

## 河川堤防のモニタリングについて（その1）

群馬大学大学院 松本健作, ○原澤 剛史, 渡良瀬河川事務所 内堀寿美男  
自然地下水調査研究所 竹内 篤雄, ジオックスコンサルティング(株) 林 久夫

### 1. はじめに

河川堤防の健全性に関する1次診断手法の確立が急がれている。ここでいう「1次診断」手法とは、河川堤防の安全性を診断するための手法ではない。河川堤防の安全性診断を「どの区間を対象として」、「どの程度の重要性・緊急性を持って実施するべきか」を診断する手法を指す。現在の河川整備の現場において最も必要とされているにも関わらず、その効果的な手法が確立されていない状況にある。河川堤防の安全性を診断するにあたり、事前に1次診断を実施しなければならない主な理由は、①高い局所性、②長大連続構造物としての特性、③社会的・経済的背景の3つがある。それらを以下に概説する。

①河川堤防はその内部構造が不均一で、構成材料およびその施工方法が異なる。また、そもそも河道内の自然堆積地形であるところの自然堤防が元となり、そこに嵩上げや腹付けが繰り返されて現在に至っているものが多いため、半自然歴史的構造物としての側面を持つ。また仮に、堤体自体は均質で健全な内部構造を有していたとしても、堤防基盤部には一般的に不均質構造が存在する。基盤における局所的な弱点は堤体の安全性を損ねるため、これも併せて診断を行う必要があり、結果として極めて高い局所性を有することとなる。

②高い局所性を有していたとしても、対象が小規模構造物であれば高密度でのデータの取得が可能である。しかしながら、河川堤防は長大構造物であり、我が国における主要河川堤防全延長を対象とした場合、その調査密度は極めて粗くならざるを得ない。実際、2004年の破堤氾濫の多発をひとつの契機として実施された、我が国初の全国一斉河川堤防詳細点検においては、基本的に1km毎の断面が設定されてボーリングおよびそれに基づく数値シミュレーションによる診断が実施された。この全国一斉詳細点検による主要河川堤防の安全性診断によって、多くの区間において十分な安全性が確保できていないなどの知見が得られ、一定の成果を挙げるに至っている。しかし、1km 毎のボーリングデータに基づいているため、実際問題として具体的にどこからどこまでの区間が危険であるのか、といった局所的な情報につなげることができない。河川堤防はその連続性が保証されて、始めて全体として機能する構造物であり、仮に1区間でも弱点箇所があると、そこから出水時に破堤に至り、堤内地の広範囲に激甚な被災が及ぶこととなる。このため、高い局所性を持つことによって高密度での診断を必要としていることに加え、それを長大な全川区間に適用し得て始めて安全性の診断を行うことができることとなる。

③上記の取り組みを1次診断という概念を導入することなく実現することが不可能であることは自明である。集中豪雨の多発など、自然条件からみても災害頻度の増大が懸念されるなか、高度経済成長期に施工された河川構造物の多くが施工後50年以上経過する状態となり、経年劣化による機能低下が懸念されている。この点検・補修に多くの費用が必要と目されている一方で、河川施設の維持管理費は縮減の一途であり、加えて堤防の安全性診断に関する取り組みは、未だその端緒に就いたに過ぎない。

堤防の安全性診断は、治水上の究極の検討事項である。よってこれを実施するにあたっては、ボーリングによる直接調査によって材料特性を調べ、それに基づく土質力学的検討が必須である。ここでは、検討手法自体の研鑽もさることながら、現場における土質特性をどの程度詳細に取得できるか、が解析精度に強く影響することとなる。このため、ボーリングを1断面で複数本実施するなどの対応が必要となり、多額の費用を要するが、最終的な安全性診断を高精度に実施するには、これらは不可欠である。よって、これは全川には適用しない。上記のような重点的な診断を実施すべき区間を1次診断で特定する。このため、1次診断に求められる条件としては、一定精度を有しながらも比較的簡便且つ安価であることで、全川を対象として高密度で実施できること、となる。

河川堤防の安全性診断に関する取り組みはこれまでも多く為されているが、そのほとんどが、被災状況が外観から確認できる、あるいは計画上の理由などで注目すべき区間が特定された後、その区間を対象にどのように高精度に診断を行うか、というものがほとんどである。全川を対象に、現実的に実施可能な河川堤防のモニタリングに対する取り組みとしては、僅かに、戸谷<sup>1)</sup>による目視点検による検討がある程度である。

そこで本研究では、特に浸透性破壊を対象として、流動地下水探査法<sup>2)</sup>および微動アレー探査<sup>3)</sup>を用いた、河川堤防の安全性に対する1次診断手法の提案を行い、その有効性について検討を行うこととした。

### 2. 流動地下水探査法および微動アレー探査

流動地下水探査としては、1m 深地温探査及び自然電位法を用いた。共に竹内によって、流動地下水探査法として、その有効性が実証されている手法である。流動地下水探査法によって流動地下水の存在する可能性が高い区間を特定し、その区間に対して微動アレー探査を実施し

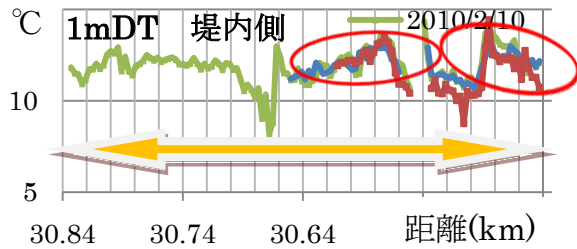


図 - 1 1m 深地温探査結果(渡良瀬川右岸, 30.5km 付近)

て地盤構造に関する情報を取得する。上記データを総合的に判断し、最終的な堤防の安全性を診断するための2次診断を実施すべきか否か、あるいは、限られた予算制約のなかで、どの区間で実施すれば良いかの特定方法を検討する。浸透性破壊の検討においては土中水分の調査が重要となる。一般的に高密度電気探査などが実施される場合が多いように見受けられるが、比抵抗値は土質特性によっても変化するため、仮に比抵抗値に変動が見られたとしても、それが土質特性に起因するのか、あるいは水分に起因するのかの判断が一般的には難しい。連続的に電気探査を行い、定常成分を分離することで、流動水分の情報を得ようとする試みもあるが、多くの計測時間を要するため、簡便且つ安価に危険区間を特定するための手法としては使い難い。単発の計測で流動地下水を検出することができる物理探査は現在、1m 深地温探査および自然電位法しかない。

図 - 1は、渡良瀬川右岸30.5km 付近のサイトにおいて1m 深地温探査を実施した結果である。堤防裏法尻に沿って測線を設定し、3m 間隔で800m ほど実施したうちの一部を抜粋して示してある。当該区間は、渡良瀬川河川事務所において先行して実施された詳細点検の結果、浸透性に対する安全性に懸念がある、と診断された区間である。計測は2010年2月・3月および2011年1月の計3回実施した結果を示している。いずれも冬季であるため、流動地下水が存在した場合、平常地温より高温帯として検出される。30.48km および30.58km 付近をピークとした高温帯が2つ検出されておりここに流動地下水が存在する可能性が高いと考えられる。詳細点検の結果と符合する結果であり、且つ詳細点検では判らない具体的な流動地下水の位置が特定できている。なお、30.54km および30.66km 付近に大きな変動が見られるが、これは測線を横断してアスファルト道路が存在していることで外乱の影響を受けているものと考え、今回は考察対象としないこととした。

図 - 2に、同じく渡良瀬川の左岸、30.0km 付近における1m 深地温探査(2段目)、自然電位法(3段目)および微動アレー探査(4段目)の結果を示す。堤防の表法尻に沿って計測を行った。最上段が測定場所の概観であり、各図の横軸位置を合わせて示してある。

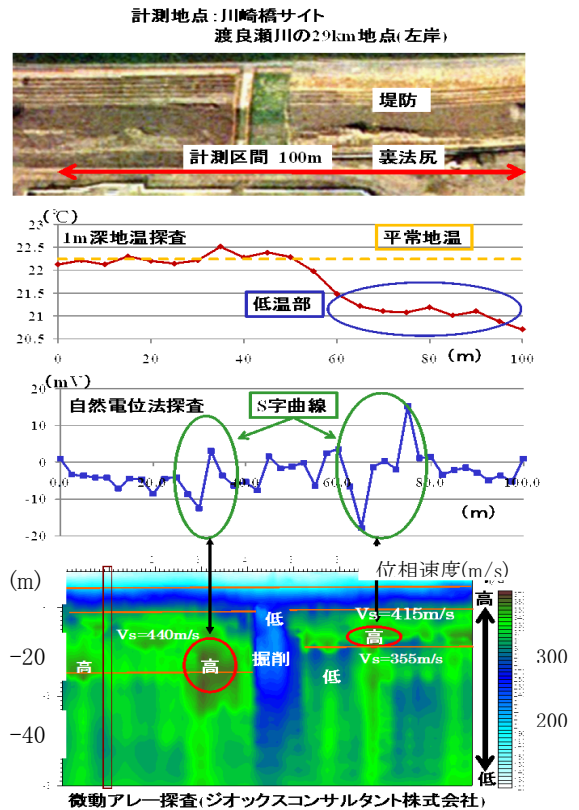


図 - 2 1m 深地温探査・自然電位(設置)法・微動アレー探査結果(渡良瀬川左岸, 30.0km 付近)

1m 深地温探査の結果を見ると、横軸で60m の位置から地温が低下していることが見て取れる。同じく自然電位もこの位置で典型的な S 形状の撓乱が確認でき、微動アレー探査の結果である S 波速度分布をみても、対応する位置において高速域が存在している。30m 付近にも、自然電位および S 波速度の高速域が符合する位置で確認できるが、1m 深地温探査では温度低下は見られない。1m 深地温探査は一般的に深度15m 程度が探査範囲と言われており、S 波速度の高速域の深度が30m 付近であることを考えると、探査範囲外であることで1m 深地温探査の結果には現れなかったと考えられる。

### 3. まとめ

流動地下水探査法によって平面的な地下水存在域を特定し、当該区間において、その裏付けとなる地質構造を微動アレー探査で得る試みは、比較的簡便且つ安価にして高精度で地下水存在域を診断できることが確認された。

### 《引用・参考文献》

- 1) 戸谷英雄, 堤防維持管理技術河川堤防の現地における目視点検の視点, 河川環境総合研究所, 2010.
- 2) 竹内篤雄, 流動地下水探査法, 古今書院, 1996.
- 3) 林久夫ほか, 微動アレー探査法の拡張の試みチェーンアレー探査法の適用について, 地盤工学会, 2010.