

## 不規則振動理論を用いた応答スペクトル・SI 値の簡易推定法

株式会社ビーエムシー 正会員 ○阿部 雅人  
 株式会社ビーエムシー 正会員 杉崎 光一  
 芝浦工業大学 正会員 紺野 克昭  
 東京大学 フェロー会員 藤野 陽三

### 1. 目的

地震時の構造物の耐震評価では応答スペクトルが利用され、速度応答スペクトルから算出する SI 値は、構造物の被害評価に利用されている<sup>1)</sup>。応答スペクトルを算出するためには応答計算が必要となり、シミュレーションで算出するには解析時間を要する。本研究では、不規則振動理論を利用した方法<sup>2)</sup>を改良し、応答スペクトルを簡易に算出する方法を提案する。簡易計算は、センサの小型化やリアルタイム性に資する。また、不規則振動理論を利用することで地盤特性を考慮できる。提案手法を地震波形に適用して有効性を検証するが、応答スペクトルの比較のみでなく、複数の地震波形から SI 値を求め、解析結果と比較する。

### 2. 不規則振動理論を利用した応答スペクトルの算出

地震動により地盤加速度が生じ、慣性力を受けた構造物は復元力と抵抗力により応答する。復元力と抵抗力は、構造物の特性により相違するため、同じ地震動を受けても構造物の特性が相違すれば構造物への影響は異なる。また、地盤加速度も地盤の特性により相違する。文献(2)では、不規則振動理論を利用して、構造物の加速度応答と変位応答の関係を求め、構造物の加速度応答から変位応答を推定する方法を示している。その際に、地盤加速度応答の特性値やスペクトルがわかる場合の補正について整理している。本手法では、新たに、地盤加速度と構造物の変位、速度、加速度応答の関係式を求めている。具体的には、地盤加速度応答の 2 乗平均の期待値と、構造物の変位、速度、加速度応答の 2 乗平均の期待値の比を算出する。その際に、地盤の固有振動数と減衰比は地震動から推定する。応答スペクトルや SI 値の計算では応答値の最大値が必要となる。文献(2)の方法では、地盤や構造物のピークファクタは地震動のピークファクタを利用できることを利用し、ピークファクタを 2 乗平均の期待値に掛け構造物応答の最大値を求めている<sup>2)</sup>。また、文献(3)で提案している、波形の切り出し長さ等を考慮するためのピークファクタの補正方法も合わせて利用する。なお、本手法では地盤応答から最大地動速度を算出できるため、最大地動速度と SI 値の経験的な関係を利用することもできる<sup>1)</sup>。

### 3. 検証結果

検証に利用する地震波は KNET で観測された地震波であり、複数の観測点を利用する (13 地点)。また、対象とする地震は 2011 年 1 月～2012 年 12 月でマグニチュード 6.5 以上の地震とした。応答スペクトルの算出結果の代表例を図-1 に示す。ここでは、速度応答スペクトルの算出結果を示すが、変位、加速度の応答スペクトルも同様に推定できる。IWT018 の結果では、精度よく推定されているが、MYG013 では、推定値が大きくなっている。波形およびスペクトルを比較したものが図-2 であるが、MYG013 の波形でスパイク上の最大値がありピークファクタが大きいことや、高振動数成分が多いことがわかる。図-3 には、推定した速度応答スペクトルを利用して SI 値を算出し、シミュレーションによる応答計算から算出した SI 値と比較した結果を示す。いくつかのデータで SI 値が大きく推定されているが、ピークファクタが 15 以下のデータでは決定係数が高くなっている。また、ピークファクタの補正をすることでより真値に近い値となっていることがわかる。

### 4. まとめ

不規則振動理論を適用して応答スペクトルを求める方法を提案し、KNET の地震波を利用して検証した。一部の波形では応答スペクトルに相違がみられたが、SI 値で比較した結果良好な結果を得ることができた。

キーワード 不規則振動理論, モニタリング, SI 値, 地震被害評価, 応答スペクトル

連絡先 〒261-7125 千葉県美浜区中瀬 2-6-1 株式会社 BMC TEL 043-297-0207

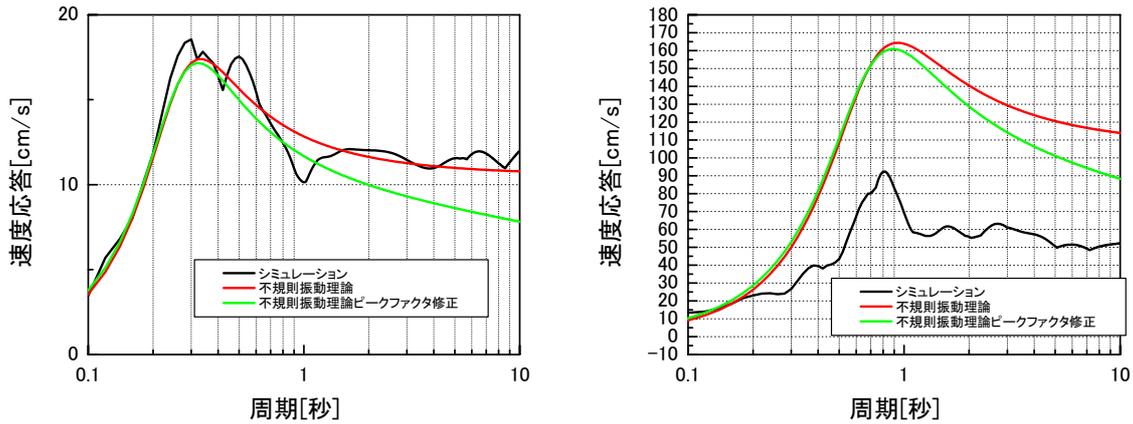


図-1 応答スペクトルの算出 (東北地方太平洋沖地震 左: IWT018\_EW, 右: MYG013\_EW)

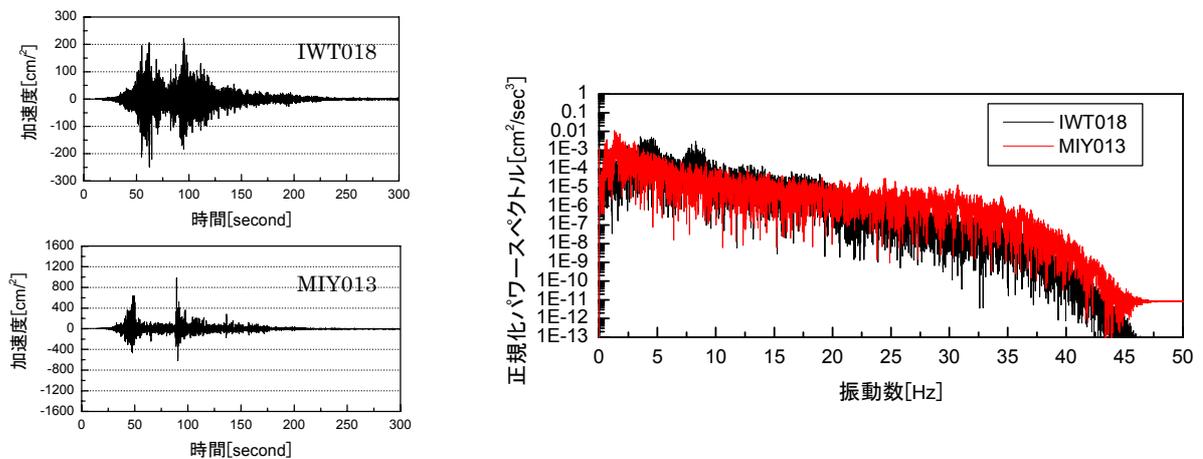


図-2 波形とスペクトルの比較

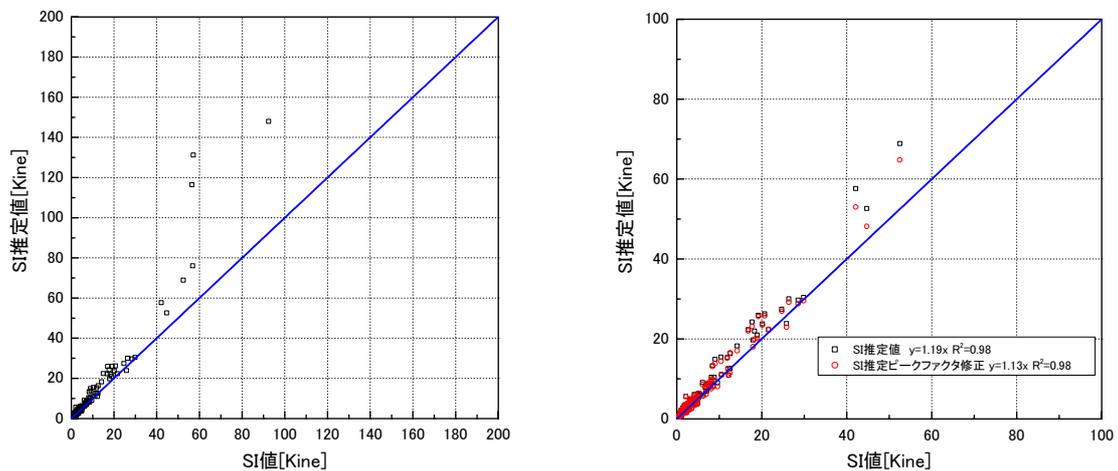


図-3 SI 値の推定結果 (左: 全データ 右: ピークファクタ 15 以下)

参考文献

- 1) 童華南, 山崎文雄, 佐々木裕明, 松本省吾: 被害事例に基づく地震動強さと家屋被害率の関係, 第9回日本地震工学シンポジウム論文集, 1994.
- 2) 阿部雅人, 藤野陽三: 不規則振動理論を援用した加速度記録からの地震時最大応答変位のリアルタイム推定, 土木学会論文集 A, Vol.65, No.1, pp.136-150, 2009.
- 3) 阿部雅人, 藤野陽三: 不規則外力に対する加速度記録からの最大応答変位推定, 土木学会論文集 A, Vol. 66, No. 3, pp.477-490, 2010.