平成28年8月北海道豪雨による地盤災害調査報告書

平成29年8月

公益社団法人地盤工学会
平成28年8月北海道豪雨による地盤災害調査団

平成28年8月の中旬から下旬にかけて,過去に例を見ないほど複数の台風(7号,9号,11号, 10号)が連続して北海道に襲来し,異常な量の雨が降りました。この結果,道内の広い範囲で道 路,鉄道,電気及び水道等の社会基盤施設に大きな被害が生じ,各種生活機能に甚大な被害をも たらしました。この豪雨災害は,北海道で過去最大規模の被害であり,国は今次災害を復旧事業 の国の補助率をかさ上げして被災自治体の財政支援を後押しする激甚災害へ指定しています。(公 社)地盤工学会災害連絡会議では,本災害の社会的重要性に鑑み,地盤工学会 北海道支部を中 心とした産・学の地盤工学の専門家からなる調査団を編成し,短期的・中長期的視野をもって, 被災地域の現地調査,資料の収集等を行う「平成28年8月北海道豪雨による地盤災害調査団」(団 長:石川達也地盤工学会災害連絡会議北海道委員)を,平成28年8月21日に結成しました。

平成28年8月北海道豪雨による地盤災害調査団では、この歴史的な豪雨災害について、これ まで全道各地の被害状況と復旧状況に関する調査を行い、一連の台風に伴う豪雨による地盤災 害の現象・事象の原因の学術的究明と、災害の早期復旧並びに防災・減災技術の向上について検 討してまいりました。一部の調査は、国土交通省北海道開発局と、土木学会北海道支部、地盤工 学会北海道支部、日本地すべり学会北海道支部、砂防学会北海道支部及び農業農村工学会北海道 支部との間で平成28年1月6日に締結された「災害等に係る調査の相互協力に関する協定」に基 づき、北海道開発局の協力のもと行われた地盤工学会と日本地すべり学会北海道支部による初め ての合同調査となりました。調査団は、調査活動成果を住民・社会・学会会員に広く公開するた めに、平成28年10月7日には速報会を開催し被害の状況について速報するとともに、平成29年 7月26日には最終報告会を開催し速報会後の追加調査結果や復旧の現状について報告を行いまし た。また、地盤工学会のホームページ(https://goo.gl/DYcp6q)を介して各種情報を発信していま す。本報告書はこれらの調査活動成果をとりまとめたものです。今後なされるであろうより詳細 な被災原因の学術的な究明や被害軽減策に関する研究・対策工の効果検証に関する検討などの資 料として、本報告書を活用いただければ幸いです。

本調査団の調査活動及び報告書作成にあたりましては,調査団員の方々をはじめ,産官学の多 くの方々・機関より御助力を賜りました。中でも,被災したインフラの管理者である国土交通省 北海道開発局・北海道・東日本高速道路株式会社・北海道旅客鉄道株式会社には,災害発生直後 より被災サイトへの立入許可や資料共有など,特に重要な御協力を賜りました。ここに記し深甚 な謝意を表します。

最後になりますが、今回の豪雨災害により犠牲になられた方々へ深い哀悼の意を表しますとと もに、被災された多くの方々に対して心よりお見舞い申し上げます。また、一部の被災地では賢 明な努力が現在も続けられておりますが、1日も早い復旧復興をお祈りいたします。

平成 29 年 8 月 21 日

(公社)地盤工学会平成28年8月北海道豪雨による地盤災害調査団団長石川達也

i

1. 9	災害の	D概要	1
2. 芎	学会間	間協力体制と調査団の構成・活動	3
3. 隽	気象は	および地形・地質の概要	6
З.	1	気象概要	6
З.	2	各台風の概要	6
З.	3	地形・地質	9
4. i	道路の	D被害	13
4.	1	国道 274 号, 国道 38 号の被害概要	13
4.	2	国道 274 号,国道 38 号の被害と被害要因	15
4.	3	国道 274 号日勝峠と国道 38 号狩勝峠周辺の地盤工学的特徴	24
4.	4	その他の国道の被害	30
4.	5	道道の被害	45
4.	6	高速道路の被害	62
5. 泸	可川均	是防の被害	70
5.	1	石狩川水系	70
5.	2	十勝川水系	78
5.	3	常呂川水系	90
5.	4	釧路川水系	101
6.	失道の	D被害	113
6.	1	根室線新得駅構内における落橋および橋台流失	113
6.	2	佐幌川第1橋りょうの落橋および桁と橋脚の流失	115
6.	3	清水川橋りょうの流失	117
6.	4	十勝清水駅構内における土砂流入	118
6.	5	旧根室線(現 根室線落合・新得間)における橋台背面盛土の侵食	120
6.	6	根室線第4落合トンネル坑口斜面の崩壊	120
7.	豊地	・農業施設等の被害状況	123
7.	1	はじめに	123

7.	2	十勝管内の農地・農業施設の被害概要	123
7.	З	帯広市の農業災害の状況と特徴	124
7.	4	芽室町の被災状況と特徴	125
7.	5	清水町の被災状況と特徴	126
7.	6	国道、道道、市町村道などの道路被害	126
7.	7	営農用水の断水による酪畜への影響	127
7.	8	被災後の対応	127
7.	9	おわりに	127

8. 総括		129
8.1	土構造物と関連インフラの被害の特徴	129
8.2	斜面・法面崩壊と関連インフラの被害の特徴	130
8.3	今後に向けて	132

第1章 災害の概要

平成28年8月17日から8月23日の1週間に7号,11号,9号の3個の台風が続々と北海道に 上陸し、北海道東部を中心に大雨により河川の氾濫や土砂災害が発生した。また、8月29日から の前線と台風10号の接近による大雨で十勝川水系や石狩川水系・空知川上流で堤防の決壊や河川 の氾濫、日高山脈東側での道路や橋梁の流失などが相次ぎ、甚大な災害をもたらした。

この一連の大雨で発生した被害は、平成28年10月11日現在で、人的被害が死者4名および行 方不明者2名ほか、住家被害が全壊29棟、床上浸水273件および床下浸水989件ほかとなってお り(表-1.1¹⁾)、住民避難については最大687個所の避難所が開設され、最大11,176名の避難者が あった。インフラへの物的被害としては、電気や水道等のライフライン、道路・鉄道などの交通・ 物流へのほか、農林水産業や観光業等にも甚大な被害が生じ、住民生活や地域経済・産業活動に も大きな支障となった。道路関連では、道央と道東を結ぶ幹線の国道38号および274号線など主 に十勝地方に通じる各国道を中心に、河川の氾濫に伴う橋梁流失や路盤流出により通行止めが相 次ぎ、一時は十勝地方が孤立状態となった。特に、国道274号線は土石流や斜面崩壊に伴い被災 当時復旧の見通しが立たないほど大きく損傷し、平成29年7月26日現在も1路線1区間(国道 274号 沙流郡日高町千栄〜上川郡清水町清水)が通行止めとなっており、並行する道東自動車道 の占冠 IC から十勝清水 IC 間を国道の代替路(無料)とする措置が実施されている²⁾。その他、 道道なども100箇所以上の区間が通行止めとなるなど甚大な被害が及んだ。一方、北海道旅客鉄 道株式会社(JR 北海道)の各線では、路盤流出、橋梁流失、土砂流入、盛土崩壊などが多数発生 し、長期間の運休を余儀なくされた路線もあり、道東を中心に路線網が寸断された。JR 北海道の 試算では、これらの路線網の復旧費用に石北本線だけで2~3億円程かかり、総額では数十億円規

このような人的・物的に甚大な被害発生を受け,政府は,台風第7号,台風第11号,台風第9 号および台風第10号による全国各地の被害を「激甚災害に対処するための特別の財政援助等に関 する法律」に基づき,復旧事業の国の補助率をかさ上げして被災自治体の財政支援を後押しする 「激甚災害」として指定し,併せて当該災害に適用すべき措置を指定する政令を,平成28年9月 16日の閣議において決定した。激甚災害として,道内では,空知郡南富良野町が指定された。な お,昨年の豪雨災害を昭和56年以降の主な豪雨災害と比較してみると(表-1.2¹⁾),今時災害の被 害額は,総額で2803億円に及び,被害の大きかった道央圏を襲った2度の大雨とそれに伴う河川 の氾濫による昭和56年の水害(総被害額:2705億円),いわゆる「56水害」にを上回る北海道で 過去最大規模の被害であったことがわかる。

模に膨らむ可能性があるとの見通しを示している。さらに,産業被害については,基幹産業の農業に 40,258ha にわたる被害が出ているほか,水産業,林業,商業および工業にも被害が及んだ。

1

表-1.1 平成 28 年 8 月北海道豪雨による被害状況 1)

○ 人的被害

(平成28年10月11日現在)

· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·				
	死者	行方不明者	重傷者	軽傷者
人数	4 (北見市大樹町) 新得町羅臼町)	2 [清水町]	2 〔上川町 羅臼町〕	13 【江別市 釧路市 白糠町 日高町 上川町 北見市 帯広市 せたな町】
○ 住家等被害				(平成28年10月11日現在
		住家		非住家

		L 7					771131	
		全壊	半壊	一部損壊	床上浸水	床下浸水	全壊	半壊
被 害 棟 数 空知管内 胆振管内		29	97	963	273	989	80	171
	空知管内	_	_	4	13	120	_	-
	胆振管内	8	5	209	1	12	4	11
	日高管内	2	2	7	64	259	11	3
	渡島管内	0	3	569	0	3	27	26
	上川管内	5	38	0	46	225	_	-
	宗谷管内	0	0	2	12	41	_	_
	オホーツク管内	0	0	0	3	94	_	_
	十勝管内	14	45	21	128	169	32	11
	釧路管内	0	0	29	2	38	_	_
	その他	0	4	122	4	28	6	120

表-1.2 昭和 56 年以降の主な豪雨災害の被害 1)

災害名	昭和56年 8/3~6	昭和56年 8/21~23	平成4年 8/8~10	平成15年 8/9~10	平成28年 8/16~9/11
原因	前線·台風	前線·台風	台風から変わった 低気圧	前線·台風	台風·低気圧
被災地域	全道	全道	道南·道東	日高·十勝等	全 道
被災市町村数	185市町村	198市町村	58市町村	61市町村	集計中
死者	8名	2名	0名	10名 (行方不明1名)	4名 (行方不明2名)
床上浸水	6,115棟	2,850棟	108棟	129棟	273棟
床下浸水	20,948棟	13,479棟	357 <mark>棟</mark>	438棟	989棟
農作物被害(田)	41,060ha	14,206ha	2,889ha	1,383ha	40.250ha
農作物被害(畑)	134,920ha	75,186ha	3,314ha	8,431ha	40,256118
土木被害	4,777ヶ所	1,604ヶ所	1,063ヶ所	1,139ヶ所	2,269ヶ所
	0.705/4-77		500/4-77		道·市町村分1,979億円(10/25現在)
総被害額	2,705億円 904億円	509億円	1,100億円	国交省公表分824億円(9/14現在)	

※ 囲みは表中で最も被害の大きいことを示す。

いずれの災害も激甚災害(本激)の指定を受けている。

参考文献

- 1) 北海道総務部危機対策課:平成28年8月から9月にかけての大雨等災害について,第1回災 害検証委員会 資料2,2017.
- NEXCO東日本:道東自動車道(占冠 IC~芽室 IC 間、約 64km)の通行の再開及び国道 38 号・国道 274 号災害通行止めに伴う道東自動車道(占冠⇔音更帯広間)の無料措置について (2017 年 7 月 26 日閲覧), 2016.

第2章 学会間協力体制と調査団の構成・活動

平成28年8月の中旬から下旬にかけて,過去に例を見ないほど複数の台風(7号,9号,10号, 11号)が連続して北海道に襲来し,異常な量の雨が降った関係で,道内の広い範囲で道路,鉄道, 電気および水道など社会基盤施設に大きな被害が生じ,各種生活機能に甚大な被害がもたらされ た。(公社)地盤工学会災害連絡会議では,本災害の社会的重要性に鑑み,地盤工学会北海道支 部を中心とした産・学の地盤工学の専門家からなる調査団を編成し(表-2.1),短期的・中長期的 視野をもって,被災地域の現地調査,資料の収集等を行う「平成28年8月北海道豪雨による地盤 災害調査団」(団長:北海道大学石川達也教授)を,平成28年8月21日に結成した。このため, 調査団は,一連の台風に伴う豪雨による地盤災害の現象・事象の原因の学術的究明と,今後の復 旧対策や防災・減災対策を支援することを,その目的とする。

調査団の主要な調査活動を表-2.2に示す。調査団では、8月21日以降、常呂川水系常呂川(北 見市), 釧路川水系釧路川(標茶町), 石狩川水系空知川(南富良野町), 十勝側水系札内川(帯広 市)等の堤防決壊等の被災状況調査を土木学会水工学委員会と連携し実施した。その後, 台風 10 号に伴う豪雨の影響により被害が拡大し、道東自動車道や国道の被災状況の調査を実施した。さ らに、地盤工学会と日本地すべり学会北海道支部は、台風 10 号により甚大な被害が発生した一般 国道 274 号日勝峠(十勝側)と一般国道 38 号狩勝峠・小林橋・清見橋について, 北海道道路管理 技術委員会の支援を得て平成 28 年 9 月 23 日~24 日に合同調査を実施した。この調査は、国土交 通省北海道開発局と、土木学会北海道支部、地盤工学会北海道支部、日本地すべり学会北海道支 部および砂防学会北海道支部との間で平成 27 年 3 月 25 日に締結された「災害等に係る調査の相 互協力に関する協定」(その後、農業農村工学会北海道支部が加わり、平成28年1月6日に再締 結)に基づいた複数の学会による初めての合同調査となった。この協定は、災害等により北海道 開発局が管理する施設等に複雑または大規模な被害が発生し、専門的な調査が必要となる場合に、 調査に関する相互協力の方法を定め、被害の拡大の防止および早期復旧並びに技術の向上に資す ることを目的とし、締結されたものである。地盤工学会と日本地すべり学会北海道支部は、特に 大規模な土砂災害が発生した日勝峠(十勝側)と狩勝峠について、情報を収集・分析するため現地 調査が必要と判断し、北海道開発局に被災状況調査の協力を要請し、北海道開発局帯広開発建設 部の協力のもと現地調査を実施した。調査団では、これまでに図-2.1に示すように全道各地34箇 所で被害状況調査を行った。このうち、台風7号、11号、9号の襲来に伴う豪雨被害調査(計18 箇所)では,積算雨量 300mm を超える雨が降った上川・網走・根釧地方を中心とした道内の広い 範囲で実施されている。これに対し,台風 10 号の接近に伴う豪雨被害調査(計 16 箇所)では, 積算雨量 500mm を超える雨が集中して降った日高・十勝地方を中心に実施されている。また,調 査団では、その結果と設立目的を踏まえ、平成 28 年 10 月 7 日には速報会(会場:北海道大学学 術交流会館)を開催し被害の状況について速報するとともに、平成 29年7月 26日には最終報告 会(会場:北海道大学学術交流会館)を開催し速報会後の追加調査結果や復旧の現状について報 告を行った。これらを含め計4回の報告会の開催(表-2.2)により,調査団は,一連の台風に伴 う豪雨による地盤災害の現象・事象の原因の学術的究明と、今後の復旧対策や防災・減災対策に 資する調査・検討結果を広く公表している。

3

団長	石川 達也	北海道大学
幹事長	西村 聡	北海道大学
幹事	磯部 公一	北海道大学
団員	池田 淳	日特建設(株)
]]	伊東 佳彦	土木研究所寒地土木研究所
]]	江川 拓也	土木研究所寒地土木研究所
11	川口 貴之	北見工業大学
//	川尻 峻三	北見工業大学
]]	川端伸一郎	北海道科学大学
11	川村 志麻	室蘭工業大学
11	倉橋 稔幸	土木研究所寒地土木研究所
]]	木幡 行宏	室蘭工業大学
11	佐藤 厚子	土木研究所寒地土木研究所
]]	让 修	带広畜産大学
]]	土谷富士夫	带広畜産大学
11	所 哲也	苫小牧工業高等専門学校
]]	冨澤 幸一	土木研究所寒地土木研究所
]]	西本 聡	土木研究所寒地土木研究所
//	橋本 和明	日本工営(株)
]]	橋本 聖	土木研究所寒地土木研究所
	廿 実次	国土交通省北海道開発局(前 土木研究所寒地土木研究
//	小 悪俗	所)
11	三浦 清一	北海道大学
	山土工主	国土交通省北海道開発局(前 土木研究所寒地土木研究
"	山小 正彦	所)
]]	山下 聡	北見工業大学
]]	山梨 高裕	土木研究所寒地土木研究所
]]	横浜 勝司	北海道大学

表-2.1 平成28年8月北海道豪雨による地盤災害調査団員名簿(五十音順)

日時	活動内容	特記事項
平成 28 年 8 月 21 日~	常呂川水系常呂川, 釧路川水系釧路川, 石狩川水系空 知川, 十勝川水系札内川等の堤防決壊等の被災調査	土木学会水工学委員会との 連携
平成 28 年 9 月 17 日	清水町,新得町,南富良野町,砂川市調査	
平成 28 年 9 月 22 日	道東自動車道調査	
平成 28 年 9 月 23 日~24 日	国道 274 号日勝峠(十勝側),国道 38 号線狩勝峠・小 林橋・清見橋,新得町,清水町,弟子屈町,羅臼町調 査	日本地すべり学会北海道支 部との連携
平成 28 年 10 月 7 日 14:00~17:00	「平成 28 年 8 月北海道豪雨による地盤・地すべり災 害調査団」報告会	会 場: 北海道大学学術交流会館
平成 28 年 10 月 26 日~27 日	道東自動車道,一般国道274号日勝峠(日高側)調査	
平成 29 年 2 月 3 日 14:50~16:20	第 57 回地盤工学会北海道支部技術報告会特別セッシ ョン:[平成 28 年 8 月北海道豪雨災害]	会 場: 北見工業大学多目的講義室
平成 29 年 5 月 28 日	国道 274 号日勝峠(主に十勝側)調査	
平成 29 年 7 月 13 日 13:20~14:50	第 52 回地盤工学研究発表会特別セッション:[平成 28 年 8 月北海道豪雨災害]	会 場:名古屋国際会議場1号館
平成 29 年 7 月 26 日 14:00~17:00	「平成28年8月北海道豪雨による地盤災害調査団」 最終報告会	会 場: 北海道大学学術交流会館

表-2.2 平成28年8月北海道豪雨による地盤災害調査団の主な活動



図-2.1 平成28年8月北海道豪雨による地盤災害調査箇所概要

第3章 気象および地形・地質の概要

3.1 気象概要 1)~5)

平成28年8月に発生した台風第7号,第11号,第9号は,17日~23日の一週間のうちに相次 いで北海道に上陸した。さらに、その一週間後、台風第10号が強い勢力を保ったまま太平洋側か ら岩手県に上陸し、その影響で29日から31日にかけて北海道に記録的な大雨をもたらした。北 海道に3つの台風が上陸したこと、また、東北地方太平洋側に台風が上陸したことは、昭和26年 の統計開始以来で初めてのことであった。

特に大きな被害をもたらした台風第 10 号は,北海道に上陸はしなかったものの,長時間にわた って暖かく湿った空気を大量に流入させ,日高山脈の東側で「地形性降雨」を発生させた。これ により,3日間の積算雨量で,ぬかびら温泉郷(上士幌町)332mm,上札内278mm,新得234mm を観測し,十勝川水系で河川の氾濫や土砂災害を引き起こした。さらに,土石流の発生や盛土の 大規模崩壊で甚大な被害が生じた国道274 号の日勝峠付近では488mmを観測したほか,国道38 号の狩勝峠付近で364mm,国道236 号の野塚峠付近で713mmなど,各地で観測記録を更新する 豪雨となった。

3.2 各台風の概要

3.2.1 台風第7号^{1),2)}

図-3.2.1 は、8月17日から30日までに上陸または接近した台風の進路である。台風第7号は 8月16日に暴風域を伴って東北地方太平洋側の海上を温帯低気圧の性質を帯びながら北上し、17 日17時頃に襟裳岬付近に上陸して、17日21時には温帯低気圧に変わった。16日夜から17日に かけて、北海道の広い範囲で大雨となった。16日から17日までの総雨量は胆振地方の白老町森 野で234mm、日高地方の浦河町中杵臼で208mmとなり、上川地方の白金、網走地方の留辺蘂、 網走地方の置戸、十勝地方の三股で日降水量を更新した。



図-3.2.1 平成28年8月北海道豪雨をもたらした4つの台風の進路

3.2.2 台風第 11 号と第 9 号^{1),3)}

台風第11号は、21日朝に東北地方の太平洋沿岸部に接近し、その後進路を北に変え21日23時 過ぎに釧路市付近に上陸した。台風第11号の北上に伴い、停滞していた前線が活発となり、上川 地方や空知地方を中心に午前中から集中的に非常に激しい雨が降り、午後には東部に広がった。

続けて発生した台風第9号は、22日に千葉県館山市付近に上陸し、その後、速度を早めて北上 を続け、23日6時頃に新ひだか町付近に上陸した。台風第9号は中心の北西側に特に強い雨雲を 伴っており、明け方から朝にかけて特に日高地方や大雪山系周辺で集中的な大雨となった。

北海道は 20 日から 23 日にかけ,2 つの台風の接近・通過により,広い範囲で記録的な大雨と なった。20 日から 23 日までの総雨量は,根室地方の糸櫛別で 296mm,羅臼や日高門別で 292mm を観測した。また,日降水量は上川地方を中心に7 地点で記録を更新した。なお,この影響で, 網走地方の常呂川と石狩地方の石狩川下流が氾濫した。

3.2.3 台風第 10 号 1), 4)

台風第 10 号は,30 日 12 時には風速 15 メートル以上の領域を広げて大型となり東北地方に接近し,18 時頃に岩手県大船渡市付近に上陸した。台風はその後も北北西に進み,21 時には函館市南西の日本海に抜けて 31 日 0 時に温帯低気圧に変わった。

北海道では暖かく湿った空気の流入により,29日から太平洋側東部を中心に雨が続き,31日までの総雨量は、特に日高山脈周辺で多く300ミリを超える大雨となった。この影響で、十勝川水 系札内川が氾濫し、南富良野町では空知川の堤防が決壊した。日高山脈周辺で大雨となった原因 について、松岡⁶は日高山脈に東寄りの暖湿気が長時間吹き続け、発達した雨雲が山脈にぶつか り大雨を降らせる地形性降雨(図-3.2.2)が卓越したと述べており、図-3.2.3に示すように局所 的に 500mm 以上の大雨となったことを示している。



図-3.2.2 地形性降雨の模式図⁶⁾ (日本気象協会 松岡直基氏 提供)



図-3.2.3 降雨量分布【8月29日1時~31日24時】⁶⁾
 (日本気象協会 松岡直基氏 提供)

図-3.2.4は、土石流の発生や盛土斜面の大規模崩壊などで甚大な被害が生じた国道 274 号日 勝峠 TM (テレメータ)で観測された降水量である。台風第 10 号では、時間雨量で最大 55mm、 積算雨量で 488mm を観測した。この積算雨量は、図-3.2.5 に示すように日勝峠 TM での観測開 始以来最大で、2006 年に観測された履歴 2 位との比較で 2 倍以上に相当している。なお、今回 の 4 つ台風による総雨量は、8 月 16 日~31 日までの約 2 週間で 929mm となり、これは日勝峠 TM の年間総雨量の平年値と比較すると 73%に相当する。また、1 月 1 日~8 月 31 日までの総雨 量は 1,757mm で、8 月 31 日の時点で過去 15 年間の年間総雨量を更新した。







図-3.2.6は、同じく地形性降雨により大雨となった国道236号野塚峠TMの降水量である。野塚峠付近では、台風第10号によって日勝峠を超える積算雨量713mmが観測されている。しかし、この付近では大規模な被害は報告されていない。図-3.2.7に示すように、野塚峠付近では履歴2位との比較から過去に同規模の雨量を受けた経験があり、日勝峠よりも雨に対する耐性が高かったことが理由として考えられる。



図-3.2.6 国道 236 号(野塚峠 TM)における降雨量の推移【8月 16日~31日】



図-3.2.7 国道 236 号(野塚峠 TM)の降雨履歴【2001~2016】

3.3 地形·地質

今回の土砂災害は台風の接近・上陸に伴う豪雨を誘因として発生したが,素因という観点からは, 災害発生箇所の地質・地勢特性の分析・評価が重要となる。ここでは,特に大きな被害を受けた日 高山脈周辺,および知床半島南岸の地形・地質の概要と土砂災害との関係について述べる。

3.3.1 日高山脈周辺

(1) 地形

日高山脈は、北は狩勝峠、南は襟裳岬に至る南北約 140km の山脈である。山脈の南北方向の伸長 は、同方向に分布する地質や地質構造に規制されている。最高峰は幌尻岳(2,052m)であり、分水嶺の 標高は 1,000~2,000mである。氷期に発達したと考えられるカール等の氷河地形や、山裾に緩斜面 を形成する周氷河地形等が分布しているのが特徴的である。

日勝峠・狩勝峠周辺を中心とする日高山脈北部には、周氷河斜面が広く分布する。周氷河斜面と は、表層の岩盤が凍結破砕作用、融解攪乱作用、ソリフラクション等の周氷河作用を受けて形成さ れた平滑で水系の発達が悪い斜面である。日勝峠・狩勝峠周辺の周氷河斜面は約 9,000 年前のテフ ラ(Ta-d: 樽前-d)に覆われていることから、それ以前に形成された化石周氷河斜面であり ^{7~10}, 岩屑 を主体とした周氷河斜面堆積物が広く分布すると考えられる。

(2) 地質

日高山脈の地質について既存文献^{11)~18)}をもとに以下に述べる。日高山脈は東北日本弧と千島弧 の島弧が衝突して形成された地質体である。山脈横断方向に沿って西側から、イドンナップ帯(砕 屑岩類・緑色岩・チャート等の付加体構成岩),幌尻オフィオライト帯(緑色岩・変はんれい岩), 日高主衝上断層を挟み日高変成岩類(結晶片岩,片麻岩類),弱・非変成の日高累層群(泥質岩・ 砂岩等の砕屑岩類)が分布する。日高変成岩類~日高累層群が分布する日高山脈の分水嶺付近では はんれい岩類や花崗岩,花崗閃緑岩,トーナル岩などの花崗岩類が大規模に貫入しており、日高累 層群の一部は接触変成作用による堆積岩類のホルンフェルス化が認められる。

個別に見ると、一般国道 38 号沿いでは狩勝峠付近にはホルンフェルスが分布するが、同国道が大 きく崩壊した新得町側は花崗岩・花崗閃緑岩が主体である。一般国道 274 号沿いでは、日高町側の 土砂災害多発箇所の地質は閃緑岩、トーナル岩、花崗閃緑岩、はんれい岩、片麻岩、片岩など様々 であり、清水町側の土石流等多発箇所の地質は花崗岩・花崗閃緑岩である。一般国道 236 号沿いで は野塚峠付近の地質ははんれい岩・花崗岩であり、十勝側斜面には花崗岩のほか日高累層群に属す る堆積岩類やホルンフェルスが分布する。一般国道 38 号および 274 号沿いでは、これらの地質を覆 う形で山裾に周氷河斜面堆積物が広く分布する。

(3) 土砂災害との関係

土砂災害が多発したのは花崗岩質岩(花崗岩,花崗閃緑岩,トーナル岩等)を基礎岩盤とし,周 氷河地形が分布する地域である。土砂災害と地質との関係について,例えば林(2016)¹⁹は日高山脈 東側の調査結果から「土石流の多くは,渓流の最上流部における小規模な崩壊・土石流に起因し, 流下の過程で,周氷河作用により形成された緩い斜面上において,大量の水による河床洗掘・側方 侵食が起こり,花崗岩の礫・花崗岩が風化した細かいまさ土・渓畦林の立木を下流に大量に運搬し たと考えられる」と述べている。また,倉橋ほか(2017a)²⁰は,日勝峠沿いの周氷河斜面を山麓緩 斜面と山腹岩屑斜面に分類し,土砂災害との関係を,倉橋ほか(2017b)²¹は,日勝峠,狩勝峠,野 塚峠における道路の斜面・法面災害と地質との関係について論じている。

3.3.2 知床半島

(1) 地形

知床半島は、北東は知床岬、南西は海別岳付近に至る延長約 65km の半島である。最高峰は羅臼 岳(1,660m)であり、分水嶺の標高は 300~1,600mである。分水嶺付近には羅臼岳、知床硫黄山、天頂 山等の活火山が分布し、海岸部は北西側、南東側とも急峻な海蝕崖となっており、海成段丘面が発 達する。

(2) 地質

知床半島の地質について既存文献^{17,22,23)}をもとに以下に述べる。知床半島の地質は新第三系の 火山岩類・火山砕屑岩類を基礎として、その上に第四系の火山岩類・火山砕屑岩類、および崖錐堆 積物や海成段丘堆積物が覆っている。

(3) 土砂災害との関係

土砂災害の多くは従来の地質図の読み取りからは崖錐堆積物や海成段丘層とされる地層で多く発 生したことになるが、これらの少なくとも一部は土石流堆積物や周氷河斜面堆積物である可能性が 考えられる。例えば、石丸ほか(2017)²⁴⁾は、知床半島羅臼町海岸町の斜面崩壊の検討結果から、崩 壊したのは段丘堆積物上に分布する土石流~土砂流堆積物およびその上位の斜面堆積物であり、後 者の斜面堆積物は周氷河性斜面堆積物の特徴を有していると指摘している。また、石田ほか(2017) ²⁵⁾は、同じ斜面崩壊箇所脇のボーリング孔で採取した試料の粒度試験結果と地形調査の結果から、 完新世の水による堆積物と周氷河性の堆積物が混在している可能性を指摘している。

参考文献

- 1) 気象庁:災害時気象報告 平成28年台風第7号・第9号・第10号・第11号及び前線による 8月16日から8月31日にかけての大雨及び暴風等,2017.
- 2) 札幌管区気象台:平成28年台風第7号に関する気象速報(平成28年8月25日発表),2016.
- 13 札幌管区気象台:平成28年台風第11号及び第9号に関する気象速報(平成28年8月30日 発表),2016.
- 4) 札幌管区気象台:平成28年台風第10号に関する気象速報(平成28年9月5日発表),2016.
- 5) 平成 28 年 8 月北海道大雨激甚災害を踏まえた水防災対策検討委員会:委員会報告 平成 28 年 8 月大雨激甚災害を踏まえた今後の水防災対策のあり方, 2017.
- 6) 松岡直基:土砂災害の誘因となる北海道の気象,気候変動に伴う積雪寒冷地の地盤災害に関するシンポジウム発表論文集委員会報告,pp.1-2,2017.
- 小野有吾,平川一臣:ヴュルム氷期における日高山脈周辺の地形形成環境,地理学評論, Vol.48, pp.1-26, 1975.
- 8) 山本憲志郎:狩勝峠~日勝峠周辺の斜面堆積物,東北地理, Vol.38, No.1, p.70, 1986.
- 9) 山本憲志郎:完新世における日高山脈北部の周氷河性斜面堆積物の移動期,第四紀研究, Vol.28, No.3, pp.139-157, 1989.
- 10) 清水長正:夕張山地南部・日高山脈西部における最終氷期から完新世初頭にかけての斜面安定 性の垂直的変遷,第四紀研究, Vol.28, No.3, pp.159-170, 1989.
- 11) Nakajima, T., Takahashi, M., Imaoka, T., and Shimura, T. : 4 Granitic rock, The Geology of Japan, Geological Society, pp.251-272, 2016.
- 12) 工業技術院地質調查所:1:200,000 地質図「夕張岳」,1996.
- 13) 工業技術院地質調査所:1:200,000 地質図「浦河」, 2000.
- 14) 工業技術院地質調查所:1:200,000 地質図「広尾」,1971.
- 15) 北海道地下資源調査所:5万分の1地質図幅説明書「千呂露」, pp.46, 1962.
- 16) 北海道地下資源調査所:5万分の1地質図幅説明書「御影」, pp.36, 1954.
- 17) 北海道開発庁:5万分の1地質図幅説明書「楽古岳」, pp.63, 1959.
- 18) 日本地方地質誌 I 北海道地方:日本地質学会編集,朝倉書店, 630pp, 2010.
- 19) 林真一郎:平成 28 年台風 10 議魚豪雨により北海道十勝地方で発生した土砂流出,土砂災害

予測に関する研究集会―熊本地震とその周辺―発表概要集,2016.

- 20) 倉橋稔幸,伊東佳彦,角田富士夫,山崎秀策: 2016 年台風 10 号による日勝峠の斜面災害と地形について,平成 29 年度日本地すべり学会北海道支部・北海道地すべり学会特別講演および研究発表会予稿集, pp. 27-30, 2017(a).
- 21) 倉橋稔幸,伊東佳彦,日外勝仁,角田富士夫,山崎秀策:2016年8~9月の北海道における豪 雨災害に関する報告2,一道路の被害(斜面・法面)について-,寒地土木技術研究(国立研 究開発法人土木研究所寒地土木研究所月報),No.769, pp. 48-57, 2017(b).
- 22) 工業技術院地質調査所:1:200,000 地質図「知床岬」, 1974.
- 23) 北海道開発庁: 5万分の1地質図幅説明書「羅臼および知円別」, pp.34, 1970.
- 24) 石丸聡,田近淳,伊藤陽司,興水健一:知床半島羅臼町海岸町で発生した斜面崩壊,平成 29 年度日本地すべり学会北海道支部・北海道地すべり学会特別講演および研究発表会予稿集, pp.39-42, 2017.
- 25) 石田博英,雨宮和夫:北海道の緩斜面に広く分布する未固結(周氷河性斜面)堆積物について ー神恵内,羅臼,礼文島の例,平成29年度日本地すべり学会北海道支部・北海道地すべり学 会特別講演および研究発表会予稿集,pp.23-26,2017.

第4章 道路の被害

4.1 国道 274 号,国道 38 号の被害概要

平成28年8月17日~23日の1週間に3個の台風が北海道に上陸し,道東を中心に大雨により 河川の氾濫や地盤災害が発生した。また,8月29日から前線に伴う降雨があり,その後,台風第 10号が北海道に接近し,日勝峠周辺では,8月30日23:00~0:00には,時間雨量55mm記録する 猛烈な雨となり,降り始めからの積算降水量は観測史上1位となる488mmを記録し,8月29日 1時~31日24時には狩勝峠周辺で512mmとなる局地的に非常に激しい豪雨となった。図-4.1.1 は,30日10:00,14:00,31日0:00のレーダー降水分布図である¹⁾。日高山脈の東側から大雪山系 の南側にかけて,特に,日勝峠周辺で,時間雨量50mmを超える豪雨が長時間にわたり発生して いることが分かる。これは,図-4.1.2に示すように,台風第10号によってもたらされた東寄りの 暖かい気流が日高山脈にぶつかり,地形性降雨が卓越したために生じたと考えられる²⁾。また,7 合目(標高755m)以上の標高で豪雨となったのに対して,山麓部ではほとんど降雨がなかった ことが特徴的である。すなわち,この特徴的な地形性降雨によって,標高が高いところでは至る 所で斜面崩壊をもたらし,標高が低いところでは河川増水に起因する地盤の侵食や洗掘が生じる ことになったと考えられる。



図-4.1.1 8月30日~31日のレーダー降水分布1)



図-4.1.2 地形性降雨の発生メカニズム²⁾

図-4.1.3に、国道274号日高町千栄~清水町清水間(42.9km)の被災箇所を示す¹⁾。当該区間 における被災は、落橋などの橋梁損傷箇所が10ヶ所、覆道損壊箇所が3ヵ所、道路本体が大きく 欠損した箇所が6ヶ所、切土・盛土崩壊箇所が47か所であり、合計66ヶ所が被災した。当該区 間の地形・地質の特徴は、北海道の背骨にあたる日高山脈を横断している地形であること、日高 町側には日高変成帯に属する変成岩・深成岩と日高帯および空知-エゾ帯に属する非変成の砂岩・ 泥岩が分布していること、日高山脈の山頂付近から清水側が日高帯の堆積岩類を貫く花崗岩類か らなっており、浅部は風化によりまさ化が進行していること、また、風化花崗岩類の上位には、 凍結破砕、凍結融解、ソリフラクションにより形成された周氷河斜面堆積物が覆っており、角礫 混じり土砂が分布していることなどである。

一方,国道38号の主な被害は,狩勝峠(8/30通行止め区間=19.3km)の盛土崩壊,南富良野町 市街地~落合(8/30通行止め区間=12km)における太平橋の橋台背面侵食・洗掘・流失,小林橋・ 清見橋(8/30通行止め区間=5.1km)の橋脚基礎,橋台背面洗掘,流失および落橋,芽室橋・元村 橋(8/30通行止め区間=5.1km)の橋台背面洗掘,流失などであった。国道38号狩勝峠の地質は, 日勝峠と同様,日高帯の堆積岩類を貫く花崗岩類からなっており,浅部は風化によりまさ化が進 行している。

次節では、国道 274 号日勝峠に至る十勝側と日高側、および国道 38 号狩勝峠の地盤災害とその 要因について地盤工学的な側面から検討する。



図-4.1.3 国道 274 号日勝峠(日高町千栄~清水町清水間(42.9 km))の被災箇所¹⁾

4.2 国道 274 号,国道 38 号の被害と被害要因

4.2.1 国道 274 号日勝峠に至る十勝側の地盤災害

調査は、平成28年9月23日に実施した。図-4.2.1に、国道274号日勝峠(十勝側)の調査箇 所位置図を示す。調査箇所は、盛土や斜面が大規模に崩壊した箇所であり、7合目付近および日勝 トンネル十勝側坑口付近である。図-4.2.2に、7合目付近の盛土崩壊状況を示す。本箇所は道路 曲線が大きく崩壊し、道路本体が大きく欠損していることが分かる。本箇所は、より標高が高い 8合目方向からの大量の舗装表面の表流水および土石流の一部が流下して、道路線形が直線から 曲線に変化する地点の盛土斜面の肩部を侵食・洗掘したことにより、大規模な崩壊が発生したと 考えられる。図-4.2.3には、図-4.2.2の標高より高い位置の7合目付近(石山トンネル付近)で 発生した土石流の状況である。図に示すように、路面には土砂・石・樹木が堆積しており、土石 流を構成する土は、風化花崗岩が細粒化したまさ土である。



図-4.2.1 国道 274 号日勝峠(十勝側)の調査箇所位置図



道路損壊(L=100m)

図-4.2.2 十勝側 7 合目付近の盛土崩壊: (a)崩壊状況全景 (b)崩壊状況



図-4.2.3(a)~(d) +勝側7合目付近の土石流発生状況

図-4.2.4, 図-4.2.5は、それぞれ十勝側8合目付近および頂上付近の土石流発生状況およびそれに伴う盛土崩壊の状況を示している。両箇所においても、7合目付近の土石流と同様に、構成土質は風化花崗岩が細粒化したまさ土であった。また、路面には土砂・石・樹木が堆積していたことから、多量の水を含む土石流が流下して、盛土肩部を侵食・洗掘したことにより盛土崩壊が発生したと考えられる。

国道 274 号日勝峠に至る十勝側の地盤災害の特徴は、7 合目以上で豪雨が発生し、風化花崗岩 が細粒化したまさ土で構成される地盤に大量の雨水が浸入し脆弱になり、沢部で土石流が発生す るとともに、舗装表流水と一体化して道路表面を流下、道路線形が変化する地点に集中して集ま ることにより、盛土の路肩部を侵食・洗掘したこと、また、道路下の横断管や縦断管に多量の土 砂や流木が侵入し、閉塞することにより排水機能が低下して管周辺がさらに侵食し、盛土崩壊に 到ったと考えられる。



図-4.2.4 十勝側 8 合目付近の土石流発生状況: (a)崩壊状況全景 (b)崩壊状況



図-4.2.5 十勝側頂上付近の土石流発生状況: (a)崩壊状況全景 (b)崩壊状況

4.2.2 国道 274 号日勝峠に至る日高側の地盤災害

国道 274 号日勝峠日高側の地盤災害は、山麓部では河川増水による橋梁基礎の洗掘や道路本体の欠損、切土や盛土の崩壊などが特徴的である。図-4.2.6に、国道 274 号日勝峠(日高側)の調 査箇所を示す。大規模被災箇所として、三国の沢シェルター(図-4.1.3 中の No.29、以下同様)、 7~9 合目 (No.16~28)、清瀬覆道 (No.10) および千呂露橋 (No.1) などが挙げられる。

図-4.2.7は、三国の沢シェルターの盛土崩壊状況である。本箇所は、沢埋め盛土に設置された シェルターであり、盛土内部に横断管が埋設されていた。豪雨により河川が急激に増水したこと により、多量の土砂や流木が流下して横断管を閉塞し、行き場を失った流水により管周辺部が侵 食・洗掘され、路体が崩壊したと考えられる。図-4.2.8は、三国の沢シェルターの盛土崩壊箇所 の帯広側の地層状況である。表土の下部に、樽前d降下火砕堆積物(Ta-d)が堆積し、その下部に は周氷河性斜面堆積物が堆積している箇所や花崗岩の岩盤上に花崗岩が風化してまさ化した地層 などが確認された。図-4.2.9は、No.27の盛土崩壊状況を示す。図-4.2.10に示すように、盛土箇 所は傾斜地盤上に構築されており、道路表面に発生した大量の表流水により路肩部が侵食・洗掘 されるとともに、地山と盛土の境界部を水みちとして盛土内に地下水が浸透したことで間隙水圧 が上昇し、せん断強度が低下して崩壊に至ったと考えられる。一方、図-4.2.11に示す No.25 の切 土崩壊箇所は、斜面上の地盤が不均質な土質で水みちができやすい条件であったこと、斜面背後 や法頭の排水に多量の水が流入したことで越流し法面を侵食・洗掘したことなどが要因となって 崩壊に到ったと考えられる。



図-4.2.6 国道 274 号日勝峠(日高側)の調査箇所位置図



図-4.2.7 国道 274 号三国の沢シェルター崩壊状況¹⁾ (a)崩壊状況 (b)下流側からの崩壊状況



図-4.2.8 国道 274 号三国の沢シェルター付近 (a)地層状況 (b)岩盤直上のまさ化した土





図-4.2.9 No.27 付近の盛土崩壊状況: (a)山側沢部の状況 (b)盛土崩壊状況 (c)崩壊断面 (d)盛土崩壊状況



図-4.2.10 盛土の崩壊要因



図-4.2.11 (a)No.25 付近の切土崩壊状況 (b)No.22 付近の盛土崩壊状況

日高側7合目付近より標高が低い箇所では、河川の増水により、河川近接部の道路盛土が侵食・洗掘され崩壊に到るケースや橋梁の橋脚基礎あるいは橋台背面が侵食・洗掘され崩壊に到るケースが多く見られた。図-4.2.12は、No.20の盛土崩壊状況である。図(b)に示すように、河川増水により盛土下部が侵食・洗掘され、道路本体が大きく欠損しているのが分かる。図-4.2.13は清瀬覆道(No.10)の基礎洗掘状況、図-4.2.14は千坂擁壁(No.2)の洗掘による崩壊状況、図-4.2.15は千呂露橋(No.1)の落橋状況を、それぞれ示す。これらの箇所では、河川の急激な増水により、水衝部が擁壁や橋台の背面盛土を侵食あるいは橋脚基礎部分を洗掘し、崩壊に到ったと考えられる状況が示されている。



図-4.2.12 No.20の盛土崩壊状況¹⁾:(a)盛土崩壊状況近影 (b)盛土崩壊状況遠景



図-4.2.13 No.10 清瀬覆道の基礎洗掘状況¹⁾:(a)全景 (b)基礎洗掘状況



図-4.2.14 No.2 千坂擁壁の洗掘による崩壊状況¹⁾: (a)崩壊状況全景 (b)崩壊状況

H28.9.13撮影



図-4.2.15 No.1 千呂露橋の落橋状況¹⁾: (a)落橋状況 (b)応急仮設橋設置状況

4.2.3 国道 38 号狩勝峠の地盤災害

調査は、平成28年9月24日に実施した。図-4.2.16に国道38号狩勝峠の調査箇所を示す。図 -4.2.17~19に調査箇所の盛土崩壊状況を示す。これらの状況から判断して、本箇所では風化花崗 岩が細粒化したまさ土で構成される地盤に豪雨による大量の雨水が浸入して地盤が脆弱になり、 地下水の流量が急激に増加、道路下の横断管や縦断管に多量の土砂や流木が侵入し閉塞すること により排水機能が低下して管周辺の地盤が侵食され、また、崩壊斜面がまさ土であるためガリ侵 食なども発生し、大規模な盛土崩壊に到ったと考えられる。図-4.2.19(b)は応急復旧状況を示し ているが、現地でのヒアリングによれば、当時、通行規制が行われている状況下で、入手できる 応急資材としては路盤材に用いられる粒度調整砕石のみであったため、取り急ぎ、仮設の押え盛 土として利用したとのことであった。



図-4.2.16 国道 38 号狩勝峠 調査箇所



図-4.2.17 国道 38 号狩勝峠 盛土崩壊状況



図-4.2.18 国道 38 号狩勝峠 盛土崩壊状況の近影



図-4.2.19 盛土崩壊状況: (a)山側から俯瞰 (b)応急復旧状況

4.2.4 国道 274 号日勝峠,国道 38 号狩勝峠の地盤災害要因と今後の課題

国道 274 号において、日勝峠を含む日高町千栄~清水町清水間(42.9 km)で発生した地盤災害 の特徴は、7 合目以上の高地で豪雨が発生し、風化花崗岩が細粒化したまさ土で構成される地盤 に大量の雨水が浸入し脆弱になり、沢部で土石流が発生するとともに、舗装表流水と一体化して 道路表面を流下、道路線形が変化する地点に集中して集まることにより、盛土の路肩部を侵食・ 洗掘したこと、また、道路下の横断管や縦断管に多量の土砂や流木が侵入し、閉塞することによ り排水機能が低下して管周辺がさらに侵食し、盛土崩壊に到ったと考えられる。この崩壊メカニ ズムは、国道 38 号狩勝峠の大規模な盛土崩壊でも同様であったと考えられる。

一方,国道 274 号や国道 38 号の標高が低い地域では,河川の増水により,河川近接部の道路や橋梁の橋脚基礎あるいは橋台背面が侵食・洗掘され,崩壊に到ったと考えられる。

今回の災害は,過去20年間で観測史上最大の降雨に起因していることは明らかである。したが って,該当区間では,降雨量が比較的少なかったこともあり,これまで大きな災害に見舞われる こともなかったと考えられる。また,横断管や縦断管などの排水工の設計条件は,過去の降雨量 をベースにすることが基本であるので,自ずと対応可能な排水能力が限定される。

今後の課題として、最近の気候変動に起因していると考えられる、これまで経験したこともな

いような降雨が発生した場合でも対応可能なように降雨量に対する設計条件を引き上げる必要性 があることを示唆しているのではないだろうか。すなわち,気候変動に伴う潜在的な地盤災害リ スクに対して,土構造物の設計施工・維持管理方法の改定等を視野に入れて種々の検討を行う時 期にきていると思われる。

4.3 国道 274 号日勝峠と国道 38 号狩勝峠周辺の地盤工学的特徴

この周辺では、例えば平成11年6月、平成26年8月の広島豪雨³⁾や平成29年7月に発生した 九州北部豪雨の朝倉地区の土砂災害⁴⁾と同様、花崗岩およびその風化花崗岩が分布する地域に被 害が発生した。図-4.3.1は、全国に分布する花崗岩と風化花崗岩(まさ土)の分布域⁵⁾を示した ものである。北海道では、中央部に位置する日高山脈や道北地方、道南地方の一部に花崗岩と風 化花崗岩(まさ土)が分布していることがわかる。北海道では、このような花崗岩が分布する地 域における大規模な土砂災害は報告されていない。そのため、今回のような記録的な豪雨が発生 すると、同じ基盤を持つ他地域においても同様の土砂災害が発生する可能性があると言える。

このエリアの岩体は日勝峠岩体と呼ばれ,狩勝峠付近から日勝峠を経て日高山脈から東に派生 する剣山まで東西約 5km,南北約 35km にわたって細長く分布するとされており,主に黒雲母を 含む中粒・塊状の花崗岩からなると言われている⁶。また,この周辺では周氷河地形の麓屑面⁷6 確認されており,周氷河性斜面堆積物および風化花崗岩(まさ土)が地質学的な特徴として挙げ られる。以下では,この日勝峠,狩勝峠が上記の岩体から構成されていることから,日勝峠にお ける現地調査ならびにその周辺で採取した試料について室内試験結果を行ったのでそれを報告す る。図-4.3.2 に現地調査地点を示す。



図-4.3.1 風化残積土の分布(花崗岩とまさ土) 5)に加筆



図-4.3.2 国道 274 号日勝峠における主な調査地点(Google Map に加筆)

以下では、日勝峠(清水町側)の7合目、8合目と頂上付近の土石流氾濫域から採取した土試料 と日高町側9合目と6~7合目付近で採取した風化花崗岩と風化片麻岩の試料の物理・力学特性に ついてはじめに報告^{8)~10)}する。

図-4.3.3 は清水町側の7合目,8合目,頂上付近の土石流氾濫域から採取した各試料の粒径加 積曲線を比較して示したものである。図より,8合目付近の土試料以外は,平成26年8月と平成 11年6月の広島豪雨で流出したまさ土と比べ,粒径が大きく,粗粒分が多いことが明らかである。 また,同試料の土粒子密度($\rho_s=2.65\sim2.67g/cm^3$)および採取時の含水比(5.7~6.3%)は通常の砂 のそれに近いことも確認⁸⁾されている。一方,佐藤ら¹¹⁾は崩壊のあった盛土周辺の土質材料の物 理・力学特性を調査し,その特徴を明らかにしている。なお,土石流に伴って他の斜面堆積物等 を巻き込みながら流下した可能性もある¹⁰⁾ことから,崩壊素因の評価については詳細な検討が必 要である。

次に,日勝峠(日高町側)の9合目から採取した花崗岩の風化の程度を把握するために,ロッ クハンマーで採取した岩塊,土塊から肉眼的観察による評価とそれらの土質材料の基本的な物性 評価を行った。また,9合目周辺では周氷河性斜面堆積物と風化花崗岩(まさ土)が露頭部で確認 できたことから,それらの力学特性と併せて報告する。

図-4.3.4 は日勝峠(日高側)9 合目付近の露頭部の硬さを、山中式硬度計を用いて調べたものである。図より、調査箇所(3 箇所 No.1~No.3)によって、原位置の硬度に差が現れていることが明らかである。なお、得られた結果は岩体表面の値である。深度方向に対して風化の程度を評価することはできないが、このように同一箇所で風化度に違いがあることは興味深い。

表-4.3.1は、図-4.3.4に対応した風化花崗岩(No.1~No.3)の肉眼的観察による風化度(1から6段階評価)を示したものである。なお、この数字が大きくなれば風化度が高いことを示している。表に示す色調や打診の評価からわかるように、風化が進むにつれて、色調は白灰色から赤褐色に変化し、また、試料は塊状であるものの、指で容易にくずれるものが存在することが明らかにされた。なお、8合目、6~7合目から採取した試料⁸⁾についても同様のことが確認されている。

25



図-4.3.3 清水町側7合目,8合目,頂上付近から採取した各試料の粒径加積曲線



図-4.3.4 日高町側9合目付近の露頭部(3箇所)の硬度

表-4.3.1 肉眼観察による風化度の評価



岩石	No.1(花崗岩)	No.2(花崗岩)	No.3(花崗岩、まさ土化)
風化度	1	2	5
色調	白灰色	白灰色	淡赤褐色
表面の状態	非常に滑らか	滑らか	非常に粗い
打診	割れにくい	割れにくい	容易に崩れる
塊の形状	塊状	塊状	整形可能(かなり粒状)

この周辺(9 合目付近)の堆積している周氷河性斜面堆積物とその下部に存在する風化花崗岩 (まさ土)の露頭部の状況(図-4.3.5)および粒径加積曲線を図-4.3.6に示す。図より,風化花 崗岩(まさ土)よりも周氷河性斜面堆積物の粒径が小さい(細かい)ことが確認される。これは 凍結融解履歴や堆積過程などの周氷河作用の有無によって相違が現れたものと考えられる。次に, このような土質工学的特徴の違いが力学挙動にどの程度の影響を及ぼしているかを調べてみた。 図-4.3.7は、周氷河性斜面堆積物と風化残積土の圧密排水(CD)試験結果から整理したモールの 応力円を示したものである。CD試験における有効拘束圧は♂a=49kPa,98kPa,196kPaであり、せ ん断速度は0.25%/min.である。各供試体は多重ふるい落下法(MSP法)により作製されており、 圧密後の相対密度 Drc はそれぞれ 78%~82%,91~103%であった。両図より、風化残積土(まさ 土) caと au は 6kPa と 38.0 (deg.)、周氷河性堆積物のそれは9kPa と 37.5(deg.)となった。このこと から、相対密度に相違はあるものの、せん断強度定数に顕著な変化はないことが明らかにされた。 一方、乱さない状態では、セメンテーションの影響によって、せん断強度に相違が現れている可 能性がある。今後の調査は必要であると考える。



図-4.3.5 周氷河性斜面堆積物と風化花崗岩(まさ土)の露頭部の状況(9合目)



図-4.3.6 周氷河性斜面堆積物と風化花崗岩(まさ土)の粒径加積曲線



図-4.3.7 周氷河性斜面堆積物と風化残積土の圧密排水(CD) 試験結果

図-4.3.8は、風化が進行した日高町側6合目~9合目までの採取した試料(A~D)の粒径加積 曲線を示したものである。清水町側の土石流氾濫域のものと同様、試料はかなり粗粒分を含むも のの、若干細粒化が進行していることがわかる。特に、6~7合目付近の試料Aは細粒分を約10% 含んでいた。強熱減量試験と土粒子の密度試験の結果を表-4.3.2に示す。AとBおよびDの比較 では、風化度の違いによって強熱減量の値にも差が現れている。前述と同様、特にAの試料はか なり風化が進行していると言える。



図-4.3.8 日高町側6合目~9合目から採取した試料(A~D)の粒径加積曲線

	А	В	С	D
採取時の含水比(%)	15.97	6.81	5.83	4.93
土粒子の密度(g/cm ³)	2.75	2.64	2.61	2.66
強熱減量(%)	3.06	3.08	2.13	2.67

表-4.3.2 日高町側6合目~9合目から採取した試料(A~D)の示標特性

以上のことから,調査の範囲では,同一箇所においても風化の程度に違いがあることが確認さ れた。また,この周辺の風化花崗岩(まさ土)は,広島豪雨で被災した土試料より粗粒で粘着性 が低い土試料であると推測できる。前述のように,凍結・融解履歴等の気象条件などの地域性が 影響していることから,乱さない試料に対する詳細な地盤工学的な検討が必要になると考える。 特に,強度や透水性は斜面・地盤の安定性を議論する上で重要な情報になることから,今後の解 明が急務であると言える。

4.4 その他の国道の被害

4.4.1 斜面災害(国道 236 号野塚峠)

一般国道 236 号野塚峠では、広尾町上トヨイ基線から浦河町上杵臼(KP84.3km~KP112.1km)
 までの 27.8km 区間の 4 箇所で盛土のり面崩壊、表層崩壊、橋台盛土の河川侵食の災害が発生した
 (図-4.4.1)。国道は 8 月 31 日から 9 月 2 日まで通行止めとなった。8 月 28 日~31 日にかけての
 連続雨量は野塚峠テレメータで 713mm、時間最大雨量は 34mm/h であった。



図-4.4.1 国道 236 号野塚峠の災害位置図(国土地理院地理院地図に災害位置を追記して掲載)

(1) KP93.5km の盛土のり面の崩壊

沢出口にある盛土のり面が延長約 28m, 高さ約 3m にわたり崩壊した(図-4.4.2)。路面に延長 28m, 幅約 10m, 平均厚さ 1.0m にわたり約 280 m³の土砂が堆積した。

また,道路から沢上流約50mの治山堰堤は満砂状態であった。道路から上流50mにある治山堰 堤の直下に土石流堆積物が認められた(図−4.4.3)。また,倒木や樹幹の上流側に衝突痕が認めら れ,土石流が直進したと考えられる。延長約50m,幅5m,深さ1mにわたり林道が洗掘されてい たほか,ボックスカルバート(1.5×1.5m)の呑口を埋積していた。

ゆえに、上流の沢で土石流が発生し、国道から 50m 上流の治山ダムの直下に堆積し、沢の流路 を変え、河床を洗掘し、土砂を流出させ、ボックスカルバートを埋積し、路面に土砂が流出し谷 埋め盛土を越流し、盛土のり面を崩壊させたと考えられる(図-4.4.2,図-4.4.4)。

応急対策として崩壊した盛土箇所に大型土のうが設置された。今後、恒久対策として盛土が施

工されるほか、上流沢に治山ダム等の対策が検討されている。



図-4.4.2 KP93.5kmの盛土のり面崩壊(北海道開発局帯広開発建設部提供)



図-4.4.3 KP93.5kmの土石流(9月1日撮影)



図-4.4.4 KP93.5kmの災害見取り図(国土地理院地理院地図に災害位置を追記して掲載)

(2) KP92.9km の表層崩壊

切土斜面上部の比高 50m の自然斜面が斜面長 30m, 平均幅 20m , 厚さ 1m にわたり崩壊した。 崩壊規模は 600m³ である。崩壊した土砂は道路上に堆積し, ガードケーブルを延長 45m にわたり 損傷させた (図-4.4.5)。

崩壊した自然斜面には岩盤が認められた。その周囲に崖錐堆積物や風化層が露岩し流れ込んだ跡 や流水が認められた(図-4.4.6)。ゆえに、表面水が斜面背後から流れ込み、自然斜面表層の崖錐堆 積物や風化層を浅い深度で崩壊させたと考えられる。

崩壊箇所の浮き石による落石が懸念されたため、応急対策として道路際に大型土のうが設置された。今後、恒久対策として、のり面背後の自然斜面にのり枠工が施工される予定である。



図-4.4.5 KP92.9km 付近の表層崩壊(北海道開発局帯広開発建設部提供)


図-4.4.6 KP92.9km 付近の表層崩壊(破線による囲みは自然斜面の崩壊範囲を示す)

4.4.2 河川の侵食・洗掘による被害

8月中旬から9月はじめにかけて北海道に上陸或いは接近した台風7号,11号,9号,10号に よってもたらされた大雨の影響で,道内の大小河川の多くで,計画高水位以上の流量を記録し, 中には堤防が決壊するなどの被害が生じた。河川における被害状況については,「第5章 河川堤 防の被害」において詳しく述べるので,ここでは,その影響による国道の主な被害について述べ る。

今回の河川増水による道路の被害は,非常に特徴的で,大きく分けて2つのケースが見られた。 1 つは,河川断面内にある橋脚の直接基礎が大量の流水によって洗掘を受けて沈下し,これによ り上部工の桁間の連続性を確保することができなくなった例である。もう1つは,堤防断面内に 一部かかっている橋台の側面・背面土工部が侵食,またはその基礎部が洗掘を受け,交通の確保 が困難となった例である。いずれも流水が土工部分に作用し,道路機能の維持が困難となった事 例である。

(1) 一般国道 38 号 太平橋 (空知川 (南富良野町幾寅))

(a) 周辺の状況

一般国道 38 号は、滝川市から富良野市、帯広市等を経由し釧路市へ至る約 310km の一般国道 で、このうち太平橋は、南富良野町幾寅地区の市街地部において、一級河川空知川を渡河する PC ポステンT桁橋(L=117m)である。一級河川空知川は、水源を上ホロカメットク山に発し、金山 ダムに流入後、富良野盆地、滝里ダム等を経て、滝川市で石狩川に合流する。南富良野町幾寅地 区は、金山ダムの上流約 2.4km の位置にある(図-4.4.7)。



図-4.4.7 被災箇所(太平橋)の位置図

(b) 被害の状況

南富良野町幾寅地区付近より上流側に設置されている気象台アメダス観測所(幾寅)および国 土交通省水文水質観測所(串内・狩勝)の記録に基づくと,平成28年8月の降水量は既往最大値 を大幅に更新した(図-4.4.8)。

空知川(国直轄管理区間)の堤防決壊は2カ所(以下,それぞれ上流側破堤箇所・下流側破堤 箇所とする)で起こっており,また,太平橋の上流約1.5kmにある大正橋の上流側(道管理区間) からも河岸侵食などにより氾濫流が流下し,市街地が被災した(図-4.4.9)。



図-4.4.8 空知川流域の平成28年8月の降水量と既往最大の月降水量(北海道開発局提供)



図-4.4.9 太平橋周辺の被害状況(北海道開発局提供)

上流側破堤箇所(破堤延長約300m)からの氾濫流堤内地を流下し,その流下方向と垂直に走っ ている国道の盛土部と空知川堤防盛土とに囲まれた部分に氾濫流が集中・滞水し,この箇所から 堤防を越流して堤内側から空知川本川へ還流する様子が確認され,下流側破堤箇所の堤防が決壊 した。

太平橋の橋台背面の盛土についても,堤内側から本川へ戻る氾濫流により次第に侵食を受け, その大部分が流失(図-4.4.10)したが,橋台背面盛土の全てが流失する前に,北海道開発局旭川 開発建設部が適切な処置(大型ブロックの設置等)を行ったことにより盛土全ての流失は免れた (図-4.4.11)。



図-4.4.10 橋台背面盛土の侵食状況(北海道開発局提供)



図-4.4.11 橋台背面部にブロックを設置して洗掘を防止

また、市街地部を氾濫流が流下する際に、垂直に走っている国道の道路盛土を越流横断する様 子が確認されており、この影響で、流れの下流側にあたる道路盛土のり面が落掘・侵食を受け、 流失していた(図-4.4.12)。また、同様に標識等の基礎部コンクリートが洗掘を受け、倒伏して いた(図-4.4.13)。



図-4.4.12 道路盛土のり面部の流失状況



図-4.4.13 標識の基礎部洗掘による倒伏

(c) 被災原因

橋台背面の盛土材は、堤防盛土の一部でもあるが、砂質土であった(図-4.4.14)。また、橋台 前面(川表側)には、堤防の上下流側に護岸が設置されていたが、今回の流水は、河川堤防の背 面(堤内地側)からの越水であったため、堤防護岸機能が十分に果たされなかったことが考えら れる(図-4.4.15)。また、一般的に、道路盛土は大量の流水に浸水することはないため、道路盛 土を横断して越流した流水によって落掘・侵食が起こることを想定していないことも被災要因の 一つではないかと思われる。



図-4.4.14 橋台背面盛土の土質(砂質土)



図-4.4.15 太平橋から見た空知川上流部の流水の状況

(2) 一般国道 38 号 清見橋 (ペケレベツ川 (清水町))

(a) 周辺の状況

清見橋は、一般国道 38 号の清水町市街地南側郊外部において、ペケレベツ川を渡河する PS コ ンクリート床版橋(桁橋 L=38m)である。ペケレベツ川は、清水町内にて十勝川と合流する一級 河川佐幌川(指定区間)の支流(一級指定区間)である(図-4.4.16)。清見橋が渡河する河川の前 後区間には、国道へのアプローチのための取付道路および多少の土地の起伏があるのみで、明確 な堤防といえるものは確認されなかった。



図-4.4.16 被災箇所(清見橋・小林橋)の位置図

(b) 被害の状況

台風 10 号による 30 日からの大雨によりペケレベツ川が増水し,橋梁の上流側で左岸側に大き く蛇行し,河岸侵食を起こしたため,清見橋起点側橋台の背面盛土が次第に侵食を受け流失した (図-4.4.17)。橋梁自体の大きな損傷は見られなかったが,道路に沿って連続的に設置されてい るケーブル類やガードロープなどは盛土部の流失に伴い寸断された(図-4.4.18)。



図-4.4.17 河岸侵食による橋台背面盛土部の流失(北海道開発局提供)



図-4.4.18 ケーブル類などの寸断状況

(c) 被災原因

橋台背面部の盛土は細粒分・礫混じりの砂質土であった。路体盛土の土質としては特に異質な ものではないが、大雨によって増水した流水が蛇行しながら、橋梁上流部において左岸側を大き く河岸侵食したため、起点川橋台背面の盛土が流失したものと考えられる。また、橋台背面盛土 が完全に流失したことにより、新たな流水路となった背面側では、流水の蛇行が更に進行し、橋 梁に続く道路アプローチ部を引き続き侵食し続けたものと考えられる。なお、被災後の現地状況 の確認では、大量の流木が橋脚および桁部分に引っかかっているのが確認されており、河川の流 路変動要因の一つとして、流木による河道閉塞(図-4.4.19)もあったのではないかと考えられる。



図-4.4.19 流木による河積阻害の状況(北海道開発局提供)

(3) 一般国道 38 号 小林橋 (小林川 (清水町))

(a) 周辺の状況

小林橋は,清水町内において一般国道38号と道東自動車道が立体交差する箇所近傍で小林川を 渡河するPSコンクリート床版橋(桁橋L=38m)である。小林川は,清水町内にて十勝川と合流す る一級河川佐幌川(指定区間)の支流(1級指定区間)である(図-4.4.20)。小林橋が渡河する河 川の前後区間には,清見橋周辺状況と同様,国道へのアプローチのための取付道路および多少の 土地の起伏があるのみで,明確な堤防といえるものは確認されなかった。

(b) 被害の状況

台風 10 号による 30 日からの大雨により小林川が増水し、小林橋の上流側にある道東自動車道の小林川橋を通過したあたりから原河道より大きく左岸側に蛇行し、河岸侵食を起こしたため、小林橋起点側橋台の背面盛土が次第に侵食を受け流失した(図-4.4.20)。また、この流水による橋台基礎部周辺の洗掘に伴って、直接基礎であった橋台が沈下・傾斜し、その結果上部工(桁)の落下に至っている(図-4.4.21)。

更に、河岸侵食が進行するとともに、新たに流路となった道路盛土部も大きく侵食を受け、路体が延長約 70m に亘って流失した。なお、道東自動車道の小林川橋においても、橋台側面に設置されていたブロック積み擁壁が洗掘を受け一部破壊していた。



図-4.4.20 河岸侵食による橋台背面盛土部の流失(北海道開発局提供)



図-4.4.21 橋台、上部工および橋台背面盛土の被災状況

(c) 被災原因

小林橋上流側の原河道は、小林川が道東自動車道小林川橋を通過したあたりから右側へほぼ直 角にカーブして流下する湾曲部となっていたため、流量の増加に伴い、流水が左岸側の河岸を大 きく侵食していったものと考えられる。一方、橋台背面部の盛土は、残存している橋梁アプロー チ部の断面から、路盤の下にシルト質砂およびその下位に黒ぼくが確認された(図-4.4.22)。こ れらが、左岸側を大きく河岸侵食した流水の影響により流失したものと考えられる。

なお、被災後の現地状況の確認では、大量の流木が橋脚に引っかかっていたが、橋梁桁下部の 河積全てを覆うというよりは左岸側に偏って残存していた。蛇行した河川の湾曲部内側の流速が 遅い部分に橋台・橋脚があって堆積或いは引っかかっている状況のように見られた。つまり、流 木による河道閉塞が要因となって河道が蛇行したというよりは、むしろ河川の湾曲部であったこ との方が蛇行の要因として大きいと考えられる。



図-4.4.22 橋梁アプローチ部盛土の土質

(4) 一般国道 273 号 高原大橋(石狩川(上川町))

(a) 周辺の状況

一般国道 273 号は、帯広市から上川町等を経由し紋別市へ至る約 236km の一般国道で、このうち高原大橋は、石狩川が注ぎ込む大雪湖の南端に架かる4 径間鋼鈑桁橋(L=124.5m)である。下部工は橋台・橋脚全て直接基礎形式である(図-4.4.23)。



図-4.4.23 高原大橋の側面図

石狩川は大雪山系石狩岳の西斜面に源を発し、大雪ダム、上川盆地、石狩平野を経て石狩市で 石狩湾へと注ぐ一級河川である。高原大橋が石狩川を渡河する箇所は、大雪湖への流入口、大雪 ダムの直上流部にあたり指定区間外区間(直轄)となっている(図-4.4.24)。また、山間部であ るため堤防等はない。



図-4.4.24 被災箇所(高原大橋)の位置図

(b) 被害の状況

台風7号,9号,11号による17日から23日までの大雨により石狩川が増水し,水位の上昇および流路の拡大により流速が増加し,P2橋脚フーチング周辺部の洗掘(図-4.4.25),A2橋台の上流側側面盛土および背面盛土の洗掘・吸出しを受けた(図-4.4.26)。これにより,P2橋脚の約1.2m沈下および下流側・A1橋台方向への傾き,A1~P1間の下流側主桁(ウェブ)の変形,およびP1~P2間の対傾構の変形,P2橋脚可動側の支承サイドブロックおよび変位制限構造の損傷などが確認された(図-4.4.27)。

なお,8月17日から8月24日までの現地直近の石狩平観測所(流量)の記録によると,既往最高水位の840.59m(2010/8/24)を超える水位を,8月17日および23日に記録している(図-4.4.28)。



図-4.4.25 洗掘による P2 橋脚の沈下状況(北海道開発局報道提供資料より)



図-4.4.26 A2 橋台の洗掘・吸出しの状況(北海道開発局報道提供資料より)



<高原大橋>橋梁上部エの損傷

図-4.4.27 上部工の損傷状況



図-4.4.28 石狩平観測所の流量記録(国土交通省水文水質データベースより)

(c) 被災原因

通常の流路は A1~P1 間を流下していたが,周辺の立木状況を航空写真から確認すると,ほぼ 橋梁延長の長さに等しい幅の河原が形成されていることから(図-4.4.29),過去にも増水時等に は頻繁に蛇行および流路が拡大されて流下してきたことが推測される。

このため、今回の大雨により、過去最大水位を超える流水が、増水して流速を増して、流路拡 大・蛇行をしながら流下したため、橋脚フーチング部を洗掘・侵食し、橋脚を沈下・傾斜させ、上 部工へも影響を与える損傷に至ったものと考えられる。

なお,周辺(河原部)に立木は多く散見されたが,橋脚等に直接ひっかかって河積を阻害した 様子は確認されていない。



図-4.4.29 高原大橋被災前後の石狩川の状況

4.5 道道の被害

4.5.1 被害の概要

平成28年8月中旬に北海道を襲った一連の台風による道内の避難,人的および住家被害状況を 表-4.5.1に整理する。同表では4つの台風を3つの区分に分けて,10月3日時点での被害状況に ついて整理している。北見市,大樹町,新得町,羅臼町で合計4名の方がお亡くなりになり,清 水町では2名の方が行方不明となる人的被害が発生している。また,大規模な住家被害が発生し ている。道道の通行規制状況を表-4.5.2に整理する。通行止総数は,雨量超過による事前通行規 制を含めて,322路線409箇所にのぼり,その後の規制解除を含めて32路線35箇所が10月3日 時点でも通行止となっている。また,土砂崩れや路肩決壊などの被害が138箇所,道路冠水が74 箇所,倒木被害が33箇所となっており,被害箇所数は全部で245箇所となっている。

	区分	8月16日からの大雨	8月20日からの大雨	8月29日からの大雨	
		(台風7号)	(台風 11 号, 9 号)	(台風 10 号ほか)	
避難	避難指示	1,626 人	14,542 人	5,335 人	
	避難勧告	9,518 人	61,080 人	54,184 人	
	最大避難者数	259 人	2,851 人	8,066 人	
人的 被害	死者	-	1名	3 名	
	行方不明者	-	-	2 名	
	負傷者	軽傷3名	重傷2名,軽傷7名	軽傷1名	
住家被害	全壊	-	-	24 件	
	半壊	3件	-	50 件	
	一部損壊	8件	12 件	595 件	
	床上浸水	40 件	56 件	219 件	
	床下浸水	78 件	408 件	389 件	

表-4.5.1 10月3日時点での被害状況のまとめ

表-4.5.2 10月3日時点での道道の通行規制状況のまとめ

	区分	8月16日からの大雨	8月20日からの大雨	8月29日からの大雨	
		(台風7号)	(台風 11 号, 9 号)	(台風 10 号ほか)	
通行止 状況	通行止総数	102 路線 111 箇所	113 路線 161 箇所	75 路線 99 箇所	
	解除数	98 路線 107 箇所	96 路線 144 箇所	66 路線 87 箇所	
	通行止数	4路線 4箇所	17 路線 17 箇所	9 路線 12 箇所	
被害 箇所数	土砂崩れ等	16 箇所	95 箇所	27 箇所	
	道路冠水	5 箇所	58 箇所	11 箇所	
	倒木	15 箇所	4 箇所	14 箇所	
主な被	上初品を笠	同会政連則迫けます。	天人峡美瑛線	幸徳大樹停車場線	
害箇所	上ルク用イレ寺	/出示す 哈(半方) 形(よ/)*	知床公園羅臼線ほか	ほか	

図-4.5.1~4.5.3 に台風ごとの主な被災箇所の分布を示す。台風7号では、十勝や釧路方面で 倒木被害等が多数発生し、屈斜路津別線では大規模な土砂崩れ(土石流)が発生した。台風11, 9号では、渡島、後志、宗谷地域等を除いた、道内の広い範囲で被害が発生した。台風10号では、 渡島地域で倒木被害が多く発生し、上川、十勝地域を中心に集中豪雨による河川の増水で、橋台 背面の洗掘などの被害が多く発生している。

次項以降に,主な被災箇所である文殊砂川線,知床公園羅臼線,屈斜路津別線で発生した土砂 災害の概要をまとめる。







図-4.5.2 台風 11 号,9 号による被害の分布



図-4.5.3 台風 10 号による被害の分布

4.5.2 文殊砂川線

当該路線は昭和44年6月より供用開始されており、歌志内・赤平市街地から砂川市街への最短 ルートであるほか、美唄・砂川方面から富良野方面への観光ルートとしても広く利用されている 道路である。竣工時の現道は原地形尾根部を僅かに切土することで通過し、斜面末端付近には法 止めを目的とした高さ約2mの重力式擁壁工が竣工されていた。その後,昭和56年8月に斜面上 部で発生した表層崩壊に伴う災害復旧事業により、当該斜面の大半は崩積土除去に伴い切土法面 となり、法面保護工として植生工と小落石対策のロックネットが竣工されていた。災害復旧対策 により長年にわたって当該地の斜面は安定していたが、SP2,000付近(図-4.5.4)では、8月20日 の1日で173mm,24時間最大降水量で185mm,1時間最大降水量48mmという記録的な集中豪 雨の影響(図-4.5.5)で、21日19時頃に土砂崩れが発生した(図-4.5.6)。法面の崩壊は山の上 まで続き,幅約50m,法長約70m,崩壊土砂は約5,600m3にのぼった。崩積土の大半は斜面中腹 ~現道部に溜まり、崩積土は含水が高く軟弱であった。崩壊の滑落崖部は、起点側の側崖部に最 大直径約 2m の不安定岩塊が分布し、落石となった際に現道へ到達する懸念があった。終点側の 側崖部には比較的良好な泥岩が流れ盤で分布し、泥岩と上位層の地層境界付近からは大量の湧水 が確認され、滑落崖背後斜面部の不安定化も懸念された。そのため、発生直後の段階では土砂撤 去や対策工に関する工法の検討が必要とされ、本復旧には時間を要すると判断された。なお、発 生直後に道路上の土砂撤去作業が実施され、崩落土砂の中に通行車両等がないことが確認されて いる。

その後に実施された調査(図-4.5.7,図-4.5.8,表-4.5.3)により推定される被災発生メカニズム(図-4.5.9)はおおむね以下の通りである。

・ 背後斜面が集水地形を形成

当該斜面の地形は尾根状地形部の切土法面であり,昭和 56 年の災害の際に背後斜面部が不 安定化した経緯があり,背後斜面は緩やかな沢状地形となっていた。そのため,当該斜面へ表 流水,地下水が集水しやすい状況であったと推定される。なお,昭和 56 年の災害で不安定化し た調査地の背後斜面は今回の被災で活発化した痕跡は目視では確認されていない。

・透水性に大きな差異がある地層構成

当該斜面の基盤岩は下位より砂質泥岩,破砕泥岩,砂岩,崖錐堆積物,盛土からなる。この うち砂質泥岩は比較的良好な岩盤であることから不透水層と,破砕泥岩は局部的に粘土化を伴 っている破砕岩盤であることから難透水層と,砂岩,崖錐堆積物は透水層と考えられる。被災 直後の崩壊の滑落崖部では,砂質泥岩上面部より大量の湧水が確認されており,崩積土の大半 は含水が高くルーズな礫混じりシルトであった。湧水箇所は砂質泥岩層よりも上位の地層で複 数見られることから,豪雨の影響により表流水・地下水が大量に斜面に流入したことで,不透 水層となる砂質泥岩よりも上位の地層が地下水で飽和し,せん断強度が低下することで斜面が 不安定化したと考えられる。

・脆弱な破砕泥岩が分布

当該斜面は長年にわたって概ね安定していたが,破砕泥岩部では切土以降長年にわたって弛 み領域が形成されていた可能性も考えられ,弛み領域が記録的豪雨の影響により崩壊したこと も指摘される。



図-4.5.4 被災箇所および被災時の気象状況



図-4.5.5 被災前後の降雨状況(北海道テレメータ中村観測所データ)



図-4.5.6 被災箇所の全景

表-4.5.3 地質区分と設計地盤定数

	地質及び風化区分							地 盤 定 数						
時	ft			地層		記号	設計 N値	土砂・ 岩区分	単位 体積重量 γ _t (kN/m ³)	粘着力 内部 ε ^(kN/m²) φ (°)		安定 勾配	アンカーの 周面摩擦抵抗値 (τ:N/mẩ)	鉄筋挿入工の 周面摩擦抵抗値 (テ:N/mů)
第	完新世		i	崩積Ⅎ	E	dt	4		14	24	0		産錐堆積物は安定した地層でないこと、強風 化部は風化に伴い局部的な開口象裂の可能	
紀	更新世		崖	錐堆利	貴物	9 ti 15 土	18	30	0	1:1.2	性が考えられる為に定着層として評価しない。			
	古第三紀 漸新世	石狩層		Eh	風化部		19		16.3	37	21.8			
古			非破砕部	岩	未風化部	136	軟山	19.2	89	35.5	1:1.0	0.6 0.48		
第三紀			泥岩		Ss Ms	104		18.4	425	18.9				
		1 岸 層	破砕部	泥岩	未風化部		103	I	18.4	422	18.8	1:1.2		



図-4.5.7 被災箇所の調査平面図



図-4.5.8 地質断面図



図-4.5.9 被災メカニズム概要

4.5.3 知床公園羅臼線

知床公園羅臼線では,8月24日に海岸町で大規模な土砂崩れが発生し,その後9月9日には 海岸町の先の昆布浜地区,瀬石地区では大小含めて5箇所の被災が発生した(図-4.5.10)。20 日から23日までの羅臼での総雨量は291.5mmを観測し,15日から23日までの9日間では累積 で554.5mmの降水量が記録され,21日に最大1時間降水量36.0mm,24時間降水量161.5mmを 観測した(図-4.5.11)。その結果,24時間・48時間・72時間降水量とともに,8月の月間降水量は観測史上1位の値を更新した。



図-4.5.10 知床公園羅臼線被災箇所



図-4.5.11 知床公園羅臼線被災箇所付近の降雨状況

海岸町では、地域住民1名が避難時にけがをされる被害が発生した。また、道路の寸断により 多くの方々が一時孤立する事態となったが、その後24時間体制で土砂撤去作業が行われ、斜面の 水処理や、大型土のう、観測装置の設置などが行われた結果、8月30日昼ごろには片側交互通行 が可能となった。その後10月上旬には、治山工事と連携した崩落土砂の撤去や、排水処理、土砂 の流出を防止するための仮設防護柵を設置するなどの応急対策が行われ、2車線交通開放に至っ ている。

図-4.5.12 に海岸町における土砂災害全景を示す。当該地域では、急峻な岩盤斜面上に張り付く ように堆積した崖錐堆積物と岩盤を被覆して堆積している段丘堆積物が滑落した。崩壊の規模は、 高さ 80~90m,幅 50m,長さ 100m 程度に至った。被災発生直前の気象条件は、当該地域の観測 史上1位の記録的な豪雨を記録しており、それにより発生した膨大な地下水により飽和した未固 結堆積物のせん断強度が低下し滑落に至ったものと推察され、はじめに斜面下部の岩盤に張り付 いた崖錐堆積物が滑落し(図-4.5.13の①)、続いて上部斜面へと拡大した(図-4.5.13の②→③) と考えられる。また、その痕跡である湧水による陥没孔も多数観察されている。



崩壊・崩土堆積範囲(写真は2006年11月撮影)



図-4.5.12 海岸町の土砂災害全景



図-4.5.13 海岸町の被災メカニズム概要

海岸町の土砂崩れ発生後に発生した昆布浜地区(図-4.5.14)での大規模な土砂崩れでは、切土 砂面が崩壊し、崩壊土砂が1万m³以上、道路上だけでも延長約100m、高さ約6m、土量約5千 m³にもなり(図-4.5.15)、落石防護柵や波返し擁壁が被災を受けた(図-4.5.16,図-4.5.17)。10 月上旬の時点では土砂撤去により片側通行で緊急車両が通行可能な状態までに復旧された。

当該崩壊地は基盤がサシルイ層の泥岩シルト岩であり、表層を崖錐が覆う。滑落崖は比高 5~6 m を有し、その面は礫質土からなる崖錐が直立しており、著しく不安定な状態を呈している。そ の直下にはテーブル状の平場(10-20°程度)があり、その直下に泥岩が急傾斜面に露出する。この 泥岩は緩傾斜と急傾斜のながれ盤構造をもつ割れ目が卓越する。急傾斜露岩面の下方は延長 40m 程度の緩い傾斜で中腹の泥岩露出まで続いており、中腹の泥岩露出部下方は崩土が覆っている。 地表面には、亀裂、段差などが多数確認されている。起点側の側崖(崖錐が厚い地山)では、比高 5 m、ズレ幅 2 m、一部開口幅 30 cm の移動が確認され、その下方には 2 次的な段差が生じている。 終点側の頭部側方端部の斜面では、強風化泥岩が露出し、表面には縦亀裂が数条走っており、今 後崩壊する可能性がある。近接する沢には泥岩が露出しており、中央部の露岩部との関係からこ の風化部は 3-5 m 程度と予想される。

被災発生のメカニズム(図-4.5.18)は、海岸町と同様に9月9日に発生した1日の総雨量が 183.5 mmにのぼる記録的豪雨により、地山へ浸透し崖錐層が飽和しせん断強度が低下したことに 加え、地表面を流れた表面水により地山が侵食されることで、表層崩壊が始まり、浸透水が基盤 新鮮部と風下部の境界に達し、その境界を崩壊面として大規模な一次崩壊が発生した(崩壊 A)。 一次崩壊後に、その頭部(崩壊 B)および側部(崩壊 C, D)に崩壊が拡大し、崖背後に引張亀裂 が発生し、緩み域(背後亀裂 E)を形成している。



図-4.5.14 昆布浜の被災前の状況



図-4.5.15 昆布浜の被災状況



図-4.5.16 昆布浜の落石防護柵の破損状況



図-4.5.17 昆布浜の波返し擁壁破損状況



図-4.5.18 昆布浜の被災発生メカニズム概要

さらにその先にある瀬石地区では3m級の落石が発生した。瀬石地区の落石箇所ではロックク ライマーによる調査の結果,山頂まで広範囲に不安定岩壊が点在しているため,10月上旬の時点 ではこれらの除去作業や法面対策にかなりの時間を要することが想定された。

4.5.4 屈斜路津別線

北海道川上郡弟子屈町と北海道網走郡津別町を結ぶ一般道道であり,途上に津別峠があり,釧路と網走を直結する。津別峠は雲海スポットとして観光地となっている地域である(図-4.5.19)。 同線は、台風7号による雨量超過により事前通行規制(規制基準:最大24時間雨量80mm以上の降雨,時間雨量20mm程度以上)が実施された後に、大規模な土砂崩れ(土石流)が幅約80m, 長さ約1kmにわたって発生し、道路が2箇所(SP5,000付近,SP5,700付近)で幅80m程にわた り寸断され、構造物が被災する被害が発生した(図-4.5.20,図-4.5.21)。堆積厚は2~3m程度, 推定移動土砂量は24万m³と推定されている。

上里観測所の雨量データ(図-4.5.22)によると,平成28年8月15日~8月17日までの3日間の総雨量は176mmであり,15日5時~7時に55mm,17日19時~20時に37mmの雨を記録している。同時期の近隣観測地点では屈斜路湖観測所で139mm,美幌峠観測所で95mmと上里観測所と比較すると降雨量は少ない。そのため、当該箇所周辺の集中豪雨であった可能性が示唆される。

土石流に含まれる土石の大半は径 30 cm 以下の安山岩礫が主体である。稀に1 m 超の安山岩礫 が含まれる。当該地に分布する地質は湧水箇所より下位は尾札部層(凝灰角礫岩),これより上位 は屈斜路火山外輪山溶岩(安山岩主体)が分布する。道路上方に堆積している残存土砂は非常に 不安定で、今後の降雨や地震時に容易に道路付近に到達することが予想される。土石流の流出源 が国有保安林かつ国立公園内でもあることから、森林管理局や環境省との協議を踏まえ、交通解 放に向けて復旧方法の検討が進められている。



図-4.5.19 屈斜路津別線被災箇所







図-4.5.21 屈斜路津別線被災状況詳細



図-4.5.22 屈斜路津別線被災地周辺の気象条件

4.6 高速道路の被害

4.6.1 被害の概要

平成28年8月17日から8月31日にかけて,北海道に上陸,接近した台風7,9,10,11号により道東自動車道沿線に設置されている観測局(図-4.6.1)においても記録的な降雨が観測され

(図-4.6.2), これら一連の降雨により道東自動車道においても甚大な被害が発生した¹²⁾。3 観測 局は,距離にして 20km 程度しか離れていないにも関わらず観測された降雨量には差が見られ, 十勝川橋観測局では他の2 観測局と比較すると降雨量は少なく,日高山脈側(トマム IC~十勝清 水 IC 間)で集中的に雨が降っていたことがわかる。

道東自動車道では、のり面崩落や土砂流出、河川増水による橋台、橋脚の洗堀、トンネル坑口 付近で発生した土石流など約70箇所(表-4.6.1)で被害が発生し¹²⁾、特に降雨量が多かったトマ ムIC~十勝清水IC間に被害が集中している。以下に主な災害について説明する(図-4.6.3)。



図-4.6.1 気象観測局位置図



表-4.6.1 災害箇所数

被害形態	箇所数		
のり面関連	約 50 签正		
(崩落・洗掘・クラック)	新30 固 内		
構造物関連(洗掘)	約 10 箇所		
トンネル坑口土砂流入	1箇所		
その他	数箇所		



図-4.6.3 主な災害発生位置

(1) 小林川橋

+勝清水 IC-芽室 IC 間を流れる十勝川水系佐幌川支流の小林川に架かる小林川橋では、小林 川の水位上昇、および流木による水路閉塞によりブロック積み擁壁下部の地盤が洗掘され、橋脚 側面の盛土が崩落し、ブロック積み擁壁の一部が破壊した(図-4.6.4)。この他、小林川橋周辺の 河岸には流木が多数見られ、河岸には上流から流されてきたであろう大きい石が山積しており、 私有地の一部も侵食されていた。



図-4.6.4 橋梁側面盛土, ブロック積み擁壁破壊全景

(2) 十勝清水 IC ランプ 路面陥没 盛土崩落

盛土崩落が発生したのは、十勝清水 IC のランプ部の盛土であり、道路縦断方向、横断方向の排水管の合流地点に位置し、油水分離ます(オイルトラップ)が設置されている箇所であった。油水分離ますの排水能力を上回る降雨により、排水しきれなかった雨水が盛土表面を流れ、盛土崩落が生じたと考えられる(図-4.6.5)。盛土崩落に伴い、路面の陥没も生じた(図-4.6.6)。



図-4.6.5 崩落箇所(崩落法面下部から撮影)



図-4.6.6 本線(札幌方面側) 陥没箇所

(3) 十勝清水 IC~トマム IC E116.8KP 切土のり面の崩落

崩落した切土(図-4.6.7, 4.6.8)は、十勝清水 IC とトマム IC の間に位置し、その勾配は、1:1.5 と 通常の 1:1.2 よりも緩い勾配であり、切土小段にはコンクリート製の排水構造物は設置されていな い箇所であった。崩落箇所は沢地形となっており、切土背面にある排水施設も破壊していた(図-4.6.9) ことから後背地よりかなりの量の水が集水していたと考えられる。切土1段目は、全面に ドレーンカゴが張られており、ドレーンカゴによって被害が最小限に抑えられたと考えられる。 切土2段目から3段目は、侵食を受けて垂直に崩落している状況であった。



図-4.6.7 切土1段目の災害状況



図-4.6.8 切土2段目の災害状況



図-4.6.9 後背部の排水施設

(4)狩勝第2トンネル

狩勝第2トンネル東側坑口側面の斜面を沿って流れる十勝川水系佐幌側支川パンケ新得川の支流9号川の源流域で大規模な土石流が発生した(図-4.6.10)。流域の地質は,変成岩類,花崗岩および黒雲母花崗岩である。

本線から 1.6km 上流の A 沢の源頭部にパイピングの穴が複数確認されており(図-4.6.11), そこから噴出した土砂が流下し,深いところでは 6m ほど侵食しながら流下し,流域から集水しながら土石流の規模を拡大したものと考えられる。災害発生後には,土砂が本線上に厚く堆積していた(図-4.6.12)。また,新得沢側橋より上流側,下流側ともに大きな花崗岩が無数に堆積しており(図-4.6.13),流域の表層には 1~3m のまさ化した土砂が堆積していた(図-4.6.14)。



図-4.6.10 航空写真(北海道森林管理局提供)



図-4.6.11 源頭部のパイピング



図-4.6.12 土砂堆積状況



図-4.6.13 堆積する花崗岩



図-4.6.14 流域に堆積した土砂

4.6.2 復旧状況

(1) 十勝清水 IC~トマム IC E116.8KP 切土のり面

崩落切土の仮復旧作業は、切土1段目については、砕石+ひし形金網による施工、二段目、三 段目はひし形金網+モルタル吹き付けによる復旧が施されている(図-4.6.15)。この他ののり面 については、主に砕石+ひし形金網による復旧がなされている。



図-4.6.15 切土復旧状況

(2) 狩勝第2トンネル東坑口

融雪期には多量の水が沢を流れる恐れがあり、A 沢にまさ土を含む堆積している土砂等が流れてくる可能性があるため、本復旧までの安全対策として以下の仮復旧対策(図-4.6.16)が施された。

(a) 高エネルギー吸収柵

A 沢周辺には,不安定な土砂が堆積しているため,小規模な土石流の流下の抑制と中規模な土 石流の流下エネルギーを緩和することが求められる。また,融雪水や降雨をせき止めずに流下さ せる必要があるため透過型のワイヤーネットを2段設置された。

(b) 土砂崩落防止栅, 掘削土盛付工

下流域での対策としては,融雪期に土砂が流出しても道東自動車道に流れ込まないように本線 と渓流の間に土砂崩落防止柵が設置された。また,土留め壁背面には掘削土を盛り付け,上流側 に貯砂ポケットを設けることにより,本線に泥水等が流出することを防止し,万が一土石流が発 生しても土砂や流木が直接本線へ流れ出ることを防止する対策が施されている。

(c) 土石流センサー

土石流の発生の監視目的と本線の交通規制を速やかに行うための判断材料とするため、ソフト 対策として渓流上に土石流センサー(図-4.6.17)を設置した。土石流センサーは、電流を流した ワイヤーセンサを渓流横断方向に設置し、土石流が流下した場合にセンサーが切断され、電流が 流れなくなると「切断」情報が関係者に配信されるシステムである。



図-4.6.16 土石流対策



図-4.6.17 土石流センサー設置状況

参考文献

- 北海道開発局:平成 28 年夏の大雨による被災状況等について,北海道開発局 HP, http://www.hkd.mlit.go.jp/ky/saigai/ud49g70000007big-att/170510-3_all.pdf, 2017.5.12.
- 2) 松岡直基,小山内信智,林真一郎,小倉勉,齋藤正美,中林 宏典: 2016 年 8 月北海道に広域 災害を引き起こした連続豪雨の概要,平成 29 年度砂防学会研究発表会概要集, pp.18-19, 2017.
- 3) 平成 26 年 8 月広島豪雨災害調査報告書:土木学会水工学委員会, p.71, 2015.
- 4) 平成 29 年 7 月九州北部豪雨緊急災害報告会:第 52 回地盤工学研究発表会,名古屋, 2017.(<u>https://www.jiban.or.jp/?page_id=4827</u>)
- 5) 地盤材料試験の方法と解説,特殊土の試験:地盤工学会, p.948, 2009.
- 6) 日本地方地質誌 北海道地方: 日本地質学会編集, p.146, 2014.
- 7) 国土地理院 HP: 周氷河地形の麓屑面 (http://www.gsi.go.jp/kikaku/tenkei_hyoga.html)
- 8) 川村志麻,佐々木雄大:平成28年8月北海道豪雨によって発生した日高地方の斜面崩壊の特徴と土質特性,第57回地盤工学会北海道支部年次技術報告集,pp.149-156,2016.
- 9) 川村志麻:気象変動に伴う積雪寒冷地の地盤災害に関するシンポジウム,委員会報告-豪雨災
 害-,地盤工学会北海道支部,2017.
- 10) 川村志麻: 一般国道 274 号日勝峠の被害と土質特性について, 寒地土木研究所月報 8 月号, pp.48-53, 2017.
- 11) 佐藤厚子,林憲裕,林宏親,山木正彦:北海道まさ土の地盤工学的性質について,第 57 回地 盤工学会北海道支部 年次技術報告集, pp.145-148, 2017.
- 12) 小松正宏, 三浦由守: 台風による道東自動車道の土砂災害について, 地盤工学会北海道支部技術報告集, 第 57 号, pp.157-164, 2017.

第5章 河川堤防の被害

5.1 石狩川水系

5.1.1 南富良野幾寅地区(空知川)での被害発生の経緯・状況

石狩川水系では台風9号による石狩川上流(旭川市・深川市)での溢水のほか,その支川であ る空知川上流(南富良野町)にて台風10号による外水位上昇にともない2箇所の破堤が起こっ た。上記のうち,石狩川上流での溢水は家屋の浸水被害を引き起こしたものの,被害は比較的小 規模であった。一方,8月31日未明に確認された空知川堤防の破堤は南富良野町幾寅地区市街地 の大規模な浸水に至り,甚大な被害を及ぼした(図-5.1.1)。特に公共施設や食品加工工場の被害 については各種報道機関により全国に広く報道されることとなった。幾寅地区堤防の堤体構造お よび破堤の状況・メカニズムについては国道交通省北海道開発局札幌開発建設部空知川堤防調査 委員会(委員長:清水康行北海道大学教授)の報告書¹⁾に詳細に記され,平成29年4月に同局ホ ームページにて公開されている。同委員会では地盤工学会北海道支部地盤災害調査団より2名の 団員が委員を務め,報告書作成に寄与している。本節は同報告書の内容を踏まえながら,空知川 堤防の地盤工学的側面に焦点を当てて,より簡素にまとめた形で調査内容を報告する。河川水文 学側面については土木学会水工学委員会による報告書²⁾が平成29年5月に公開されており,そち らを参照されたい。同委員会調査団についても本地盤工学会調査団と団員の兼任があるため,本 報5.1.2(2)は土木学会調査団報告の記載と重複があることを注記する。



図-5.1.1 南富良野町幾寅地区の被害の様子

第2章で記述されている通り、台風10号は日高山脈東側に強い地形性降雨をもたらし、空知川 上流に位置する串内観測所では8月29日から31日までの累計雨量が515mmに達した。これによ り8月31日未明に南富良野町幾寅地区では空知川堤防が上流側約300m、下流側約150mの区間 にわたって決壊した(図-5.1.2)。上流側破堤部付近には幾寅水位観測所があったものの、ケーブ ル損傷等により水位データが欠損しており、越流を示す直接的記録は確認されていない。しかし、 左右岸の水位痕跡から、当該区間で越流が起こったと考えられる。また、大勝橋より上流側にあ たる北海道管理区間では、破堤は起こっていないものの堤防天端に明確な越流痕や裏法侵食跡が あり(図-5.1.3)、堤内地の浸水の原因の一端となった。一方で下流側破堤部では午前2:45には堤 内から堤外への越流が目撃されており、破堤の過程が確認されている。調査団員が現地に到着し た8月31日13:00頃には堤防は完全に決壊しており、堤内から堤外への激しい流下が確認された (図-5.1.4)。8月31日の目視巡検において、国土交通省直轄部分では、破堤部以外には裏法崩れ など明確な堤体損傷が見られなかった。よって本報では上記の破堤2箇所について報告する。



図-5.1.2 空知川破堤区間(国土交通省北海道開発局札幌開発建設部資料に加筆)



図-5.1.3 北海道管理区間(大勝橋上流側)の越流跡の様子 (左図:堤内側の侵食と小規模な落掘の形成,右図:天端に残った越流跡)



図-5.1.4 8月31日13:00頃の下流側破堤部の様子 (左図:太平橋より上流を望む,堤内(右奥)から堤外(左前)へ流下,右図:太平橋取り付け 部の侵食による国道38号の通行止め。当日18:00頃に応急復旧完了,通行止解除)

5.1.2 空知川堤防の事後調査による知見と破堤メカニズムの分析

(1) 堤体および地盤構造

空知川堤防の当該区間は主に河床材料を用いて昭和 43 年度に単年度で築造されている。平成 19 年度には堤防一斉点検の一環として上流側破堤部近傍の下流側(図-5.1.5 の■)でボーリング 調査および浸透流解析・安定解析が実施されており,浸透破壊に対して十分な安定性を有してい ると判定されている。一方で,昭和 23 年の航空写真や治水地形分類図によると,上流側破堤部は 旧河道上に位置することが明らかであり,上流側破堤部から下流側破堤部までの堤内の流下経路 は旧河道と一致している(図-5.1.6)。上流側破堤部は水衝部にあたり,表法の侵食や越流といっ た外力が大きい位置であるが,これとは別に,旧河道にあたる基礎地盤構造・物性が他の区間と 異なることも推測された。そこで国土交通省北海道開発局札幌開発建設部が事後調査を実施する にあたり,破堤部の基礎地盤のボーリングを行うことを提案した。ボーリングは北海道管理区間 も含め,平成 29 年度中に計 8 本が新規に実施された(図-5.1.5)。



図-5.1.5 既存・新規ボーリング位置(国土交通省北海道開発局札幌開発建設部提供資料に加



図-5.1.6 旧河道(左)と堤内流下経路(右)との一致 (左:¹⁾に加筆,右:石田義明氏およびドーコン(㈱による UAV 撮影)

ボーリング結果に基づく地層断面図を図-5.1.7に示す。調査区間全域で堤防盛土の比高は概ね 均一であり、地層構造も比較的均一であることがわかった。基礎地盤は地表より 3~6m 程度の深 度まで礫層が存在し、その下は溶結凝灰岩が基盤を成している。旧河道に位置する上流側破堤区 間においても、地質構造に特段の変化は認められなかった。



図-5.1.7 ボーリング結果に基づく地層断面図(国土交通省北海道開発局札幌開発建設部提供)

堤体材料は細粒分混じりの砂礫が主体であり、比高は概ね 2~3mで、法勾配は 1:2.0~2.5 程度で ある(図-5.1.8)。破堤部直後の 8 月 31 日に観察した破堤部断面を図-5.1.9 に示す。写真に見ら れるように、堤体内には場所によっては薄い礫層のようなものも確認されるが、単年度で築造さ れていることもあり、多くの河川堤防に見られるような長期にわたる段階盛土過程を示す地層境 界は堤体内に明確には認められなかった。翌年の平成 29 年 3 月 13 日には破堤部での開削調査が 行われ、堤体底部まで観察が可能となった。その機会に観察された断面を図-5.1.10 に、堤体材料 の様子を図-5.1.11 に示す。図-5.1.12 に示す粒径加積曲線からも明らかなように、細粒分は 15% 以下の箇所がほとんどであり、砂礫が主に堤体を構成していた。開削では基礎地盤を 0.5m ほど掘 り込んだが、パイピングを起こすような層の存在は認められなかった。



図-5.1.8 堤防標準断面:ボーリング孔 B-7 位置 (国土交通省北海道開発局札幌開発建設部提供)



図-5.1.9 8月31日13:00頃の破堤断面の様子 (左:下流側破堤部上流端,右:上流側破堤部上流端,ともに礫層が2層ほど見られる)



図-5.1.10 平成 29 年 3 月 13 日開削調査時の堤体断面:暗色部にはシルト分が多く確認された



図-5.1.11 堤体材料の様子(上流側破堤部上流端位置にて撮影): 場所により円礫を多く含む砂質土が主体であった



図-5.1.12 堤体材料の粒度分布(国道交通省北海道開発提供,既存ボーリング孔位置にて): 細粒分(<0.075mm)含有率は場所によって 30%程度あるものの,大部分で 15%以下である

(2) 破堤メカニズムの分析:上流側破堤区間

出水時の破堤のメカニズムとして、一般的に①越流・裏法洗堀、②侵食(表法洗堀)、③浸透が 考えられる。浸透については、堤体内の間隙水圧が高くなり堤体裏法が進行性破壊を起こす形態 と、基盤砂層の動水勾配が限界値に至りパイピングが発生する形態の2つが考えられ、特に後者 は平成24年の矢部川堤防の主要な決壊メカニズムとされ、近年その重要性が強く認識されてい る。幾寅地区で決壊した2箇所、とくに上流側については、手がかりとなる痕跡や記録が十分で なく、そのメカニズムの解明に関しては多分に推論や状況証拠に頼らざるを得ないものの、直後 の踏査やその後の地盤調査等からわかった情報とともに、どの上記メカニズムが卓越したと考え られるか以下に推論する。

上流側破堤区間は、先に述べたように平成 19 年の一斉点検実施の際に安定照査がなされてお り、浸透流解析・円弧滑り安定解析³⁾の結果、浸透破壊に対して十分な安全率を有すると判定され ている。また、先に述べたように追加ボーリング調査や開削の結果からは基盤層内のパイピング を示唆する地盤構造は認められなかった。よって、堤体および堤体下に存在する旧河道堆積砂礫 が浸透・パイピングに対し特別に脆弱であったという証拠は見つからなかった。事後の踏査では 噴砂などは確認されていないが、破堤箇所近辺の堤内地は踏査時にすでに冠水していたため、断 定は難しい。

堤体に関しては、細粒分含有率が比較的低く、砂礫が主体であり、原位置試験および室内試験 より透水係数は10⁻⁶~10⁻⁴ m/sec と高いオーダーにあることがわかった。今回の破堤をうけて、国 土交通省北海道開発局札幌開発建設部は事後調査に基づき改めて堤体・基礎地盤の地盤物性値を 設定し、浸透流解析・円弧滑り安定解析によって浸透破壊に対する照査を実施した。通常は計画 高水位に設定する外水位を、天端高さまで水位痕が残っていた事実を踏まえて天端高さに設定し た解析も行った。堤体土は砂礫質土であったため、圧密非排水(CU)三軸試験結果はダイレタン シーの影響を受けて非常に大きな見かけの粘着力を示した(見かけの粘着力 c_{cu} = 56 kN/m²、せん

76

断抵抗角 $\phi_{uu}=28^{\circ}$)。しかし透水係数が非常に大きいことを考慮し, 圧密排水(CD) 三軸試験を実施したところ,強度定数は $c_d=19$ kN/m², せん断抵抗角 $\phi_u=32^{\circ}$ となった。後者を用いると安全率は低く算出されたが,外水位を堤防天端高に設定した場合に対しても,滑りに対する安全率は 2.9 と高い値が得られた(図-5.1.13)。透水係数については,多くの場合で経験的に知られているように原位置試験と室内試験で完全に整合せず,不確定性があることから,異なる値を用いてパラメトリック解析を実施したが,結論は変わらなかった。



図-5.1.13 外水位を天端高さに設定した浸透流解析・安定解析 (国土交通省北海道開発局札幌開発建設部資料)

本箇所については、先述の通り、左岸の痕跡水位は上流側破堤箇所の両端付近で堤防天端高さ に一致しており、越流が起こった可能性は高い。1:2.0~2.5 という比較的急な裏法勾配や細粒分含 有率の低い堤体材料を考慮すると、越流時の侵食耐性は極めて低いと考えられ、これが上流側破 堤区間の主要な破堤メカニズムであったとするのが妥当である。しかし、当該区間は水衝部に相 当し、外水による表法の侵食が起こっていた可能性も考えられる。

(3) 破堤メカニズムの分析:下流側破堤区間

国道 38 号線太平橋の直上流部にあたる下流側破堤部では約 150m にわたって破堤が起こった。 こちらは、上流側破堤部から堤内地である幾寅地区市街地に氾濫した水の流下が国道 38 号の盛土 などに遮られ、堤外に戻る際に越流が起こったことが撮影とともに報告されている(8 月 31 日 2:45 頃)。また、8 月 31 日昼の時点での踏査の結果、太平橋の橋台背面盛土の痕跡水位が実際に 破堤部天端と同等の高さに実際に認められている。このことから、下流部の破堤メカニズムとし ては、堤内側からの越流が主要であったと考えられる。堤体材料・断面や基盤条件は上流側破堤 部と同等であることから、浸透に関しては上流側破堤部とほぼ同じ安定解析結果となり高い安全 率が得られることが想定される。川表からの侵食・洗堀の影響については明確に判断する材料が ない。破堤部のすぐ上流側の低水護岸は損傷が少ないものの、破堤部のものは越水により損壊し ており、侵食の痕跡は(もしあっても)消された形になっている。十勝川水系のペケレベツ川を はじめとし、多くの急流河川で橋梁の橋台背面盛土が侵食により流出(流木滞留による橋脚間流 下能力の減少が一因と考えられる)したことを考えると、当該箇所にも外水による侵食が何らか の形で進んでいた可能性も否定できない。

5.1.3 空知川堤防復旧の様子

破堤部では上流側・下流側ともに破堤後12日目(9月12日)には堤内側に仮堤防(土堤締切堤 盛土)が築造された(図-5.1.14)。本復旧にあたっては、国土交通省北海道開発局札幌開発建設 部空知川堤防調査委員会による破堤原因の究明と復旧形態の検討および寡水期である冬期の終了 を待ち、平成29年春期より実施されている。盛土天端高さ・形状は原状復旧とし、低水護岸・高 水護岸の整備とともに河道整備を進めることで河川の流下能力を確保する方針で全体計画が策定 された。本報作成の時点で、下流側破堤部・上流側破堤部ともに本堤の盛土工が完了し、高水護 岸の整備が進んでいる。工事進捗の様子は、札幌開発建設部のホームページ⁴にて約2週間ごと に情報が更新・発信されているのでそちらを参照されたい。



図-5.1.14 仮堤(緊急災)の様子(2017年3月13日撮影,左:下流側破堤部,中央奥に旧本 堤開削断面が見える,右:上流側破堤部,ともに上流から下流を望む)

5.2 十勝川水系

5.2.1 十勝川水系の概要^{5)~7)}

+勝川は、大雪山系の十勝岳(標高2,077m)にその源を発し、十勝ダムを経由して畑作地帯である十勝平野を流下しながら、音更川、札内川、利別川などの支川と合流し、豊頃町で太平洋に注ぐ幹線流路延長156kmの一級河川である。その流域面積は9,010km²(全国6位)で、1市14町2村がこのエリアに含まれる。(図-5.2.1)このうち山林が約47%、農地が約27%、市街地が約1%

となっており,広大な十勝平野では,大規模な農業が営まれ,小麦,甜菜,馬鈴薯,小豆,いんげん等の畑作や酪農,畜産が盛んで,日本有数の食糧基地となっている。



図-5.2.1 十勝川流域図

流域の地形は,日高山脈,大雪山系,阿寒山系,白糠丘陵地に囲まれた十勝平野が展開し,十 勝河口,南十勝の海岸平野を除けば,帯広市を中心とする盆地上の平野である。また,十勝平野 の本支川に沿って各種の扇状地・段丘・台地が広がっている。

また,流域の地質は,中軸の変成帯に沿って標高 300~500m の日高累層群が南北に分布し,東部から南部にかけては白糠丘陵,豊頃丘陵,北部には新第三紀層の山地と然別,十勝の溶結凝灰岩からなる火山群が分布している。これらの日高累層群と火山噴出物は著しい不整合をもって接している。平野部,河岸段丘部は,主に新第三紀層,沖積層,洪積層などが広がっている。十勝川の下流部では泥炭層が 2~5m の厚さで形成され,その下層は粘土層や比較的硬い砂層などで構成されている(図-5.2.2)。

+勝川流域は,年間降水量の平均値が約 900mm であり,全道平均の 1,110mm,全国の 1,600mm に対し,比較的小雨地域である。



図-5.2.2 十勝川流域の地形および表層地質図^{8),9)}

5.2.2 札内川

札内川は、その源を札内岳(標高1,896m)に発し、札内川ダムを経由して、中札内村を通過し、 戸蔦別川と合流して、広大な畑作地帯を流下して帯広市街地で十勝川に合流する幹線流路延長 82km、流域面積725km²の十勝川の一次支川であり、その河床勾配は1/100~1/250と急勾配であ る。河川は蛇行し、砂礫の複列砂州が多く見られる。

8月17日から23日にかけての3つの台風の上陸及びその後の寒冷前線による降雨に加え,台風10号の接近による地形性降雨によって札内川上流を中心に大雨がもたらされ,十勝川水系では多くの観測所で,観測史上第1位の水位を記録した(図-5.2.3)。なお,この期間における札内川の南帯橋観測所では31日午前2:10頃に計画高水位を一時超過した(図-5.2.4)。



図-5.2.3 十勝川流域における降水量¹⁰⁾



図-5.2.4 南帯橋観測所における水位¹⁰

(1) 札内川(KP=25.0付近)(帯広市中島町)①周辺の状況

札内川が十勝平野の畑作地帯を国道 236 号と平行して流下(北上)する区間で,日高山脈戸蔦 別岳(標高 1,959m)に源を発する戸蔦別川が合流する地点である。この両河川に囲まれた合流点 付近は,ジャガイモ,ビートなどの畑作地となっていたほか,民間発電事業者のメガソーラー発 電施設が立地していた。なお,合流地点から戸蔦別川上流へ約 600m遡った地点より上流側は北海 道管理区間となっている(図-5.2.5)。この付近の札内川の河床勾配は 1/140 程度であり,川幅は



図-5.2.5 破堤箇所周辺の土地利用状況

8月17日から23日にかけての3つの台風の上陸,及びその後の寒冷前線,台風10号の接近に よる地形性降雨によって,札内川上流を中心に大雨となり,72時間雨量が戸蔦別雨量観測所では 532mm,札内川ダム雨量観測所では471mmと,既往の主要洪水を上回る雨量を記録した(図-5.2.3)。

②被災の概要

今回の降雨によって、札内川左岸(合流点付近)で約200mにわたり堤防が決壊、また戸蔦別川

右岸(合流点より1.2km上流側,北海道管理区間)でも約300mにわたって決壊した。これにより, この地域では両河川に囲まれた約50haの地区が浸水し,住宅2世帯や倉庫,メガソーラー発電施 設及び戸蔦別樋門などが被災した。人的被害は発生していない(図-5.2.6,図-5.2.7)。



図-5.2.6 札内川(KP25.0 戸蔦別川合流地点付近)の氾濫状況 (北海道開発局帯広開発建設部提供)



図-5.2.7 堤内側(戸蔦別川に沿って札内川合流地点まで)の状況 (北海道開発局帯広開発建設部提供)

③被災の原因

時系列的には、まず戸蔦別川右岸で決壊(最終的に約300m)し、その氾濫流が堤内を流下し、 両河川堤防に囲まれた合流点付近で袋小路となっているところから札内川本川に戻ろうとして札 内川左岸堤防を越流し、その越流箇所が破堤したと報告されている。なお、札内川の現況堤防高 は計画堤防高さを確保しており、また、破堤箇所に隣接する区間は、戸蔦別樋門吐口周辺以外は 低水路護岸が敷設されていた。

戸蔦別川の決壊箇所は旧河道に分類され,線形上もカーブ区間(水衝部)にあたっているため, 川表侵食或いは越流によって決壊したものと考えられるが,この決壊箇所については詳細な点検 を行っていないため,これ以上の記載は控える。

戸蔦別川破堤部より堤内側へ流出して堤内側を流下した氾濫流は、合流点において札内川左岸 堤防を越流するが、このときの越流水深は、堤内側の家屋等に残された痕跡水位、被災前の堤防 高から判断すると 30cm 程度と推察される(図-5.2.8)。一方、堤外側の水位は、札内川・戸蔦別 川両河川の現況堤防高を下回っていた(図-5.2.9)。



図-5.2.8 堤内側の家屋等に残された痕跡水位 (北海道開発局帯広開発建設部提供)



図-5.2.9 札内川・戸蔦別川両河川の堤防高さ等と痕跡水位¹⁰⁾

このほか,周辺の堤内外側ともに噴砂はみられなかったが,浸透による決壊の可能性を照査す るため,北海道開発局帯広開発建設部は浸透流解析及び斜面安定解析を行っている。その結果, パイピング破壊,法すべり破壊ともに安全率(局所動水勾配i<0.5,法すべり安全率Fs≧1.452)が 確保されている結果となったことから,浸透による堤防決壊の可能性は低いと推察される。(図-5.2.10)これらのことから,合流点付近の堤防決壊の要因としては,堤内側からの越水による川 表法面部の洗掘,及び堤内側の侵食による決壊幅の拡大であることが推察される。



図-5.2.10 浸透流解析及び斜面安定解析の条件および結果¹⁰

(2) 札内川(KP=40.5付近)

①周辺の状況

札内川が山間地から平野部へ出たあたりの畑作地帯にあたり、上札内橋(道道)より約1km下流側の左岸堤防が霞堤となっている付近である(図-5.2.11)。河床勾配は1/110程度であり、川幅は200m,低水路幅は50~100m程度である。今回の一連の台風等により、札内川上流を中心に大雨となったが、その降雨状況は前述のとおりである。



図-5.2.11 破堤箇所周辺の土地利用状況

②被災の概要

今回の降雨によって、札内川(KP=40.5付近)で河岸侵食が発生し、約130mにわたり堤防が決壊(図-5.2.12)。もともと左岸よりに流路があったが、河川の蛇行で堤防部へ及んだことによると見られる。これによる堤内地の浸水被害は、本川流路が堤内側の樹林帯を一部侵食して流下したほかにはない。



決壊前



決壊直後

図-5.2.12 札内川(KP40.5 付近)の決壊前と氾濫状況 (北海道開発局帯広開発建設部提供)

③被災の原因

札内川 KP=40.5 付近は,現況堤防高は計画堤防高を確保しているが,低水護岸は設置されてい なかった。札内川左岸の痕跡水位は,決壊箇所前後で現況堤防高を下回っており,決壊箇所の高 水敷は大きく流路変動により河岸侵食されている。堤体盛土及び基礎地盤の土質は砂礫で構成さ れているが,周辺の堤内側では噴砂等は見られなかった。

これらのことから,当該箇所の堤防決壊原因としては,増水した河川が蛇行したことによる河 岸侵食が大きな要因の一つと考えられる。

5.2.3 音更川

音更川は、その源を音更山(標高 1,932m)付近に発し、上士幌町、士幌町、音更町を通過し、 広大な畑作地帯を流下して帯広市街部で十勝川に合流する幹線流路延長 94km,流域面積 740km2 の十勝川の一次支川であり、その河床勾配は 1/150~200 と急流河川である。 ①周辺の状況(音更川 KP=21.2 左岸)

音更川 KP=21.2 付近は,音和橋(道道)より約 200m 上流側の左岸堤防が霞堤となっている付近であり,周辺地は河岸段丘が形成され,畑地として利用されている(図-5.2.13)。河床勾配は 1/160 程度であり,川幅は 150~200m,低水路幅は 50~80m 程度である。



図-5.2.13 破堤箇所周辺の土地利用状況

②被災の概要

今回の降雨によって,音更川(KP=21.2付近)で河岸侵食が発生し,約230mにわたり堤防が決壊した(図-5.2.14)。通常時の流路は左岸堤防から十分な距離(約120m)があったが,増水による蛇行によって河岸侵食が堤防部へ及んだ。なお、当箇所の被災に至る経緯は、河川管理者である北海道開発局が設置している CCTVによって終始記録されていた。それらの記録画像によると、まず、31日 pm5:00頃侵食が堤外側のり肩にまで達し、流れの湾曲に沿うように堤外側のり面が大きく削られ、同日 pm9:00頃侵食が堤内側のり肩~のり面にまで達し、天端道路が消失。その後9月1日 am1:00頃以降,侵食の進行は堤内地までに達したが、概ね小康状態となった。なお、これによる堤内地の浸水被害は、本川流路が堤内側を一部侵食して流下したほかにはない。



決壊前



図-5.2.14 音更川(KP21.2付近)の決壊前と氾濫状況 (北海道開発局帯広開発建設部提供)

③被災の原因

音更川 KP=21.2 付近は,現況堤防高は計画堤防高を確保しているが,低水護岸は設置されてい なかった。音更川左岸の痕跡水位は,決壊箇所前後で現況堤防高はもちろんのこと堤内地盤高を も下回っており,決壊箇所の高水敷は大きく流路変動により河岸侵食されている。堤体盛土の土 質は砂礫,また基礎地盤の土質は厚さ4m程度の砂礫の下に厚さ1m程度の火山灰層が分布してい るが,周辺の堤内側では噴砂等は見られなかった。

これらのことから,当該箇所の堤防決壊原因としては,増水した河川が蛇行したことによる河 岸侵食が大きな要因の一つと考えられる。

なお、上記の被災概要及び被災要因は、北海道開発局の十勝川堤防調査委員会において、河川 工学及び地盤工学の専門家らによって議論された資料を元に作成している。詳細については、文 献 10)を参照されたい。

5.3 常呂川水系

図-5.3.1に常呂川水系が位置しているオホーツク地域と、北海道に上陸した3つの台風の経路 を示している¹¹⁾。なお、いずれの台風もオホーツク地域を通過した後、オホーツク海沖で温帯低 気圧に変化した。1つめの台風である台風7号は8月17日17時半頃に北海道南部の襟裳岬付近 に上陸し、17日21時に北海道北東部で温帯低気圧となってオホーツク海へ抜けた。この台風と それが変化した温帯低気圧によって、北海道オホーツク地域(網走・北見・紋別)では雨が降り続き、 地域内の2つの雨量観測所(置戸、留辺蘂)で16日0時から18日0時までの総降雨量(48時間の総 雨量)と、17日の日降雨量が統計開始以来の最大値を記録した。さらに、降雨によって河川が増水 し、北見市内を流れる一級河川である常呂川では18日7時40分ごろに氾濫危険水位にまで達し た。その後、18日には降雨は小康状態となったものの、19日には北海道付近に停滞していた前線 に向かって暖かく湿った空気が流れたため、再び断続的に降雨が続いた。この前線が停滞してい る間に、2つめの台風である台風11号が本州三陸沖を北上し、21日23時過ぎに北海道釧路市付 近に上陸し、22日未明にオホーツク海を抜けた。また、3つめの台風である台風9号は23日6時 頃に北海道南部の新ひだか町付近に上陸し、23日昼前にオホーツク海へ抜けた。前線や2つの台 風によって再び記録的な降雨を観測し、オホーツク地域内の多くの観測所で8月の24時間降雨量 や日降雨量の最大値を再び更新した。



図-5.3.1 平成28年8月における台風の経路¹¹⁾

図-5.3.2a)は昭和56年に北海道で記録的な降雨災害を観測した際の8月の総降雨量、図-5.3.2b) は平成28年8月の総雨量である¹²⁾。昭和56年の降雨では、台風12号と前線による影響で札幌 市およびその南部地方で記録的な降雨量を観測し、石狩川で越水による破堤が発生した。一方で、 平成288月の降雨は、北海道東部で降雨量が多く、常呂川水系の下流域では総雨量が600~700mm に達している。常呂川水系の最大都市である北見市における AMeDAS の観測値から算出した昭和 50年~平成27年の年間降水量の平均値が747mmであるので、北見市における年間降水量に迫 る雨量が平成28年8月の1ヶ月で観測されたことになる。図3a)は常呂川流域における代表的な 被災箇所と被災状況を示している。また、図3b)は常呂川水系の下流域~中流域に相当する KP0~ KP50の川幅の変化を示している。下流・中流域では、堤防の計画高水位を超過したため、破堤や 越水侵食に加えて、噴砂の発生が確認された。また、橋台背面盛土の流出による道路路盤陥没や 畑の流出が確認された。特に破堤、越水侵食などの被害が集中した KP15~28 付近では、上下流 と比較して平均川幅が200m程度狭くなっている。また、当該箇所では河道内の樹林や堤防が直 線的かつ低水路が蛇行しているなどの影響によって、水位上昇しやすく、水位の高い状態が長時 間に継続する区間であった。本項では、常呂川およびその支川流域で発生した地盤災害の調査結 果を報告する。



図-5.3.2 a)昭和 56 年と b)平成 28 年における 8 月の累積降雨量の比較¹²⁾



図-5.3.3 a) 常呂川流域における主な被害箇所, b) KP0~50 における川幅の変化(網走開建提供データを作図)

5.3.1 橋台取付け盛土および橋台背面盛土の流失

図-5.3.4a), b)は常呂川の KP7.6 付近に架かる共立橋を 2016 年 8 月 22 日に左岸上流側から撮影 した状況である。図-5.3.4a), b)を撮影した時点では,河川水位は高水敷にまで達しており,当該 橋梁における橋台取付け盛土は流水が作用していた。取付け盛土に着目すると,橋台躯体周辺の 盛土のり面では,図中の破線に示す領域ですべり破壊が起きていた。一方,橋台から離れた箇所 では,河川水位増加による痕跡は確認できるが,目立ったのり面変状は確認できない。これは橋 台躯体周辺の盛土のり面はまきこぼし盛土であり十分な転圧ができなかったため,相対的な弱部 となった可能性がある。



図-5.3.4 共立橋における橋台取付け盛土の変状

次に、図-5.3.5a)は、右岸下流から撮影した太幌橋の左岸下流の橋台付近の状況である。橋台付 近に袋型根固めが設置されている。これは 1963 年に架設された橋梁であり、橋台はいわゆるピア アバット形式になっている。架設から 50 年以上が経過しており、床版地覆の凍結融解による欠け 落ちなどの劣化が顕著であることが、今回の記録的な降雨災害以前に実施された橋梁点検によっ て把握されていた。翼壁が完全に露出した状態になっているが、上述の劣化のほかに今回の降雨 で損傷した形跡は認められなかった。また、図-5.3.5b)は橋台背面盛土が流出した左岸橋台内部 を橋上から撮影した状況である。アスファルト舗装および路盤部も含めた道路舗装構造物のすべ てが崩落している。この箇所は高水敷の低い部分であるため、橋台背面盛土へ氾濫流が集中した ものと考えられる。なお、橋脚の上流側に若干の流木の堆積が認められたが、これによる橋脚の 損傷は認められなかった。今後、共立橋と太幌橋での被災形態の違いを説明するため、外力とな る流水条件の推定に加えて、盛土部でのボーリング調査や簡易動的コーン貫入試験などを実施す る。その結果から、細粒分含有率の違いなどによって生じる地盤材料の粘着力や透水係数の違い に着目することで、地盤工学的なパラメーターと被災形態の関連性を明らかにする必要がある。 なお、図-5.3.6 は復旧中の状況を示している。当該箇所の復旧工は、流失した取付け盛土を火山 灰質で再構築した後、橋台前面に矢板を打設している。



図-5.3.5 太幌橋における橋台取付け盛土および橋台背面盛土の流失



図-5.3.6 太幌橋の復旧状況(a)左岸上流, b)左岸下流)

図-5.3.7a)は常呂川の支川である無加川に架かる清見橋(仮設橋)の空中写真を示している。図-5.3.7b)に示すように、被災した橋梁は、河道拡幅のための架け替え工事中であり、この仮設橋の 右岸橋台が被災した。図-5.3.7c)および d)は被災状況を示している。橋台基礎部の河床洗掘によ り、橋台背面盛土が流出したと推定される。後日の調査時には応急対策として、橋台基礎部底面 まで矢板を水平方向に追加することと、流出した裏込め盛土を補充することが実施されていた。 また,図−5.3.7b)で確認できるように,仮設橋の右岸側橋脚に流木が大量に集積していた。北海道 開発局網走開発建設部北見道路事務所の調査では,中央の2つの橋脚に亘って幅26.5m 縦断方向 36.2mの集積が確認されている。この流木集積部の高さは,高いところで2.5mを超えるものであ った。このような流木の集積で流れが橋台周辺へ偏向したことが被災原因の一つだと予想される。



図-5.3.7 清見橋における橋台背面盛土の流失

5.3.2 破堤および越流侵食

図-5.3.8a)は常呂川 KP18.6 付近で発生した堤体の越水侵食箇所の全景を示している。KP18.6 付近には、太茶苗観測所の建屋および CCTV カメラが設置されている。図-5.3.8b)および c)に示すように、建屋および CCTV カメラの基礎を設置する際に堤体本体に腹付したと考えられる堤体の裏のり面において、河川からの越流によって侵食崩壊が発生していた。現地に繁茂している植生の状況から、越流幅は堤体延長方向に約 20m、越流時の堤体天端での水深は約 5cm であったと予想される。のり面侵食の崩壊幅は最大で約 3m、崩壊深は 1m 程度であった。侵食崩壊は、のり面に設置されているコンクリート製の階段付近や CCTV カメラの基礎コンクリート付近など、構造物と堤体の境界周辺に集中していた。なお、図-5.3.8d)に示すように、顕著な流水跡が確認できるものの、構造物が設置されていない箇所ではのり面の侵食は発生していなかった。このことから、当該箇所では構造物設置に伴って堤体を掘削して埋め戻し、再転圧した箇所が相対的に弱部となったため、流水によるのり面の侵食が局所的に発生したと考えられる。



図-5.3.8 常呂川 KP18.6 における堤体の侵食崩壊



図-5.3.9 東亜川右岸堤防の破堤状況

図-5.3.9 は常呂川の支川である東亜川での破堤状況を示している。現地の状況としては、堤体 が完全に流失している区間と堤内側のみ侵食されている区間が連続していた。周辺は越水した痕 跡が堤防天端に存在しているが、周辺の草本の倒伏状況から、越流水深は大きくなかったと推察 される。完全に流失している箇所では調査時点(23 日午後 5 時)においても、堤内側へ河川水がわ ずかに流出している状況だった。

図-5.3.10a)は常呂川の支川である柴山沢川での堤体流出が発生した箇所の空中写真と状況を 示している。常呂川の支川である柴山沢川は、常時は調査箇所から約1km下流の地点で常呂川 と合流している。図-5.3.9b)に示すように当該箇所では、柴山沢川の左岸堤体が最大で約100m に亘って流失した。この堤体の流失によって、図-5.3.9c)に示すように常呂川右岸堤内の畑およ び民家の地下室が浸水した他、民家の駐車場の一部が損壊する被害を受けた。堤体周辺の植生の 倒伏状況から、越水が生じて破堤したと推察される。この越流水は、常呂川および柴山沢川の水 位の経時変化から、常呂川での水位上昇に伴う柴山沢川の水位上昇(背水)によるものであった と推察されている。図9d)は破堤箇所における開削調査時の堤体断面を柴山沢川下流から撮影し た状況である。図中の赤破線で示すように当該堤体は、堤防拡幅履歴を有している。旧堤体と拡 幅部裏のり面の土質は、どちらも礫混じり砂質土であった。表のり面では明らかに礫分が少なく 細粒質な土質であった。図-5.3.11 は、復旧後の状況を示している。堤体の構成材料は火山灰質 土であり、表のり面にはブロック積み護岸が設置されていた。



図-5.3.10 柴山沢川左岸堤防の破堤状況



図-5.3.11 柴山沢川左岸堤防の復旧状況

図-5.3.12a)は越水侵食が発生した日吉 30 号樋門付近の被災状況を示している。越水侵食は常 呂川からの越流水によって,裏のり面で発生した。越流幅は約 70m 程度であるが,崩壊幅は 15m 程度あった。北見河川事務所担当者からの聞き取りでは,崩壊は円弧状に発生し,堤体天端がや や沈下したとのことであった。現地調査時には,図-5.3.12b)に示すように大型土のうとシート張 り工による応急復旧が行われていた。先述したように,崩壊に伴い堤体天端が沈下したため,裏 のりのり肩の大型土のうは現状ののり肩よりもやや高い位置まで設置されており,表のりのり肩 には土のうが 2 段程度積まれていた。なお,図-5.3.13 は復旧後の状況を示している。侵食によっ て流失した堤体は火山灰質土で再構築されており,裏のり尻には布団かごが設置されていた。



図-5.3.12 常呂川日吉 30 号門付近における a)被災状況および b)応急復旧の状況



図-5.3.13 常呂川日吉 30 号門付近における復旧後の状況

上述した破堤および越水侵食によって、それぞれの箇所における堤内地の畑が浸水した。浸水 した畑の主な作物は玉ねぎであり、今回被災したオホーツク地方はその生産量日本一である。こ のため、今回の被災によって日本国内での玉ねぎの価格が上昇した。このように、記録的な降雨 による広域での地盤災害が比較的少なかった北海道が被災すると、日本国内での農作物の価格は 軒並み上昇し、この波及効果は一般家庭や飲食業にも及ぶと予想される。このことから今後は、 農業土木分野とも連携し、例えば、農家の財産である畑作土の流失を防ぐことを目的とした具体 的な地盤災害対策も考える必要があると言える。

5.3.3 噴砂の発生状況

堤防の決壊が生じた 2015年の鬼怒川での洪水では、堤内側のり尻で噴砂が発生していたことが 確認されている¹³⁾。今回の常呂川でも、多数の地点で噴砂の発生が確認されている。噴砂が確認 された場合には、堤体支持地盤においてパイピングが発生し、最悪の場合には堤体損傷と破堤す るシナリオが想定されている。河川水位の上昇で河床もしくは河岸を通じて、水圧が堤体基礎地 盤に作用し、これによって基礎地盤の土が流出して水みちが形成される。この際、流出した土が 堤内地盤に噴出すると噴砂として確認されることになる。さらに河川水位が高い状態が維持され ると、基礎地盤からの土の流出量は増加し、水みちが拡大して、基礎地盤が上部堤体に対する支 持力を失い、堤体の変状・崩壊に至る。このことから、噴砂の発生は、いわゆるパイピングによ る堤体の損傷・破堤の前兆現象を捉えていると考えることができる。しかし、この前兆現象を目 視で把握できた場合にも、堤体基礎地盤におけるパイピングの進行や堤体の安定性がどの程度低 下しているか、は不明である。このことから、噴砂の発生機構の解明や噴砂と堤体の安定性の関 係性を把握することは極めて重要な地盤工学的課題の一つである。図-5.3.14 は常呂川 KP24.6 付 近で確認された噴砂の状況を示している。この地点での噴砂は、今回の災害で最大規模であり、 噴砂の大きさは幅約 1.6m、高さ約 0.5m であった。



図-5.3.14 KP24.6 の噴砂状況

図-5.3.15 は KP26.0~27.0 で発生した噴砂の状況を示している。噴砂発生箇所では,噴砂周辺に 土のうを円形状に積み,シートを張って簡易な防水を行う,いわゆる,釜段工法や月の輪工法に よる応急対策が行われていた。これにより,河川水位上昇時には河川水位と噴砂発生箇所の水位 差を低減し,パイピングを抑制することができる。図-5.3.15a)および d)の状況からわかるように 噴砂は堤内側のり尻から遠い箇所でも発生しており,堤内側のり尻から最大で 50m 程度離れた地 点でも噴砂を確認した。このような遠い箇所での噴砂の発生は,堤防周辺の二次元断面における 動水勾配と限界動水勾配の大小関係のみでは説明することは難しい。ここで,噴砂が発生した箇 所では,一般に対策工としてパイピング防止のために矢板を打設する¹³⁾。しかし,この打設長は 噴砂の規模には関係なく,現状では経験的な手法で決められている。噴砂規模が小さい場合や堤 内側のり尻よりも遠い箇所で発生している噴砂に対しては,矢板工は過剰な対策となる可能性が ある。



図-5.3.15 KP26.0~27.0 の噴砂状況

図-5.3.16 は KP24.6 における堤体断面方向の土質構成である。なお、粒度特性は礫分、砂分、 シルト+粘土分の含有率を深度方向に整理した結果で示している。各ボーリング地点の堤内・外 ともに深度 1.0m 程度までの表層地盤は、シルトと粘土分を 40~60%程度含んでいる細粒土である。 その下層には、噴砂と同程度の粒度特性を有する砂質土が堆積している。堤体天端および噴砂近 傍で行われた機械式ボーリングから得られたコアの土質情報を反映すると、噴砂と同様の粒度特 性を有する砂質土は、堤体直下では厚さ 1.0m 程度で堆積し、堤内・外に向かって厚さが 0.4~0.6m と薄くなるようなレンズ状に分布していると予想される。また、この砂質土層は堤内から堤外ま で連続する、いわゆる連通した状態で分布している。



図-5.3.16 KP24.6 における堤体断面方向の土質構成



図-5.3.17 KP26.2 における堤体断面方向の土質構成

図-5.3.16 は図-5.3.15a)で示した KP26.2 における堤体断面における土質構成である。これを見ると、噴砂と同様の粒度特性を有する砂質土が堆積している深度は、噴砂より堤内側の地点よりも噴砂近傍において浅く、さらに砂質土層が厚く分布している。噴砂より堤内側の地点では、砂質土上部の耕作土の細粒分含有率が 90%を超えて、粘性土に分類される土が局所的に分布している箇所がある。また、堤外地盤の粒度特性を見ると、噴砂と同様の粒度特性を有する砂質土は確認できず、KP24.6 とは土質構成が異なる。

以上の結果から、噴砂の規模や噴砂の発生に伴う堤体の安定性に及ぼす影響は、堤体周辺地盤

の土質構成に影響されると推察される。今後も丁寧な地盤調査を継続することに加えて、模型実 験や数値解析によって、より定量的に噴砂形態と堤体の安定性について検討を進め、効率的かつ 効果的な噴砂発生時の応急・本復旧手法の検討に資するデータを蓄積・公表することが重要と言 える。なお、一連の噴砂発生区間では、堤体の機能回復を目的として、従来から実績のある矢板 の打設など適切な対策工が行われる。

5.4 釧路川水系

5.4.1 釧路川の概要^{14),15)}

釧路川は、北海道東部の太平洋側に位置し、その源を藻琴山(標高1,000m)など屈斜路カルデ ラの外輪山に発し、カルデラ湖の屈斜路湖から流れ出て、弟子屈原野を流れ、標茶町でオソベツ 川等の支川を合流し、釧路湿原に入り、久著呂川、雪裡川等の支川を湿原内で合わせ、岩保木地 点において新釧路川となり釧路市街地を貫流し、太平洋に注ぐ、幹線流路延長154kmの一級河川 である。その流域面積は2,510km²であり、1市3町1村がこのエリアに含まれる(図-5.4.1)。こ のうち山地等が約68%、牧草地等の農地が約21%、釧路湿原が約8%、市街地が約3%となってお り、上流部は阿寒国立公園、下流部の釧路湿原はラムサール条約登録湿地及び釧路湿原国立公園 に指定されるなど豊かな自然環境に恵まれている。



図-5.1 釧路川水系図¹⁴⁾

地質は、全体の約9割が新第三紀の緑色凝灰岩・火山砕屑物、第四紀の火山噴出物等で覆われ、 保水・浸透力の高い地盤を形成している。上流域は、安山岩や凝灰岩が主体であり、中流域は火 山灰や軽石等の火山砕屑物におおわれ、下流の釧路湿原は約6,000年前から形成された約2~4m の泥炭が堆積する第四紀の沖積層で、周辺丘陵地からの豊富な湧水や地下水が供給されており、 また南東部の丘陵地は第四紀の洪積層である(図-5.4.2)。

流域の平均年間降水量は約1,000~1,200mm であり,下流沿岸部は夏期に海流の影響で霧が多発 し日照が遮られる湿潤冷涼な気候である。



図-5.4.2 表層地質分類図¹⁶⁾

5.4.2 釧路川(標茶町市街地付近)の状況

釧路川中流域(弟子屈市街地部付近からオソベツ川合流付近)は、河床勾配が約1/200~1/1,200 であり、流域の基幹産業を支える約5万haの広大な酪農地帯が広がる丘陵地帯である。8月15日 から8月23日までの間に上陸した台風7号,11号,9号の影響により、この間の標茶観測所の連 続雨量は337mmとなり、さらにその後の寒冷前線、台風10号接近の影響による地形性降雨によ り、8月31日までの間に累積475mmの降雨があった(図-5.4.3)。 これにより標茶水位観測所では,避難判断水位を超過し,ピーク推移は既往最大(S35 年 3 月 H=23.1m)に次ぐ2番目に高い水位を記録した(図-5.4.4)。



図-5.4.3 標茶観測所における降水量(国土交通省水文水質データベース)



図-5.4.4 標茶観測所における水位(国土交通省水文水質データベース)

5.4.3 被災の概要

台風及び前線の影響により釧路川標茶町市街地付近の堤防ののり面に変状が生じた。変状箇所 は、(1)富士樋門から開運橋(道道13号)までの区間の堤防のり面(川表側)に3カ所の表層 すべりと、(2)ルルラン樋門下流の堤防のり面(川裏側)に1カ所の亀裂・土砂流出と、位置的 に2区間(全部で4カ所)で発生した(図-5.4.5)。しかしながらこれらの被災による周辺地域へ の直接的な影響はなかった。
(1) 富士樋門上流(左岸 KP=46.2~45.7)

釧路川を管理する北海道開発局の情報によれば,被災した3カ所のうち,最上流にある1カ所 を除く2カ所の表層すべり(川表側)は8月21日14:10に,最上流の表層すべり1カ所(川表側) は台風10号による8月31日7:40に発見された(図-5.4.6~図-5.4.8)。



図-5.4.5 被災箇所位置図



図-5.4.6 富士樋門上流 崩壊箇所① (8月21日14:10発見) 17)



図-5.4.7 富士樋門上流 崩壞箇所② (8月21日14:10発見)¹⁷⁾



図-5.4.8 富士樋門上流 崩壊箇所③ (8月31日7:40発見)¹⁷⁾

(2) ルルラン樋門下流(左岸 KP=42.2)

平成25年に表層すべりが発生した箇所で亀裂や土砂流出が発生した(図-5.4.9)。



図-5.4.9 ルルラン樋門下流(KP=42.2)崩壊箇所¹⁷⁾

5.4.4 被災原因

(1) 富士樋門上流(KP=46.2~45.7)

土質構成としては、被災した3カ所とも、基礎地盤の粘性土層の上に火山灰質土(シルト質砂) の堤体盛土が施工されている状況であるが、川表側のり面は平成27年度にのり面補修(寺勾配解 消,2割勾配確保)の履歴があり、のり面に薄く施工された部分は粘性土であった(図-5.4.10)。 また、天端の横断形状については川表側への片勾配であり、縦断的には被災箇所において低みに なっていることが明らかとなった(図-5.4.11)。なお、現地調査の結果、崩壊土である平成27年 盛土(粘性土)は自然含水比が38%と周辺土と比較して高く泥濘化している状況であった。



図-5.4.10 堤体の土質(富士樋門上流)¹⁷⁾



図-5.4.11 堤防天端の縦断高さ(富士樋門上流)17)

これらのことから、被災メカニズムとしては、まず粘性土基礎地盤の圧密沈下等により堤防の 縦断的な低みが生じていた箇所に雨水が集中し、川表側のり面の表土(粘性土)と堤体土(火山 灰質土)の境界を浸透流下したところ、基礎地盤の粘性土で浸透が阻害され、のり尻部で飽和領 域が形成されたことから、表層すべりが生じたのではないかと推察される(図-5.4.12)。



図-5.4.12 のり面崩壊のメカニズム(富士樋門上流)¹⁷⁾

(2) ルルラン樋門下流(KP=42.2)

土質構成は,基礎地盤の粘性土層(旧河道)の上に火山灰質土(シルト質砂)の堤体が S30 年 と H9 年(嵩上げ・拡幅)と2 度施工されている(図-5.4.13)。今回の被災箇所は平成 25 年度に も表層すべりを起こしているが,その復旧工事は,通常の段切り・転圧・のり仕上げの工程を経 た施工であった。

堤防天端の断面形状は、天端中央部を中心に両側に拝み勾配となっていたが、川裏側法肩部で 若干高くなっており、この法肩付近の低みを縦断的に雨水が流れる形状となっていた(図-5.4.14)。 また、縦断的には、ルルラン樋門下流周辺の中では、被災箇所が堤内側の天端高が一番低くなっ ていることが明らかとなった(図-5.4.15)。



図-5.4.13 堤体の土質(ルルラン樋門下流)¹⁷⁾



図-5.4.14 堤防断面図 (ルルラン樋門下流)¹⁷⁾



図-5.4.15 堤防天端の縦断高さ(ルルラン樋門下流)¹⁷⁾

これらのことから、堤防天端の横断的に低い部分(堤内側のり肩付近)に雨水が集まり、縦断 方向にひくみとなっている被災箇所に集中し、のり面を流下したことから、ガリ侵食が進展し、 土砂流出となったと推察される(図-5.4.16)。



図-5.4.16 のり面崩壊のメカニズム (ルルラン樋門下流)¹⁷⁾

なお、上記の被災概要及び被災要因は、北海道開発局の釧路川堤防調査委員会において、河川 工学及び地盤工学の専門家らによって議論された資料を元に作成している。詳細については、文 献 17)を参照されたい。

参考文献

- 国土交通省北海道開発局札幌開発建設部空知川堤防調査委員会報告書: https://www.hkd.mlit.go.jp/sp/kasen_keikaku/kluhh400000055bq.html
- 2) 土木学会水工学委員会 2016 年 8 月北海道豪雨災害調查団報告書: http://committees.jsce.or.jp/report/system/files/2016%E5%B9%B48%E6%9C%88%E5%8C%97%E6 %B5%B7%E9%81%93%E8%B1%AA%E9%9B%A8%E5%9C%9F%E6%9C%A8%E5%AD%A6%E 4%BC%9A%E8%AA%BF%E6%9F%BB%E5%9B%A3%E5%A0%B1%E5%91%8A%E6%9B%B8_ 20170501.pdf
- 3) 財団法人国土技術研究センター:河川堤防の構造検討の手引き(改訂版), 192pp, 2012.

- 4) 国 土 交 通 省 北 海 道 開 発 局 札 幌 開 発 建 設 部 ホ ー ム ペ ー ジ : http://www.hkd.mlit.go.jp/sp/sorati kasen/gburoi0000008d7e.html
- 5) 国土交通省河川局:十勝川水系の流域及び河川の概要 (案), 2016.
- 6) 北海道開発局帯広開発建設部:流域及び河川の概要, http://www.hkd.mlit.go.jp/ob/tisui/pdf/s2-a02.pdf
- 7) 国土交通省北海道開発局:十勝川水系河川整備計画, 2010.
- 8) 北海道開発局帯広開発建設部:時をこえて十勝の川を旅しよう!, http://www.hkd.mlit.go.jp/ob/tisui/tabi/ctll1r00000038me.html
- 9) 北海道十勝支庁:十勝管内における土壌の分類・特徴および改良法, 1975.
- 10) 十勝川堤防調査委員会: 十勝川堤防調査委員会報告書, 2017.
- 11) 札幌管区気象台:《顕著な天候事例》台風と前線による記録的多雨(2016 年 8 月), < http://www.jma-net.go.jp/sapporo/tenki/kikou/tokucho/kencho_summer2016.html > (2017.3.22.閲覧)
- 12) 札幌管区気象台:平成28年8月を中心とした大雨について~相次いだ台風と前線停滞~,<
 http://www.hkd.mlit.go.jp/ky/kn/kawa_kei/ud49g7000000e0jc-att/ud49g7000000e5q9.pdf>
 (2017.3.22.閲覧)
- Yasuda,S., Shimizu, Y. and Deguchi, K.: Investigation of the mechanism of the 2015 failure of a dike on Kinu River, Soils and Foundations, 56 (4), 581–592, 2016.
- 14) 国土交通省河川局:釧路川水系の流域及び河川の概要(案),2006.
- 15) 国土交通省北海道開発局: 釧路川水系河川整備計画, 1998.
- 16) 財団法人日本地図センター:「土地分類図」北海道 VIII, 釧路根室支庁昭和 54 年版, 1979.
- 17) 釧路川堤防調査委員会:釧路川堤防調査委員会報告書, 2017.

第6章 鉄道の被害

6.1 根室線新得駅構内における落橋および橋台流失

被災箇所は図-6.1.1に示す根室線新得駅構内下新得川橋りょう周辺である。被災した橋りょう は佐幌川の支川であるパンケ新得川に架かる橋りょうであり、明治40年に建設されている。図-6.1.2 は図-6.1.1 中の白矢印で示した地点から鉄道橋を撮影した状況である。当該橋りょうは、 橋長 31m の3 径間橋りょうであったが,橋台1 基が流失し,この橋台に架かる桁1 連が落橋した 1)。これによって、線路がはしご状態になった。また、調査時にはすでバックホウが作業を開始し ていたが,橋脚への流木の堆積は顕著ではなかった。支川の河川水は,佐幌川への最短コースを 流下し,氾濫流となって鉄道橋の橋台およびその下流にある人家と物置小屋を押し流した。また, 流出した橋台背面に位置する盛土部および地山部も広範囲に亘って侵食を受けて流出しており, 支持地盤が侵食された人家は下流へ押し流された。図-6.1.4 は侵食された盛土の侵食面の状況を 示している。現地で目視確認した結果では、当該盛土は黒色の火山灰質土で構成されていた。ま た,氾濫流と佐幌川の合流地点に位置していた護岸のり肩部は越流水の影響で深さ 3m 程度の侵 食崩壊が発生していた(図-6.1.5)。ここで鉄道橋の橋脚は矩形型であり、氾濫前の河道方向と矩 形の長辺方向が一致していない。根室線は1907年に現在の新得駅まで延伸されていることから、 橋台設置時には現在とは異なる河道状況にあった可能性がある。このことは、鉄道橋橋脚として の健全性には問題は無いものの、河川整備の関係で河川構造令には必ずしも準拠していない場合 の構造物被災リスクについて再整理する必要性を示唆するものである。

図-6.1.4 は当該橋りょうの復旧の状況を示している。当該橋りょうは橋長 35m の単径間として 復旧された¹⁾。被災前と比較して,橋脚2基を撤去し,さらに下路桁を用いたことで桁下空間を 多く確保できたため,復旧後には河川阻害が少ない状態にある。また,流失した盛土については, 盛土を再構築後に侵食対策として新たに護岸工が設置されている^{2),3)}。



図-6.1.1 新得駅構内の状況(Google earth に追記)



図-6.1.2 被災状況



図-6.1.3 橋台背面盛土の流失状況



図-6.1.4 侵食された橋台背面盛土の状況



図-6.1.5 氾濫流による佐幌川右岸護岸の侵食崩壊の状況



図-6.1.6 復旧の状況(十勝毎日新聞社4)に加筆)

6.2 佐幌川第1橋りょうの落橋および桁と橋脚の流失

当該橋りょうは、佐幌川に架かる昭和 48 年に建設された橋長 52m の 2 径間橋りょうであった ¹⁾。図-6.2.1 は調査時の当該橋りょうの状況を示している。橋りょう中間部の橋脚が流失し、滝川 方の桁は落橋して下流へ移動しているものの完全に流失していない。一方で、図-6.2.2 に示すよ うに根室方の桁は被災箇所から 100m 程度下流にまで流下していた。このことから、大量の流木 が堆積して橋脚に想定以上の水平荷重が作用し、橋脚が転倒し、桁が流失したと推察される。な お、図-6.2.3 に示すように十勝清水方の橋台背面盛土は流出していた。図-6.2.4 に示すように当 該橋りょうでは、流失した橋脚を再構築し、橋長 52m の 2 径間橋りょうとして復旧されている¹⁾ ~³⁾。



図-6.2.1 被災状況(根室方から撮影)



図-6.2.2 流失した根室方の桁の状況



図-6.2.3 根室方の橋台背面盛土の流失状況



図-6.2.4 復旧の状況(トラベル Watch⁵⁾に加筆)

6.3 清水川橋りょうの流失

当該橋りょうは、ペケレベツ川に架かる明治40年に建設された橋長34mの2径間橋りょうで あった¹⁾。図-6.3.1は当該橋りょうの被災状況を示している。ペケレベツ川の氾濫によって桁2 連と橋脚が流失した。また、上流側の盛土側方部については侵食崩壊していることがわかる。図-6.3.2は調査時に露出した盛土部で確認した盛土材料の状況を示している。目視で確認する限り、 当該箇所の盛土材料は、比較的に粒径が揃った砂質土であった。

図-6.3.3 は当該橋りょうの復旧状況を示している。当該橋りょうでは、既存の橋台は撤去されて橋長 34m の2 径間から橋長 35m の単径間の橋りょうとして復旧されている^{1)~3)}。



図-6.3.1 清水川橋りょうの被災状況(JR 北海道提供資料に加筆)



図-6.3.2 盛土材料の状況



橋桁架設中(11月8日)



橋桁架設完了(11月8日)

図-6.3.3 復旧の状況(文献3)から抜粋)

6.4 十勝清水駅構内における土砂流入

調査地点箇所周辺の地形図を図-6.4.1に、十勝清水駅構内における土砂流入状況を図-6.4.2に 示す。調査時には、線路内へ流入した土砂の撤去作業および枕木・道床交換作業が行われていた。 当該箇所は十勝清水駅から 100m 程度帯広方に位置している。また、ペケレベツ川で氾濫流が発 生したと推定される箇所から 800m 程度北東に位置している。ペケレベツ川付近の標高は 185m 程 度であり、調査箇所付近は 165m 程度あるため、ペケレベツ川付近から調査箇所までは緩やかな 下り勾配を呈している。図-6.4.3 は図-6.4.1 中の A 地点付近の状況である。ペケレベツ川で発 生した土砂を含む氾濫流は、住宅地および宅地内の道路上を図-6.4.1 中の矢印方向へ流下し、A 地点付近から線路内へ流入したと予想される。A 地点付近の道路脇には比較的粒径が揃った砂質 土が堆積しており、線路脇に設置されている立入防護柵付近にも同様の砂質土が堆積しており、 これは A 地点付近からの土砂流入を示唆するものである。



図-6.4.1 調査箇所周辺の地形図(国土地理院国土地理院の電子地形図(タイル)に追記)



図-6.4.2 線路内への土砂流入状況(根室方から撮影)



図-6.4.3 図-6.4.1 中のA地点の状況

6.5 旧根室線(現 根室線落合・新得間)における橋台背面盛土の侵食

図-6.5.1 に調査地点箇所の状況を示す。調査箇所では,新得駅から 900m 程度滝川方であり, 現在の根室線が旧根室線と並行して敷設されている箇所である。なお,旧根室線は新得町が管理 している遊歩道と利用されている。起点である滝川方を背にして,線路右方向からペンケ新得川 が流下しており,これを跨ぐために橋りょうが設置されている。一連の降雨時にはペンケ新得川 が増水したと考えられ,旧根室線起点方(滝川方)のレンガ積橋台の上流における背面盛土が流 失していた。一方,終点方(釧路方)は矢板によって橋台基礎が補強されており,橋台背面盛土 には目立った変状などは確認できなかったものの,矢板に囲まれた範囲の土は一部流失していた。 現在の根室線については,橋台前面(河側)にまきこぼし盛土が施工されているが,この盛土の り尻部は侵食対策のために布団かごとレール杭に対策工が行われており,目立った変状は確認で きなかった。



図-6.5.1 調査地点の状況

6.6 根室線第4落合トンネル坑口斜面の崩壊

根室本線は落合駅〜十勝清水駅の区間において様々な土砂災害を被った(別報も参照)。本トン ネルは落合駅〜新得駅間に位置し(図6.6.1・図6.6.2),石勝線との合流地点より1.5km ほど落 合駅側に位置する。図6.6.3の拡大航空写真に見られるように、トンネル区間においては法面安 定工が施されていたが、坑口部分は金網防護柵を除いては特別な法面対策工は見られず、台風10 号に伴う豪雨により両坑口において土砂崩れが発生し(図6.6.4・図6.6.5)、軌道が土砂・樹木 に覆われる(図6.6.5)とともに、盛土ごと崩壊してレールが大きく損傷(図6.6.6)した。滑り 面には基盤面と思われる岩盤が部分的に露出しており(図6.6.7)、多量の降水浸透により、表土 と基盤面の境界を主なメカニズムとして比較的浅層の崩壊が起こったように見える。崩壊した表 土の土質は狩勝峠等と同様、礫質砂が主体であった。火山噴出物を思わせる赤色を帯びた箇所が 多かったが、一部、黒ボク土のような色合いを示す土質も見られた。



図 6.6.1 JR 根室本線第4 落合トンネル抗口被災位置*

図 6.6.2 航空写真*

*Google Map



図 6.6.3 JR 根室本線第4 落合トンネル抗ロ航空写真拡大* *Google Map



図 6.6.4 落合側坑口 (写真右端)

図 6.6.5 新得側坑口 (斜面左端)



図6.6.6 レールが土砂に流され盛土から外れている 図6.6.7 崩壊面:岩盤が露出している

参考文献

- 1) 張間正紀: JR 北海道における平成 28 年度の主な災害,新線路, Vol.71, No.7, pp.6-8, 2017.
- 2) JR 北海道:一連の台風による石勝線・根室線の災害復旧の状況について, 2017.
- 3) JR 北海道:一連の台風被害の復旧工事の進捗について, 2017.
- 4) 十勝毎日新聞社ニュース: http://www.tokachi.co.jp/news/201611/20161114-0025188.php (2017.7.23 閲覧)
- 5) トラベル watch: http://travel.watch.impress.co.jp/img/trw/docs/1035/197/html/22.jpg.html (2017.7.23 閲覧)

第7章 農地・農業施設等の被害状況

7.1 はじめに

2016年8月に北海道を襲った4つの台風(7,11,9,10号)による豪雨は、中小河川等の堤防を決壊 させ「56年水害」以来、35年ぶりの洪水異常事態を招いた。特に台風10号の襲来の結果、日高 山脈に接する市町村(帯広市、芽室町、清水町、新得町の農地、農業施設、農道などに多大な被 害を与えた。一方、国道274号線(日勝道路)では無数の道路崩壊が発生し、7,8合目付近では斜 面崩壊と流水が道路を飲み込んで、新たな深い谷を形成した。他方、日高側では千栄で千呂露橋 が崩落し、岩瀬橋が損壊しているため、現在でもなお日勝道路は開通不能になっている。

天気状況を再考すると、8月28日15時に最低気圧940hPaを記録する大型で非常に強い台風 となった。30日岩手県大船渡市付近に上陸し、北上して降雨は上士幌町(ぬかびら温泉郷)で 351.5mmの統計開始以来の極値を更新した。31日4時頃、南富良野町で空知川の堤防が2ヵ所 で決壊し、市街地が浸水した。帯広市でも札内川の堤防が一部決壊し、芽室町では芽室川が氾濫 し、周辺道路や市街地住宅、工場が浸水した。清水町ではペケレベツ川が氾濫し市街地の民家を 押し流した。

帯広測候所の記録によると、8月の総降水量は378mmを記録し、年間の42.6%が一機に降って しまった。その詳細は、8月1日に15.5mm、9日に15.5mm,17日(台風7号により)に87.5mmの 大雨を記録した。さらに21日に39.0mm、22日に16.0mm、23日に15.5mmと再び降雨を記録し た。こうした多雨は山肌の保水力も限界に達する飽和状態にした。そして、台風10号の影響は 30日に64.5mm、31日に26.5mmと斜面崩壊と河川洪水を引起すのに十分な記録的な豪雨となっ た。台風10号は山岳地帯で雨雲が急速に発達し、大雨を降らせる「地形性降雨」現象を引き起 した(日本気象協会北海道支部の解析)。

アメダス新得は 234.0mm, 中札内村上札内は 278.0mm, ぬかびら源泉郷は 328mm の日雨量を 記録し, 戸蔦別川上流の観測所では, 16 日から 31 日まで 895mm に達する豪雨を記録した。

日高山脈の河川上流部で土石流が複数発生し,下流の清水町では家屋が流され行方不明者が1 名発生している。土石流は清水町のペケレベツ川や新得町のパンケシントク川の上流部で発生し ており,場所によって大小が異なる。今回の特徴は日高山脈の東側は花崗岩が多く,比較的小規 模の崩壊しか通常は起らないが,谷筋に堆積した細かい土砂(まさ土)を巻き込み,大きな土石流 被害に繋がったと分析している。

7.2 十勝管内の農地・農業施設の被害概要

報道によると農地の被害面積は 8,881.3ha で管内の耕地面積の約 3.5%が被災した。芽室川などの氾濫による芽室町が 1,437ha,清水町が 1047ha となっている。ビニールハウス,納屋の損壊, 牛乳の廃棄,豚や鶏,牛などの水死は含まれていない。農地は 184 ヶ所,公共牧場 13 ヶ所,た め池 1 ヶ所,頭首工 1 ヶ所,用水路 37 ヶ所,排水路 148 ヶ所となっている。開発局調査による と,清水町石山頭首工が全壊,排水路では清水町羽帯で 2.5km の護岸ブロックの損壊,旭山では 護岸ブロックの損壊と橋梁の破壊,上旭では 1.5km 護岸ブロックの損壊があった。**表-7.2.1**に 十勝総合振興局が災害申請した台風 10 号による農地および農業施設の被害ヵ所や面積を示す(平 成29年1月5日集計)。

台風7号では本別町,足寄町で2ヵ所程度の被害が報告されているが,ここでは台風10号に 絞って記載するので,本別足寄の被害は記載してない。

農地の被害ヵ所は管内で109ヵ所,面積は291haに及び,その多くは清水町,芽室町,帯広市 で発生している。一般に農業施設とは,ため池(ファームポンド),頭首工,用水路,排水路,揚 水機場,道路,橋梁,農地保全などを指す。農業施設被害は,ため池2,頭首工1,用水路24,排 水路132ヵ所である。この事から,排水路の被害が最も多いことが分かる。帯広市,芽室町,清 水町に多く見られ,その損壊の状況が3市町によって特徴があることから,市町別にその特徴を 分析することにする。

台風 10 号だけの農業被害は 104 億 4,900 万円である。内訳は農作物が 72 億 3500 万円(そのう ちジャガイモ 31 億 4 千万円), 農地の流出や土砂の堆積のほか, 用水路や農道の損傷などが含ま れる。協同利用施設(野菜選別施設など)の被害は 3 市町で 5 件で, 被害額は 7,400 万円である。

		曲 나나 그는 옷로		T i i		曲坐			
町村名	農地箇所	度地面積	公共牧場	凹傾	4 14 14		日加山四		施設計
		(ha)		(ha)	ため池	現自上	用水路	排水路	
_ 音更町	1					1			1
士幌町									
上士幌町	1							1	1
鹿追町									
新得町	1	0.89						1	2
清水町	63	115.86	2	19.75			18	86	104
芽室町	29	104.5			2		6	15	23
中札内村									
更別村									
大樹町									
広尾町									
幕別町									
池田町									
豊頃町									
本別町	2	2.72						1	1
足寄町	2	7.63						1	. 1
陸別町									
浦幌町									
帯広市	10	59.95	5					27	27
言十	109	291.55		19.75	2	1	24	132	579.3

表-7.	2.	1	農地	•	農業施設	の	被害	箇所
<u> </u>								

平成28年8月豪雨による農地・農業施設の被害箇所(北海道農政部)2017.1.5

7.3 帯広市の農業災害の状況と特徴

帯広市地区は、日高山脈から流れ出る河川は大きく、大きな流水断面を持つ札内川と戸蔦別川 の2河川となる。被害区域はこの蔦別川と札内川流域に集中している。特に戸蔦別川が札内川に 合流する清川地区、その上流の上清川、岩内地区に被害が多く見られる。合流点の中島地区では 戸蔦別川の氾濫流水により、札内川堤防が外から侵食決壊する特異的な破壊が発生した。帯広市 には八千代公共牧場があり、その牧場内の一部の斜面が崩壊し道路を塞ぐ被害が発生している。 岩内地区で小規模な山丘の頂部付近から雨水が溢れ流出し、斜面崩壊が起った。この帯広地区に は小さな排水路が多数あり 27ヵ所で護岸ブロックや落差エブロックが損壊した。日高山脈を生 成した花崗岩を母材とする風化残積土からなる土砂(まさ土)が排水路から溢れ、近隣の農地に堆 積した農地が 19 ケ所ほどになっていた。まさ土は一般に粘着性に乏しい、通気性、透水性に富 み、わずかの水分を含んだだけで流動しやすく、降雨によって崩壊しやすく、土壌流亡が激しい 土である。帯広地区は平坦な畑地が多く、農地の降雨排水のためたくさんの排水路が配置されて いる。排水路の両護岸にコンクリートブロックで保護されている場合が多い。

図-7.3.1 は排水路の落差工付近の護岸ブロックが崩壊している状況を示す。図-7.3.2 は排水路の護岸ブロックが滑り落ちた状態を示す。落差工底部の減勢ブロックは完全に破壊され、その機能が消滅している。



図−7.3.1 排水路護岸ブロックの滑落



図-7.3.2 排水路の護岸部の水食

7.4 芽室町の被災状況と特徴

芽室町の被害地域は、日高山脈から十勝川にいたる平野部で、帯広市より耕地面積がやや小さ い。この平野部に美生川、渋山川、芽室川の3つの中河川が流下している。被害の多くは美生川 沿いの農地で洪水が発生している。途中から美生川から分離した小河川ピウカ川の両岸の農地侵 食被害が大きい。この分岐点より多少上流の上美生橋は中央の橋脚が洪水で流出して落橋した (図-7.4.1)。また芽室川上流の上芽室橋と日進橋でも落橋で通行止めとなった。芽室川の市街地 近くでの洪水と堤防決壊があり、芽室のスィートトコーン缶詰工場が浸水して操業停止となっ た。美生川の氾濫による被害が最も大きく、濁流により近隣の農地は侵食と土砂の堆積の被害を 受けた(図-7.4.2)。また、デントコーン畑など浸水したのと上美生のサブ乾燥施設なども浸水し た。美生川周辺農地の侵食、そして林地の侵食などがみられ、ピウカ川でも氾濫によってビート 畑などの土砂侵食と堆積物流入が発生した。久山川の氾濫では堤防の決壊(図-7.4.3)やアスファ ルト道路の崩壊などが発生した。芽室川では堤防決壊、近隣の馬鈴しょ畑の冠水および土砂流入 が起った(図-7.4.4)。また、上美生地域ではため池(ファームポンド)が2箇所損壊した。渋山 川沿いでは農地に土砂を堆積させた箇所が数箇所発生した。氾濫により堤防は決壊し、農地は完 全に流亡しその跡に土砂堆積となっている。



図-7.4.1 美生川にかかる上美生橋の崩落



図-7.4.2 美生川の氾濫による農地の水食被害



図-7.4.3 久山川の氾濫による堤防決壊

図-7.4.4 美生川の洪水による馬鈴しょ畑被害

7.5 清水町の被災状況と特徴

最も農地被害が多く,被害箇所は63ヵ所にも及びその面積は115haにも達した。この地 域は日高山脈から佐幌川までの距離が短く,芽室川,久山川,小林川,ペレベツ川などの小河川 が走っているが,大きな河川がなく無数の用水路と排水路が設置されている地域でもある。。御 影,旭山,羽帯,清水の4地区に分けられ,国営排水路が4条走っており,全快した石山頭首工 も設置されていた。剣山から流下する旭山地区を流れる久山川は,氾濫して多くの土石を農地に 堆積している。下流の御影地区ではさほど大きな農地被害は見られないものの,佐幌川に合流す る波田桐川に隣接する農地が被災し羽帯地区のホエオップ川沿いの農地で転々と土石流被害が生 じた。また,上小林川の中流の地帯でも国道38号線を横切って農地被害が発生している。この ように清水町では日高山脈から流れ出る小断面の河川が多く,また多数の排水路がある特異的な 農村形態を示している。小河川から溢れた流水は時には道路を流れ,そして時には側溝を深くえ ぐり農地を2m近く削って大きな溝を作って下流へ流れている(図-7.5.1)。その近郊の農家の土 台近くまで接近し,あわや家屋倒壊寸前のところも見られた(図-7.5.2)。



図-7.5.1 農地が侵食され深い溝が形成



図-7.5.2 河川氾濫で農家直近まで侵食

7.6 国道,道道,市町村道などの道路被害

増水した川では橋の流出,路肩の崩壊などで通行止めが多数発生した。国道は274号(日勝峠) 清水町で数か所,道道は55号線で3ヶ所,3市町村に及んでいる。市町村道では帯広市が4路 線で橋の流出が1ヶ所である。芽室町では9路線で橋の流出は5ヵ所である。最も多いのは清水 町であり,23路線が通行止めになり,その橋の流出は13ヶ所にも及んだ。特に,農道は市町村 道に属し,農地内にある耕作道などは含まれないが,作業道の決壊の実態は把握できない。道路 の損壊には,種々のパターンがあり,本線の半分や路肩が崩壊した例が多々見られた。また,洪 水河川からの濁流は時として湾曲部からは見出し,アスファルト舗装道路上を流れ,途中で側溝 を伝わり農地に侵入して,深い溝を創って,流化する例も見られた。河畔林に濁流が流れ込み, さらに道路を横断し流下した事例もあった。

7.7 営農用水の断水による酪畜への影響

台風 10 号の大雨で、貯水池や頭首工が激しく損傷したため、清水町や芽室町では水源とファ ームポンド、各農場をつなぐ水路が寸断した。JA ホクレンがタンクローリーを手配したり、消防 署が対応してファームポンドや個々の農家に水を運んだ。清水町では水源から貯水施設を経て農 場までの仮水路が確保され、町や JA が連日続けていた給水が必要なくなった。凍結に見舞われ る本格的な冬を前に、生命線である水の安定的に確保が早急な課題となった。清水町では経産牛 320 頭を飼育するある農家では安堵の表情をみせていた。営農用水の貯水施設(ファームポン ド)と農場を結ぶ水道管が復旧し、給水に頼った3ヶ月間に一区切りがついたようだ。

冬にも係わらず作業が続く酪農家にとって、断水は死活問題である。水が凍ると給水も満足に できず、牛の飲料水だけで1頭当たり1日100リットルほどが必要で、一般的な農家では40ト ンほど必要である。簡易的な井戸水と8トン分のタンクへの給水で対応してきた。

しかし水源からファームポンドと農場をつなぐ水道管に泥や石などが詰まったため,町や業者 の復旧作業でようやく通水にこぎ着けたる。災害に対処するため、本格的な井戸を掘ったところ もある。水質が良ければ営農用水からの切り換えもあった。こうした被害は数値に直接出てこな かった。

7.8 被災後の対応

開発局は豪雨で土壌が流亡した十勝地方の農地への河川改修の掘削土の搬入を始めた。ようや く土の確保できる見通しが立った農家から安堵(あんど)の声が上がったが,流亡農地が多く,土 の運搬・復旧は次年度以降まで続く見込みである。流亡農地の復旧には,十勝川と利別川下流部 の洪水対策として,川幅を広くするため掘削土を利用する。建設部のなどで決めた工事で,農家 に土や輸送の経費負担は発生しない。農家から安堵の声がするが養分改善が課題との声が上がっ ている。掘削土は軟弱で水分が多く含む泥炭土が多いため,堤防の盛土や道路などに使えず,こ れまでも農地の土壌改良に活用していた。掘削土を分析した JA めむろによると,養分のバラン スは良いが,改善する土づくりには長い時間がかかるとの見解である。

また農業用水に関しては清水町の水源「円山水系」の応急復旧工事と通水試験が11月15日に 行われた。清水,芽室両町の貯水槽ファームポンドに送水され,大半の農家で被災前と同じよう に水を使えるようになった。7芽室町の約20戸はファームポンドより先の水道橋が破損したた め,復旧は11月末になった。芽室川上流部で埋設した送水管が破損していることが発覚し,破 損ヵ所の特定や修繕に時間を要したので,復旧にずれ込みが生じた。

7.9 おわりに

百年一度とも想定される豪雨被害は膨大で,橋梁部の破損や崩壊,そして斜面の土砂崩れ,道 路の損壊などの交通網の遮断が多く発生した。農村での表土が侵食された農地や土砂堆積によっ て不能となった農地が多数見られた。最近は,200年に一度の豪雨との見解も出された。被害対 策としては河川堤防の補強はもとより,遊水池の設置が必要である。欧州の視察旅行でドイツや スイスの河川を多数見てきたが,洪水被害防止に遊水池の機能が大きいことを強調していた。普 段はビオトープとして利用され,環境に優しく,生物生息地としての意義も大きいかった。いず れにしても,再び豪雨被害に襲われないために,地震と同様に防災農村計画の策定も必要であ る。

第8章 総括

8.1 土構造物と関連インフラの被害の特徴

第4章~第6章に報告したように、平成28年8月の一連の台風に伴う北海道豪雨においては、 道路盛土・河川堤防・鉄道盛土といった種々の土構造物とそれに付随した施設が甚大な被害を受 けた。第3章で概観したように、今回の豪雨による降水量は多くの地点で例外的な水準に達して おり、空知川堤防の決壊や釧路川堤防の法すべりのように、越流による侵食や過剰な降雨浸透に よる土の強度低下といった、従来から豪雨に対して危険視されていたメカニズムによる土構造物 の被害が各地で見られた。一方で、山間部では土石流・表流水による盛土侵食、河川交差部では 河川水による橋梁取付盛土の侵食といった流水による土構造物の被害が、北海道では過去に類を 見ない水準の規模・数で見られた。これらの侵食が主体となるメカニズムは、少なくとも北海道 の地盤工学においては十分に検討されてきたものとは言い難い。図-4.4.10や図-4.4.17に見られ るように、橋梁自体の大部分は構造的健全性を保っているように見える場合でも、取付盛土が大 きく侵食・流出したために供用性を失う事例は数十にのぼった。低水護岸が整備されていながら も、今回の出水による侵食を防ぐには至らず護岸もろとも流出したケースが多く見られた。その 一方で、常呂川堤防のように越水が起こっても決壊に至らなかったケースもあり、その詳細な原 因は今後究明の必要があるものの、細粒分を多く含み、および/あるいは締固まった土構造物が 流水の作用に対してより粘り強く抵抗する可能性があることも示唆された。堤防に関する限り, 形状規定の歴史が長く、土質構成や締固めといった土構造物設計に必要不可欠の概念が適用され はじめたのは比較的近年のことである。緩い砂礫が主体の堤防は多数存在し、地盤-構造物系か らなるインフラにおいて地盤部分は依然として弱部として存在しているといえる。

今回の一連の被害調査から、沢部などの集水地形の影響も改めて認識された。集水地形は地下 水位の上昇による地盤強度低下につながるため、常時より土構造物の安定照査においては特別の 考慮が必要とされてきたが、今回のように多量の表面流が発生したと考えられるケースにおいて は侵食エネルギーが集中する箇所でもあり、侵食に関しても防災設計上特段の配慮が必要である ことが今回の教訓として得られた。また、沢部に加えて特に被害の集中が見られたのは国道 274 号日勝峠(日勝トンネル)・道東自動車道(狩勝第2トンネル)・JR 根室線(第4 落合トンネル) の事例のようにトンネル坑口であり、大規模な土石流や斜面崩壊の事例を先の章で多く報告した。 また、沢埋め部では排水溝や函渠の閉塞あるいは流量超過により盛土構造物が崩壊に至ったと疑 われる箇所が多く見られた。これらの箇所は従来より要対策箇所とは認識されているものの、過 去に類を見ない降水量とそれに伴う多量の地下水・表流水の影響が顕在化した形となった。

以上を総括すると,適切な材料選択や締固めなどにより強靭な土構造物を構築することの利点 は言をまたないものの,今回のような極端な豪雨に対して土質の強度そのもののみに抵抗を期待 することは難しく,適切な侵食・浸潤対策(堤防においては護岸設置,道路・鉄道盛土において は流水の十分なバイパス処理など)と合わせて盛土構造物を設計・構築していく必要があるとい える。

129

8.2 斜面・法面崩壊と関連インフラの被害の特徴

平成28年8~9月の台風上陸・接近に伴う大雨により,北海道の中央部〜東部にかけての山間部 で土石流や表層崩壊などの土砂災害が多発し,道路や鉄道などの社会インフラに大きな影響を与え た。以下に社会インフラが斜面・法面崩壊の被害に至った地形・地質的特徴と,日勝峠周辺での詳 細調査結果を基に,道路(国道)の斜面・法面被害について総括する。

8.2.1 斜面・法面崩壊の地形・地質的特徴

日高山脈周辺及び知床半島南岸とも斜面・法面崩壊が多発したが,その誘因はいずれも大量の 降雨である。その地形・地質的特徴について,以下に述べる。

(1) 日高山脈周辺

3.2.1 でも述べたように、日高山脈周辺の表層には比較的緩傾斜面である(化石)周氷河斜面が 広く分布している。これらの斜面に分布する周氷河斜面堆積物は低固結で角礫混じりの淘汰の悪 い地層を主体としており、大部分が水を通しやすい性質を持つと考えられる。すなわち、かなり の大雨が降っても保水が可能で崩壊に耐えると考えられるが、河川沿いや道路切土部は、斜面勾 配が急であり容易に崩壊を起こすと予想される。

一方,道路等社会インフラの観点からは、(化石)周氷河斜面は比較的緩傾斜で掘削も容易な堆 積物からなるため,道路等を施工しやすい。実際,国道 274 号の日勝峠周辺や国道 38 号の狩勝峠 周辺では,道路は、(化石)周氷河斜面堆積物の分布域に位置しており,崩壊の大部分は切土部で 発生している。

山裾~渓流沿いの緩傾斜部の被覆層としては周氷河性斜面堆積物のほか,過去の土石流堆積物, 段丘礫層,まさ土なども考えられそれぞれの工学特性や水理特性は異なるが,インフラ整備の観点 からは従来はこれらの差を意識した検討はあまり進められてこなかった現状にある。今後の詳細な 検討が望まれる。

(2) 知床半島南岸部

知床半島南岸部は基本的には海蝕崖からなり,後氷期以降,海水による侵食を激しく受けてきた ところである。海蝕崖の上には,段丘堆積物などの未固結堆積物が分布している。道路等のインフ ラ施設や家屋は,海蝕崖直下の狭小で細長い平地に立地せざるをえず,過去にも大雨等により海蝕 崖を中心とする斜面が崩壊し,災害を被ってきたところである。

今回の斜面災害は,斜面に残存している未固結堆積物が崩壊したケースが多いと考えられるが, 未固結堆積物の候補として過去の土石流堆積物,海成段丘礫層,周氷河斜面堆積物などが考えら れ,日高山脈周辺と同様,工学的特性や水理特性などについて今後の詳細な検討を進めていくこと が望まれる。

8.2.2 道路(国道)における斜面・法面崩壊の類型区分

伊東ほか(2017)¹⁾は日勝峠の国道 274 号沿いの斜面・法面災害 20 カ所の調査結果をもとに,道路 被害を以下の5つの類型に分類している。

1) 土石流等による道路と渓流の交差部における被害

2) 土石流・土砂流等が道路面を流れたことによる道路のり面等の被害

- 3) 道路のり面小段排水路からの溢水等による被害
- 4) 河川の側方侵食などによる道路側部の侵食に伴う崩壊
- 5) 含水比上昇等による道路のり面等の被害

類型 1)は、土石流や洪水流が渓流で発生したことによる、道路の渓流横断部での直接的な被 害である。横断管の容量を超える水量の流下、あるいは土石や流木などの目詰まりにより、道路 の上流側が滞留し、最後に、越流やパイピング、あるいは浸透破壊により道路盛土が崩壊したも のと推定される。設計を超過する水量の排水を、どのように考え、どのように対処していくかが 今後の課題となろう。

類型 2)は,道路面を流下した土石流・土砂流等が道路法面等に溢れて災害を引き起こしたも のである。発生源は大きく,①渓流を流下してきた土石流起源のもの,②枝道を流下してきた水 流起源のもの,③道路切土法面等の崩壊により堰き止められた道路脇の水路からの溢水を起源 とするもの,の3つが認められる。水流や土砂流が道路面を流下しやすいことに起因しており, 通常の土石流対策だけでなく道路面を流下する土石流や土砂流を適切に制御することが今後重 要となると考えられる。

類型 3)は道路法面小段に設けられた排水路(横断・縦断)が土砂堆積等で断面不足や目詰ま りを引き起こし,排水が切土法面に溢れて侵食されたり,排水路の側部が侵食されて崩壊に至 ったものである。個々の被害規模は小さいが,非常に多くの箇所で認められた。崩壊した道路切 土法面のほとんどが未固結の周氷河斜面堆積物で構成されていた。このような堆積物で構成さ れる道路切土法面の排水路の設計については,今後,検討を進めていく必要がある。

類型 4)は調査範囲内では日勝峠日高町側の最下流側の1箇所だけだが、より下流側での橋梁 被害を含めた多くの道路災害がこの類型に属しており被害規模も大きい。

類型 5)は類型 1)~4)に属さないタイプの道路斜面災害であり,例えば法面内の含水比上昇による斜面災害などがあり散発的に発生している。

8.2.3 まとめ

北海道では昨年,台風が4つも上陸・接近し,過去にない大雨や集中豪雨が報告された。社会 インフラの設計・整備における想定を遙かに超える大雨が,今回の災害をもたらしたと考えら れる。いっぽう,8.2.2 に例示したように斜面・法面災害にも多くの被災パターンがあり,それ ぞれの課題も見えつつある。気象・気候変動のパターンは従来と異なる状況に入りつつあるな か,単なる原型復旧ではなく災害発生に至る要因に応じた対策を,長期的な視点からきめ細か く進めていくことが望まれる。

8.3 今後に向けて

平成28年8月北海道豪雨による地盤災害調査団では,被害総額が道内の災害で過去最大規模 となったまさに歴史的な豪雨災害について,これまで全道各地の被害状況と復旧状況に関する 調査を行い,一連の台風に伴う豪雨による地盤災害の現象・事象の原因の学術的究明と,災害の 早期復旧並びに防災・減災技術の向上について検討してきた。本節では,今回の調査を通じて明 らかになったことを踏まえて,今後の道路・鉄道・河川堤防管理や防災・減災対策とこれに関連 する研究や行政に対する提言を整理する。

平成28年8月北海道豪雨災害の被害の特徴を通して見えてきた,今後の北海道の地域性を考慮した地盤工学研究や地盤防災行政を考える上で重要な技術的検討項目として,①雨慣れ・気象慣れしていない地盤の扱い,②従来の想定を超える豪雨対策の検討,③従来と異なる問題土・崩壊形態の顕在化の可能性,④豪雨時に地盤内に浸透しない表面流の扱い,⑤河道の蛇行・流路変動による土構造物の被害,の5点が挙げられる。まず各項目について以下で詳細検討する。

(1) 雨慣れ・気象慣れしていない地盤の危険度評価方法の検討

第4章で報告したように、台風10号の接近に伴う豪雨では、日勝峠と野塚峠の双方で斜面崩 壊が発生した。この際,日勝峠で連続雨量 488mm,最大時間雨量 55mm を,野塚峠で連続雨量 713mm, 最大時間雨量 34mm をそれぞれ観測している。対象地域の地形・地質などが異なるた め一概に両者の地盤災害を比較することはできないものの、日勝峠に比べ野塚峠の被害程度が 軽微のように見える。この一因と考えられるのは,地盤の雨慣れ・気象慣れが及ぼす災害への影 響である。過去 15 年間の年間総雨量を日勝峠と野塚峠で比較すると,野塚峠の年間総雨量は日 勝峠の倍となっており、既に危険斜面は崩壊して復旧・補強されているあるいは安定性が増し ている(雨慣れしている)可能性が高い。その結果が,今回のような被害程度の差になった可能 性もある。また、地盤が雨慣れ・気象慣れしていない場合、降水に伴う浸透流や地表流により地 盤内に新たな水道が形成され、地盤の排水機能・能力が変化し、地盤の耐災害性が変質すること により、新たな災害を誘発する可能性もある。北海道は、これまで台風や集中豪雨などの影響が 少なく降雨による土砂災害が国内の温暖地域(多雨地域)と比較して少なかったことから,雨慣 れ(降雨に対する斜面崩壊の慣れ)していない地盤が多い。このため、本州の多雨地域と比較し て北海道では、斜面崩壊の限界雨量が小さく、また同程度の豪雨が発生した場合には斜面崩壊 が生じ易く、地盤災害規模の拡大・深刻化が懸念される。これらは、今後「地盤の雨慣れ・気象 慣れが災害発生に及ぼす影響をどのように評価すべきか?」あるいは「変質する地盤災害の素 因・誘因をどのように考慮すべきか?」について、多雨地域との比較検討などを通して、気候変 動を想定した対応策を検討することの重要性を示唆している。

(2) 従来の想定を超える豪雨に対する防災・減災対策の検討

8.1 節や 8.2 節で言及したように、沢埋め部など従来要対策箇所と認識されていた箇所で、土構 造物の排水能力を上回るような想定外の降水量とそれに伴う多量の地下水・表流水により排水溝 や函渠の閉塞あるいは流量超過が生じ、被災に至ったと疑われる事例が散見された。このような 箇所では、豪雨に伴う地盤内に浸透できない表流水の存在とその経路が地盤災害を誘発したと考 えられる。したがって、前述のように、適切な材料選択や締固めなどにより地盤材料としての強 度増加策を検討するだけでなく、適切な排水処理による侵食・浸潤防止対策と合わせた総合的な 盛土構造物の設計施工・維持管理を模索する必要がある。この際、まずは、現行の排水設備の排

132

水能力の検証と今後の豪雨の可能性を想定してその妥当性の確認を行い,将来的な設計降水量 や排水設備の設置基準の見直しの必要性について検討するとともに,「設計降水量では対応でき ない確率降雨(例えば,400年に1回の降雨など)をどう対処すべきか?」についての議論を開 始することが望ましい。特に,後者については,近年の異常気象や気候変動を想定した場合,避 難勧告や通行規制などのソフト的な対策と合わせて,構造物の耐震設計における2段階設計法 のように降水量とその発生頻度に応じて設計条件を段階的に見直し,盛土・切土等の土構造物 の要求性能を変化させる適応策の検討も重要になると考えられる。

(3) 従来と異なる問題土・崩壊形態の顕在化の可能性

第4章や8.2節のように、今回の豪雨では、これまで大規模な土砂災害は報告されていない風 化花崗岩(まさ土)・周氷河性堆積物など従来と異なる問題土の顕在化の可能性が指摘されてい る。一方、従来、北海道で問題土と考えられてきた、火山灰質土、泥炭、蛇紋岩の3つの特殊土 については、台風10号の接近に伴う豪雨で被害の大きかった日勝峠など日高・十勝地方の災害 においてその関与はほとんど報告されていない。このように、これまで道内で地盤工学的な注目 度が比較的低かった地盤・土質が災害の発生要因として急浮上した理由は、過去20年間で観測史 上1位となる豪雨に起因していることは疑う余地はないであろう。そのため,今回のような記録 的な豪雨が発生すると、同じような地形・地質構成を持つ他地域においても同様の土砂災害が発 生する可能性があると言える。したがって、今後、予測される気候変動に伴って発生する可能性 のある北海道特有の新しい地盤災害形態の体系化や、被災履歴の少ない潜在的な地盤災害の危 険性の評価が,近い将来の地盤災害の防災·減災対策に重要な意味をもつことになる。より適切 な気候変動への適応策の構築には、「外力が過去の履歴を超えて増大した結果、どのような問題 が顕在化するか?」について、災害発生率と地形・地質情報、土質特性、降雨履歴との関係性の 整理を通して学術的な観点から新しい問題土・崩壊形態の顕在化の可能性を加味しながら考察 を深めるとともに、その結果を社会基盤施設の設計施工や維持管理に反映する行政的な仕組み の構築が必要である。

(4)豪雨時に地盤内に浸透しない表流水が地盤災害に及ぼす影響の検討

第4章や8.2節で報告したように、台風10号の接近に伴う豪雨では、直前の3つの台風によ り高い含水状態であった地盤に浸透できなかった大量の表流水が斜面崩壊などの地盤災害を誘 発した可能性が指摘されている。一般に表面流出は降雨強度が地盤の浸透能を上回る際に発生 するが、発生した地表流の沢部など集水地形への集中が、地表流量を増加させ表面侵食や流路 の拡大をもたらし、その結果として土石流や表面侵食型の盛土法面崩壊を引き起こしたと考え られる。したがって、地盤の浸透能以上の降雨強度が想定される場合には、「降雨時の浸透流に 加え地表流をどのように考慮して地盤・土構造物の広域リスク評価を行うか?」について検討 する必要がある。具体的には、地理・地形(斜面傾斜角を含む)、地質・地盤(地盤の初期含水 状態を含む)、道路や鉄道の付帯構造物などの各種情報を分析して、地表流の流路ネットワーク を推定し豪雨時の土砂災害危険箇所を抽出するとともに、設計降水量では対応できない確率降 雨に対する表流水誘導経路(e.g. 地表流の流出経路を考慮した中央分離帯の配置、トンネルや擁 壁など構造物の切れ目や変化点の扱い)などを考慮した、地表流の流出経路となりうる道路や 鉄道など線状構造物の設計方法や維持管理方法を再構築していくことが望ましい。加えて、上 記(2)、(3)項とも関係するが、地表流が斜面の不安定化に及ぼす影響などを考慮した災害発生 評価指標(積算雨量,土壤雨量指数,実効雨量など)についても検討する必要がある。一般に, 土砂災害の発生を予見するために,積算雨量・土壌雨量指数等のマクロ指標が広域災害リスク を簡易に判定する拠り所として現在広く用いられているが,異常気象や気候変動により豪雨な どの外力が過去の観測範囲を超えて増大する場合,従来の経験的なリスク評価手法では十分対 応できないことがある。特に,既往の雨量指標は,降雨量を基にした指標であるため,例えば流 域外からの地表流による表面侵食型斜面崩壊や時間遅れを伴う斜面災害のリスク評価には注意 を要する。したがって,北海道の広域土砂災害リスク評価は,今後の気候変動を見据え,このよ うな新しい形態の地盤災害にも適用可能な土砂災害発生危険度評価手法の構築と土砂災害発生 危険度基準線(CL: Critical Line)の設定を検討する時期にきていると考えられる。

(5)河川の蛇行・流路変動が地盤災害に及ぼす影響の検討

第5章や8.1節で報告したように、今回の豪雨災害では、降雨による河川増水に伴い、河川の 蛇行・流路変動による河岸侵食が発生し、道路のり面あるいは橋台背面が侵食・洗掘を受け、路 体が喪失した、あるいは計画高水位以上の流量を記録した結果、越水して、堤防の決壊や道路断 面の欠損(主に道路のり面部)などの被害が生じたと疑われる事例が散見された。このような箇 所では、流木による河道閉塞や流速の増加に伴う河川の蛇行が流路変動とそれに伴う河岸侵食を 招き、越流、洗堀、侵食等が発生したと考えられる。このため、今回と同規模の河川氾濫に伴う 近接土構造物の複合的な地盤災害リスクを予測し被害を軽減するには、「河川の流路変動をどの ように土構造物の設計施工・維持管理で評価するか?」について、河川工学と地盤工学が連携し て課題解決に当たる必要がある。例えば、水衝部や閉塞部など侵食エネルギーが集中し侵食や洗 掘が予想される箇所の防護対策(e.g. 越流箇所における地盤の構造的強化方法)の検討などは、 より適切な気候変動への適応策を構築する上で喫緊の課題である。

以上のような今回の豪雨災害の教訓を踏まえ、今次災害の災害検証とともに気候変動とその 適応策について考慮する防災・減災対策の実現に向けて、今後検討すべき課題は以下のような ものであろう。

- (1) 気候変動予測を土構造物の設計施工・維持管理にどのように利用するのか?
 - 気候変動を考慮すべきかどうか?
 - 気象情報の何をどう利用するのか?
- (2) 気候変動に伴う潜在的な地盤災害リスクにどのように対応するのか?
 - 構造物の設計施工・維持管理方法等を改定する必要があるのか?
 - 予防保全あるいは事後対応するのか?
 - ハード対策だけあるいはソフト対策と合わせて対処するのか?
- (3) 現時点で未解明あるいは未確認の要因についてどのように対処するのか?
 - 不確実性をどのように評価するのか?
 - 国内他地域の被災事例等の情報は参考にならないか?
- (4) 関連研究分野(学協会)との連携をどのように考えるのか?
 - 流域で考える場合,水文工学・河川工学系との議論が不可欠ではないか?
 - 地すべり、農業土木、地質等の関連学協会との連携は必要ないか?
- (5) 広域の災害発生予測・危険度評価法をどのように構築するのか?
 - セクターを超えた土砂災害履歴情報の共有・集積・管理ができないか?

 被災メカニズムの予測・解明に向けたモニタリング手段の強化,強化復旧対策の効果検 証のフォローアップをできないか?

今回の大規模災害を踏まえて新たなステージに踏み入れた感のある,北海道の地盤災害の防 災・減災対策の推進に際しては,土木構造物の場合,供用期間が長期に亘ることを考慮して,社 会全体で危機感を共有しながら早期に取り組む必要がある。とりわけ本節で提起された地盤防 災に関する技術的・社会的な課題については,産官学が連携して取り組む体制の構築が不可欠 である。今後,本調査団の提言も取り入れながら具体的な施策が立案,実施されることが期待さ れる。

なお,(公社)地盤工学会 北海道支部では,気候変動に伴い変質する積雪寒冷地の地盤災害の 潜在的な被災危険度について検討し,近い将来に北海道で発生する可能性のある地盤災害に備 えるために,「気候変動に伴う積雪寒冷地の地盤災害リスクに関する研究委員会」(委員長:北海 道大学 石川達也教授)を設立して,昨年度までの3年間に及ぶ活動を行い,委員会報告を発行し ている。北海道の地盤防災工学の今後を見据え,我々地盤技術者・研究者は今何をすべきなのか を再考する際の一助として,本報告書と合わせて,ご参照いただければ幸いである。

参考文献

1) 伊東佳彦,倉橋稔幸,角田富士夫,山崎秀策:2016年台風 10 号による北海道日勝峠周辺の道 路斜面災害について,第52回地盤工学研究発表会(DVD), No.0936,2017.