

IV-52 釧路沖地震・北海道東方沖地震に見る道路網の被災率

北海道開発局開発土木研究所 正員 ○加治屋安彦
(株)アクセス 正員 稲直美

1. はじめに

平成5年1月15日に発生した釧路沖地震、平成6年10月4日に発生した北海道東方沖地震は、北海道内の幹線道路網に大きな被害を与えた。特に、湿原や沢地など軟弱な地盤を多く抱える道東地域では、道路盛土などの土構造物に被害が集中した。

道路の地震対策については、これまで個々の構造物を点的に検討して耐震性の向上が図られてきた。しかし、盛土のような構造物では、大規模な地震の発生時にはある程度の被害を想定し、震後の道路網機能も考慮して道路網全体として耐震性向上を図る必要がある。

本研究では、釧路沖地震による地域の詳細震度を地震応答解析で推定し、これに国道や道道の被災事例を重ね合わせて、詳細震度と道路網被災率の関係、盛土条件が被災率に及ぼす影響などを分析した。その結果から、地震による道路網被災率の実用的な推定法を作成した。また、この推定法を北海道東方沖地震の被災事例に適用して、推定法の妥当性を検証した。

2. 釧路沖地震による道路盛土の地震被害

釧路周辺地域の主要な国道(国道38号、44号、272号および391号)や道道の道路盛土については、釧路沖地震直後に北海道開発局釧路開発建設部並びに北海道釧路土木現業所によって変状箇所点検が実施されている。

これらの結果を、被害規模別に地震応答解析で推定した詳細震度(図-1)との関係で整理したのが表-1である。なお、詳細震度は、1次元地震応答解析で求まる地表面最大加速度・速度および変位の3者を総合的に考慮して推定したもの(推定方法の詳細は文献1)を参照されたい)で、被害規模は大被害(通行規制を伴うような被害)、中被害(応急対策程度は必要な被害)および小被害(路面のクラック程度の被害)の3段階に区分している。以下、これらの資料を利用して、道路盛土の地震被害と地形・地質、詳細震度の関連について分析した結果を述べる。

図-2、3は、被災率(=被害数/道路延長)を地形区分、地質区分との関係で示したものである。なお、ここで道路延長は、変状点検を行なった範囲内で、対応する地形・地質の地域を通過する距離の合計とした。

図より、地形的にみると三角州性低地および丘陵地で被災率の大きいことが分かる。一方、地質的には泥炭地域で被災率が最も大きい。これをさらに詳しく見るために、各地形区分ごとに地質区分と被災率の関係調べたのが図-4である。図のように、各地形区分ごとに見ても、被災率は泥炭地域で大きくなって

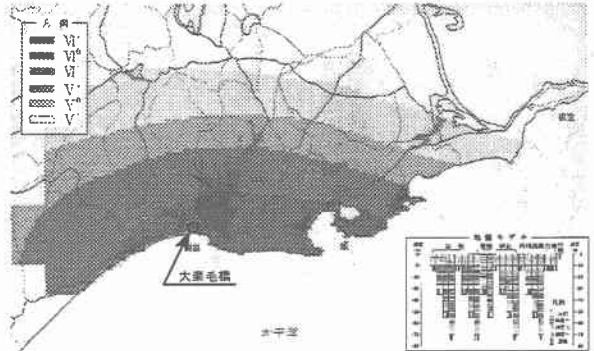


図-1 釧路沖地震の詳細震度分布推定

表-1 道路被災箇所数

詳細震度	国 道			道 道			計
	小被害	中被害	大被害	小被害	中被害	大被害	
V ⁻	3	5	0	13	4	3	28
V ⁰	6	22	0	18	9	5	60
V ⁺	55	41	3	28	17	5	149
VI ⁻	40	27	1	17	3	0	88
VI ⁰	0	2	0	0	1	1	4
VI ⁺	1	0	0	1	1	0	3
計	105	97	4	77	35	14	332

Seismic Damage Risk of Road Network Observed in the Kushiro-oki and Hokkaido Touhou-oki Earthquake, by Yasuhiko KAJIYA, Naomi INE

る。また、最も特徴的なのは、丘陵地における泥炭地域で被災率が最大となっていることである(約1.3箇所/km)。この値は、すべての地形区分における泥炭地域の平均被災率0.9箇所/kmに比較しても大きい。

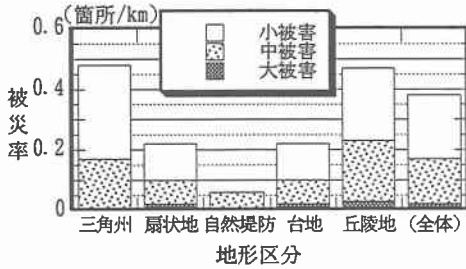


図-2 地形区分と被災率

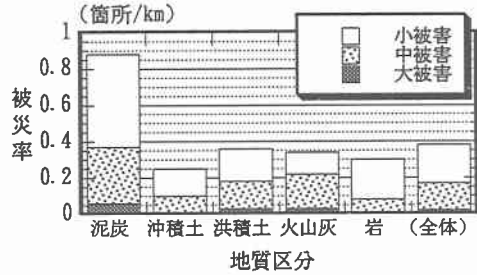


図-3 地質区分と被災率

一般的に、丘陵地で泥炭の見られるのは沢の部分で、地形の変化点として道路建設上も問題となる箇所である。すなわち、泥炭の分布に加えて、地形などに関連した特殊条件(例えば、地山勾配や集水地形など)が被災率を大きくしているものと推定される。

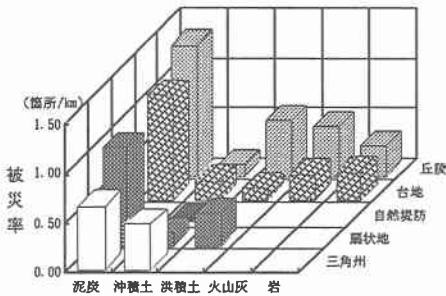


図-4 地形区分ごとに見た地質区分と被災率

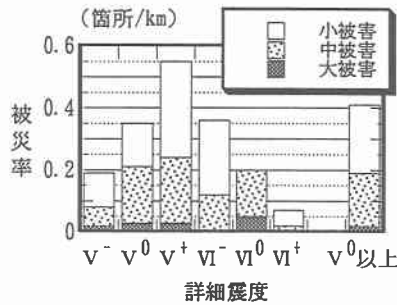


図-5 詳細震度と被災率

次に、図-5に詳細震度と被災率の関係を示す。図より、震度 V^0 が被害有無の境界とみなすことができる。また、詳細震度 $V^0 \sim VI^0$ における被災率は0.2~0.55箇所/kmで、詳細震度 V^0 以上の平均は、大被害で0.02箇所/km、中被害まで含めると0.2箇所/km、小被害まで含めた全体でほぼ0.4箇所/kmであることが分かる。しかし、震度が大きいほど被災率が大きくなるという傾向は見られない。これは、この震度の範囲では、震度の大きさのみで被災が決定されるものではないことを示唆したものと言える。

3. 釧路沖地震の被災事例から見た被害規模別の被災率

2では、道路環境としての地形・地質と、外力としての詳細震度と被災率の関係について考察した。ここでは、被害規模別の被災率を盛土条件などから簡便に推定する方法について検討する。

まず、盛土条件(盛土の諸元および立地条件)によって被災率がどのように変化するかを調べた。盛土の諸元としては、盛土高(2m未満および2m以上の2カテゴリー)と盛

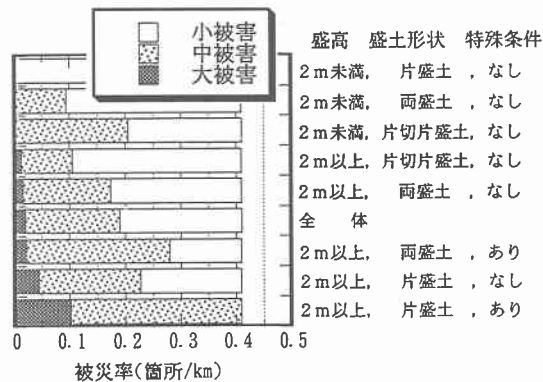


図-6 盛土条件と被災率

土形状(両盛土、片盛土および片切片盛土の3カテゴリ)を採用した。また、立地条件としては地形・地質の条件をそのまま採用することが考えられたが、詳細震度にはこれらが反映されていることや、2の結果より沢部を通過する盛土かどうかの影響が相対的に大きいことに着目して、これを特殊条件の有無として2カテゴリに区分することとした。

なお、被災率を盛土条件ごとに算出するには、その盛土条件を満たす盛土の総延長が既知である必要である。しかし、これを求めることは現実的には不可能なので、盛土の平均被災率(大被害被災率+中被害被災率+小被害被災率)は条件によらず一定とし、各被災率の割合が盛土条件によって変化すると考えた。

図-6は、被害が顕著となるV⁰以上の平均被災率について、盛土条件との関係を示したもので、被害規模の小さい順に並べたものである。この図より以下のことが分かる。

- ① 盛土高に着目した場合、盛土高2m未満より2m以上の盛土の方が被害規模は大きく、大被害が現れるのは盛土高2m以上である。
- ② 盛土形状に着目すると、片切片盛土→両盛土→片盛土の順に被害規模は大きくなる傾向がみられる。
- ③ 特殊条件あり(沢部を通過する盛土)の方が被害規模は大きい。

このように、盛土条件と被害規模の関係は、我々の経験的な知見にほぼ一致している。

次に、これらの結果を定量的に確認するため、被災率が(1)式で定式化できると仮定し、数量化I類による解析を行った(表-2)。

$$\text{被災率} = \text{盛土高の評価値} + \text{盛土形状の評価値} + \text{特殊条件の評価値} + \text{定数項} \dots (1)$$

ここで、評価値(数量化I類ではカテゴリースコアと呼ぶ)は、アイテムが特定のカテゴリー値になることによって、被災率が平均値からどの程度増減するかを表わす係数と解釈できる。また、レンジはアイテムカテゴリーの範囲(最大最小の差)を表わし、そのアイテムが被災率に及ぼす影響の度合いを表わす指標となっている。表-2によれば、中被害被災率では特殊条件、大被害被災率では盛土形状が最大のレンジを示しており、これらの影響が相対的に大きいことを示している。また、表と(1)式から、大被害被災率は、「盛土高2m以上、片盛土、特殊条件あり」の条件で最大となることが明らかで、前述の定性的な結果と一致している。

表-2 数量化I類による解析結果

被災率区分	要因(アイテム)	項目(カテゴリー)	評価値 (カテゴリースコア)	レンジ
中被害	盛土高	2m未満	-0.028	0.044
		2m以上	0.017	
	盛土形状	両盛土	-0.007	0.044
		片盛土	-0.014	
		片切片盛土	0.030	
	特殊条件	なし	-0.038	0.152
あり		0.114		
大被害	盛土高	2m未満	-0.015	0.025
		2m以上	0.009	
	盛土形状	両盛土	-0.016	0.036
		片盛土	0.020	
		片切片盛土	-0.007	
	特殊条件	なし	-0.009	0.034
あり		0.026		

定数項：中被害率0.162、大被害率0.025

4. 北海道東方沖地震の被災事例を用いた検証

北海道東方沖地震では、釧路沖地震と同様に道東地域で道路盛土が数多く被災した。そこで、この被災事例に釧路沖地震の被災事例から求めた上述の被災率推定式を適用し、同式の妥当性を検証することとした。

図-7は、北海道東方沖の詳細震度の推定分布図である。この作成にあたっては、基本的に釧路沖地震の詳細震度分布の推定方法を踏襲したが、1kmメッシュごとの地震応答解析は行わず、釧路沖地震で行った数多くの地震応答解析の結果から、表-3に示すように詳細震度エリアごとに、地形・地質のタイプに応じた詳細震度の補正値を求め、これをメッシュごとに適用して今回の地震の推定詳細震度とした。なお、メッシュごとの地形・地質は国土数値情報によった。さらに、詳細震度ごとに、地震に

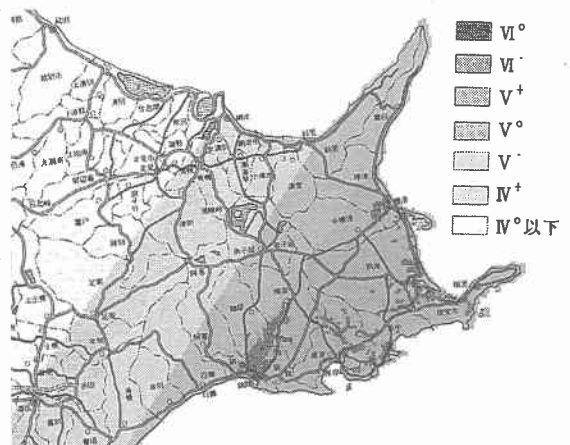


図-7 北海道東方沖地震の詳細震度の推定分布

よる被災箇所と道路延長を求め、被災率を算出した。その結果を表-4および図-8に示す。

図より、北海道東方沖地震による道内最大の揺れは、詳細震度でVI°程度であると思われる。しかし、震源位置の違いにより、強い揺れの分布は、釧路沖地震の場合とは異なり、根室から別海にかけての低地域を中心にしたものになっている。

詳細震度ごとの被災率では釧路沖地震のケースと同様に詳細震度が高くなるほど被災率が高くなるという一般的に想像される傾向は見い出せなかった。なお、北海道東方沖地震の例では、被害が顕在化するのをおおむね詳細震度でV°以上からであった。また”詳細震度V°以上で被災率0.4km/箇所程度”という釧路沖地震の被災事例で得られた結論を検証するため、詳細震度V°以上で被災率を算出すると、0.29箇所/kmという値が得られ、この結論がおおむね妥当なものであることが確認できた。

5. まとめと今後の課題

本報告では、釧路沖地震の道路盛土の被災事例について分析し、地震による道路網の被災率推定を試みた。分析の結果、各震度を3つに細区分した詳細震度がV°以上の地域で、道路網に何らかの被害が発生する率は0.4箇所/km程度であること、また盛土高さや盛土形状、沢部通過などの特殊条件を評価値に換算した被災率推定式で、被害規模別被災率が推定可能なことなどを明らかにした。また、北海道東方沖の被災事例を用いてこの分析結果の検証を行い、”詳細震度V°以上の地域で被災率0.4箇所/km程度”という結論が、おおむね妥当なものであることを確認した。

なお、北海道東方沖地震の発生後間もないため、今回の報告では、被害規模別の被災率推定式の妥当性の検証まで含めることはできなかった。これについては、今後引き続き検証を進める予定である。また、現在道道の被災事例の収集・解析も行っているため、これらは別の機会に報告することとしたい。

道路網としての耐震性向上を図る場合、すべての盛土に十分な耐震対策を施すことは現実的でない。そこで、今回得られた被災率推定式などを用い、寸断される可能性が高く影響の度も大きな区間を抽出して十分な対策を施す、或いは被害も想定した道路ネットワークの構築を図るか、情報提供や復旧活動など震後対応体制まで含めて総合的な耐震性を議論し、その向上を図ることが必要である。

最後に、本調査にあたって、釧路開発建設部の道路一・二課の関係各位には、地震発生直後の忙しい中、被災事例データの収集などにご協力いただいた。ここに記して感謝の意を表する次第である。

〈参考文献〉

- 1)加治屋安彦：1993年釧路沖地震被害調査報告 3.4道路網の耐震性，開発土木研究所報告第100号，1993年9月
- 2)加治屋安彦，稲直美；釧路沖地震に見る道路網の被災率，土木学会全国大会，平成6年9月

表-3 地形・地質による詳細震度の補正

	地震の特性値 Tgの範囲	平均Tg	詳細震度の補正值							
			VI°エリア		V°エリア		V°エリア		V°エリア	
山地・丘陵地	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
台地，土砂	0.19~0.22	0.21	0	-1	0	-1	0	-1	0	+1
台地，泥炭	0.69~0.98	0.84	+1~+2	+1	+1	0	+1	0	+1~(+2)	+1
低地，土砂	0.37~0.98	0.77	0~(+1)	0	0~(+1)	0	0	0	0	+1
低地，泥炭	1.09~2.02	1.55	+2	+1	+2	+1	+2	+1	+2	+2

※補正值欄の右は平均Tgに対応する補正值

表-4 北海道東方沖地震における詳細震度と被災箇所数，道路延長，被災率

詳細震度	被災箇所数	道路延長(km)	被災率(箇所/km)
V°	10	210.180	0.05
V°	36	336.774	0.11
V°	154	384.526	0.40
VI°	16	21.454	0.75
VI°	21	46.819	0.45
V°以上	227	789.573	0.29

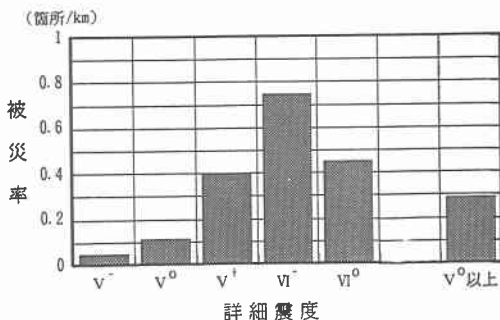


図-8 北海道東方沖地震における詳細震度と被災率