

東名高速道路牧之原地区地震災害を受けて実施した NEXCO 中日本名古屋支社管内類似盛土の調査・対策事例

中日本高速道路(株) 名古屋支社 保全・サービス事業部 保全チーム ○萩原 貴司
保全チーム 寺中 誠一
保全チーム 中島 賢治

1. はじめに

平成 21 年 8 月 11 日に発生した駿河湾を震源とする地震により、東名高速道路牧之原 S A 近くの盛土のり面が崩落した。これを受けて、NEXCO 中日本名古屋支社管内の盛土のり面 2, 3 3 4 箇所に対し、牧之原 S A 付近で崩落した盛土に類似した盛土として、①泥岩等が分布する区間、②集水地形、③盛土高さ 10m 超の 3 つの条件を満たす 2 8 3 箇所を机上抽出した。そして現地踏査・簡易調査を実施して対象盛土 1 7 箇所に絞り込み、さらに詳細に調査ボーリング、土質調査、安定解析を行うことにより、7 箇所の盛土に対し対策工設計および対策工事を行った。本報文は、NEXCO 中日本名古屋支社のり面防災対策検討会にて審議の上実施した調査及び対策を報告するものである。

2. 崩落した盛土に類似した盛土の抽出と調査手法

2-1 調査概要

東名高速道路牧之原 S A 付近の盛土の崩落原因は、地形・地盤・降雨等の複数の要因に地震の揺れがトリガーとなったことが想定され、外部有識者（委員長：太田秀樹教授（中央大学））を迎えた委員会を設置し、「盛土下部に使用された泥岩が長年の水の作用により強度低下するとともに、透水性が低下。その結果、盛土の地下水位が上昇し、地震が誘因となり崩落が発生したものと推定された¹⁾。

検討委員会において推定されたのり面崩落原因を踏まえ、NEXCO 中日本名古屋支社の管理する 10 路線、管理延長 8 2 3 km（平成 25 年 1 月時点）の高速道路盛土のうち 2, 3 3 4 箇所をリストアップして、地山の地形、地下水および盛土材料の観点から類似する盛土（以下、類似盛土）を抽出し、点検・調査を行った。その流れは、図-1 に示す 4 つの段階からなっている。

2-2 机上調査

リストアップされた 2, 3 3 4 箇所の盛土から、以下の①～③の 3 つの条件すべてを満たす盛土を 2 8 3 箇所を抽出した。3 つの条件とは、①スレーキングしやすい泥岩等が使用されている可能性のある盛土、②水の集まりやすい地形上の盛土、③高さが 10m を超える盛土である。なお、「NEXCO 設計要領」に

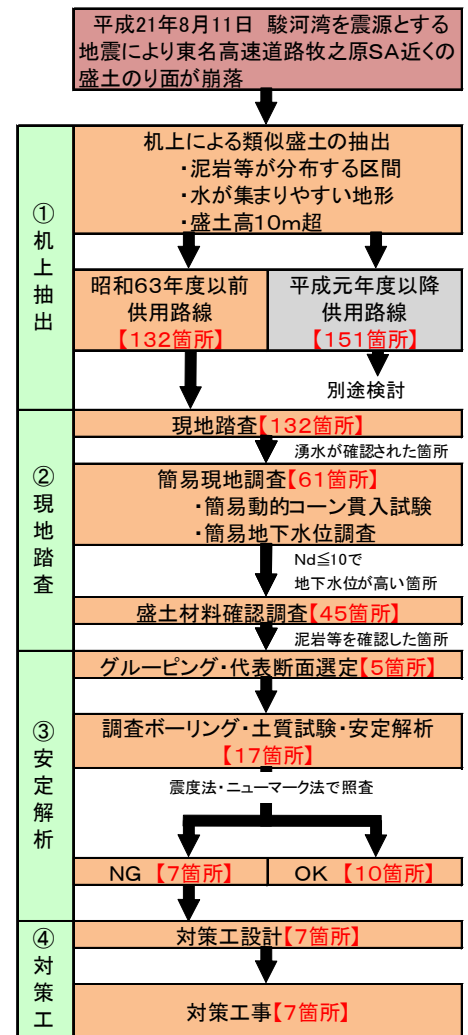


図-1 調査・対策フロー

脆弱岩への対応が記載された時期を考慮し、昭和 63 年以前に供用した盛土と平成元年以降に供用した路線に大別し、本報では、昭和 63 年以前に供用した路線の盛土 1 3 2 箇所を対象とした。

2-3 現地踏査

机上調査により抽出された 1 3 2 箇所に対し、現地踏査による絞り込みを行った。まず湧水の有無を調査し、湧水が確認された 6 1 箇所に対し簡易動的コーン貫入試験を実施して強度による材料の判別を行った。そして Nd 値が 10 以下の盛土に対し、簡易地下水位調査を行って地下水位が高い場合の 4 5 箇所を絞り込み、次節で説明する詳細調査を実施した。なお、それぞれの調査項目において問題のなかった箇所においても、カルテ作成の上、定期点検を実施するなど、管理体制は整えている。

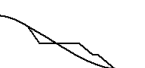
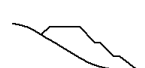
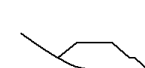
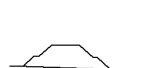
2-4 盛土材料確認調査

詳細調査が必要となった 4 5 箇所の盛土に対し、盛土小段周辺にて簡易土壌試料採取工により盛土材料を採取した。簡易土壌試料採取工では S C S C (スクスク) 式ボーリングにより実施した。そして、粒度・含水比試験、採取試料の状態によってスレーキング試験を実施し盛土材料の物性値を調べ、また簡易地下水位計を設置して地下水位の確認を行い、盛土に泥岩等(泥岩、頁岩、凝灰岩)の劣化要因を有する材料が使用されているか否かを確認した。なお劣化要因を有する材料が使用されていなければ、類似盛土の対象箇所として扱わないこととした。本調査の結果、盛土材料が泥岩等に該当したものが 17 箇所であった。

2-5 グルーピングによる代表断面の選定

泥岩等が確認された 17 箇所の対象盛土は、「NEXCO 設計要領第 1 集²⁾」に基づき盛土材料、地形・横断形状等によってグルーピングを行った。表-1 に示すように、盛土材料の分類においては、奄芸・東海グループと瑞浪グループに大別し、それぞれ含水比が高い箇所については別のグループとした。地形・横断形状の分類においては、傾斜基盤上の盛土と平坦地上の盛土の 2 つに分類した。そして、安定計算上で最も不利となる 5 断面を代表断面として選定した。

表-1 グルーピングと代表断面の選定結果

横断形状 の分類 材料の 分類	傾斜基盤上の盛土			平坦地上の盛土	
	 片切片盛	 傾斜基盤上の両盛土	 山裾の腹付け	 平坦地の両盛土	
奄芸・東海	9 箇所			4 箇所	13
奄芸・東海 (高含水比)	1 箇所				1
瑞浪				2 箇所	2
瑞浪 (高含水比)	1 箇所				1
計	11			6	17

3. 抽出した類似盛土の安定解析

3-1 安定解析の概要

2 章で示した調査結果を基に解析モデルを作成し、安定解析を行った。当初は、5 つの代表断面の解析結果が OK であればグループに属する全ての盛土を OK とし、NG であれば全てを NG として扱うこととした。しかし、盛土ごとに土質試験の結果にばらつきがみられ、地下水位についても個別に異なる状況が

みられたため、代表断面の安定解析結果をもってグループ内に属するすべての盛土を評価することは必ずしも安全側とならないことが判明した。したがって、17箇所すべての盛土に対して安定解析を行った。

なお、安定解析手法は震度法及びニューマーク法にて行い、震度法による円弧すべり解析は、「道路土工―盛土工指針第4章³⁾」に基づき、ニューマーク法については「NEXCO 設計要領第1集」に基づき行った。

3-2 解析条件

1) 土質定数

現地盛土から採取した不攪乱試料を用いて、湿潤密度試験により湿潤密度 ρ_t を、三軸圧縮試験(CU)により土質定数 c , ϕ を求めた。

2) 地盤種別

地盤種別は、「道路橋示方書V耐震設計編⁴⁾」に基づき区別した。17箇所すべての盛土において、調査ボーリング及び盛土材料確認調査及び周辺地盤の状況により、沖積層厚(H_A)と洪積層厚(H_D)から($2H_A+H_D$)は10m未満と判断できるため、すべてI種地盤として扱った。また地下水位は調査ボーリング時に確認した水位線をもとに推定した。

3) 設計水平震度

震度法の解析に用いる設計水平震度は、「道路土工―盛土工指針第4章」に基づいて設定した。2)の地盤種別においてすべての盛土においてI種地盤であることから、設計水平震度は0.08(L1地震動)、0.16(L2地震動)とした。

4) 地震波形

ニューマーク法に使用する地震動波形は、I種地盤であることを考慮し、「NEXCO 設計要領第1集」に基づき表-2とした。

表-2 地震波形

I種地盤用波形	神戸海洋気象台(NS成分)
	神戸海洋気象台(EW成分)
	阪神高速道路猪名川架橋予定地(NS)

5) すべり面の設定

すべり面は、I種地盤対象のため盛土内に生じる円弧を対象とした。また、L1地震動については、「NEXCO 設計要領第1集」に基づき、盛土の内側(車線を横切る)の円弧の制限を設けないこととした。L2地震動の照査及びニューマーク法の解析では、「NEXCO 設計要領第1集」及び「道路土工―盛土工指針第4章」に基づき、路肩より盛土の内側(車線を横切る)の円弧を対象とした。

3-3 安定解析手順および結果

安定解析の手順として、まず対象とする盛土に対しL1地震動の安定解析、すなわち震度法による円弧すべり解析を行った。そこで安全率が設計安全率1.0に満たなければ対策工を検討し、1.0以上であればL2地震動の安定解析(震度法による円弧すべり解析)を行った。そして安全率が設計安全率1.0に満たなければ対策工を検討し、1.0以上であれば類似盛土対象箇所として扱わないこととした。L2地震動の安定解析において安全率が1.0に満たない場合は、さらにニューマーク法を行い、許容残留変位量50cmを満たすかを確認することにより、円弧すべり解析との結果を照査した。なお、円弧すべり解析には、修正フェレニウス法(全応力法)を用いた。またニューマーク法による残留沈下量の算定は以下の通りである。すなわち表-2に示した地表面波形について、正負(のり面に対し滑動方向とその逆)の残留変位を求め、大きい方をその波形の残留変位量とし、3種類の残留変位量の平均値を当該盛土の残留変位量とした。

上記に示した安定解析を行ったところ、表-3に示すように17箇所のうち7箇所がNGとなった。7断面について対策工の検討を行うこととした。

表-3 安定解析結果

盛土番号	土質試験結果		地下水位	安定解析結果			結果
	c (KN/m ²)	φ (°)	基盤からの 水頭 (m)	震度法 L 1	震度法 L 2	ニューマーク法 (残留変位量cm)	
1	5	24.29	-2.4	1.08	0.95	74.1	NG
2	21.4	16.35	2.3	1.07	0.94	81.6	NG
3	15.4	16.51	3.3	1.12	0.98	61.8	NG
4	75	26.67	3.8	2.58	2.23	-	OK
5	0 (a線)	36	1.1	1.35	1.18	-	OK
6	38.7	10.81	0.4	1.36	1.17	-	OK
7	14.4	16.98	6.9	1.06	0.92	92.9	NG
8	0 (a線)	37	水位は 基盤	1.41	1.23	-	OK
	75 (b線)	17					
9	20.6	23.2	水位は 基盤	1.36	1.18	-	OK
10	30.5	18.01	0.9	1.76	1.5	-	OK
11	13.5	19.99	4.7	1.01	0.88	132.3	NG
12	0 (a線)	43	5.9	1.59	1.37	4.8	OK
	150 (b線)	18					
13	0.6	26.19	2.2	0.99	0.87	150.2	NG
14	30.5	18.01	0.5	1.81	1.56	-	OK
15	19.9	16.33	0.9	1.17	1.04	-	OK
16	10.9	17.1	-2.5	1.33	1.11	-	OK
17	10.9	17.1	-0.9	1.02	0.89	120.8	NG
				0.98	0.86	-	

4. 調査結果から抽出された7箇所の盛土の対策工

4-1 対策工の基本的な考え方

対策工は、地下水位を低下させる水抜き等の抑制工とかご工または鋼管杭による抑止工を併用することとした。また、透水性が低い盛土材料では、安定計算において地下水位の低下は見込まずに対策を実施した。抑制工と抑止工の詳細は以下のとおりである。

(1) 抑制工

① 盛土深部の地下水位低下

- ・水抜きボーリング（地下水位観測によって効果を確認しながら施工を進めた。）

② 浅層地下水位低下

- ・のり面を筋掘りしてドレーン材等を配置
- ・ストレーナー加工したパイプの打込み

(2) 抑止工

① ふとんかご+押え盛土

② 鋼製かご枠工

③ 鋼管ぐい

4-2 対策工の選定

対策工の選定においては、盛土のり尻にふとんかごの設置が可能な箇所では、ふとんかごによる対策を採

用した。ふとんかごの規模が大きくなる場合は鋼製かご枠とした。一方、現地の制約等から、ふとんかごが設置できない場合は鋼管杭による対策を採用した。また、透水性が低い盛土材料では、安定計算において地下水位の低下は見込まないが、水抜きボーリング及びフィルター材による水抜き対策を実施することとした。表4に実施した対策を選定理由とともに示す。また、写真-1および図-2には鋼管杭による対策工の代表例（盛土番号13）を、写真-2および図-3には鋼製かご枠による対策工の代表例（盛土番号7）を示す。

表-4 対策工及び選定理由

盛土番号	対策工	選定理由
1	ふとんかご +水抜きボーリング	のり尻にふとんかごの施工が可能
2	鋼管ぐい +水抜きボーリング	のり尻に河川があり、 ふとんかごによる対策が不可能なため
3	ふとんかご +水抜きボーリング	のり尻にふとんかごの施工が可能
7	鋼製かご枠 +水抜きボーリング	のり尻にふとんかごの施工が可能であるが、 9.4m規模の対策が必要なため鋼製かご枠とした
11	ふとんかご +水抜きボーリング	のり尻にふとんかごの施工が可能
13	鋼管ぐい +水抜きボーリング	のり尻に側道があり、 ふとんかごによる対策が不可能なため
17	鋼管ぐい +水抜きボーリング	のり尻に河川護岸があり、 ふとんかごによる対策が不可能なため



写真-1 鋼管ぐい施工状況



写真-2 鋼製かご枠施工状況

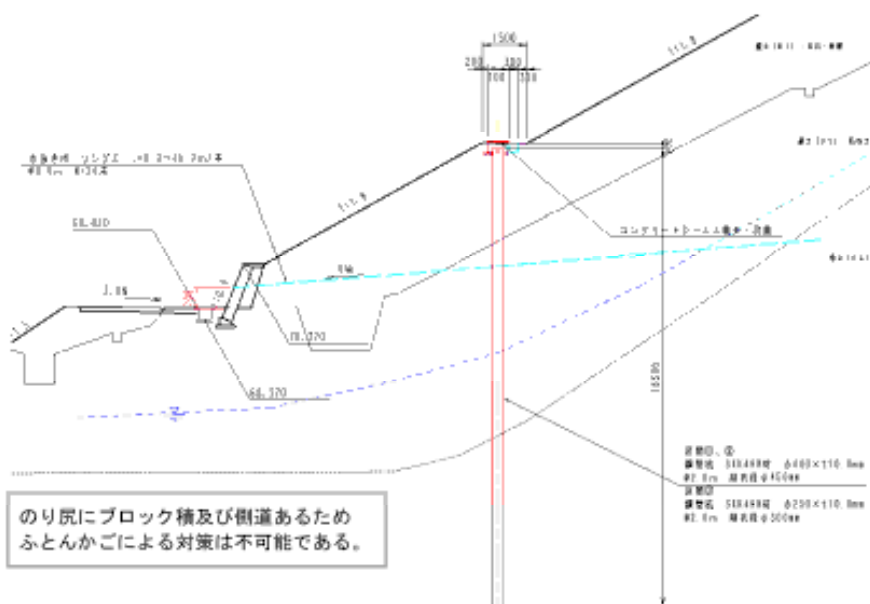


図-2 対策横断面図（鋼管ぐい）

