

盛土の地震時残留変位に及ぼす設計地震動の影響

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 正会員 常田 賢一

1. はじめに

2009年に発生した駿河湾を震源とする地震により、東名高速道路において盛土のり面が崩壊した。これを契機として、盛土のり面緊急点検が実施され、特に危険性の高い盛土については詳細調査・耐震性評価を行ってきた。その際、残留変位量による耐震性評価はニューマーク法によっているが、一般的には安全側とみなされる設計地震動が用いられている¹⁾。しかし、2011年に発生した東北地方太平洋沖地震を受けて設計地震動が見直され、地震動は継続時間が長く最大加速度も大きくなった。そのため、見直された地震動を用いると、従来は安全側とみなされていた地震動よりも残留変位量が大きく算定されることが懸念された。

筆者らは、道路および関連施設の盛土のり面を対象に、タイプの異なる地震動について、地震応答解析およびニューマーク法により耐震性評価を行い、残留変位量と影響素因との相関を明らかにした²⁾。本稿では新たにサンプル数を追加し、設計地震動のタイプのちがいによる残留変位量の大小関係について精査した。

2. 対象盛土と検討条件

検討対象とした盛土の断面図を図-1に、各盛土の地盤定数を表-1に示す。設計地震動には「道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編(平成24年3月)」に示されているプレート境界型地震を想定したタイプIと、内陸直下型地震を想定したタイプIIの地震動を地盤種別に応じて用いた。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、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地震応答解析により算出し、ニューマーク法を行う際の地震動波形として用いた²⁾。等価加速度波形は傾斜地盤上にある盛土Bと盛土Cに用いた。

残留変位量と影響素因との相関を定量的に評価するには、多様な構造条件の盛土を対象に検討する必要がある。しかし、これまでに詳細調査および耐震性評価を実施した盛土の中で残留変位量が50cmを超えるケースはほとんどなく、本検討の対象にはならなかった。そこで、盛土Aと盛土Bについて小段ごとに算出したすべり円弧の残留変位量を新たにサンプルとして追加した。図-1の断面図には残留変位量を算出したすべり円弧を記載した。

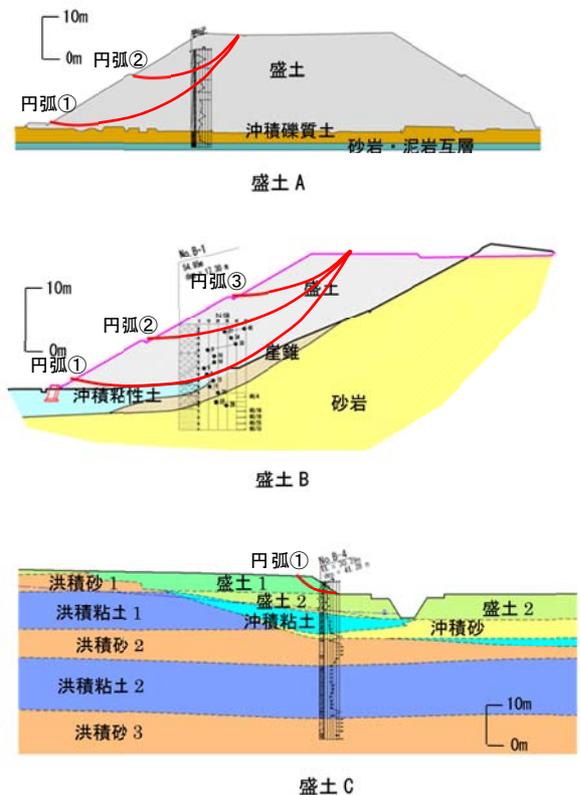


図-1 対象盛土断面図とすべり円弧

3. 降伏震度と残留変位量との相関

残留変位量に与える影響素因の一つとして降伏震度 k_y を挙げ、その相関性についてこれまで検討してきた。タイプIの地震動とタイプIIの地震動による残留変位量と同じになる降伏震度と残留変位量をそれぞれ k_{yc} , δ_{yc} と定義し、盛土の要求性能として設定する許容変位量と δ_{yc} の大小関係が、タイプIとタイプIIの地震動の適用の可否に関係することを示唆した²⁾。ここでは、各盛土の小段ごとに算出したすべり円弧の残留変

キーワード 道路盛土, 地震動, 地震応答解析, ニューマーク法, 残留変位量

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

表-1 対象盛土の地盤定数一覧

		湿潤単位体積重量 (kN/m ³)	粘着力 (kN/m ²)	内部摩擦角 (°)	備考
盛土A	盛土 (砂混じり礫質粘土)	20.7	22.9	13.2	Sr=100%
			90.9	14.4	Sr=87%
	沖積礫質土	19.0	0.0	35.0	
	砂岩・泥岩互層	21.0	500.0	0.0	
盛土B	盛土 (粘性土質礫質砂)	18.3	3.7	30.9	Sr=100%
			7.6	34.9	Sr=65%
	崖錐	20.9	0.0	32.0	
	沖積粘性土	20.3	0.0	32.0	
	砂岩	21.0	500.0	0.0	
盛土C	盛土1 (粘性土質礫質砂)	18.8	3.2	26.5	Sr=100%
			3.9	31.1	Sr=50%
	盛土2 (玉石混じり砂礫)	19.1	0.0	30.4	Sr=100%
			3.8	33.4	Sr=50%
	沖積砂	19.2	0.0	30.0	
粘土	19.0	90.0	0.0		

表-2 残留変位量算定結果一覧

	円弧	Sr (%)	降伏震度 ky	残留変位量 (cm)	
				タイプI	タイプII
盛土A	①	100	0.038	481.47	250.50
		87	0.474	1.00	2.33
	②	100	0.248	16.13	24.30
		87	1.223	0.00	0.00
盛土B	①	100	0.195	53.57	75.57
		65	0.221	39.97	62.43
	②	100	0.178	114.33	144.7
		65	0.303	32.43	68.5
	③	100	0.257	58.3	100.8
		65	0.412	14.87	42.67
盛土C	①	100	0.134	166.17	135.67
		50	0.268	36.10	50.73

位置を加え、再評価を行った。表-2 に対象盛土の各円弧における残留変位量算定結果の一覧を示す。タイプ I の地震動の3波およびタイプ II の地震動の3波についてニューマーク法によるすべり円弧解析を行い、それぞれ3波の平均により残留変位量を求めた。また、降伏震度 ky と残留変位量 δ との関係を図-2 に示す。図-2 には、許容変位量として 100cm と 50cm の2例を示した。

降伏震度 ky と残留変位量 δ との相関性について地震動のタイプ別に近似曲線を示し、近似曲線の交点から kyc と δ yc を求めた。本検討では kyc は 0.2234, δ yc は 82.2cm と推定され、許容変位量の値によっては適用した地震動のタイプが危険側となる場合も想定される。また、近似曲線の交点付近は、地震動のタイプ別残留変位量の大小関係にばらつきがある(図-2 の着色範囲)。このために境界値は明確ではないが、降伏震度が kyc に近い範囲で地震動のタイプ別残留変位量の大小関係が逆転する傾向がある。

4. まとめ

本検討では、同じ盛土内での異なるすべり円弧により残留変位量を算定し、降伏震度と残留変位量の相関について精査した。その結果、降伏震度が小さい範囲ではタイプ I の地震動による残留変位量が、降伏震度が大きい範囲ではタイプ II の地震動による残留変位量が大きくなる傾向は認められた。タイプ I の地震動とタイプ II の地震動による残留変位量が同じになる降伏震度 kyc とその時の残留変位量 δ yc は一義的ではなく、タイプ I とタイプ II の地震動による残留変位量の大小関係が逆転する境界は幅をもった範囲となり、この範囲では注意が必要である。

盛土の要求性能として設定する許容変位量と δ yc の大小関係は、タイプ I とタイプ II の地震動の適用の要否に関係する。そのため、タイプ I とタイプ II の地震動による残留変位量の大小関係に留意し、特に図-2 の着色範囲では設計地震動の適用の要否に注意が必要である。

謝辞 本研究の実施に際し、実盛土の各種データを提供頂いた西日本高速道路株式会社 関西支社の関係者の皆様には、多大なるご協力を頂きました。ここに関係各位に感謝を申し上げます。

参考文献 1)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.622, 2012. 2)三好忠和, 常田賢一: 盛土の地震時残留変位に及ぼす地震動の影響に関する一考察, 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学) Vol. 70 No. 4 (地震工学論文集 Vol. 33), pp. I_1018-I_1031, 2014.

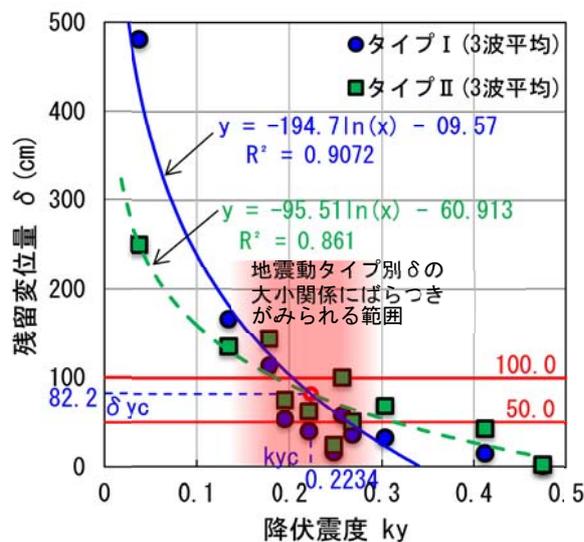


図-2 降伏震度と残留変位量の関係