

数量化理論第1類を用いた地震時の道路盛土部の

復旧に関する分析と予測

法政大学大学院 学生会員 ○野本 篤史
 法政大学大学院 正会員 酒井 久和
 香川大学創造工学部 正会員 梶谷 義雄

1. 研究の背景・目的

社会経済活動や生活基盤となる道路は、人や車に対する交通機能と、ライフラインや防災等のための空間機能と2つの機能を有しており、重要な社会資本の1つである。近年、日本では自然災害が多く発生し、人的被害や物的被害の誘因となっている。道路の物的被害では、半数以上は盛土が占めている。道路盛土は長距離にわたる線状構造物であるため、ある区間内で被災した時に、復旧に時間を要し、社会基盤としての機能が損なわれる事例が多数報告されている。その事例の1つは2016年熊本地震であり、九州自動車道の益城バス停付近の盛土が崩壊し、13日間の交通規制が行われた¹⁾。被災した盛土部で復旧に要する期間を予測することができれば、道路のネットワーク化や事前対策により機能低下を最小限に抑えることができると考えられる。

そこで本研究では、道路盛土に甚大な被害を受けた地震を対象に、復旧に影響を与える要因の抽出と復旧に要する期間の予測を数量化理論第1類を用いて分析する。

2. 研究方法

地震における道路盛土部の被害事例を文献調査した結果、21世紀以降で道路盛土に被害が及んだ地震は19回であった。そのうち、道路車線部まで被害が及び甚大な被害を受けた地震、道路の規制期間が1週間続いた地震、被災データが収集できた地震、以上3つの条件を全て満足した地震は、①2004年新潟県中越地震、②2007年能登半島地震、③2007年新潟県中越沖地震、④2009年岩手宮城内陸地震、⑤2009年駿河湾地震、⑥2011年東北地方太平洋沖地震、⑦2017年熊本地震の計7つである。本研究では、この7地震を検討対象とする。また、文献調査によると復旧に対して影響を与える要因は、1)盛土高さ、2)被害範囲、3)地形、4)被害形態の4つの項目であると考えられるため、本研究の復旧要因として採用する。

選定した7つの地震の盛土部の被災箇所は、新潟県中越地震30地点、能登半島地震19地点、新潟県中越沖地震8地点、岩手宮城内陸地震6地点、駿河湾地震3地点、東北地方太平洋沖地震40地点、熊本地震5地点の計111地点である。そこで、被災箇所111地点における復旧要因の4項目と規制期間の計5項目のデータを整理する。

目的変数を規制期間、説明変数を盛土高さ、被害範囲、地形、被害形態として数量化理論第1類で分析する。分析によりカテゴリースコアを算出し、規制期間の予測式を提案する。その予測式からサンプルスコアと実績値を用いて分析精度を確認した後、各説明変数のレンジを用いて、111地点における復旧に影響を及ぼす要因を分析する。

表-1 カテゴリースコア表

説明変数名	回帰係数	n	加重平均	カテゴリースコア	
盛土高さ	5m未満	-2.28	36	-1.12	-1.16
	5m以上10m未満	-1.17	35		-0.05
	10m以上15m未満	-0.07	16		1.05
	15m以上	0.00	24		1.12
被害範囲	路肩部	-3.42	6	-1.04	-2.38
	1車線	-2.11	45		-1.07
	2車線以上	0.00	60		1.04
地形	平坦	-0.20	40	-0.07	-0.13
	傾斜	0.00	71		0.07
被害形式	段差・陥没・亀裂	-2.18	61	-1.20	-0.98
	崩壊	0.00	50		1.20

3. 結果と考察

重回帰分析を行った結果、表-1のように各説明変数の回帰係数が得られた。回帰係数と標本数より加重平均を算出し、回帰係数と加重平均との差が表の一番右側にあるカテゴリースコアとなる。カテゴリースコアをグラフ化したものを図-1に示す。

キーワード：0215

住所：〒162-0843 東京都新宿区市谷田町 2-33 法政大学市ヶ谷田町校舎 連絡先：atsushi.nomoto.4b@stu.hosei.ac.jp

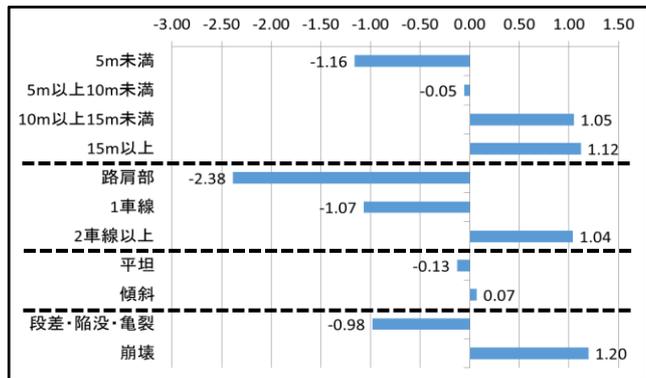


図-1 カテゴリースコア

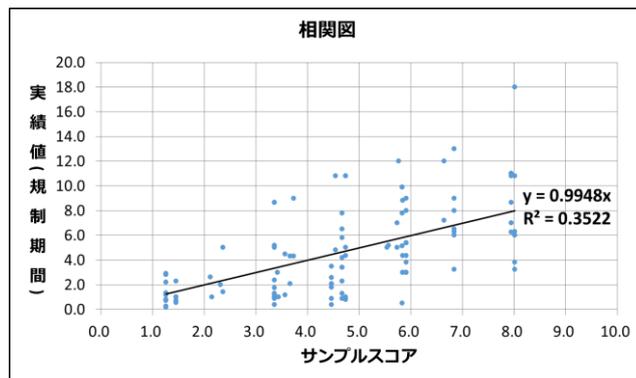


図-2 サンプルスコアと規制期間の相関図

図-1 のカテゴリースコアより，数量化理論第 1 類の分析による予測式は下記のように表される．

$$Y = \{-1.16X_{11}-0.05X_{12}+1.05X_{13}+1.12X_{14}\} + \{-2.38X_{21}-1.07X_{22}+1.04X_{23}\} + \{-0.13X_{31}+0.07X_{32}\} + \{-0.98X_{41}+1.20X_{42}\} + 4.59 \dots (1)$$

ただし， X_{11} ：盛土高さ 5m 未満， X_{12} ：5m 以上 10m 未満， X_{13} ：10m 以上 15m 未満， X_{14} ：15m 以上， X_{21} ：被害範囲路肩部， X_{22} ：1 車線， X_{23} ：2 車線以上， X_{31} ：地形平坦， X_{32} ：傾斜， X_{41} ：被害形式段差・陥没・亀裂， X_{42} ：崩壊の数量データを示しており，各々あてはまるときは $X_{ij}=1$ ，あてはまらないときは $X_{ij}=0$ である．

ここで，(1) 式とカテゴリースコアの妥当性を検証する．(1)式を用いて，各被災箇所サンプルスコアを割り出し，実際の規制期間とサンプルスコアの相関性を検証した結果を図-2 に示す．サンプルスコアと実際の規制期間が完全に一致するときの近似式の傾きは 1 となる．今回の検証では，図-2 より，傾きが 0.9948，相関係数 $R=0.59$ となった．

図-1 の各カテゴリースコアに着目すると，盛土高さが高くなるほど，被害範囲が広いほど，地形が傾斜であるほど，被害形態が大きいほど，カテゴリースコアの値が高くなり，規制期間が長引く傾向であることを検証でき，一般的な傾向と整合する結果が得られた．目的変数への影響度を示すレンジと寄与率を求めた結果を表-2 に示す．

表-2 各項目のレンジと寄与率

項目名	レンジ	寄与率(%)	順位
被害範囲	3.42	42.4	1位
盛土高さ	2.28	28.2	2位
被害形態	2.18	27.0	3位
地形	0.20	2.4	4位

表-2 より，目的変数である規制期間に最も影響を及ぼす要因はレンジ値が最も高い被害範囲であり，次いで盛土高さ，被害形態，地形の順である．また，路肩部のみによる被災と 2 車線以上を含む被災では約 3.4 日間，復旧にかかる期間が変わる．

4. 結論

本研究では，道路盛土に甚大な被害を受けた 7 つの地震における 111 箇所を対象に，復旧に影響を与える要因の抽出と被災からの規制期間の予測について数量化理論第 1 類を用いて分析した結果，相関係数 0.59 の規制期間の予測式 (1)式が得られ，規制期間に最も影響を及ぼす要因は被害範囲であることが分かった．

参考文献

1) 萩野知，清田隆，志賀正崇：2016 年熊本地震における宅地と土構造物の被害，生産研究 68 巻 6 号，pp449-453，2016.