

北陸地方で発生した豪雨による道路の被災状況等を踏まえた被害軽減対策

Countermeasure for reducing damage based on situation of road disaster by downpour having occurred in the Hokuriku region

北野 仁郎*, 宮島 昌克**, 北浦 勝 ***

Jinro Kitano*, Masakatsu Miyajima **and Masaru Kitaura ***

*金沢大学大学院自然科学研究科環境科学専攻 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)

**工博, 金沢大学教授, 理工研究域環境デザイン学系 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)

***工博, 金沢大学名誉教授 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)

In this paper, the situation and the restoration construction method of the road disaster by the downpour having occurred in Hokuriku region were examined, and the strategy to reduce damage was considered. Many roads were damaged by water level raising and water impact in the rivers in Ishikawa/Toyama downpour in July 2008 and in Fukui downpour in July 2004. We pointed out that understanding not only the main body of the road but also the mountain and valley sides of the road are necessary at the road disaster prevention check based on our survey. In addition, the necessity that the information transmission system must be established between the adjoining municipalities and between the different road managers even in outside working hours was described.

Key Words: downpour, road damage, reducing damage, information

キーワード: 豪雨, 道路災害, 被害軽減, 情報

1. はじめに

我が国は主として温暖湿潤気候帯にあり、山地部が多いことから、豪雨や土砂災害などによって、毎年各地で道路に被害が生じている。特に近年頻発している記録的な集中豪雨による予想を超える被害は生活に大きな影響を及ぼしている。図-1は、大雨発生回数の長期変化を表している。同図から、大雨発生回数が年々上昇していることがわかる。すなわち、100地点当たりの1時間降

水量が50mm以上の年間発生回数は1976年からの11年間は16.0回、87年からの10年間は17.7回(+11%)、97年から2006年までは23.2回(+31%)と10年ごとに伸び率も増加している。また、日降水量200mm以上の雨については12.3回から13.7回(+11%)、18.5回(+35%)であり、20年前に比べ1.5倍に増加している。

短時間強雨は集中的に地盤に影響を及ぼすことから、比較的良好な地盤でも被災する場合がある。実際近年の豪雨では、過去に被害がなかったところでも、地すべり、

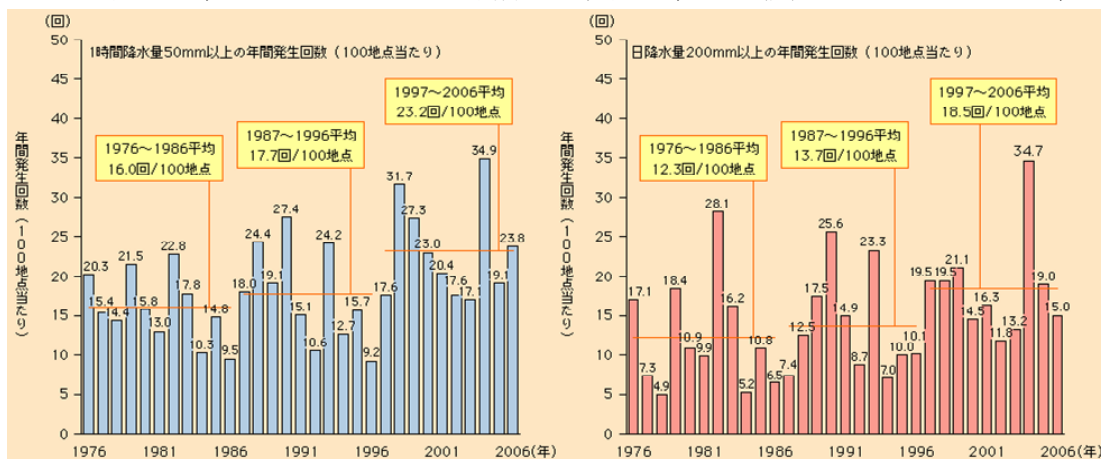


図-1 アメダスでみた大雨発生回数の長期変化 (1976~2006年) ¹⁾

土砂崩れ、土石流などの災害が発生している例が多い。

また、我が国では今後さらに高齢化、過疎化の進行が予想されることから、災害時に孤立集落が発生した場合の対応が懸念される地域も多い。これまで降雨の状況と道路の被害及びその復旧などについての報告はある^{2),3)}が、今後は被害を軽減させることや早期に供用させるための方策についての研究が重要であると考えられる。

本研究では、近年北陸地方を襲った豪雨について、道路の構造的な被災状況や復旧工法などを調べ、通行止めや通行規制など社会的な影響も含めて、その被害を軽減させるための対策をハードとソフトの両面から考察することを目的としている。

2. 北陸地方を襲った豪雨と被害の概要

2.1 2004年7月福井豪雨

7月18日に日本海から福井県に延びる梅雨前線の活動が活発化し、強い雨雲が福井県嶺北地方に流れ込んだ。そのため、福井県嶺北地方の雨量観測点は、18日の0時過ぎから所々で激しい雨を観測し始め、図-2で示すように、特に明け方から昼間にかけては嶺北地方を中心に1時間に80mm以上の猛烈な雨を観測した。昼頃からは、雨は小康状態となった。

住家被害は全壊57棟、半壊139棟、床上・床下浸水13,637棟、一級河川九頭竜川水系で9箇所の破堤という大災害が発生した。足羽川流域では、福井市内の天神橋上流域の流域平均連続雨量は268.7mm、6時間連続最大雨量は228.9mmであり、総降水量のおよそ85%が6時間に降る短時間の強雨であった⁵⁾。福井県としては未曾有の局地的短時間豪雨であり、かつ、雨の降り方は6時間の雨量確率では約1/1,000を示し、過去の主要洪水との比較において極めて特異であったといえる⁶⁾。

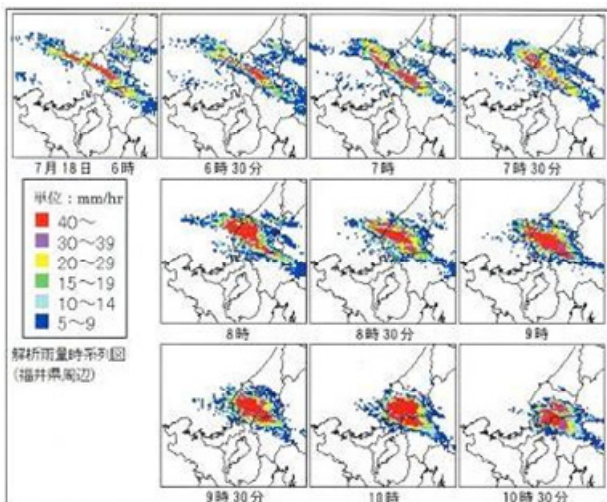


図-2 レーダーアメダス解析雨量⁴⁾

2.2 2008年7月石川・富山豪雨

7月27日12時には前線が日本海から北陸地方に停滞

していたが、その後石川県付近をゆっくり南下した。この前線にともない、加賀沖から能登沖にかけて強い雨雲が観測されていた(図-3)。28日未明から早朝にかけて、石川県内では金沢市などで1時間に100mmを超える激しい雨が降り、同市の浅野川が氾濫した。浅野川流域平均での降雨の確率評価は約200年に一度であった⁸⁾。金沢市災害対策本部は、8時50分浅野川流域の20,739世帯、50,453人に避難指示を出した。また、2,323棟の家屋被害があった⁸⁾。浅野川が氾濫したのは、1953年8月以来55年ぶりであった⁹⁾。一方、富山県内においても28日早朝から、局地的に1時間に100mmを超える猛烈な雨が降り、各地で土砂崩れや浸水の被害が発生した。

今回の豪雨における人的被害は、石川県ではなかった¹⁰⁾が、富山県では、富山市で乗用車が土砂崩れに巻き込まれ1人が重傷となり、南砺市で家屋倒壊などにより2人が軽傷を負った¹¹⁾。また、金沢市及び金沢市と接する富山県南砺市では、土砂崩れにより多くの箇所道路が通行止めとなり、孤立集落も発生した。県境付近の南砺市の城端ダムで記録した時間雨量112mmは300年確率に相当する雨量であった¹²⁾。

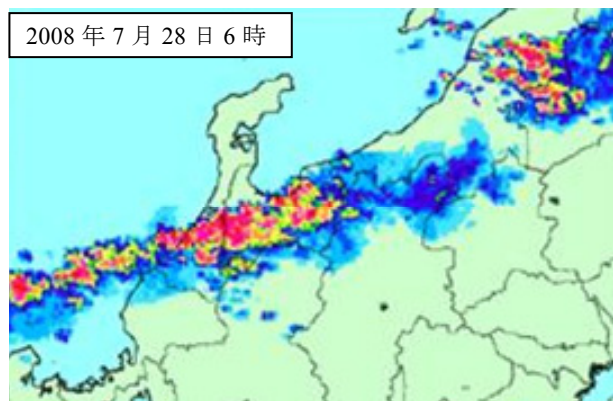


図-3 レーダーアメダス解析雨量⁷⁾

3. 豪雨による道路の被災状況と復旧

3.1 2004年7月福井豪雨

国管理の国道で2箇所、県管理の国道、主要地方道(以下(主)と記す)及び一般地方道(以下(一)と記す)で62箇所、市町村管理道路で756箇所において、事前規制と被災による全面通行止めの通行規制が行われた(表-1)。北陸自動車道福井北ICでは、一時通行止めとなった。

道路の通行規制要因のうち、もっとも多いのは冠水及び冠水・崩土で538箇所(全体の66%)であった(表-

表-1 道路の通行規制(全面通行止め)箇所数⁶⁾

管理者	事前規制	冠水	崩土	冠水・崩土	道路流失	法面崩壊	その他	合計
国		2						2
福井県	9	7	15	4	5	5	17	62
市町村	11	330	48	195	25	114	33	756
合計	20	※339	63	※199	30	119	50	820

1 中の※を付した箇所数の合計)。また、道路流失（写真-1）によるものが県管理道路で5箇所、市町村管理道路で25箇所あった。さらに、県管理道路におけるその他の



写真-1 足羽川の氾濫による道路流出
国道157号（大野市中島）⁶⁾



写真-2 法面崩壊による被災状況
(一)徳光鯖江線(鯖江市大正寺町)⁶⁾



写真-3 仮復旧状況(同上)⁶⁾

表-2 通行規制の状況（福井県管理道路）^{6), 13)}
2004年8月26日現在

要因	全面通行止め (a)		aのうち 仮復旧(b) (片側交互通行を含む)		aのうち 通行止め解除 (c)		現時点での 全面通行止め (a-b-c)	
	路線数	箇所数	路線数	箇所数	路線数	箇所数	路線数	箇所数
事前規制	7	9	1	1	6	8	0	0
冠水	5	7			5	7	0	0
崩土	11	15	6	8	5	6	1	1
冠水・崩土	4	4	1	1	3	3	0	0
道路流失	3	5	1	2		1	2	2
法面崩壊	3	5	1	1	2	4	0	0
その他	13	17	7	7	5	9	1	1
合計	30	62	-	20	26	38	4	4

通行規制要因のうち、護岸決壊が1箇所、堤防からの漏水が1箇所であったことから、河川の護岸の被災などにより道路が被災した箇所が相当あったことがわかる⁶⁾。道路流失などにより、途絶えたライフラインも多くあり、生活に大きな影響を及ぼした⁶⁾。

仮応急工事として、土砂埋塞箇所の崩土除去、路側決壊箇所や法面崩落箇所の土のうや仮設柵の設置が行われた（写真-2, 3）。

懸命の仮復旧作業により、概ね1ヶ月後の県管理道路の通行規制状況は表-2のようになった。

3.2 2008年7月石川・富山豪雨

この豪雨では、石川・富山県境付近での雨量が特に多かったことから、金沢市と南砺市において大きな被害が発生した。県境付近の通行規制箇所を図-4に示す。また、石川県及び富山県の道路の被災状況は表-3, 4のとおりである。豪雨発生は早朝でもあり、対応が後手に回った面もある。したがって、早朝、深夜など道路管理にあたる担当者の通常の勤務時間外でも、気象情報の把握や連絡及び出勤が円滑に行えるような体制の整備が必要である。石川・富山県際道路の(主)金沢湯涌福光線に関し、両県とも雨量による事前通行止めは間に合わなかった。石川県では通行止めの基準値を超える24時間雨量(110mm)を、降り始めから2時間後の7時に観測したにもかかわらず、実際の通行止めは被災後の12時となった¹⁶⁾。また、富山県においても通行止めの基準値を超える時間雨量(40mm)及び連続雨量(120mm)を、降り始めから2時間後の7時に観測したにもかかわらず11時まで通行止めの規制はされなかった¹⁷⁾。結果として、両県の通行止めの時間が異なった。しかし短時間強雨では、最悪の場合、対応が後手に回ることや予期しない被害の生じることが考えられる。そこで、雨量データを基に、事前通行規制の基準値(通行注意、通行止めの規制基準値)を再評価(基準値を下げる)することが必要であると考える。



図-4 通行規制箇所(石川・富山県境付近)

表 - 3 石川県側の通行規制状況¹⁴⁾

2008年8月25日現在

路線名	区間・箇所	被災状況	規制内容	通行規制解除状況	備考
(一)金沢停車場北線	金沢市堀川町①	路面冠水	通行止め	7月29日5:00 通行止め解除	
(主)金沢小松線	金沢市四十万町	路面冠水 (アンダー水没)	通行止め	7月28日10:20 通行止め解除	
(一)芝原石引町線	金沢市上山町～小菱池町②	崩土、 路肩決壊等	通行止め	片側交互通行 へ切替	
(一)芝原石引町線	金沢市上山町～小菱池町③	応急復旧(土のう)による幅員減少のため	大型車のみ 通行止め	関係車両は 通行可	
(一)倉谷土清水線	金沢市上辰巳町～犀川ダム④	崩土、 路肩決壊等	通行止め	片側交互通行 へ切替	
(主)金沢湯涌福光線	金沢市浅川町～芝原町⑤	路面冠水、 崩土	通行止め	7月29日7:00 通行止め解除	
(一)向栗崎安江町線	金沢市七ツ屋町	路面冠水 (アンダー水没)	通行止め	7月28日15:00 通行止め解除	
(主)金沢湯涌福光線	金沢市板ヶ谷町～県境⑥	道路決壊、 崩土	通行止め		
(主)金沢湯涌福光線	金沢市芝原町～板ヶ谷町⑦	崩土、 路肩決壊等	通行止め	片側交互通行 へ切替	

表 - 4 富山県側の通行規制状況¹⁵⁾

2008年8月13日現在

路線名	区間・箇所	被災状況	規制内容	通行規制解除状況	備考
国道156号	南砺市利賀村新山	沢からの土砂流出	通行止め	7月30日 関係者 時間通行可 8月13日 関係者 終日通行可	孤立集落 祖山地区 18世帯
国道156号	南砺市祖山	道路流出	通行止め		
国道156号	南砺市杉尾	沢からの土砂流出	通行止め	8月13日 関係者 終日通行可	
国道304号	南砺市大堀屋～下梨⑧	法面崩壊 外	通行止め	8月5日10:00 通行止め解除	
国道471号	砺波市庄川町湯谷～南砺市利賀村利賀	沢からの土砂流出 外	通行止め	7月29日17:00 通行止め解除	片側交互通行 4箇所
(主)金沢湯涌福光線	南砺市才川七～立野筋⑨	道路欠損 外	通行止め	8月1日 関係者 時間通行可 8月5日 関係者 終日通行可	孤立集落 立野筋地区 8世帯
(主)金沢湯涌福光線	南砺市立野筋～刀利ダム⑩	道路欠損 外	通行止め		
(主)利賀河合線	南砺市利賀村北島～上島	道路欠損	通行止め	8月9日12:00 通行止め解除	孤立集落 奥大助場地区 3世帯 千束地区 5世帯
(主)利賀河合線	南砺市利賀村田ノ島～利賀村大助場	沢からの土砂流出	通行止め	7月29日17:00 通行止め解除	
(一)日中福光線	南砺市樋瀬戸～日中⑪	沢からの土砂流出	通行止め		
(一)長楽寺福光線	南砺市北野～信末⑫	北信橋被災	通行止め		
(一)才川七城端	南砺市立野原西～千福⑬	道路冠水	通行止め	7月28日18:30 通行止め解除	
(一)城端嫁兼線	南砺市立野原～七曲⑭	法面崩壊	通行止め	7月28日18:30 通行止め解除	

特に被害が大きかった(主)金沢湯涌福光線(金沢市～南砺市)の被災状況は、次のようであった^{16), 17)}。

(1) 石川県

被災の特徴としては、浅野川の上流部で水位が上昇したことによるものが多かった。すなわち、水衝により護岸でもある擁壁の脚部が洗掘されて倒壊した。また、横断排水路の吐口が冠水したことにより排水能力が低下し、その結果呑口部でオーバーフローし、道路が被災したと考えられる箇所が多くあった(写真-4)。河川沿いの被

災状況については、2004年7月福井豪雨時の足羽川上流に見られる道路流失(写真-1)と状況がよく似ていた。



写真-4 護岸と横断排水施設の被災箇所の復旧状況
(主)金沢湯涌福光線(金沢市横谷町)

(2) 富山県

被災の特徴としては、道路山側の沢筋からの出水による道路本体及び谷側路肩の欠損や道路上での流出土砂の堆積などである¹²⁾。

通行止めの解除のための作業が両県において進められたが、県道以上の主要な道路の通行止めがすべて解除されたのは、9カ月後の2009年4月30日となった。それによって、石川県から富山県への県境を越えての主要な道路の通行がすべて可能となった。

4. 被災状況を踏まえた減災対策

4.1 道路防災点検の実施方法の見直しと対策工事

安全で信頼性の高い道路を維持するために、各道路管理者によって、日頃からパトロールや補修が行われている。また、豪雨・豪雪等に対する安全性に関する道路防災対策については、1996年度に全国で道路防災総点検が行われ、これに基づいてその対策が推進されてきた。点検対象項目は、落石・崩壊、岩盤崩壊、地すべり、雪崩、土石流、盛土、擁壁、橋梁基礎の洗掘の8項目である¹⁸⁾。

また、道路防災総点検により、道路沿いの危険箇所はかなりの箇所が抽出され、要対策箇所、カルテ対応箇所、対策不要箇所が選定されて、計画的な対策や防災カルテによる継続的な監視が行われている。

カルテ対応箇所とは防災カルテによる継続的な監視を要する箇所のことであり、将来的には対策が必要となる場合が想定されるものの、当面防災カルテによる監視などで管理していくこととされている箇所である。防災カルテは、日常の道路パトロールなどの際に、斜面の変状などを容易に発見することにより、対策工や通行規制など、的確な対応を可能とするためのチェックシートである。また、点検箇所ごとに想定される災害、点検の時期、点検の方法、点検すべき変状の位置、内容、災害要因を把握した場合の対応策を記しているものである¹⁹⁾。

しかし、上記の被災状況からみて、河川の氾濫の恐れの有無も含めた河川側についての安定度調査も行う必要があったと考えられる。つまり、斜面と河川の間に

道路については、落石・崩壊など山側の形状による点検区分だけでなく、河川水の影響についての評価も必要であったのではないかと考えられる。ちなみに、(主)金沢湯涌福光線の石川県側に関しては、すべての点検区分が落石・崩壊であり、河川水の影響についての配慮はされていなかった²⁰⁾。河川水の影響を調べて、護岸でもある擁壁の脚部の補強や横断排水路の吐口の位置を上げるなどの対策を講ずるべきであった。

また、富山県側の被災状況として、豪雨により山側からの土砂を含んだ水が横断排水施設の流下能力を超えて出てきて、路面に土砂が堆積したり、路肩崩壊を生じさせたりしている箇所が多かった(写真-5)。当路線に多い落石・崩壊の点検箇所の安定度調査表の要因には横断排水施設についての項目はない。しかし、山側からの出水が集中するような箇所については、落石・崩壊など山側の形状による点検区分だけでなく、土石流としての点検も必要であったのではないかと考えられる。ちなみに、(主)金沢湯涌福光線の富山県側の被災した点検箇所はすべて落石・崩壊の点検箇所であり、溪流の横過構造についての配慮はされていなかった²¹⁾。

道路の横断排水施設の設計にあたっては、一般的に降雨確率年を7年あるいは5年としている。また、道路管理上重要性の高い横断排水施設については30年程度としている²²⁾。しかし、このような激しい雨が降る確率が年々上昇していることから、今後はすべての横断排水施設についても30年程度の降雨確率で設計することを検討する必要がある。一方、流木や土砂、岩石を含むことがありうる場合は、道路土工・排水工指針²³⁾に示されているように別途対策が必要である。



写真-5 (主)金沢湯涌福光線(南砺市刀利)

4.2 災害の影響拡大防止

前述したように、道路本体の被災だけでなく河川の護岸の被災などにより道路が被災した箇所が相当あった。道路流失などにより、途絶えたライフラインも多くあった。したがって、再度災害防止の観点から、復旧にあたっては周辺箇所も点検し、問題が発見された箇所の補強を行うことや、現地の地形などによってはライフラインや道路の保護のために道路占用物の位置を見直すことも必要である。

また、早期の規制解除を可能とするため、上記の豪雨の応急工事にあたっては、土のうや仮設柵及び仮設橋梁などを、各土木事務所の備蓄資材や災害協定を結んでいる建設業者等から調達した。今後もこのような豪雨災害に備え、資機材の備蓄量及び備蓄箇所の把握が容易にできるように広域的な体制づくりも必要である。

5. 情報収集及び連絡体制・初動体制の強化

局所的な豪雨時には、極めて短時間に被害が発生することから、その影響を最小限にするためには、速やかな初動体制が重要となる。2008年7月石川・富山豪雨では、石川・富山県際道路の通行止めの対応がそれぞれ異なったが、最悪の場合、対応が後手に回ることが考えられる。両県とも、日頃から緊急時の体制作りや防災訓練を行うとともに、気象情報の把握・監視に努めていたものと思われるが、記録的な豪雨での対応の困難さを示したものと考えられる。

したがって、非常時を想定し、過去の災害の状況などを熟知している地元建設業者を、危機管理のパートナーとして、地域の安全確保のために協力を得られるような体制づくりも必要である。さらに、土木事務所から離れている地区などにおいて、行政の対応が遅れることから、官民の土木技術者OBに担当区域を見守ってもらい、専門的な立場からの情報収集や伝達発信を依頼するようなシステムを構築すべきである。また、訓練にはこれらの人々にも参加してもらう必要がある。

今回の豪雨では、隣接自治体との連携を図ることの重要性を再認識したが、今後はこのような豪雨も想定した連絡調整会議や合同訓練を継続的に実施するような仕組みづくりも必要である。

ところで大雨などの気象情報の収集や情報提供に関しては、以下に示すように、近年相次いで新しいシステムがつくられたり、サービスが始まっている。例えば、2010年5月から大雨などの警報、注意報を市区町村単位に細分化し発令する気象システムが始まった。身近な市区町村名の防災情報にすることで、住民への注意喚起や自治体の避難指示・勧告の判断支援に繋がる。また、細分化により、必要のない市区町村への警報・注意報の発表が防げ、情報への信頼性が向上することになる。

また、国土交通省では高精度の観測が可能なXバンドMP(マルチパラメータ)レーダーにより、雨が降り始める前から積乱雲の動きをキャッチして発達過程を詳しく監視し、迅速に情報発信するような体制を整備しつつある。2010年7月からは、降雨観測情報(web画像)を一般に配信することとなった²³⁾。今後、この情報を活用することにより早期の避難行動や防災活動が可能となる。情報の有効活用の例として、国には自治体と連携し住民や地域の自主防災組織などに情報が確実に伝わるようにメール配信などきめ細かなシステムづくりを提案する。

2004年7月福井豪雨では、情報提供や情報交換に関する課題が指摘された²⁴⁾。福井県では、災害情報の迅速かつ確かな収集・伝達の強化を図ることを目的として、防災行政無線システムを260MHz帯デジタル方式に2006年度から2007年度で整備を進めた²⁵⁾。今後、局地的ゲリラ豪雨の発生も多くなると予想されることから、各自治体においても整備が望まれる。その情報をもとに道路利用者に対し、事前の通行注意の情報提供や通行止めの措置が速やかに行われることが期待される。

6. 結論及び今後の課題

2004年7月福井豪雨や2008年7月石川・富山豪雨では、河川の水位上昇や水衝によって被災した道路が多かった。また、山間部では斜面崩壊や土石流などによって道路が被災し、自動車の通行が不可能となった箇所も多くあり、孤立集落も発生した。

2008年7月石川・富山豪雨では、石川・富山県際道路の通行止めの対応がそれぞれ異なったが、最悪の場合、対応が後手に廻ることや予期しない被害の生じることが考えられた。被災した道路の現地調査の後、応急復旧工事などにより通行止めの解除がなされるが、通行止めが長期にわたることもあった。

このようなことから、北陸地方で発生した豪雨による道路災害の状況や復旧工法などを調べ、被害を軽減するための方策などについて考察した。

その結果、道路防災点検などの道路管理業務にあたっては、道路本体だけでなく、道路の山側谷側の状況を把握することが必要であることがわかった。

また、早朝、深夜など道路管理にあたる担当者の通常の勤務時間外でも、気象情報の把握や連絡及び出動が円滑に行えるような体制の整備が課題であることを指摘した。さらに、隣接する自治体間や異なる道路管理者間の情報伝達システムを確立する必要性を述べた。このため、雨量データを基に、事前通行規制の基準値（通行注意、通行止めの規制基準値）の再評価も考えられる。

今後の課題としては、新たなシステムとして整備されつつあるXバンドMPレーダーについて、その能力を把握し、データを積み重ねることによって、予測と連動した事前通行規制の手法を検討することも考えられる。

参考文献

- 1) 国土交通省：国土交通白書2008，p.9，2008年5月。
- 2) 例えば，東康雄，宮崎県県土整備部道路保全課：台風14号被災にみる宮崎県の災害対策の課題，道路，pp.16-19，2007年7月。
- 3) 例えば，南正昭：防災点検データを用いた道路網整備計画の一評価技法，土木計画学研究・論文集，vol.17，pp.811-818，2000年。
- 4) 福井地方気象台：解析雨量（広域）2004年7月18日6時から10時30分まで（30分間隔，1時間雨量）。
- 5) 玉井信行：平成16年7月北陸豪雨について，土木学会誌，Vol.89，pp.15-16，2004年12月。
- 6) 福井県土木部：平成16年7月福井豪雨災害誌，2005年11月。
- 7) 金沢地方気象台：平成20年7月28日に発生した石川県内の大雨に関する気象速報，2008年7月28日。
- 8) 石川県 局所的豪雨に対応した新たな河川管理検討委員（第三者委員会）：第1回委員会説明資料，2008年8月25日。
- 9) 北國新聞：2008年7月28日（夕刊）。
- 10) 石川県危機対策課調べ，2008年7月30日現在。
- 11) 富山県防災危機管理課調べ，2008年7月30日現在。
- 12) 富山県砺波土木センター 大塚敏正：「7.28豪雨による道路防災と初動体制」，建設技術研究発表論文集No.21，富山県建設技術協会，pp.34-41，2008年。
- 13) 福井県：福井豪雨の報告及びダムの効果について，2004年8月31日。
- 14) 石川県道路整備課：平成20年豪雨による県道の通行規制図，2008年8月25日。
- 15) 富山県砺波土木センター：7月28日の豪雨による被害状況について，2008年8月。
- 16) 石川県県央土木総合事務所資料，2008年7月。
- 17) 富山県砺波土木センター資料，2008年7月。
- 18) (財)道路保全技術センター：道路防災点検の手引き（豪雨・豪雪等），2007年9月。
- 19) 建設省：平成10年度重点施策。
<http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/policy/h10sesaku/jyuutenmokuji.htm>，1998年。
- 20) 石川県県央土木総合事務所：平成8年度道路防災点検，1997年。
- 21) 富山県砺波土木センター：平成8年度道路防災点検，1997年。
- 22) (社)日本道路協会：道路土工 - 排水工指針，p.3，1977年6月。
- 23) (社)日本道路協会：道路土工 - 排水工指針，pp.207-220，1977年6月。
- 24) 国土交通省：XバンドMP（マルチパラメータ）レーダの降雨観測情報（web画像）の一般配信について，http://www6.river.go.jp/riverhp_viewer/entry/y2010ec85699aaa40e85617c79d210fae55e24ff000a17.html，2010年7月5日。
- 25) 平成16年7月豪雨足羽川洪水災害調査対策検討会：足羽川洪水災害調査対策検討報告書，2005年3月。
- 26) 260MHz帯デジタル防災行政無線システム共同利用に関する調査検討会：260MHz帯デジタル防災行政無線システム共同利用に関する調査検討報告書，2009年3月。

(2010年8月6日受付)