

I-B 234 神戸海洋気象台波のダメージスペクトルについて

鹿島建設(株) 正員 砂坂善雄

1. まえがき

1995年1月17日午前5時46分、明石海峡付近を震源とするマグニチュード7.2の地震が発生し、近畿地方を中心に広い範囲で強い揺れを記録した。特に、神戸市及び淡路島の一部では震度7の激しい揺れであった。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。建物の破損だけでなく、新幹線や高速道路の倒壊、埋め立て地盤の液状化、港湾施設の機能喪失、ライフラインの断絶等都市インフラストラクチャーの中枢をなす土木関連施設に致命的な被害をもたらした。

兵庫県南部地震時に神戸海洋気象台で観測された地震動の最大加速度は818galと非常に大きく、またそのエネルギーも非常に大きいことが指摘されている。本報告では、神戸海洋気象台波の特徴を把握する一つの方法として、構造物のダメージスペクトルの適用性について検討する。

2. 解析対象地震動

ここでは、神戸海洋気象台波の他に、代表的な強震記録として、1993年釧路沖地震の釧路気象台での観測記録（NS）、1940年インペリアル・バレー地震のエルセントロ波（NS）及び1968年十勝沖地震の八戸波（NS）について解析し、比較検討する。これらの地震動の加速度波形を図-1に、線形加速度応答スペクトルを図-2に示す。

3. ダメージスペクトルの算定法

ダメージスペクトルは、1自由度系の弾塑性応答解析を行ない、初期弾性時の固有周期ごとにダメージを算出することによって求める。

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破損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), 2)}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。 $D \geq 1.0$ 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RC柱の実験資料に基づいて、 $\beta = 0.05$ としている。

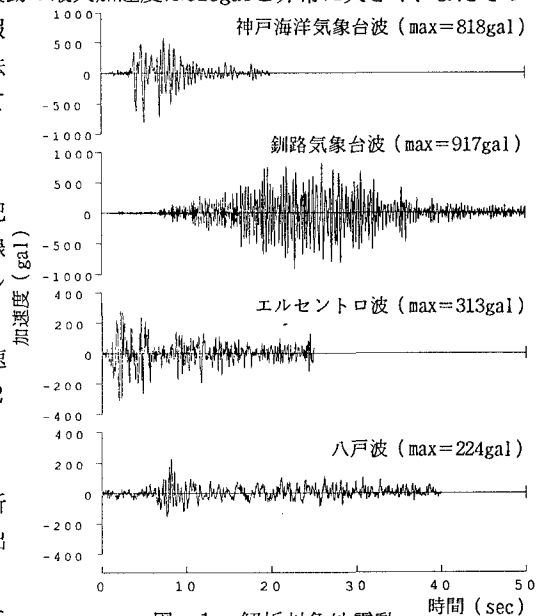


図-1 解析対象地震動

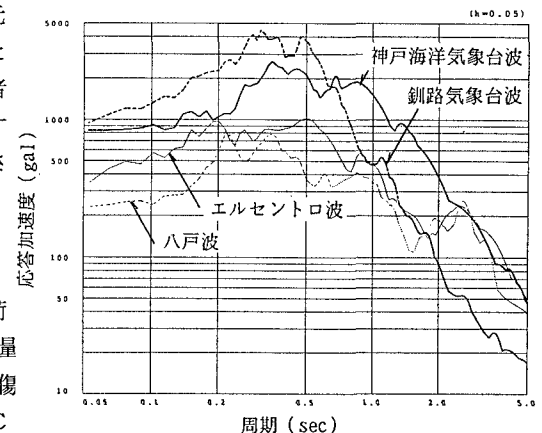


図-2 線形加速度応答スペクトル

4. 解析モデル

弾塑性復元力モデルとしては、図-3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。

5. ダメージスペクトルの解析結果

神戸海洋気象台波、釧路気象台波、エルセントロ波、八戸波のダメージスペクトルを図-4に示す。エルセントロ波及び八戸波のダメージスペクトルは、全ての周期にわたって1以下である。釧路気象台波のダメージスペクトルは、周期0.65秒以下において1以上であるが、1秒以上では急激に小さくなっている。神戸海洋気象台波のダメージスペクトルは、0.83秒以下で1以上であり、0.83秒から2秒の周期帯においても比較的大きな値となっており、他のスペクトルと比べて大きくなっている。また、エルセントロ波、八戸波のダメージスペクトルの形状は、図-2の線形加速度応答スペクトルの形状とほぼ相似であると言える。一方、神戸海洋気象台波と釧路気象台波のスペクトル形状は、線形加速度応答スペクトルの形状とはかなり異なっている。

6. まとめ

神戸海洋気象台波、釧路気象台波、エルセントロ波、八戸波のダメージスペクトルを算出し、比較・検討した。ダメージスペクトルは、1自由度系の弾塑性応答解析を行ない、初期弾性時の固有周期ごとに、Angらのダメージインデックスを算出することによって求めた。解析結果より、神戸海洋気象台波のダメージスペクトルは、他のスペクトルに比べて全体的に大きいことが明らかになった。特に、周期0.83秒以下ではダメージインデックスは1以上になり、0.83秒から2秒の周期帯においても比較的大きな値となっており、兵庫県南部地震でこのような周期帯の構造物に大きな被害があったことと対応している。ただし、降伏強度の設定法、弾塑性復元力モデルの影響等についてさらに検討が必要である。

<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, pp722~739, 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.

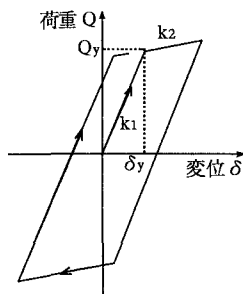


図-3 バイリニアモデル

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	$0.4W$
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

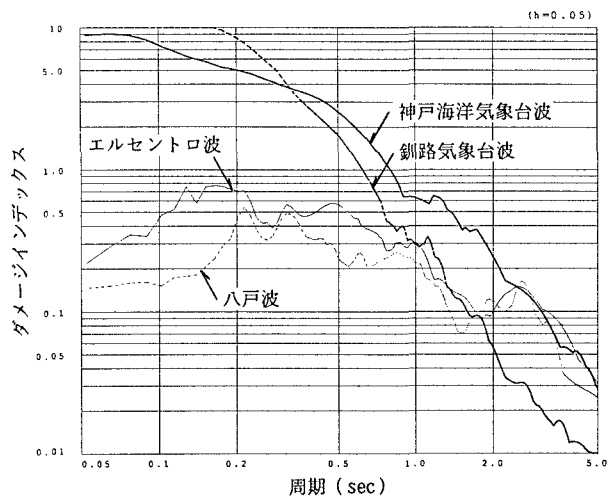


図-4 ダメージスペクトル