

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

東海旅客鉄道㈱ 正会員 ○阪本泰士
 東海旅客鉄道㈱ フェロー 関 雅樹
 東海旅客鉄道㈱ 正会員 永尾拓洋
 名古屋大学 フェロー 伊藤義人

1. はじめに

近年、東海、東南海、および南海地震等の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、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「東海道新幹線盛土地盤情報システム」を構築している。開発中の GIS の性能をさらに向上させるものとして、傾斜地盤情報が挙げられる。理由として傾斜地盤上の盛土は過去多くの被災が発生しており、重要であることが分かったためである。過去の被災事例を整理した結果、傾斜角度が 10 度以上であると被災頻度が大きくなる傾向にある。今回、常時微動データを用いて傾斜角度情報をこのシステムに追加した。JR 東海では、東海道新幹線の沿線 100m 毎に常時微動データを保有しており、全データを既存の GIS に導入している。東海道新幹線の常時微動データを用い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る。

2. 過去事例による傾斜地盤上の盛土の耐震評価

既往の研究によれば鉄道盛土の被災パターンは図-1 に示す 3 型に分類される。このような被害は地震動のレベルにもよるが、軟弱地盤や液状化地盤上の盛土に多く発生しており、他にも傾斜地盤や高盛土等の要因により大きな被害に結びつく。土木学会の地震工学委員会²⁾では、兵庫県南部地震（'95）等計 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、傾斜地盤上の盛土における事例は約 1/3 の 15 件である。

次にこれら 15 件の被災パターン別の基盤傾斜角度と盛土沈下率（盛土沈下量 / 盛土高）との関係を図-2 に示す。いずれの事例も傾斜角度が 10 度を超過している。これより傾斜角度が 10 度を要注意箇所の閾値として考えることとする。傾斜地盤には表層傾斜地盤と基盤傾斜地盤の 2 つがある。表層傾斜地盤については現場の状況や盛土断面図から、基盤傾斜地盤については、土質柱状図、地質縦断図、地質平面図、常時微動測定から傾斜角度を推定することが可能である。

3. 地震時要注意傾斜地盤の抽出

(1) 常時微動測定による傾斜状況の推定

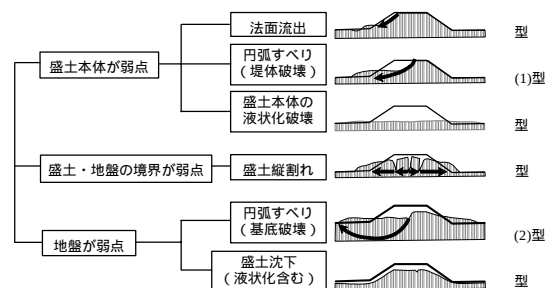


図-1 鉄道盛土の被災パターン

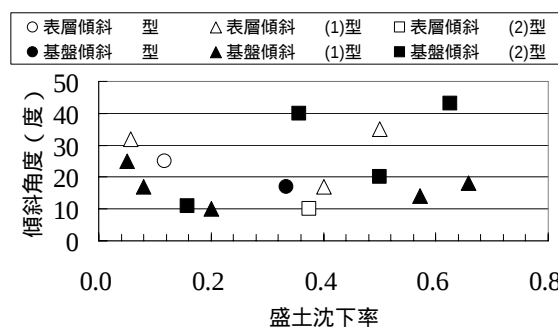


図-2 盛土沈下率と傾斜角度の関係

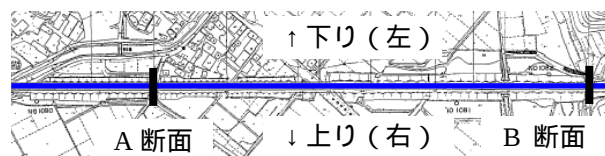


図-3 東海道新幹線線路平面図（盛土区間）

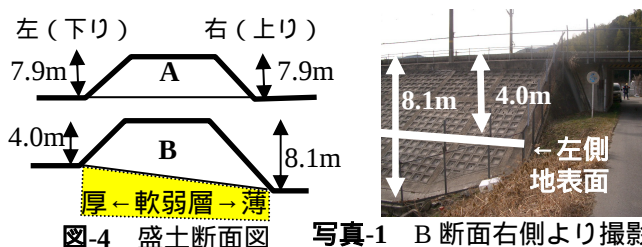


図-4 盛土断面図 写真-1 B断面右側より撮影

図-3は東海道新幹線の線路平面図である。当該箇所は表層地盤が軟弱地盤であり、その上に盛土が存在するところである。図-3のA,B断面の断面図を図-4に、B断面の現地の状況を写真-1に示す。図-4より、B断面は左右対称ではなく、表層地盤が傾斜している傾斜地盤上の盛土であることが分かる。基盤が傾斜しているかどうかを調べるために、各断面の左右ののり尻部において常時微動測定を行った。各断面における左右（それぞれ下り線側、上り線側）のH/V（水平/鉛直）スペクトル^{3),4)}を図-5に示す。

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

A断面については左右の波形および卓越周波数がほぼ等しいのに対し、B断面は右側の方が左側より0～10Hzにおける卓越周波数が多く、10Hz以上の高周波数域が比較的大きい。これは、 $F=V_s/4h$ (F :卓越周波数, V_s :せん断波速度, h :層厚)の関係からも分かるとおり、右側の方が軟弱層厚が小さいことに起因すると推測される。東海道新幹線の1盛土に約1本存在するボーリングデータより V_s を推定し、これと左右の常時微動の卓越周波数 F から左右の軟弱層厚 h を求め、これと左右の水平距離から基盤傾斜角度を推定することができる。

(2)推定値の実測値との比較

図-3のB断面には図-6のとおり近傍の左右のボーリングデータがある。左側と右側は標高1mから上の軟弱層では左から右への傾斜が見られるものの、標高1mの基盤面は左右でほぼ等しい。つまり、B断面は表層傾斜ではあるが、基盤傾斜ではない。軟弱層厚は左が8.8m、右が4.7mである。これらが常時微動測定結果からも導かれるか検証してみる。 N 値から V_s に換算する式として粘性土 $V_s=100N^{1/3}$ 、砂質土 $V_s=80N^{1/3}$ を用い V_s を算出し、左右の F がそれぞれ3.9Hz、5.4Hzであることから、 $F=V_s/4h$ の関係を用いると、左右の h はそれぞれ、9.2m、5.8mと推定される。これらの推定値は、実際の軟弱層厚8.8m、4.7mにほぼ等しく、左右の推定値差の3.4m(9.2-5.8)は左右の実際の軟弱層厚差4.1m(8.8-4.7)、さらに盛土左右の標高差4.1m(8.1-4.0)とほぼ等しい。また左右の軟弱層厚差の実際の値と推定値との差0.7m(4.1-3.4)は盛土左右の幅(28.85m)から考えれば無視できるほど小さいので、推定値は実測値とほぼ等しいと言える。このように、基盤傾斜は常時微動より確認できることが明らかになった。

(3)GISを用いた要注意傾斜地盤の抽出

これまでの議論から傾斜角度は、土質柱状図、地質図、盛土断面図、常時微動データ等の地盤・盛土情報、線路平面図、航空写真や旧地図による地図情報等の活用により推定が可能である。これらの情報は、図-7のとおり、「東海道新幹線盛土地盤情報システム」に組み込まれている。常時微動データは東海道新幹線の沿線100m毎に保有している。本システムは耐震補強箇所の選定を行うことを目的としてGIS化されたものであるが、東海道新幹線のこれらの情報を用い、傾斜地盤情報を入手することができた。同時に従来のシステムに傾斜地盤情報を付加し、機能向上を図ることができた。

4. 結論

- (1)傾斜地盤上の盛土の要注意箇所の抽出基準を傾斜角度10度以上とすることとした。
- (2)GISに導入されている東海道新幹線の沿線100m毎に存在する常時微動情報等を用いて傾斜角度情報を取得した。これより「東海道新幹線盛土地盤情報システム」の性能向上を図ることができた。

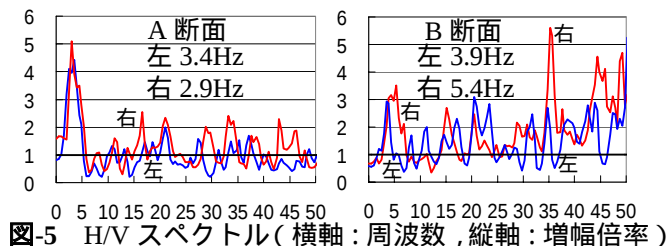


図-5 H/V スペクトル(横軸:周波数,縦軸:増幅倍率)

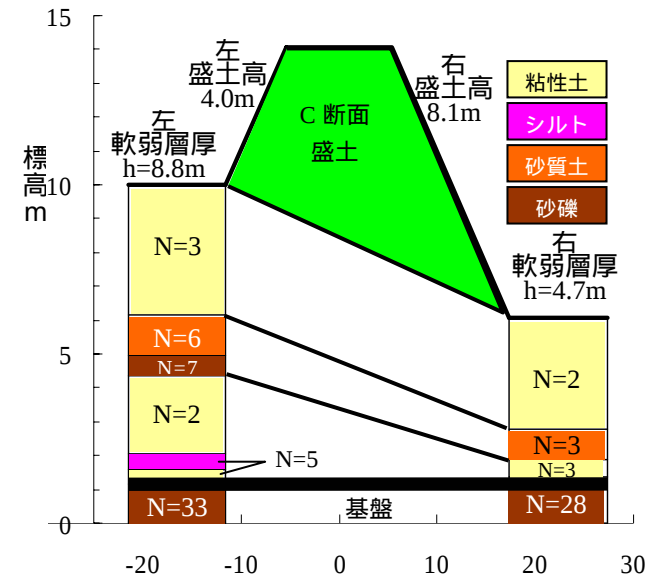


図-6 B断面の推定地盤断面図

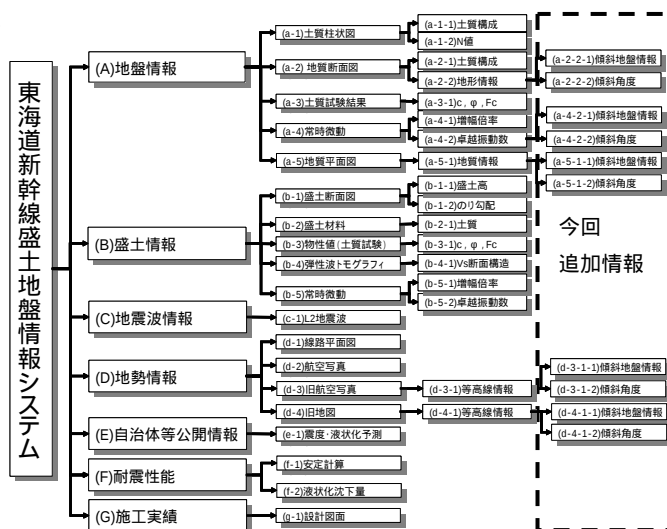


図-7 東海道新幹線盛土地盤情報システム構成図

参考文献

- 1)阪本泰士, 関雅樹, 永尾拓洋, 伊藤義人: 鉄道盛土の耐震補強箇所選定のための情報支援システムの構築とその利用, 構造工学論文集, Vol51A, 1093-1102, 2005.3.
- 2)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.
- 3)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, 鉄道総研報告, Vol.6, No.4, 17-26, 1992.4.
- 4)中村豊, 滝沢太郎, 富田健司, 齋田淳, 西永雅行: 常時微動による地盤変状予測の試み, 鉄道総研報告, Vol.7, No.10, 63-72, 1993.10.