

常時微動を用いた橋脚の危険度評価システムの構築に関する基礎的研究

元芝浦工業大学 正 ○廖 芃
元芝浦工業大学 青木真生
芝浦工業大学 正 紺野克昭

1. 研究の背景と目的

現在、21世紀中の発生が予想される大地震に対し、簡便かつ精度の高い耐震性評価手法の確立は緊急な課題と言える。本研究では既設構造物の耐震性評価に主眼を置き、耐震性の評価では使われることが少ないが、測定が容易な常時微動を用いた危険度評価システムの構築を行う。

2. 危険度評価システムについて

本研究では表層 30m の平均 S 波速度 V_{s30} 、地盤の卓越周期 T_g 、表層の厚さ H 、構造物の固有周期 T_s を常時微動から推定し、これらの情報を利用した構造物の危険度評価システムを構築する。このシステムは図 1 のフローチャートに示すように(a)入力地震動評価システム、(b)構造物の損傷度評価システム、という 2 つの評価システムを統合した構造物の危険度を評価するシステムである。

(a)入力地震動評価システム (A システム)

本研究では、スペクトル適合波法を用いてレベル 2 地震動を作成する (図 2)。目標応答スペクトルは、表層厚 H 、表層の平均 S 波速度 AVS で地盤の非線形性を考慮した伝達関数を評価し、これに開放工学基盤における加速度応答スペクトルを乗じることにより求める¹⁾。ここで、伝達関数は表 1 に示した地盤分類毎に用意する。 H, AVS は微動から得られる T_g, V_{s30} を用いて、

$$H = V_{s30} \cdot T_g / 4 \quad (1), \quad AVS = V_{s30} \quad (2)$$

により求める。以上から求まる地震波形をサイト波と呼ぶことにする。

(b)構造物の損傷度評価システム (B システム)

B システムは A システムより作成したサイト波を 1 自由度系モデルに入力し、非線形解析を行い、最大塑性率 μ を出力するシステムである (図 3)。 μ を表 2 のようにランク分けし構造物の危険度を評価する。

構造物の固有周期 T_s と最大塑性率 μ の関係を、降伏

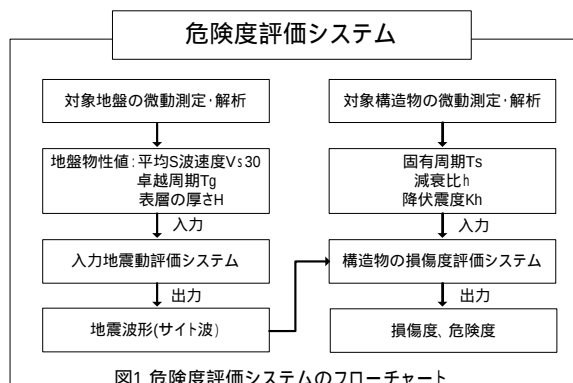


図1 危険度評価システムのフローチャート

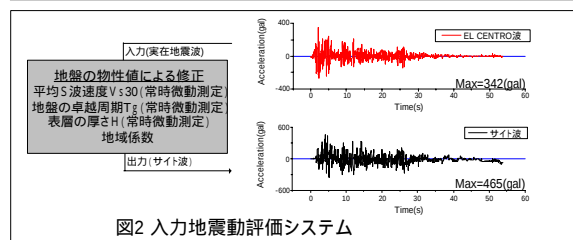


図2 入力地震動評価システム

表1 地盤分類表

平均S波速度 V_{s30} (m/s)	表層の厚さ H (m)							
	-125	125-175	175-225	225-275	275-	275-	275-	275-
V_{s30}	AVS100-H10	AVS100-H15	AVS100-H20	AVS100-H25	AVS100-H30	AVS100-H30	AVS100-H30	AVS100-H30
	125-175	AVS150-H10	AVS150-H15	AVS150-H20	AVS150-H25	AVS150-H30	AVS150-H30	AVS150-H30
	175-225	AVS200-H10	AVS200-H15	AVS200-H20	AVS200-H25	AVS200-H30	AVS200-H30	AVS200-H30
	225-	AVS250-H10	AVS250-H15	AVS250-H20	AVS250-H25	AVS250-H30	AVS250-H30	AVS250-H30

本研究ではAVSを表層から30mまでの平均S波速度 V_{s30} とした。

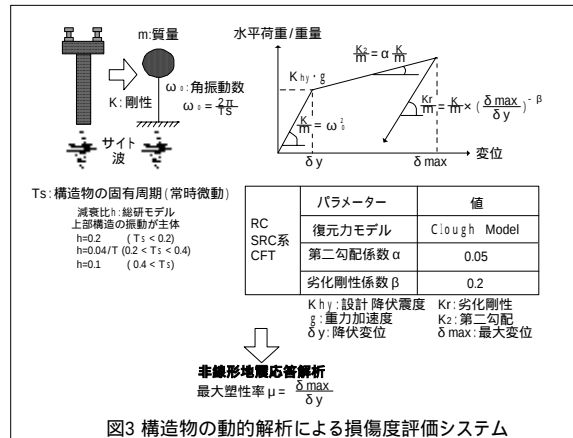


図3 構造物の動的解析による損傷度評価システム

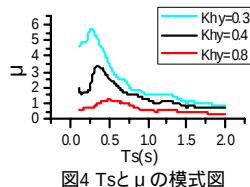


図4 T_s と μ の模式図

表2 塑性率と危険度の関係図

塑性率	被害程度	危険度ランク
$\mu < 1$	無被害	D
1 $\mu < 2$	小被害	C
2 $\mu < 4$	中被害	B
4 μ	大被害	A

震度 K_{hy} をパラメータとして、模式的に示す (図 4)。微動から得られる構造物の固有周期 T_s における μ を図 4 から読み取り、表 2 に照らし合わせることで構造物の危険度が評価される。

キーワード 固有周期, 常時微動, 塑性率, 入力地震動評価, 構造物損傷度評価, 危険度評価システム

〒108-8548 東京都港区芝浦 3-9-14 芝浦工業大学 TEL 03-5476-3046

3. 適用例

対象構造物は高さ約 9.5m、幅は約 1.5m の正四角柱の鉄道橋脚である。

(a) 平均 S 波速度 V_{s30} 、層厚 H の推定

橋脚付近を対象地盤とし常時微動観測を行い、SPAC 法を用いて、平均 S 波速度 $V_{s30}=253\text{m/s}$ を得た(図 5)。また、橋脚周辺地盤の常時微動から H/V スペクトルを求め、対象地盤の卓越周期 $T_g=0.35\text{s}$ を得た(図 6)。次に、層厚 H を式(1)を用いて $H=22.1\text{m}$ と推定した。この結果を地盤分類表と照らし合わせると AVS200-H25 となり、この地盤におけるサイト波が得られる。

(b) 橋脚の固有周期 T_s の推定

対象橋脚に小型センサーを接着し、橋脚振動を高さ 0.0m～3.0m まで 0.5m 刻みで観測 (200Hz サンプリング) した。観測波形例 (高さ:1.5m) を図 7 上段に示す。波形は橋軸直角方向の加速度波形である。図 7 下段には、幅 1 秒の時間窓を移動しながら、その窓内の波形から得られる標準偏差を示したものである。波形は 3 つの Zone に分けられる。Zone A は常時微動区間で、Zone B は車両の通過による強制振動を受けている区間で、Zone C は車両通過後の自由振動区間である。図 8 にそれぞれの Zone におけるフーリエスペクトル振幅を示す。なお、フーリエスペクトルは、2 秒間のデータ (400 個) に、0 を加え 2048 個のデータとしてから FFT により求めた。Zone により異なるピークを示すが、強制振動の影響を受けない ZoneC でのフーリエスペクトルのピークがこの橋脚の固有振動数 F_s であると推測し、 $F_s=8\text{Hz}$ と推定し固有周期 $T_s=0.13\text{s}$ が得られる。

(c) 危険度評価の結果

A システムにおいてエルセントロ位相波を利用してサイト波を作成し、B システムに入力し、 T_s と μ の関係を求める(図 9)。設計降伏震度 K_{hy} は設計書などから推定する必要があるので現時点ではいくつかの K_{hy} について危険度を評価する。対象構造物が $K_{hy}=0.3$ のとき危険度ランク A、 $K_{hy}=0.4$ のとき危険度ランク C、 $K_{hy}=0.8$ のとき危険度ランク D と評価される(図 9)。

4. まとめ

本研究で構築した危険度評価システムは入力地震動の評価から構造物の損傷度を評価するまでの一連の作業をひとつのプログラムに統括したシステムである。このシステムはパラメーターのほとんどを測定が容易

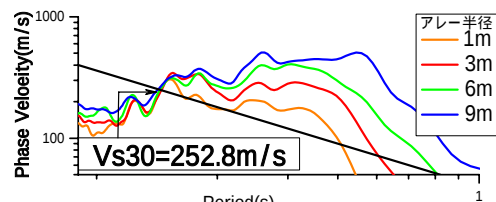


図5 SPAC法を用いた平均S波速度の推定

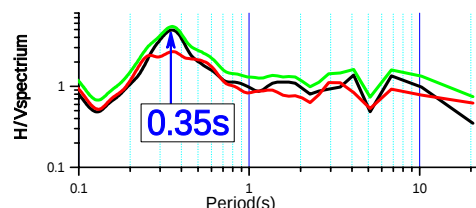


図6 橋脚周辺地盤のH/Vスペクトル

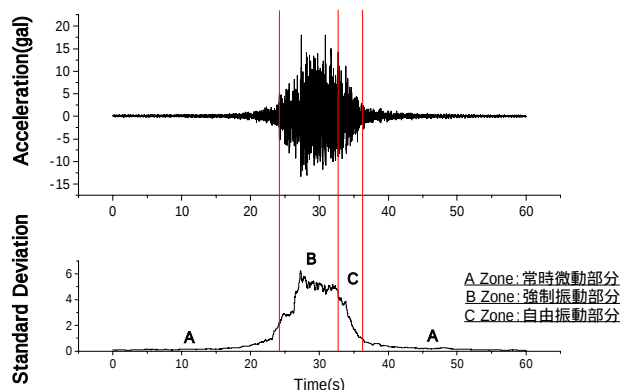


図7 加速度波形と標準偏差

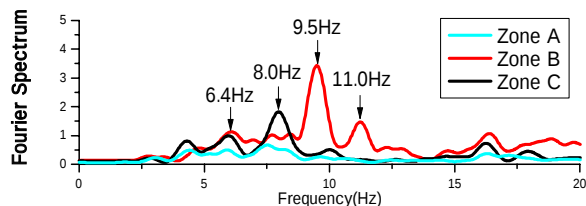


図8 各Zoneにおけるフーリエスペクトル

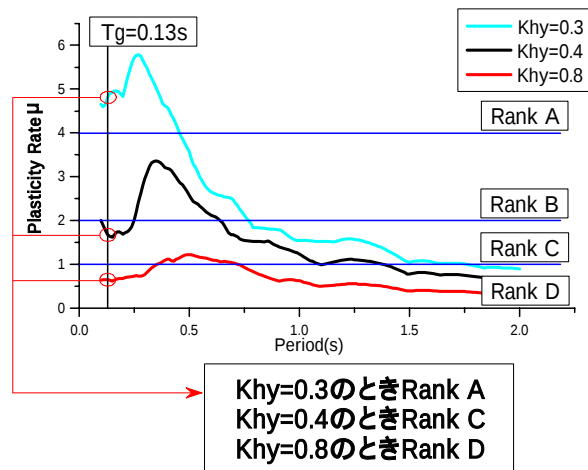


図9 危険度評価システムによる橋脚の危険度評価結果

な常時微動から推定することができる簡便なシステムである。これらのシステムは、複数の部品(図1参照)からできており、今後、これらの部品の改良・精錬化、必要に応じて交換を行っていく予定である。

参考文献) 1) 工学院大学久田研究室: 解放工学的基盤、及び、表層地盤の非線形伝達関数を考慮した加速波形作成プログラム (<http://kouzou.cc.kogakuin.ac.jp/Open/Manual/>), 2003.8.