

I - 32

エネルギースペクトルによる地震波特性に関する一考察

開発土木研究所

島田 武

"

佐藤 昌志

"

小林 将

1、はじめに

近年、日本各地で被害を伴う中規模から大規模の地震が発生している。北海道においては1993年1月に釧路沖地震、同年7月に南西沖地震地震、翌年10月には東方沖地震、そして、兵庫県では、1995年に兵庫県南部地震が発生し多大な被害をもたらした。

地震時における道路構造物の損傷を推定することは、耐震設計や地震防災の対応策を計画する上で非常に重要なことと考えられる。地震の被害予測は、既往地震動を適切に評価して、加速度、速度、等の地震動特性や地形、地質などの地盤特性等の地震被害発生要因と考えられる様々な影響を定量的に調査し、損傷要因の複雑な組み合わせを解明することが必要であると考えられる。しかし、現時点においては、これら様々な要因と被害との関連性、相関性については明確化されておらず、今後の被害対策を行う上でも解明が急がれているところである。

本報告は、構造物が一定以上のエネルギーを受けると破壊に至ると考え、構造物の破壊と入力エネルギーの関係に着目し、被害を伴う地震動の周波数領域による入力エネルギーの特性について検討した。

2、解析手法

入力エネルギーの評価法として、観測された加速度波形を使い理論的なエネルギー波形を作成し、スペクトル解析を行う。その結果を周波数領域の入力エネルギー強度として評価した。エネルギー波形については以下の2種類を作成した。

1) 置換位置エネルギーによる入力エネルギー波形

地震動がある一点を原点とする振動運動と仮定すると、水平加速度に原点からの変位を乗することにより、仮定的に位置エネルギーとして扱うことができると考えられる。このことから、加速度波形に移動時間による2重積分を行い計算した変位波形を乗して求めた波形をエネルギー波形とした。

この際、そのまま二つの波形を乗すると、同位相の掛け合わせになる。しかし、エネルギーを求める場合、変位量については絶対値をとることが妥当であることから、変位波形については絶対値をとることとした。位置エネルギーの考え方についてのモデル図を図-1に示す。

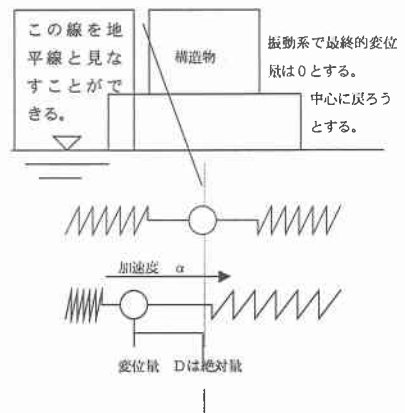


図-1 地震動位置エネルギーの考え方

A Study for Seismic wave Characteristic by Energy spectrum

By Yoshiaki NINOMIYA, Masashi SATOU, Takeshi SHIMADA, Masaru KOBAYASHI

2) 地表面の運動エネルギーによる入力エネルギー波形

構造物に対し、地表面の揺れから地震動のエネルギーが入力されると仮定するならば、入力エネルギーは、運動エネルギー式 $E = 1/2 * M * V^2$ により表せる。このとき、質量 M は各構造物のものであると考えられることから、入力エネルギー波は、 $1/2 * M * V^2$ となる。しかし、これは、同一波形の2乗であるため、振動特性が失われる。微少時間でみた場合、運動の方向性は変わらないことから、値のみを2乗するのが妥当であると考えられる。以上のことから運動エネルギーによる入力エネルギー波形は、 $E(t) = 0.5 * V(t) * |V(t)|$ で表すことができる。運動エネルギーの考え方について図-2に示す。

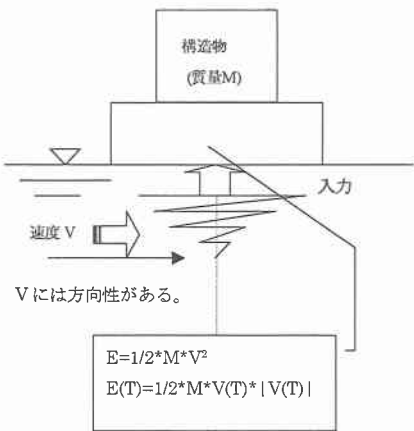


図-2 地震動運動エネルギーの考え方

3、解析データ

今回解析に用いたデータは、過去の被害を伴う地震うち北海道釧路沖地震、北海道南西沖地震、北海道東方沖地震そして、兵庫県南部地震で記録された地震動波形の中から選定した。地震動特性と構造物の破壊に関わる評価を行うことから観測記録の中で最大加速度値を観測した観測点の波形を使用した。使用した観測点の諸原を表-1に示す。また、各地震の最大加速度波形を図-3に示す。

表-1 最大加速度値を記録した観測位置

地震名	観測局名	最大加速度	卓越周波数
釧路沖地震	温根沼大橋	363.13	0.45Hz
南西沖地震	七峰橋	235.28	5.15Hz
東方沖地震	温根沼大橋	352.94	1.75Hz
南部地震	神戸海洋气象台	820.56	1.49Hz

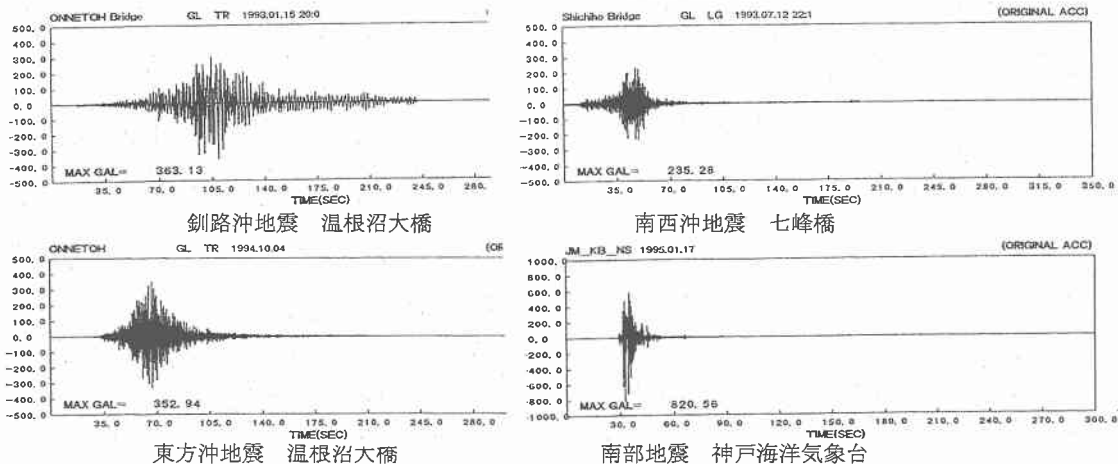
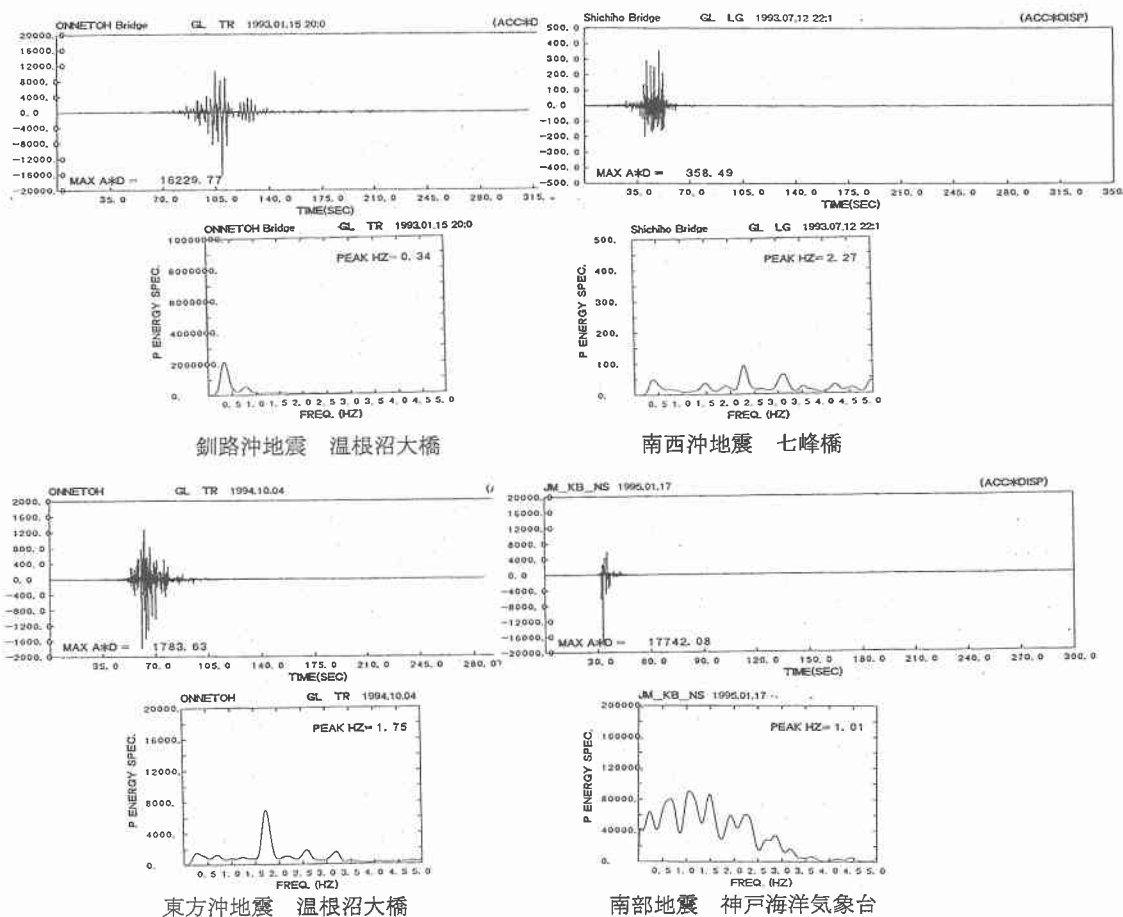


図-3 各地震の最大加速度波形

4、解析結果

1) 位置エネルギー

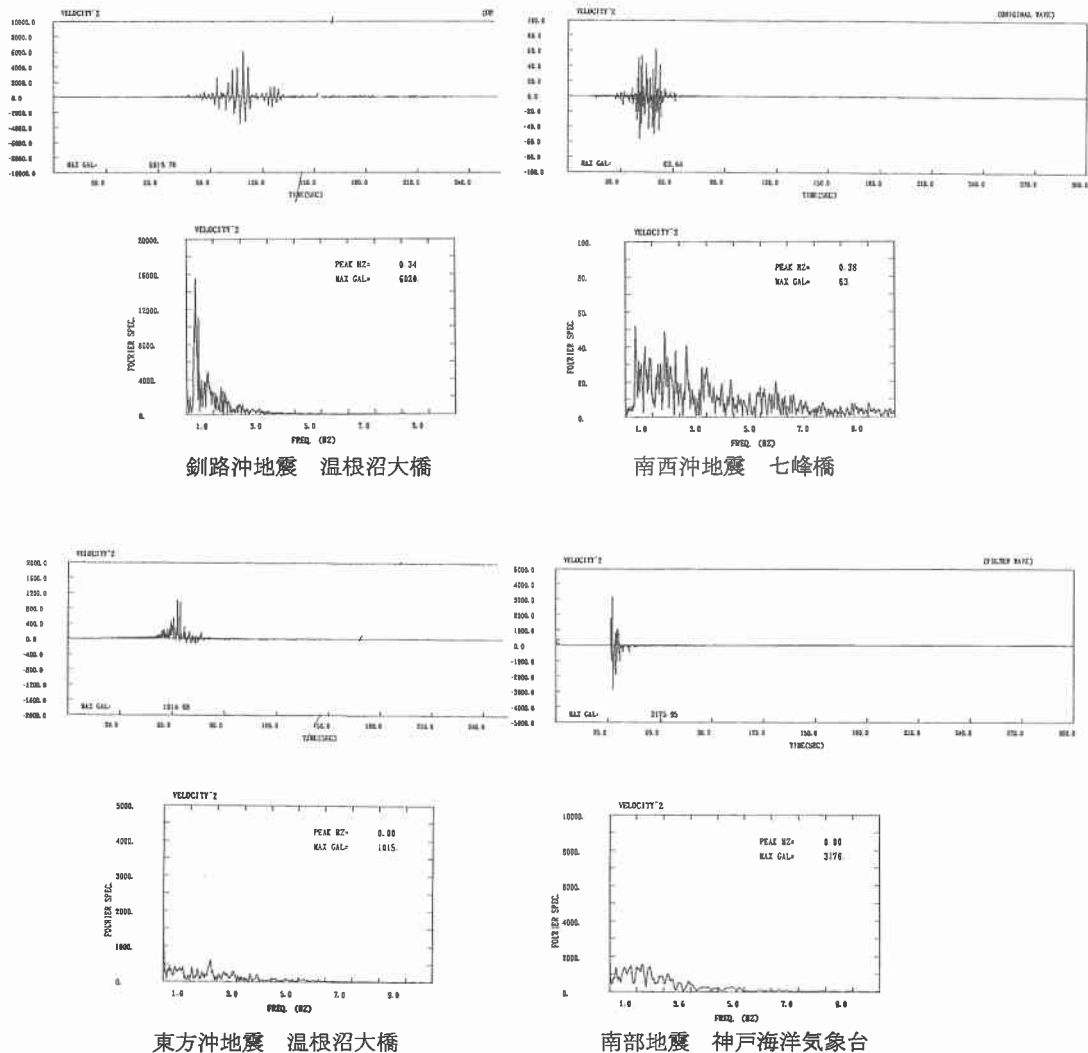
図－4に位置エネルギー波形の解析結果を示す。解析結果から、被害が大きかった地震ほどスペクトルの面積が多くなる傾向が読みとれる。また、釧路沖地震と兵庫県南部地震の記録を比較すると、ともに入力エネルギー波の最高値はほぼ変わらない値を示しているが、加速度値は兵庫県南部地震の方が大きい。変位は釧路地震の方が大きくなっている。スペクトル解析結果から、兵庫県南部地震は微少周波数から2 Hzくらいまでの間に渡り、最高約 80000 になるの高い値が分布している。釧路沖地震は、ピーク周期にエネルギーが集中しており 2000000 という飛び抜けた値を示した。



図－4 位置エネルギー波形の解析結果

2) 運動エネルギー

図－5に運動エネルギー波形による解析結果を示す。入力エネルギー波形は位置エネルギー波形に比べるとその振幅は低い値であった。特に、南西沖地震の七峰橋に至っては極端に低く 62.64 となった。スペクトル解析の結果は、位置エネルギーによる結果とほぼ変わらない傾向が示されたが、スペクトル強度は極端に低い値を示していた。



図—5 運動エネルギー波形の解析結果

5、おわりに

今回は地震動の構造物に対する入力エネルギーの特徴について地震毎に検討を行ったが、入力エネルギーの構造物に対する破壊影響を検討するには至らなかった。運動エネルギーによる入力エネルギーが意外と低い値であったことと、破壊に寄与するエネルギーは、構造物に入力されたエネルギー値を使い評価することから応答速度を使用した方法も検討する必要がある。また、その際、構造物の履歴特性を考慮に入れる必要があると考えられる。

今後は、開発土木研究所構造研究室で過年度より、おこなっている橋脚等の衝突試験の結果を使い減衰履歴や置換履歴を用いて構造物の破壊に対する入力エネルギーについて研究していきたいと考えている。