

# 鬼怒川の上山川地区における地下水位調査

平出 亮輔

下館河川事務所 計画課 (〒308-0841 茨城県筑西市二木成1753 ) .

2015年関東・東北豪雨時に、鬼怒川堤防において基盤漏水が発生したことから、漏水対策工を実施した。工事期間中に堤防川裏地盤から顕著な湧水が確認されたため、堤防基盤とその周辺の地下水位を観測し、データ解析を実施した。その結果、湧水の発生の原因のひとつとして、堤防内の地層の傾きによる地下水位の高低差の発生し、地層の低い端部の水圧が高くなることが推定された。さらに異常水位上昇の原因について、検証実験の結果から、堤防上部と下部の間に水みちが発生した可能性が高いことを確認し、その原因を把握した。

キーワード 堤防、基盤漏水、湧水、地下水位、データ解析

## 1. 背景と目的

2015年9月関東・東北豪雨時に、茨城県結城市上山川地区の鬼怒川堤防において基盤漏水が発生したことから、河川水に対する漏水対策工事（堤防断面拡幅、川表遮水矢板、川裏ドレーン工）を実施した。ところが、工事期間中に堤防川裏側地盤から顕著な湧水が確認されたため、河川水だけでなく、堤防裏側台地等からの地下水供給による基盤漏水被害の危険性が懸念された。一連の現象に対する堤体の安全性確認のため、これまでに地下水位観測及び分析を行ってきた。これにより、堤防裏側台地からの地下水供給や、堤体内で地下水の出口を失っている礫を主成分とした高圧力帯水層の存在の可能性が推定されたものの、観測点、観測データの不足等から原因究明には至っていない<sup>1)</sup>。

本報告では、さらに蓄積された観測データも含め、再度データの解析を試みた上で、現象の推定を行い、さらにその現象の検証実験を実施した結果について報告する。

## 2. 上山川地区のこれまでの調査概要

現場は鬼怒川の右岸 41.75 km付近であり、北側の農地からの排水が集約し、結城排水樋管を經由して合流する箇所である（図-1 参照）。特徴としては合流部付近の下流側に高台（以後、堤防裏側台地とする）が位置する構造であるため、樋管を閉めると内水の逃げ場がなくなり、水が溜りやすい現場である。図-2、図-3 に漏水対策工と圧力式水位計の位置図と地質想定図を示す。堤防川裏側地盤からの湧水範囲と地下水位を把握するため、堤防基盤部の Bg1 層及び As1 層を対象とした A-A' 断面 5 箇所と、堤防裏側台地からの地下水供給を想定した B-B' 断面 2 箇所の計 7 箇所（図-2 の青色四角）に圧力式水位計



図-1 対象地域の現況と治水地形分類図の重ね図

を設置し、2017年（平成 29年）3月から地下水位観測を実施してきた。その後、地質構造を補足及び解明するため、図-2 の緑色丸、赤色三角の点で新たなボーリング調査と圧力式水位計の設置を行い、面的な地下水位分布の観測体制を整え、地下水位観測を継続実施した。前回の調査では、高圧力帯水層を形成する要因となる地下水供給源として、堤防裏側台地に加えて、埋め戻された旧河道から帯水層への地下水供給の可能性が推定されたものの、原因の特定には至っていない。このため、継続的にデータ蓄積を行っていくものとしている。

## 3. データの解析

2017年からはじまった観測は現在も継続しており、これまでに5年が経過した。この間、河川水位が堤防に達した大きな出水は、2019年（令和元年）の台風19号であり、当該地区の鬼怒川水位は、最高水位が YP+30.971m（計画高水位 YP+32.839m）で高水敷が約13時間湛水し、2015年9月関東・東北豪雨時と比較すると、約1.4m低い

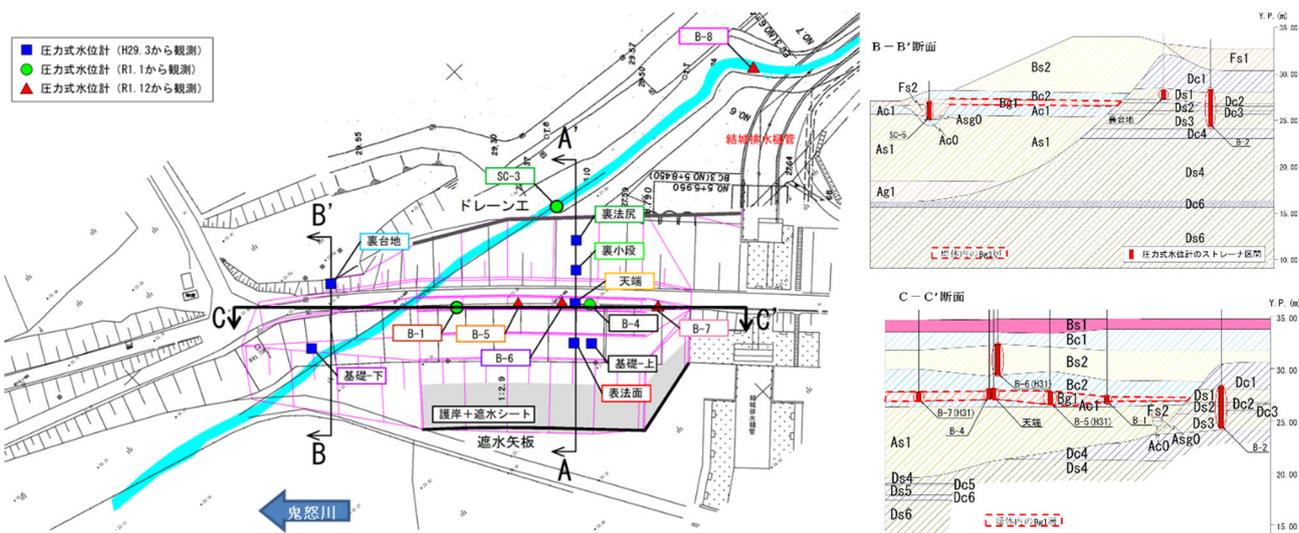


図-2 圧力式水位計の設置位置と漏水対策工（平面図）

水位であった。さらに、堤内地では樋管操作に伴う内水氾濫が発生し、最高水位は痕跡から YP+30.0m 程度で内水深約 2.2m と推定され、2015 年 9 月関東・東北豪雨時と同程度であった。図 4 に R1 年度のデータを示す。観測しているすべての地下水水位の値が上昇しており、河川水の影響を大きく受けた期間である。その他の期間は、河川水位である堤外水路で概ね YP+22.5m 程度であり、堤防本体の地下水水位は概ね

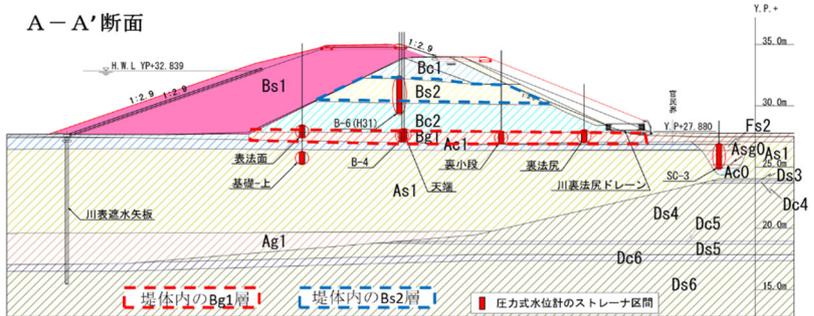


図-3 圧力式水位計の設置位置と地質想定図（断面図）

YP+28.0m 程度、堤防裏側台地と旧河道でも YP+26.0m 程度であるため、河川水位より高い値を維持しており、こ

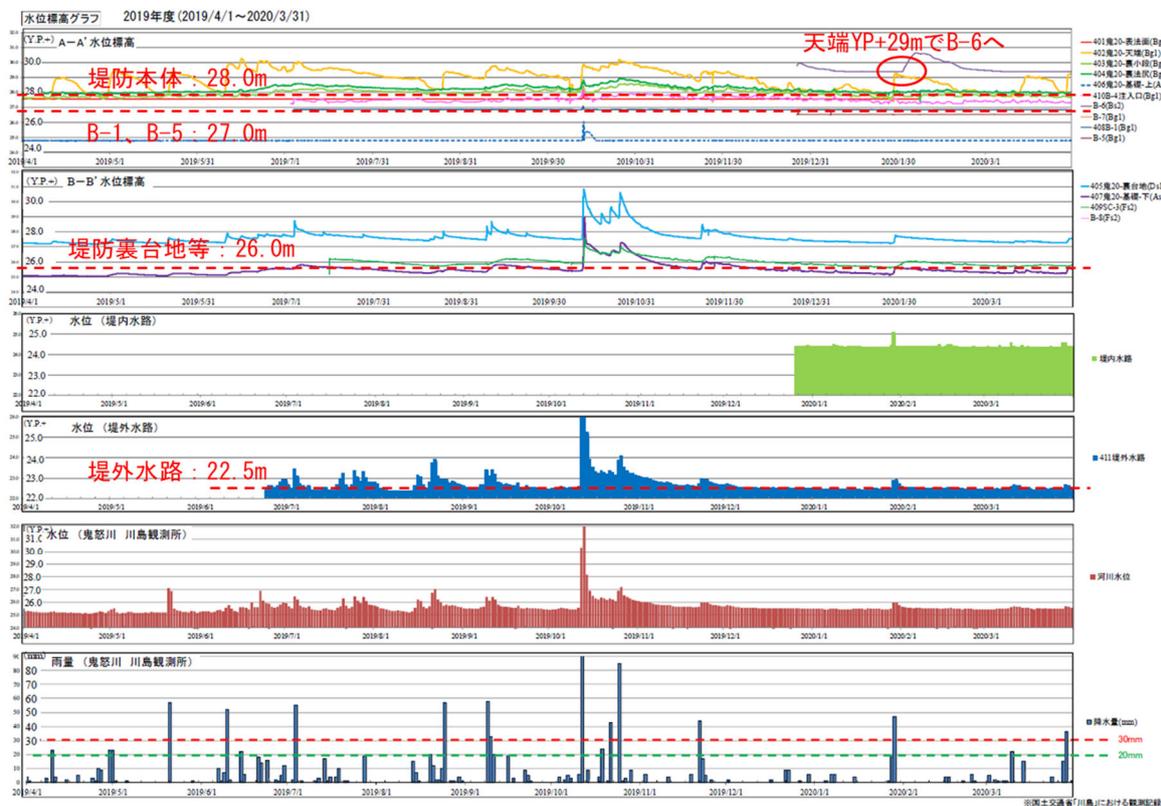


図-4 地下水水位等の観測結果

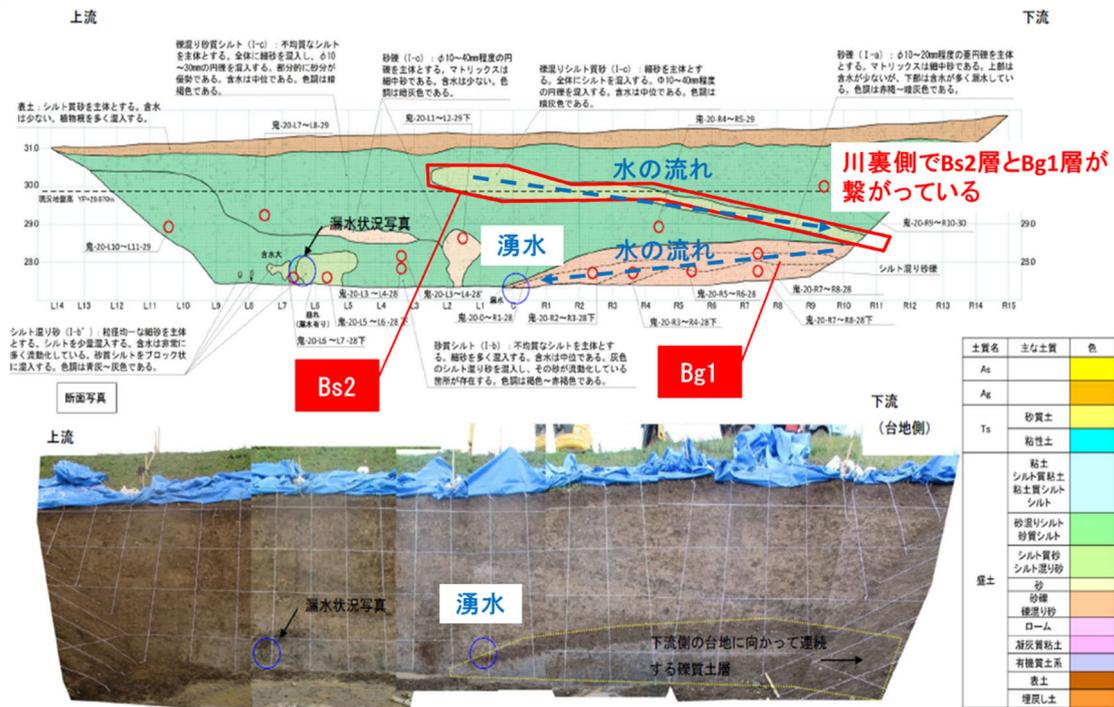


図-5 過去に実施した堤防開削調査の結果

れまでの調査結果同様に Bg1 層の高圧力帯水層の状況が確認できる。なお、2019年以外の年も同様の傾向であった。以上の結果から、堤防に達する出水時以外の期間について、Bg1 層の高圧力帯水層の原因として河川水からの影響はない。

次に堤防裏側台地と旧河道の影響に関して、堤防裏側台地の高い場所で地下水位を測定している裏台地で概ね YP+28m 程度と高い値となっているが、堤防本体との境である旧河道付近の SC-3、基礎-下、B-8 で概ね YP+26m 以下の値を示しており、Bg1 層がある層よりも低い値であった。さらに堤防本体でも堤防裏側台地寄りの B-1、B-5 においても概ね YP+27.0m 程度の低い値で変動がない状況（センサーより低い水位の場合データは一定となる）においても、堤防本体の Bg1 層の地下水位の変動や高圧力帯水層の状態が維持されていた。以上の結果から、Bg1 層の高圧力帯水層の原因として堤防裏側台地や旧河道からの影響はない。なお、2019年以外の年も同様の傾向であった。

以上の結果から、他の地下水供給が原因により Bg1 層の高圧力帯水層が発生したと考えるのは難しいため、単純に降雨後の雨水が堤体内に長期間維持されていたことが原因と示唆される。

次に、堤防本体の観測データの中で、水位の変動が見られた B-6、天端、B-4、裏小段、裏法尻の傾向としては、降雨後、天端の急上昇がまず発生し、概ね YP+29m 程度に達すると B-6 が上昇する。5 箇所の変動の波形は酷似しており、地下水位の高さとしては B-6→天端→裏法尻→裏小段→B-4 の順番で低くなっている。天端の急上昇を除けば、B-6→裏法尻→裏小段→B-4 の水の流れが想定

でき、さらに B-4 の周りには水位の変動に至っていない各点が存在している。ここで、図-5 に本調査開始当初に行った堤防開削調査の結果を示す。B-6 を設置している Bs2 層が堤防を斜めに横切り、Bg1 層に達している様子が確認できる。さらに、その Bg1 層が湧水箇所に向かって斜めに形成している状況であった。この湧水箇所の奥に裏法尻→裏小段→B-4 が存在する。以上のことから、天端の急上昇以外の点で、地下水位高さと水の流れが一致する。さらに、今回工事中に発生した湧水についても、堤防内の地層の傾きにより水位の高低差が生じ、端部の水圧が高くなり、湧水が生じた可能性が高い。ここで天端の急上昇に関して、天端と B-6 には連動制があることから、原因は不明ではあるものの、天端と B-6 間には水みちのようなものが存在し、B-6 の Bs2 層に溜った降雨がまず天端に流れ込み、Bs2 層と同じ高さまで地下水位が達すると、B-6 の Bs2 層に水が溜ることが想定できる。検証実験として B-6 の観測孔に対して注水試験を実施し、他の観測孔の状況を確認した。

#### 4. 検証実験

##### (1) 実験方法

地下水位の観測を行っている B-6 の観測孔に対して、センサーを設置したまま、観測孔の上部より概ね 1.5m で安定するように注入量を調整し

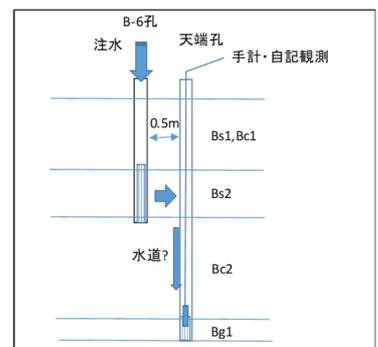


図-6 検証実験の模式図

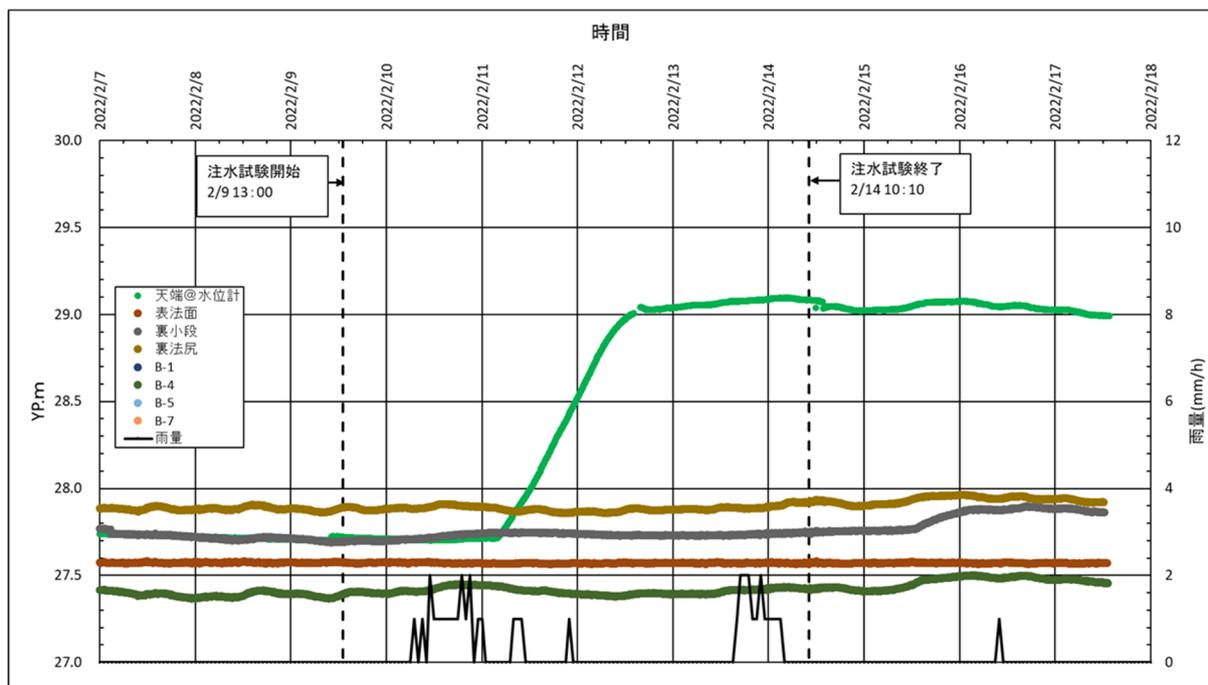


図-7 検証実験時の地下水位のグラフ

て、注水を5日間（乾期の2月）実施した。注水量は全量で約2.6m<sup>3</sup>であり、注水速度は概ね0.2~0.4L/minであった。

## (2) 結果

注水開始から39時間後（注水量0.7m<sup>3</sup>程度）に天端の水位が上昇をはじめ、75時間後（注水量1.6m<sup>3</sup>程度）に天端の地下水位がYP+29.04mに達して、その後一定となった。注水期間中に若干の降雨はあったものの、天端以外の地下水位が変動していないため、降雨の影響が非常に小さく、基本的には注水の影響が大きいと想定される。さらに、注水試験終了後の次の日に若干ではあるもののB-4の上昇に続き、裏小段の上昇を確認した。降雨の場合は面での水供給のため、すべての観測孔でほぼ同じ傾向で変動することがこれまで多かったが、今回はB-6からの点での水供給のため、天端に近い順で地下水位の上昇が発生したと考えられる。

以上の結果から、天端とB-6間には水みちのようなものが存在している可能性が高く、その影響で天端の地下水位の急上昇が発生したものと示唆される。

## 5. まとめ

今回の検討で、以下の事項について把握した。

- ・堤防内からの湧水の発生の要因のひとつとして、堤防内の地層の傾きによる地下水位の高低差が生じ、地層の低い端部の水圧が高まることが示唆される。
- ・Bg1層の高圧力帯水層の原因としては堤体内に滞留する降雨が原因であった。地層の構造によるものの、堤防内部に水分が長期間滞留する可能性があるため、注

意が必要である。

- ・天端の地下水位の急上昇の原因は、天端とB-6に水みちのようなものが存在することで発生した現象と示唆される。

しかし、対象エリアは出水時に水が溜りやすい場所であり、地下水位観測期間中、堤防に達する出水は1度しか経験がなく、特に危険なタイミングのデータが不足している。このため、今後も継続的な観測や出水時の流向流速調査等により、対象エリアの地下水等の水の流れのメカニズムを解明する必要がある。

## 参考文献

- 1) 青木, 青山, 内堀, 石田, 椎木, 田端, 福岡:平成 27 年 9 月関東・東北豪雨における鬼怒川上山川地区堤防と地下水動態について, 河川技術論文集, 第25巻, pp. 559-564, 2019.
- 2) 道津, 青山, 柳沢, 椎名, 青木, 田端, 福岡:2019 年台風第 19 号における鬼怒川上山川地区堤防とその周辺における地下水動態に関する調査検討, 河川技術論文集, 第26巻, pp. 479-484, 2020