

二つの能登半島地震における道路盛土被害特性の比較分析と影響要因の検討

長岡技術科学大学 非会員 ○袁 昊
長岡技術科学大学 正会員 池田 隆明

1. はじめに

2007 年能登半島地震および 2024 年能登半島地震では、のと里山海道（旧能登有料道路）において多数の道路盛土被害が発生した¹⁾²⁾。特に、高盛土や谷部に構築された盛土では、路面沈下や段差、盛土のすべり破壊等の被害が確認されている。

同一路線が異なる地震によって繰り返し被災していることから、両地震における被害状況を比較し、どのような構造・地形条件を有する盛土で被害が発生しやすいかを整理することは、道路盛土の地震時脆弱性を把握する上で重要である。

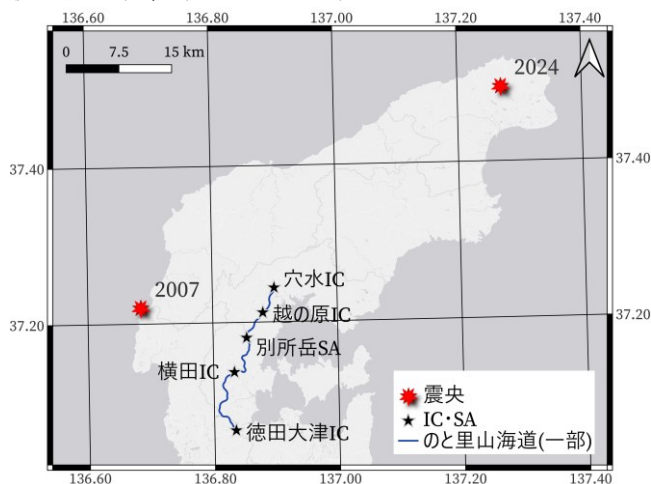


図 1 2007 年・2024 年能登半島地震の震央，対象区間

本研究では、2007 年および 2024 年の能登半島地震を対象として、施工図、航空写真などの資料および本研究による 2024 年地震の現地調査結果を用いて、のと里山海道の盛土諸元および被害状況を整理し、盛土データベースおよび被害データベースを構築する。両地震について、横断方向の被害程度および縦断方向の被害延長を用いて盛土破壊の特徴を比較するとともに、DEM³⁾が利用可能な 2024 年地震については、路面沈下量やすべり破壊範囲を整理する。これらのデータに基づき、盛土高、地山勾配等の条件と被害状況との関係进行分析し、盛土被害の発生傾向を明らかにする。

2. 対象区間および盛土データベースの構築

2.1 対象区間および盛土の抽出

対象区間は、のと里山海道の徳田大津 IC～穴水 IC 間とした。対象区間の位置を図 1 に示す。本区間について、航空写真、施工図および DEM を用いて道路線形と周辺地形を確認し、盛土部を抽出した。各盛土部の起終点は、道路縦断方向の地形形状および切盛境界に基づいて設定し、それぞれを 1 箇所の盛土として整理した。その結果、対象区間において 110 箇所の盛土を抽出した。

2.2 盛土データベースの構築

各盛土について、盛土高、盛土延長、盛土種類、原地盤地形、BOX カルバートの有無等を整理した。盛土高、盛土延長については、施工図、航空写真を用いて把握した。

盛土種類については、施工図を主な判読資料とし、航空写真および各盛土の中央付近で DEM から取得した道路線形と直交する代表横断面を補助的に用いて、図 2 に示す三種類に分類した。両盛土は道路の両側に盛土法面を有するもの、片盛土は道路の片側に盛土法面を有し、反対側が自然地盤に接するもの、片切・片盛型盛土は道路の片側が盛土、反対側が切土となるものとした。その結果、110 箇所の盛土のうち、両盛土が 73 箇所（うち谷埋め型盛土 58 箇所）、片盛土が 13 箇所、片切・片盛型盛土が 24 箇所であった。

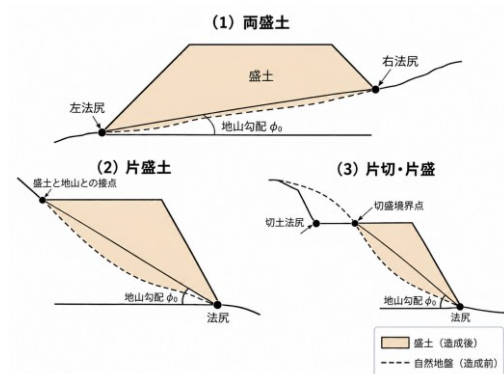


図 2 盛土種類および地山勾配の算定方法

表 1 盛土データベース（一部）

盛土 番号	キロポスト (km)	標高 (m)	盛土種類	盛土最大 高さ(m)	盛土長さ (m)	地山 勾配(°)	谷・沢 の有無	BOX カルバートの有無
F20	3.55~3.58	110	片盛・片切型	10	30	18.4	なし	なし
F21	3.93~4.25	114	両盛土	33	322	7.7	有	有
F22	4.35~4.39	109	片盛・片切型	18	41	24.8	なし	なし
F23	4.42~4.45	108	片盛・片切型	12	33	30.6	なし	なし
F24	4.48~4.64	104	両盛土	27	159	0.9	有	有

表 2 被害データベース（一部）

被害 番号	キロポスト (km)	被災年	該当 盛土	被害種別			
				すべり破壊			盛土沈下
				被害箇所	延長(m)	区分判定	沈下量(m)
4	11.7	2007	F52	右側	34	5	—
14	14.7	2024	F62	右側	43	5	—
23	19.0	2024	F87	右側	34	4	—
35	23.4	2024	F97	—	—	—	0.6

原地盤地形については、まず代表横断面における地山勾配を整理した。地山勾配は、既往資料⁴⁾を参照し、図 2 に示すように、両盛土では左右の法尻間、片盛土では盛土と地山との接点と盛土側法尻との間の標高差および水平距離から求めた。片切・片盛型盛土では、本来、切盛境界点と盛土側法尻との間で地山勾配を評価する必要があるが、本研究で用いた資料からは切盛境界点の位置を特定することが困難である。そこで本研究では、代表横断面上で明確に取得できる道路中心位置を切盛境界点の代替的な基準点とし、道路中心位置と盛土側法尻との間の勾配を地山勾配として整理した。さらに、既往資料⁵⁾を参考に、地山勾配 20°以上を傾斜地盤として整理した。また、谷・沢等の地形の有無については、施工図および DEM を用いて判読した。これらの項目を含めて構築した盛土データベースを表 1 に示す。

3. 盛土被害の整理

3.1 2007 年地震における盛土被害の整理

2007 年地震については、既往の被害調査報告書¹⁾および地震後の航空写真を用いて被害箇所を判読し、本研究で構築した盛土データベースとの対応付

けを行った。その結果、盛土のすべり破壊として 11 箇所を抽出した。これらの被害は路線全体に一樣に分布するのではなく、横田 IC～越の原 IC 間に比較的多く分布していた。

3.2 2024 年地震における盛土被害の整理

2024 年地震における被害箇所の抽出にあたり、まず 2025 年 8 月に対象区間の現地調査を実施し、路面状況を動画で記録するとともに、GPS ロガーを用いて位置情報を取得し、被害の有無と発生位置を確認した。次に、現地調査で得られた情報を基に、地震後の航空写真から対象区間の盛土法面を判読し、現地調査では確認できなかった被害箇所も含め、すべり破壊の発生位置とすべり破壊の範囲の概略を把握した。さらに、地震前後の DEM を比較し、航空写真では判読が困難な箇所についても地形変化を確認することで、すべり破壊範囲を詳細に特定した。なお、地震前 DEM は、地震後 DEM³⁾と地形変化量データ⁶⁾を用いて、2022 年時点の地形を復元したものである。地震前後の DEM から作成した被害箇所の断面図の一例を図 3 に示す。当該箇所の位置は図 5 に示す。

一方、道路面の沈下は航空写真のみでは判読が困難であるため、地形変化量データを主に用い、各盛土

の路面範囲内における最大沈下量を確認して沈下被害箇所を抽出した。

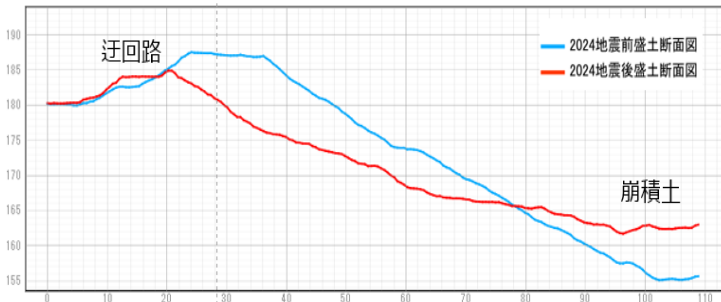


図3 被害箇所の断面図の一例

最後に、抽出したすべり破壊および沈下被害を既往の被害調査報告書²⁾と照合し、被害位置および被害状況を確認した。以上の手順により、2024年地震では盛土のすべり破壊25箇所、沈下が確認された40箇所（うち沈下量1m以上13箇所）を抽出した。被害の分布に着目すると、すべり破壊は横田IC～別所岳SA間に、1m以上の沈下被害は別所岳SA～越の原IC間に比較的集中していた。

3.3 2007年・2024年地震の被害データの対応

2007年地震と2024年地震では、利用可能な資料の種類および精度が異なるため、両地震の被害を完全に同一の精度で評価することは困難である。そこで本研究では、すべり破壊については両地震に共通の基準を適用して被害程度および被害延長を整理し、2024年地震については、これに加えて路面沈下量を定量的に評価した。

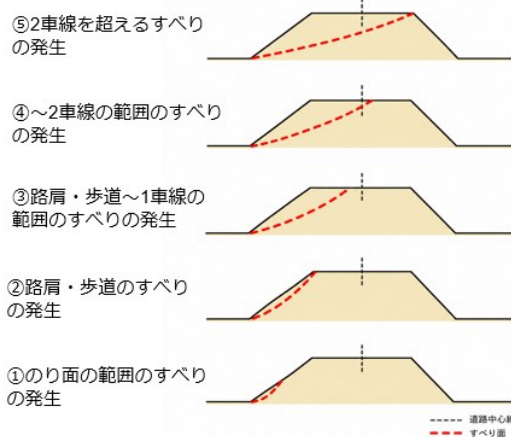


図4 盛土すべり破壊の区分

盛土のすべり破壊の被害程度については、既往研究⁷⁾を参考に、道路横断方向および縦断方向の二つの観点から整理した。既往研究では、道路横断方向のすべり破壊について、すべり面が法面、路肩・歩道、

車線ほどの程度進展しているかにより被害規模を区分している。本研究ではこれを参考に、図4に示すように、代表横断面における法面、法肩および道路中心位置との関係から横断方向の被害程度を判定した。また、縦断方向については、被害範囲の道路縦断方向に沿った長さを被害延長として整理し、横断方向の被害程度と併せてすべり破壊の規模を評価した。

2007年地震については、地震後の航空写真および既往資料¹⁾を用いて、横断方向の被害程度および縦断方向の被害延長を判読した。一方、2024年地震については、航空写真に加え、被害箇所において道路線形に直交する横断面および道路線形に沿った縦断面を地震前後のDEMから作成し、被害範囲および被害程度を詳細に確認した上で、既往資料²⁾と照合した。

以上より、両地震におけるすべり破壊の被害程度を区分した結果、2007年地震では11箇所のうち、区分2が1箇所、区分3が3箇所、区分4が4箇所、区分5が3箇所であった。一方、2024年地震では25箇所のうち、区分2が1箇所、区分3が6箇所、区分4が12箇所、区分5が6箇所であった。これらの結果を整理した被害データベースを表2に示す。

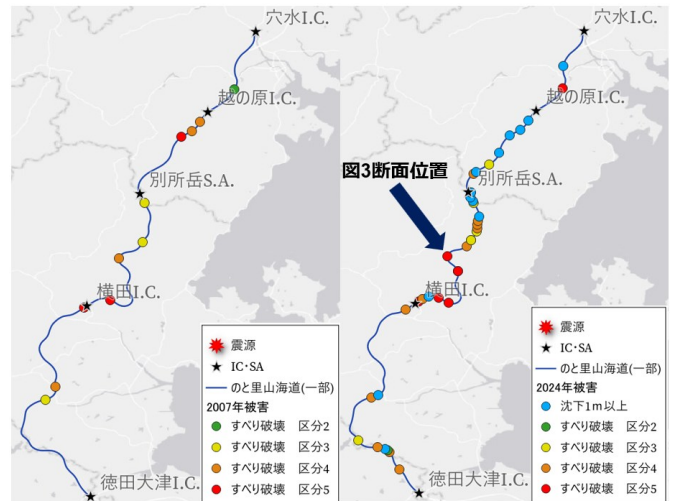


図5 盛土被害の区間分布および被害区分

被害箇所の区間分布および被害区分を図5に示す。2007年地震では、すべり破壊11箇所のうち7箇所が横田IC～越の原IC間に分布し、そのうち区分4・5が5箇所と約7割を占めた。一方、2024年地震では、すべり破壊25箇所のうち約6割が横田IC～別所岳SA間に分布し、同区間でも区分4・5が約7割を占めた。

4. 被害特性の比較および影響要因の分析

2007 年および 2024 年地震について、対象区間内の各盛土について被害の有無およびすべり破壊発生状況を整理し、盛土高、盛土種類、地山勾配等との関係を確認する。なお、1m 未満の沈下被害を無被害・軽微に含めて整理した。その結果を図 6、図 7、図 8 に示す。

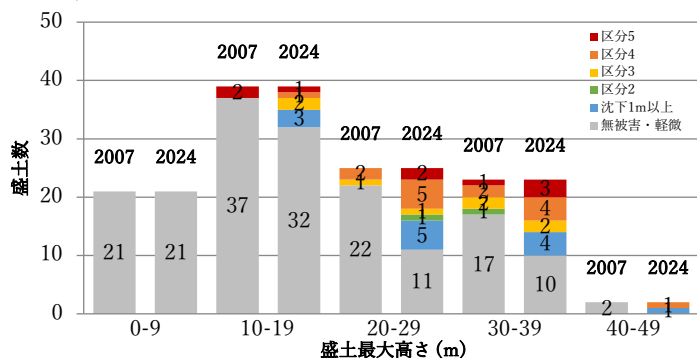


図 6 盛土最大高さ別 被害程度 (2007 年・2024 年)

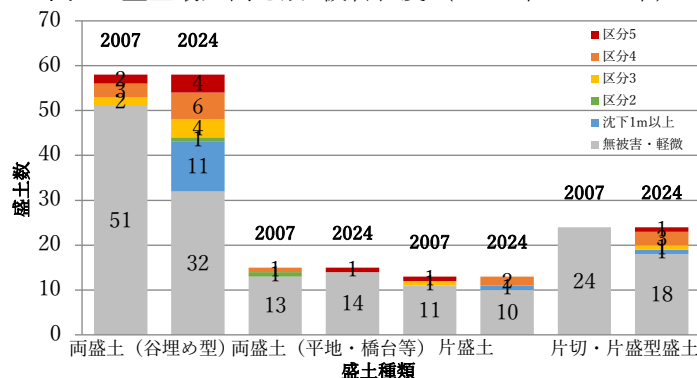


図 7 盛土種類別 被害程度 (2007 年・2024 年)

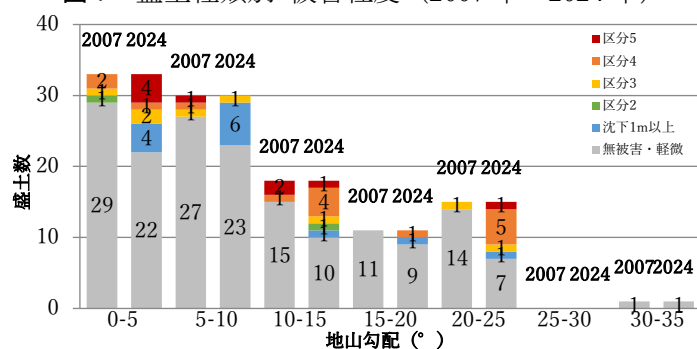


図 8 地山勾配別 被害程度 (2007 年・2024 年)

図 6 に示す盛土高について、沈下を除き、すべり破壊のみを比較すると、2024 年の被災率は 2007 年に対して、10～19m で約 2 倍、20～29m で約 3 倍、30～39m で約 1.5 倍となった。特に 20m 以上では両地震間の差が大きく、2024 年における被害増加が高盛土で顕著に現れている。

図 7 に示すように、すべり破壊のみを比較すると、両盛土 (谷埋め型) では 2024 年の被災率が 2007 年の約 2 倍となった一方、両盛土 (平地・橋台等) および片盛土では大きな増加はみられなかった。また、片切・片盛型盛土では 2007 年に被害が確認されなかったのに対し、2024 年には複数箇所が発生した。

図 8 に示す地山勾配について、2024 年のすべり破壊の被災率は 2007 年と比較して、0～5°および 10～15°で約 2 倍となり、20～25°ではさらに大きな増加がみられた。一方、5～10°では同様の増加はみられず、地山勾配の増加に伴って被災率が単調に増加する関係は認められなかった。

また、両地震ですべり破壊が発生した盛土は 4 箇所あり、そのうち 3 箇所は最大盛土高 30m 以上、3 箇所は両盛土 (谷埋め型) であった。一方、同様の条件を有する盛土でも 2007 年地震後に補強され、2024 年に再被災しなかった箇所があり、再被災には盛土条件に加えて補強の影響も考慮する必要がある。

5. まとめ

本研究では、のと里山海道の徳田大津 IC～穴水 IC 間を対象として盛土データベースを構築し、2007 年および 2024 年能登半島地震における被害情報を各盛土に対応付けた。盛土高、地山勾配、盛土種類等と被害状況との関係を単純集計により比較した結果、両地震とも盛土高が大きい盛土や両盛土 (谷埋め型) で被害が多く発生する傾向が確認された。一方、地山勾配の増加に伴う明確な被災率の増加傾向は認められなかった。

参考文献

- 1) 田村敬一ら：平成 19 年 (2007 年) 能登半島地震被害調査報告，国土技術政策総合研究所資料，No.438，pp.118-146，2008。
- 2) 渡邊一弘ら：9.3 道路土工構造物，令和 6 年能登半島地震土木施設被害調査等報告，国土技術政策総合研究所資料，No.1320，pp.9-251-9-305，2025。
- 3) 林野庁森林整備部計画課：林野庁・数値標高モデル DEM0.5m (能登地域 2024)，G 空間情報センター，2025。
- 4) 建設省道路局監修・道路保全技術センター編：道路防災総点検要領「地震」，平成 8 年度，道路保全技術センター，1996。
- 5) 日本道路協会：道路震災対策便覧 (震前対策編)，平成 18 年度改訂版，2006。
- 6) 林野庁森林整備部計画課：林野庁・地形変化量データ (能登地域 2024)，G 空間情報センター，2025。
- 7) 常田賢一ら：道路機能に基づく道路盛土の経済的な耐震強化・補強技術に関する研究開発，道路政策の質の向上に資する技術研究開発成果報告レポート，No.17-4，pp.5-6，2008。