

地震時の斜面崩壊に伴う道路構造物の損傷モード

筑波大学 学生会員 ○櫻井 俊彰 筑波大学 正会員 庄司 学

1. 目的 2008 年 5 月 12 日に発生した四川大地震($M_{JMA}7.9$)や同年 6 月 14 日に発生した岩手・宮城内陸地震($M_{JMA}7.2$)では、震源域が山間部に位置したために、大規模な斜面崩壊、及びそれに伴う道路構造物の被害が数多く発生した^{1),2)}。本研究では、岩手・宮城内陸地震災害調査報告書³⁾を基に、斜面崩壊に伴う道路構造物の損傷モードのデータのみを抽出し、空間的な被災状況の特徴や損傷モードの頻度に関して分析を行った。

2. 損傷モードの分析方法 文献 3 には 961 の土木関係施設に関する被災情報がデータ化されている。それらから斜面崩壊に伴う道路構造物の被災に関するデータを抽出し、全 211 データに再構築した。それらには、緯度・経度の位置情報、被災箇所の損傷の程度や写真が付随しており、それらに基づき、図 1 のように損傷モードを分類した。大分類(分類 I)としては、路面上における路面損傷と斜面上における斜面損傷の 2 つに分類した。路面損傷は亀裂、陥没、隆起、沈下の 4 つに細分類(分類 II)し、その上で、亀裂は縦亀裂、横亀裂、縦亀裂と横亀裂の混合の 3 つに分類(分類 III)した。また、斜面損傷は亀裂と地すべりの 2 つに分類(分類 II)し、地すべりは山腹崩壊、自然斜面・切土法面崩壊、路面崩壊、路肩崩壊の 4 つに分類した(分類 III)。分類 II の 6 つの損傷モードに対して、3 つのパラメータを定義し、I から V の 5 段階の被災度で評価した(表 1)。路面損傷の亀裂、陥没及び斜面損傷の亀裂、地すべりは被災範囲 R 、幅 B 、長さ L を、路面損傷の隆起は幅 B 、長さ L 、高さ H を、沈下は幅 B 、長さ L 、深さ D をそれぞれパラメータとして定義した。

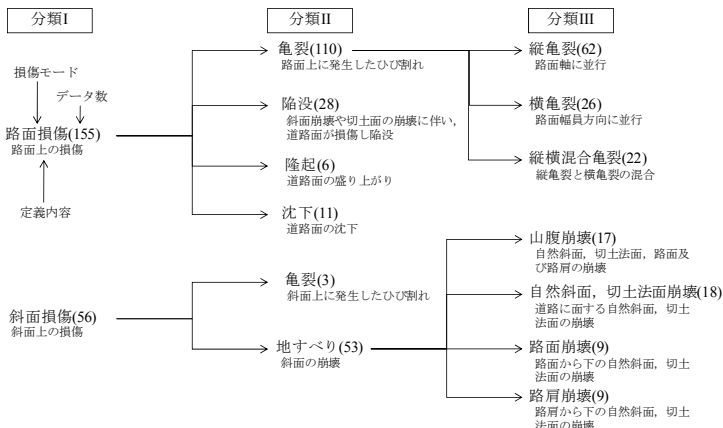


図 1 損傷モードの定義

表 1 被災度の分類

損傷モード			パラメータ	被災度 I	被災度 II	被災度 III	被災度 IV	被災度 V
路面損傷	亀裂	分類 II	被災範囲 R	一部	一部～半幅	半幅	半幅～全幅	全幅
		分類 III	幅 B	5cm 未満	5～10cm	10～20cm	20～50cm	50cm 以上
			長さ L	5m 未満	5～20m	20～50m	50～100m	100m 以上
	陥没		被災範囲 R	一部	一部～半幅	半幅	半幅～全幅	全幅
			幅 B	0.5m 未満	0.5～1m	1～3m	3～5m	5m 以上
			長さ L	1m 未満	1～5m	5～10m	10～30m	30m 以上
	隆起		幅 B	10cm 未満	10～25cm	25～50cm	50～100cm	100cm 以上
			長さ L	1m 未満	2～3m	3～4m	4～5m	5m 以上
			高さ H	5cm 未満	5～10cm	10～25cm	25～50cm	50cm 以上
	沈下		幅 B	1m 未満	1～3m	3～5m	5～7m	7m 以上
			長さ L	5m 未満	5～10m	10～20m	20～40m	40m 以上
			深さ D	10cm 未満	10～20cm	20～30cm	30～40cm	40cm 以上
斜面損傷	亀裂		被災範囲 R	一部	一部～半幅	半幅	半幅～全幅	全幅
			幅 B	5cm 未満	5～10cm	10～20cm	20～50cm	50cm 以上
			長さ L	5m 未満	5～20m	20～50m	50～100m	100m 以上
	地すべり	山腹崩壊	被災範囲 R	一部	一部～半幅	半幅	半幅～全幅	全幅
		自然斜面、切土法面崩壊	幅 B	5m 未満	5～20m	20～50m	50～100m	100m 以上
		路面崩壊、路肩崩壊	長さ L	5m 未満	5～20m	20～50m	50～100m	100m 以上

3. 被災地点の空間分布 被災地点と標高⁴⁾の関係を示した結果を図 2 に示す。また、被災地点と道路網⁴⁾の関係を図 3 に、被災地点と地震動強さ⁵⁾の関係を図 4 に示す。被災地点は、全 211 データの中で宮城県栗原市のデータが 162(全体の 77%)にものぼり、また、宮城県大崎市に 15 データ、岩手県奥州市に 13 データ、岩手県一関市に 11 データが分布している。震源付近は奥羽山脈地帯であり、栗駒山周辺に 71 データ、荒雄岳周辺に 58 データが分布している。被災地点は、標高 20m～1080m の範囲で生じており、標高 200～400m で 77 データ、標高 20～200m で 68 データ、標高 400～600m で 50 データが分布している。道路網との関係においては、国道 398 号線に 42 データ、県道 42 号線に 23 データ、県道 249 号線に 17 データ及び国道 342 号線に 11 データが分布している。それらの道路網の被害の起点と終点間の距離はそれぞれ 41.15km, 18.02km, 17.36km 及び 39.88km である。平均被災距離を求めると、国道 398 号線上において 980m, 県道 42 号線上において 783m, 県道 249 号線上において 1021m 及び国道 342 号線上において 3625m である。地震動強さとの関係については、国道 342 号線は I W T H 25 に最も近接し、前述したように平均被災距離が 980m であり、被害の形態としては 11 データ中 8 データが地すべりとなっている。県道 42 号線は I W T H 25 の南に位置し、平均被災距離は 783m であり、最も被害が顕著である。

4. 損傷モードの頻度特性 損傷モードの頻度特性を図 5 に示す。路面損傷における亀裂では、パターン番号 1(被災範囲 R :被災度 I, 幅 B :被災度 I, 長さ L :被災度 I, 以下、同様の表記)やパターン番号 26(R :II, B :I, L :I)のように、幅及び長

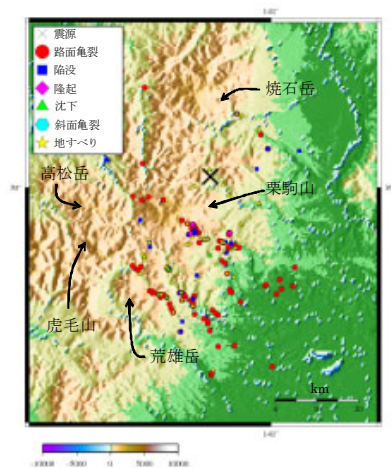
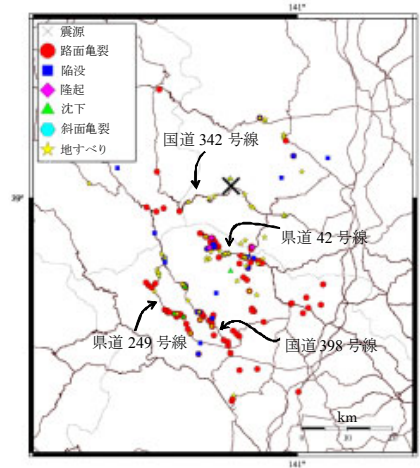
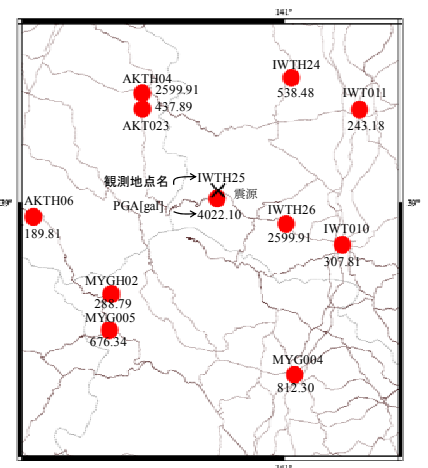
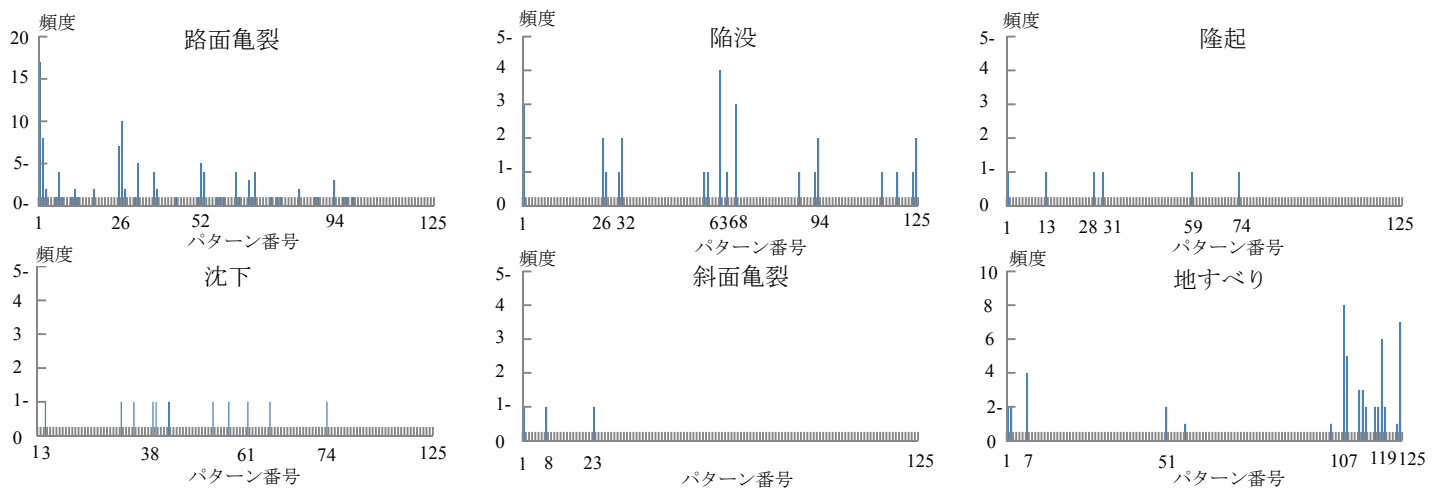
図2 被災地点と標高⁴⁾の関係図3 被災地点と道路網⁴⁾の関係図4 被災地点と地震動強さ⁵⁾の関係

図5 損傷モードの頻度分布

さの微小な亀裂が一部から半域にかけて生じる損傷モードの頻度が高く、全110データの中で48データとなっている。陥没は、パターン番号63(R:III, B:III, L:III)に4データ、パターン番号1及びパターン番号68(R:III, B:IV, L:III)に3データと小規模から大規模な損傷モードが多様に生じている。隆起は、パターン番号1のような軽微な損傷モードに加え、パターン番号13(B:I, L:III, 高さH:III)のような長さ及び高さの程度が大きい損傷モードが生じている。沈下は、パターン番号3(B:I, L:I, 深さD:III)のような被災範囲が狭い一方、深さの深い損傷モードやパターン番号61(B:III, L:III, D:I)のような被災範囲が広い一方、深さの浅い損傷モードが生じている。斜面損傷における亀裂は、パターン番号8(R:I, B:II, L:III)及びパターン番号23(R:I, B:V, L:III)に1データずつ生じており、局所的に大きな亀裂が生じている。地すべりに関しては、全56データの中で被災範囲Rが被災度Vとなる損傷モードが44データ生じている。それらの中でパターン番号107(R:V, B:II, L:II)のような幅及び長さが小規模な被災は8データ生じており、それらの中でも自然斜面・切土法面崩壊が4データ生じている。パターン番号125(R:V, B:V, L:V)のような幅及び長さが大規模な被災は13データ生じており、それらの中でも山腹崩壊が7データ、路面崩壊が6データ生じている。

4. まとめ 本研究では、岩手・宮城内陸地震災害調査報告書を基に、斜面崩壊に伴う道路構造物の損傷モードのデータのみを抽出し、それらの空間的な被災状況の特徴や損傷モードの頻度に関する定性的な傾向を明らかにした。

謝辞 本研究に際しては、筑波大学大学院システム情報工学研究科の山田恭央教授ならびに松島亘志准教授に貴重なご助言を頂きました。ここに記して謝意を表します。

参考文献 [1] 玉越隆史：平成20年岩手・宮城内陸地震調査報告(道路橋)：国土技術政策総合研究所，<http://www.kenken.go.jp/japane-se/contents/activities/other/disaster/jishin/2008iwate/houkokusho/20080904-1/07.pdf>, 2008. [2] Konagai, K, eds: Investigation Report on the May 12th 2008, Wenchuan Earthquake, China, Final Report of the Investigation Project Grant-in-Aid for Special Purposes of 2008, Ministry of Education, Culture, Sport, Science and Technology(MEXT), Japan, No.20900002,2009.6. [3] 平成20年岩手・宮城内陸地震4学協会東北合同調査委員会：平成20年(2008年)岩手・宮城内陸地震災害調査報告書(CD-ROM), 2009.6. [4] 国土交通省国土計画局：国土数値情報ダウンロードサービス，<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/> [5] 防災科学技術研究所 強震ネットワーク K-NET：<http://www.k-net.bosai.go.jp/k-net/>，<http://wwwold.k-net.bosai.go.jp/k-net/>