

道路盛土の耐震性能評価における動的パラメータの推定に関する一考察

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

西日本高速道路(株) 正会員 田久 勉

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・大規模修繕では、道路盛土についても評価対象となっている。盛土の評価は、地震時の安定性を要求性能レベルに応じた変形量で評価している。盛土の地震時残留変位量の解析手法には、円弧すべり計算に地震加速度波形を考慮し、すべり土塊の剛体変形量を算定するニューマーク法（以下、従来型ニューマーク法と呼ぶ）が用いられている。また、高さ 30m 程度以上の高盛土や傾斜地盤など不整形地盤上の盛土は、地表面とは異なる応答が予想されることから、動的 FEM によりすべり土塊の加重平均加速度の地震動である等価加速度波形を算出し、ニューマーク法の入力波形としている（以下、NEXCO 型ニューマーク法と呼ぶ）。

しかし、評価対象となる既設盛土の数は膨大であり、すべてにおいて詳細調査と耐震性能の評価を行うことは困難である。これまでに危険な盛土のり面を抽出する概略検討に、残留変位量の簡易推定法¹⁾が有効であることを示した。NEXCO 型ニューマーク法では、従来型ニューマーク法の 2～3 倍程度の残留変位量が算出されるとされているが、等価加速度波形は盛土の構造条件や土質により増幅の程度に差があり、盛土ごとに動的 FEM のための動的パラメータが必要である。一方、道路盛土は盛土材料ごとに施工管理基準が規定されていることから、自然地盤に比べて土質による骨組構造の強さの差は小さいと考えられる。高速道路盛土の力学性能について原位置試験結果を整理した実態調査²⁾では盛土材料ごとに盛土の強度特性が示されている。

本研究の目的は、盛土材料から推定した動的パラメータの NEXCO 型ニューマーク法への適用性および従来型ニューマーク法に対する盛土内の地震加速度増幅の程度を明らかにし、対象盛土抽出のための簡便な検討手法を確立するものである。本稿では、筆者らが行った

表-1 調査結果一覧

た盛土の詳細調査結果を盛土材料ごとに整理し、概略検討に用いる動的パラメータ推定の可能性を示した。

2. 詳細調査の概要

詳細調査は NEXCO 西日本関西支社管内の盛土で実施したもので、礫質土・砂質土・粘性土（脆弱岩由来）についてボーリング調査、PS 検層および室内土質試験を行った。湿潤密度はボーリングコア重量から推定した。

3. 原位置試験結果

詳細調査の結果を表-1 に示す。同表には PS 検層により得られた S 波速度 (V_s)、ポアソン比 (ν)、せん断剛性率 (G) および弾性係数 (E) を示している。表-1 からは、原位置試験で得られた ν は設計要領に示されている一般値（砂礫 0.33・砂質土 0.45）と概ね同等の値を示している。

	土質	ρ_t (g/m ³)	V_s (m/s)	ν	G (kN/m ²)	E (kN/m ²)
盛土1	砂礫層1	1.94	120	0.362	27,936	76,098
	砂礫層2	1.94	120	0.362	27,936	76,098
	砂礫層3	1.94	160	0.362	49,664	135,285
	砂礫層4	1.94	180	0.469	62,856	184,671
	砂礫層5	1.94	260	0.449	131,144	380,055
	粘性土層1	1.80	120	0.469	25,920	76,153
	粘性土層2	1.80	120	0.469	25,920	76,153
	粘性土層3	1.80	160	0.469	46,080	135,383
	粘性土層4	1.80	180	0.469	58,320	171,344
	粘性土層5	1.80	260	0.469	121,680	357,496
盛土2	砂礫層1	2.17	210	0.322	95,697	253,023
	砂礫層2	2.17	210	0.322	95,697	253,023
	砂礫層3	2.17	210	0.322	95,697	253,023
	砂礫層4	2.17	370	0.431	297,073	850,223
	砂礫層5	2.17	320	0.482	222,208	658,625
盛土3	砂礫層1	2.10	270	0.362	153,090	417,017
	砂礫層2	2.10	270	0.362	153,090	417,017
	砂礫層3	2.10	270	0.362	153,090	417,017
	砂礫層4	2.10	350	0.413	257,250	726,989
	砂礫層5	2.10	380	0.449	303,240	878,790
盛土4	砂質土層1	1.88	110	0.471	22,700	66,900
盛土5-1	砂質土層1	2.10	230	0.483	111,000	329,000
	砂質土層2	1.81	230	0.483	95,700	284,000
	砂質土層3	1.93	190	0.484	69,700	207,000
盛土5-2	砂質土層1	1.77	220	0.478	85,700	253,000
	砂質土層2	1.85	180	0.482	59,900	178,000
盛土5-3	砂礫層1	2.10	210	0.467	92,600	272,000
	粘性土層2	1.80	180	0.479	58,300	173,000

キーワード 道路盛土, ニューマーク法, 残留変位量, S 波速度, せん断剛性
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) TEL072-631-5334

表-2 盛土材料ごとの動的パラメーター一覧

土質	V_s (m/s)	V_s^* (m/s)	ν	G (kN/m ²)	E (kN/m ²)
砂質土層	190	120~380	0.480	74,000	220,000
砂礫層	240	100~630	0.390	120,000	337,000
粘性土層	170	97~284	0.470	56,000	165,000

 ν_s^* : 文献 2) の概略値

表-3 セン断定数の設定

土質	γ_t (kN/m ³)	c (kN/m ²)	ϕ (度)
詳細検討 (三軸CU)	19.0	不飽和: 60.5 飽和: 25.0	不飽和: 16.2 飽和: 0.0
概略検討 (粘性土)	18.0	50	15

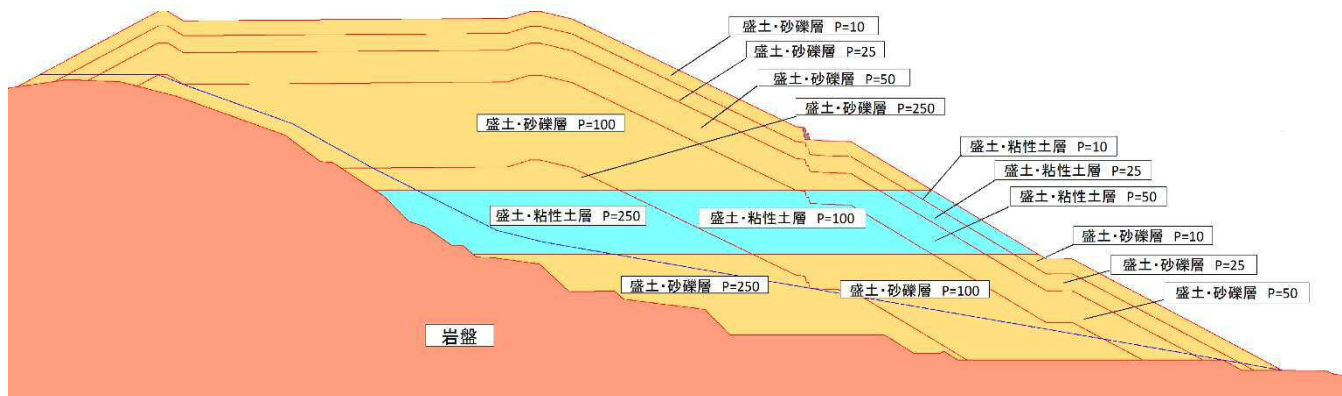


図-1 解析モデル図

表-1 の物性値を盛土材料ごとに平均したものを表-2 に示す。表-2 には文献 2) の結果を併記している。今回実施した PS 検層結果は文献 2) の概略値と整合しており、盛土材料に応じて動的パラメータの概略値を推定することが可能であることを示唆している。

4. ニューマーク法による検証例

詳細調査を実施した実盛土に盛土材料から推定した動的パラメータを適用し、適用性を検証する。詳細調査結果を用いた場合を詳細検討、推定したパラメータを用いた場合を概略検討と呼ぶこととする。検証に用いた盛土のモデル図を図-1 に示す。対象の盛土は表-1 にある盛土 1 で、脆弱岩による盛土である。盛土は砂礫層と粘性土層からなり、脆弱岩由来の排水し難い層が主体である。詳細検討の動的パラメータは表-1 に示すとおりで、せん断定数は詳細調査で実施した CU 三軸圧縮試験結果による。検討に用いたせん断定数を表-3 に示す。概略検討ではボーリング調査を実施していない場合が多いことから図-1 のような層区分はせず、盛土材料から推定できる粘性土のみとし、せん断定数についても設計要領にある一般値を用いた。検討結果を図-2 に示す。等価加速度波形は図中のすべり円弧における加重平均として求め、ニューマーク法の入力地震動波形とした。残留変位量は、詳細検討で 1.02m、概略検討で 1.22m であった。概略検討では、動的パラメータだけでなく、せん断定数も一般値からの推定値としていることを考慮すると、概略検討による残留変位量は、詳細検討結果に対して妥当な値であると考えられる。

5. まとめ

今回、筆者らが行った盛土の詳細調査結果を盛土材料ごとに整理し、動的パラメータの推定について検証した。その結果、以下の知見が得られた。(1)盛土材料により区分した動的パラメータは既往の研究と整合している。(2)脆弱岩盛土では、推定した動的パラメータによる概略検討結果は、詳細検討結果に対して妥当な値であった。(3)以上から動的パラメータの推定が可能であることが示唆され、概略検討では有用であると考えられる。今後は、脆弱岩以外についても検証するとともに、概略検討における動的パラメータの推定の適用性を明らかにしていく。

参考文献 1) 三好忠和, 常田賢一: 道路盛土の耐震性評価における残留変位量簡易推定法の適用, GeoSymposium2016, pp.113-118, 2016. 2) 山辺晋, 黛廣志, 三嶋信雄, 長尾和之, 北村佳則, 加藤喜則, 藤岡一頼: 原位置試験から推定される高速道路盛土の力学性能～実態調査～, 第 39 回地盤工学研究発表会, No.657, 2004.

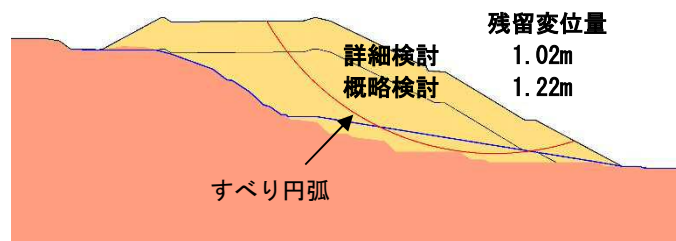


図-2 検討結果