

### 道路盛土の地震時残留変位量簡易推定法の適用について

西日本高速道路エンジニアリング関西(株) 正会員 ○三好 忠和  
大阪大学 フェロー会員 常田 賢一

#### 1. はじめに

経年劣化・老朽化が進む道路構造物の大規模更新・大規模修繕は喫緊の課題であり、机上調査段階で地震時残留変位量を簡便な手法で推定できれば、詳細調査の必要な盛土のり面の優先付けが可能となる。残留変形解析手法には、Newmark 法や動的弾塑性有限要素法が用いられている。一方で、上記残留変形解析手法によらず簡便に残留変位量を求める手法の開発も進められている。筆者らは、地表面地震動波形を入力地震動とした Newmark 法では盛土の構造条件に関わらず降伏震度  $k_y$  と残留変位量  $\delta$  に強い相関が見られることを示し、降伏震度  $k_y$  から Newmark 法によらず残留変位量  $\delta$  を推定する手法を提案した<sup>1)</sup>。本稿では、提案した簡易推定法の実盛土での耐震性評価への適用について検討する。

#### 2. 簡易推定法の概要

残留変位量の簡易推定法は、実盛土と擬似盛土モデルを用いて降伏震度  $k_y$  と残留変位量  $\delta$  の相関付けを行い、 $k_y$  と  $\delta$  の近似式から残留変位量を推定するものである。擬似盛土モデルは一般的な道路盛土の形状とし、擬似盛土 S(盛土高 10m)・擬似盛土 M(盛土高 20m)・擬似盛土 L(盛土高 27m)の3形状について解析を行った<sup>1)</sup>。解析条件は  $\gamma=19\text{kN/m}^3$ ,  $c=5, 10, 20, 30\text{kN/m}^2$ ,  $\phi=20, 25, 30^\circ$  の組合せとした。図-1 に降伏震度と残留変位量の関係を示す。近似式から残留変位量  $\delta$  は式(1)・(2)により求めることができる。

タイプ I 地震動  $\delta = 685.48\text{exp}(-14.08k_y)$  (1)

タイプ II 地震動  $\delta = 380.70\text{exp}(-10.46k_y)$  (2)

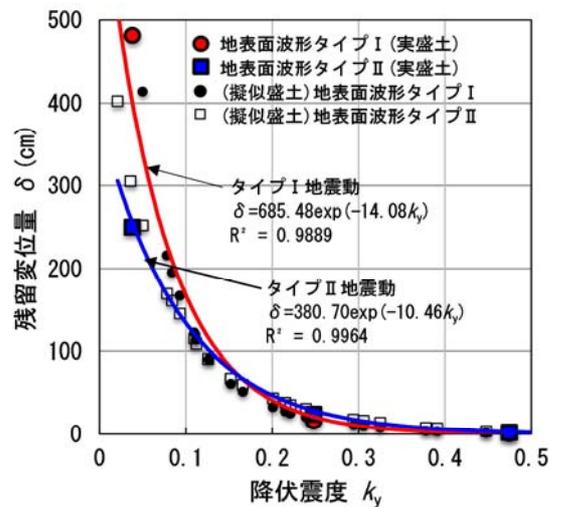


図-1 降伏震度と残留変位量の相関

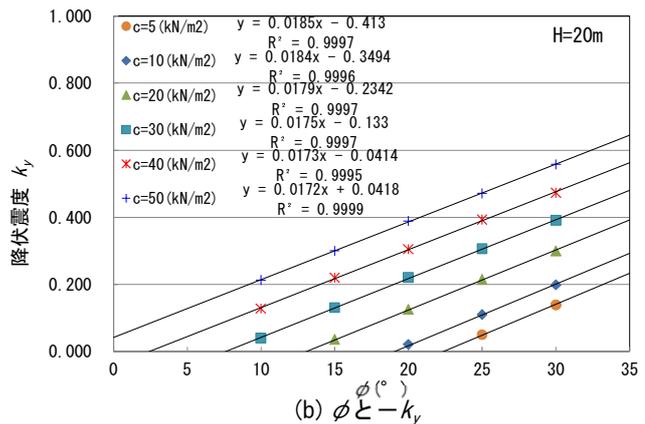
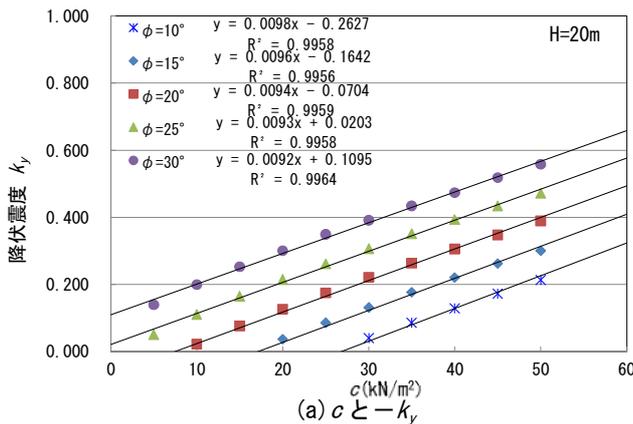


図-2 c・phiと最小降伏震度の関係

降伏震度  $k_y$  についても、予め盛土の強度に応じた降伏震度を算出しておくことで、降伏震度の簡易推定が可能と考えた。降伏震度と残留変位量の相関付けに用いた擬似盛土モデルにより最小降伏震度を算出し、 $c$ ,  $\phi$  と最小降伏震度との関係を示した一例を図-2 に示す。図-2 は擬似盛土 M の結果を示している。各擬似盛土モデルにおける  $\phi$  を一定としたときの  $c$  と最小降伏震度の関係、 $c$  を一定としたときの  $\phi$  と最小降伏震度の関係にはそれぞれ強い相関性が見られる。降伏震度と  $c$  の関係は式(3)で表すことができ、式(3)中の定数項  $a$ ,  $b$

キーワード 道路盛土, ニューマーク法, 残留変位量, 降伏震度, 簡易推定法

連絡先 〒567-0032 大阪府茨木市西駅前町 5-26 西日本高速道路エンジニアリング関西(株) TEL072-658-2420

は  $\phi$  により変化するため、式(4)となる。

$$k_y = a \cdot c + b \tag{3}$$

$$k_y = (A \cdot \phi + B) \cdot c + (C \cdot \phi + D) \tag{4}$$

$$= A \cdot c \cdot \phi + B \cdot c + C \cdot \phi + D$$

式(4)の定数項  $A \cdot B \cdot C \cdot D$  は表計算ソフトのソルバー機能を使って算出し、各擬似盛土モデルでの  $c$ 、 $\phi$ 、 $k_y$  の関係を示す近似式を求めた。各擬似盛土モデルの定数項を表-1に示す。盛土高と  $c$ 、 $\phi$  が決まれば、式(4)より最小降伏震度を求め、式(1)(2)より残留変位量を推定することが可能となる。

### 3. 簡易推定法の適用について

Newmark 法と簡易推定法により求めた実盛土における残留変位量を比較する。表-2に対象盛土の  $c$ 、 $\phi$  とせん断強度の一般値を示す。机上調査段階では盛土材料に応じた一般値<sup>2)</sup>を用いることとなるため、一般値から求める  $k_y$ 、 $\delta$  についても比較する。図-3にNewmark法と簡易推定法で求めた降伏震度  $k_y$  の比較図を示す。図-3では詳細調査結果および一般値から求めた  $k_y$  は概ね同等の値で、一般値から求めた  $k_y$  はNewmark法より小さくなる傾向が見られる。図-4にNewmark法と簡易推定法で求めた残留変位量  $\delta$  の比較図を示す。図-4(a)は残留変位量が0.3m以下の結果を、図-4(b)は残留変位量が4m以下の結果を示した。図-4(a)では、詳細調査結果および一般値から求めた  $\delta$  は概ね同等の値であり、一般値から求めた  $\delta$  は安全側の評価となっている。図-4(b)では、残留変位量が許容変位量<sup>1)</sup>を超える大きな値の場合についても一般値を用いた簡易推定法は安全側の値を示している。

### 4. まとめ

これまでに筆者らが提案した残留変位量の簡易推定法について、盛土高と  $c$ 、 $\phi$  から最小降伏震度  $k_y$  を求める近似式を新たに示した。さらに、実盛土における耐震性評価結果を基に、Newmark法と簡易推定法の両手法で求めた降伏震度  $k_y$  と残留変位量  $\delta$  を比較し、簡易推定法の適用について検討した。

その結果、詳細調査から得た  $c$ 、 $\phi$  と一般値を用いた簡易推定法による  $k_y$ 、 $\delta$  は概ね詳細調査結果を用いたNewmark法と同等の値で、一般値を用いた  $\delta$  の推定値は安全側の値を示した。以上より、事前の机上調査段階での盛土の耐震性評価においては、提案した簡易推定法は有効な手法の一つであることが示唆された。

**参考文献** 1) 三好忠和, 常田賢一: 盛土の耐震性評価における地震動の影響と残留変位量の簡易推定法について, 第35回土木学会地震工学研究発表会講演論文集, 2015. 2) 東日本高速道路(株), 中日本高速道路(株), 西日本高速道路(株): 設計要領 第一集 土工編, p.149, 2015.

表-1  $c$ ・ $\phi$ と  $k_y$ の関係を示す近似式の定数項一覧

	盛土S(H=10m)	盛土M(H=20m)	盛土L(H=27m)
A	-6.44E-05	-4.11E-05	-2.80E-05
B	1.69E-02	1.02E-02	7.99E-03
C	1.89E-02	1.88E-02	1.86E-02
D	-4.18E-01	-4.47E-01	-4.52E-01
R <sup>2</sup>	0.994	0.998	0.998

表-2 対象盛土の  $c$ ・ $\phi$ とせん断強度の一般値

	盛土高(m)	盛土材	詳細調査結果			一般値	
			$\sigma_r$ (%)	$c$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\phi$ (°)	$c$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\phi$ (°)
E-1	7.0	礫質土	100	14.2	31.2	0	40
			59	62.2	33.2		
E-2	24.0	礫質土	100	100.5	13.2	0	40
			90	169.5	23		
E-3	22.0	粘性土	100	22.9	13.2	25※	15
			87	90.9	14.4		
E-4	14.5	礫質土	100	60.7	14.6	0	40
			88	150.3	23.2		
E-5	13.0	礫質土	100	15.3	33.4	0	40
			61	38.6	33.7		

※: 簡易動的コーン貫入試験による平均Nd=7から換算

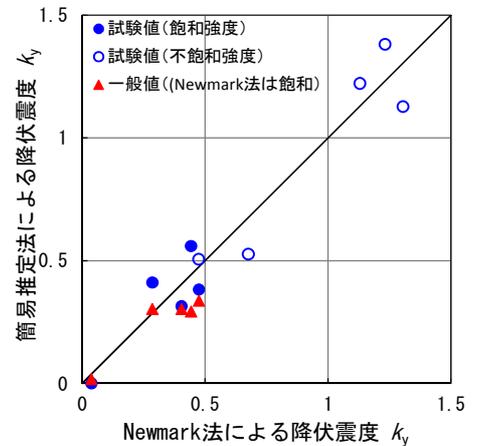


図-3 Newmark法と簡易推定法による降伏震度の比較

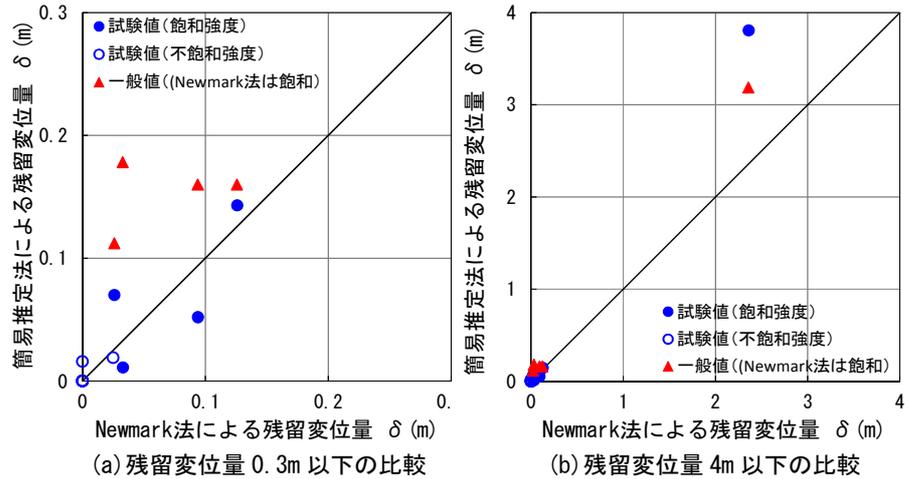


図-4 Newmark法と簡易推定法による残留変位量の比較