速度に関する一検討

建設省土木研究所 正員 田村敬一

" " 相沢 興

1. はじめに

応答変位法に基づく地中構造物の耐震設計では正弦波状の波動が水平方向に伝播すると考えて地盤の変形を求めるとされているが、波動の伝播速度については実測資料が無かったこと等から適宜仮定した値を用いているのが実状である。そこで、建設省土木研究所では構内および駿河湾沿岸の高密度強震観測場で得られた記録をもとに、記録間の位相差より地震動の伝播速度の検討を行ってきた^{1), 2)}。本小文は、上記検討に引き続き、簡便な手法により地震動の実体波および表面波成分を分離し、各々の伝播速度を試算した結果をとりまとめたものである。試算の対象とした記録は、1984年長野県西部地震の際に焼津地区高密度強震観測場で得られた記録である。

2. 焼津地区高密度強震観測場の概要

焼津地区高密度強震観測場(図1参照)は、焼津市の北東部に位置する高草山の岩盤線が瀬戸川に向かって沈み込む我が国でも有数の軟質地盤地域を中心として、合計12地点の観測点から構成されている。このうち瀬戸川の近傍のNo.9地点では、基盤層は地表面下約110mに位置している。観測に使用している強震計は、サンプリング間隔1/200秒の16ビットデジタル強震計である。

3. 実体波および表面波の分離

実体波および表面波の分離は、強震記録の非定常パワースペクトル(Evolutionary Power Spectrum)³⁾をもとに表面波の分散性に着目し、時間領域および振動数領域におけるパラメータ(t_d, f_d)を設定し、フーリエ変換により分離を行う手法⁴⁾を用いた。非定常パワースペクトルの一例として、1984年長野県西部地震の際にNo.8地点で得られた記録のスペクトルを図2に示す。図2より、分離のパラメータを $t_d = 9.2[s]$, $f_d = 1.5[Hz]$ と設定するものとした。なお、同地震の際には合計7地点において記録が得られているが、分離のパラメータが識別できたのは、No.8, 9, 10の3地点である。次に、原記録のフーリエ変換を $F(f)$ とすれば、実体波 $a_B(t)$ および表面波 $a_S(t)$ は、それぞれ、次式のように求められる。

$$a_B(t) = \int_{-\infty}^{\infty} F(f) e^{i2\pi ft} df \quad a_S(t) = 0 \quad (t < t_d) \quad (1)$$

$$a_B(t) = \int_{-\infty}^{\infty} F_B(f) e^{i2\pi ft} df \quad a_S(t) = \int_{-\infty}^{\infty} F_S(f) e^{i2\pi ft} df \quad (t > t_d) \quad (2)$$

ここで、 $F_B(f) = 0$, $F_S(f) = F(f)$; ($f < f_d$), $F_B(f) = F(f)$, $F_S(f) = 0$; ($f > f_d$)である。No.8地点の記録から分離した実体波および表面波の波形を図3に示す。

4. 実体波および表面波の伝播速度の試算

いま、2点*i, j*において得られた記録(実体波もしくは表面波)を $a_i(t)$, $a_j(t)$ とすれば、両者の相互相関係数 $R(\tau)$ は次式で求められる。

$$R(\tau) = \frac{\int_0^T a_i(t) a_j(t+\tau) dt}{\sqrt{\int_0^T a_i^2(t) dt \cdot \int_0^T a_j^2(t) dt}} \quad (3)$$

ここで、 τ および T は、それぞれ、位相遅れおよび記録の継続時間である。 $R(\tau)$ が最大値をとる位相遅れを τ_{max} とし、2点間の震央方向への投影距離を l とすれば、伝播速度 v は次のように求められる。

$$v = l / \tau_{max} \quad (4)$$

このようにして求めた伝播速度の一覧を表1に示す。表1より次の事項が指摘される。

1) 原記録から求めた相互相関係数よりも実体波および表面波のそれぞれについて求めた相関係数の方が高くなる。

2)伝播速度の大小関係は、実体波>原記録>表面波となる。実体波の伝播速度が非常に大きい理由としては、地震動が鉛直下方から垂直に伝播してくるため見かけ上の速度が大きくなることが考えられる。次に、表面波については、当該地域の地表面付近のせん断波速度が200m/s程度であることを考慮すると、ここで算出した伝播速度はかなり大きく、本検討において分離した表面波成分が水平方向に伝播すると結論づけるのは困難であると考えられる。

5.まとめ

簡便な手法により地震動の実体波および表面波成分を分離し、各々について伝播速度の試算を行った。本検討の範囲では、実体波の見かけ上の伝播速度が非常に大きいこと、また、表面波の伝播速度もせん断波速度に比較して大きいことが明らかになった。

参考文献

- 1)土木研究所資料第2271号，昭和60年12月，2)土木研究所資料第2546号，昭和63年1月，3)亀田：強震地震動の…，土木学会論文報告集第235号，昭和50年3月，4)Sugito et al.：Simplified…，土木学会論文集第350号，昭和59年10月

表 1 実体波および表面波の伝播速度

伝播方向	距離 l [m]	成分	種別	R_{max}	τ_{max} [s]	v [m/s]
8→9	194.9	LG	OW	0.560	0.33	590.6
			SW	0.586	0.42	464.0
		TR	OW	0.605	0.07	2784.3
			SW	0.553	0.26	1439.6
9→10	342.1	LG	OW	0.406	0.44	777.5
			SW	0.437	0.63	543.0
		TR	OW	0.453	0.45	760.2
			SW	0.533	0.49	698.2

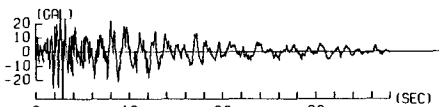
LG:震央方向成分

TR:震央直交方向成分

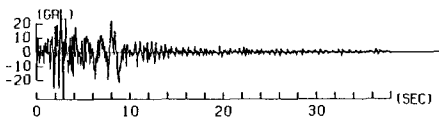
OW:原記録

BW:実体波

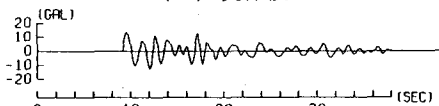
SW:表面波



(a) 原記録



(b) 実体波



(c) 表面波

図 3 実体波・表面波の分離例
(No.8地点，震央直交方向成分)

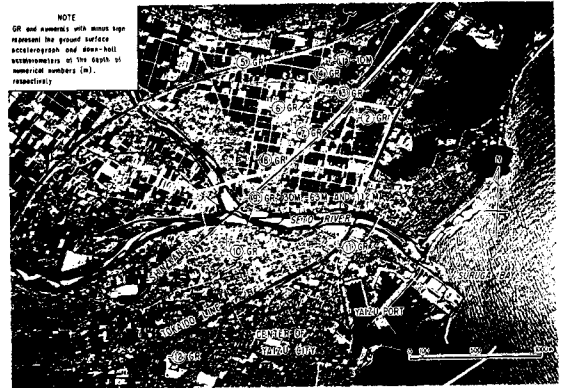


図 1 焼津地区高密度強震観測場

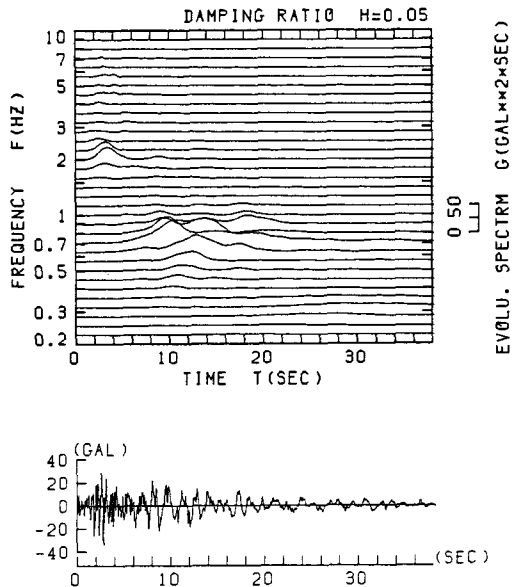


図 2 非定常パワースペクトルの計算例
(No.8地点，震央直交方向成分)