

強震記録を用いた表面波による地盤ひずみの推定

京都大学工学部 正員 後藤尚男 杉戸真太
 京都大学大学院 学生員 ○相川文宏

1. まえがき 地震時において地盤内に生じるひずみを把握することはきわめて重要なことである。一般に地震波は表面波と実体波に大別されるので、地盤ひずみも表面波によるものと実体波によるものとに分離して考えることが望ましい。著者ら¹⁾は表面波の分散性に着目し、簡略的に表面波と実体波を分離する手法を提案した。ここでは、この手法をもとに多少の改良を行ない、よりの確に表面波・実体波を分離する手法を提案する。さらに強震観測地点における地盤資料を用いて、表面波の分散特性を調べ、上記手法によって分離された表面波による地盤ひずみを算定した。

2. 表面波・実体波の分離 一般に表面波は分散性をもつが、この分散性を知るために、非定常パワースペクトル²⁾を用いる。地震動の非定常パワースペクトルの一例を図-1に示した。図-1を見ると非定常パワースペクトルの最大値を与える時刻と振動数の関係はほぼ図-2のようになることがわかる。群速度が最小となるあたりの振動数は表面波の卓越振動数に相当し、この振動数をもつ成分波によって大量のエネルギーが運ばれることになる。これは図-2の点Aに相当する。したがって、文献¹⁾のように点Aを境界として分離するより、群速度の分散性が見られなくなる点に相当する点Bで分離する方がよりの確であろう。すなわち点Bに対応する振動数 f_d を境界として、 f_d 以下の振動数領域は主として表面波成分、 f_d 以上の振動数領域は主として

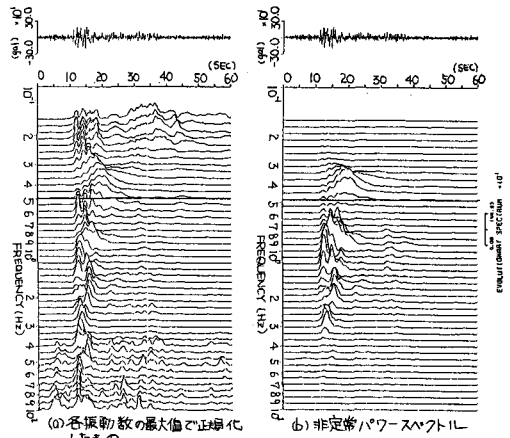


図-1 非定常パワースペクトル (S-252 八戸 震央方向) ($f_d = 0.48 \text{ Hz}$)

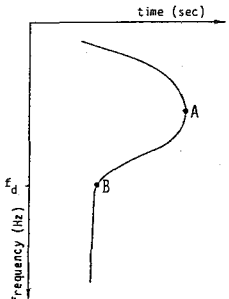


図-2 非定常パワースペクトルの最大値の時刻と振動数との一般的な関係の概略図

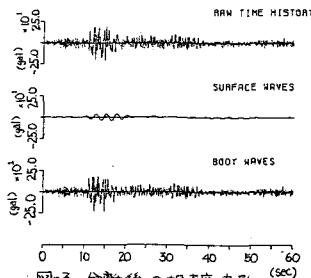


図-3 分離後の加速度波形 (S-252 八戸 震央方向)

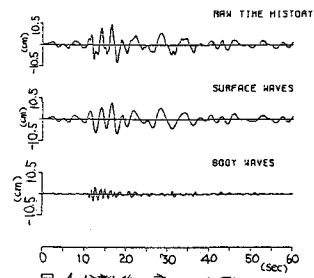


図-4 分離後の変位波形 (S-252 八戸 震央方向)

て実体波成分であると仮定してフーリエ変換の手法を用いて、それぞれの波形を算出する(図-3,図-4)。また、共振動数領域においても実体波成分が存在し、表面波成分がある程度の時間的遅れをもって到達する場合には、時間軸上(秒)でも分離を行なうことにした(図-5)。すなわち、時刻 t_0 までの地震動には表面波は含まれていないと仮定し、 t_0 以後の地震動について実体波と表面波に分離するのである。

3. 表面波による地盤ひずみの算出 強震観測地点での地盤資料を用いて表面波の位相速度、群速度の分散曲線を求めたものを図-6に示す。図-6と先に述べた図-1を比較すると、分散性の顕著に見られる振動数領域がほぼ一致していることがわかる。次に、文献3)の手法により相関距離5m, 100mの各場合について、表面波による平均地盤ひずみを算出した(図-7,図-8)。また原波形をすべて表面波としたときの地盤ひずみを図-9, 図-10に示す。これらの図より、原波形によるひずみ波形(図-9, 図-10)は相関距離が長くなると高振動数成分が減衰し、ひずみも小さくなっていくのに対し、表面波によるひずみ波形(図-7, 図-8)は相関距離による変化があまり見られない。また、表面波による地盤ひずみの最大値も、表-1に示すように、原波形のそれと比較して全般的に小さいことがわかる。これは、分離せずに表面波のひずみを算出した場合、ひずみを過大評価することを示している。

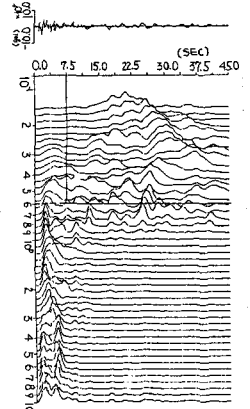


図-5 非定常パワースペクトル (各振動数の最大値を正規化した) 以上の S-1066 海床保層変動 $f_0 = 0.60 \text{ Hz}$, $t_0 = 7.5 \text{ sec}$

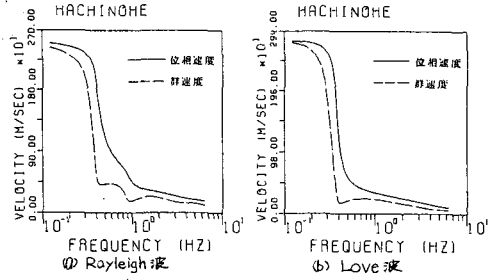


図-6 表面波の分散曲線 (八戸)

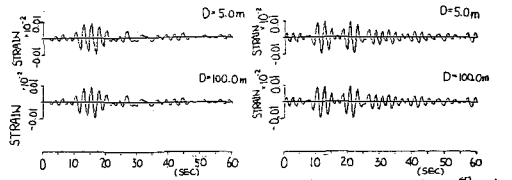


図-7 Rayleigh波による平均地盤ひずみ (S-252 八戸 震央方向)

図-8 Love波による平均地盤ひずみ (S-252 八戸 震央直角方向)

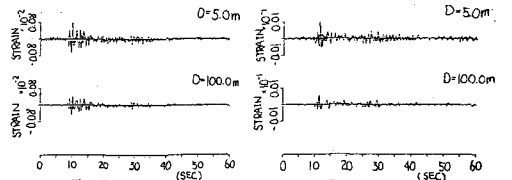


図-9 震央方向における原波形による平均地盤ひずみ (S-252 八戸)

図-10 震央直角方向における原波形による平均地盤ひずみ (S-252 八戸)

表-1 表面波、及び原波形による最大地盤ひずみ (S-252 八戸)

相関距離	震央方向		震央直角方向	
	原波形	Rayleigh波	原波形	Love波
5 m	7.57×10^{-4}	1.04×10^{-4}	1.07×10^{-3}	1.49×10^{-4}
10 m	7.26×10^{-4}	1.04×10^{-4}	9.29×10^{-4}	1.49×10^{-4}
20 m	6.29×10^{-4}	1.04×10^{-4}	8.02×10^{-4}	1.48×10^{-4}
50 m	5.79×10^{-4}	1.04×10^{-4}	6.33×10^{-4}	1.49×10^{-4}
100 m	4.46×10^{-4}	1.04×10^{-4}	6.09×10^{-4}	1.48×10^{-4}

参考文献; 1) 俊藤・杉戸・春日: 強震記録における表面波・実体波の分離について, 土木学会第36回年次学術講演会, 1981.10. 2) 亀田 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, 1977, pp. 55-62. 3) 高田至郎・Wright, J.P.: ライフライン系解析のための相対地盤震動, 土木学会論文報告集, 第299号, 1980.7, pp. 13-21.