

鉄道総合技術研究所 正会員 澤田 亮  
同 上 正会員 西村昭彦

1. はじめに

鉄道構造物の新しい耐震設計法は、動的解析法によることが基本とされている<sup>1)</sup>。このうち、一般的な橋梁・高架橋については、地盤種別に応じた所要降伏震度スペクトルを用いた非線形スペクトル法により耐震設計を実施する。この場合、液状化地盤における所要降伏震度スペクトルの設定が課題となり、液状化地盤における地表面の適合波形を推定する必要がある。通常の地盤における地表面の適合波形は、その地盤の地表面における弾性加速度応答スペクトルに適合させて算定することとしている。

そこで、液状化地盤における所要降伏震度スペクトルも同様の手法で算定することとし、液状化地盤における弾性加速度応答スペクトルを推定し、所要降伏震度スペクトルを検討した。

2. 弾性加速度応答スペクトル

液状化地盤における弾性加速度スペクトルは、既往の地震で液状化が発生、または液状化の発生が想定される代表的な 15 地盤に対して 1 次元有効応力解析を行い、地表面における加速度波形を算定することで推定した。

ここで、1 次元有効応力解析には YUSAYUSA-2<sup>2)</sup> を用い、応力～ひずみ関係は双曲線モデルを適用した。この際、解析に用いる土質諸数値は地盤の N 値より算定し、双曲線モデルにおけるせん断耐力はモール・クーロンの破壊基準より設定した。

また、入力地震波は図 1 に示す工学的基盤における L2 地震動(スペクトル II 適合波)<sup>3)</sup> を用いた。

1 次元有効応力解析により推定した 15 地盤における地表面の加速度波形を用いて算定した弾性加速度スペクトルを液状化指数 ( $P_L$ )<sup>4)</sup> により整理したものを図 2, 3 に示す。これによると  $P_L$  によりほぼ 2 つのレベルに区分することができ、液状化の程度により弾性加速度応答スペクトルを整理することができる。

なお、 $P_L$  が 5 以下の場合には液状化の影響はないものとして、液状化を考慮しない条件で通常の地盤種別に応じた弾性加速度応答スペクトルとして整理することとした。

ここで、 $P_L$  は式 1 により算定し、深さ方向に重み関数 ( $w$ ) を用い、深さ方向に対する重み付けを行っている。

$$P_L = \int_0^H (1 - F_L) w dz \tag{式 1}$$

$$w = 10 - 0.5z$$

ここに、 $P_L$ : 液状化指数,  $F_L$ : 液状化抵抗率,  $H$ : 表層地盤の厚さ (m),  $z$ : 検討深さ (m) である。

図 4 には  $P_L$  の程度に応じて 2 つのレベルの区分して整理した弾性加速度応答スペクトルを示す。これによると  $5 < P_L < 20$  で最大 800gal 程度,  $P_L > 20$  では最大で 600gal 程度となっている。

また、液状化の程度が大きい  $P_L > 20$  では、長周期側で大きな応答を示す傾向を見せている。

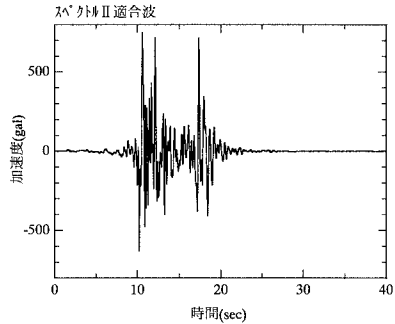


図 1 解析に用いた基盤適合波

キーワード: 液状化, 所要降伏震度スペクトル, 液状化指数, 有効応力解析

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 Tel 042-573-7262, Fax 042-573-7248

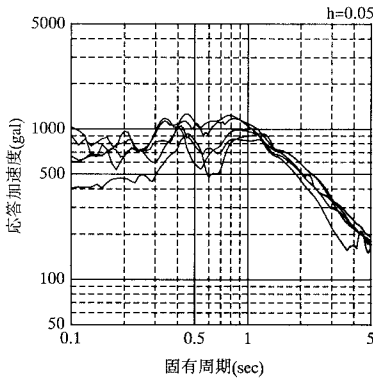


図2 検討結果 ( $5 < P_L < 20$ )

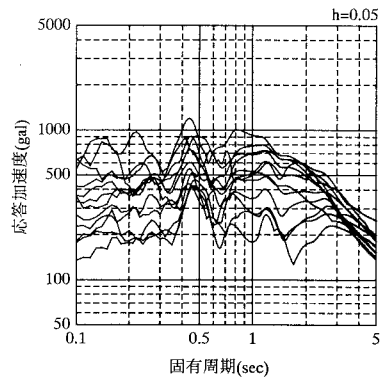


図3 検討結果 ( $20 < P_L$ )

### 3. 所要降伏震度スペクトル

図4に示す弾性加速度スペクトルに図1の工学的基盤における波形を適合させて作成した液状化地盤での地表面波形を用いて算定した所要降伏震度スペクトルを図5に示す。なお、所要降伏震度スペクトルの算定方法については文献5)を参照されたい。

図5では応答塑性率が4および8の場合を示すが、いずれも液状化の程度が大きい  $P_L > 20$  が長周期側で  $5 < P_L < 20$  よりも大きな震度が必要となる傾向を示している。これは、液状化による地盤および構造物の長周期化による影響であり、非線形応答においても液状化程度による周期の変動の影響が大きいことを示唆している。

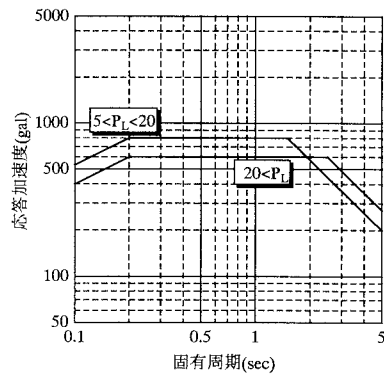


図4  $P_L$ で区分した弾性加速度スペクトル

### 4. おわりに

液状化指数に応じて液状化地盤における弾性加速度スペクトルを設定し、所要降伏震度スペクトルを検討した。これにより、液状化地盤においても簡易的な動的解析法により構造物の耐震設計が可能となる。

しかし、適合波の作成する上で重要な位相特性の問題が解決されておらず、今後の検討が必要となる。

### 文献

- 1) 西村:耐震設計標準の概要-新しい耐震設計の考え方-, 鉄道総研報告, Vol13, No.2, 1999.2
- 2) 東畑, 吉田: YUSAYUSA-2・SIMMDL-2 理論と使用方法, 1991.10
- 3) 室野, 西村, 佐藤: 入力地震動の位相特性のモデル化, 鉄道総研報告, Vol13, No.2, 1999.2
- 4) 岩崎, 龍岡, 常田, 安田: 地震時地盤液状化の程度の予測について, 土と基礎, Vol28, No.4, 1980.4
- 5) 西村, 室野: 所要降伏震度スペクトルによる応答値の算定, 鉄道総研報告, Vol13, No.2, 1999.2

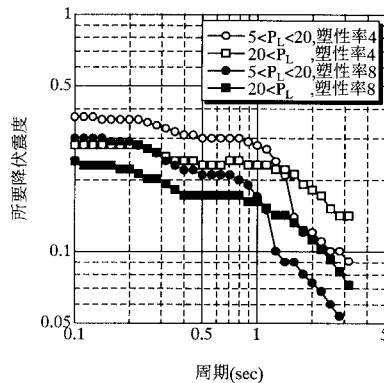


図5 所要降伏震度スペクトル