

県道多賀醒井線における2013年台風第18号 による路面陥没についての考察

渡部 博嗣¹

¹ 芹谷地域振興事務所

2013年9月16日未明より滋賀県全域に大きな被害をもたらした台風第18号による大雨により、県道多賀醒井線において道路拡幅工事後間もない区間で路面陥没が発生した。当該地は石灰岩質であり、工事施工時にも大量の湧水に悩まされていた。また被災箇所は芹川の水衝部にあたり、さらに急峻な沢の出口でもあった。これら現場条件が被災の原因と考えられたが、客観的な要素として測定可能な変状を把握することにも努めた。本論では、被災原因推定のプロセスと今後の対策案を示すことにより、護岸施工時および被災時の留意事項について再確認する。

キーワード 台風第18号, 路面陥没, 原因推定, 水衝部, 淵, 湧水, 根固工

1. 芹谷ダムの歴史

(1) 芹谷ダム(栗栖ダム)建設事業

一級河川芹川へのダム建設計画は、1963年の予備調査開始に始まる。1988年に多賀町栗栖地先がダムサイトの候補地となるも、その後の地質調査の結果を受けて2002年に多賀町水谷地先に変更、またダム形式の変更(河床穴あきダム+導水トンネル)を行った。

ダム建設の歴史は地元協議の歴史でもあった。1974年に地元区長から知事・町長あてにダム建設予備調査反対決議書が提出され、その後数年をかけて調査への協力を要請。地元役員を中心に県内外の先例地視察を重ね、建設同意への運びとなったのは1996年、実に20年もの歳月を重ねた。

流域治水を提言した嘉田知事が2006年に就任、ハードとソフトを一体化した治水政策へ流れが大きく変わり、川づくり会議等を経て、2009年1月に事業の中止決定が発表された。

(2) 芹谷地域振興事業

2009年2月に知事を本部長とした「芹谷地域振興推進対策本部」が設置され、同時に芹谷地域振興事務所が発足した。ダム対策委員会等との協議を経て、2011年1月に県と多賀町が「芹谷地域振興計画基本方針」に合意、調印に至る。

芹谷地域には整備の遅れている県道が2路線(水谷彦根線, 多賀醒井線)あり、当事務所では1.5車線の整備を活用して地域の唯一の生活道路であるこの2路線の整

備にあたっている。

2. 2013年台風第18号

9月13日に小笠原近海で発生した台風第18号は、日本の南海上を北上し、大型の勢力を保ったまま16日8時前に愛知県豊橋市付近に上陸した後、本州中部を北東に進んだ。この台風を取り巻く雨雲や湿った空気が次々と流れ込んだため、滋賀県では記録的な大雨となり、16日5時5分に滋賀県(豊郷町を除く)に運用後全国初となる大雨特別警報が発表された。

多賀町保月で観測された日降雨量は510mmとなり、16日2時から3時の1時間に58mmの雨量を観測した。芹川の旭橋地点で推定された流量(HQ式)は約400m³/sであるが、この値については更に検証される必要がある。

3. 被災時の状況

9月16日9時30分頃、多賀醒井線をパトロール中の当事務所職員が路面の陥没を発見した(写真-1, 2)。

図-1に示すとおり、2箇所で路面陥没が発生した。特に被災箇所Bでは大型積ブロックの背面が肉眼で確認できるほど裏込土が吸出しを受けていた。本箇所はこの7月に道路拡幅工事が完了したばかりであった。

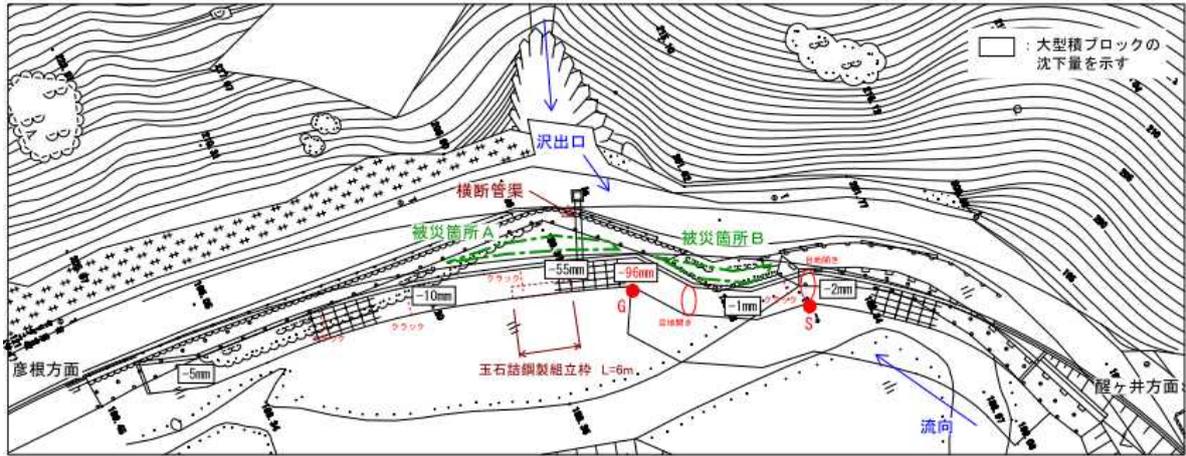


図-1 被災箇所平面図



写真-1 被災箇所A (9月16日 9:30頃)



写真-2 被災箇所B (9月16日 9:30頃)



写真-3 被災箇所A (9月19日)



写真-4 横断管渠排水状況 (9月16日 9:30頃)

当時、芹川上流の河内地先では増水により県道の路面冠水および床下浸水が発生しており、平成2年の台風第19号に匹敵するほど増水していた。一方、当箇所は急峻な沢出口にもあたり、山側からも多量の崩土および流水があった。川側および山側の双方から「水」の影響を受ける状況にあった。

その一方で、大型積ブロックに設置していた水抜きパイプからは排水が全く確認できなかった。また、工事の段取上途中までしか敷設していない道路横断管渠からの排水が確認できた（当然、管口は塞いでいたが、隙間か

ら浸水したものと思われる）（写真-4）。

また陥没を発見するおよそ1時間前に付近を通行した者によると、その時点では陥没は発生していなかったという証言もあった。

4. 構造物の変状

以下、把握できた変状を記す。

(1)大型積ブロックの沈下、クラック、目地開き

図-1に示す箇所では最大で96mmの沈下が確認され、併せてクラックおよび目地の開きが確認された。メーカーによると、これまで製品に今回のようなクラックが入った事例はないとのことで、沈下に伴いかなり大きなせん断力が発生したものと考えられる。

なお、沈下量とクラックの相関については確認できなかった。これは大型積ブロックが目地によっていくつかのブロックに分かれており、目地部で応力解放できたためと考えられる。

(2)ガードケーブルの異常緊張、基礎の浮き

ガードケーブルに異常な緊張が発生しており、沈下量の大きい箇所では支柱に変形も見られた。また同箇所付近では、大型積ブロック天端とガードケーブル基礎ブロックとの間に約2cmの隙間が確認された。大型積ブロックが沈下したため、ガードケーブルに基礎ブロックが吊り下がる形になったものと考えられる。

(3)根固ブロックの沈み込み

写真-5に示すとおり、大型積ブロックが最も沈下した地点と一致して根固ブロックの沈み込みが確認された。

写真-6に示すとおり、本工区では根固ブロックの下に袋詰玉石を連結したものを使用した。根固ブロックの沈み込みがあった箇所は、ブロック設置時に大型積ブロックとの間に幅1m程度の隙間（土砂埋戻）があったことが確認できる。

5. 現場条件等

以下、被災原因を推定するにあたり、その他の外的要件、現場条件を記す。

(1)河川法線：水衝部、淵

芹川上流域は谷地形を流れる溪流であるため、線形は蛇行している。当箇所もカーブ中の水衝部に当たる。

また当箇所は淵であると考えられた。付近の土質調査結果において、水面下の玉石層でN値が4~8という非常に緩い層が確認された。すなわち洪水時には河床がさらに下がり、平常時にそこへ砂利が堆積したものではないかと考えられる（ちなみに土質調査報告書では、この緩い層は崖錐堆積層と評価され、河川堆積層とは区別されていた）。



写真-5 根固ブロックの沈み込み



写真-6 袋詰玉石施工状況

(2)地形：急峻な沢の出口

当箇所は急峻な沢の出口でもあった。普段は水は全く流れていないが（全て地下浸透していると思われる）、大きめの雨になると、崩土を伴う泥水が県道へ流れることがしばしばあった。

今回も、小規模の土砂流が発生し、県道への土砂堆積とともに、路面上に泥水が流れていた。舗装の隙間から路面下へ水が供給されていたと想像できる。

(3)地質：石灰岩質、大量の湧水

当箇所から上流に約2.5km遡ったところに、県指定天然記念物の「河内風穴」がある。これからもわかるとおり付近の地質は石灰岩質である。

石灰岩は非常に硬い岩盤だが、鍾乳洞のような地形をなす岩でもある。現に、普段から河道内のいたるところで湧水が見られる。写真-7に示すとおり、被災時には近傍の道路面から水が大量に湧き出していた。ちなみに普段の雨では全く湧水はない。

被災箇所Aでは施工当時、大量の湧水が地盤から噴き出しており、8インチポンプ4台をフル稼働しても水位が下がることはなかった。



写真-7 道路面からの湧水 (9月16日 9:30頃)



写真-8 玉石詰鋼製組立枠施工状況

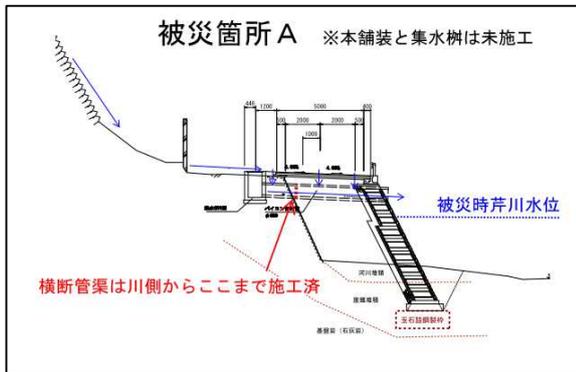


図-2 被災イメージ (被災箇所A)

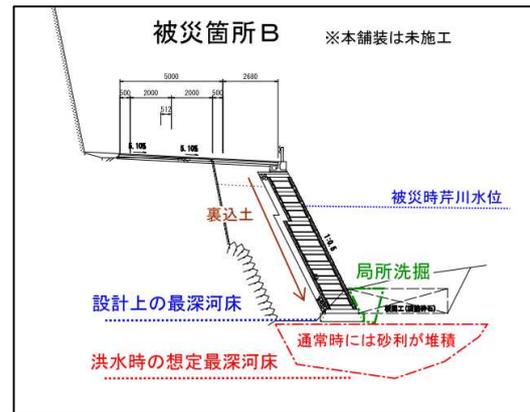


図-3 被災イメージ (被災箇所B)

(4)施工：玉石詰鋼製組立枠

被災箇所Aにおいては施工時に大量の湧水があったため、大型積ブロックの基礎コンクリート打設が不可能であった。また止水は不可能と思われたが、もし止水できたとしても行き場を失った水がどこへ湧き出すか予測できず、これによる悪影響も懸念された。このため、局所的に玉石を詰めた鋼製枠を敷き詰め、湧水は芹川に導水しつつ、基礎コンクリートはドライ施工できるよう工夫した(写真-8)。

6. 原因の推定

以上のような背景をもとに、原因の推定を行う。

被災箇所AとBは数mしか離れていないが、陥没の大きさや現場条件から見て、当初から別の原因で陥没したものと考えていた。また被災箇所Bについては被災に至る2つのプロセスが考えられた。

(1)被災箇所A：道路面からの浸水

後述するプロセスにて大型積ブロックが沈下し、その結果生じた舗装面の隙間より沢水が浸水、同じく積ブロ

ックの沈下により生じた隙間(例えば施工途上の横断管渠)へ浸透水が流れ吸出しを受けた(図-2)。

被災箇所AとBの大きな違いは、被災当日、被災箇所Bは陥没箇所に水が溜まっていなかったのに対し、被災箇所Aは水が溜まっていることである。つまり、被災箇所Aの吸出しは、Bほど大きくないと考えられる(写真-1, 2を参照)。

(2)被災箇所B(その1)：水衝部からの浸水

被災箇所は河川法線的に水衝部であり、さらに川側へ突出する形で護岸が築造されている。なお、この突出部は、施工中でも現道の車両通行を確保するため、岩着した既設護岸を残す必要があったことによるものである。

また付近は「淵」と考えられる。このため、洪水時の最深河床は現況の最深河床よりもさらに低い位置にあった可能性がある。

このため、河川流水が護岸突出部の上流側(図-1の地点S付近)で大型積ブロック基礎下から背面側へ浸水し、既設護岸に沿って流れ、裏込土の細粒分を吸出しながら下流側(図-1の地点G付近)へ流れ出た。この際に下流側において大型積ブロック基礎下の玉石層が特に大きく流出し、大きく沈下した(図-3)。

(3)被災箇所B（その2）：根固工と積ブロックの隙間

沈み込んだ根固ブロックと大型積ブロックの間には幅1m程度の隙間（土砂埋戻）があった。河道内にある構造物の周囲では水の流れが複雑になり、局所洗掘を引き起こすことがある。根固ブロックの下流側に土砂部があったことから、ここに大きな洗掘が発生したと考えられる。

根固ブロックと大型積ブロックとの隙間（図-1の地点G付近）に洗掘が発生し、その深さがブロック基礎下まで到達。支えを失いブロックが沈下し、同時に根固ブロックも沈み込んだ。ブロックの沈下の際、もしくは沈下の結果生じた隙間から裏込土が吸出しを受け、路面陥没に至った（図-3）。

5.現場条件等で示した様々な外的要因については被災当初から明らかであったため、原因の推定にあたり、これが先入観となることを懸念した。このため、実際に生じた測定可能な変状を、出来る限り客観的に把握することに努めた。被災当日から2週間経っても芹川水位が平常水位まで下がらず、河床の確認ができなかったことから、その状況であっても直接測定できた変状のみをもって考察することに努めた。

原因の特定は非常に困難な作業である。今回のように吸出しを受けていることは確実だが「どこへ」流れ出たのか把握できない場合はさらに特定が難しい。

前述のとおり原因の推定を行ったが、当該地は石灰岩質であり、岩盤内のいたるところに水みちがある可能性が高い。今回の路面陥没（裏込土の吸出し）の原因が岩盤内の水みちである可能性も全くないわけではない。その場合の対応は極めて困難と言わざるを得ない（通常時には水みちの痕跡は全く見当たらない）。

7. 対応策の検討

10月16日時点の対応策案について記す。

今回の被災原因は大型積ブロックの根入不足（最深河床設定時の配慮不足）、または根固工（特に袋詰玉石）が大型積ブロックの際まで施工されていなかったことと考えられた。このため、以後の予防対策としては大型積ブロック基礎部前面への止水矢板の新設および根固工の再施工を検討している。

同時に、早期の交通解放が望まれる。当路線は地域の唯一の生活道路であるとともに、観光シーズンを控えた河内風穴へ向かう唯一の道である。できれば大型積ブ

ロックの背面側を全て施工し直すのが望ましいが、ブロック勾配が1:0.5であるため、施工安全上、掘削深さには限界がある。このため、ブロック背面側はできる限り掘り下げ、そこにセメント改良土を転圧しながら埋め戻す方針としている。また裏込土の細粒分が吸い出された可能性が高いため、水の影響を受ける深さの埋戻しには、芹川内に堆積する砂利を用いることも検討している。

なお、現時点においてブロック背面側の掘削に着手していないため、背面側がどのような状態になっているのか未確認である。今後掘削作業にあたり新事実が発見されれば、その時点で再検討を行うこととする。

8. まとめ

本稿を通して、次の点を再確認できた。

- ①水衝部に護岸を築造する場合は、特に最深河床の設定に配慮を要する。平常時には砂利が堆積していても洪水時にはこれらが流失する可能性があり、これを土質調査結果等から把握に努める。
- ②山岳道路において改良工事を行うにあたっては、山側からの流水（湧水）処理を適切に行う必要がある。このため、横断または縦断の排水施設整備を検討する必要がある。また状況によっては、アスファルト舗装では路床、路体の土粒子分が吸出しを受ける懸念があるため、透過性の路体の上にコンクリート舗装を検討するなど、路面処理（舗装構成）への配慮も必要である。
- ③根固工と護岸との間に隙間（土砂部）がある場合、洗掘を受けやすく構造上の弱点となる。このため、根固工の配置に配慮を要する。
- ④洪水によって護岸背面側が吸出しを受けた場合、護岸基礎部の目視が困難な場合が多く、原因の特定が困難となるため対応方法の検討に時間を要する。このため、測定可能な変状の把握、現場条件等の外的要件の整理が有効である。
- ⑤被災原因の推定にあたっては、観測された変状のみ、または現場条件のみに偏ることなる両者を総合的に検討すべきである。原因はひとつとは限らず、あらかじめ複数の被災プロセスを想定し、それぞれに対応方針を考えることで、対策工事中に新事実が判明する都度、対応方針を迅速に軌道修正できるものとする。