

阪神・淡路大地震で観測された地震動の特徴

Characteristic of Strong Ground Motion Observed in the Great Hanshin Earthquake

童 華 南*・山 崎 文 雄*

Huanan TONG and Fumio YAMAZAKI

1. はじめに

1995年1月17日に発生した阪神・淡路大地震（兵庫県南部地震）は、都市の直下型地震であるため、マグニチュードが7.2（北海道東方沖地震 M 8.1, 釧路沖地震 M 7.8）であるにもかかわらず、関東大震災以後の日本で最大の被害地震となった。この地震は、これまで経験した地震と比べ被害があまりにも大きく、各種構造物の耐震設計法の見直しにもつながる模様である。本稿では、気象庁により観測された7地点での強震記録を用いて、直下型地震動の特徴、特に予想以上の破壊力に関連する特徴について考察する。

2. 地震動の概要

気象庁によると、地震の諸元は、マグニチュード7.2、震源深さ20 km、震央位置は北緯34.6°、東経135.0°であ

る。金森らによれば¹⁾、モーメントマグニチュードは6.9であって、1989年のロムブリエタ地震と同程度の規模の地震になる。図1は気象庁の87型強震計による7地点の最大加速度とその観測点位置を示すものである。表1にはその7地点の加速度、速度および変位の最大値を示す。87型強震計は加速度計としてDC~10 Hzまでフラットな特性を有しており、波形処理に当っては、AD変換のノイズの除去と積分の安定のため、0.07 Hzから23 Hzまでフラットな台形フィルターを通すだけで、補正を加えていない。速度および変位波形は、このフィルターを通した加速度波形を周波数領域で積分して得たものである。なお、フィルターおよび積分処理は、ここで一律に150秒の時間帯域について行っている。表1の最大値を見るだけでは、神戸海洋気象台の記録は、最大加速度については釧路沖地震の釧路気象台における0.92 g、北海道南西沖地震の最大余震の乙部町における1.6 g²⁾より小さく、最大速度は米国のノース

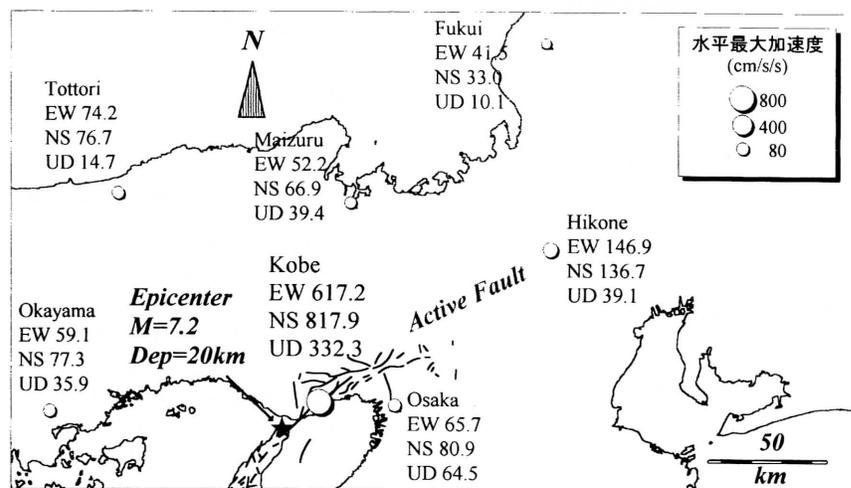


図1 気象庁87型強震計による7地点の最大加速度と観測点の分布

*東京大学生産技術研究所 第5部

表1 阪神・淡路大震災の気象庁7地点の強震記録の最大値一覧

| JMA Station | Hypocentral Distance (km) | Acceleration (cm/s/s) | | | Velocity (cm/s) | | | Displacement (cm) | | |
|----------------|---------------------------------|--------------------------|-------|-------|--------------------|------|------|----------------------|------|------|
| | | EW | NS | UD | EW | NS | UD | EW | NS | UD |
| Kobe | 27 | 617.2 | 817.9 | 332.3 | 75.2 | 90.6 | 40.1 | 18.1 | 19.7 | 12.1 |
| Osaka | 52 | 65.7 | 80.9 | 64.5 | 14.6 | 18.8 | 7.0 | 8.8 | 8.1 | 2.1 |
| Maizuru | 100 | 52.2 | 66.9 | 39.4 | 4.7 | 5.1 | 2.4 | 2.1 | 1.2 | 1.7 |
| Okayama | 102 | 59.1 | 77.3 | 35.9 | 3.6 | 5.2 | 2.4 | 1.6 | 1.7 | 1.7 |
| Tottori | 122 | 74.2 | 76.7 | 14.7 | 10.3 | 10.9 | 1.1 | 3.9 | 3.6 | 0.7 |
| Hikone | 137 | 146.9 | 136.7 | 39.1 | 14.7 | 14.9 | 3.2 | 2.1 | 2.8 | 1.0 |
| Fukui | 197 | 41.5 | 33.0 | 10.1 | 5.2 | 4.1 | 1.5 | 1.8 | 1.7 | 0.6 |

リッジの Sylmar での記録に及ばないものの、これまでの日本の記録では最大といえよう。図2は7つの記録のなかの6つ(舞鶴と岡山が震源距離ほぼ同じ、図には岡山の記録を省略した)の記録を用いて描いた加速度波形の伝播様子である。横軸の時間に対して震源距離を縦軸にしたので、P波とS波の伝播速度はそれぞれのスタート点から読み取ることができる。震源に近い記録があるので、震央距離より震源距離を取った方では各スタート点が一直線上に乗る。図の走時によるP波とS波の平均速度は、それぞれ5.65 km/sと3.51 km/sである。

3. 地震波形の比較

観測点間の波形の変化を見るには、形の比較的単純な変位波形の方が見やすい。図3は変位波形の伝播を示すものである。神戸の変位波形の主要部の形は、120キロ離れている鳥取まで見られるが、それより遠い彦根と福井の記録では、主要動の形の識別が難しくなる。神戸と他の観測点の最初の変位を比べると、神戸の主要動の上に乗っている周期0.9秒付近の成分が、大阪ではすでになくなった。神戸海洋気象台の変位が非常に変化が速いのに対して、大阪ではこれがゆっくりとなり、舞鶴と鳥取では周期が倍ぐらい伸びている。震源から離れることによって、振幅の減衰だけでなく、周期領域でも変化が起こる。図4は神戸海洋気象台の変位の軌跡であり、○を付けた点が3次元の合成最大値の点に対応しており、点線でつないでいる鉛直断面の点と水平面の点と同じ時刻のものである。この変位軌跡は断層方向(図1参照)とほぼ直交方向に大きく揺れ、最大変位量は28 cm(3次元合成、上へ12 cm)にも達した。

4. 応答スペクトル

減衰定数5%の絶対加速度、相対速度と相対変位の応答スペクトルを図5に示す。応答の震源距離による影響を分かりやすくするため、記録中で一番近い神戸と一番遠い福

井は太い実線で示し、観測点名は距離の順で左から右で並べた。神戸の応答スペクトルを見ると、加速度応答では、周期0.15秒~1.3秒では非常に大きい応答を示しており、特に0.4秒前後ではNS成分では3g以上、上下成分では1gの加速度応答が生じる。固有周期が0.4秒前後のものであれば、空前の破壊力を受けたに違いない。速度応答スペクトルを見れば、0.2秒以上の周期では、すべて50 cm/sを越えており、0.35~2秒の間に100 cm/sをも越えている。このような相対速度をもって運動する構造物は、重いものほど大きな運動エネルギーを持つことになり、このエネルギーが歪みエネルギーなどに転換していくので、巨大な破壊力となる。相対変位応答は、0.3秒より長い周期において、すべて10 cmを越えており、古い木造家屋なら、耐えられないことが理解できる。各観測点の応答曲線を比べれば、神戸と福井の間に距離減衰の傾向が大体読みとれる。ただし、直下型の地震動である神戸の応答スペクトルは、加速度、速度、変位どれについてもずば抜けて大きい。神戸と他の観測点との間には、周期の幅および応答の大きさともに大きな格差がある。

5. ま と め

本稿では、気象庁の阪神・淡路大地震の7つの地震動を取り上げ、直下型地震動の典型と言える神戸海洋気象台の記録を中心として、震源に近い地震動の特徴を考察した。各観測点の記録の比較から、至近距離の大地震記録と、少し離れたところの記録の間には、大きな違いがあることを明らかにした。このような至近距離下の地震動記録は非常に貴重なもので、今後の地震工学研究において、大きな役割を果たすと思われる。(1995年3月3日受理)

参 考 文 献

- 1) 中村 豊, JR地震情報, No. 23c, 1995年兵庫県南部地震動記録波形と分析, 勸鉄道総合技術研究所ユレダス推進部, 1995.

研 究 速 報

2) 工藤一嘉他, 1993年北海道南西沖地震系列の強震観測—
8月8日, M6.5の地震による1.6gの強震記録, 地震工

学振興会ニュース, No. 133, 1993.

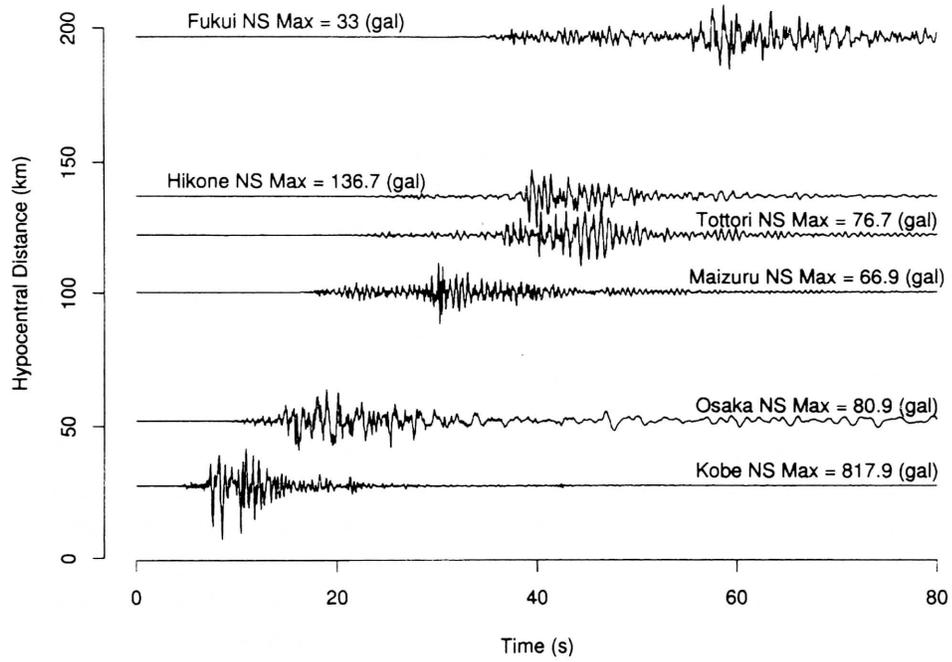


図2 加速度波形の伝播

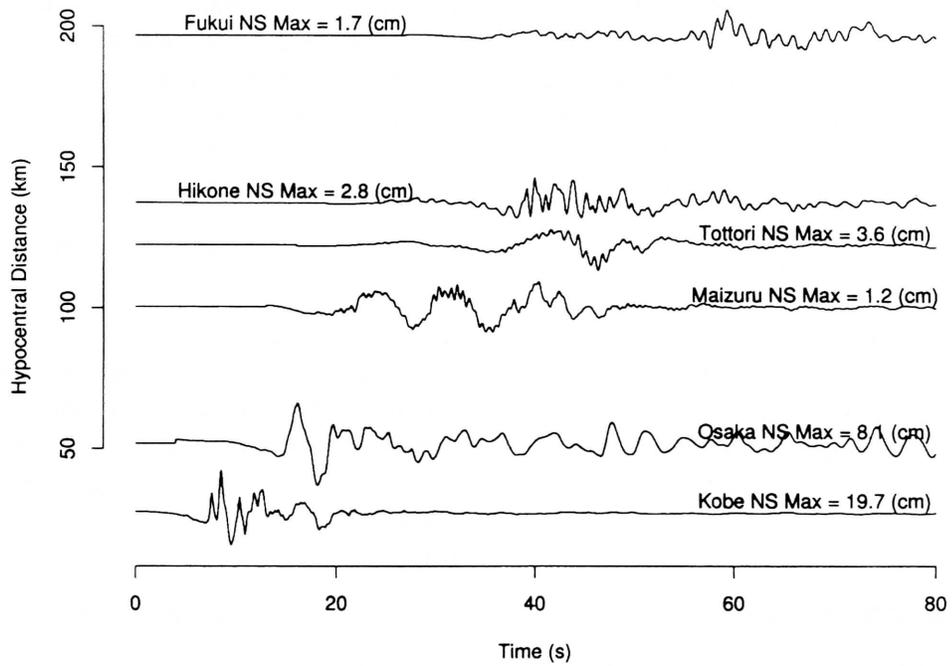


図3 変位波形の伝播

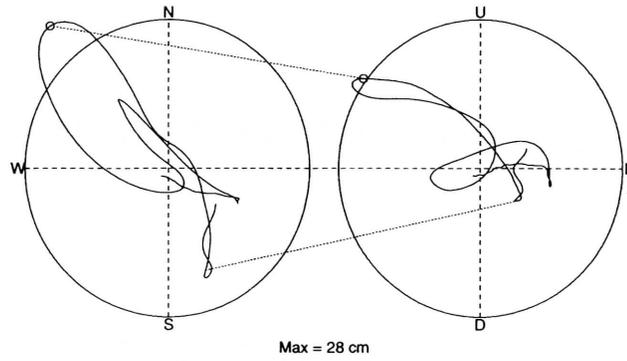


図4 神戸海洋気象台記録の変位軌跡 (円の半径は20 cm)

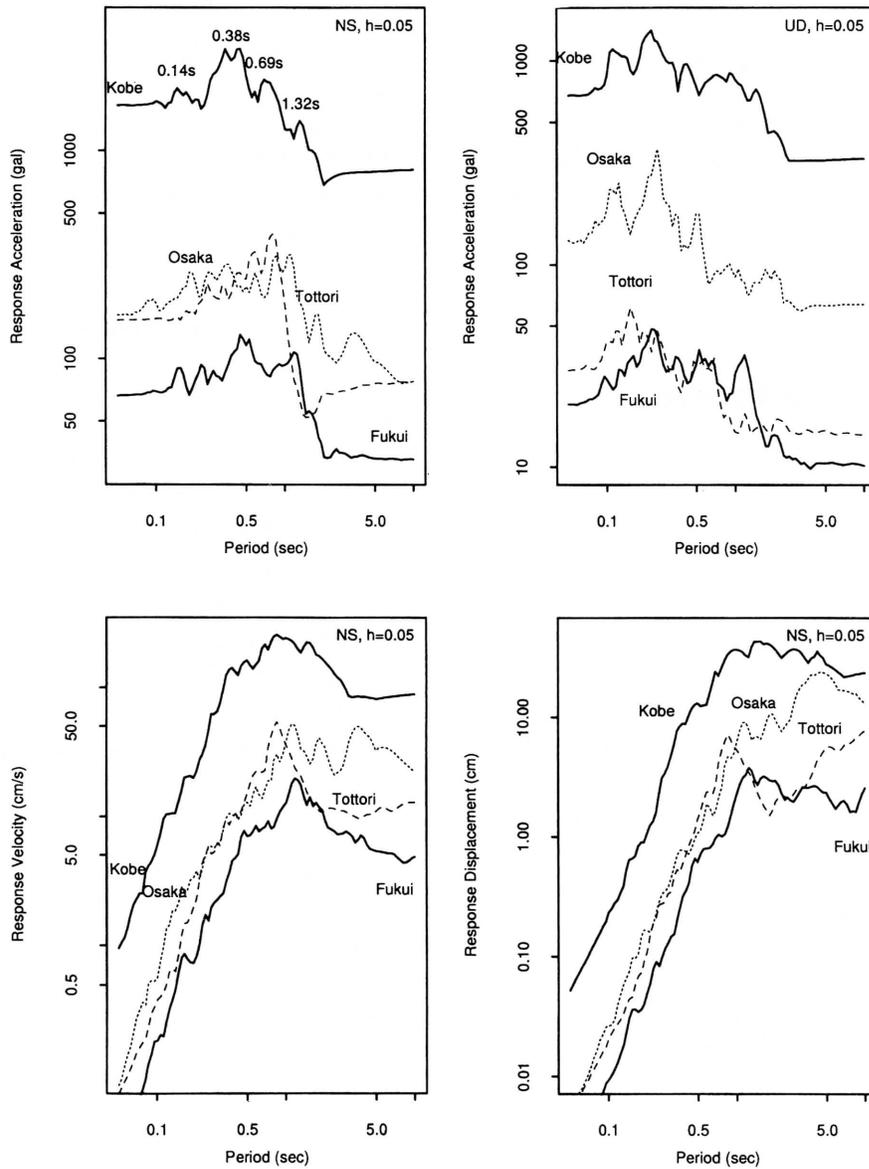


図5 加速度, 速度と変位の応答スペクトル