

道路斜面災害等による通行止め時間の縮減 に関する検討

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

加藤 俊二¹・小橋 秀俊²・古谷 充史³・杉田 秀樹⁴

Shunji KATO, Hidetoshi KOHASHI, Atushi HURUYA and Hideki SUGITA

¹土木研究所つくば中央研究所（〒305-8516 つくば市南原1-6）

E-mail: skato@pwri.go.jp

²土木研究所つくば中央研究所（〒305-8516 つくば市南原1-6）

E-mail: kohashi@pwri.go.jp

³土木研究所つくば中央研究所（〒305-8516 つくば市南原1-6）

E-mail: furuya44@pwri.go.jp

⁴土木研究所つくば中央研究所（〒305-8516 つくば市南原1-6）

E-mail: sugita@pwri.go.jp

Key Words: regulation time, road slope disaster, prior traffic regulation by rainfall

1. はじめに

道路斜面防災対策は、道路利用者に安全で快適な道路空間を提供することを目的として行うものである。また、道路斜面防災対策を進めていく場合は、道路ネットワークの信頼性とサービス水準の観点から、適切な対応を実施していかなければならない。このためには、道路における損益を考慮し、損益の改善・解消を目標として効率的かつ効果的に対策を実施することが重要である。道路ネットワークにおける損質は、道路斜面災害等による通行止めであり、この通行止め時間を縮減するこ

とが求められる。したがって、通行止め時間の実態を把握するとともに、適切な対応策の検討および実施が必要である。

2. 道路における通行止めの実態と対応策

道路斜面災害等に関連する主な通行止め時間は次の2つの要素からなる。

災害による規制

降雨による事前通行規制

図-1に、直轄国道におけるこれらの要素ごとの通行

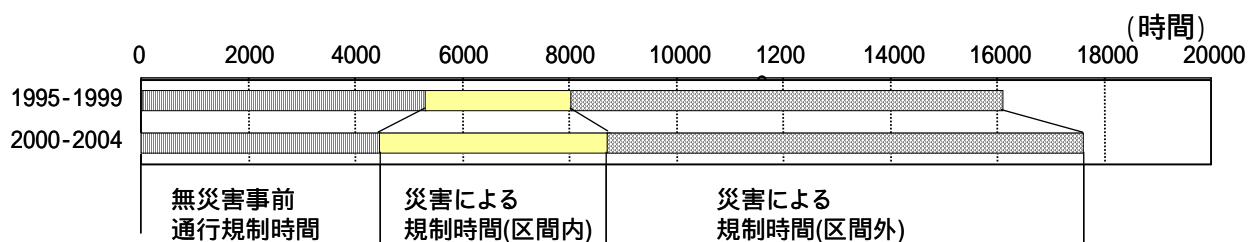


図-1 直轄国道の通行止め時間(全国)

表 - 1 抽出災害データの内訳

| | 要対策 | カルテ対応 | 対策不要 | 点検対象外 | 計 |
|-----------------------|-----|-------|------|-------|-----|
| 抽出データ数 | 30 | 44 | 20 | 66 | 160 |
| 復旧時間の修正を行ったデータ数 | 15 | 24 | 11 | 33 | 83 |
| 単独災害で復旧時間の修正 | 4 | 1 | 1 | 0 | 6 |
| 同一路線で複数災害が発生し、復旧時間を修正 | 11 | 23 | 10 | 33 | 77 |

止め時間を調査した結果を示す。図中の区間内は事前通行規制区間内、区間外は事前通行規制区間外を表す。災害等による通行止め時間は、規制区間内の「無災害事前通行規制時間 + 災害による通行規制時間」が規制区間外の災害による通行止め時間とほぼ等しい。また、通行規制区間内の通行止め時間の半分は、事前通行規制によるものである。これらの状況は地域によって異なるため、それぞれの地域に適した対応策を検討しなければならない。

災害による通行止め時間の縮減のための対応については、災害危険箇所を適切に把握し、防災対策の効果を考慮して効率的に対策を実施していくことが考えられる。災害危険箇所の把握については、平成18年度から平成8年度道路防災総点検（以下、H8防災点検と呼ぶ）のフォローアップ点検に着手しており、これまで見落とされていた危険箇所について空中写真判読等を活用した面的な抽出と追加調査を行っているところである。今後、この結果に基づいて防災対策を進めていくことになるが、防災対策効果については、通行止め縮減の観点から時間を指標とした簡易な評価手法が必要である。また、事前通行規制による通行止め時間の縮減のための対応については、通行止め時間を考慮した通行規制基準の適性化や規制区間の解除を進めることが考えられる。現在、土木研究所では防災対策効果の時間評価に関する検討および事前通行規制の適正化に関する検討を進めており、以下にこれらの検討状況について報告する。

3. 通行止め時間を考慮した防災対策^{1)、2)}

(1) 復旧時間の定義と分析データの抽出

人や物を円滑に移動・輸送するための道路ネットワークにおける影響を考える上で、災害による時間的影響を推定し、投資効果を考えた効率的な防災対策を進めることが必要である。このため、防災対策効果を簡易に評価することを目的として、実災害での崩壊土量と復旧時間の関係から災害による通行止め時間を推定する方法の検討を行った。ここでは、復旧時間を「道路が土砂災

害後に最低限の交通確保ができる状態になること」として、「全面通行止め災害における、復旧作業開始から片側交通開放までの時間」と定義をした。よって、評価においては片側通行止め時間については対象としていない。本来、土砂撤去による片側交通開放後に防災対策の実施に伴う片側交通が継続することから、復旧工事の伴う片側通行止め時間を考慮することが必要である。しかしながら、事前に防災対策工事を実施する場合においても、同様に片側通行止めを伴うことがなり、災害の有無にかかわらず工事に伴う片側通行止め時間が発生するといえる。したがって、対策工の投資効果を評価する際には、単純に土砂閉塞による通行止め時間に対する効果を評価することが合理的であるため、前述のように定義している。

検討に用いたデータは、H8防災点検以降に直轄国道で発生した全面通行止めとなった災害を対象とし、その中から崩壊土量および全面通行止め～片側交通開放時間の記録がある160件を抽出した。

(2) 復旧時間の修正

崩壊土砂量と復旧時間の関係を整理する場合、災害時の現場状況により災害発見から土砂撤去に着手するまでのタイムラグが発生するため、その修正を行う必要がある。修正は以下のように行った。

a) 単独災害について

「災害発生後の豪雨または豪雨の継続」、「周辺の事前通行規制」、「二次災害の可能性」等で復旧作業着手が遅れたと認められる災害を抽出し、以下に示す見直し基準を適応した。

単独災害で、豪雨が原因での二次災害のおそれがある場合、発災直後のリセット時連続雨量が大きい(1年確率の連続雨量以上)災害について、連続雨量のリセット直後を復旧開始時刻とする。ただし、夜間の場合は翌朝を復旧作業着手とする。

b) 同一路線において複数の災害が発生した場合

この場合、同時開放災害を抽出し、以下に示す見直し基準を適応した。

同一路線での複数災害による進入障害があったと

判断される場合、進入障害因子の災害の片側交通開放時刻を復旧開始時刻とする。

復旧開始時刻～規制開放の時刻を復旧時間と考える。

同時開放災害の「復旧時間あたりの復旧土量」を一定として、個々の災害の復旧時間を求める。

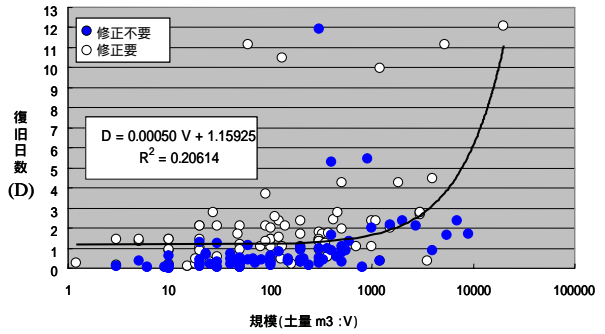
ここで、 D は合計復旧時間を各災害の復旧土量に比例配分することで、同時開放災害の復旧時間を求めるものである。

(3) 崩壊土砂と復旧時間の関係

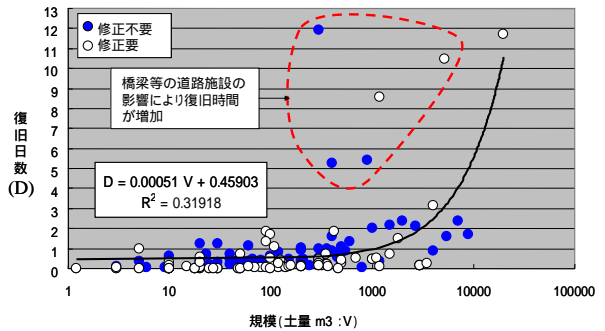
表 - 1 に、H8防災点検におけるランク毎のデータの内訳を示す。復旧時間の見直し対象となった災害は、約半数のみであり、そのほとんどが同一区間で複数災害が発生したことによるものであった。

図-2(1)と(2)に崩壊土量と復旧時間との関係を示す。作業上の制約条件がない場合、崩壊土量と復旧時間には正比例の関係があると考えられる。このため、図中の回帰式および実線は、バラツキの状態を把握するために崩壊土量と復旧時間との関係を直線回帰した結果を示している。復旧時間を見直すことにより、崩壊土量と復旧時間との関係のバラツキが改善された。したがって、災害が発生する可能性のある斜面に潜在する崩壊土量を推定し、図-2(2)の関係をを用いて災害危険箇所潜在する通行止め時間(以下、潜在通行止め時間と呼ぶ)を推定することが可能と考える。

道路ネットワークを踏まえた災害によるリスク評価を行う場合、対象区間内に存在する斜面毎のリスクを詳細評価する必要がある。そこで、個々の評価を道路防災点検のランク毎に行うこととし、表-2に点検ランク別の回帰式を求めた結果を示す。要対策箇所災害、カルテ対応箇所災害、対策不要箇所災害、点検対象外箇所災害の復旧時間の大小関係を明確にする目的で、切片の高さを座標原点に統一し、比例回帰した。これまでの研究により、災害の発生しやすさが「要対策」「カルテ」「対策不要」の順に大きいことが判明しているが、災害規模あたりの復旧日数も同様の傾向を示している。本来、土量のみで評価していることから、復旧時間勾配にはほとんど差がないことが想定されるが、これは各点検ランクの災害箇所の地形状況や道路構造の傾向に影響しているものと思われる。表-3に示すように、道路横断面の形状は道路に到達した土砂撤去の容易性に影響する。すなわち、「要対策」や「カルテ対応」と判断される箇所は、事前通行規制区間のように急峻な山地部が道路の両側に面しているところに多く分布しているため、道路が閉塞した場合に復旧作業が行いにくい場所にある。一方、対策不要や点検対象外と判断される箇所は、ど



(1) 復旧時間修正前



(2) 復旧時間修正後

図 - 2 崩壊土量と復旧時間の関係

表 - 2 点検ランク別の回帰式

| | 件数 | 回帰式 |
|-------|----|-----------------------|
| 要対策 | 30 | $D = 0.00166 \cdot V$ |
| カルテ対応 | 44 | $D = 0.00090 \cdot V$ |
| 対策不要 | 20 | $D = 0.00057 \cdot V$ |
| 点検対象外 | 66 | $D = 0.00031 \cdot V$ |

D : 復旧日数[日]、V : 復旧土量[m³]

表 - 3 道路横断面と復旧概要

| 分類 | 模式断面図 | 概要 |
|--------------|-------|---|
| 切り通し | | [復旧土量] [到達土量] 復旧にほとんどの到達土量の撤去・搬出が必要。 |
| 法尻道路 | | [復旧土量] < [到達土量] 道路逆側に到達。道路を越えた土砂は搬出不要で、切り通しよりも復旧は容易。 |
| 渓流型 | | [復旧土量] < [到達土量] 崩落土砂の堆積勾配が非常に緩い。路面上の土砂撤去で復旧が可能な場合が多い。 |
| 渓流型 片切・片盛 | | [復旧土量] < [到達土量] 到達土量のほとんどが道路を越えて落下。到達土量の大きいときは、復旧土量の占有率が小さい。 |

ちらかという開けた場所で、さほど尾根も高くはないところであり、復旧作業が行いやすい場所にある傾向が高いためと考える。

しかしながら、評価においては災害によるリスクが過小評価とならないようにしなければならない。特に、図-2(2)のグラフの右下側に分布しているような災害は、到達土量の規模に比較して復旧が早いものであるが、これらは規模が大きいことから実際の評価においては注意が必要である。これらは、復旧時間が短いため災害によるリスクが小さく評価されるが、あくまでも仮復旧での片側交通開放の時間であり、本復旧までの時間や崩壊エネルギーなど災害の影響範囲を考えると、同じ復旧時間と評価されるような小規模な災害と同様に考えるのは危険である。このため、運用の際は各ランクや全災害の散布図の直線回帰式ではなく、全災害が安全側となるように、図-2(2)において推定ラインを設定することも必要である。この場合、推定される斜面の潜在通行止め時間は、規模に応じた評価となるため、実際の復旧時間よりも長めの評価となる。

防災対策を行う場合には、通行止め時間の縮減の観点から、発災確率が同じと判断される場合には、図-3に示す防災対策によるリスク分散のイメージのように災害規模の大きい箇所を優先的に選定して、区間毎および斜面毎の通行止め時間の平準化を図り、できるだけリスク分散をしながら進めていくことが望ましい。

また、対策の優先性を考える場合には、橋梁やトンネルなどの施設と崩壊危険箇所との位置関係を加味した検討も必要である。図-2(2)の破線で囲まれた災害は、土砂による道路の閉塞のみではなく、橋梁やトンネル坑口などその他の道路施設に対して崩壊土砂が影響を及ぼしており、その安全確認のために遅延したことを現地調査およびヒアリングにより確認をしている。このため、災害危険箇所におけるその他の道路施設が含まれている場合には、対策を優先的に進めることが望ましいと判断される。

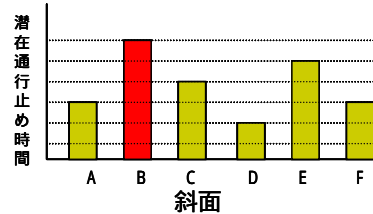
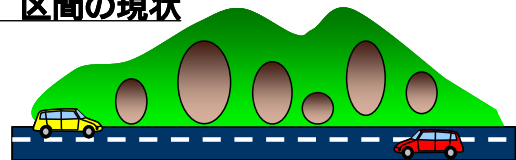
4. 事前通行規制区間の適正化

(1) 事前通行規制区間の現状と課題

全国の事前通行規制区間は約 3,000 区間で、総延長が 18,000km に及ぶ。このうち直轄国道は、181 区間、1,016km で、平成2年度に 201 区間あったものから 20 区間を解除し、約 50 区間において規制基準雨量の緩和が進められている。

一方、直轄国道における規制区間の解除・基準緩和の考え方は、図-4 に示すように 対策の完了、 専門家の承認、 必要降雨の経験、といった3つの条件をク

区間の現状



対策によるリスクの平準化

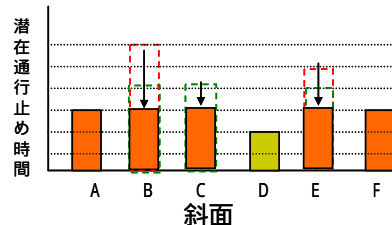
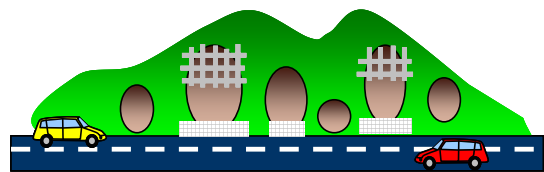


図-3 防災対策によるリスク分散イメージ

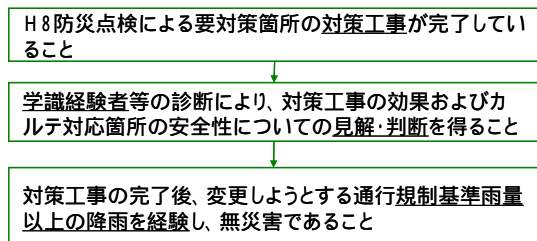


図-4 事前通行規制の区間解除・基準緩和の考え方

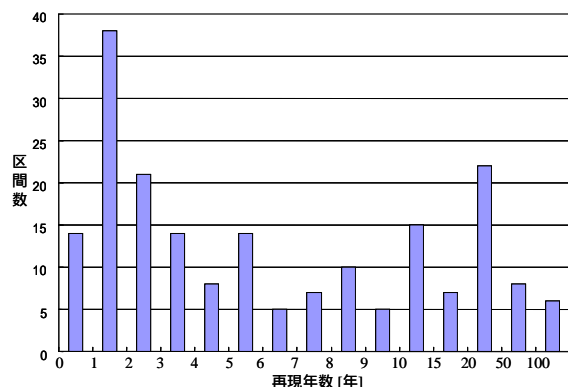


図-5 規制基準雨量の再現年数と区間数

リアする必要がある。しかしながら、区間解除と基準緩和の条件が不明確であるとともに、規制基準雨量以上の降雨経験には数年以上要することが多い。図-5に示すように各区間の規制基準雨量の再現年数には幅があり、5年に1回以下のものでそれ以上のものがほぼ半々の状況であり、再現年数が20年以上のものが規制区間の約1/5を占めている。このため、再現年数の大きい区間では、対策が完了してもなかなか区間解除・基準緩和ができない問題がある。

また、防災対策の進捗に伴い、規制を行ったが無災害であるケース(規制の空振り)が増えてきている。平成15年以降では、規制回数9割にも達しており、図-6に示すようにその内の約7割程度が再現年数2年以下の基準雨量の規制区間である。

事前通行規制の適正化を図るには、これらの実態を踏まえるとともに、降雨状況や災害履歴、対策効果などを考慮して、適切な規制区間のあり方を検討する必要がある。

(2) 降雨による事前通行規制のあり方

a) 降雨による事前通行規制の目的の再認識

事前通行規制区間の適正化を検討するにあたって、降雨による事前通行規制の目的を再認識することが必要である。降雨による事前通行規制は、昭和43年8月に発生した飛騨川バス転落事故を契機として、道路防災対策が本格的に取り組みられるようになり、全国の落石等の恐れのある箇所について総点検を行うとともに、この結果と周辺の災害と降雨状況を踏まえて、異常気象時の事前通行規制区間を設定することとなった。

事前通行規制区間には、通行規制区間と特殊通行規制区間の2つがあり、定義は次の通りである。

通行規制区間:

過去の記録により危険箇所の事故発生と異常気象との間に相関関係がある場合で、異常気象による規制の基準値を定めて、これにより事前規制を実施する区間。

特殊通行規制区間:

危険箇所の事故発生と異常気象との間に相関関係が見られない場合で、パトロール等で気象、現地の状況等により判断して危険が予想される場合に事前規制を実施する区間。

すなわち、降雨による事前通行規制区間とは、降雨により災害が発生する可能性があるとして認識している箇所が存在する区間について、対策が済むまでの回避策として設定されているものである。

b) 降雨による事前通行規制の対象災害の整理

現在の道路における斜面防災は、道路防災点検により災害形態を分類して安定度を評価し、その結果に基

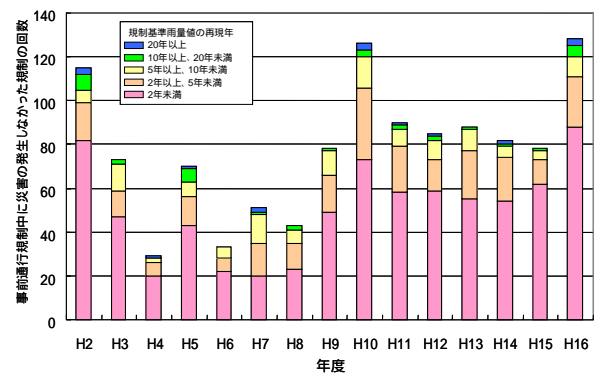


図-6 通行規制中に無災害であった件数

づいて防災対策を実施している。事前通行規制の主旨は、前述のように降雨による自然斜面の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だけでは発生せず、風化や浸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。一方、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型落石の危険性がある斜面を対象とするのが適切であると考えられる。

c) 事前通行規制の基準緩和・区間解除の考え方

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」、「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、降雨経験に基づき上記の対象災害危険箇所は残存しているが災害が発生しなければ、その雨量まで緩和することを検討すればよいと考える。ただし、地域の降雨特性を考慮して過去の連続雨量の発生時間を求め、基準を緩和して得られる便益の大きさと、残存する災害危険箇所の時間損失(潜在通行止め時間)を考慮して検討する必要がある。

後者については、これまでの規制区間の解除・基準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、災害の危険性(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策の対象とするならば、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。また規制区間を解除するためには斜面全てを対策し、果てしなく降雨を経験し続けなければならない(基準緩和はできても区間解除は不可能)。この考え方には、無理があると考え。原則として、防災点検など現状の技術で認識している(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、規制区間を解除することが適切であると考え。

d) 降雨指標の考え方

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、災害の捕捉効率を高めるため、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、災害の捕捉性の観点から先行降雨の影響を考慮した実効雨量法などの減算・累積併用型や連続雨量・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さほど管理体制上の無理はない。

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と道路交通の制御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。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。ただしこれらを指標とする場合、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時間を基本として、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と考える。しかしながら、土壌雨量指数はタンクにおける水の流出入量を設定する必要があり複雑であること、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が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を行っていくことも必要である。

5. おわりに

今後、限られた予算の中で、効率的に防災対策を進めていくことが求められる。道路ネットワークの信頼性の観点から、道路斜面災害等による通行止め時間を効果的に縮減していくとともに、路線毎、斜面毎の災害によるリスク(時間損失)を平準化してリスク分散を図りながら対策を進めていくのが理想である(図-6)。さらに、事前通行規制においては、リスクの平準化と合わせて、区間短縮・区間解除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ことも求められる。

なお、事前通行規制区間の適正化については、今後国土交通省において「事前通行規制のあり方に関する検討委員会(仮)」が発足する予定であり、この中で前述の課題等を踏まえた検討が行われることとなっている。

参考文献

- 1) 「道路斜面災害のリスク分析・マネジメント支援マニュアル(案)」、土木研究所資料第3926号、2004.2
- 2) 小橋秀俊・加藤俊二・石原寛隆・古谷充史:「道路斜面災害による通行止め時間の評価に関する検討」、土木学会年次学術講演会、2007.9

(2008.5.16 受付)