

I - B326 兵庫県南部地震による地震動のダメージスペクトル

鹿島建設(株) 正員 砂坂善雄

1. まえがき

兵庫県南部地震は、神戸の直下 20km で発生した直下型地震であり、都市機能が高度に集中した近代都市圏を襲った初めての大地震となった。特に、震度Ⅶが観測された震災の帯では、構造物の被害が大きかった。本報告では、兵庫県南部地震時の震災の帯の中及びその周辺での観測地震動と解析地震動のダメージスペクトルについて検討する。

2. ダメージスペクトルの定義

地震動の破壊力を表現するため、ダメージスペクトルを導入する。ダメージスペクトルは、固有周期 0.05~5.0 秒の周期帯における 1 自由度系の構造物のダメージインデックス(損傷度)として定義する。地震による構造物の被害の程度(ダメージ)を表すためには、最大応答変位を降伏変位で割った塑性率や復元力のなす仕事量などが損傷の指標として用いられることが多い。ここでは、塑性率と復元力のなす仕事量の両者を含む指標である Ang ら¹⁾の損傷度を用いることとする。損傷度(ダメージインデックス) D は次式で定義される。

$$D = \frac{\delta_m}{\delta_u} + \frac{\beta}{Q_y \cdot \delta_u} \int dE \quad (1)$$

ここに、 δ_m は地震時の最大応答変位、 δ_u は静的載荷時の極限変位、 Q_y は降伏強度、 E は復元力のなす仕事量(履歴吸収エネルギー)である。D ≥ 1.0 のとき完全損傷すなわち崩壊とし、建設省総プロ実験結果その他の R C 柱の実験資料に基づいて、 $\beta = 0.05$ としている。

3. 解析モデル

弾塑性復元力モデルとしては、図-1 に示すようなバイリニアモデルを用いる。バイリニアモデル及びダメージインデックスのパラメータは表-1 のように設定した。

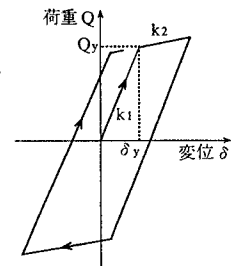


図-1 バイリニアモデル

4. 兵庫県南部地震のダメージスペクトル

兵庫県南部地震時に震災の帯の中及び周辺の観測地点、神戸海洋気象台(JMA)、神戸大学(KBU)、NTT、葦合(FKI)(図-2 参照)での観測波を図-3 に示す。これらの観測波のダメージスペクトルを図-4 に示す。これより、震災の帯の中にある FKI の地震動のダメージスペクトルは固有周期 1.2 秒以下で 1.0 以上となっており、4 つの地震動の中で最も大きい。次に震災の帯近傍の JMA の地震動が大きく、震災の帯よりやや離れている KBU、NTT の地震動のダメージスペクトルは小さく、すべての固有周期で 1 以下となっている。

源栄、永野³⁾は、六甲山系から神戸大学を通り埋立地に至る地盤の深部地層構造及び表層構造を考慮した地盤応答解析を実施し、図-5 に示す P1~P8 地点における地震動波形を求めている。図-6 に、P1~P8 地点での解析地震動を示す。これらの解析地震動のダメージスペクトルを図-7 に示す。これより、震災の帯の中及びその近傍 P4~P7 のダメージスペクトルが大きく、その中でも構造物の被害が特に大きかった JR と阪神電鉄の間にある P4 のダメージスペクトルが最も大きいことがわかる。

謝辞：本研究で利用した 1995 年兵庫県南部地震の観測記録のうち、KBU は関西地震観測研究協議会、JMA は神戸海洋気象台、FKI は大阪ガス、NTT は日本電信電話より提供され、関西地震観測研究協議会と日本建築学会を通じて公開されたものであります。これらの強震動観測や公開に携わった関係者各位の努力に敬意を表します。＜参考文献＞ 1) Park Y. J., Ang A. H.-S., Wen Y. K.: Seismic Damage, Analysis of Reinforced Concrete Buildings, ASCE, Journal of Structural Engineering, Vol. 111, No. 4, pp. 722~739, 1985. 4. 2) Park Y. J., Ang A. H.-S.: Mechanistic Seismic Damage Model for Reinforced Concrete, ASCE, Journal of Structural Engineering, Vol. 111, No. 4, pp. 740~754, 1985. 4. 3) 源栄正人、永野正行：深部不整形地下構造を考慮した神戸市の地震動の増幅特性解析-兵庫県南部地震における「震災の帯」の解釈-日本建築学会構造系論文集第 488 号、pp. 39~48, 1996. 10.

地震波、弾塑性解析、ダメージインデックス、応答スペクトル、ダメージスペクトル

〒107 東京都港区赤坂 6-5-30 TEL 03-5561-2194 FAX 03-5561-2152

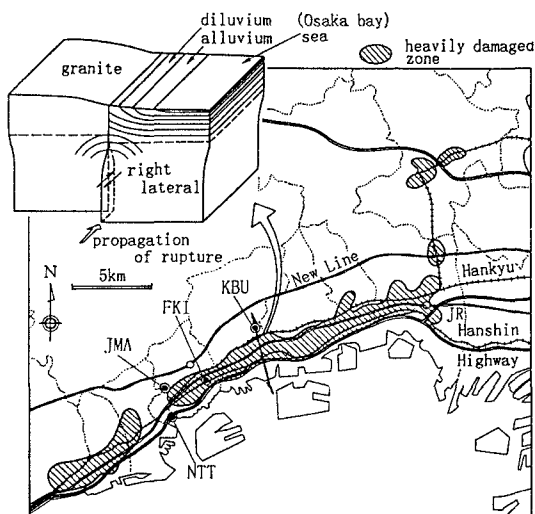


図-2 震災の帯と観測地点³⁾

表-1 解析パラメータ

1 自由度系モデル	減衰定数 h	5%
	2 次剛性 k_2	$0.05 k_1$
	降伏強度 Q_y	$0.4 W$
ダメージインデックス	パラメータ β	0.05
	極限変位 δ_u	$4 \delta_y$

ここに、 W : 1 自由度系の重量

δ_y : 降伏変位 (Q_y/k_1)

k_1 : 1 次剛性

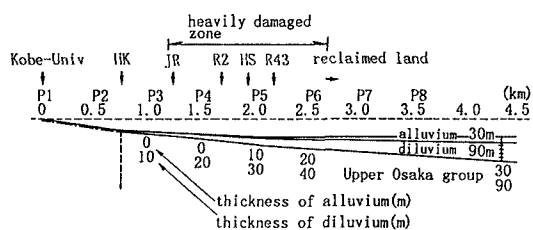


図-5 解析地震動の出力位置

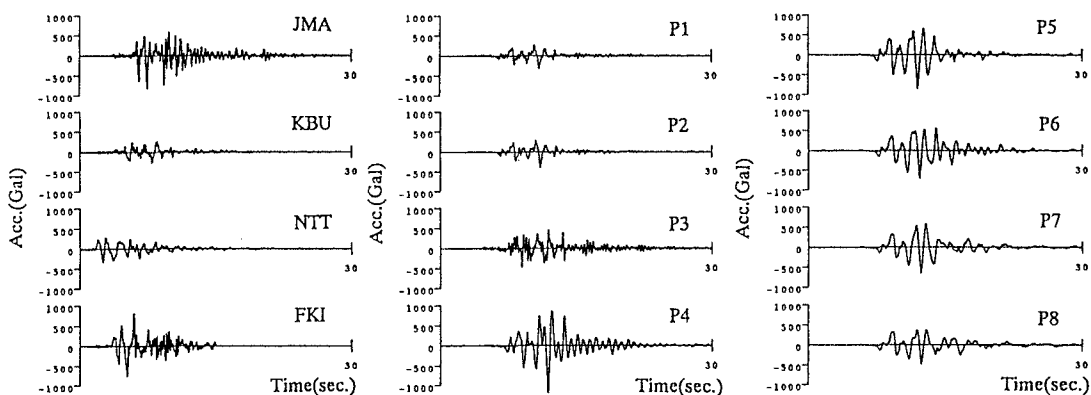


図-3 観測地震動

図-6 解析地震動

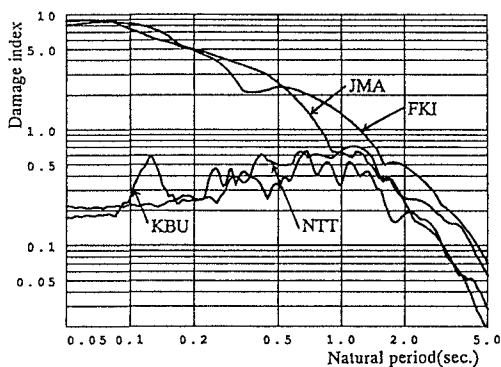


図-4 観測地震動のダメージスペクトル

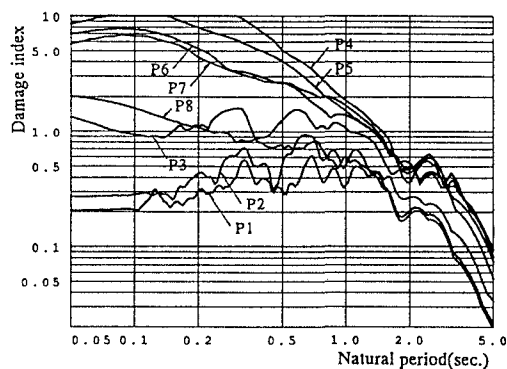


図-7 解析地震動のダメージスペクトル