

八千代エンジニアリング(株) 正会員 ○佐々木直也
 八千代エンジニアリング(株) 正会員 吉川 修一
 本州四国連絡高速道路(株)鳴門管理センター 非会員 越野 勝
 本州四国連絡高速道路(株)鳴門管理センター 非会員 角野 充

1. はじめに

現在、本州四国連絡高速道路株式会社では、盛土高さ、湧水の状況、過去の補修履歴等から耐震性能照査が必要な盛土のり面を選定しており、そのうちの一部の盛土のり面について土質調査、地下水位観測、耐震性能照査等を実施している。本報告は、兵庫県洲本市における神戸淡路鳴門自動車道の高速道路盛土のり面について、土質調査、水位観測、耐震性能照査を実施するとともに、L2地震動に対する安定対策工として、NEXCO 設計要領¹⁾に示されている盛土内浸透水排除工と盛土補強土工の設計を実施したので、その概要を報告するものである。

2. 現地調査

(1) 調査ボーリング 耐震性能照査を行う盛土のり面を図1, 図2に、室内土質試験結果を表1に示す。盛土上部はマサを起源とする砂質土層(平均N値15)、下部は切土で発生した大阪層群を起源とする粘性土層(平均N値14)からなり、基盤は大阪層群(N値50以上)である。盛土①は基盤が浅く30°程度傾斜している。盛土②の基盤は概ね平坦である。

(2) 地下水位観測 盛土内水位は砂質土層と粘性土層の2箇所に存在する。砂質土層と粘性土層で地下水位を観測し、降雨作用として盛土内水位を設定した。図4に示す地下水位観測結果から、砂質土層(Bs)は降雨に敏感に反応し、降雨後は速やかに水位低下する。粘性土層(Bc)は地下水が抜けにくいいため、飽和度が高く、盛土内水位も高い状態にある。

(3) 室内土質試験 室内土質試験の供試体は再構成試料を用いた。盛土の土質区分、飽和度に応じて飽和・不飽和三軸圧縮試験でせん断強度を設定した。また、盛土①は不整形地盤で地震応答解析+ニューマーク法を行うため、繰返し三軸試験を実施した。

3. 耐震性能照査

(1) 照査条件 現地調査結果を踏まえて、盛土の常時、降雨、地

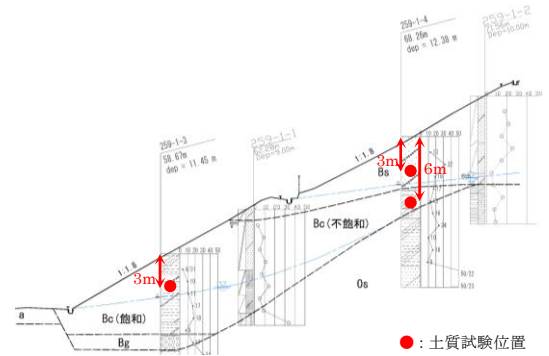


図1 盛土①の断面図

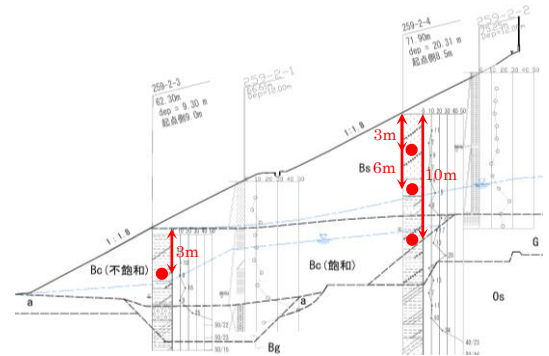


図2 盛土②の断面図

土質	凡例	N値	コア写真	
			四-59①② (ノンコア)	その他盛土 (オールコア幅20cm)
砂質土	Bs	平均15		
粘性土	Bc	平均14		

図3 Bs, Bc層のN値とコア写真

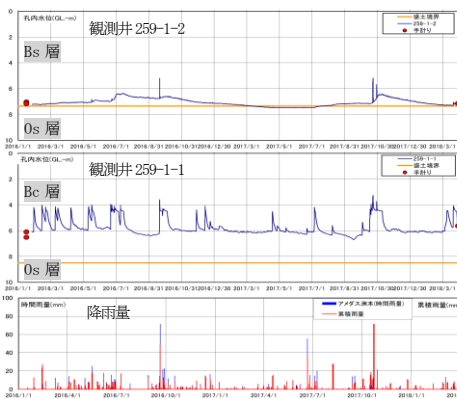


図4 地下水位観測結果(盛土①)

表1 室内土質試験結果

項目	盛土①			盛土②			
	Bs	Bc	Bs	Bc	Bs	Bc	Bc
採取深度 m	3.0	3.0	6.0	3.0	6.0	3.0	10.0
土粒子の密度試験 g/cm ³	2.68	2.65	2.63	2.67	2.64	2.64	2.64
含水比試験 %	22.3	28.1	28.3	16.8	21.3	27.0	25.1
粒度試験 (沈降分析)	均等係数 U _c	34.2	-	-	117	140	-
	50%粒径 D ₅₀	0.56	0.04	0.01	0.47	0.17	0.01
液性・塑性限界 試験	液性限界%	-	54.7	63.0	33.1	35.4	55.5
	塑性限界%	-	21.2	22.7	23.7	24.8	22.6
	塑性指数	-	33.5	40.3	9.4	10.6	32.9
湿潤密度試験 g/cm ³	1.99	1.91	1.92	1.94	1.96	1.91	1.96
三軸圧縮試験 (CD, UU, CUB)	c kN/m ²	1.8	21.8	49.3	7.5	3.3	36.3
	φ °	37.6	4.0	15.2	33.9	35.1	12.2
不飽和土の三 軸圧縮試験 UU	c kN/m ²	-	-	68.0	-	-	-
	φ °	-	-	0	-	-	-
地盤材料の繰返し三軸試験	実施	実施	-	-	-	-	-

震動(レベル1, 2)の作用を考慮して安定解析を実施した。盛土定数を表2に示す。せん断強度は深さ方向の強度増加を考慮した。照査手法は常時、降雨時は単一すべり円弧の全応力法、L1地震時は震度法、L2地震時は盛土①が地震応答解析+NM法(c法)、盛土②がNM法(a法)とした。降雨作用は砂質土層の水位観測結果で得られた最高水位を与えた。入力地震動は道路橋示方書のL2地震動(タイプII)の3波形とし、地盤種別はI種地盤とした。計画値は常時、降雨がFs=1.25、L1地震時がFs=1.0、L2地震時が残留変位量(段差)50cm以下とした。補強後のL2地震時の照査方法は、最初に補強材を考慮した円弧すべり法で降伏震度を求め、次に補強材を考慮しないNM法で残留変位量を求めた。補強材を考慮することにより降伏深度が大きめに評価され、この方法により補強材の効果を表すことにした。

(2)照査結果 地震応答解析結果を図5、照査結果を表3に示す。盛土①②ともに無対策でのL2地震時の残留変位量が計画値の2倍以上となり対策が必要となった。盛土①の地震応答解析から盛土の加速度は上部に向かって増幅する傾向にある。そのため、等価加速度が道示の入力加速度より大きくなり、c法で照査する盛土①の方が補強材量が多い傾向にある。

4. レベル2地震動に対する安定対策工

安定対策工は、NEXCO設計要領の盛土内浸透水排除工と盛土補強土工とした。盛土内浸透水排除工は碎石堅排水工、盛土補強土工は鉄筋挿入工とのり枠工とした。盛土①②の対策仕様を図6に示す。碎石堅排水工は高さ5mとし、盛土補強土工は補強材の打設間隔、打設角、打設長、削孔径、鉄筋径をケーススタディし、最適配置を決定した。その結果、のり面上の打設間隔は盛土①で3.3m、盛土②で5.4mと通常の地山補強土工法より広がる。打設角は盛土①で10°と水平に近いが盛土②は30°となる。これは、盛土①は基盤が浅い位置にあるため、打設角が小さい方が補強効果が大きくなる。打設長は盛土①で18m、盛土②で20mと深いすべりに対して長尺の補強材が必要となる。削孔径は盛土①②とも90mm、鉄筋径は盛土①がD25、盛土②がD32である。

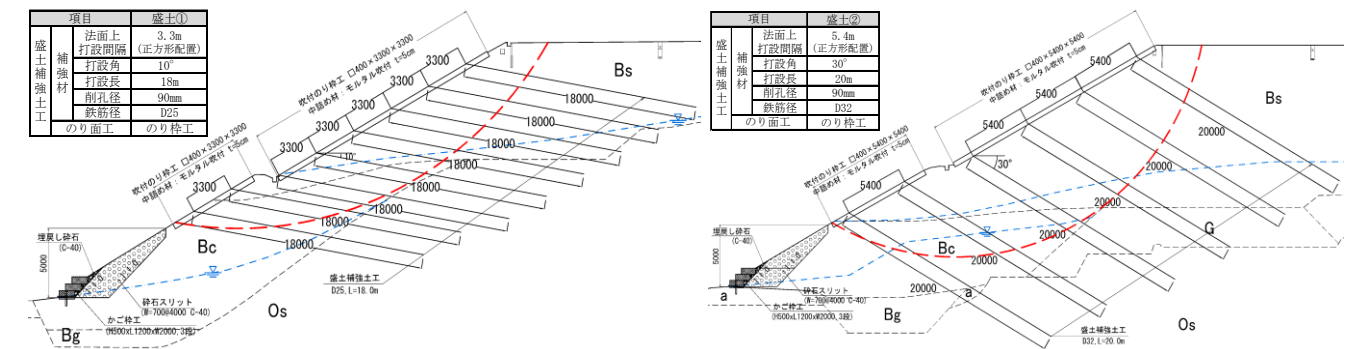


図6 安定対策工(左:盛土①、右:盛土②)

5. まとめ

神戸淡路鳴門自動車道の高速道路盛土のり面において調査・耐震性能照査・設計を実施した。その結果、盛土補強土工の補強材配置は、地山補強土工法で用いられている一般的な補強材長より長く、補強材間隔も広がる結果となった。盛土補強土工の設計は、NEXCO設計要領、NEXCO切土補強土工法設計施工要領²⁾に準じているが、補強材を考慮したL2地震時の照査方法等、今後検証が必要な部分もあると思われる。そのため、対象盛土においては水位観測、盛土のり面の点検等により、対策効果を確認していくことが必要と思われる。また、他の既設盛土の補強のためにも土質試験結果や解析結果のデータの蓄積を行い、合理的な照査手法の確立に取り組んでいきたい。参考文献1) 東・中・西日本高速道路, 設計要領第一集土工, 平成28年、2) 東・中・西日本高速道路, 切土補強土工法設計・施工要領, 平成19年

表2 盛土定数

盛土		γ (kN/m ³)	c (kN/m ²)	ϕ (°)
①	Bs	20.0	1.8	37.6
	Bc	不飽和	31.8	14.0
		飽和	19.0	68.0
②	Bs	20.0	8.0	33.5
	Bc	不飽和	31.6	16.7
		飽和	19.0	68.0

※Bg, G, a, Os層は道路土工の一般値を設定

表3 耐震性能照査結果

盛土	対策	常時			降雨		
		Fs	計画	判定	Fs	計画	判定
①	無対策	1.37	1.25	OK	1.347	1.25	OK
	対策後	-	-	-	-	-	-
②	無対策	1.24	1.25	NG	1.17	1.25	NG
	対策後	1.45	〃	OK	1.32	〃	OK

盛土	対策	L1地震動			L2地震動		
		Fs	計画	判定	残留沈下(cm)	計画(cm)	判定
①	無対策	1.16	1.0	OK	123	50	NG
	対策後	-	-	-	44	〃	OK
②	無対策	1.06	1.0	OK	114	50	NG
	対策後	-	-	-	49	〃	OK

※残留沈下量は最大値を示す

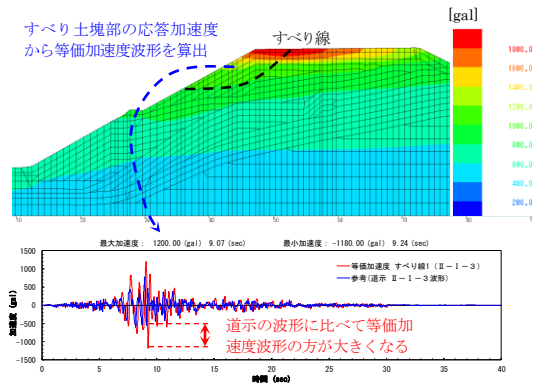


図5 地震応答解析結果(盛土①)
(水平加速度分布Ⅱ-I-3波形)