

疲労応答スペクトル (FSI 値) による上水道管路の被害相関解析

金沢大学工学部 高橋 洋介
 金沢大学工学部 正会員 〇村田 晶
 金沢大学工学部 正会員 北浦 勝
 金沢大学工学部 正会員 宮島 昌克

1. はじめに

一般に地震動の破壊力を示す指標として地震動の最大加速度やスペクトル強度 (SI 値) 等が用いられてきた。しかし、構造物の被害には応答の最大値だけでなく、最大応答付近での繰返し回数による疲労応答も考慮する必要がある。疲労破壊の概念を導入した新指標 (FSI 値: Fatigue response Spectral Intensity) を提案し、木造建物被害推定に対して FSI 値が適用できることを明らかにした¹⁾。しかしながら、埋設管のような地中構造物や RC 構造物に対しても本指標が適用できるかについては明らかにされていない。

そこで本研究では上水道管路に対して本指標を適用し、被害率との相関について考察する。

2. FSI 値の計算方法

(1) 応答速度の計算

強震加速度記録に対する 1 質点系モデルの応答速度を求める。1 質点系モデルの固有周期は $T=0.1 \sim 2.5$ (s)、減衰定数を $h=0.05$ とする。

(2) 繰返し回数定義

地震動に対する建物の疲労破壊を表すために、本研究では応答波形の各振幅での繰返し回数を数える。図 1 は応答速度波形の一例である。まず図のように波形を高さのみの成分に変換し、応答速度の最大値を基に応答速度波形の各振幅を基準化する。基準化された各振幅ごとの回数を繰返し回数としてカウントする。これを固有周期 ごとに対する 1 質点系モデルのそれぞれの応答速度波形に対して適用する。

(3) 疲労応答スペクトルの計算²⁾

固有周期 (T) を X 軸に、速度応答スペクトル (S_v) を Y 軸に、各応答レベルでの繰返し回数 (C_{sv}) を Z 軸にとったものを「疲労速度応答スペクトル」と呼ぶことにする。疲労速度応答スペクトルの概念図を図 2 に示す。以上の方法により繰返し回数を応答スペクトルで積分した体積、すなわち疲労速度応答スペクトルの積分値を求める。積分する際、得られる値が地震動が構造物にエネルギーを表すために速度応答スペクトルの 2 乗を与える乗じることとし、これにより求められる値を速度 FSI 値とよぶことにする。また、加速度 FSI 値、変位 FSI 値については同様にして強震加速度記録に対する 1 質点系モデルの応答加速度、応答変位を求めることにより FSI 値を求める。以上より FSI 値は以下の式で求められる。

$$FSI_v = \int_{0.1}^{2.5} \int_0^{S_v} C_{sv} \times S_v^2 dS_v dT$$

$$FSI_a = \int_{0.1}^{2.5} \int_0^{S_a} C_{sa} \times S_a^2 dS_a dT$$

$$FSI_d = \int_{0.1}^{2.5} \int_0^{S_d} C_{sd} \times S_d^2 dS_d dT$$

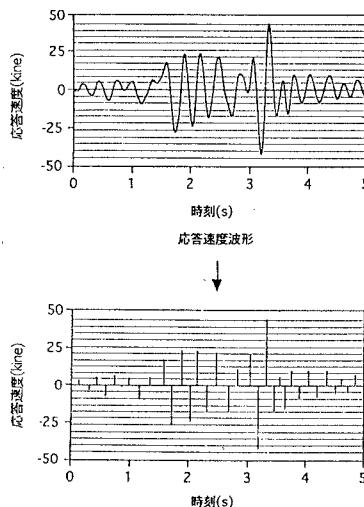


図 1 変換した応答速度波形

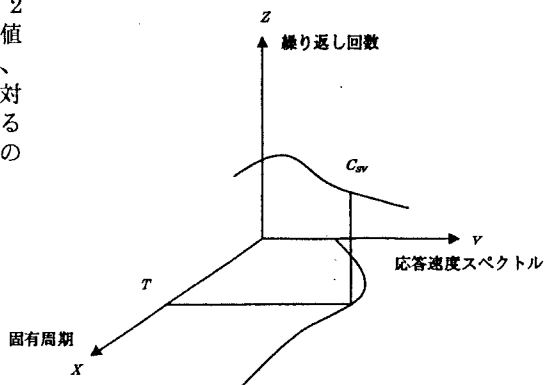


図 2 疲労速度応答スペクトルの概念図

3. FSI値水道管路の被害相関解析

本手法により求められる各 FSI 値と水道管路の被害率の関係を兵庫県南部地震における神戸市 4 区に対して適用し、考察する。また、最大加速度、SI 値についても同様に比較する。また解析波形については、東灘区、灘区、中央区、須磨区の各区それぞれの観測点における地表面加速度波形を用いる。ここで解析に用いた水道管路の被害率³⁾を図3に示す。

解析結果を図4に示す。図に示すように、最大加速度、SI 値、加速度 FSI 値、速度 FSI 値、変位 FSI 値と水道管路の被害率の相関については、どのグラフもほぼ右上がりの関係となり、相関係数については、SI 値、速度 FSI 値、変位 FSI 値がそれぞれ 0.88, 0.83, 0.85 と高い値となる。一方、最大加速度、加速度 FSI 値と被害率との相関については、相関係数がそれぞれ 0.24, 0.48 と低い値となる。その理由としては、須磨区において、加速度が高いにも関わらず水道管路被害率が低く、相関が乱れているためと考えられる。

以上のことより、SI 値と同様に速度 FSI 値、変位 FSI 値は水道管路被害に対し適用できることが明らかとなった。しかしながら、今回の解析対象地域は4地区と少なく、また、比較的地震動の繰り返しが少ない直下型地震を対象としたことから、特に灘区（神戸大学）における強震記録は地域の代表的な地震特性を表現していない可能性がある。

4. おわりに

今回の解析により SI 値、速度 FSI 値、変位 FSI 値と水道管路被害に対して良い相関があることが明らかとなった。しかし、解析対象地点における震動特性が大きく影響することから、今後検討する必要がある。また、今回の解析地点が少なかったことから、観測地点をもっと増やすことや、水道管の管種、管径別などの詳細なデータに対して本指標を適用したときの問題などを考慮する必要がある。

[参考文献]

- 1) 水上ひとみ：疲労応答スペクトルによる木造建物の被害相関解析と金沢市への適用、金沢大学学士学位論文、1997。
- 2) 大崎順彦：地震動のスペクトル解析入門、鹿島出版会、1976。
- 3) 社団法人 日本水道協会：1995 年兵庫県南部地震による水道管路の被害と分析、平成 7 年 5 月。

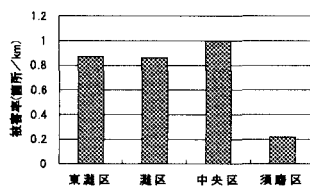


図3 神戸市における区域別の被害率

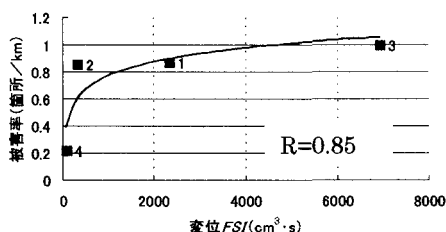
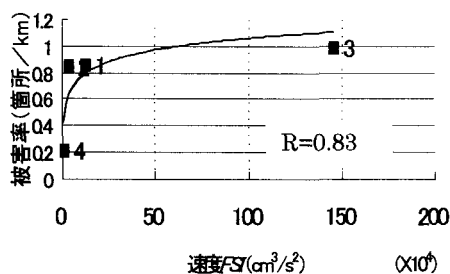
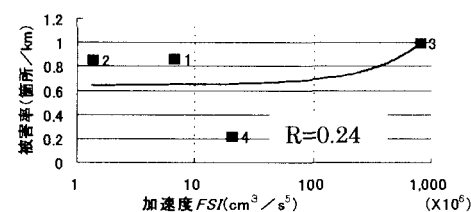
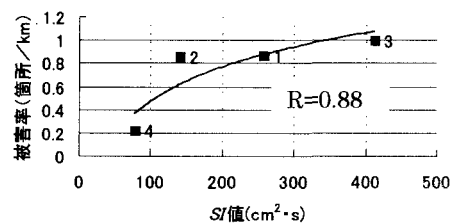
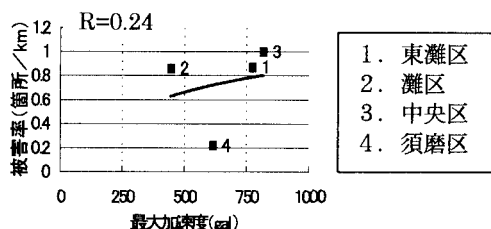


図4 神戸市における解析結果