

I-511

千葉実験所における変位・速度・加速度の1地点同時観測

(株) 熊谷組 正会員 ○前田 悟
 東京大学生産技術研究所 正会員 永田 茂
 東京大学生産技術研究所 正会員 山崎 文雄
 東京大学生産技術研究所 正会員 片山 恒雄

1. はじめに

近年, 比較的長周期成分まで観測可能な地震計の設置が進んでいるため, その観測記録の長周期成分の信頼度に関する検討が行われている. 著者ら¹⁾は地震時の地盤ひずみ特性の把握を目的として高性能加速度計を用いた3次元高密度アレー観測を行っており, さらにこの一連の研究の延長として変位計・速度計を含む3種の地震計による1地点同時観測から各地震計の長周期領域における信頼度を調べている. しかし, これまでの著者らの研究では観測歴が浅かったこともあり, 検討が十分であったとは言えない.

本報告では, 東京大学生産技術研究所千葉実験所で行われている3種の地震計による地震動の1地点同時観測の概要を紹介するとともに, その後の地震観測で得られた複数の記録を用いて長周期領域における加速度・速度・変位記録の比較検討を行うこととした.

2. 同時観測の概要とその記録

千葉実験所にある地震応答実験棟において52C型1倍強震計・村松式速度計・圧電型加速度計を用いた変位・速度・加速度の1地点同時観測が開始されたのは1985年12月である. 同時観測の開始後4年を経過した1989年12月の時点で, 速度・加速度の観測が行われた地震数は70地震を越え, 1倍強震計で観測された地震数は47地震である. これらの地震のうち1倍強震計記録がデジタル化可能な振幅を持ち, 速度・加速度記録が同時観測されたのは4地震である. 表-1には各地震計で観測されたこれら4地震の最大振幅を示す.

表-1 3種類の地震計のによる観測記録の比較

NO.	加速度計の トリガ-タイム	3種類の地震計で観測された最大振幅								
		Acc. (cm/s ²)			Vel. (cm/s)			Disp. (cm)		
		X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
1	86. 2. 12 11:59:58	9.4	9.3	3.7	0.58	0.54	0.21	0.21	0.17	0.25
2	86. 6. 24 11:53:29	57.9	36.3	15.8	4.01	2.76	0.83	1.83	1.39	0.39
3	86. 11. 22 9:42:14	6.2	5.2	2.9	0.70	1.04	0.46	0.74	1.17	0.45
4	87. 12. 17 11:08:27	205.7	198.5	85.5	14.84	14.16	4.20	1.43	4.71	1.18

3. 同時観測記録の比較

3種の地震計のうち, 広範囲の振動数成分を観測できる村松式速度計の記録を基準として, 長周期領域における加速度記録と速度記録の比較検討を行う. この際, 加速度記録の積分時の解の発散を防ぐため, すべての波形に対して0.020-0.025HzでCOSINE型に変化するロ-カットフィルタ-処理を行なった. また, 速度・加速度計と変位計では記録方式やトリガ-設定が異なるために記録の時刻も異なる. そこで速度・変位記録から求めた2つの変位波形の帯域波(0.1-0.5Hz)に関する相互相関関数が最大となるように変位記録の時刻を修正している.

最初に, 表-1のNo. 2, 3, 4の速度記録と加速度記録を周波数積分して求めた2つの変位波形(X成分)に関するコヒーレンス $\gamma_{AU}(f)$, 伝達関数 $\eta_{AU}(f)$, 位相角 $\theta_{AU}(f)$ の計算結果を図-1に示す.

$$\gamma_{AU}(f) = \frac{|P_{AU}(f)|^2}{P_A(f) \cdot P_U(f)} \quad (1), \quad \eta_{AU}(f) = \frac{|P_{AU}(f)|}{P_U(f)} \quad (2)$$

$$\theta_{AU}(f) = \tan^{-1} \left(\frac{Q_{AU}(f)}{C_{AU}(f)} \right) \quad (3), \quad |P_{AU}(f)| = \sqrt{C_{AU}^2(f) + Q_{AU}^2(f)} \quad (4)$$

$P_{AU}(f)$ は2つの変位波形のcross spectrum, $P_A(f)$, $P_U(f)$ はそれぞれ加速度記録, 速度記録から求めた変位波形のpower spectrum, $Q_{AU}(f)$, $C_{AU}(f)$ はそれぞれ $P_{AU}(f)$ のcospectrum, quadrature spectrumである.

図-1では、0.1Hz以下(10s以上)の長周期成分においてコヒーレンスの急激な低下、伝達関数や位相ずれの急激な増加が見られる。村松式速度計が仕様の0.05Hz(20s)程度の長周期成分まで観測できることを考えると、圧電型加速度記録の長周期成分も10秒程度までは、その精度を信頼してよからう。しかし、No.3の地震(伊豆大島地震、'86.11.22)や上下成分のように加速度記録の振幅レベルが小さい場合には、長周期成分の信頼度はかなり低下する。これは加速度・速度の記録装置で用いているA/D変換器の最小分解能が0.5cm/s²であるために、振幅の小さな加速度記録の分解能が極端に低下することに起因しているものと考えられる。以上の検討結果を踏まえ、速度・加速度記録から求めた2つの変位波形の0.1-0.5Hzの帯域波について比較を行ったが、加速度記録の最大振幅が約20cm/s²以上の場合には、これらは良く一致していた。

次に、表-1のNo.1,2,3,4の変位記録と速度記録から求めた変位波形(X成分)に関しても同様な検討を行い、その結果を図-2に示した。コヒーレンス、伝達関数、位相差を見ると、水平・上下成分ともにほぼ0.05-0.3Hz(3-20s)の帯域で両者はよく一致している。

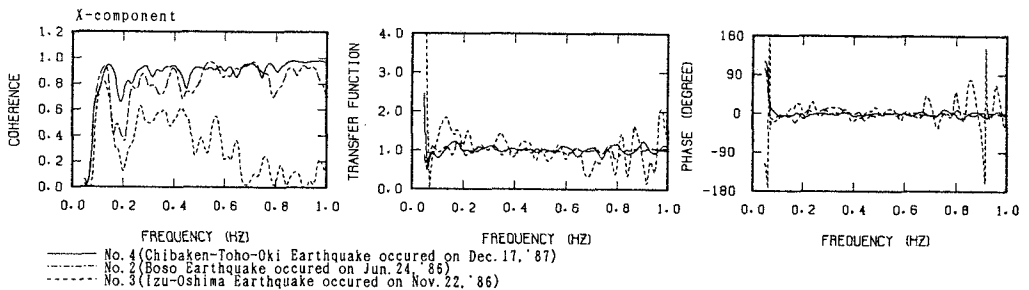


図-1 速度・加速度から求めた変位波形のコヒーレンス、伝達関数、位相

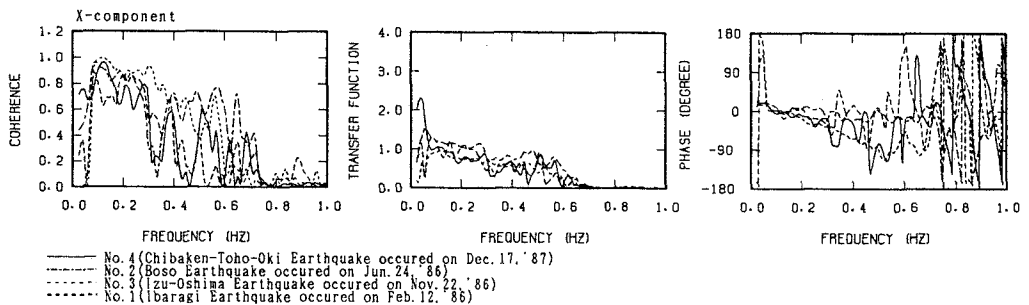


図-2 変位・速度記録から求めた変位波形のコヒーレンス、伝達関数、位相

4. まとめ

東京大学生産技術研究所千葉実験所内で行なわれている1倍強震計、村松式速度計、圧電型加速度計による1地点同時観測の概要を紹介するとともに、そこで得られた記録の比較検討から以下の結果を得た。

(1) 速度記録と加速度記録に関するスペクトル解析の結果、最大加速度が約20cm/s²以上の加速度記録に関しては10秒程度の長周期成分まで信頼できることがわかった。一方、最大加速度が20cm/s²未満の記録は、記録装置で用いているA/D変換器の最小分解能に影響されるため、加速度計の測定精度以内である10秒程度の成分でさえも十分な信頼性を持っていないことがわかった。(2) 1倍強震記録と速度記録の比較検討によって、従来から指摘されているように²⁾1倍強震計は約20秒程度の長周期成分まで記録できることが確認できた。一方、短周期側については約3秒程度が限界であった。

参考文献 1)研究代表者 片山恒雄:地震動の工学的距離相関特性に関する実証的研究,昭和60年度科学研究費(一般研究A)研究成果報告書,1986.2)篠泉,片山恒雄:気象庁1倍強震記録による地震の再現性の検討,第18回地震工学研究発表会講演概要,土木学会,pp.69-76,1985.