

GIS および常時微動を用いた傾斜地盤上の盛土の抽出方法の検討

東海旅客鉄道株式会社 正会員 ○阪本泰士
東海旅客鉄道株式会社 フェロー 関 雅樹

1. はじめに

近年大規模地震の発生が危惧されている。これに対し、阪本ら¹⁾は、地理情報システム (GIS) を用い、鉄道盛土の耐震補強箇所の選定に必要な盛土・地盤情報を網羅した「鉄道盛土地盤情報システム」を構築している。本システムは傾斜地盤情報を盛り込んでいることが特徴の一つである。傾斜地盤上の盛土は過去多くの被災が発生しており、注意を要するものである。東海道新幹線では、傾斜地盤上の盛土は大部分軟弱地盤上の盛土の中で耐震検討がなされているが、軟弱地盤に含まれないものの中に一部存在する可能性があるため、検討を行うこととした。傾斜地盤の判読は地形図等では困難であり、常時微動を用いた方法が那須²⁾により提案されている。阪本ら¹⁾は、過去の被災事例から傾斜角度が一定角度以上であると被災頻度が大きくなる傾向にあるという知見を得るとともに、常時微動を用いた傾斜地盤上の盛土の抽出方法の適用を東海道新幹線の盛土で行っている。

本稿では、過去の被災事例のより詳細な調査を行うとともに、東海道新幹線の400の盛土にて常時微動調査を行い傾斜地盤の抽出を行った。今回常時微動データおよび推定される傾斜地盤情報を再度 GIS に導入することにより、さらにシステムの性能向上を図った。

2. 被災事例調査による傾斜地盤の閾値検討

土木学会地震工学委員会³⁾では、十勝沖地震('68)，宮城沖地震('78)，日本海中部地震('83)，釧路沖地震('93)，北海道南西沖地震('93)，北海道東方沖地震('94)，三陸はるか沖地震('94)，兵庫県南部地震('95)の計8地震について、47件の被災事例について分析を行っている。このうち、傾斜角度が判明している事例は27件である。これに加え、兵庫県南部地震の更なる情報10件⁴⁾および新潟県中越地震の情報9件⁵⁾の合計46件の、図-1の被災パターン別に傾斜角度分析を行った。II型については、地震工学委員会の27件はII(1)型、II(2)型の区別が可能であるが、追加の19件については、区別がつかないため、ともに「II型」として整理した。図-2に結果を示す。その結果、I型、II型では傾斜角度が10度以上となると、被災事例が多くなること、またIII型・IV型では0度付近の事例が多いことが分かった。これより、I型、II型のような円弧すべりに起因する被災は傾斜地盤上の盛土の方がより被災しやすいということ、また、III型、IV型のような液状化に起因する被災は傾斜地盤で特に発生しやすいわけではないということが言える。今回東海道新幹線の傾斜地盤上の盛土において、この傾斜角度10度を傾斜地盤抽出の閾値の一応の目安と考えることとした。

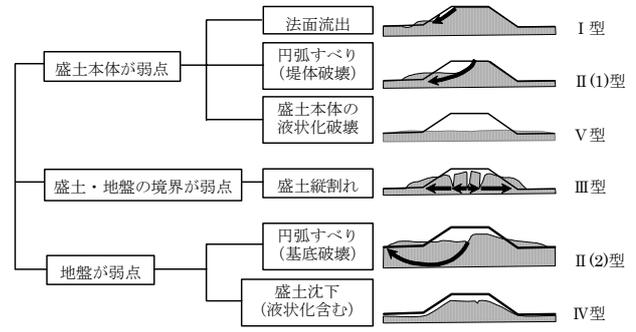


図-1 鉄道盛土の被災パターン

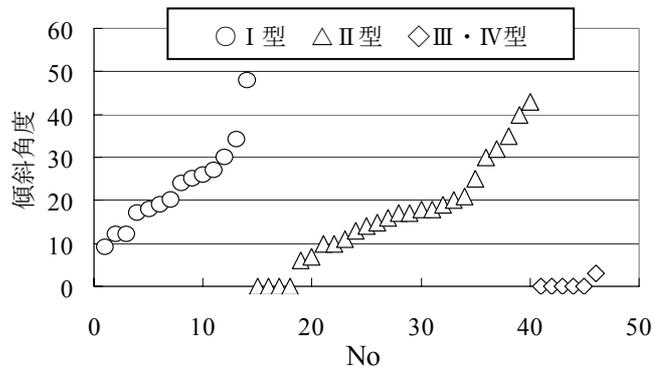


図-2 被災パターン別に分類した各被災事例の傾斜角度

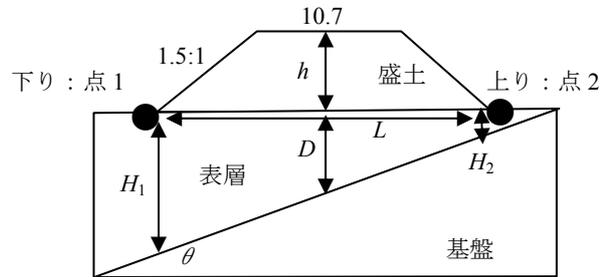


図-3 傾斜角度の計算方法

3. 地震時要注意傾斜地盤の抽出

(1) 傾斜角度の算出

図-3に傾斜地盤上の盛土の断面図を示す。盛土左右のり尻点1、点2でそれぞれ常時微動を測定し、それぞれのH(水平)/V(鉛直)スペクトルから卓越周波数 f (f_1 : 下り, f_2 : 上り)を求める。さらに $f=Vs/4H$ (f : 卓越周波数, Vs : せん断波速度, H : 層厚)の関係などから、傾斜角度 θ は、次式で算出される。

$$\theta = \frac{180}{\pi} \tan^{-1} \left(\frac{2D \left(\frac{f_1}{f_2} - 1 \right)}{L \left(\frac{f_1}{f_2} + 1 \right)} \right) \dots (A)$$

キーワード GIS, 常時微動, 傾斜地盤, 盛土

連絡先 〒485-0801 愛知県小牧市大山 1545-33 東海旅客鉄道株式会社総合技術本部技術開発部

(2)常時微動測定結果

東海道新幹線の400の盛土において行った結果から、傾斜地盤上の盛土と考えられるものについて一部表-1に示す。表-1中のNo.4の断面図を図-4に示すが、上り側から下り側への傾斜地盤となっている。ここでの常時微動の波形を図-5に示す。上り側(4.9Hz)が下り側(2.3Hz)より高いことから、 $f=Vs/4H$ の関係より表層厚は上り側が薄く下り側が厚いということが導かれ、実際の断面と同様の傾向を示していることが分かる。常時微動による傾斜地盤の判定手法としての妥当性が確認できる一例である。なお、式(A)より傾斜角度は25度と算出される。一方水平地盤における常時微動の波形を図-6に示す。下り上りの波形および卓越周波数がほぼ等しいことが分かる。

(3)GISを用いた傾斜地盤の抽出

東海道新幹線の400の盛土において常時微動を計測し傾斜地盤を抽出した。本情報を「鉄道盛土地盤情報システム」に追加登録し、システムの性能を向上させた。図-7にシステム構成図を示す。今後は傾斜角度情報だけでなくGISに内包されている表層厚や地盤の硬軟等の情報などから抽出方法の精度を高めていく。

4. まとめ

東海道新幹線の400の盛土において常時微動を計測し傾斜地盤を抽出した。本情報を「鉄道盛土地盤情報システム」に追加登録し、システムの性能を向上させた。

参考文献

- 1) 阪本泰士, 関雅樹, 永尾拓洋, 伊藤義人: GIS および常時微動を用いた傾斜地盤上の盛土の耐震評価方法の検討, 土木学会第61回年次学術講演会, VI-267, 2006.9.
- 2) 那須誠, 羽矢洋: 地震被害盛土の振動応答と地盤構造の関係—常時微動と列車振動の現場調査結果—, 鉄道総研報告, Vol.6, No.4, 1992.4.
- 3) 土木学会地震工学委員会: 高地震力に対する土構造物の耐震設計法に関する研究報告, 2000.9.
- 4) 沖村孝, 二木幹夫, 岡本敦, 南部光広: 兵庫県南部地震による宅地地盤被害と各種要因との関係分析, 土木学会論文集, No.623/VI-43, pp.259-270, 1999.6.
- 5) 沖村孝, 鳥居宣之, 大藪剛士, 田中博文, 中村幸一: 新潟県中越地震による宅地造成地の被害原因に関する考察: 地盤工学研究発表会発表講演集, No.1071, 2005.7.

表-1 傾斜地盤上の盛土の一例

No	盛土高	表層厚	下り (Hz)	上り (Hz)
1	1.3	7.1	0.8	2.9
2	5.3	21.2	2.3	6.4
3	5.3	20.2	2.0	5.7
4	4.5	15.4	2.3	4.9
5	2.2	20.0	6.8	1.8

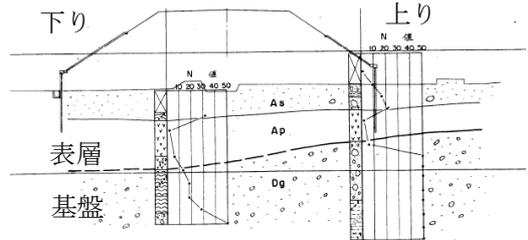


図-4 傾斜地盤上の盛土の一例 (断面図)

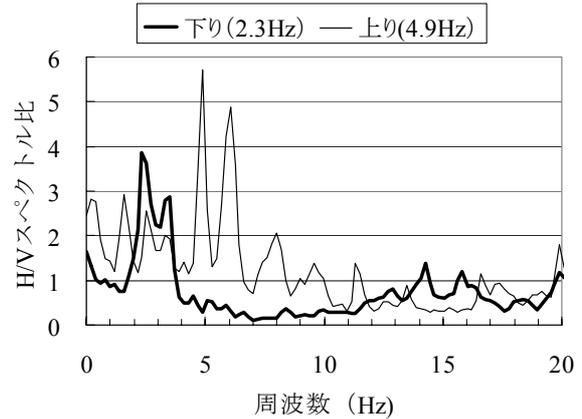


図-5 傾斜地盤上の盛土の一例 (常時微動)

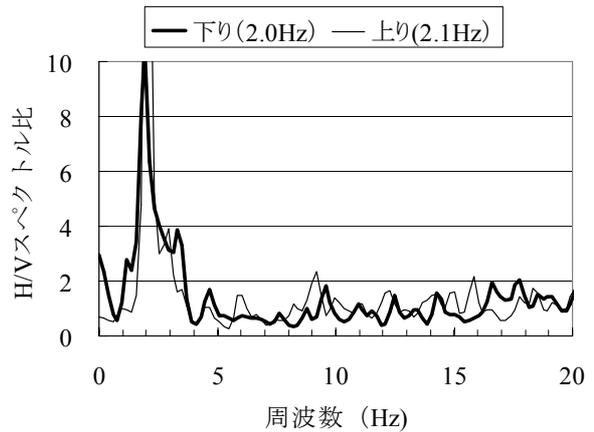


図-6 水平地盤上の盛土の一例 (常時微動)

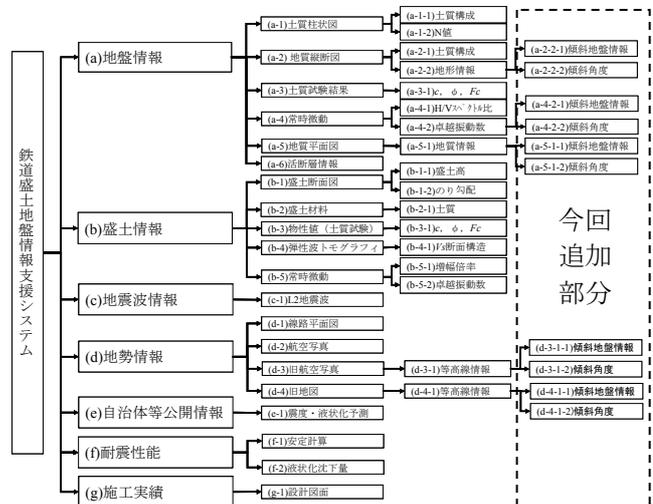


図-7 鉄道盛土情報支援システム構成図