

河川堤防の基盤漏水発生箇所と旧河道の関係

河川堤防, 基盤漏水, 旧河道, 空中写真判読, 断層

キタック 正会員 佐藤 豊
大淵 貴・上野 優

中央大学 フェロー 福岡捷二

1. はじめに

2012年7月の九州北部豪雨による矢部川の堤防決壊(右岸7.3k)は, 基盤漏水によるパイピングが原因とされている。決壊箇所の地形は, 旧河道と現堤防の交差付近で発生しており, 上流側右岸11.8kにおいても旧河道付近で堤体の陥没, 漏水が発生している¹⁾。千曲川においても, 基盤漏水は旧河道付近での発生が数多く, 基盤漏水の発生は旧河道との関係が深い。堤防弱点箇所を精度良く予測するためには, 基盤漏水発生箇所と旧河道との関係を河道形成過程, 旧河道の状況, 土質特性等から検討する必要がある。

本稿は, 千曲川堤防の漏水事例をもとに基盤漏水と旧河道の関連性について現地データに基づいて検討した。

2. 検討範囲

検討範囲は, 図-1の枠囲いで示された飯山盆地(距離標25k~40k付近), 長野盆地における山王島地区(右岸距離標54k付近), 飯田地区(左岸距離標54.5k~56.5k付近)である。千曲川は, 甲武信岳を源に長野県の佐久市, 上田市を北西に流れ, 千曲市付近から流れが北北東方向に変わり, 長野盆地, 飯山盆地を流下する。千曲市の距離標80k付近から上流は, 扇状地で河床勾配1/180~1/350と急流河川の特徴を示す。距離標80k付近から下流は, 氾濫原となり, 河床勾配1/860~1/1,470と緩流河川の特徴を示す。

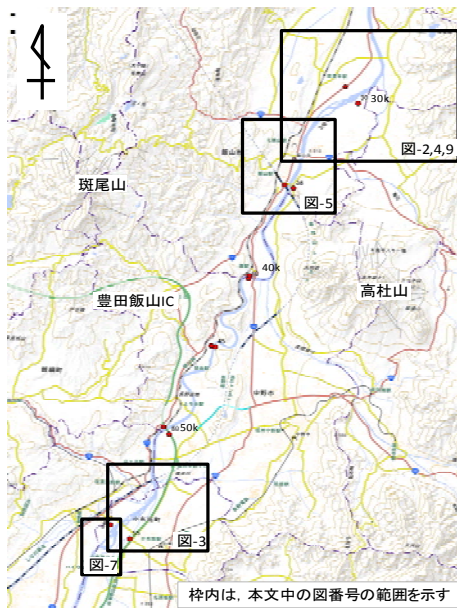


図-1 本論文での検討範囲²⁾

3. 千曲川堤防の基盤漏水発生箇所と旧河道の関係

飯山盆地における

基盤漏水発生箇所を図-2に示す。同図には, 戦後米軍が撮影した空中写真により判読した旧河道分布図³⁾を示した。漏水発生箇所は, 旧河道と堤防の交差付近または旧河道で囲まれた位置にある。しかし, すべての旧河道で発生しておらず, 旧河道の形状や振幅等の特性を検討する必要がある。

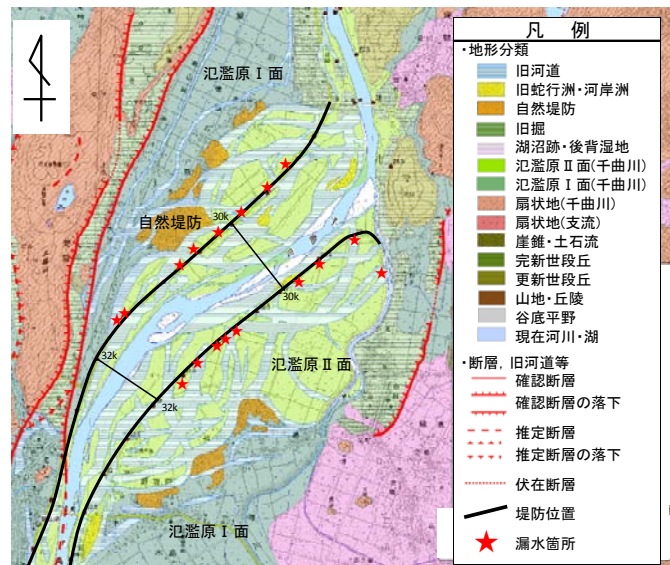


図-2 飯山盆地における旧河道分布図, 基盤漏水発生箇所

「地形の辞典」⁴⁾によれば, 旧河道 (abandoned river channel) における堆積物は, シルトや粘土などの泥質物を主体とし, しばしば泥炭が形成されていると示されている。また, 裏のり尻付近に粘性土からなる旧河道が分布する場合, 「行き止まり地盤」として浸透に対して問題のある地盤構成とされており, 旧河道の土質特性を検討する必要もある⁵⁾。

また, 平成18年出水の山王島地区(長野盆地, 右岸53.8k付近)においては, 堤防から約100m離れた地点で漏水が発生した³⁾。同地区は堤防盛土と上信越道の高速道路の盛土が複合した大規模な盛土形状で, この盛土と背後の松川扇状地に挟まれた低地部分(旧河道)で漏水が発生している(図-3)。このことから, 連続した旧河道で現在の河道部分とつながっている場合には河川水位の影響を受けるとともに, 周辺からの地下水の影響を受けていると考えられる。本論文では, 旧河道の形状等と漏水発生箇所の検討および旧河道の土質検討, 河川水位と旧河道

との関係等を検討した。

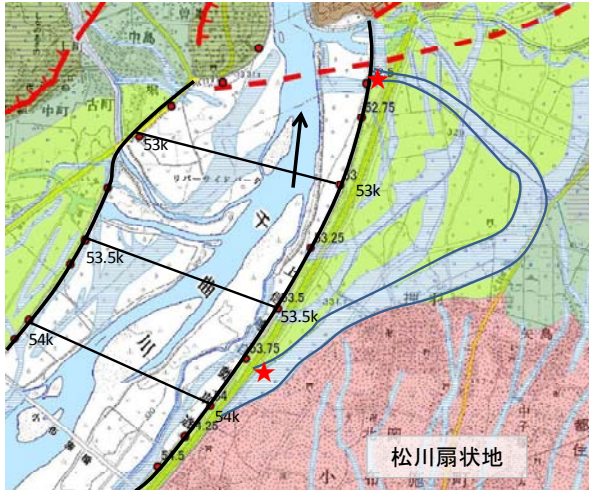


図-3 山王島地区の漏水発生位置

4. 漏水箇所と旧河道の特性検討

4. 1 旧河道の形成過程の検討

図-2に示した旧河道分布図について、旧河道の連続性や振幅等に注目して旧河道の形成過程を検討する。

現在の千曲川は氾濫原Ⅱ面を流れており、それよりも高位面にある氾濫原Ⅰ面はかつて千曲川の河道部分であった。氾濫原Ⅰ面の旧河道は氾濫原Ⅱ面の旧河道の川幅よりも狭く網状流路状を呈している。次に、現在の河道が左右岸の旧河道を分断しているため、河幅や振幅が類似するものについて枠線を付けてつなぎ、不連続な旧河道と識別できるようにした。この連続した旧河道をみると大きく4本の蛇行した流れが確認できる。この4本の旧河道の外側に分布する旧河道は、河幅が小さく不連続なもので古い旧河道と思われ、洪水等によって分断されたものと考えられる。

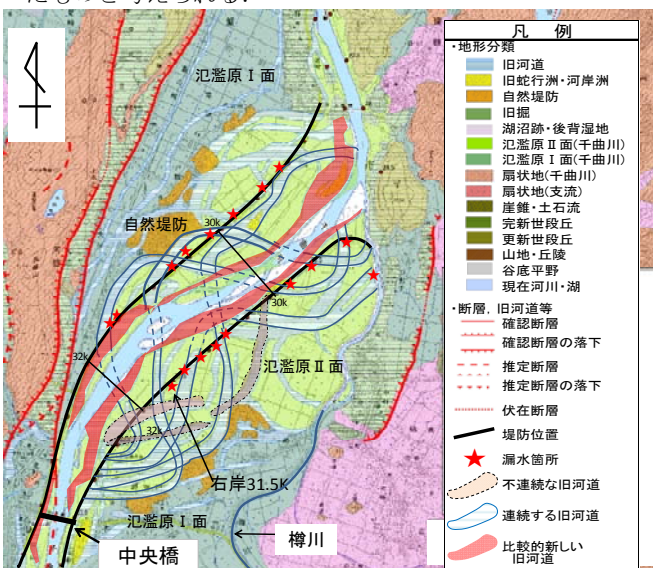


図-4 旧河道の分布

この4本の蛇行した旧河道はいずれも中央橋下流右岸から始まっている。また、同付近に4本の連続する旧河道の

中に不連続な旧河道が分布しており、この不連続な旧河道の開始位置は、4本の連続する旧河道よりも下流側に位置し、古い旧河道と考えられる。

図-5には中央橋～上流の綱切橋付近の拡大図を示す。千曲川の流れは、綱切橋右岸の丘陵・山地に規制され、左岸側の氾濫原Ⅰ面(飯山城址)に向かう2本の旧河道が確認できる。飯山城址は山地・丘陵で氾濫原Ⅰ面よりも高い。また、下流側の完新世段丘も氾濫原Ⅰ面よりも高く、綱切橋右岸の山地・丘陵で流れを規制され左岸側に向かい、飯山城址や完新世段丘の高地に規制され、中央橋下流右岸の蛇行へと向かっている。

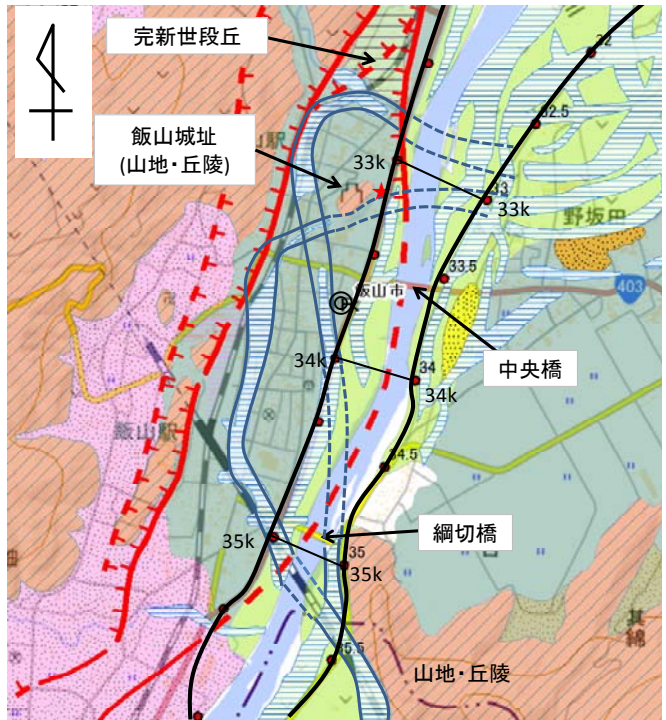


図-5 中央橋～綱切橋付近の旧河道分布

また、同図に断層⁶⁾を示したが、現在の千曲川の中央橋～綱切橋付近の河道は伏在断層(図中の点線の断層)に規制され直線的に流れている。この断層は逆断層で北西側上がり、南東側下がりであり氾濫原Ⅰ面は氾濫原Ⅱ面に比べ高い。氾濫原Ⅰ面にある旧河道はさらに西側にある断層によって流れが規制されている。したがって、飯山盆地における千曲川の流れは、かつては中央橋～綱切橋付近の山地・丘陵を抜け出て扇状地地形を呈し、網状流路を形成していたものと思われる。このことは図-4の氾濫原Ⅰ面の旧河道形状から推定される。この後、断層の活動の東側下がりによって地形勾配が緩くなり、千曲川は蛇行するようになった。さらに断層の活動が続き、中央橋～綱切橋付近の千曲川の流れが断層に規制され、直線的な流れとなったものと思われる。このことは、図-4の塗りつぶした旧河道(比較的新しい旧河道)が蛇行した旧河道を分断していることでも読み取れる。基盤漏水発生箇所は、この蛇行した旧河道で発生している。しかし、中央橋下流右岸の蛇行した旧河道部分では漏水が発生しておらず、次節の河川水位との検討を行う。

4. 2 河川水位と漏水発生箇所を検討

昭和57年～平成25年で発生した漏水箇所と近傍の定期横断面を用いて平均動水勾配H/Dを求め、漏水発生箇所と漏水が発生していない旧河道との関係を図-6に示した。ここに水位差Hは洪水痕跡が測定されている平成25年9月水位を敷幅Dは表のり面痕跡水位位置と裏のり戻までの距離を用いた⁷⁾。図から、漏水発生箇所は、平均動水勾配H/D=0.029以上の範囲にある。中央橋下流右岸の平均動水勾配は、0.012前後と漏水発困発生の閾値0.029よりも小さく、漏水履歴が無いことと一致する。分断された不連続な旧河道の平均動水勾配は、0.012～0.031の閾値付近または低い値の範囲にあり、連続する旧河道は不連続な旧河道よりも低い位置に分布していることを示す。このことは断層の活動による盆地部の沈降によって新しい旧河道ほど低い位置を流れているものと思われる。

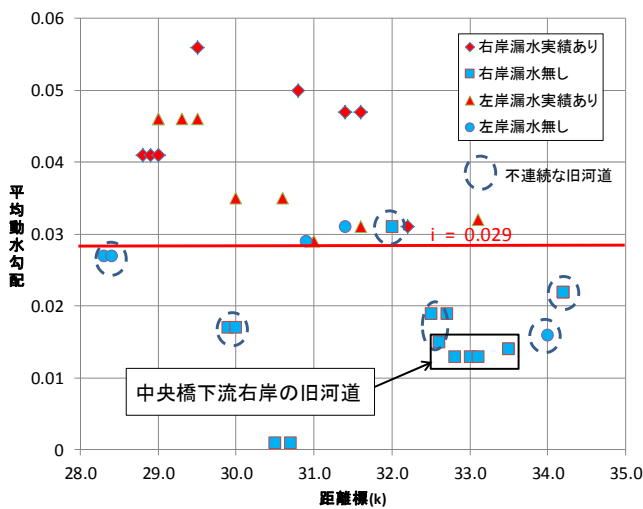


図-6 旧河道での漏水発生の有無と平均動水勾配の関係

上記の関係図から、旧河道部分では河川水の影響を受けていることが推測される。千曲川の飯田地区(左岸距離標54.5k～56.5k付近)では旧河道部分を含めた地下水位観測が行われており、地下水位コンター図を図-7に示す。堤防および堤内地に8箇所の水位計を設置し、遮水矢板施工後の地下水位観測を実施し、2010年2月の地下水位コン

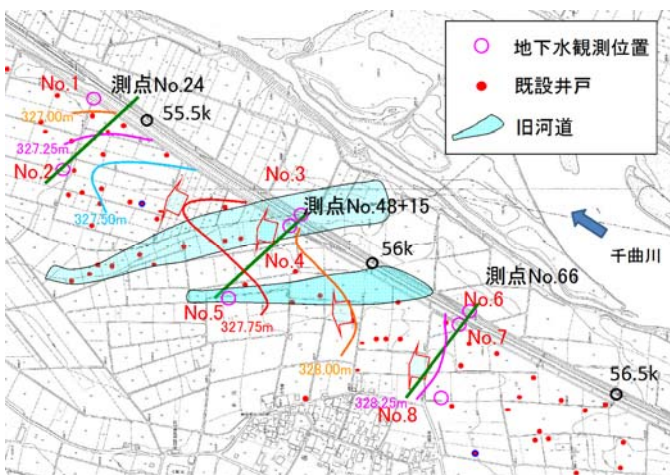


図-7 飯田地区の地下水位コンター図

ター図を作成した。同図から、旧河道が分布していない測点No. 66(水位計No. 6, 7, 8)では、地下水位コンター線が堤防横断方向に並行した形状となっているが、旧河道部分に設置している測点No. 48+15(水位計No. 3, 4)での地下水位は堤防横断方向の堤内地側に設置したNo. 5に対して高く、旧河道付近から地下水位コンター図の尾根が形成されていることから、旧河道部分で河川水が流入し、地下水位が高くなっていると考えられる。

次に、漏水発生箇所は、旧河道と現堤防の交差点付近で発生しているほか、前記の山王島地区のように現堤防と旧河道に囲まれた部分でも漏水が発生している。ここで、水位差H(河川水位と裏のり戻付近の高さの差)と堤内地側に分布する旧河道までの距離Lの関係を図-8に示す。同図から、漏水が発生する箇所の河川水位差と堤内地側に分布する旧河道との距離の関係性が高く、河川水位差4m程度で旧河道との距離は80～100m程度、河川水位差が6～8m程度で旧河道との距離は120～160m程度である。山王島地区(図-3)は、背後の松川扇状地の地下水の影響を受けた漏水でH/L=0.055である。最小値の右岸31.5k地点のH/Lは0.037で同地区も背後の支川樽川(図-4)からの伏流水の影響を受けた漏水と考えられている。同地区の漏水調査では融雪期に漏水箇所から湧水を確認しており、背後の広域地下水の影響を受けていることを確認している(写真-1)。堤防弱点箇所の抽出では、広域地下水の影響を含めた現地踏査も重要で、図-8の関係図をさらに充実させると、河川水位差に応じた踏査範囲を求めることが可能と考えられる。

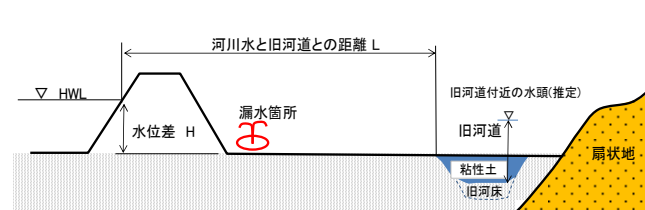
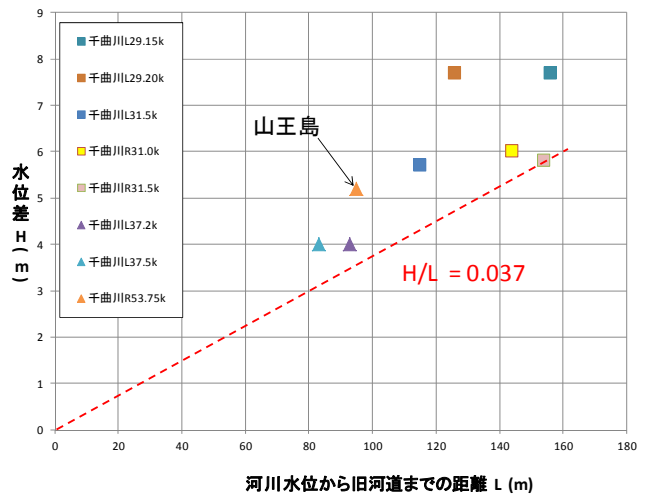


図-8 漏水発生箇所における水位位置と堤防前面から旧河道までの距離の関係



写真-1 2013年9月右岸31.5k付近の漏水発生箇所の融雪期の湧水状況(2014年3月調査時)

4. 3 旧河道に分布する土質検討

飯山盆地で実施したボーリングデータを用いて、旧河道の土質と旧河道以外の氾濫原、自然堤防の土質を確認し、図-9に示した。27k付近から上流では旧河道の土質は粘性土であり、旧河道以外の氾濫原、自然堤防の土質は砂質土である。27kから下流では地形に関係無く、粘性土が厚く分布する。これは下流に狭窄部があり、洪水時は滞留時間が長く細粒土が厚く堆積する環境にあると考えられる。

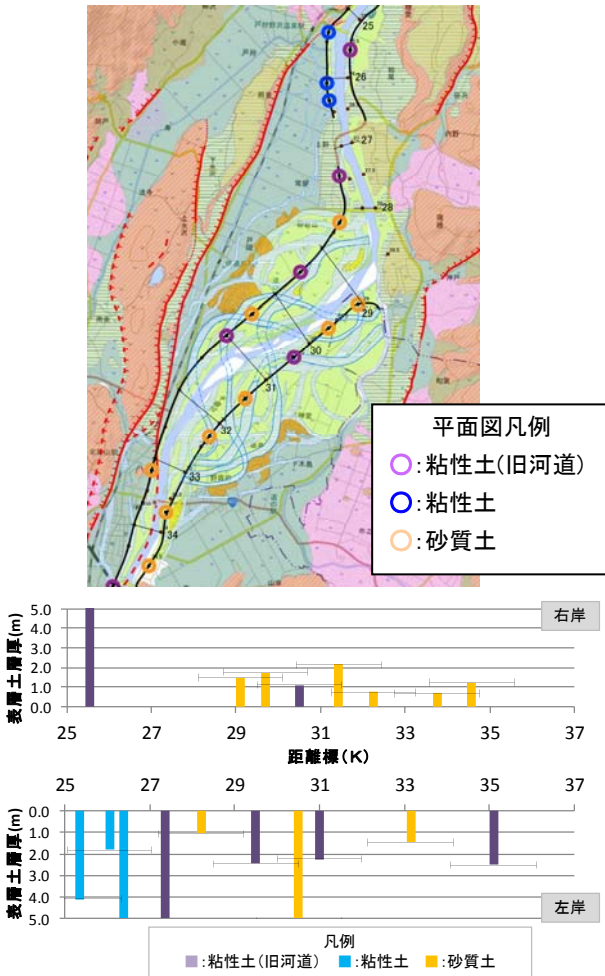


図-9 飯山盆地の旧河道および氾濫原等の土質分布図

図-4の旧河道が蛇行している範囲では旧河道の土質は粘性土で、堤防が交差する付近では「行き止まり地盤」が形成されている。しかし、必ずしもすべての交差箇所でも漏水が発生しているわけではなく、河川水位および背後の地下水位の影響を受けて漏水が発生するものと考えられる。

5. まとめ

旧河道存在の視点から基盤漏水発生箇所を整理し、河川水位差(平均動水勾配)、旧河道の特性、旧河道分布位置が大きく影響することを示した。旧河道と漏水発生箇所の関係を明らかにするためには、その河川の河道形成過程を確実に把握することが重要である。千曲川では断層の活動によって河道が規制されている部分が多い。このため、旧河道分布図には自然堤防、段丘等のほかに断層位置を示すことで古い旧河道(不連続な旧河道)と新しい旧河道(連続する旧河道)を区分することができた。旧河道が蛇行する範囲では旧河道の土質は粘性土が分布し、行き止まり地盤を形成している。図-8に示した漏水実績箇所における堤防前面位置と旧河道の距離の関係図や飯田地区の地下水位コンター図から、旧河道では河川水の影響を受けて高い地下水が存在しており、これが漏水に影響を及ぼしていると考えられる。また、背後に分布する扇状地等からの広域地下水の影響も受けた漏水もある。千曲川の漏水実績から、水位差に応じて影響を及ぼす旧河道の範囲の推定の可能性を示した。

今後は、これらの結果をもとに千曲川上流の漏水発生箇所や他の河川の漏水実績をもとに図-8のデータを充実させ、旧河道分布、基盤透水層の透水係数に応じた影響範囲等の検証を進めていきたい。

謝辞

本稿作成にあたり、国土交通省北陸地方整備局および千曲川河川事務所のご協力を賜りました。記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 矢部川堤防調査委員会：矢部川堤防調査委員会報告，2013。
- 2) 国土地理院：電子国土基本図。
- 3) 国土交通省北陸地方整備局 千曲川河川事務所：千曲川堤防質の整備計画検討業務報告書，2008。
- 4) 日本地形学連合[編集]：地形の辞典，pp.732，2017。
- 5) 国土技術研究センター：河川堤防の構造検討の手引き，2012。
- 6) 地質調査所：飯山地域の地質 地域地質研究報告 5 万の1地質図幅 新潟(7)第73号 NJ-54-35-11. 2001。

(2017. 10. 25受付)