

(61) 兵庫県南部地震における地震動の諸特性

(株)大林組技術研究所 正会員 ○江尻譲嗣
 〃 正会員 後藤洋三
 京都大学工学部 正会員 土岐憲三

1. まえがき

本年1月に発生した兵庫県南部地震では、関西地震観測研究協議会や気象庁等をはじめとする各機関¹⁾²⁾により多数の強震観測記録が得られている。ここでは、各機関が地震後にインターネット・新聞あるいは地震速報等を通じて公表した地震観測記録を収集整理し、それらを基に最大加速度等の地域的分布・距離減衰特性ならびに絶対加速度・相対速度応答ベクトル(5%減衰)等の地震動の諸特性について検討したので報告する。

2. 地震動主軸と最大加速度の地域的分布

Fig.1には、公開されている強震加速度波形の水平方向の2成分を用いて求めたRMS値が最大となる主軸方向の地域的分布を示す。

震源断層近傍では主軸はほぼ断層の走行に直交する方向となる。これは地形効果による影響もあるが淡路島北部を震源とする断層面がほぼ鉛直の右横ずれ断層という今回の地震のメカニズムによく対応している。遠方場においてもほぼ説明がつくが地形・表層地盤の影響をより詳細に検討する必要がある。Fig.2には、水平最大加速度(AH)観測値の強度別の地域的分布を示す。特に震源断層近傍では断層の走行(北東-南西)に沿って加速度が大きく400galを越える記録が観測されている。また走行の延長線上ではかなり遠方まで250galを越える記録が観測されていることがわかる。このことも、今回の地震のメカニズムが走行方向延長にもSH波を卓越させ易いこと、さらに断層の破壊伝播の方向に依存するドブラー効果の影響を考えると大略説明可能である。

3. 最大加速度の距離減衰特性

Fig.3には、水平最大加速度観測値とJoyner&Boore(1981)式³⁾(以下JB式-EQ.1)による推定値の距離減衰の比較を示す。JB式は、岩盤を含む硬質地盤における水平最大加速度を推定する式で、図中の実線はモーメントマグニチュード M_w を6.9とした時のものである。平均値の上下の波線は $\pm 1\sigma$ のばらつきを示している。同図の横軸は断層線からの最短距離

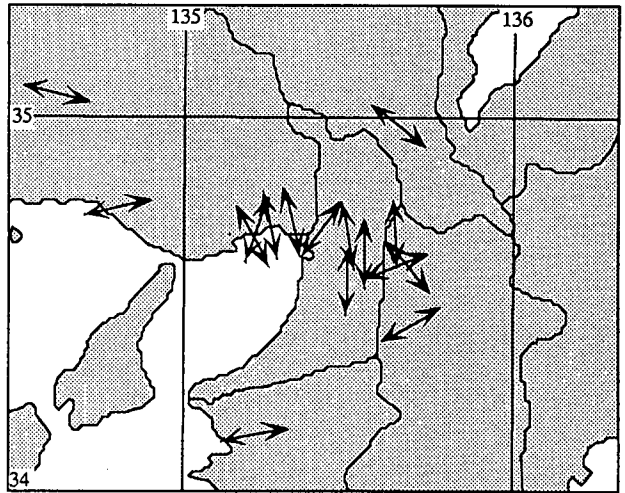


Fig.1 Regional Distribution of the Major Principal Axes

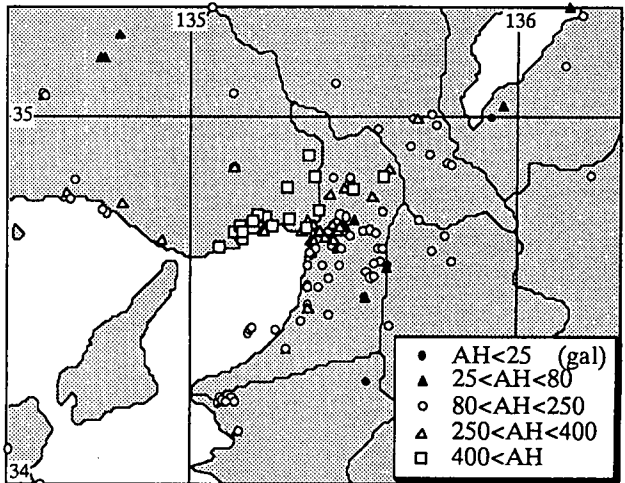


Fig.2 Regional Distribution of Observed AH

$$\log AH = -1.02 + 0.249M_w - \log r - 0.00255r \quad (\text{UNIT} - G) \quad r = (D^2 + 7.3^2)^{1/2} \quad (\text{EQ.1})$$

M_w :モーメントマグニチュード D :断層線からの最短距離 (UNIT - km)

で、震源断層を既往の活断層分布や余震分布ならびにインバージョンにより求められた震源断層 M_w を参考に延長約40kmの一本の直線と仮定して求めた。

断層線の始点ならびに終点の緯度経度は、それぞれ(34.52, 134.90), (34.73, 135.25)とした。

今回の地震では、震源域で800galを越える強震動が観測されているが震源断層近傍の水平最大加速度観測値は、JB式のばらつきの範囲内に納まっており水平最大加速度値が、内陸型活断層で発生した既往地震に比べ特別大きいものではなかったことがわかる。Fig. 4は、水平最大加速度観測値を地盤種別ごとに分けた場合の距離減衰である。地盤の分類は、公表されているデータならびに観測点付近の地質⁵⁾を基に岩盤、硬質地盤(洪積)、普通地盤(沖積)、沖積の軟弱地盤の4つとした。岩盤と硬質は、道路橋示方書⁷⁾の第I種地盤に、以下普通、沖積軟弱はそれぞれ第II、第III地盤に相当する。断層からの距離が20km以上では、普通地盤や軟弱地盤において地震動が増幅している。断層から近距離の普通地盤や軟弱地盤では、水平最大加速度観測値がJB式とほぼ同レベルかやや下回るものが見られる。これは断層近傍の強震動により地盤が液状化や強非線形化した影響によるものと思われる。Fig. 5には、鉛直最大加速度(AV)と水平最大加速度の比の距離減衰を示す。

鉛直/水平最大加速度比は、観測点が埋立地、ビルの地下階にあるもの、地震時に周辺で液状化が確認されている観測点、その他の4つに分類し

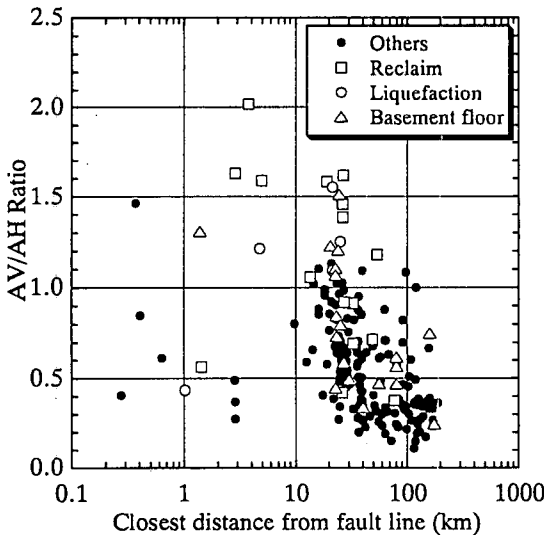


Fig.5 AV/AH Ratio Attenuation for each sites

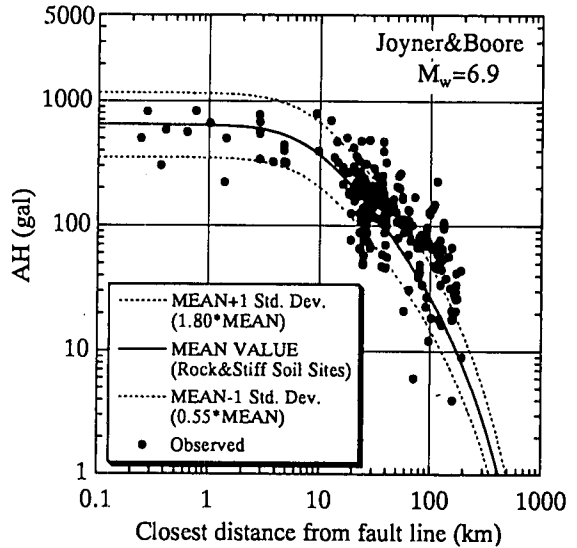


Fig.3 Attenuation of Horizontal Peak Acceleration(AH)

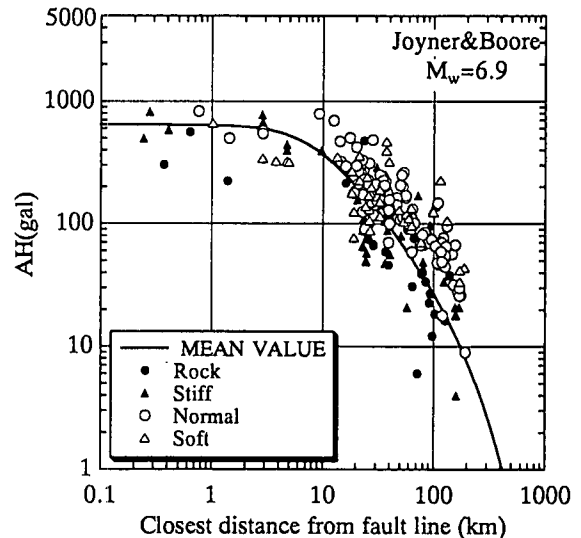


Fig.4 Attenuation of AH for Each Ground Conditions

た。この図から鉛直/水平最大加速度比が1以上となる観測点は、ほぼ埋立地やビルの地下階ならびに液状化地点に対応することがわかる。埋立地や液状化地点では上述した理由により水平最大加速度が増幅しなかったためと思われる。このような現象は、今回の地震で観測された神戸市所管のポートアイランド 鉛直アレーの観測記録⁸⁾にも見られる。ビルの地下階では入力損失によるものと思われる。

尚、ここでは分類しなかったが震源断層近傍において鉛直/水平最大加速度比が1以上となっているものは岩盤観測点(神戸大)の記録で、かつ現在鉛直動の観測精度が検討されつつある記録である。

4. 観測波応答スペクトルと設計震度スペクトルの比較

今回の地震では、臨海部埋立地等の軟弱地盤における構造物の被害が液状化等の地盤変状に帰因するものを除けば比較的軽微であった。しかし、埋立地や港湾よりやや六甲山よりの相対的に地盤の良い三宮周辺等では、構造物が甚大な被害を被っている。そこで、神戸市周辺で今回の地震で観測された強震動の5%減衰絶対加速度応答スペクトルを道路橋示方書⁷⁾の水平保有耐力照査用設計震度スペクトルと比較してみたのがFig. 6である。

第I種地盤のJMA神戸は洪積地盤、神戸大は風化花崗岩、関電新神戸は表層に薄い盛土はあるがその下は風化花崗岩となっている。観測スペクトルは他の地盤種別のもものと比較して0.25-1.0秒の短周期成分が卓越しておりほぼこの周期範囲で設計震度スペクトルを超過している。JMA神戸は小山の頂上にあることから地震動が増幅され設計震度スペクトルを超過したものと思われる。三宮周辺の地盤に対応する第II種地盤上の大ガス葺合での観測スペクトルは1秒前後に卓越周期がありその部分で設計震度スペクトルを上回っている。関電総研はそれに比べて卓越周期が0.65秒前後と短周期側にある。これは、両地点の表層地盤特性の相異によるとも考えられるが、後者がほぼ断層の走行の延長に位置し、かつ、断層破壊伝播が進む方向にも一致しているのでドブラー効果の影響をより強く受けたためとも考えられる。第III種地盤では、いずれの観測記録も設計震度スペクトルに等しいかやや下回っている。

以上から地域ごとの被害の様相の相異が地震観

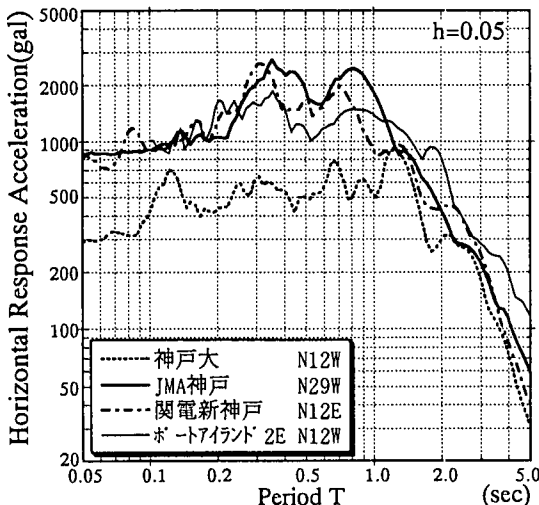


Fig.7 Comparison of Observed Acceleration Spectra

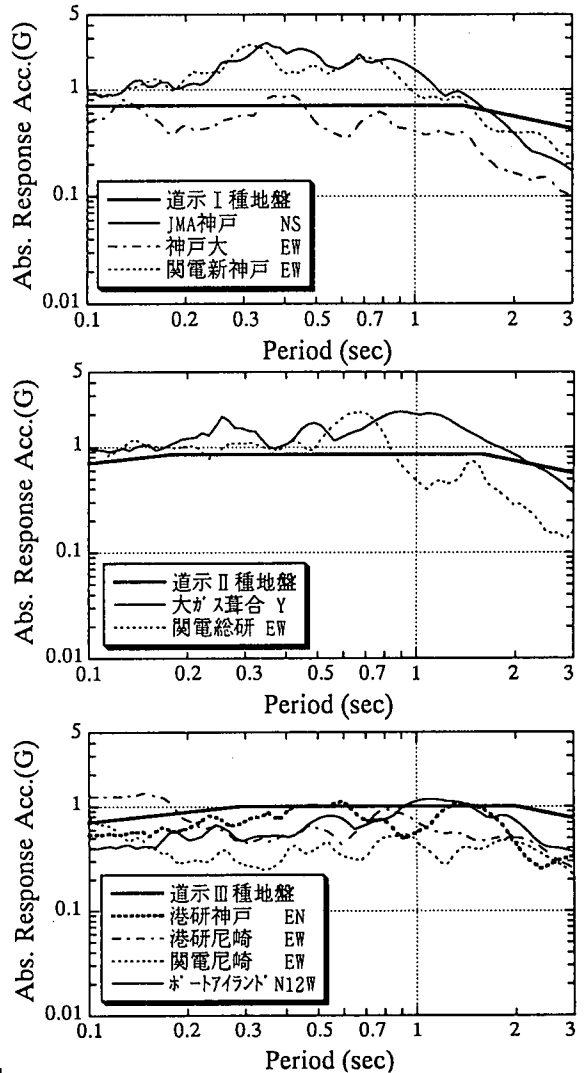


Fig.6 Observed Spectra versus Design Spectra

測記録から概略説明できることがわかった。今後、観測点近傍の被害構造物の振動特性等と観測スペクトルの比較検討を多数実施し、さらに厳密な被害の要因の分析を行うことが必要かつ重要である。

5. 工学的基盤における観測波応答スペクトルの相互比較と既往強震記録との比較

Fig. 7, 8には、それぞれ工学的基盤に相当すると考えられる第I種地盤上での観測波の水平2成分から求めた主軸方向合成波の絶対加速度応答スペクトルと相対速度応答スペクトルを示す。両図中のポートアイランドスペクトル⁸⁾は、前述したポートアイランド鉛直Aレー観測記録を用いて一次元重複反射理論により求めたGL-83mの洪積層上面での主軸方向入射波の振幅を2倍した波のスペクトルである。主軸方向は各観測点とも

ほぼ南北に近い。神戸大を除く3地点のスペクトルは、加速度で0.3-1.0秒、速度で0.5-2.0秒程度が卓越している。それぞれの観測波は震源特性・表層地盤特性・地形等の影響を複雑に受けていると考えられるが、大略のスペクトルの形状・レベル等は比較的よく似ており、今後さらに多くの記録を解析することにより今回の地震の工学的基盤におけるスペクトルの平均像を見いだせる可能性がある。Fig. 9 (a), (b)にはそれぞれJMA神戸と既往の強震記録との水平ならびに鉛直成分の速度応答スペクトルの比較を示す。JMA神戸では速度応答が水平で200kine、鉛直で100kineを超過しているが既往の強震記録にもスペクトルレベルだけに注目するとさらにこれを上回る記録がみられる。しかしJMA神戸のスペクトルレベルは、水平で0.7-2.0秒、鉛直で0.6-3.0秒の周期範囲で既往の強震記録のそれをはるかに上回っており構造物

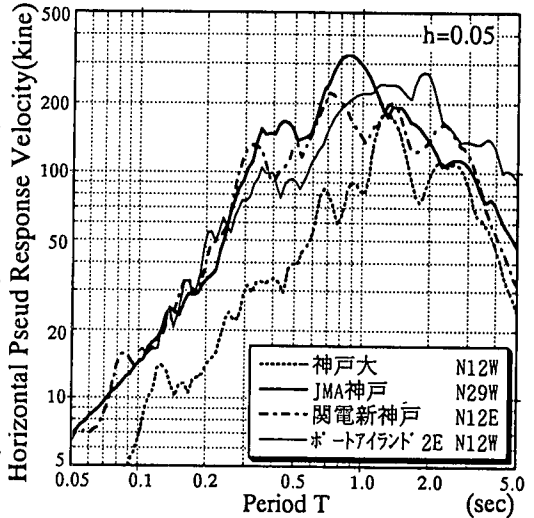


Fig.8 Comparison of Observed Velocity Spectra

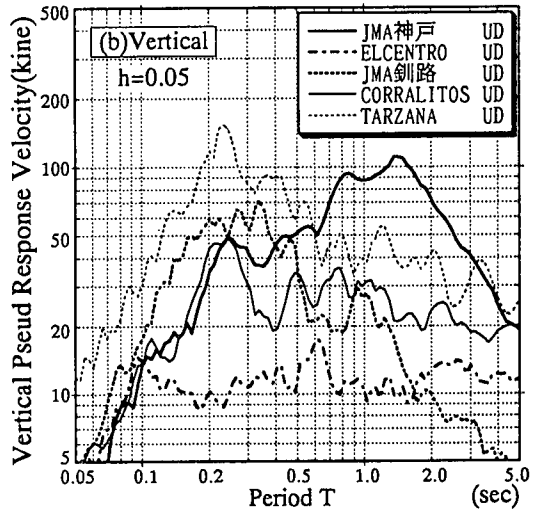
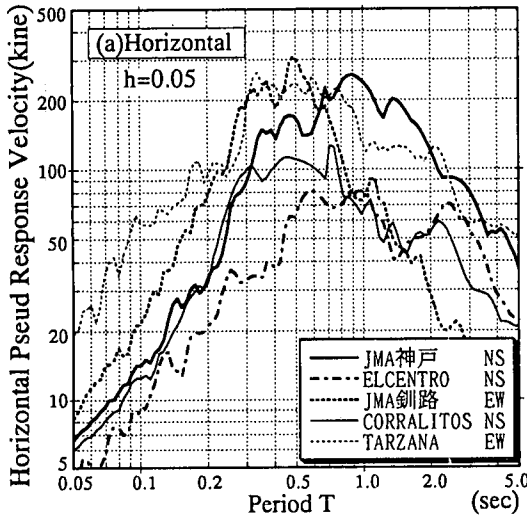


Fig.9 Comparison of Pseud Velocity Response Spectra with Past Typical Record's

の一般的な固有周期の範囲を考えると今回の地震動が構造物にとって破壊的なものであったことが分かる。

6. おわりに

この報告では、兵庫県南部地震における主たる地震動の特性について概観した。最近になり各観測機関が順次、強震観測記録の公開をはじめており、新たな記録と合わせさらに検討を進めていく予定である。

<参考文献>

- 1) 関西地震観測研究協議会:第5回総会資料, 1995. 5. 8
- 2) 強震観測事業推進連絡会議:強震速報No. 46, 科学技術庁防災科学技術研究所, 1995. 2 他各観測機関資料
- 3) Joyner and Boore:Peak Horizontal Acceleration and Velocity from Strong Motion Records from the 1979 Imperial Valley -California- Earthquake, BSSA, Vol. 71, No. 6, PP. 2011~2038, 1981
- 4) (社)日本地質学会他:阪神大震災 緊急報告会資料集, PP. 117~122, 1995. 3
- 5) (社)土木学会:阪神大震災震害調査 緊急報告会資料, 1995
- 6) (社)土質工学会:関西地盤, 関西の大深度地盤の地質構造とその特性の研究會, 1992
- 7) (社)日本道路協会:道路橋示方書・同解説, V耐震設計編, 1990. 2
- 8) 江尻・後藤:ポートアイランド 鉛直7階地震観測記録を用いた基盤入射波分離の試み, 第50回土木学会年講投稿中