

令和6年能登半島地震により発生した石川県内における道路被害の概要

千葉啓広¹

Traffic Facilities Damages Caused by the 2024 Noto Peninsula Earthquake, Ishikawa Prefecture, Japan

Yoshihiro CHIBA¹

Abstract

This report focuses on the road damage caused by the earthquake that occurred in the Noto region of Ishikawa Prefecture on January 1, 2024. Looking at the causes of damage by route, the main cause of damage for Noto Satoyama kaido and Noetsu Expressway was road damage due to embankment collapse. On the other hand, along National Route 249 and Prefectural Route 38, which run along the coast, there were many spots where slope failure was a contributing factor. The average maximum inclination angle at points where slope failure was the cause was approximately 32.6 degrees, while at points with road surface damage there was a difference of approximately 18.5 degrees. Furthermore, regarding the difference in elevation between the center of the road and the road shoulder, the site of the slope failure is estimated to be on a slope approximately 20 m higher than the center of the road, while the road surface damage is estimated to be in the shape of an embankment of approximately 10 m. As a result of attempting to interpret the stream topography using contour line interpretation, it became clear that all of the points were those related to stream topography or convex parts of the contour lines.

キーワード：災害調査, 地震, 道路, 盛土, 斜面

Key words: field survey, earthquake, traffic facilities, artificial fill, slope

1. はじめに

2024年1月1日16時10分に石川県能登地方の深さ約15 kmで気象庁マグニチュード(M)7.6の地震(令和6年能登半島地震)が発生した。最大震度7の地域を含む、能登地方の広い範囲で震度6

強や6弱の揺れを観測した(以下、今回の地震とする)。この地震の前後にも規模の大きな地震が発生し強い揺れが長く続いた。震源断層について地震調査研究本部は、北東-南西に延びる約150 kmの主として南東傾斜の逆断層であり、地

¹ 名古屋大学減災連携研究センター
Disaster Mitigation Research Center, Nagoya University

本稿に対する討議は2025年5月末日まで受け付ける。

殻内で発生した地震であると評価している¹⁾。地震による死者・行方不明者は石川県のみで報告され、災害関連死の30名を含む死者260名及び、行方不明者3名が報告されている。負傷者は、石川・富山・新潟の北信越の3県を中心に1,323人である。また住家の被害は、石川県を主として同じく北信越3県に全壊8,408棟、福井を加えた4県に半壊21,296棟である(2024年6月25日現在、消防庁)²⁾。水道を主としたライフラインへの影響とともに救援及び、物資等の輸送の要である道路施設にも大きな影響を及ぼした。とくに石川県においては、金沢と能登地域を結ぶのと里山海道及び能越自動車道、奥能登地域も含めて能登半島の沿岸域を広く周回する国道249号線に複数箇所の被害をもたらし、能登半島地域の救援・支援・復旧に後れを伴う要因の一つとなった。国土交通省は、道路に対する主な被害箇所として石川県内の57箇所を整理している³⁾。

本速報では、上記の道路の主な被害箇所として示された各地点のうち道路の土工と斜面崩壊の影響に着目し、震度及び、地形・地盤の特徴を整理・報告する。また、これらの被害箇所の特徴の整理が、災害時の物資などの輸送計画の再検討など、他地域の事前対策に寄与し得るか考察を行う。

2. 道路被害の状況

国土交通省によると今回の地震における道路被害として、高速道路1路線10区間(能越自動車道)、直轄国道1路線1区間、国道249号線を主とする補助国道3路線40区間、石川県内を主とする3県の県道145区間への影響を報告している(2024年6月25日現在、国土交通省)^{2,4)} [1]。

国土交通省道路局は、のと里山海道及び、能越自動車道に関する今回の地震による土工(道路盛土)の被災傾向として主として4点を挙げている。すなわち、①沢埋め高盛土に被災が見られたこと、②平成19年(2007)の能登半島地震後、排水対策等を施した本復旧箇所では被災が軽微にとどまっていること、③一方で、本復旧した箇所に隣接し同じリスク要因を有する未被災部分が大きく沈下し重度に被災したこと、④盛土の締固め基準等が

引き上げられた平成25年(2013)以降に供用された区間は被災が軽微であったことを示し、既存盛土の被災リスクの検討の必要性を示唆している⁵⁾。

また、国道249号線では、沿岸部における大規模な斜面崩落や地すべりによる通行途絶が発生し、構造物のみで被害を防ぐには限界があると報告されている。合わせて、トンネル本体としては通行可能であってもトンネル坑口の斜面崩落により通行機能が損なわれた事例も報告されている。

以上から、今回の地震による道路被災箇所の特徴を整理し、他地域も含め未被災の道路の道路盛土や道路周辺の斜面崩壊のリスクを事前に把握することは今後の道路の防災・減災上重要な事項である。

3. 調査方法及び使用データ

調査対象は上述の国土交通省が主な被害箇所として示す石川県内の57箇所とする³⁾。図1に示す通り、のと里山海道及び、能越自動車道(以下、能越道)、国道249号線(以下、R249)、石川県道38号線(以下、K38)の4路線に、石川県道40号線(以下、K40)と輪島市道(以下、WS)の2路線の各1箇所ずつが主な被災箇所として示されている(図1)。

各被災箇所の地震動や地形及び道路形状の分析においては、各使用データについてESRI社のArcGIS10.6.0(以下、GIS)を用いて処理を行った。使用データの概要は以下の通りである。まず、道路被災箇所のデータは、国土交通省が公表³⁾する主な被害箇所に関するGeoJSONデータをshapeファイル形式に変換して用いた。ただし、これらの被災箇所のデータをKMZファイル化した後にGoogleEarth上で表示し、各地点を確認したところ、令和6年能登半島地震道路復旧見える化マップ中で同じく国土交通省が公表する被災箇所の空中写真や360度写真と地形や景観が異なる地点も見られた。その為、位置の特定に至らなかった2地点を除き、こられが一致する地点へ補正を行って本速報の分析に用いている。地震動は、QUIET+⁷⁾が提供する計測震度相当値のデータを地震動の値に変換して用いた。また、傾斜角度は、

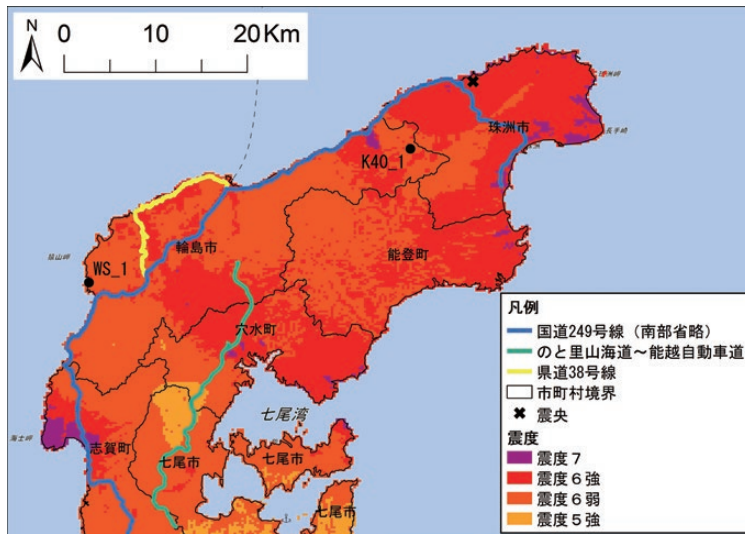


図1 対象路線と震度分布

国土数値情報標高・傾斜度5次メッシュデータ(250 mメッシュ)を用いた。これらにより、各被災地点の地震動データ及び、最大傾斜角度・平均傾斜角度の整理を行った。また、地形に関するデータとして、若松・松岡ら^{8,9)}の地形・地盤分類250 mメッシュマップ(2020年更新版)を用いて、各被災箇所の特徴を整理した。道路形状について、筆者らは既往研究において、基盤地図情報のDEM(数値標高モデル)データを用いて分析地点の道路に対する横断面の取得を試みている¹⁰⁾。この速報では、これを参考に、国土地理院が公開する、地理院地図Vector¹¹⁾の断面図の計測機能を用いて各被災箇所の道路中央部及び、左右路肩の標高値を整理した。また、上述の国土交通省道路局の報告の通り、今回の地震における道路被害箇所について、沢地形の影響が示唆されている。このため、GISの背景図に国土地理院の標準地図を用いて、各被災箇所の等高線の凸部を目安に判読し整理を行った。

4. 被災箇所の地形的特徴の整理

4.1. 被災要因の整理

主な被災箇所の57地点を地図上にプロットした結果を図2に示す。また、表1に各地点の被災要

因や道路盛土及び斜面崩壊による土砂等の移動方向について引用文献が示す被災箇所の空中写真や360度写真の判読により推測を行い整理した。各路線及び被災箇所の略記として、のと里山海道(NT)、能越自動車道(NE)、国道249号線(R249)、県道38号線(K38)、県道40号線(K40)、輪島市道(WS)とし、それぞれ南方または、西方の地点から順に番号を付与した。このうち、能越道のNE_7、NE_13の2地点については、位置の特定に至らなかった。この為、出典データの座標値に基づいて参考にプロットし、次節以降の道路形状などの分析時には除外する。

表1の結果に基づいて、表2に路線別の被災要因を整理した。県道38号線及び、県道40号線、輪島市道の計9地点については、県道及び市道としてまとめて整理を行っている。この結果、のと里山海道は、21箇所中の20箇所が路面崩壊、1箇所が橋梁部の被災であった。次に、能越道は、位置の特定ができなかった2箇所を除く12箇所中、3箇所が路面崩壊、7箇所が路面亀裂、切土斜面崩壊及び、対象路線の上方を交差する他路線の取付部分の崩壊とみられる箇所が各1箇所である。上述の国土交通省道路局の報告が示す被災の傾向の通り、のと里山海道及び能越道では、もっとも供

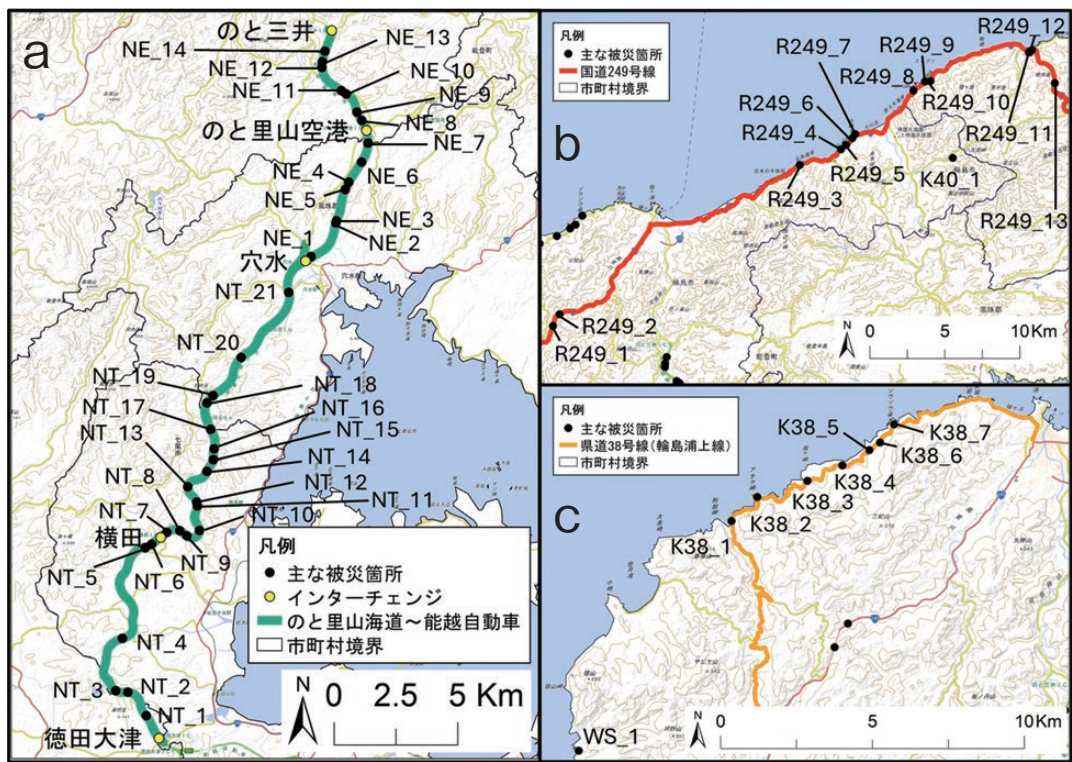


図2 路線別被災箇所分布図

a：のと里山海道～能越自動車道 b：国道249号線及び、県道40号線地点 K40_1 c：県道38号線及び、輪島市道地点 WS_1

表1 主な道路被害箇所の被災要因

No.	路線名	略記	地点名	被災要因	方向	位置補正
1	のと里山海道	NT_1	出典資料 に未記載	左路肩崩落	右→左	
2		NT_2		路面崩落(両側)	左→右	○
3		NT_3		路面崩落(両側)	左→右	○
4		NT_4		右路肩崩落	左→右	○
5		NT_5		右路肩崩落	左→右	
6		NT_6		右路肩崩落	左→右	
7		NT_7		右路肩崩落	左→右	
8		NT_8		右路肩崩落	左→右	○
9		NT_9		右路肩崩落	左→右	○
10		NT_10		路面崩落(両側)	左→右	○
11		NT_11		路面崩落(両側)	左→右	○
12		NT_12		左路肩崩落	右→左	
13		NT_13		右路肩崩落	右→左	○
14		NT_14		右路肩崩落	右→左	○
15		NT_15		右路肩崩落	右→左	○
16		NT_16		路面崩落(両側)	左→右	
17		NT_17		路面崩落(両側)	左→右	○
18		NT_18		路面崩落(両側)	左→右	○

No.	路線名	略記	地点名	被災要因	方向	位置補正
19	のと里山海道	NT_19	出典資料 に未記載	路面崩落(両側)	左→右	
20		NT_20		路面崩落(両側)	左→右	
21		NT_21		橋梁部		
22	能越自動車道	NE_1	出典資料 に未記載	路面崩落(両側) ※河川近接	右→左	
23		NE_2		路面全体の大規模亀裂		○
24		NE_3		路面全体の大規模亀裂		○
25		NE_4		路面崩落(右側)	左→右	
26		NE_5		路面崩落(両側)	左→右	
27		NE_6		上部に交差する陸橋取付け部分の崩落		
28		NE_7		位置特定不可		
29		NE_8		路面中央走行方向の亀裂		
30		NE_9		路面全体の大規模亀裂		○
31		NE_10		右路面中心に亀裂		
32		NE_11		路面全体の大規模亀裂		○
33		NE_12		路面全体の大規模亀裂		
34		NE_13		位置特定不可		
35		NE_14		切土斜面崩壊(右路肩側)	右→左	
36	国道249号線	R249_1	中屋トンネル	トンネル天井の崩落		
37		R249_2	門前町2	右路面中心に亀裂 ※近接に左斜面の崩壊あり	左→右	
38		R249_3	名舟海岸	自然斜面崩壊(右路肩側)	右→左	○
39		R249_4	三ッ子浜	自然斜面崩壊(右路肩側)	右→左	
40		R249_5	三ッ子浜	自然斜面崩壊(右路肩側)	右→左	
41		R249_6	三ッ子浜	自然斜面崩壊(右路肩側)	右→左	
42		R249_7	輪島市巻坂地区	自然斜面崩壊(右路肩側)	右→左	
43		R249_8	逢坂トンネル西坑口	道路と直行するトンネル上部の自然斜面崩壊	直行	
44		R249_9	逢坂トンネル東坑口	自然斜面崩壊(右路肩側)	右→左	
45		R249_10	中田浜	自然斜面崩壊(右路肩側)	右→左	
46		R249_11	大谷ループ橋	橋梁部		
47		R249_12	大谷ループ橋	橋梁部		
48		R249_13	大谷トンネル	トンネル天井の崩落		
49	県道38号線	K38_1	上大沢	自然斜面崩壊(右路肩側)	右→左	○
50		K38_2	アタケ岬	自然斜面崩壊(右路肩側)	右→左	
51		K38_3	白山神社	自然斜面崩壊(右路肩側)	右→左	○
52		K38_4	夫婦岩展望台	自然斜面崩壊(右路肩側)	右→左	
53		K38_5	三ッ岩岬	自然斜面崩壊(右路肩側)	右→左	○
54		K38_6	三ッ岩岬	自然斜面崩壊(右路肩側)	右→左	
55		K38_7	ゾウゾウ鼻	自然斜面崩壊(右路肩側)	右→左	
56	県道40号線	K40_1	町野町寺山	自然斜面崩壊(左路肩側)	左→右	
57	輪島市道	WS_1	猿山崎	自然斜面崩壊(右路肩側)	右→左	

表2 路線別の被災要因及び箇所数の整理

路線	路面		斜面		トンネル	橋梁	他路線 が要因	特定不可	合計
	崩落	亀裂	自然斜面	切土斜面					
のと里山海道	20					1			21
能越自動車道	3	7		1			1	2	14
R249		1	8		2	2			13
県道及び市道			9						9
総計	23	8	17	1	2	3	1	2	57
合計に対する割合	40.4%	14.0%	29.8%	1.8%	3.5%	5.3%	1.8%	3.5%	100%

表3 のと里山海道及び能越自動車道の共用開始年次と被災箇所整理

路線	区間	供用開始年次	対象被災箇所	被災箇所数
のと里山海道	徳田大津 IC～横田 IC	1980年	NT_1～NT_6	6
のと里山海道	横田 IC～穴水 IC	1978年	NT_7～NT_21	15
能越自動車道	穴水 IC～のと里山空港 IC	2006年	NE_1～NE_7	7
能越自動車道	のと里山空港 IC～のと三井 IC	2023年	NE_8～NE_14	7

用年次が新しい区間に含まれる地点 NE_8 以降の区間において(表3)、1箇所が切土斜面の崩壊は見られたものの、その他の被災要因は路面亀裂であり、路面崩壊は見られていない。R249は、13箇所中8箇所が自然斜面崩壊、1箇所が路面亀裂、トンネルと橋梁に関わるものが2箇所ずつとなっている。県道及び市道は、9箇所全てが自然斜面崩壊を要因とすることが確認された。

4.2. 被災箇所の震度と微地形区分の整理

本節以降の分析では、前節までに整理した位置の特定ができなかった箇所及び、橋梁・トンネル部分及び、他路線の影響による被災箇所の9地点を除いた48地点を対象とする。

表4の左方の列に被災箇所の震度及び微地形区分を整理した。まず、震度は多くの地点で震度6弱以上と推測されることが確認された。一方で、震源断層から比較的距離のあるのと里山海道の8地点で5強となっているものの路面崩壊が発生している。いずれの地点も最も共用年次の古い横田 IC～穴水 ICの区間に位置する。一方で、共用年次の最も新しい、のと里山空港 IC～のと三井 ICの区間においては路面崩壊の発生は見られていないものの、路面亀裂が発生している。これらの区間はいずれも震度6強が推計され、共用年次の新しい区間であっても強い揺れに伴って比較的規模の大きな道路被災が発生する可能性が示唆される。微地形区分については、のと里山海道及び、能越道においては、主として「丘陵」と「山地」である。R249とK38を中心とする県道及び市道の被災箇所は、「山麓地」「砂礫質台地」「山地」となっている。藤原らは¹²⁾、道路盛土等も含む道路のり面の地震による被害率が高い微地形区分として、「山地」「自然堤防」「後背湿地」を挙げている。今回

の地震においても、「山地」の微地形に位置する被災箇所があることが明らかになった一方で、路面の被災においては「丘陵」、斜面崩壊に関わる被災においては、「山麓地」「砂礫質台地」に位置する被災箇所もあり、藤原らが挙げる微地形以外での被災も確認された。上述の通り、国土交通省道路局が、沢地形と道路被害の影響を指摘している。この点については、被災箇所の等高線の判読を試みた結果を後述する。

4.3. 被災箇所の道路形状の整理

表4の右方の列に被災箇所の道路形状について整理した。上述の通り、国土地理院が公開する地理院地図 Vector の断面図の計測機能を用いて、概ね道路中央から左右に横断する方向にそれぞれ約30m程度計測し、各被災箇所の道路中央部の値(M)及び、左右路肩の標高値(L, R)を求めた。さらに、道路中央部の値から左路肩の値を減じ(M-L)、道路中央と左路肩の標高差を推計し、これを左比高差と定義する。同様に、道路中央部の値から右路肩の値を減じ(M-R)、これを右比高差とする。道路中央の標高が路肩より高い場合(プラスの値)は、道路盛土または、路面から下る方向の斜面であることが推測される。一方で、道路中央の標高が低い場合(マイナスの値)は、自然斜面または、切土斜面を路面の路肩に持つことが推測される。これらの結果から、分析対象48箇所の道路形状について、表5に示した4分類6種の道路形状の略図に整理した。なお、本速報においては、プラス・マイナスいずれも閾値を3m(四捨五入)とし、それに満たない場合は、標高差のない平坦な地点に分類した。なお、各路線の北方または、東方に進路をとる場合(略記の若い番号から順に進む方向)の向きを基準に左右の路

表 4 対象地点の震度及び微地形・道路形状

No.	略記	被災要因 分類	震度	微地形	最大傾斜 角度	平均傾斜 角度	左路肩 L	道路中央 M	右路肩 R	左比高差 (M-L)	右比高差 (M-R)	道路形状 路肩標高差	道路 形状
1	NT_1	路面崩落	6弱	丘陵	20.2	13.9	68.19	78.58	70.66	10.39	7.92	10.39	a
2	NT_2	路面崩落	6弱	丘陵	15.5	8.0	112.12	116.45	103.8	4.33	12.65	12.65	a
3	NT_3	路面崩落	6弱	丘陵	12.6	8.0	96.74	104.47	94.72	7.73	9.75	9.75	a
4	NT_4	路面崩落	6弱	丘陵	17.8	11.5	66.4	67.15	56.41	0.75	10.74	10.74	b-2
5	NT_5	路面崩落	6弱	丘陵	16.2	7.6	44.86	34.53	31.62	-10.33	2.91	2.91	d-2
6	NT_6	路面崩落	6弱	丘陵	23.5	15.6	56.53	46.2	32.45	-10.33	13.75	13.75	d-2
7	NT_7	路面崩落	5強	山地	23.0	15.5	74.84	63.07	48.5	-11.77	14.57	14.57	d-2
8	NT_8	路面崩落	6弱	丘陵	17.2	9.4	78.43	80.92	66.51	2.49	14.41	14.41	a
9	NT_9	路面崩落	6弱	丘陵	16.7	11.5	90.97	95.97	84.77	5	11.2	11.2	a
10	NT_10	路面崩落	6弱	丘陵	13.2	6.7	112.76	118.8	113.95	6.04	4.85	6.04	a
11	NT_11	路面崩落	6弱	丘陵	15.3	8.1	164.62	153.3	144.85	-11.32	8.45	8.45	d-2
12	NT_12	路面崩落	6弱	丘陵	15.3	8.1	144.38	159.3	145.96	14.92	13.34	14.92	a
13	NT_13	路面崩落	5強	山地	17.8	9.7	192.81	186.79	176.76	-6.02	10.03	10.03	d-2
14	NT_14	路面崩落	5強	山地	23.8	9.1	206.2	216.64	206.52	10.44	10.12	10.44	a
15	NT_15	路面崩落	5強	山地	17.6	10.5	227.07	229.68	220.68	2.61	9	9	a
16	NT_16	路面崩落	5強	山地	22.7	10.0	221.87	225.98	219.44	4.11	6.54	6.54	a
17	NT_17	路面崩落	5強	山地	12.8	5.6	232.28	237.92	232.23	5.64	5.69	5.69	a
18	NT_18	路面崩落	5強	山地	25.9	11.8	215.12	220.97	211.27	5.85	9.7	9.7	a
19	NT_19	路面崩落	5強	山地	25.5	14.6	197.48	206.21	190.58	8.73	15.63	15.63	a
20	NT_20	路面崩落	6弱	丘陵	20.6	10.5	188.06	190.73	167.83	2.67	22.9	22.9	a
22	NE_1	路面崩落	6強	丘陵	18.1	10.9	22.7	38.74	42.83	16.04	-4.09	16.04	d-1
23	NE_2	路面亀裂	6強	丘陵	22.7	13.1	63.01	67.43	56.79	4.42	10.64	10.64	a
24	NE_3	路面亀裂	6強	丘陵	21.4	11.0	68.79	71.08	61.28	2.29	9.8	9.8	a
25	NE_4	路面崩落	6強	丘陵	15.2	9.3	129.8	121.23	110.08	-8.57	11.15	11.15	d-2
26	NE_5	路面崩落	6強	丘陵	13.6	6.7	151.96	143.88	138.22	-8.08	5.66	5.66	d-2
29	NE_8	路面亀裂	6強	谷底低地	18.3	8.4	157.91	166.16	171.03	8.25	-4.87	8.25	d-1
30	NE_9	路面亀裂	6強	丘陵	16.7	8.7	186.4	188.38	182.2	1.98	6.18	6.18	b-2
31	NE_10	路面亀裂	6強	丘陵	15.9	9.9	163.53	168.47	163.91	4.94	4.56	4.94	a
32	NE_11	路面亀裂	6強	丘陵	15.6	10.0	163.05	164.44	146.55	1.39	17.89	17.89	b-2
33	NE_12	路面亀裂	6弱	丘陵	19.2	11.4	151.31	159.3	160.5	7.99	-1.2	7.99	b-1
35	NE_14	斜面崩壊	6強	丘陵	27.9	14.4	123.63	131.46	141.24	7.83	-9.78	-9.78	d-1
37	R249_2	路面崩落	6強	山麓地	24.7	14.5	147.4	155.41	175.61	8.01	-20.2	8.01	d-1
38	R249_3	斜面崩壊	6強	山麓地	33.4	22.4	2.99	7.05	31.01	4.06	-23.96	-23.96	d-1
39	R249_4	斜面崩壊	6強	砂礫質台地	25.0	14.7	13.63	17.29	24.53	3.66	-7.24	-7.24	d-1
40	R249_5	斜面崩壊	6強	砂礫質台地	24.8	11.6	2.1	5.41	18.43	3.31	-13.02	-13.02	d-1
41	R249_6	斜面崩壊	6強	砂礫質台地	24.4	13.7	2.72	25.61	42.28	22.89	-16.67	-16.67	d-1
42	R249_7	斜面崩壊	6強	砂礫質台地	20.8	13.3	4.36	30.5	41.64	26.14	-11.14	-11.14	d-1
44	R249_9	斜面崩壊	6強	山地	40.5	20.0	2.23	7.84	44.18	5.61	-36.34	-36.34	d-1
45	R249_10	斜面崩壊	6強	山地	44.9	28.8	2.88	8.12	37.44	5.24	-29.32	-29.32	d-1
49	K38_1	斜面崩壊	6強	砂礫質台地	33.9	18.1	4.91	7.77	33.53	2.86	-25.76	-25.76	d-1
50	K38_2	斜面崩壊	6強	山麓地	25.2	15.5	2.6	8.23	44.13	5.63	-35.9	-35.9	d-1
51	K38_3	斜面崩壊	6強	山麓地	31.9	20.2	70.73	81.49	109.63	10.76	-28.14	-28.14	d-1
52	K38_4	斜面崩壊	6強	山麓地	36.9	26.6	59.35	84.24	121.77	24.89	-37.53	-37.53	d-1
53	K38_5	斜面崩壊	6強	山麓地	32.4	18.9	90.99	99.71	118.79	8.72	-19.08	-19.08	d-1
54	K38_6	斜面崩壊	6強	山麓地	39.2	26.3	82.21	102.61	135.21	20.4	-32.6	-32.6	d-1
55	K38_7	斜面崩壊	6強	山麓地	38.9	27.4	66.9	95.32	115.38	28.42	-20.06	-20.06	d-1
56	K40_1	斜面崩壊	6弱	山地	39.0	26.4	136.69	120.53	82.72	-16.16	37.81	37.81	d-2
57	WS_1	斜面崩壊	6弱	山麓地	34.3	22.2	2.77	7.84	24.86	5.07	-17.02	-17.02	d-1

凡例：グレーの網は、被災要因が路面の場合はプラスの値、斜面崩壊の場合は、マイナスの値の内、左右の路肩との標高差がより高い方を示す。この値を用いて表7における路肩標高差の平均値算出に用いている。

表5 対象地点の道路横断面の集計に基づく道路形状の分類

項目	道路形状の分類		
	a	b-1	b-2
略図			
概要	道路面に比べ両側の路肩が低い	道路面に比べ一方の路肩が低く他方の路肩は平坦	
項目	c	d-1	d-2
略図			
概要	道路面に比べ両側の路肩が高い	道路面に比べ一方の路肩が高く他方の路肩は低い	

凡例 M：道路中央 H：道路中央に比べ標高が高い（表4の比高差の値はマイナス） L：道路中央に比べ標高が低い（表4の比高差の値はプラス）

肩を設定した。

各道路形状の分類の概要は下記の通りである。まず、分類aは、道路面に比べ両側の路肩が低い道路形状であり、対象の被災箇所の多くでは、両盛土と推測される。分類bは、道路面に比べ一方の路肩が低く他方の路肩は平坦な道路形状である。対象の被災箇所の多くでは片盛土と推測される。左路肩が低い場合をb-1、右路肩が低い場合はb-2とする。分類cは、道路面に比べ両側の路肩が高い道路形状であり、両側が自然斜面または、切土斜面が推測される。本速報の対象地点では、能越道の地点NS_6が該当したが、交差する他路線の被災が要因であり、上述の通り分析から除外した。分類dは、道路面に比べ一方の路肩が高く他方の路肩は低い道路形状である。対象の被災箇所の多くでは一方が道路中央より高い自然斜面、一方が道路中央より低い方向への自然斜面または、片盛土と推測される。右路肩が高い場合をd-1、左路肩が高い場合はd-2とする。表6に、路線別被災要因と道路形状を整理した。この結果、のと里山海道は分類aが最も多く、b、dの分類のものも含め、表1に整理した被災の方向も踏まえると、標高の低い側の路肩方向への道路盛土の

表6 路線別被災要因と道路形状の整理

対象路線	被災要因	道路形状			総計
		a	b	d	
のと里山海道	路面崩落	14	1	5	20
	斜面崩壊			1	1
能越自動車道	路面亀裂	3	3	1	7
	路面崩落			3	3
国道249号線	斜面崩壊			7	7
	路面崩落			1	1
県道及び市道	斜面崩壊			9	9
総計		17	4	27	48

被災であることが推測された。能越道に1箇所ある切土斜面の崩壊地点(NE_14)についても、道路形状をd-1として抽出がなされている。また、空中写真からの判読では明確に被災の方向は見いだせなかった路面亀裂の発生箇所について、道路形状から道路盛土と推測されることが示唆された。R249とその他の県道及び市道については、1地点を除きその被災要因は自然斜面であるが、道路形状からも被災リスクを懸念する地点(d-1またはd-2)であることが確認された。

表7 被災要因別の計測震度及び地形に関する値の平均値に基づく整理

被災要因		各地点の値の平均				地点数 n : 48
分類	状況	計測震度	最大傾斜角度 単位：度	平均傾斜角度 単位：度	路肩標高差 単位：m	
斜面	斜面崩壊	6.10	32.55	20.03	-19.16	17
	路面亀裂	6.08	18.54	10.36	9.38	7
路面	路面崩落	5.65	18.53	10.30	10.86	24

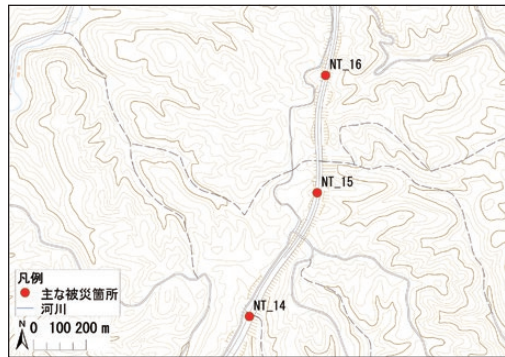
4. 4. 被災要因別の地震動及び地形の特徴

表7に、これまで示した被災箇所の整理の総括として、斜面崩壊、路面亀裂、路面崩落の3つの被災要因別に、計測震度及び地形に関する値の平均値について整理した。なお、切土斜面の崩壊は1地点のみであったため、ここでの整理では斜面崩壊に含めて集計を行った。

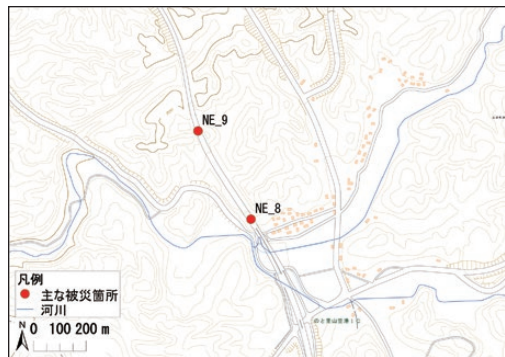
まず、計測震度の平均値は、斜面崩壊と路面亀裂ではそれぞれ震度6強相当を示す6.0の値を上回っている。また、路面崩壊では相対的に低いものの5.65であり、震度6弱相当を示している。路面崩落の値が低い要因として、上述の国土交通省の報告の通り、のと里山海道の供用年次が古い区間（したがって、盛土の締固め基準等の引き上げ前）に該当する被災箇所が含まれていることが挙げられる。最大傾斜角度の平均値は、斜面崩壊では、約32.6度、一方で路面亀裂及び路面崩壊は、いずれも約18.5度と差が見られた。平均傾斜角度についても同様の傾向である。また、道路中央の標高と路肩の標高差については、各地点の左右の比高差の値の大きい方を用いて平均値を集計した。その結果、斜面崩壊の地点の平均値は、-19.16 mであり、道路中央より約20 m高い斜面であることが示された。一方で、路面亀裂では、9.38 m、路面崩落では、10.86 mの平均値であり、平均して10 m前後の盛土形状であることが推測される結果となった。

4. 5. 被災箇所と沢地形の関係の整理

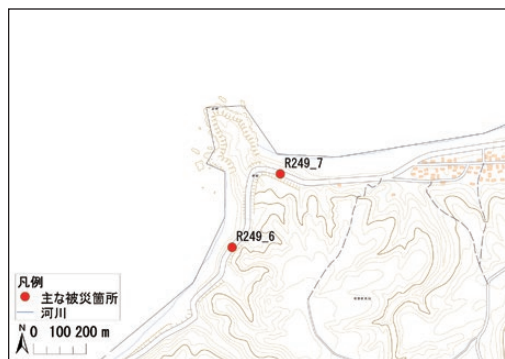
上述の通り、国土交通省道路局の報告による今回の地震における道路被害の傾向として、沢埋め



a : 路面崩落箇所と等高線の例 (のと里山海道地点 NT_14~16)



b : 路面亀裂箇所と等高線の例 (能越自動車道地点 NE_8~9)



c : 自然斜面崩壊箇所と等高線の例 (国道249号線地点 R249_6~7)

図3 被災箇所と等高線の位置関係に関する判読イメージ

高盛土の被災が示唆されている。そこで、GISの背景図に国土地理院の標準地図を用い、被災箇所48地点について、等高線の凸部を基準に判読し、

表8 路線別及び被災要因別の等高線判読結果の整理

路線	被災要因	沢地形			等高線凸部		総計
		被災箇所を片側	被災箇所を横断	被災箇所を起点に左右	凸部斜面下	凸部斜面中央	
のと里山海道	路面崩落	3	15	2			20
	斜面崩壊		1				1
能越自動車道	路面亀裂	1	6				7
	路面崩落	1	2				3
R249	斜面崩壊				7		7
	路面崩落			1			1
県道及び市道	斜面崩壊	1	1		6	1	9
総計		6	25	3	13	1	48

被災箇所に対する沢地形の影響を推測した。被災要因別の作業のイメージを図3に「a：路面崩落」「b：路面亀裂」「c：自然斜面崩壊」としてそれぞれ例示する。また、判読の結果を表8に路線別、被災要因別に整理した。その結果、路面の被害箇所については、被災箇所と沢地形の位置が概ね一致する結果となった。特に、路線を問わず被災箇所の道路を横断する方向に沢地形が位置する地点数が多い結果となった。また、斜面崩壊については、1箇所を除き、等高線の凸部の端部から斜面の下方向に向かって被災箇所が位置することが示された。被災箇所の等高線を判読した結果、いずれの地点も沢地形または、等高線の凸部に関わる地点であることが明らかになった。

5. 結論

本速報は、2024年1月1日に発生した令和6年能登半島地震における道路被害に関して、国土交通省が公表する主な被災箇所について、机上における地形や道路形状の分析を行い、その特徴の整理を試みた。分析の結果は以下の通りである。

1. 路線別の被災要因では、のと里山海道及び、能越自動車道においては、盛土崩壊による路面被害が主な被災要因である。一方で、沿岸部で自然斜面に隣接する地形を経路とするR249とK38を主する県道及び市道は、斜面崩壊を要因とする地点が多くみられた。
2. 被災箇所の震度と微地形区分の整理においては、先行研究で道路のり面の地震による被害率が高いとされる「山地」の微地形に位置す

る被災箇所を確認した一方で、路面被害においては「丘陵」、斜面崩壊の被害においては、「山麓地」「砂礫質台地」に位置する被災箇所もあり、先行研究で示された微地形以外での被災も確認された。

3. 被災箇所の道路横断面の標高値に基づく道路形状の推測から、一定の高さ（標高差）を持つ盛土形状の路面は、被災リスクを懸念する地点であることが確認された。
4. 被災箇所の計測震度と地形の特徴を被災要因別に整理した結果、斜面崩壊と路面亀裂の地点の平均値は6強相当を示す6.0の値を上回っていた。また、路面崩落は、震度6弱相当を示していた。路面崩落の地点の値が低い要因として、供用年次が古い区間に該当する被災箇所が含まれていることが挙げられ国土交通省の報告と整合する結果となった。
5. 最大傾斜角度は、斜面崩壊を要因とする地点の平均値は、約32.6度、一方で路面被災の地点は、約18.5度と差が見られた。また、道路中央の標高と路肩の標高差については、斜面崩壊の地点は、道路中央に対して路肩側が約20m高い斜面であった。また、路面被災の地点では、10m前後の一定の高さのある盛土形状であることが推測される結果となった。
6. 被災箇所について等高線判読による沢地形の判読を試みた結果、いずれの地点も沢地形または、等高線の凸部に関わる地点であることが明らかになった。

本速報では、一般に入手可能なデータを用いて今

回の地震における主な道路被災箇所の特徴の整理を行った。分析の結果は国土交通省等の被害報告と概ね整合し、追認する結果が示された。また、今後より精査が必要であるが、各被災箇所の特徴の整理は机上の分析により行っており、未被災地域の事前対策に資する可能性がある。今回の分析手法がより有効なものとなるよう検討を進めたい。

謝辞

このたびの能登半島地震でお亡くなりになった方々に心から哀悼の意を捧げるとともに、被災地及び被災地の皆様の一日も早い安寧と復興を切にお祈り申し上げます。本速報の調査手法については、応用地質株式会社の利藤房雄氏にご助言をいただきました。また、匿名の査読者には丁寧な査読並びに有用なご指摘をいただき、本速報の内容を改善することができました。ここに記して感謝申し上げます。

補注

[1] 令和6年能登半島地震による被害状況等について(令和6年1月2日7:00現在)における国土交通省の報告によれば、発災直後の高速道路で4路線、直轄国道は石川県に限っても5路線とより多くの通行止め区間が報告されている。しかし、これは点検により異常の無いことが確認された区間や軽微な補修により短期間で復旧した路線が含まれると推測され、本文中の通行止め区間の記載は、2024年1月3日時点の報告内容(各1路線)、及び執筆時点で最新の2024年6月25日の報告内容に基づき記載した。

引用文献

- 1) 地震調査研究本部：令和6年能登半島地震の評価(令和6年2月9日公表)，https://www.static.jishin.go.jp/resource/monthly/2024/20240101_noto_3.pdf，2024年6月25日閲覧。
- 2) 内閣府：令和6年能登半島地震による被害状況等について(令和6年6月25日14:00現在)，<https://www.bousai.go.jp/updates/r60101notojishin/r60101notojishin/index.html>，2024年6月25日閲覧。
- 3) 国土交通省：令和6年能登半島地震道路復旧見える化マップ，<https://www.mlit.go.jp/road/r60101noto/index2.html>，2024年6月25日閲覧。
- 4) 内閣府：令和6年能登半島地震による被害状況等について(令和6年1月3日8:00現在)，https://www.bousai.go.jp/updates/r60101notojishin/r60101notojishin/pdf/r60101notojishin_02.pdf，2024年6月25日閲覧。
- 5) 国土交通省道路局：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(社会資本整備審議会 道路分科会 道路技術小委員会令和6年3月26日資料)，<https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/content/001733619.pdf>，2024年6月27日閲覧。
- 6) 国土交通省道路局：令和6年能登半島地震を踏まえた道路構造物(橋梁，土工，トンネル)(社会資本整備審議会 道路分科会 道路技術小委員会令和6年3月26日資料)，<https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/content/001733617.pdf>，2024年6月27日閲覧。
- 7) 構造計画研究所：QUIET+，<https://site.quietplus.kke.co.jp/>，2024年6月25日閲覧。
- 8) 若松加寿江・松岡昌志：地形・地盤分類250mメッシュマップの更新，日本地震工学会誌，No.40，pp.24-27，2020。
- 9) 地震ハザードステーション：地形・地盤分類250mメッシュマップ(2020年更新版)，<https://www.j-shis.bosai.go.jp/labs/wm2020/>
- 10) 千葉啓広・倉田和己・利藤房男(2022)：基礎自治体職員の活用を目的とした道路盛土の簡易的抽出方法及び被災可能性の検討，災害情報，No.20-2，pp.297-308。
- 11) 国土地理院：地理院 Vector，<https://maps.gsi.go.jp/vector/#7/36.9133/138.268737/&ls=vstd&disp=1&d=1>，2024年6月25日閲覧。
- 12) 藤原優・横田聖哉(2019)：道路路面災害の応急復旧の対応方法に関する検討，土木学会論文集F6(安全問題)，75(1)，pp.54-68。

(投稿受理：2024年6月30日
訂正稿受理：2024年9月13日)

要 旨

本速報は、令和6年1月1日に石川県能登地方において発生した地震に関して、道路被害に着目して報告するものである。路線別の被災要因では、のと里山海道路及び、能越自動車道においては、道路盛土の崩壊による路面被害が主な被災要因である。一方で、沿岸部を経路とする国道249号線及び県道38号線等では、斜面崩壊を要因とする地点が多くみられた。最大傾斜角度は、斜面崩壊を要因とする地点の平均値は約32.6度、一方で路面被災の地点は、約18.5度と差が見られた。また、道路中央の標高と路肩の標高差については、斜面崩壊の地点は道路中央より約20 m 高い斜面である一方で、路面被災では、10 m 前後の盛土形状であることが推測される結果となった。等高線判読による沢地形の判読を試みた結果、いずれの地点も沢地形または、等高線の凸部に関わる地点であることが明らかになった。