

強震記録における表面波・実体波の分離と地盤ひずみの算出法について

京大工学部 正員 後藤尚男

京大工学部 正員 杉戸真太

京大大学院 学生員[○]春日知男

1. まえがき 地震時において地盤内に生じる応力ひずみの算出に多用されてきた重複反射理論に対して、神山¹⁾は強震記録の波形を表面波と仮定しLove波・Rayleigh波によるひずみがS波によるひずみと成分も異なり、その大きさも無視できないことを指摘している。しかし、このような解析には強震記録に含まれる実体波・表面波を分離し、しかる後それぞれの波動による応力ひずみを算定すべきであるが、これまでの強震記録のほとんどが個々の地点で独立に得られたものであり、1地点での強震記録から実体波・表面波に分離することは厳密には不可能である。そこで本研究では表面波の分散性に着目し、波形を実体波および表面波に簡略的に分離する方法を検討し、その方法を用いて強震記録に含まれる実体波・表面波の諸特性を調べた。さらに強震観測地点の地盤資料を用いて実体波による地盤ひずみの算出を行なった。

2. 表面波と実体波の分離 Liang, Duke²⁾は強震記録の表面波・実体波の分離法として地震動の非定常特性に着目する方法を試みている。ここでは一般の表面波にみられる分散特性に着目し、非定常パワースペクトル³⁾を用いて簡略的に実体波と表面波とに分離する方法を示す。地震動の非定常パワースペクトルの1例を図1に示した。これは各振動数の時刻歴(図1(a))および対象とした振動数域(図1(b))でのパワースペクトル値の最大値で正規化したものである。表面波の伝播特性として振動数があるレベル以下では低振動数成分の方が伝播速度が速くなるということが知られているが、これは低振動数成分では振動エネルギーのピークのあらわれる時刻はより速くなることを示しており、図2に示した低振動数領域での特性によく対応している。このように表面波特有の分散特性に着目すると近似的にある振動数 f_0 以下の振動数のみが表面波として実地震動の記録中に含まれると仮定しても妥当であろう。ここに f_0 は図2に示した波動の伝播特性がそれを境界として変化する振動数であり分離振動数と名付ける。 f_0 以下の低振動数領域は主として表面波成分、 f_0 より高い振動数領域では主として実体波成分であると

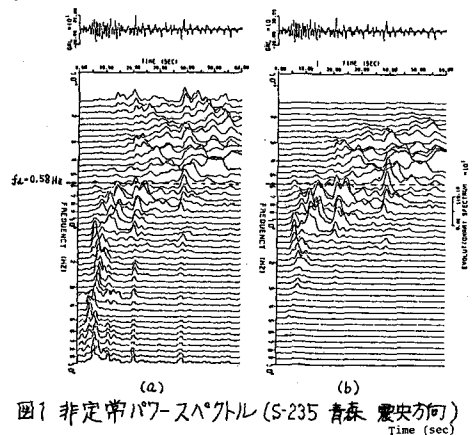


図1 非定常パワースペクトル(S-235 青森 震央方向)

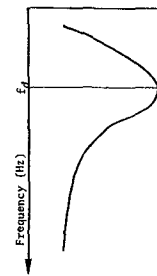


図2 各振動数の非定常パワースペクトルの最大値の時刻と振動数の一般的な関係の概略図

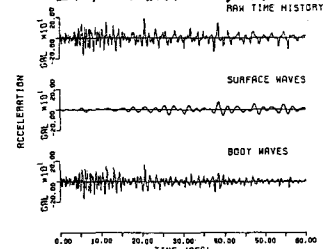


図3 表面波および実体波に分離した加速度波形(S-235 青森 震央方向 $f_0 = 0.58 \text{ Hz}$)

Hisao GOTŌ, Masata SUGITO, Tomoo KASUGA

仮定してフーリエ変換の手法を用いて表面波および実体波を算出する。(図3, 図4, 図5)

すなわち, 原波形のフーリエ変換を $F(f)$ とすれば,

$$\text{表面波} \begin{cases} F_1 = F \\ F_1 = 0 \end{cases} \quad \text{実体波} \begin{cases} F_2 = 0 \quad (0.15 \text{ Hz} \leq f \leq f_d) \\ F_2 = F \quad (f_d < f \leq 10.0 \text{ Hz}) \end{cases}$$

低振動数領域で表面波特有の分散性の傾向が顕著にあらわれているものは分離振動数 f_d で実体波と表面波とに分離する方法が有効であると期待される。また図2に示した傾向が2個以上あらわれるような記録に対しては時間軸上でも分離する必要がある。図6(a)~(c)に記録の表面波・実体波と原波形の最大加速度, 最大速度, 最大変位の関係を示した。

3. 実体波による地盤内ひずみの算出 強震観測地点の地盤資料を用いてS波重複反射理論により, 実体波と表面波に分離する前の波形をすべて実体波としたときの層内ひずみ(図7(a))と分離後の実体波による層内ひずみ(図7(b))を算出した。両者のひずみはそれほど大差はないが, 分離前のひずみの方が大きい。

4. あとがき 表面波と実体波の分離法として振動数軸だけでなく時間軸に關しても分離することなど, より的確に実体波と表面波成分を取り出す手法を考察することが必要である。また表面波成分によるひずみを算出することにより実際に生じるひずみをある程度まで推定できることになる。個々の記録の分離波形およびひずみ波形は紙面の都合上当り発表する予定である。

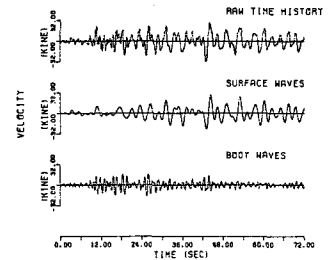


図4 表面波および実体波に分離した速度波形 (S-235 青森 震央方向 $f_d = 0.58 \text{ Hz}$)

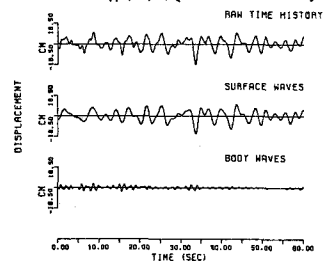


図5 表面波および実体波に分離した変位波形 (S-235 青森 震央方向 $f_d = 0.58 \text{ Hz}$)

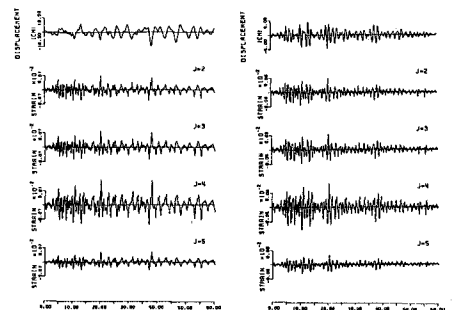


図7 S波重複反射による地盤ひずみ (S-235 青森 震央方向)

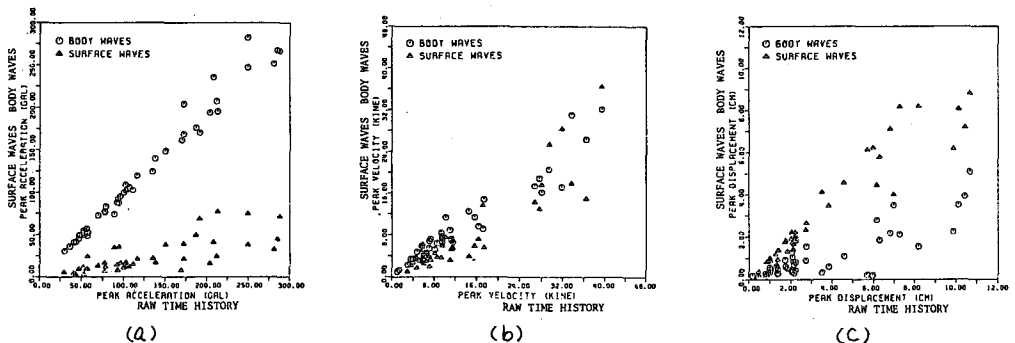


図6 表面波・実体波と原波形の最大加速度(a), 最大速度(b), 最大変位(c)の関係

- 参考文献; 1) 神山 真: 地震時における地盤内の応力, ひずみの評価, 土木学会論文報告集, 第250号, 昭.51.6, pp. 9-22.
2) Liang, George C., and Duke, C. Martin., "Evolutionary Spectra for Strong Motion Accelerograms," Proceedings of the 7WCEE, Sept, 1980, Vol.2, pp. 561-568. 3) 龜田 弘行: 強震地震動の非定常パワースペクトルの算出法に関する一考察, 土木学会論文報告集, 第235号, 昭.52.3, pp. 55-62.