被災事例に基づいた洪水氾濫による道路盛土法肩洗掘の被害発生条件の検討

名古屋大学大学院　学生会員　○野村　竜矢
名古屋大学大学院　正会員　　椿　涼太

1. 目的

氾濫原に配置された道路盛土などの線状盛土構造物は，洪水氾濫の広がりや浸水深に大きな影響をあたえる．一方で，大規模な洪水氾濫が発生すると，線状盛土が流水により破壊される例も少なくない．従って，大規模な洪水氾濫現象を事前評価する際には，線状盛土の破壊を考慮することが望ましい．このような背景のもと，氾濫原の道路盛土の破壊条件を，2016 年 8 月の北海道空知郡南富良野町の洪水氾濫 (図 1) により生じた，道路盛土法肩洗掘の被災事例 (例えば図 2) を基に検討する．

2. 被害発生条件の検討方法

(1) 被害発生条件の分析方法

道路盛土の法肩洗掘は，法面の侵食が進行し，法肩部分の舗装が崩落した結果と考えられる．河川堤防にも同様の法面侵食が見られるが，破壊要因としては洪水氾濫流の越流量と継続時間が，耐久性については盛土表面の植生の耐侵食性や盛土の材料特性が規定要因であろう．洪水流の越流状況を把握するために，iRIC (Nays2D flood ver.5.0)[1] による氾濫解析を実施した．解析条件として用いた河川流量は RRI Model[2]により算定し，解析対象範囲の堤内地盤高及び河道の河床高は平成 18 年度の LP データ及び出水後の河床高 [3]を用いている．また，本出水については，松本ら [4]が詳細な氾濫状況の分析を行っており，本検討の氾濫解析では，同資料を基に，解析結果の再現性検証を行った．盛土の耐久性は，河川堤防の構造検討の手引き [5]で使われている平均根毛量で代表した．また，被災の有無は被災当時の写真等を参考にしつつ，氾濫解析のメッシュサイズである 5m ごとに解明した．

(2) 被害発生確率の算定方法

洗掘の発生条件は，上記の規定要因のみでなく，特に局地的な水の集中や電柱・ガードレールなどの施設による抵抗の影響を受け，不確実性が大きい．さらに，破壊要因の算定値の各種誤差も避けられない．本検討では，このように確定的に表すことのできない法肩洗掘事例を，実用的な評価ツールとして実績のあるフラジリティカーブの概念を用いて整理した [6]．

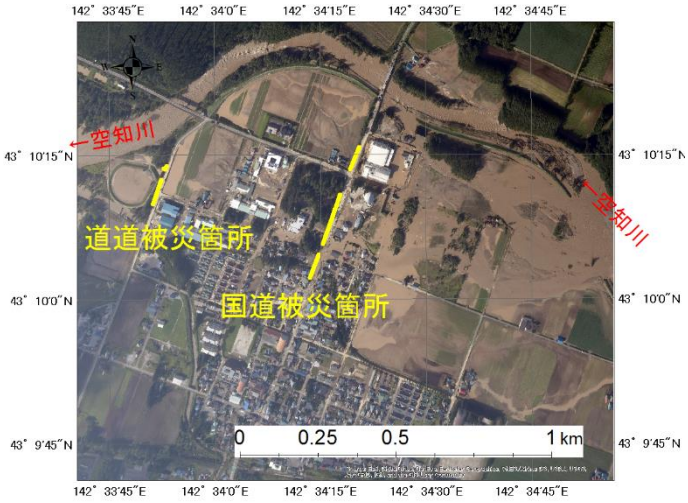

図 1 被災箇所の概要

図 2 被災の例

3. 結果及び考察

盛土越流水深と盛土高さに対する後背水深の比を用いて，被災の有無を整理した (図 3)．越流水深が大きいほど被災しやすい傾向がある．一方で，越流水深が大きいにもかかわらず，被災していない箇所も見られる．これらの箇所は，盛土高さに対する後背水深の比の値が大きいことが見て取れる．盛土高さに対する後背水深の比が大きいことは，法面が水に浸かっており，盛土を越流する氾濫流による法面侵食作用が小さくなることを意味している．このような場合，越流水深によらず被災は起こりにくいものと仮定し，盛土高さに対する後背水深の比が 0.56 未満を対象に越流水深を説明変数として被災確率を算定した (図 4)．

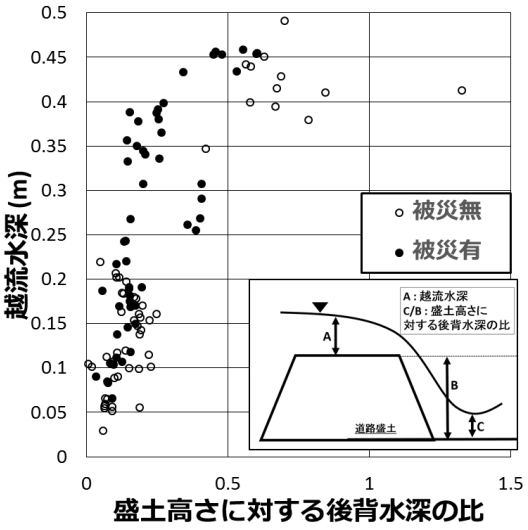

図 3 盛土高さに対する後背水深の比と越流水深の関係

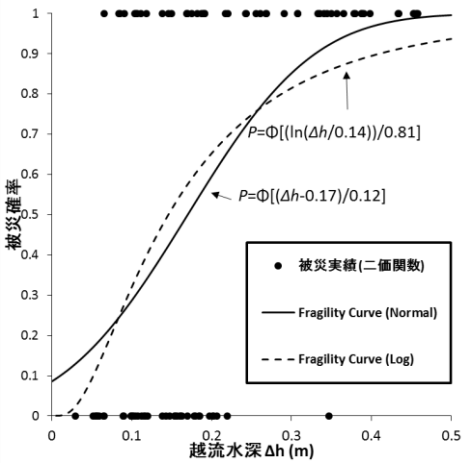

図 4 越流水深を説明変数としたフラジリティカーブ

次に，規定要因をより忠実に反映させるために，河川堤防の構造検討の手引き [5]にて使われている河川堤防の越流水による侵食深を説明変数として被災確率を算定した (図 5)．本検討では，破壊の閾値である侵食深 y=2cm を下回る箇所でも洗掘が確認されたが，土質材料等が原因と考えられる．道路盛土は，粒度の良い礫質土や砂質土が好ましいとされており [7]，氾濫水が盛土内部に浸透し，法面が侵食しやすくなっていたことが考えられる．

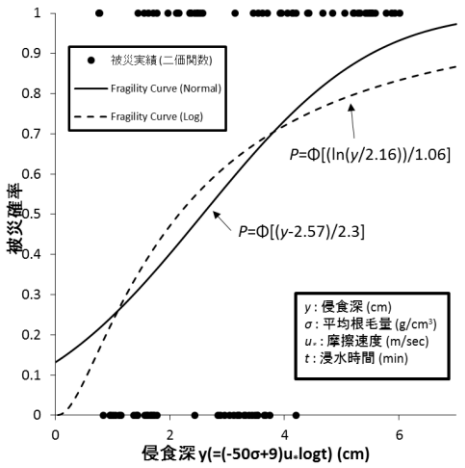

図 5 侵食深を説明変数としたフラジリティカーブ

4. 結論

氾濫原の道路盛土の破壊条件を，2016 年 8 月の北海道空知郡南富良野町の洪水氾濫により生じた，道路盛土洗掘の被災事例を基に検討した．道路盛土の法面侵食には盛土高さと後背水深の比が影響することを明らかにした．越流水深を説明関数として，洪水氾濫による道路盛土法肩の破壊確率を評価するフラジリティカーブを構築した．また，道路盛土に対して，河川堤防侵食の既往モデルを適用・比較し，河川堤防に比べた道路盛土の脆弱性の違いを明らかにした．

[謝辞] 本研究にあたり，国土交通省 北海道開発局 旭川開発建設部 富良野道路事務所，また，須永悠佳様に，被災状況解明の手がかりを提供して頂いたことを付記し，謝意を表する．

[参考文献] 1) iRIC Project, http://i-ric.org/ja/index.html 2) RRI Model ver. 1.4.2, http://www.icharm.pwri.go.jp/research/rri/ 3) 国土交通省 北海道開発局 札幌開発建設部 空知川河川事務所 提供 4) 松本勝治ら：平成 28 年台風第 10 号 空知川上流堤防決壊における氾濫メカニズムについて，北海道開発技術研究発表会資料，2017.2 5) 河川堤防の構造検討の手引き（改訂版），国土技術研究センター，平成 24 年 6) Tsubaki R et al.: Development of fragility curves for railway embankment and ballast scour due to overtopping flood flow, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 16, 1-18, 2016. 7) 道路土工 施工指針，日本道路協会，昭和 52 年