

4.3 道路斜面災害等による通行止め時間の縮減手法に関する調査（2）

研究予算：運営費交付金（道路勘定）

研究期間：平 18～平 20

担当チーム：材料地盤研究グループ（土質）

研究担当者：小橋秀俊、加藤俊二、吉田直人

【要旨】

本研究は、道路ネットワークの信頼性を向上させるために必須条件である「通行止め時間」の縮減を達成目標とした目標達成型の防災事業を効率的に進めるため、防災管理に必要な対応方法および防災対策効果の評価に関する技術開発を目的として、地質チームと合同で実施している。この中で、土質チームは、事前通行規制や防災事業の効果を判断するための指標として「通行止め時間」を用いて防災対策のあり方に関する検討を行っている。平成 19 年度は、降雨指標と災害の捕捉性の観点から過去の道路災害と降雨データを分析し、事前通行規制区間の基準や管理のあり方に関する検討を行った。

キーワード：道路斜面災害、事前通行規制、通行止め時間

1. はじめに

道路ネットワークの信頼性を向上させ目標達成型の防災事業を進めるためには、「通行止め時間」を短縮することが必須条件である。「通行止め時間」は、主に次の 3 つの要素からなる。

- ①災害は発生していないが降雨時事前通行規制により通行止めとなるもの（規制の空振り）
- ②降雨時通行規制区間において見逃し災害等が発生し通行止めとなるもの（規制区間内災害）
- ③事前通行規制区間外での見逃し災害等による通行止め（規制区間外災害）

実態調査によると①～③の延べ時間やその割合は地域や路線・降雨実態・災害実態等により大きく異なっている。ネットワークとしての信頼性を向上させるためには、これらの実態を踏まえて①～③を総合的・戦略的に縮減させる必要がある。①～③に対して、効果的な対応策はそれぞれ以下の通りである。

- ①防災マップ等による見逃し災害危険箇所の面的な把握・被害想定・優先対策・斜面管理
- ②通行基準雨量の適正化による空振り災害の縮減
- ③普段の維持点検管理の高度化・体系化による変状箇所や老朽化箇所の迅速な発見と対応

このうち、土質チームでは通行規制基準の適正化と防災対策の効果について、「通行止め時間」を指標とした研究を実施する。平成 19 年度は、規制時間および災害の捕捉性を考えた適切な降雨による事前通行規制のあり方についての検討を行った。

2. 研究方法

災害の捕捉性の観点から、道路斜面災害時の降雨データ分析を行い、降雨パターンと災害の捕捉性の関係を求めるとともに、災害発生メカニズムの観点からの規制区間の解除・緩和の考え方について整理し、降雨による事前通行規制のあり方について検討する。

（1）連続雨量発生時間の地域性の検討

1987～2006 年のアメダスデータを元に、主要都市（札幌、仙台、新潟、長野、東京、静岡、金沢、大阪、広島、宮崎、那覇）および豪雨で有名な三重県尾鷲、高知県繁藤の 20 年間の連続雨量の発生時間を分析し、都市周辺の規制区間の基準雨量を参考に、規制の発生時間についての概略検討を行う。なお、ここで扱う連続雨量とは、降り始めから降り終わり 2 時間無降雨となるまでの一団の降雨の総雨量である。

（2）降雨分析による災害捕捉性の検討

一般国道における降雨による事前通行規制は、指標に連続雨量を用いている。また、事前通行規制区間の規制基準の発生確率の大きいところでは、1～2 年に 1 回発生する連続雨量が設定されている。このことから、1 年確率の連続雨量（ $R(1)$ と表記）をベースに、災害と降雨の関連性について分析し、以下に示すような仮定を行い、図-4.3.1 に示すフローによって災害を降雨パターンで類型化し捕捉性の検討を行う。対象とする災害は、1990～2006 年に一般国道で発生した通行止めを伴った災害とし、降雨データは災害発生箇所の近傍のアメダスデー

タを用いるが、テレメータデータがある場合にはそれを用いることとした。

＜災害の類型化のための仮定＞

1) 地震災害

地震により発生した災害

2) 連続雨量型災害

上記災害を除き、 $R(1)$ 以上の連続雨量で発生した災害

3) 先行降雨型災害

上記災害を除き、災害発生前 72 時間の最大連続雨量 (R_{72} と表記) あるいは災害発生前 48 時間累積雨量 (Σ_{48} と表記) が $R(1)$ より大きい災害

4) 時間雨量型災害

上記災害を除き、災害発生時の時間雨量 (r と表記) が $R(1)$ の $1/10$ より大きい災害

5) 局地降雨型災害

上記災害を除き、災害箇所近傍で同時発生があり災害発生前後 6 時間の最大時間雨量 ($r_{\pm 6}$ と表記) が $R(1)$ の $1/20$ より大きい災害、あるいは同時災害はないが災害発生後 12 時間の最大連続雨量 (R_{+12} と表記) が $R(1)$ より大きい災害 (雨域の移動の観点空の仮定)

6) 少降雨型災害

上記災害を除き、48 時間累積雨量 (Σ_{48}) が $R(1)$ の $1/10$ より大きい災害

7) 融雪型災害

上記災害を除き、最高気温が氷点下より高く積雪量が減少している災害

8) 強風型災害

上記災害を除き、災害発生日の風速が $10(\text{m/s})$ 以上の災害

9) 原因不明災害

上記災害のいずれにも該当しない災害

(3) 降雨による事前通行規制のあり方の検討

上記の分析結果、鉄道、高速道路、砂防分野における降雨による規制や避難誘導の考え方を踏まえて、規制基準の指標や基準の緩和・区間解除等の一般国道における通行規制のあり方について整理・検討する。

3. 研究結果

(1) 連続雨量発生時間の地域性の検討

表-4.3.1 に、主要都市の 20 年間 (1987~2006) の連続雨量の平均発生時間と最大値について整理した結果を示す。表の値は 20mm ピッチでその雨量が発生している総降雨時間の年平均値を示しており、ある連続雨量に注目した場合、その連続雨量より大きい雨の発生時間の累計

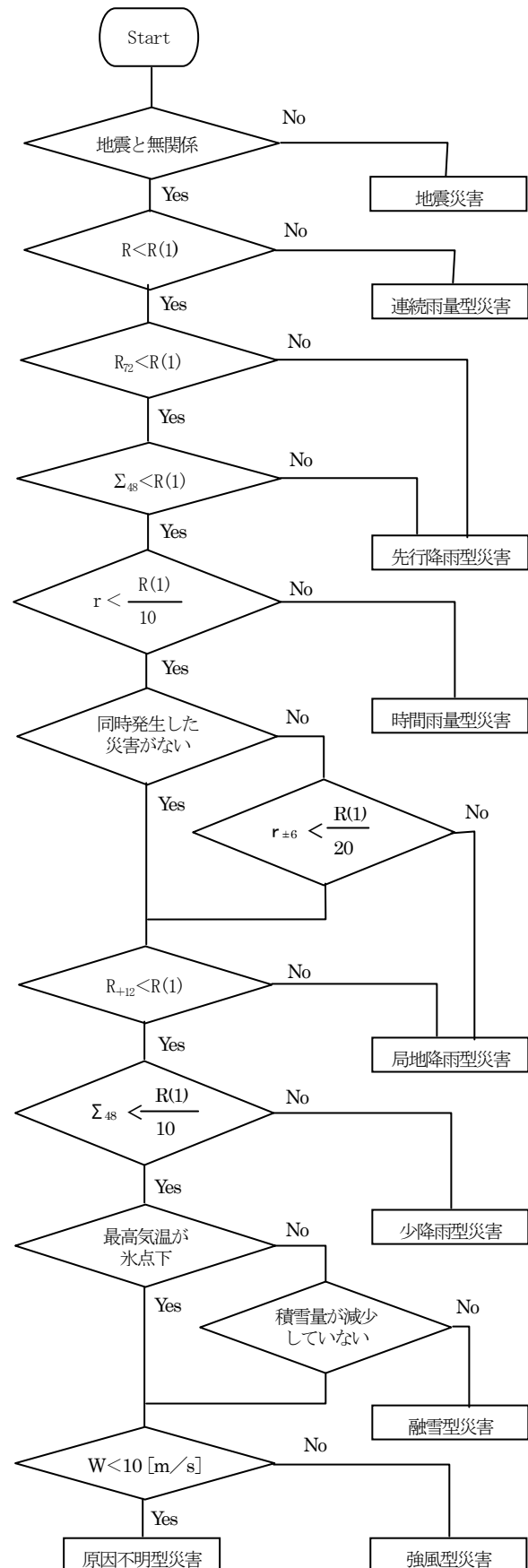


図-4.3.1 災害の類型化検討フロー

4.3 道路斜面災害等による通行止め時間の縮減手法に関する調査（2）

表-4.3.1 主要都市の20年間の連続雨量の平均発生時間と連続雨量の最大値（1987～2006）

連続雨量 [mm]	年平均発生時間 [hr]												
	札幌	仙台	新潟	長野	東京	静岡	尾鷲	金沢	大阪	繁藤	広島	宮崎	那覇
20	113.9	183.4	70.9	64.2	163.9	140.3	257.1	134.1	78.1	190.3	117.0	257.4	137.2
40	36.1	78.2	21.4	16.1	65.2	71.8	160.3	41.1	24.4	108.3	47.3	128.8	68.1
60	14.3	36.6	9.1	5.9	31.9	43.5	112.1	15.1	11.7	71.4	22.0	74.8	41.2
80	5.7	16.6	3.8	2.4	19.1	26.2	83.4	7.7	5.3	48.9	12.9	45.9	28.6
100	2.3	7.7	1.9	1.3	12.6	16.3	64.4	3.8	2.9	35.5	6.1	31.0	20.6
120	1.9	4.6	1.3	0.3	8.1	10.7	51.5	2.2	1.6	26.5	2.3	20.7	16.4
140	1.2	2.4	1.0		6.0	8.1	40.2	1.3	0.7	21.9	0.9	15.0	13.4
160		1.9	0.9		4.2	5.9	33.0	0.9	0.3	17.2		12.2	10.9
180		1.5	0.5		2.6	4.7	27.6	0.3	0.2	14.4		9.1	9.1
200		0.9	0.5		1.6	3.8	23.0	0.2	0.2	11.0		7.4	6.9
220		0.7	0.4		0.9	2.6	18.6			8.3		5.8	4.7
240		0.5	0.4		0.4	1.7	15.5			6.1		5.2	3.2
260			0.2		0.3	1.2	13.3			5.0		4.7	2.5
280					0.1	1.1	11.7			4.1		4.0	2.1
300						0.9	10.3			3.3		3.1	2.1
320						0.7	9.1			2.6		2.6	1.7
340						0.5	7.2			2.2		2.4	1.6
360						0.2	6.1			1.8		2.1	1.2
380							5.4			1.5		1.9	1.2
400							4.5			1.1		1.6	0.9
420							3.7			1.0		1.3	0.8
440							3.2			0.9		1.2	0.8
460							2.8			0.8		1.1	0.6
480							2.3			0.8		1.0	0.5
500							1.9			0.7		0.9	0.2
最大値	152	251	265	121	283	368	797	205	209	981	153	617	514
周辺の 基準雨量	100～ 160	180	150～ 180	130～ 150	150	200～ 250	250～ 300	110～ 180	200～ 250	250～ 300	200～ 250	170～ 200	250
基準雨量 の確率年	2～5	7	5～7	7～88	1	1～10	1～3	2～10	20～88	1～2	88	1～5	1

※網掛け部分は、総降雨時間の90%以上となる部分

が注目した連続雨量を規制基準としたときの総通行止め時間に相当する。すなわち、札幌の例をとると、20mm～40mmの連続雨量が発生している時間が113.9時間あり、20mmを基準雨量とすると、表の全時間が通行止め時間となる。また、表では合わせて連続雨量の最大値、都市周辺の事前通行規制区間の規制基準雨量および発生確率年を示している。

表からわかるように、発生する連続雨量の大きさおよび降雨時間には地域性が存在する。このため、規制に用いる雨量については地域性の考慮が必要である。また、道路ネットワークのサービスの平準化の観点からは、規制時間に配慮した設定が必要である。

現在設定されている事前通行規制基準雨量の発生確率は、主要都市周辺の規制基準と見てわかるように、1年確率～50年確率以上のものまで幅があり、場所によっては地域の降雨実態を反映していない可能性がある基準も見られる。一方、規制時間の観点から見ると、1年確率の連続雨量で規制した場合では、総降雨時間の9割以上のところに設定される。この場合の規制時間は概ねのべ時間で年間約1日程度で、豪雨地域では降雨状況によっては複数回の規制を伴うことになるがのべ時間で3日程度の規制であり、さほど長時間ではない。また、総降雨時間の90%以上となる連続雨量において基準雨量を20mm緩和した場合の時間便益は年間で1～10時間程

4.3 道路斜面災害等による通行止め時間の縮減手法に関する調査（2）

表-4.3.2 道路斜面災害の要因別分類

[件, %]

	地震災害		連続雨量型		先行降雨型		時間雨量型		局地降雨型		少降雨型		融雪型		強風型		原因不明	
	件数	比率	件数	比率	件数	比率	件数	比率	件数	比率	件数	比率	件数	比率	件数	比率	件数	比率
北海道	14	6.6	72	34.0	24	11.4	9	4.2	7	3.3	51	24.1	9	4.2	3	1.4	23	10.8
東北	1	2.3	29	65.9	6	13.6	1	2.3	1	2.3	2	4.5	1	2.3	0	0.0	3	6.8
関東	0	0.0	37	63.8	2	3.4%	6	10.3	2	3.4	7	12.1	1	1.7	0	0.0	3	5.2
北陸	8	16.7	9	18.8	5	10.5	1	2.1	2	4.2	18	37.5	1	2.1	0	0.0	4	8.3
中部	0	0.0	64	63.4	13	12.9	5	5.0	9	8.9	7	6.9	0	0.0	0	0.0	3	3.0
近畿	0	0.0	17	26.6	12	18.8	3	4.7	4	6.3	16	25.0	0	0.0	1	1.6	11	17.2
中国	0	0.0	15	42.9	10	28.6	2	5.7	3	8.6	5	14.3	0	0.0	0	0.0	0	0.0
四国	0	0.0	47	44.3	7	6.6%	10	9.4	0	0.0	26	24.5	0	0.0	1	0.9	15	14.2
九州	0	0.0	151	23.3	65	10.0	62	9.6	240	37.0	93	14.4	0	0.0	2	0.3	35	5.4
沖縄	0	0.0	1	20.0	1	20.0	0	0.0	0	0.0	1	20.0	0	0.0	0	0.0	2	40.0
全国	23	1.7	442	33.5	145	11.0	99	7.5	268	20.3	226	17.1	12	0.9	7	0.5	99	7.5

度であり、規制基準の緩和による効果はあまり大きいものではない。

また災害が発生した場合には、事前通行規制の有無にかかわらず、災害規模に応じた通行規制による時間損失および復旧費用が伴うことため、人身損失の観点から災害の捕捉性を高めることを考えるのがよい。このため、危険箇所が残存している区間では、連続雨量を規制指標とする場合には、1年確率の連続雨量を基本にして災害の捕捉性を考慮した基準雨量を設定しておくのが適当であると考えられる。

（2）降雨分析による災害捕捉性の検討

表-4.3.2 に道路で発生した災害を1年確率の連続雨量を基本に要因別に分類した結果を示す。要因に多少の地域差はあるものの、80%以上の災害が降雨と何らかの関連性があると言える。全国集計で見ると、1年確率の連続雨量で規制した場合、災害の約30%が捕捉できたが、降雨と関連性があると考えられる残り50%の災害は見逃す結果となる。九州地方で局地降雨型に分類された災害は、1993年の鹿児島豪雨によるものである。時間雨量型災害やゲリラ型降雨と呼ばれるような局地的な集中豪雨は、降雨の予測が難しく規制により捕捉することが容易ではない災害である。これらの災害は、九州を除くと各地域では全災害の10%程度である。一方、先行降雨型の分類については、災害直前の先行降雨という観点から便宜的に Σ_{48} および R_{72} を比較指標として分類したが、1週間程度まで降雨の累積期間をのばして検討すると（ Σ_{7d} ）、少降雨型に分類された災害については、北海道を例にとると51件のうち13件が先行降雨型に判断できる可能性があった。また、残りの38件の内11件の災害は落

石および岩盤崩壊であり、災害発生メカニズムが短期的な降雨により発生しないといえる災害であった。これまでの降雨による事前通行規制は、災害の発生メカニズムについては考慮しておらず、全ての災害を対象に規制を検討していたところがある。

時間雨量型および局地降雨型を除くと70%の災害が降雨に関連している災害である。少降雨型災害についても、長期降雨および災害形態を考慮して降雨関連災害に限定して捕捉性を検討すると、土壌雨量指数や実

効雨量法のように土中水の流出入を念頭においた先行降雨の影響を考慮した減算累積併用型の降雨指標（図-4.3.2参照）を導入することで、災害の捕捉性を高める

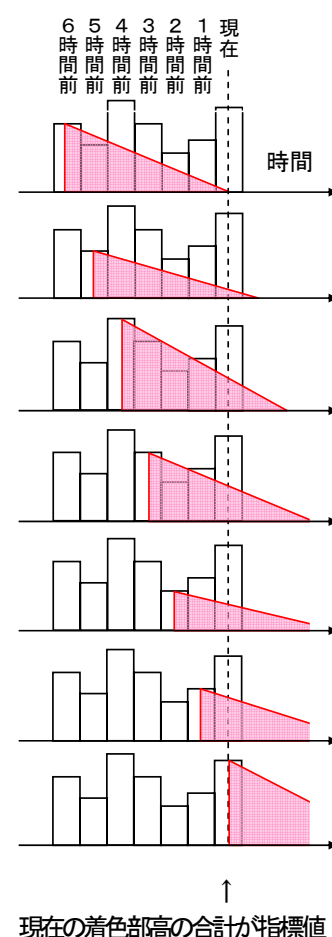


図-4.3.2 減算累積併用型指標のイメージ

ことができると考えられる。

したがって、降雨による事前通行規制区間および基準の設定にあたっては、規制対象となる災害形態を考慮するとともに、先行降雨の影響を考慮した指標値することが適切であると考ええる。

（3）降雨による事前通行規制のあり方の検討

まず始めに降雨指標について検討する。降雨による規制や避難誘導については、鉄道や高速道路および砂防の分野でも実施されている。これらにおいては、連続雨量—時間雨量併用型で規制を行っており、砂防の分野では、さらに先行降雨についても加味した土壌雨量指数—時間雨量併用型の検討も進められている。一般国道や補助国道においては連続雨量型での規制であり、災害の捕捉制の観点から減算累積併用型や時間雨量併用型の導入も勧められているが、適用可能性については管理体制の面からの検討が必要である。

鉄道においては、規制対象となる運転者と管理者が同一であるため、時間雨量といった瞬間的な判断指標であっても容易に運行を止めることが可能である。砂防の分野は、移動媒体を止めるための指標ではなく、地域住民の避難誘導のための指標であり、移動制御が目的ではないことから瞬間的な判断指標であっても問題はない。同じ道路の分野である高速道路では、一般国道や補助国道と同様に管理者と規制対象となる運転者は異なるが、各インターに料金所が設けてあり料金所のゲートを通る許諾制通行となっている。このため、常に瞬間的な通行制限を行っているのと同じ状態である。また管理者がゲートの近くにいることから体制の面からも時間雨量といった瞬間的な判断指標を併用しても問題はない。

一方、一般国道や補助国道においては、規制対象となる運転者と管理者が異なるのはもちろんのこと、高速道路と異なり常に自由通行である。さらに、管理者は通行規制用のゲートの近傍に常駐しているわけではない。このため、ゲートまでの移動時間を考慮してある程度の降雨状況が予測できるものを指標として、通行規制を運用できる体制を構築する必要がある。したがって、瞬間的な判断を伴うような時間雨量を指標に併用することは、管理体制の面から困難であり、短時間降雨予測を活用できる累積性のある単一指標で運用することが効率的であると考ええる。この場合、災害の捕捉性の観点から前述のように連続雨量ではなく先行降雨の影響を加味した土壌雨量指数や実効雨量法といった減算累積併用型の指標が望ましいが、これらを指標とする場合には、解除の判断方法の検討が必要であるが、現行の降雨終了後2時間を

基準に指標値の減少状況を見ながら設定し、実運用時には短時間降雨予測を踏まえて体制を検討するのがよい。なお、土壌雨量指数は水の流出量を設定する必要がある複雑であること、実効雨量法は時間雨量の半減期（放射性物質の半減期と同じ考え方）を設定するため、半減期までの減算量が大きいとそれを越えると減算量が小さくなる上、残留水が0にならないといった課題がある。このため、今後道路管理に適したわかりやすい指標の検討も必要である。

次に、規制対象とする災害について検討する。道路防災点検では、災害形態を分類して安定度を評価している。事前通行規制の主旨は、自然斜面の降雨による崩壊から道路利用者を守ることにある。自然斜面の災害形態は、大きく「土砂崩壊（表層崩壊）」、「土石流」、「地すべり」、「落石」、「岩盤崩壊」に分類される。一般に、はじめの3つの災害は短期的な降雨による影響を受けて発生し、残りの2つは通常の短期的な降雨では発生せず、風化や侵食等の長期的な水の作用によって発生するものである。ただし、落石については、一端崩落した岩が斜面内にとどまり足元の土砂が降雨により浸食されて再度崩落することがあり（転石）、これについては降雨による災害である。しかしながら、地すべりについては土塊の移動速度が緩やかであり、計測監視により対応することが可能であることから、落石や岩盤崩壊と合わせて別途対策を行うか監視による特殊通行規制に移行することも考えられる。

したがって、規制の対象としては、前者の2つの災害が懸念される斜面および転石源がある斜面を対象とするのが適切である。

最後に、通行止め時間縮減の観点からの事前通行規制区間の対応について検討する。事前通行規制区間における通行止め時間短縮の方策は、「規制基準雨量の緩和」と「災害発生源の対策と規制区間の解除」である。前者については、（1）で述べたようにある雨量を超えると、基準を緩和して得られる便益が小さいため、地域の降雨特性を考慮して検討する必要がある。後者については、残存する災害潜在性（ハザードの大きさ）を考えた検討が必要である。基本は区間短縮を図るために規制区間の両サイドから対策を進めていくのがよい。しかしながら、災害による通行止めの観点から考えると、災害規模の大きなものほど通行止め時間も大きくなる。このため、ハザードの大きな部分を先行して対策を進め、できるだけ災害によるリスク（時間損失）を平準化しながら対策をすすめるのが理想である（図-4.3.3 参照）。

4.3 道路斜面災害等による通行止め時間の縮減手法に関する調査（２）

なお、これまでの規制区間の解除・緩和の検討にあたっては、「必要な防災対策が完了後に、規制基準雨量以上の雨を経験すること」が前提となっている。しかしながら、防災対策工はこれまでの経験を踏まえて、想定される災害規模に対して斜面が安定するように設計・施工されるものであり、設計思想の観点から災害形態と規模に対して適切と判断される対策が完了した時点で、想定可能な災害への対策は終了したと考えてよい。ただし、未曾有の雨で残存する自然斜面の全てで災害が起こる可能性があることは否定できない。しかしながら、災害潜在性が認識できないものは対策不可能であり、認識できないものまで対象とするならば、全ての山地部の道路で通行規制をし続けなければならない。この考え方は、ナンセンスである。したがって認識している（認識可能な）土砂崩壊、土石流および転石に対する対策が完了した時点で、規制区間を解消することが適切であると考えている。

4. まとめ

通行止め時間縮減の観点から、事前通行規制区間の基準や管理のあり方に関する検討を行った結果を整理すると次の通りである。

- 1) 規制基準雨量については、1年確率連続雨量による災害の捕捉性をベースに、減算累積併用型の指標を検討するのがよいと考える。
- 2) 規制基準の緩和による時間便益は1年確率連続雨量以上になるとあまり大きくないため、災害の捕捉性を優先させるのがよく、緩和の検討にあたっては地域の降雨状況を踏まえて時間便益の大きさを考慮するのがよいと考える。
- 3) 降雨による事前通行規制の対象となる降雨関係災害と無関係災害を分類し、それぞれに応じた対策を実施し、降雨関係災害の対策が終了した時点で、規制区間の解除を検討するのがよいと考える。
- 4) 対策を進める際には、区間短縮を図るように両サイドから進めるが、災害による通行止めの観点から、ハザードの大きな部分を先行して対策を進め、できるだけ災害によるリスク（時間損失）を平準化しながら対策をすすめるのがよいと考える。

現在、先行降雨が時間勾配で単純に減算するような減算累積型の降雨指標の検討およびリスクの平準化を念頭においた段階的施工に関する検討を進めており、今後ケースステディを実施して適用性について整理し、通行止め時間縮減の観点から事前通行規制区間内外の防災対策

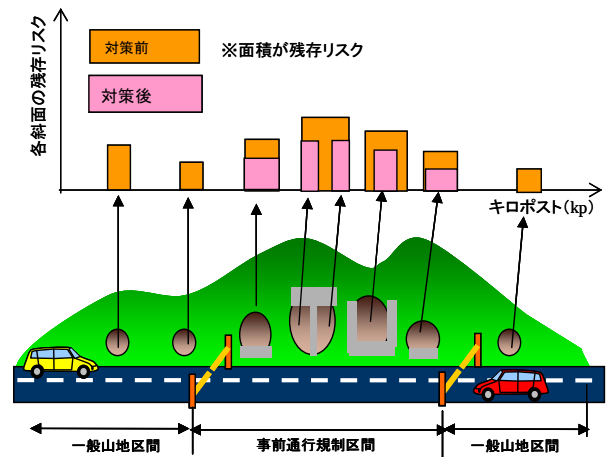


図-4.3.3 残存リスクの平準化のイメージ

の考え方について取りまとめる予定である。

A RESEARCH ON ROAD TRAFFIC MANAGEMENT FOR REDUCTION OF REGULATION TIME DUE TO SLOPE FAILURE

Abstract : The direct loss of road network by the slope disaster is regulation time on road traffic. On the prior traffic regulation by rainfall, improvement of the disaster prehensibility and the effective section cancellation of the regulation section are demanded. Therefore we analyzed relevance between past road slope disasters and the rainfall, and arranged a way of thinking for setting an effective regulation using rainfall index. In addition, we arranged a way of thinking on the basis of a purpose of the prior traffic regulation by rainfall for measures and section cancellation.

Key words : Road slope disaster, traffic regulation by rainfall, regulation time