

地震時における平坦地盤上道路盛土の応答加速度の簡易的評価手法に関する検討

大阪大学大学院 学生会員 ○都間 英俊, 西山 大策
 大阪大学大学院 正会員 常田 賢一, 小田 和広
 (株)建設技術研究所 正会員 江川 祐輔

1. はじめに

構造物の応答加速度の簡易的評価手法の1つとして、構造物の固有周期から加速度応答スペクトルを用いて推定する手法がある。しかし、盛土等の土構造物の固有周期は、盛土の形状や地震時における剛性低下等の影響があると考えられ、それらを簡易的に考慮できる固有周期算定法は確立されていない。

筆者らは水平地盤上における道路盛土を対象として非線形動的 FEM 解析を実施し、地震時における道路盛土の固有周期と剛性低下の関係を示すとともに 1/4 波長則の道路盛土への適用性を検証した¹⁾。本検討ではその解析結果に基づき、道路盛土の剛性低下の概念を考慮した固有周期算定式を提案する。さらに提案式から算出した固有周期を用いて、加速度応答スペクトルから最大応答加速度を算出し、動的 FEM 解析との比較を通して提案手法の適用性を検証する。

2. 等価剛性の概念と簡易的な応答加速度評価手法の提案

本検討では、地震時において道路盛土の振動特性に実質的に影響を及ぼす1つの剛性(等価剛性)と実質的に影響を及ぼす1つの固有周期(等価固有周期)に着目し、その両者の関係は 1/4 波長則に基づいていると仮定した。等価剛性と固有周期の関係に着目した簡易的な応答加速度評価手法の流れと本検討におけるその導出の流れをまとめたものを図-1 に示す。同図に示すように提案手法は、まず①入力波形から SI 値を算定し、次に、②SI 値と等価剛性の関係を示す等価剛性算定式により、道路盛土の地震の等価剛性を評価する。そして③等価剛性から 1/4 波長則により固有周期を算定して、最後に④得られた固有周期と入力波形から得られる加速度応答スペクトルの関係から道路盛土の最大応答加速度を評価する。従来から行われる動的 FEM 解析を用いる評価手法に比べて、提案手法は入力波形から得られる情報(SI 値と加速度応答スペクトル)と評価対象とする道路盛土の基本的な指標(せん断波速度と盛土高)のみで、応答加速度を簡易的に評価できる利点がある。また、従来の加速度応答スペクトルから簡易的に応答加速度を評価する手法に比べて、道路盛土の剛性低下を考慮でき、盛土の非線形性が卓説するような大きな地震外力に対しても適用性が望める。

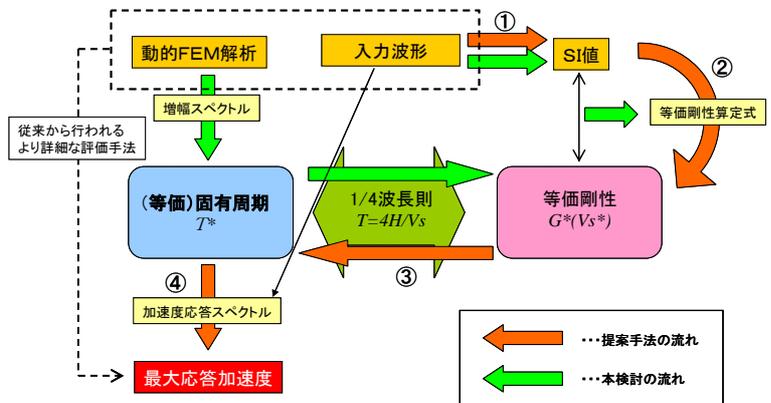


図-1 提案手法の流れと本検討における導出の流れ

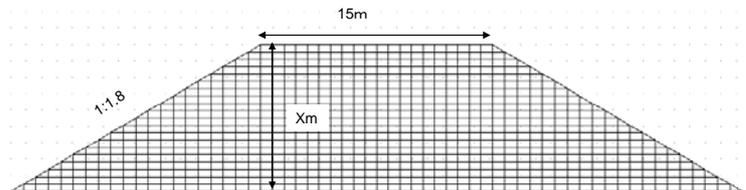


図-2 解析モデル

表-1 盛土材の主な解析パラメータ

	γ_s (kN/m ³)	c (kN/m ²)	ϕ (deg)	G_0 (kN/m ²)	ν	h_{max}
砂質土	19.6	5.0	40.0	5221.0	0.33	0.19
粘性土	16.0	20.0	20.0	10000.0	0.33	0.20

γ_t : 湿潤単位体積重量 G_0 : 1kN あたり基準化した初期せん断弾性係数

ν : ポアソン比 c : 粘着力 ϕ : 内部摩擦角 h_{max} : 最大減衰定数

3. 等価剛性算定式の算出

等価剛性算定式の導出等価剛性は想定する地震の大きさや盛土材の動的変形特性によって異なると推察される。そこで、動的 FEM 解析結果の法肩の応答加速度から算出した増幅スペクトル¹⁾から求めた固有周期を 1/4 波長則により逆算して得られる剛性を等価剛性とし、それを初期剛性で正規化して整理を行った。

キーワード 盛土, 固有周期, 応答加速度

連絡先 〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-1 大阪大学大学院工学研究科 地球総合工学専攻 TEL06-6879-7626

次に、各検討ケースの入力波形(正規乱数)のSI値と正規化した等価剛性の対応関係を検討した。盛土材がそれぞれ砂質土、粘性土を想定した場合における正規化した等価剛性とSI値との対応を図-3に示す。尚、地震がない状態(SI値が0)であれば、理論上、等価剛性は初期剛性と同一であり、大地震時は等価剛性が0に漸近する。そこで、正規化した等価剛性とSI値の間に式(1)に示す関係が成り立つもの

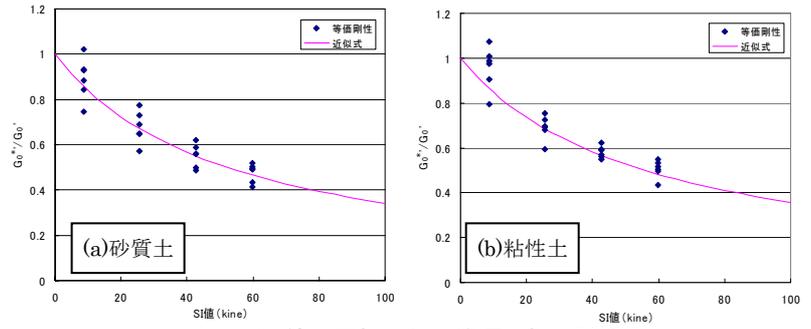


図-3 SI値と正規化した等価剛性の関係

として、最小2乗法により α を決定した場合の関係曲線を同図に併記している。盛土材がそれぞれ砂質土、粘性土の場合、定数 α はそれぞれ 0.0192, 0.0180 であった。本検討ではこれをそれぞれの等価剛性算定式とする。

$$G_0^* = \frac{1}{\alpha SI + 1} G_0' \quad \dots (1)$$

α : 動的変形特性によって決まる材料定数(1/kine)

SI: 入力波のSI値 (kine), G_0' : 基準化した初期せん断剛性係数(kN/m³)

3. 応答加速度の簡易的評価手法の検証

平坦地盤上の左右対称の盛土を検討対象とする。盛土高は 5, 15mの2ケースを想定する。盛土材として砂質土、粘性土の2種類を想定する。動的FEM解析に用いた解析モデル図および解析パラメータはそれぞれ図-2、表-1と同一である。入力波形は図-4に示す4種類の観測波形²⁾³⁾をフィルター処理(10Hz以上の高周波数成分をカット)したものを用いる。また、最も卓越周期が長い十勝沖地震の地震波形を2倍に振幅調整した波形についても検討する。

提案手法から求まる最大応答加速度と動的FEM解析から求まる最大応答加速度の関係を図-5に示す。なお、動的FEM解析における最大応答加速度は盛土法肩の節点の最大値を読み取ったものである。同図から、想定した盛土材に関わらず、提案手法から求めた応答加速度は動的FEM解析から求めた応答加速度よりも、若干大きい傾向があり、概ね0.8倍~1.4倍に対応していることが分かる。

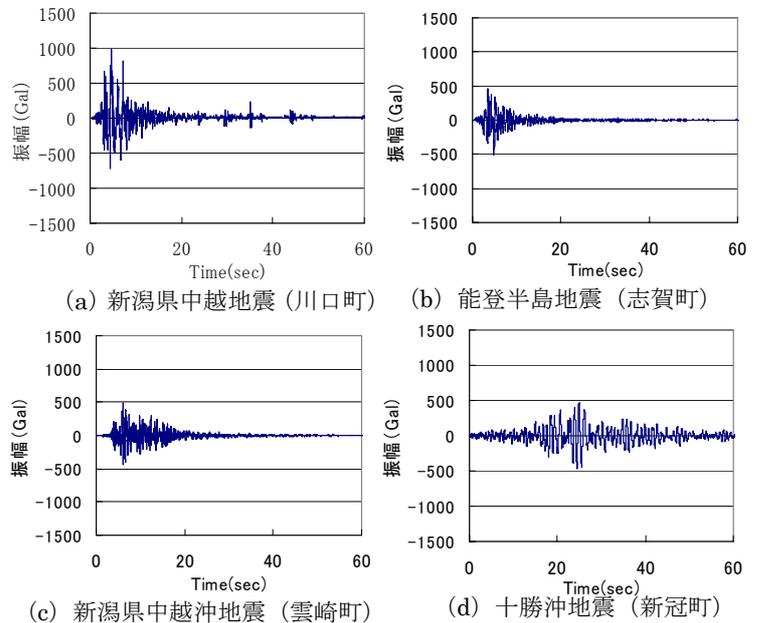


図-4 入力波形

4. おわりに

提案式を用いて固有周期を求め、地震波の応答スペクトルと併せて求めた応答加速度は、動的FEM解析から求めた応答加速度に比べて0.8倍~1.4倍の範囲に含まれる対応関係であった。この関係は、異なる盛土材(砂質土あるいは粘性土)でも同様であった。

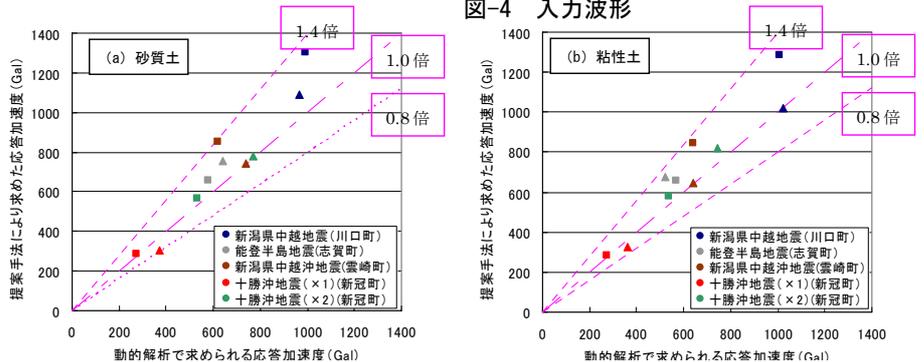


図-5 動的FEM解析と提案手法の比較

参考文献

1)西山他:地震時における道路盛土の応答加速度の簡易的評価手法に関する研究, 第42回地盤工学研究発表会(投稿中) 2008 2)気象庁ウェブサイト, <http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/kyoshin/jishin/index.html> 3)独立行政法人防災科学技術研究所 強震ネットワーク <http://www.k-net.bosai.go.jp/k-net/>