

能登半島地震を踏まえた 盛土のり面の防災対策について

若宮 開士

中部地方整備局 北勢国道事務所 管理課 (〒519-0165 三重県亀山市野村4-3-25)

令和6年能登半島地震において、沢埋め高盛土を中心に多くの盛土の被災（地すべりや流動による大規模な崩壊）が確認され、交通機能に大きく影響した。これらを踏まえ盛土の被災による交通機能の著しい喪失を防止するため被災地と類似する盛土について点検を実施した。その結果と今後の対策方法について報告を行う。

キーワード 令和6年能登半島地震、沢埋め高盛土、地下水位

1. はじめに

2024年1月1日に発生したM7.6の地震を主とした、「令和6年能登半島地震」は石川県輪島市（わじまし）、志賀町（しかまち）で震度7を観測したほか、北海道から九州地方にかけて多くの地震を発生させた。この令和6年能登半島地震において、沢埋め（谷埋め）高盛土を中心に甚大な被害（石川県（能登道）全盛土155箇所の盛土のうち大規模崩落が28箇所）が発生し、道路交通に甚大な影響を及ぼした。

この災害を受け、2024年7月に「令和6年能登半島地震を踏まえた盛土のり面の点検要領（以降、点検要領）」が制定され、盛土高おおむね10m以上かつ地山傾斜地等の水の集まりやすい地形を対象とした緊急点検が実施された。これを受け、北勢国道事務所では「令和6年度名阪国道法面詳細調査・設計業務（以降、本業務）」にて、当基準に該当する調査および対策工の検討を実施した。詳細調査の結果及び対策工について報告を行う。



図1 令和6年能登半島地震における盛土被害の例

2. 沢埋め高盛土の危険性と災害時の影響

(1) 沢埋め高盛土の特性

沢埋め高盛土は、その地形的特性から周囲の表面排水を集めやすく、また、地下水位が比較的高くなりやすい性質を有している。

構造的には³⁾ 盛土内部をすべり面とする大部分の変動や盛土と地山との境界面等における盛土全体の地滑りの変動が生じる可能性が高い。盛土内の地下水位が高い状態で地震を受けると間隙水圧が上昇し大規模で流動的な崩壊を起こす恐れがある。また、盛土高が高いことで崩壊した際の沈下量が大きく影響が大きいことから注意する必要がある。

被災した際に盛土部が崩壊することで、道路交通網が遮断され、災害時の緊急車両の通行や復旧支援活動に支障が起きる可能性がある。令和6年能登半島地震においても道路交通網が遮断されることで復旧支援活動等に影響が発生した。

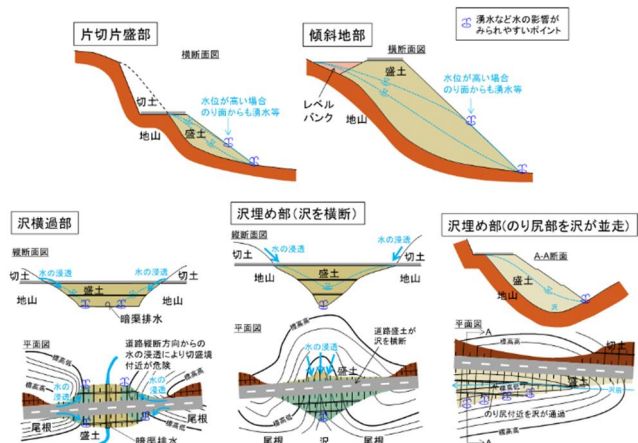


図2 水の集まりやすい地形のイメージ図

図5 旧地形の3次元コンターマップ。

(2) 対策工の詳細調査

次に対象盛土に対して、詳細調査、解析等調査を行った。今回調査した内容としてはボーリング調査、室内土質試験の実施、水位計を用いた盛土内水位の連続観測、熱赤外線カメラを用いた湧き水調査を実施した。表1の結果となった。

この結果より点検要領に基づき対象盛土5箇所に対する対策工の要否の判断を行った。今回対策工が必要となる盛土は要領より盛土内水位が観測位置の法尻からの高さの1/3 程度以上となる箇所であることから、表1の観測結果より5箇所中3箇所（上野-4、上野-6、上野-9）となる。ただし、対策工が不要となった盛土（上野-1、上野-5）についても点検要領に基づき、今後の対応として、地下水位の観測を含めた重点監視を継続して実施する。

上野-4については、水位観測では盛土内の水位は高くはないものの、法尻付近で常時湧水が確認されるため、法尻付近で水位が高いことが分かる（図9）。法尻付近で1/3を超える地下水位が観測された。また、法尻下部の沖積層が厚いことや、岩盤が風化によりもろくなっていることが特徴としてあげられる。安定性を確保に向けた対策が必要と判断した。

上野-6については、水位観測より盛土内の水位が平常時・大雨時間問わず常に高いことが分かる（図10）。また、盛土のN値も1程度の箇所が見られるため、軟弱な地質である。そのため、盛土内の水位を下げ、安定対策を行うことが必要であると判断した。

上野-9については、水位観測より上野-6と同様に盛土内の水位が平常時・大雨時間問わず常に高いことが分かる（図11）。また、盛土の平均N値が1程度と非常に緩く、軟弱な地質である。地下水位が高いことに加え、盛土本体も軟弱であることから対策が必要と判断した。

表 1 詳細調査の結果

	盛土土質	沖積層土質	岩盤土質	地下水位
上野-1	砂質土 (N値 2~10)	砂質土 (N値 2~8)	花崗岩 (岩級CM~CH)	盛土高の1/3以下
上野-4	砂質土 (N値 4~26)	シルト質砂 (N値 16程度)	花崗岩 (岩級D程度)	盛土高の1/3以上
上野-5	砂質土 (N値 2~11)	砂質土 (N値 7~12)	花崗岩 (岩級CL~CM)	盛土高の1/3以下
上野-6	砂質土 (N値 1~17)	砂質土 (N値 3程度)	花崗岩 (岩級CM~CH)	盛土高の1/3以上
上野-9	砂質土 (N値 1程度)	細粒分まじりの礫質砂 (N値 17~29)	花崗岩 (岩級CL程度)	盛土高の1/3以上

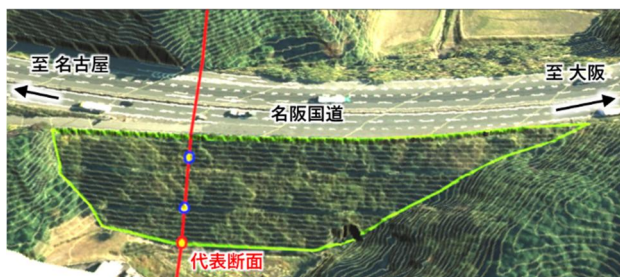


図 6 三次元鳥瞰図（上野-4）

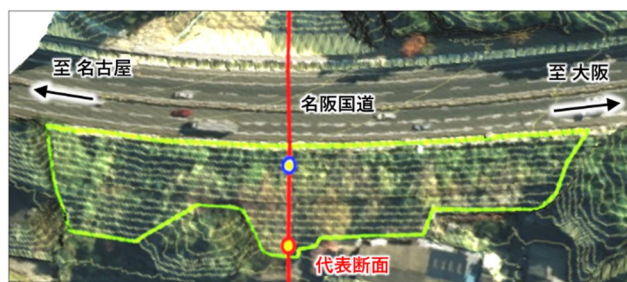


図 7 三次元鳥瞰図（上野-6）

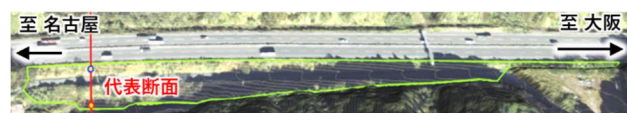


図 8 三次元鳥瞰図（上野-9）

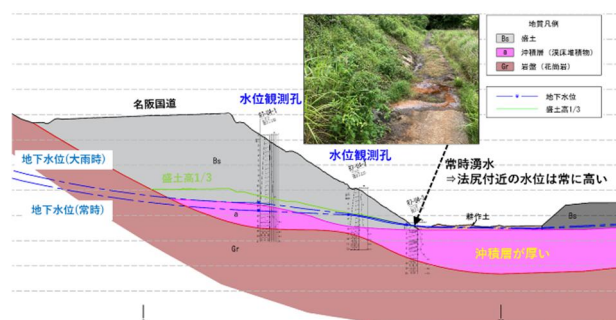


図 9 上野-4 の盛土内水位

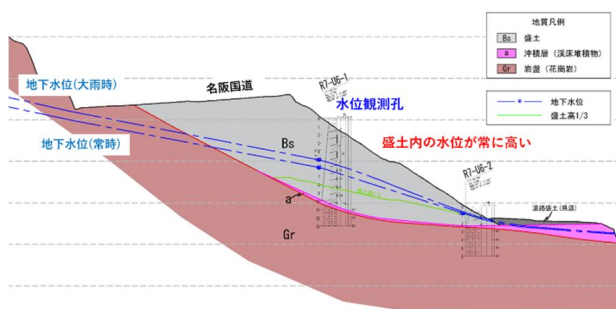


図 10 上野-6 の盛土内水位

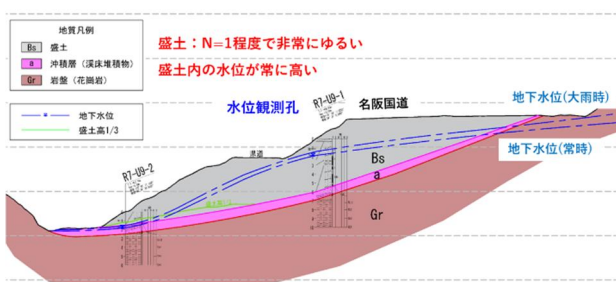


図 11 上野-9 の盛土内水位

(3) 対策工の必要性検討と対策工の設計

(2) 詳細調査・解析等調査により盛土高の 1/3 以上の地下水位と判断される盛土 3 箇所（上野-4、上野-6、上野-9）について、盛土補強土工法の選定補強設計を実施した。対象となる盛土の現況について安定解析等を実施した上で、最適な対策工法を比較検討し、その結果に基づいて対策工の詳細設計を行う。

詳細設計に必要となる対象盛土の現況に対する安定解析等について、現況に対する結果は表 2、対策工法（上野-4 はかご枠工、排水ボーリング工。上野-6、上野-9 はかご枠工、排水ボーリング工、地下水位低下工法。）実施後の結果は表 3 の通りである。

安定解析等と点検要領に基づき、表 4 の通り対策工法を検討した。なお、点検要領より「法尻補強対策」、
「排水ボーリング等水抜き対策」は必須とし、「安定対策」と「液状化対策」について現況解析の結果と対策工法実施後解析結果を比較し、検討した。

上野-4 は液状化判定では NG が出ていないため、液状化対策は不要となる。安定対策としては、対策工法実施後にて解析で NG となっているため必要と判断した。施工性、経済性や安定性による比較検討を行い、点検要領に基づき鉄筋挿入工を選定している（図 12）。

表 2 現況安定解析の実施内容と結果

照査内容		判定結果		
		上野-4	上野-6	上野-9
盛土照査	円弧滑りによる安定照査（常時、降雨時、レベル1地震時）	NG	NG	OK
	ニューマーク法による変形照査（レベル2地震時）	NG	NG	NG
液状化照査	液状化判定（レベル1地震時、レベル2地震時）	OK	盛土層 沖積層	盛土層
	円弧滑り（過剰間隙水圧発生時）	-	L2地震時 NG	NG
	2次元静的自重変形解析（レベル2地震時）	-	NG	NG

表 3 対策工法実施後安定解析の実施内容と結果

照査内容		判定結果		
		上野-4	上野-6	上野-9
盛土照査	円弧滑りによる安定照査（常時、降雨時、レベル1地震時）	NG	OK	OK
	ニューマーク法による変形照査（レベル2地震時）	OK	OK	NG
液状化照査	液状化判定（レベル1地震時、レベル2地震時）	OK	盛土層 沖積層	盛土層
	円弧滑り（過剰間隙水圧発生時）	-	-	-
	2次元静的自重変形解析（レベル2地震時）	-	OK	OK

表 4 各盛土に対する対策工法

対象盛土	対策	
	点検要領に基づく対策	各盛土に対する対策
上野-4	排水ボーリング かご枠工	安定対策（鉄筋挿入工）
上野-6		液状化対策（集水井＋集水ボーリング）
上野-9		液状化対策（集水井＋集水ボーリング） 安定対策（鉄筋挿入工）

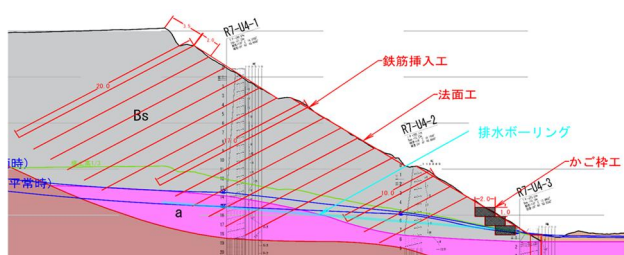


図 12 上野-4 の対策工イメージ図

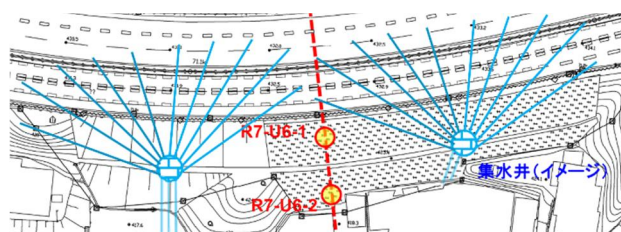


図 13 上野-6 の対策工イメージ平面図

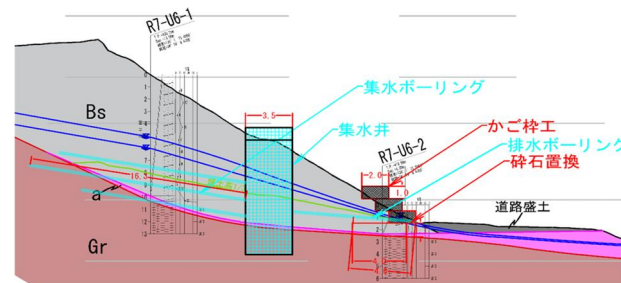


図 14 上野-6 の対策工イメージ横断面図

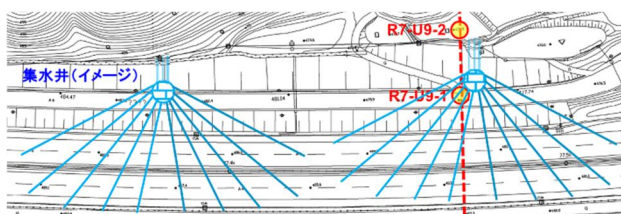


図 15 上野-9 の対策工イメージ平面図

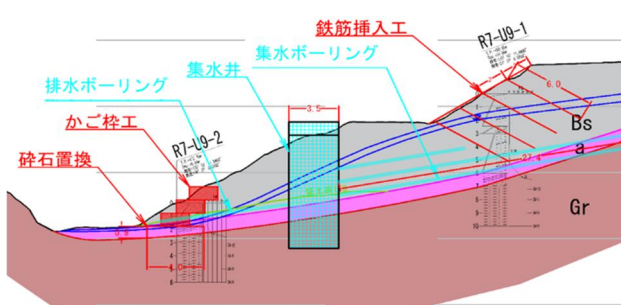


図 16 上野-9 の対策工イメージ横断面図

上野-6 は盛土層・沖積層で液状化判定の NG が出ている。そのため、盛土層・沖積層の水を排除する必要がある。施工性、経済性や安定性による比較検討を行い、集水井と集水ボーリングを選定した。また、安定対策については対策工法実施後の解析結果にて OK となるため、不要であると判断した（図 13、14）。

上野-9 は盛土層で液状化判定の NG が出ているため、上野-6 と同様に集水井と集水ボーリングを選定している。また、安定対策工法については対策工法実施後の解析結果にて NG となるため、安定対策として鉄筋挿入を選定している（図 15、16）。

なお、安定対策について点検要領に基づき鉄筋挿入を選定しているが、盛土に対する効果の知見が少ない。対策工法実施後安定解析の結果で設計を進めるにあたり、必要な抑止力の算定や補強材の引張力の低減係数などの数値の設定が困難となる。類似する工法として、切土に対する安定対策工は知見があるものの、N 値が低い軟弱

な盛土の補強は効果が限定的となる恐れがあるため流用してしまった場合、危険側での設計となってしまう恐れがある。しかし、安全側で検討した場合も過大な設計となってしまう恐れがあるため、盛土に対する安定対策工について情報収集を行い、慎重に実施の判断をする必要がある。

上記状況を踏まえ、国土技術政策総合研究所、土木研究所に助言をしていただき本業務では「段階的な対策」を採用した。対象となっている盛土は既設の盛土であり長期間供用されており、長期に渡り降雨や地震を経験している。これを踏まえると計算結果が常時不安定だったとしても考えられる対策を当初からすべて行うことは過剰であると結論付けた。そこで一次対策工として水抜き対策（排水ボーリング工、集水井）と法尻補強対策（砕石かご枠工）を先行して施工する。施工後の地下水位を確認した上で、低下した水位の条件で再度解析を行い、二次対策として安定対策の要否を判断する（図 17）。

4. 今後の対応とまとめ

今後の対応としては先に示した通り「段階的な対策」を進めていく必要がある。具体的な検討としては①水抜き対策、法尻補強対策の実施②水位低下効果の調査と安全対策の検討・設計③安定対策の実施の順で進めていく必要がある。

今回対象となっている盛土のように、N値が低い軟弱な盛土の補強は効果が限定的となる恐れがあるため慎重に設計を進める。また、対策工を実施するまでの間も重点監視を行い、水位観測を行うことで盛土の安定性を確認する必要がある。この間にも盛土に対する安定対策の知見の収集などが求められることに加え、関係機関との協議を進めることで円滑に設計・対策を進めることが必要となる。加えて今後の維持管理に対しても検討する必要があり、排水ボーリングや集水ボーリングなどの水抜きボーリングについて⁴⁾ 目詰まりによる排水機能の低下は地下水位を上昇させ、再び地すべりを不安定化させることが懸念される。そのため、排水機能低下を防止するための対策や、維持管理方法などについても検討を進める必要がある。

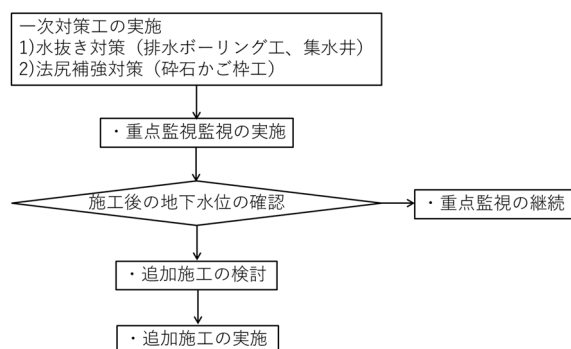


図 17 盛土対策実施フロー図

5. 最後に

今回、令和6年度 名阪国道法面詳細調査・設計業務に関する沢埋め高盛土の対策工について報告した。

「令和6年能登半島地震を踏まえた盛土のり面の点検要領」に関して、令和6年能登半島地震のような大規模な被害を繰り返さないためにも要領に基づいて適切な対策・点検が必要となってくる。加えて、要領に基づいた検討だけでなく、各盛土構造ごとに必要となる対策の検討を慎重に進め、より強固な道路構造の構築が必要となる。盛土の安定対策の検討を進めると共に知見の収集を並行して行い、より精度の高い設計を進めることが重要となる。特に北勢国道事務所で管理している名阪国道は、中部圏と関西圏を結ぶ物流の大動脈であるのと同時に沿道地域の生活道路でもあるという特性を有しているため、名阪国道が被災し道路交通網が遮断された際には周辺地域の復旧に大きな影響を及ぼす恐れがあることから早急に対策を行う必要があると考える。

沢埋め高盛土の対策・検討を進め、より災害に強い道路交通網を形成することで災害に強いまちづくりをするとともに地域の人々の安心・安全につなげていく必要がある。

謝辞：本論文の作成にあたり、協力をいただいた八千代エンジニアリング（株）をはじめ、各種ご助言をいただきました関係者の皆様に心からの感謝の意を表し本報告を終わります。

参考文献

- 1) 令和6年能登半島地震を踏まえた盛土のり面の点検要領 国土交通省
- 2) 令和6年能登半島地震道路構造物（橋梁，土工，トンネル）の被害分析 国土交通省 道路局 国道・技術課
<https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/content/001733619.pdf>
- 3) 道路土工 盛土工指針（平成22年度版） 社団法人 道路日本協会
- 4) 水抜きボーリングの目詰まり原因とその対策 農林水産省 農村振興局 企画部資源課
<https://www.maff.go.jp/j/nousin/noukan/tyotei/tzisuberi/attach/pdf/index-78.pdf>