

豪雨による道路土工構造物の洗掘及び道路斜面崩壊等の被害における交通機能への影響分析

吉川昌宏・渡邊一弘

1. はじめに

近年の激甚化する豪雨による洗掘及び斜面崩壊等の災害により道路構造物の損壊等が生じ、道路の交通機能を喪失する事象が多く発生（例えば、写真-1）している。国土技術政策総合研究所では、土木研究所と共にこれら被災事象に対して技術支援を行うと共に、被災事例の整理分析等を通じて基準類の改訂検討等を行っているところである。

本稿では、直轄国道の豪雨等による災害復旧事業として申請・採択された、洗掘（平成27年度～令和2年度N=40箇所）及び道路斜面崩壊等（令和元年度～令和2年度の112箇所：斜面崩壊、盛土法面・切土法面崩壊、土砂流入）による被災事例を対象に、道路構造（道路幅員構成や護岸構造等）及び地形等と交通機能への影響度（通行規制の状況）の関係を検証した結果を報告する。

2. 道路土工構造物の洗掘について

2.1 洗掘における交通機能への影響分析

2.1.1 道路構造の要因による影響

洗掘による被災箇所は、全て2車線道路であり、横断面の構成のうち車道部と河川の離隔に着目し、川側の歩道の有無と交通機能への影響度の関係を分析した。この結果、被災時においては、歩道が設置されている場合の方が全面通行止となる割合が小さいが、被災後1週間以内に一般車両が通行可能な割合は、両者とも概ね6割程度で大差がない傾向であった（図-1）。これは、歩道を有する道路構造の場合、車道まで洗掘される割合が低下するものの、一旦洗掘にて被災すると、河川内作業が必要となり復旧作業の手間や、河川管理者との調整に時間を要することが要因と考えられる。

また、被災箇所における道路土工構造物の種類は、ブロック積擁壁が他の構造と比較して多いが、構造物の種類を問わず全ての構造物にて、概ね半数以上が全面通行止となる傾向が見られた。この



写真-1 交通機能が喪失する事例

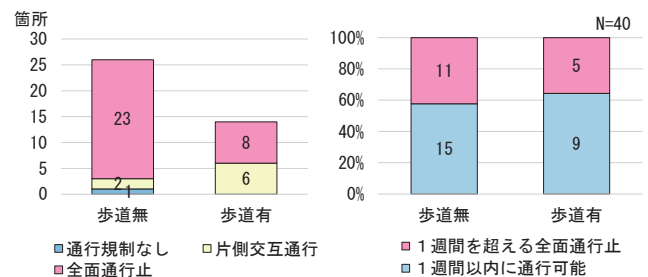


図-1 歩道の有無による被災時の通行規制（洗掘被災）

ため、構造物の違いによる交通機能への影響度は小さいと推察される。

2.1.2 道路に隣接する河川の河道特性による影響

隣接する河川の線形条件等と交通機能への影響度の関係は、湾曲部の河道中央の線形に対して外岸側に道路が立地する場合（以下「外湾部」という。）と、橋梁で河川を横過する付近で被災が多く発生していた。なお、ここでは、河川の湾曲部の抽出は、国土地理院地図等から目視にて判読を行った。また、被災後1週間以内に一般車両が通行可能な割合は、外湾部が3割程度と低い傾向であった（図-2）。このため、外湾部に立地する道路は、洗掘による被災が生じた場合、交通機能への影響度が大きいと考えられる。

そのほか、被災箇所を、「美しい山河を守る災害復旧基本方針」¹⁾にて示されている被災形態に区分した上で、交通機能への影響度との関係について分析した。この結果、「Ⅰ：河床洗掘による被災」と「Ⅳ：護岸天端からの侵食による被災」が多く発生していることがわかった。また、被災後1週間以内に一般車両が通行可能な割合は、Ⅰが4割程度と低い傾向であり（図-3）、これらの被災形態を対象に、交通機能に影響を及ぼしうる被

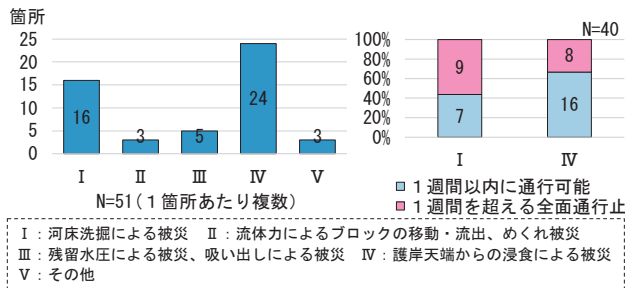
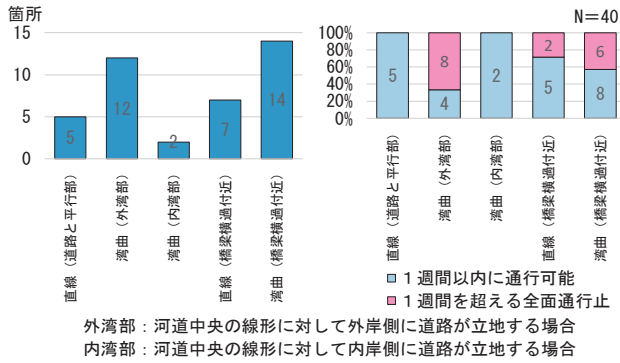


図-3 被災形態と被災時の通行規制

災リスクに関して詳細な検証を行うものとした。

2.2 洗掘による被災リスクの高い条件の抽出

被災リスクが高い条件の抽出に向け、被災形態、河道特性、被災規模等から代表する5箇所（北海道・岐阜・広島・大分・熊本）を選定し、被災箇所を含む一連区間（約3km）を検討区間とした上で、これらの区間において、航空レーザー測量による地形図を活用しつつ既存資料の確認及び現地調査を行い、区間内の被災箇所と非被災箇所を比較することで、洗掘による被災リスクの高い条件を抽出した。

2.2.1 河床洗掘による被災リスク

「河床洗掘による被災」に関しては、これまで、道路防災点検等、各種点検を実施し防止に努めてきたが、流水の多い河道等において洗掘の状況を直接確認することは、労力が多大であり容易ではない。この背景から、比較的容易に調査する手法として、河床低下の原因の1つとなる砂州の発達に着目し、過去の航空写真を活用し砂州の経年変化について分析を行った。この結果、被災箇所の対岸に砂州が発達している箇所では、砂州が発達していない箇所と比較して約3倍程度高い割合で被災している状況であった（図-4）。このため砂州の経年変化を観察することは、被災リスクを低減するための点検手法の1つとして有効な手段と考えられる。

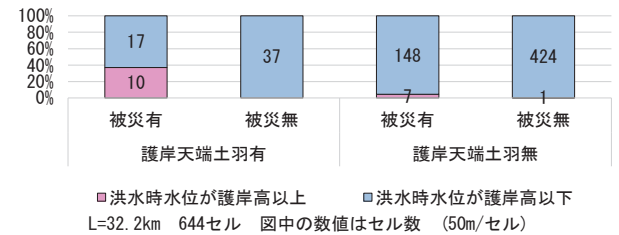
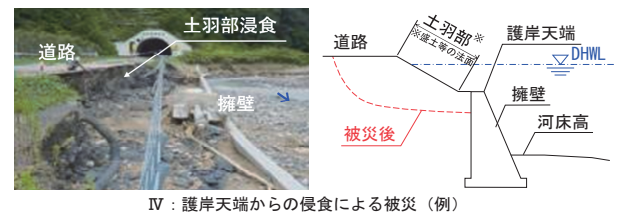
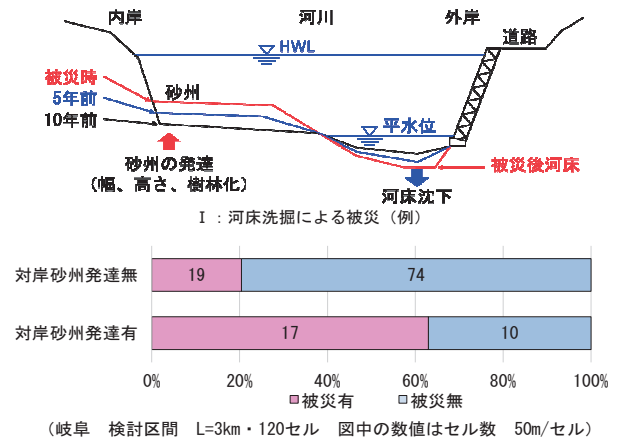


図-5 豪雨による水位上昇における被災の状況

2.2.2 護岸天端から侵食する被災リスク

「護岸天端からの侵食による被災」に関しては、豪雨時の被災水位(DHWL)と護岸構造に着目し分析を行った。この結果、護岸天端より上部に土羽を有する構造は、土羽が無い構造より被災を受けやすく（図-5）、また、洪水時の水位が護岸天端を超過した場合、全ての箇所で被災が発生していた。このため、護岸天端より上部に土羽を有する構造は、被災リスクの高い条件であると考えられるが、対策を講じることを念頭におくと、同様な箇所が多く存在し、対策実施の実現性での課題が懸念されることから、今後、更に被災の可能性の高い条件を絞り込んで対策手法を検討していく必要がある。

また、流水による力に対する護岸本体の耐荷力は、被災時の流速を一次元不等流解析により算出し検証を行った結果、各構造物の設計流速以内であったことから、洪水時の流速に対して護岸が耐力不足にて被災したものではないと推察される。

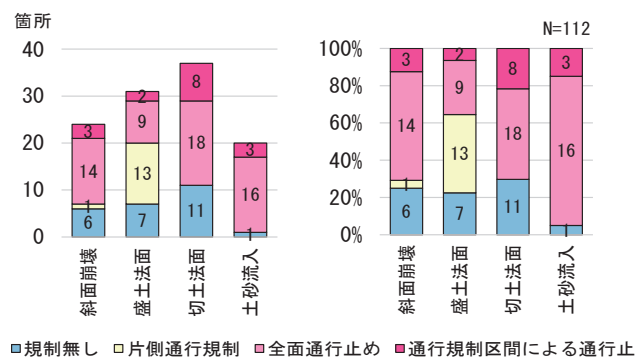


図-6 災害の種類と通行規制 (斜面崩壊等)

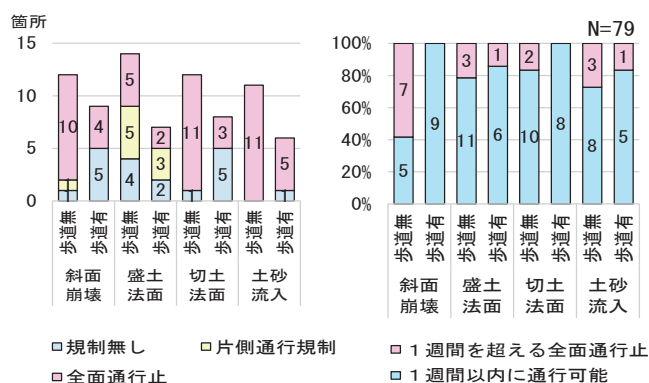


図-7 歩道の有無による災害時の通行規制 (斜面崩壊等)

3. 道路の斜面崩壊等について

3.1 斜面崩壊等による交通機能への影響分析

3.1.1 道路構造の要因による交通機能への影響

災害の種類と交通機能への影響度の関係は、斜面崩壊及び溪流等からの土砂流入が発生した場合については、全面通行止となる可能性が高いものとなった。特に土砂流入が発生した場合は、殆どが全面通行止となる傾向であった (図-6)。

また、道路幅員の余裕度の優位性を検証するため、車道が2車線を有する道路 (異常気象時通行規制区間による通行止を除く。) 79件を対象に、道路の横断面の構成のうち歩道の有無に着目し交通機能との関係を分析した。この結果、特に斜面崩壊については、歩道を有する構造の場合、全面通行止の割合が低下する傾向が顕著であるほか、被災後1週間以内に一般車両が通行可能な割合も高くなる傾向であった (図-7)。

これは、車道部以外に歩道等のスペースを有する道路構造の場合は、復旧作業における作業ヤードが確保できたため早期交通開放に至ったことが要因と推察された。なお、分析した斜面崩壊の殆どが、「切土工・斜面安定工指針」²⁾ に示す表層

崩壊に区分されるものであったことから、上記の傾向となったものと考えられる。

3.1.2 地形要因による交通機能への影響

地形と交通機能への影響度の関係は、集水地形において、全ての災害形態にて全面通行止の割合が高い結果であった。このため、水の影響が交通機能への影響度の拡大に関係していることが示唆される。

3.2 斜面崩壊等による被災リスクの高い条件の抽出

被災リスクが高い条件の抽出に向け、豪雨時において交通機能に与える影響が大きい斜面崩壊及び土砂流入を対象とし、代表する9箇所 (斜面崩壊 (N=4) 神奈川・山梨・大分・鹿児島、土砂流入 (N=5) 岩手・福島・神奈川・熊本・鹿児島) を選定し、被災箇所を含む一連区間 (約1km) を検討区間とした。これらの区間において、航空レーザー測量による地形図を活用しつつ既存資料及び現地調査を行い、土砂等が車道部に到達したか否かを判断材料とし、斜面崩壊等による被災リスクの高い条件を抽出した。

3.2.1 斜面崩壊による被災リスク

斜面崩壊により土砂が車道部に到達した代表する4箇所を対象として、検討区間内で車道部に到達した箇所 (被災箇所: 9箇所) と未到達の箇所 (非被災箇所: 24箇所) について斜面の面積・勾配・集水地形の状況等を整理し分析を行った。

この結果、概ね斜面の平均勾配が25°未満かつ斜面の集水面積が15,000m²未満の場合は、全ての箇所で車道部に土砂の到達しなかった一方、概ね斜面の平均勾配が20°以上の条件で集水面積が15,000m²以上の場合は、車道部に土砂が到達する割合が高いものとなった (図-8)。このため、一定勾配以上の急な斜面において、集水地形により集水面積が大きな場合は、豪雨により崩壊する土砂が車道部に到達しやすく、被災リスクが高いと考えられる。

3.2.2 土砂流入による被災リスク

溪流等からの土砂が車道部に到達した代表する5箇所を対象として、前項と同様に、検討区間内で車道部に到達した箇所 (被災箇所: 10箇所) と未到達の箇所 (非被災箇所: 22箇所) について溪流の集水面積・距離等を整理し分析を行った。また、溪流の溪床勾配については、土砂移動の形態の溪床勾配による目安³⁾ (図-9 (黒字)) を参

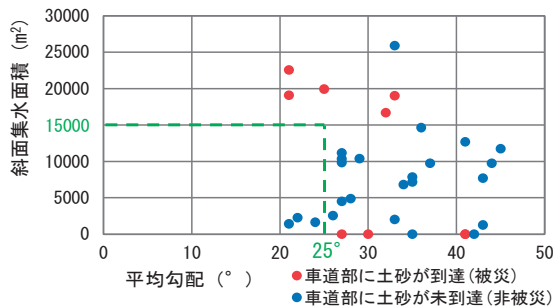


図-8 集水面積と斜面平均勾配（斜面崩壊）

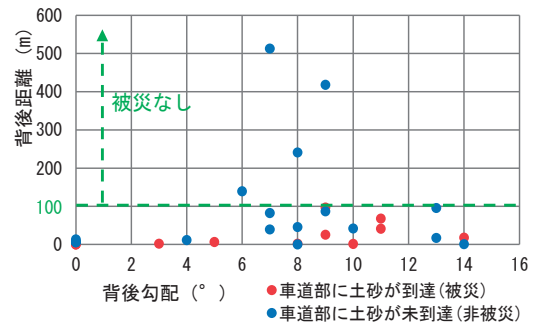


図-10 背後距離と背後勾配（土砂流入）

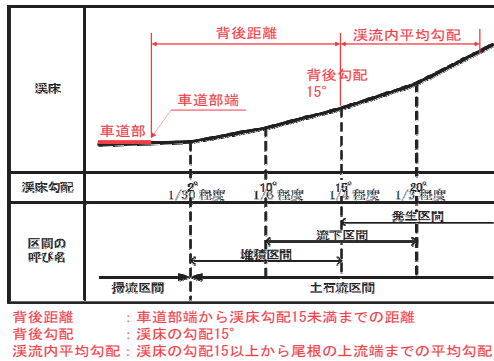


図-9 土砂流入における整理項目の設定

考に、土砂堆積が開始する堆積区間の勾配15°に着目し、図-9に示す背後勾配、背後距離、渓流内平均勾配を設定し、その区間距離を整理し分析を行った。

この結果、背後距離と背後勾配の関係に着目すると、背後距離が100m以上の場合は、車道部に土砂が到達しない傾向であった（図-10）。また、渓流の集水面積と渓流内平均勾配の関係は、渓流内平均勾配が概ね25°程度で被災箇所と非被災箇所の区分ができる傾向であった（図-11）。

なお、上述した斜面崩壊に関する知見も合わせ得られた知見は、抽出した代表区間における傾向であり、様々な現地条件下での適用性について今後も引き続き検討が必要と考えている。

4. まとめ

本稿では、近年の豪雨等による直轄国道の被災事例を対象とし、交通機能への影響分析を行った。その結果、河川の外湾部に立地する区間や、斜面の勾配が一定以上で集水面積が大きい区間など、被災リスクの高い条件に関する知見を得た。なお、これらの分析結果の一部は抽出した代表区間におけるものであり、今後も引き続き被災事例の収集

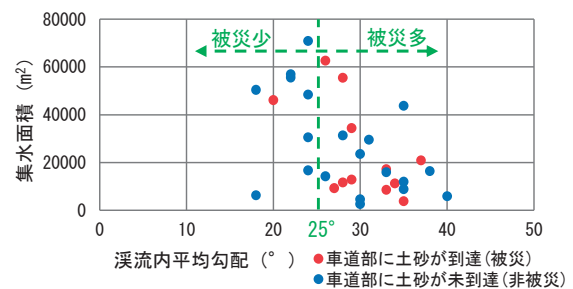


図-11 集水面積と渓流内平均勾配（土砂流入）

及び分析を継続し、得られた知見を技術基準類等へ反映していくこととしている。

なお、洗掘における被災リスクの高い条件として、本稿を含め一連の研究成果⁴⁾については、令和4年3月にとりまとめられた道路土工構造物点検要領（暫定版）に点検対象として追加された河川隣接区間の盛土又は擁壁の点検区域抽出条件として反映されているところである。

参考文献

- 1) 国土交通省水管理・国土保全局防災課：美しい山河を守る災害復旧基本方針、平成30年6月、pp.24～28、2018
- 2) 切土工・斜面安定工指針、平成21年6月、pp.20～21、2009
- 3) 国土技術政策総合研究所：土石流・流木対策設計技術指針 解説、国総研資料、No.905、p.1、2016
- 4) 藤原年生・松本優明・渡邊一弘：河川に隣接する道路の被災要因分析、土木技術資料、第63巻、第5号、pp.30～31、2019

吉川昌宏



国土交通省国土技術政策
 総合研究所道路構造物研
 究部道路基盤研究室
 主任研究官
 YOSHIKAWA Masahiro

渡邊一弘



国土交通省国土技術政策
 総合研究所道路構造物研
 究部 道路基盤研究室長
 WATANABE Kazuhiro