

(48) 平成7年兵庫県南部地震で得られた神戸市域の強震観測記録の検討

財団法人大阪土質試験所 正会員 香川 敬生  
 京都大学防災研究所 入倉 孝次郎

1. はじめに

平成7年兵庫県南部地震では、甚大な被害を被った神戸市域において強震観測記録が得られ、既にその幾つかは公開されている。図-1に本研究で用いた観測記録が得られた位置を示す。神戸大、神戸(本山)関西地震観測研究協議会〔関震協〕の速度サーボ型強震計が〔Toki et al.(1995)〕, 気象庁神戸海洋気象台観測点, 神戸市ポートアイランド観測点には加速度サーボ型強震計が設置されていた。図2~5にはそれぞれの波形を速度で示している。本研究では、まず関震協による観測記録の問題点を考察する。その後、これらの記録を用いて平成7年兵庫県南部地震での破壊過程の解釈を試みる。

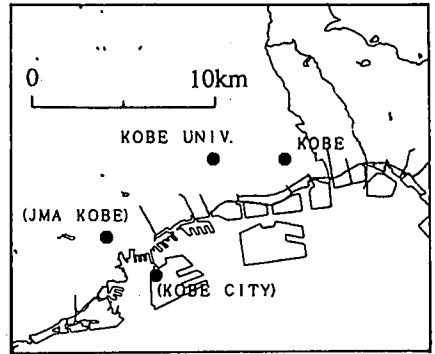


図-1 観測点位置

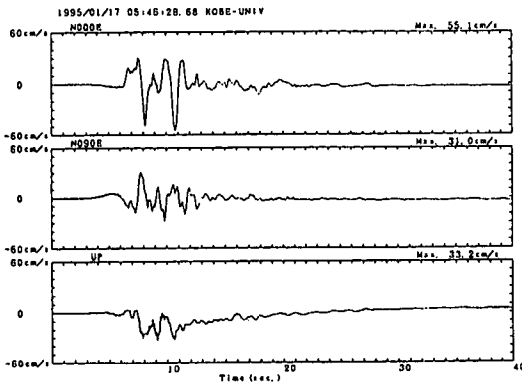


図-2 神戸大学観測点の記録

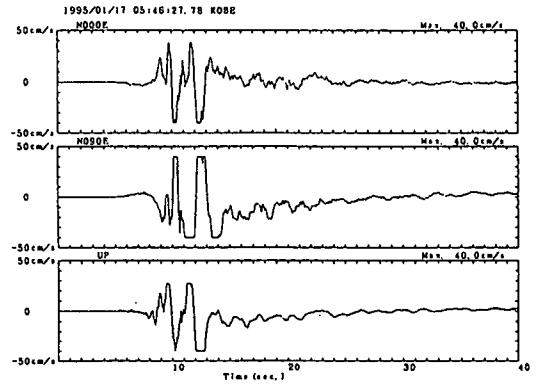


図-3 神戸(本山)観測点の記録

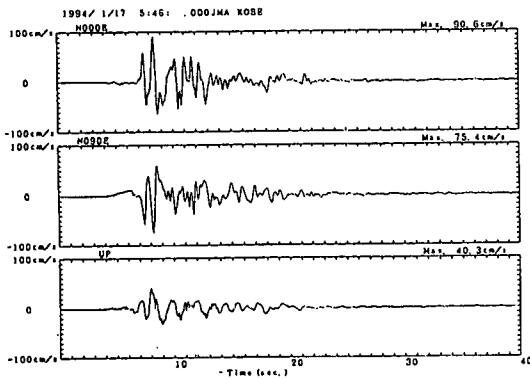


図-4 神戸海洋気象台の記録

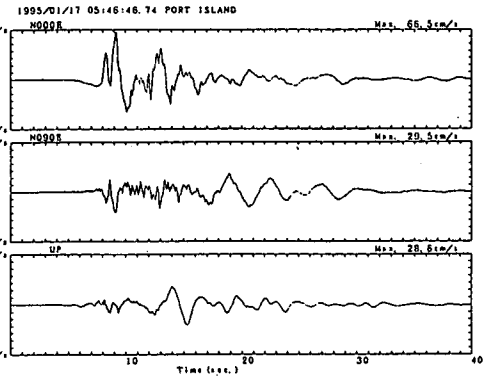
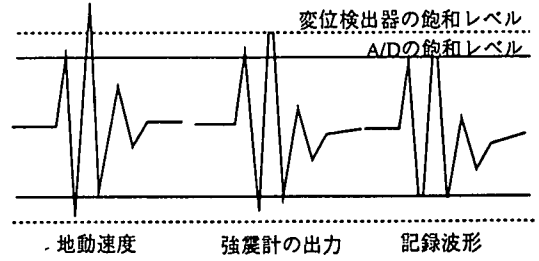
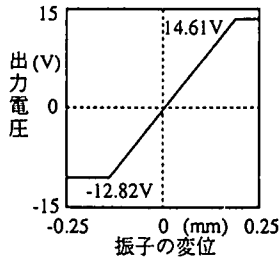


図-5 神戸市ポートアイランドの記録

## 2. 神戸大学と神戸（本山）観測点における記録の問題点

関震協では速度サーボ型強震計を用いている [横井 (1992)]。この強震計では、地動速度に比例する出力を得るための変位



検出器が、図-6 図-6 変位検出器の特性 図-7 変位検出器の飽和と観測波形に示すように大振幅で飽和する。このとき出力には図-7に示す様な挙動が見られ、飽和した部分の積分量に対応した残差が現われる。ただし、収録装置側のA/D変換器で飽和した場合はこの限りではない。神戸（本山）観測点の波形には全成分で残差が見られることから、変位検出器が飽和したものと考えられる。神戸（本山）では40cm/sで出力が10Vの強震計が用いられ、最大入力10VでA/D変換されている。このため、固体によるばらつきがあるものの、正に60cm、負に50cm/s程度が強震計の飽和限界となる。このことから、神戸（本山）では南に50cm/s以上、東に60cm/s以上の最大値を示していたものと推定される。上下動成分は、上に40cm/sに満たずに飽和しているが、これは図-6に示した特性に正のオフセット電圧が影響したものと思われ、最大値を示した方向、および値を見積るには、詳細な検討が必要となる。

神戸大学観測点では100cm/sで出力10Vの強震計が用いられていたため、水平成分では振り切れの無い波形が観測されている。しかしながら、上下動成分は上に5cm/sに満たずに飽和し、大きな残差が現われている。ここで

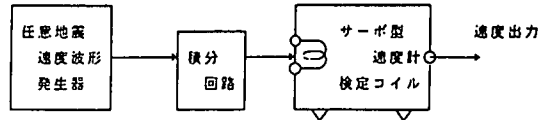


図-8 飽和波形の再現に用いた実験装置

は、地震前に大きなオフセット電圧が生じていたものと考えられる。関震協で用いている速度サーボ型強震計は検定コイルを備えており、これに電流を流すことにより強震計内に地震時の揺れを再現することができる (図-8)。このようにして、オフセット電圧下で観測された波形を与えるための入力波形を求める作業が可能である。図-9にその一例を示す。観測波形を完全に再現するには至っていないものの、上下動の最大値が20cm/s程度と水平動の半分程度であったことが示唆される。神戸大学観測点の上下動記録を単純に微分すると400cm/s<sup>2</sup>を越えるスパイク状の最大値が見られるが、それが生じるのは図-9に矢印で示した時間である。この部分の波形はオフセット電圧による影響を受けておらず、最大加速度値は補正によって変化しないと考えられる。神戸大学観測点は、岩盤相当の観測点とされているが、数mの不飽和風化層が存在するとすれば、高周波数で変換P波を著しく増幅し、大きく鋭い大加速度を示した可能性が考えられる。

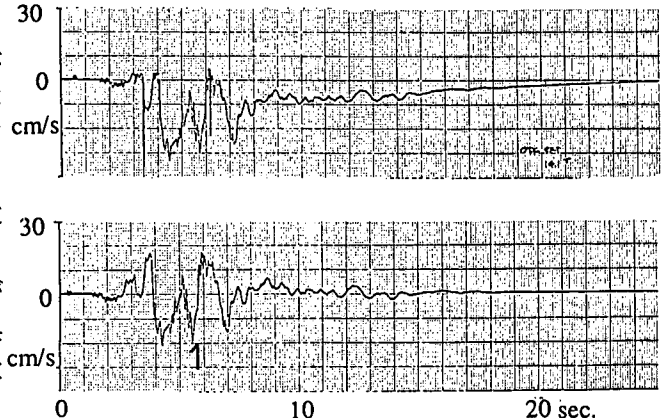


図-9 想定地動速度 (下) と出力波形 (上)

### 3. 神戸市域の強震観測記録から見た兵庫県南部地震の破壊過程

平成7年兵庫県南部地震では、複数の断層破壊を想定したモデルが提案され、遠地地震記録 [Kikuchi(1995)], や震源域の記録 [Pitarka et al. (1995)] を説明する破壊モデルが提案されている。本研究では、神戸市域4地点の観測記録を用いて、本震のマルチショック過程について検討を試みる。

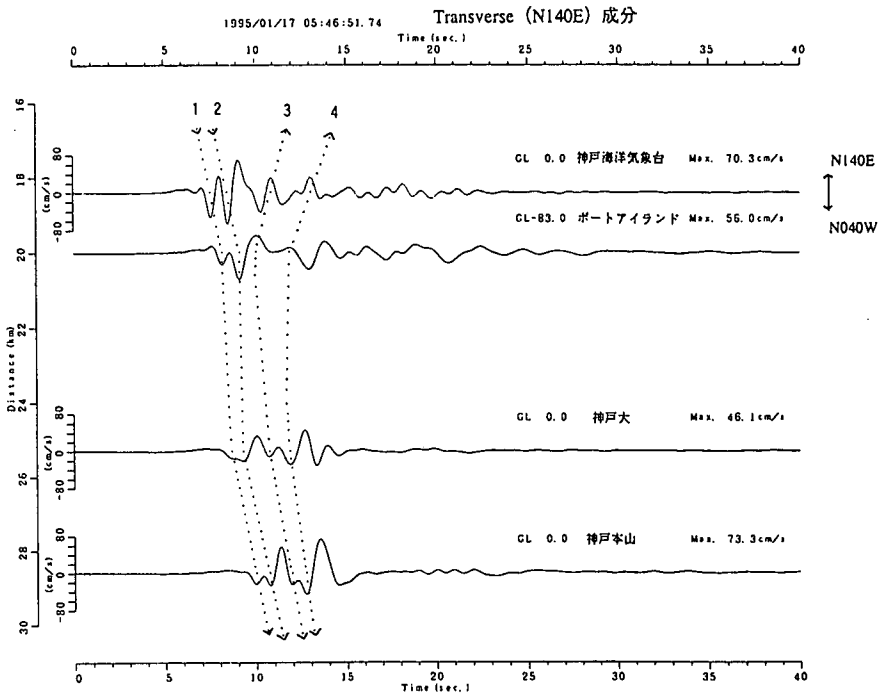


図-10 Transverse方向の速度波形

解析にあたっては、記録に0.15~1.0Hzのバンドパス・フィルターを施し、速度波形とした後にTransverse (N140E), Radial (N050E) 方向への変換をおこなった。

図-10に、Transverse成分の波形を絶対時間、気象庁震源からの震央距離でプロットしたものを示す。4つの破壊を想定しているが、最初のみたつの破壊による波動はこれらの観測点の西から到来し、すべての観測点で共通にN040W方向に振れており、西の観測点ほど振幅が大きく、立ち上がりも明瞭である。3番目と4番目の破壊が東西ふたつずつの観測点間にあったと仮定すると、東西両方向に伝播する波動として観測記録が説明される。いずれの波動も、方向は異なるものの最初のみたつの波動とほぼ同様の速度で伝播している。また、東と西へ伝播する波動で位相が逆転している。



図-11 1番目の破壊による各観測点の震動方向

それぞれの破壊による粒子軌跡を見ると、最初のふたつはほぼ本震のメカニズム通りに振れ、後半のふたつはそれぞれ特徴的な方向に振れている。1番目と4番目の破壊の場合を図-11, 12に示す。図中、N050E方向の点線はRadial方向を示している。4番目の破壊で神戸大と神戸(本山)観測点の振れ方向が

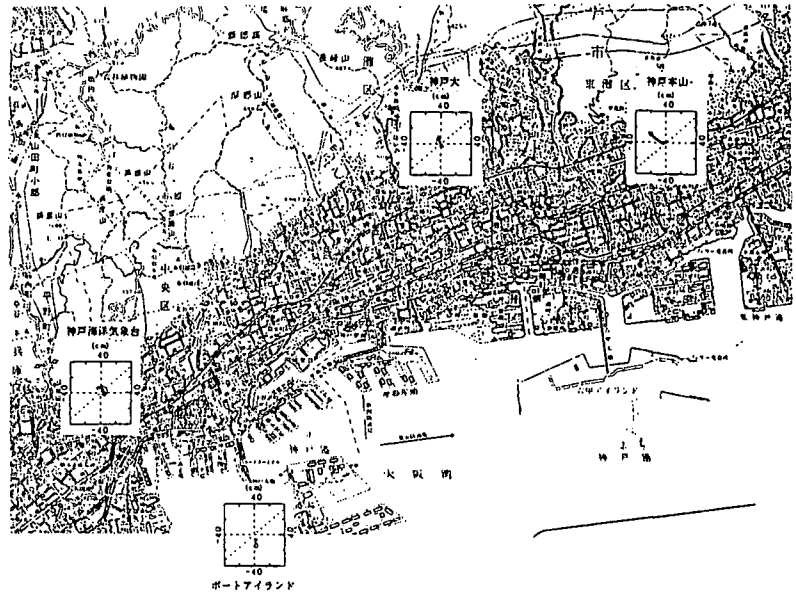


図-12 4番目の破壊による各観測点の震動方向

Transverse方向に対してやや逆方向にずれている。

#### 4. おわりに

平成7年兵庫県南部地震で得られた神戸市域4点の強震観測記録を詳細に検討したところ、以下の点が明らかになった。

- 1) 関震協神戸(本山)観測点では、全成分で記録が振り切れている。しかしながら、速度サーボ型強震計の特性から、その最大値が水平で60cm/s以上であったと推定される。
- 2) 関震協神戸大学観測点の上下動成分には強震計のオフセット電圧に起因する挙動が見られ、その補正が必要とされる。上下動の最大値は20cm/s程度であったと推定される。400cm/s<sup>2</sup>を越える最大加速度値は、薄い不飽和風化層によって生じた可能性が考えられる。
- 3) 神戸海洋気象台、ポートアイランドでは明石海峡寄りの震源付近で生じた前半の破壊による震動が大きく、神戸大、神戸(本山)では、破壊が神戸市域へと進行した後に生じた後半の破壊による震動が大きかったと推定される。

#### 謝辞

本研究では、関西地震観測研究協議会の観測記録、同協議会を通じて公開されている神戸市の観測記録、(財)気象協会より販売されている神戸海洋気象台の観測記録を用いています。本研究の実施にあたって(株)東京測振の横井勇氏にお世話になりました。科学技術庁防災科学研究所の木下繁夫博士、(株)鹿島の佐々木透氏との議論は有意義でした。記して感謝致します。

#### 参考文献

- Kikuchi, M., Yokohama City University Seismology Report, No. 38, 1995.  
 Pitarka, A., K. Irikura and T. Kagawa, J. Natural. Disaster Science, 16, 1995(in press).  
 Toki, K., K. Irikura and T. Kagawa, J. Natural. Disaster Science, 16, 1995(in press).  
 横井勇, サーボ型速度計, センサ技術, 臨時増刊号, 69-72, 1992.