

国道9号豊岡管内におけるリスクマネジメント手法を用いた法面評価方法の検討

近畿地方整備局 豊岡河川国道事務所 道路管理課 国土交通技官 喜多 弘

1、はじめに

近年の道路管理を取り巻く状況は、管理施設の量的な増大及び老朽化、それに対して急激な伸びを期待できない維持管理費等の問題により、急速に変化している。このような背景を受けて、効率的・効果的な維持管理の実施及び道路利用者でもある国民への説明責任が強く求められている。

道路法面防災においては、従来から斜面の安定度や崩壊危険箇所数等から対策工の優先順位が検討されてきたため、斜面崩壊による直接的損害や間接的な社会損害のような事項は、主に各々の道路管理者の判断に委ねられてきた。

防災対策を行う法面の選定にあたり、斜面に潜在する危険度をリスク（災害発生確率と災害発生時の被害規模との積）という指標で評価することができれば、定量的に危険度を把握でき、リスクを基

にした客観的・合理的な対策優先順位の決定が可能となる。また、リスクに基づく対策優先順位は、効率的・効果的な維持管理、国民への説明責任の担保へと貢献し、さらには、道路管理者の意思決定支援にもつながることが期待される。

以上のような背景から、本検討では、リスクマネジメント手法を国道9号豊岡管内における法面に適用し、対策工実施の優先順位の決定を試みた。

2、リスクの算出方法

リスクについては、学問分野で様々な定義がなされているが、本検討では式 - 1 の定義に従った。

$$R = \sum_{i=1}^J (P_i \times C_i) \quad \text{式 - 1}$$

R：リスク（損失期待値）、 P_i ：事象 i が発生する確率、 C_i ：事象 i が発生する場合の損失



図 - 1 評価対象地域

3、評価対象法面及び評価方法

本検討では、図 - 1 に示した評価対象地域において、地震及び降雨を検討対象の災害（ハザード）とした。評価対象法面は、地震ハザード・降雨ハザードともに平成 8 年度道路防災総点検の要対策箇所（全 92 箇所）より選定した。また、リスクマネジメント手法を用いた法面評価手順を図 - 2 に示した。

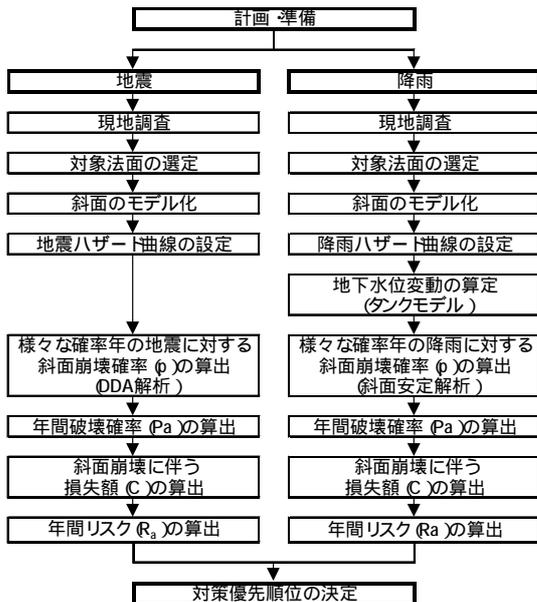


図 - 2 法面評価手順

4、地震

4.1、現地調査・対象法面の選定

本検討では、既存資料及び現地調査結果より選定した 17 箇所にて 1/100 確率年の地震リスクを算出した結果、最大リスク地点 1 箇所（施設管理番号 B002：兵庫県美方郡村岡町用野）を対象法面とした。

4.2、斜面のモデル化

既存資料及び現地調査結果より、崩壊解析を行うためのモデル断面を作成した。

4.3、地震ハザード曲線の設定

気象庁震源カタログより、対象法面付近における半径 150km 以内の地震デー

タ（599 年 5 月 1 日～2000 年 12 月 31 日）を用いて、図 - 3 のような地震ハザード曲線を設定した。

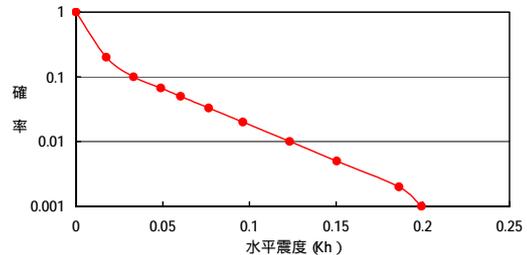


図 - 3 地震ハザード曲線

4.4、斜面崩壊確率の算出

斜面崩壊確率は、DDA 解析により算出した。その結果を表 - 1 に示した。

表 - 1 斜面崩壊確率計算結果

確率年	10	50	100	200	500
斜面崩壊確率	0%	5%	65%	100%	100%

4.5、年間破壊確率の算出

年間破壊確率（ P_a ）は、上記検討結果を基に、想定したハザードレベルごとに得られる条件付き破壊確率である $pf()$ に、そのハザードレベルが一年間に発生する可能性を重み付けした形で積分することにより算出した（式 - 2）。ここで、対象法面における算出結果は $P_a=0.013$ となった。

$$P_a = \int_0^d pf() \cdot \frac{dP()}{d} \cdot d \quad \text{式 - 2}$$

4.6、斜面崩壊に伴う損失額の算出

斜面が崩壊した場合、事業者または利用者が被る損失額を図 - 4 に示すイベントツリーを用いて算出した結果を表 - 2 に示した。

4.7、年間リスクの算出

年間リスク（ R_a ）は、リスクの定義（式 - 1）に従って式 - 3 により算出した。年間リスクを用いることにより、降雨ハザードとの比較検討が可能となる。

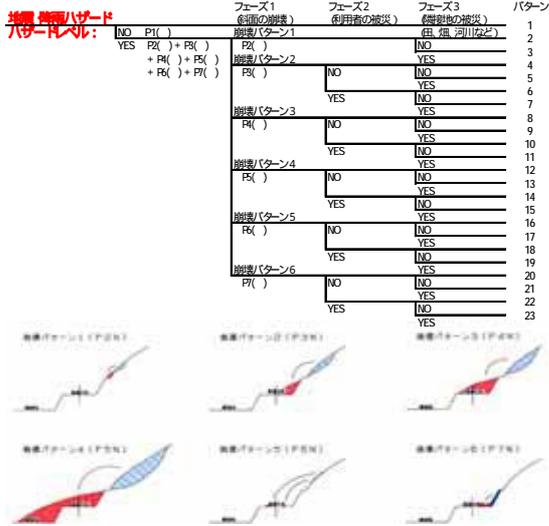


図 - 4 イベントツリー（切土斜面・自然斜面の場合）

表 - 2 損失額算出結果

事業者損失(千円)		利用者損失(千円)			損失額C(千円)
通行車両及び歩行者に対する被害	撤去及び復旧費用	計	時間損失	走行損失	
25,600	791	26,391	140,776	15,589	182,756

年間リスク(R_a)=年間破壊確率(P_a)×損失額(C) 式 - 3

$$=0.013 \times 182,756$$

$$=2,376 \text{ (千円)}$$

5、降雨

5.1、現地調査・対象法面の選定

降雨による斜面崩壊のほとんどが崖錐層のすべりであることから、平成8年度道路防災総点検の要対策箇所のうち、崩壊形態の異なる「地すべり」、「雪崩」及び「土石流」を除く全80箇所に対し現地調査を実施し、36箇所(32断面)を対象法面として選定した。

5.2、斜面のモデル化

地震と同様に、既存資料及び現地調査結果より、崩壊解析を行うためのモデル断面を作成した。

5.3、降雨ハザード曲線の設定

雨量観測所4箇所(和田山町、八鹿町、村岡町、温泉町)のアメダスデータ(1979年～2001年)のうち、過去最大である1990年9/18～9/19(台風19号)の雨量

データを用いて、図-5のような降雨ハザード曲線を設定した。

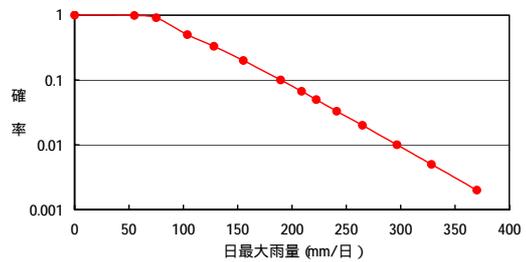


図 - 5 降雨ハザード曲線（村岡町の場合）

5.4、地下水位変動の算定

地下水位変動の検討にはタンクモデルの考え方を適用し、各確率降雨に対する地下水位の変動を算定した。

5.5、斜面崩壊確率の算出

斜面安定解析を実施し、各モデル断面における崩壊確率を算出した。

5.6、年間破壊確率の算出

地震と同様に、式-2を用いて年間破壊確率を算出した。

5.7、斜面崩壊に伴う損失額の算出

地震と同様に、斜面が崩壊した場合の事業者または利用者が被る損失を図-4に示すイベントツリーを用いて算出した。

5.8、年間リスクの算出

地震と同様に、式-3を適用して対象法面の年間リスクを算出した。

6、対策優先順位の決定

これまでに算出した地震及び降雨に関する年間リスクに基づいて対策優先順位を決定した。その結果を表-3に示す。

7、対策優先順位の妥当性の検証

平成8年度道路防災総点検における評点(H8評点)と年間リスクとの相関関係を調べたところ、相関係数が0.776と比較的高く算出された。このことから、本

検討における対策優先順位は妥当であると考えられる。

8、まとめ

本検討では、リスクマネジメント手法を用いて、道路法面防災の対策優先順位を決定した。以下にそのまとめを記す。

リスク評価の結果、一般的に降雨に対するリスクの方が地震に対するリスクよりも大きく算出された。これは、地震は非常に稀にしか発生しないため、1年間にならした場合のリスクは小さくなるためである。このことから、道路法面防災においては、降雨災害に着目した対策の必要性が高いといえる。

本検討では、定量的に法面の危険度を評価し、対策優先順位を決定した。しかしながら、その対策優先順位は、現在のところ、道路管理者が法面維持管理を行

う際の判断材料のひとつとして提供されるものである。

本検討では、降雨ハザードのリスクについて、タンクモデルの考え方を適用し、地下水位変動の予測を行った。その際、降雨量は対象法面内の降雨のみを対象としていることから、沢地形など後背地を抱える法面についてはリスクを過小評価していることに注意する必要がある。

今後の展開として、本検討において対策優先順位が高いと評価された法面に対し、費用対効果を考慮した対策工を選定することが重要であると考えられる。

本検討による法面評価方法を今後さらに追及し、それを確立させることで、実際の道路管理への導入が期待される。さらには、今後の道路管理における道路法面防災のあり方を転換する可能性を秘めている。

表 - 3 対策優先順位一覧表

ハザード	施設管理番号	所在地	点検対象項目	ブロック	事業者損失(千円)		利用者損失(千円)		損失額C(千円)	年間破壊確率Pa	年間リスク(Pa×C)	優先順位	H8評点	施設管理番号	
					通行車両及び搭乗者に対する損害	撤去及び復旧費用	時間損失額	走行損失額							
降雨	G014	磐父郡関宮町尾崎	擁壁	C	129,931	179,629	2,661,746	92,338	3,063,644	0.121	370,701	1	110	G014	
	G007	磐父郡磐父町上野	擁壁	A	31,596	69,458	501,450	56,338	658,842	0.293	193,041	2	105	G007	
	G044	美方郡温泉町歌長	擁壁	E	24,263	67,195	466,820	55,507	613,785	0.279	171,246	3	95	G044	
	G013	磐父郡関宮町尾崎	擁壁	C	129,931	64,085	684,017	23,729	901,762	0.167	150,594	4	85	G013	
	A066	美方郡温泉町湯	落石・崩壊	C	30,733	83,830	688,361	81,850	884,773	0.165	145,988	5	68	A066	
	G051	美方郡温泉町湯	擁壁	E	24,263	24,648	257,147	30,576	336,634	0.381	128,257	6	105	G051	
	G030	美方郡村岡町	擁壁	C	42,852	131,744	203,580	7,582	385,758	0.183	70,594	7	75	G030	
	G033	美方郡村岡町	擁壁	C	53,136	892,535	1,120,560	41,731	2,107,963	0.027	56,915	8	70	G033	
	A043	美方郡村岡町鹿田	落石・崩壊	D	65,049	120,669	1,241,387	137,468	1,563,973	0.030	46,919	9	71	A043	
	A040	美方郡村岡町	落石・崩壊	C	32,567	40,334	71,340	2,657	146,898	0.231	33,933	10	71	A040	
	A055	美方郡村岡町	落石・崩壊	E	22,645	35,606	292,751	34,810	385,812	0.065	25,078	11	60	A055	
	A036	美方郡村岡町	落石・崩壊	C	23,997	23,676	47,850	1,782	97,305	0.163	15,861	12	71	A036	
	A056	美方郡温泉町春菜	落石・崩壊	E	24,263	48,042	360,005	42,806	475,116	0.029	13,778	13	63	A056	
	A034	美方郡村岡町	落石・崩壊	C	35,996	141,149	217,500	8,100	402,745	0.033	13,291	14	73	A034	
	G029	美方郡村岡町	擁壁	C	44,566	544,919	726,450	27,054	1,342,989	0.009	12,087	15	80	G029	
	A059	美方郡温泉町歌長	落石・崩壊	E	24,263	40,746	340,225	40,454	445,688	0.027	12,034	16	65	A059	
	A045(B003,G037)	美方郡村岡町入江	落石・崩壊	D	31,475	40,334	524,710	58,105	654,624	0.012	7,855	17	72	A045(B003,G037)	
	G023	磐父郡関宮町関宮	擁壁	C	25,711	31,501	314,940	11,729	383,881	0.014	5,374	18	70	G023	
	F012	磐父郡関宮町関宮	盛土	C	29,139	28,091	273,180	10,174	340,584	0.014	4,768	19	70	F012	
	F011	磐父郡関宮町関宮	盛土	C	25,711	23,716	237,510	8,845	295,782	0.012	3,549	20	70	F011	
	A077	美方郡温泉町千谷	落石・崩壊	F	35,169	107,714	197,446	14,236	354,566	0.009	3,191	21	72	A077	
	G040	美方郡村岡町	擁壁	E	22,645	7,112	324,400	38,573	392,730	0.007	2,749	22	75	G040	
	地震	B002	美方郡村岡町用野	岩石崩壊	D	25,600	791	140,776	15,589	182,756	0.013	2,376	23	84	B002
		F019	美方郡村岡町熊波	盛土	E	27,498	30,578	1,388,591	165,110	1,611,777	0.001	1,612	24	50	F019
		A068	美方郡温泉町竹田	落石・崩壊	F	23,446	17,287	47,866	3,451	92,050	0.011	1,013	25	65	A068
		A054	美方郡村岡町熊波	落石・崩壊	E	22,645	41,019	332,312	39,514	435,490	0.001	435	26	60	A054
		A004(G003)	朝来郡山東町金浦	落石・崩壊	A	31,596	37,297	288,835	32,450	390,178	0.001	390	27	77	A004(G003)
		A028	美方郡村岡町八井谷	落石・崩壊	C	25,711	51,751	77,430	2,884	157,776	0.002	316	28	63	A028
A063		美方郡温泉町湯	落石・崩壊	E	27,498	86,786	597,371	71,030	782,685	0.00035	274	29	63	A063	
A075		美方郡温泉町千谷	落石・崩壊	F	31,820	78,505	151,574	10,929	272,828	0.001	273	30	64	A075	
A057		美方郡温泉町春菜	落石・崩壊	E	24,263	36,483	308,576	36,691	406,013	0.00019	77	31	68	A057	
F017		美方郡村岡町熊波	盛土	E	22,645	11,738	518,249	61,622	614,255	0.00012	74	32	50	F017	
A071(G058)		美方郡温泉町鐘尾	落石・崩壊	F	25,121	17,721	44,874	3,236	90,952	0.00034	31	33	63	A071(G058)	