

①-3 堤防システムの浸透安全性・耐震性評価技術に関する研究③

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 23～平 27

担当チーム：地質・地盤研究グループ

研究担当者：稲崎富士

【要旨】

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震によって、東北地方のみならず関東地方でも多くの堤防区間で深刻な被災が発生した。これを受けて被災河川堤防に対する大規模な統合物理探査が実施された。その現場計測に際して、堤防に腹付道路が設置され、その通行量が多い区間では統合物理探査の一つであるランドストリーマー表面波探査のS/Nが悪化し、作業性が低下するという問題が生じた。また統合物理探査結果と既往の地質調査データとの整合性が不良の箇所が数多く認められ、統合物理探査の信頼性に疑義が呈されることも惹起した。これには、従来の地質調査手法は何を捉えているのか、それを堤防システムの代表値として扱うことが可能であるか、という本質的な問題と関連する。言い換えると、堤防システムが有する不均質性の程度をどのように把握評価するか、に関連する。そこで本研究では、堤防システムの縦断方向の2次元断面構造をイメージングする統合物理探査に加えて、堤防横断方向の2次元断面構造を把握することが可能なトモグラフィ探査手法について検討を加えた。また道路通行振動雑音レベルが大きな区間でも適用可能な受動式表面波探査について現地適用探査を実施した。その結果、トモグラフィ探査とコーン貫入試験に代表されるサウンディングを組み合わせることで、横断方向の不均質構造を1m程度以下の解像度でイメージングすることが可能であること、受動式表面波探査によって、高い作業効率で従来のランドストリーマー表面波探査と同程度の精度で解析断面を得ることができると、とくに堤防高10m以上の大規模堤においては、従来基礎地盤までのS波速度構造を得るには2本の測線を設定する必要があったのに対し、天端測線のみで基礎地盤部の構造も把握できることがわかった。また、従来の表面波探査取得データに対して、異なる波形解析処理を施すことで、基礎地盤構造を明瞭にイメージングできることが明らかになった。

キーワード：統合物理探査，受動式表面波探査，トモグラフィ探査，コーン貫入試験，多相解析

1. はじめに

河川堤防内部の不均質構造や基礎地盤の物性を効率的に把握することが可能な調査手法を開発し、現行の堤防安全照査体系に組み込むことができれば、河川堤防の質的整備をより効率的に推進することが可能になる。非破壊調査の一つである物理探査は、地盤内部構造をイメージングする基本技術であり、地盤工学分野にも広く活用されてきている。この物理探査の手法を活用すれば河川堤防の弱点箇所を効率的に検出できる可能性が指摘されていた。これに対し土木研究所では、いくつかの物理探査手法を組み合わせる河川堤防内部構造探査に適用する「統合物理探査技術」の開発と実用化を推進し、堤防縦断方向に存在する数10m規模の異常部を検出することが可能であることを明らかにしてきた¹⁾。また堤防開削部において事前に統合物理探査を実施し、さらに開削後の堤体および基礎地盤部で詳細な比抵抗探査と表面波探査等を実施するとともに採取試料の物性を計測して比較

検証することで、統合物理探査結果に基づいて堤防の透水性を評価する指標の確度向上を図ってきた²⁾。これまでの検討の結果、構成要素技術としてランドストリーマーを用いた高精度表面波探査と、牽引式比抵抗探査あるいはスリングラム電磁探査を組み合わせた統合物理探査が効果的であること、堤体および基礎地盤のS波速度構造と比抵抗構造が、透水係数や土質特性などと相関性を有していること、その相関性に基づいて区分値を設定し、浸透に対する弱点箇所を抽出する手順を確立してきた^{3),4)}。

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震によって、東北地方のみならず関東地方でも多くの堤防区間で深刻な被災が発生した。この堤防被災を受けて、被災規模が深刻な大規模被災区間は緊急補修が施された、中小規模被災区間は応急的な補修が施されたが、本格的な復旧対策は2012年出水期まで持ち越されることとなった。また外見的には無被災にみえる堤防

区間においても堤体内部が潜在的な損傷を受けている可能性も指摘されていた。そこで一部の河川区間では、地震による堤防の損傷の可能性を考慮して基準水位を引き下げる措置がとられた。

河川堤防が実際にどの程度の損傷を受けているのか、については初期状態が不明な場合は評価が極めて困難である。しかし地震後の堤防がどのような状態にあるか、は探査によって明らかにすることができるので、相対的な弱部を抽出することが可能である。そこで、主として利根川水系の下流部を構成する河川の堤防区間約 150 km を対象に、堤防システムの内部物性構造を明らかにすることを目的として統合物理探査が試験適用された。

利根川本流など大規模河川においては、堤防川裏側に通行量の多い道路が腹付けされている場合がある。このような区間では、統合物理探査を構成する要素探査法であるランドストリーマー表面波探査において道路交通車両が発生する交通振動レベルが大きく、S/N を悪化させ、作業性が低下するとともにデータの品質が劣化するという問題が生じた。探査作業を車両通行の少ない夜間時間帯に実施する等の対策を講じたものの、作業効率の著しい低下を免れえなかった。ところで通行車両が発生させる交通振動は、表面波を主体としている。逆にこの交通振動を測定すれば、従来の表面波探査と同様に S 波速度構造を求めることができると期待された。そこで、測線の近傍を平行する道路を通行する車両振動を、通常の表面波探査ツールで取得し処理・解析する受動式表面波探査を適用した。

利根川水系の河川堤防で大規模に実施された統合

物理探査の結果断面を、既往の地盤調査データ、特に標準貫入試験ボーリングデータと対比した際、統合物理探査で得られた S 波速度等の物性データとボーリングで得られた N 値等の土質特性データとの相関が不良で、ばらつきが大きいことが指摘され⁵⁾、統合物理探査の信頼性に疑義が呈された。これには、従来の地質調査手法は何を捉えているのか、それを堤防システムの代表値として扱うことが可能であるか、という本質的な問題と関連していた。言い換えると、堤防システムが有する不均質性の影響は、統合物理探査と従来の地盤調査手法とは異なっていることが推定された。そこで本研究では、堤防システムの縦断方向の 2 次元断面構造をイメージングする統合物理探査に加えて、堤防横断方向の 2 次元断面構造を把握することが可能なトモグラフィ探査手法について検討を加えた。

現地探査・検討の結果、受動式表面波探査では、高い作業効率で従来のランドストリーマー表面波探査と同程度の精度で解析断面を得ることができると、とくに堤防高 10 m 以上の大規模堤においては、従来基礎地盤までの S 波速度構造を得るには 2 本の測線を設定する必要があったのに対し、天端測線 1 本のみで基礎地盤部の構造も把握できること、トモグラフィ探査については、コーン貫入試験に代表されるサウンディングと組み合わせることで横断方向の不均質構造を 1 m 程度以下の解像度でイメージングすることが可能であること、がわかった。また、従来の表面波探査取得データに対して、異なる波形解析処理を施すことで、基礎地盤構造を明瞭にイメージングできることが明らかになった。

表-1 24 年度に実施した現地統合物理探査計測箇所と探査対象

河川系	堤防箇所	区間長	適用探査手法	探査対象事象
利根川	飯島樋管部	30 m	比抵抗探査, 比抵抗マッピング	地震樋管部変状箇所 開削前後比較調査
	R79K	670 m	受動式表面波探査, CPT/SCPT	新手法適用検討
小貝川	L32.0	1.5 km	統合物理探査	OJT
江戸川	L58K	480 m	受動式表面波探査, S 波トモグラフィ, 比抵抗トモグラフィ, CPT/SCPT	地震被災部新手法適用 検討
長良川	犀川排水機場	120 m	統合物理探査, 受動式表面波探査, S 波トモグラフィ, 比抵抗トモグラフィ, 簡易貫入試験	開削前後比較調査
牧田川	R2.8K	100 m	統合物理探査, S 波トモグラフィ, 比抵抗トモグラフィ, CPT/HPT, 比抵抗マッピング, 土質試験	開削前後比較調査
丹野川	L1.2K	220 m	統合物理探査, 比抵抗トモグラフィ, 反射法解析, 比抵抗マッピング, 土質試験	開削前後比較調査

2. 現地統合物理探査

2.1 現地統合物理探査の概要

平成 24 年度には、表-1 に示す 6 河川 7 堤防区間において統合物理探査を主とする現地計測を実施した。このうち 5 区間は、堤防横断樋管撤去・改修箇所にあたり、開削前後に統合物理探査を含む現場計測を実施している。これらの堤防現地探査に費やした延べ日数は 39 日に及んだ。ただしこの日数には準備作業としての機材点検調整、取得データの自前での処理解析および取りまとめは含まれていない。このほかに、統合物理探査に関わるアウトリーチ活動の一環として、技術講習、現場技術指導等に延べ 14 日間を充てた。これらの現地探査のうち、表-1 中に太字で示した 2 堤防区間の探査結果を以下に示す。

2.2 牧田川右岸 2.8K 付近江の橋用水樋管開削部における統合物理探査結果比較

岐阜県養老町を流下して揖斐川に合流する牧田川の右岸 2.8K 付近では、2012 年度に五三排水樋管および江の橋用水樋管の劣化対策の一環として、堤防開削を伴う改修工事が予定された。改修区間では二重矢板仮締切り工が施工された後、まず五三排水樋管部が開削された。この段階で、下流部の江の橋排水樋管通過

部で統合物理探査をはじめとする地表物理探査、サウンディングを実施した(図-1)⁶⁾。統合物理探査は堤防天端および川裏小段道路に約 100 m の測線を設定し、表面波探査は従来のランドストリーマー方式で、また比抵抗探査は電極棒を打ち込む直流比抵抗方式を採用した。また横断方向の堤体内構造を把握することを目的として、開削予定区間に測線長(斜距離)約 50 m の平行測線を 5 本配置し、トモグラフィ探査を実施した。このうち S 波トモグラフィ探査は最下流側の 1 測線のみで、比抵抗トモグラフィ探査は 5 測線全部で実施している。なお地震計設置間隔、電極設置間隔はいずれの測線においても 1 m としている。これに加え、堤防天端(P1)、川裏側小段(P2)および川裏のり尻部(P3)の 3 地点で、コーン貫入試験(CPT)、注水試験(HPT)を実施した。貫入深度は 15 m を目安とした。

統合物理探査実施後に江の橋用水樋管横断部の堤体部は開削され、地表探査実施部の堤体内部構造が露わになった。なお図-1 には江の橋用水樋管部の開削区間は示していない。この開削面のうち、上流側の斜面(図-2 中に太折れ線で表示)上において、比抵抗マッピングを実施した。測点数は合計 272 点に達した。またこのうち 43 点から堤体構成試料を採取し、粒度分析を行なった。これに加え、開削面の犬走り部および開削斜面上に短い測線を設定し、高密度表面波探査を

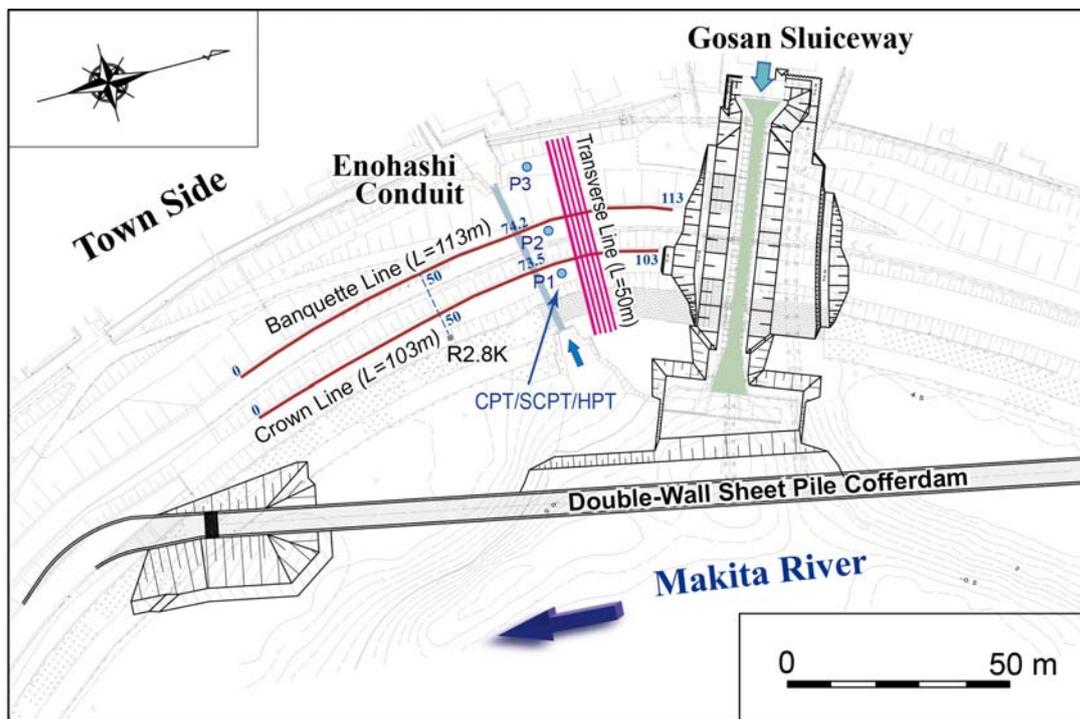


図-1 牧田川右岸 2.8K 付近江の橋用水樋管改修部における物理探査・サウンディング地点位置図⁶⁾

実施した (図-4 参照)。

図-2 は天端測線で実施した、統合物理探査断面およびそれより作成した解釈断面である。探査断面では、まず比抵抗断面において堤体部 (標高 0m 以上) に成層構造が認められることが特徴としてあげられる。すなわち、堤体下部および最上部が相対的低比抵抗、堤体中部は相対的に高比抵抗を示す。S 波速度構造断面にも成層構造は見いだされるが、縦断方向に変動しているように見える。つぎに、江の橋樋管理設部 (測線距離 74m) 付近にのみ、相対的高比抵抗かつ低 S 波速度部が特徴的に分布することがあげられる。

この特徴は、同図(c)の浸透安全性評価断面でも容易に確認することができる。すなわち比抵抗 500Ωm 以上、かつ Vs 200m/s 以下の部分が、堤体中央部、江ノ橋樋管上部域にのみ出現する。このように樋管理設部にのみ特徴的な物性を示す異常箇所が出現することは、他の樋管理設部においてもしばしば認められることである。樋管初期埋設時あるいは改修時に、粗粒の堤体材料が使用されたか、あるいは埋め戻し材料の締固めが不十分であった可能性を示唆する。なお同図には天端で実施した CPT の先端抵抗、HPT で測定したマイクロ比抵抗の深度分布を投影してあるが、それぞれ S 波速度構造、比抵抗構造と調和的であり、例えば天端直下の高比抵抗体部において、マイクロ比抵抗曲線も大きな値を示している。

図-3 は、T1 最下流側の横断測線における S 波

トモグラフィ断面(上)および比抵抗トモグラフィ断面(下)を比較したものである。図-2 と同様に、断面近傍で実施した CPT/HPT 計測データを投影してある。S 波断面では、川裏側小段より下川裏側の堤体部が全体的に低速度を示すことが特徴的である。先端抵抗も小さな値を示し、この部分が主として細粒の粘性土で構成されていることを示唆している。一方天端直下部では先端抵抗のピークに対応する高 S 波速度ゾーンが再現されている。ただし、再現性の低い堤体下部・基礎地

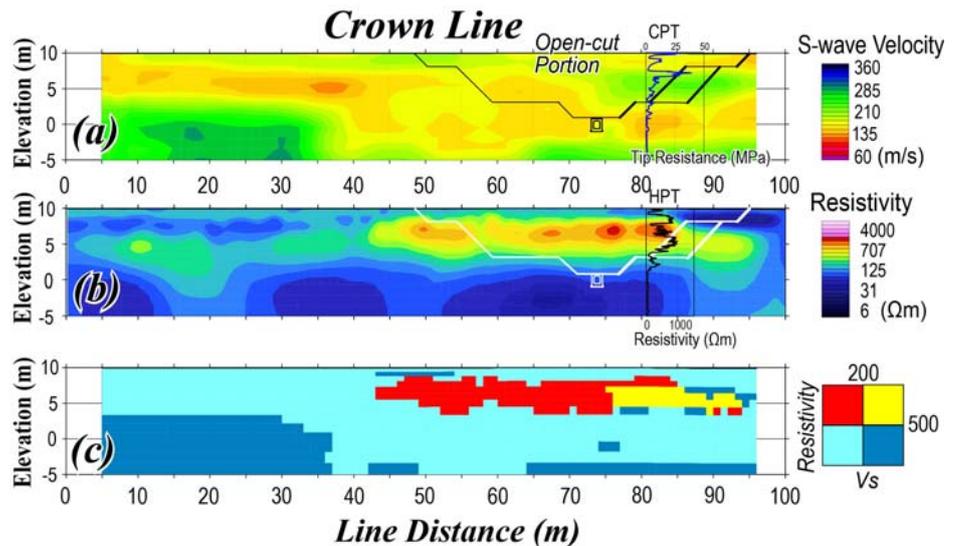


図-2. 天端測線統合物理探査断面。測線は江の橋用水樋管部を横断するように設置。断面図上の折れ線は開削面を示す。(a):S波速度断面；(b):比抵抗断面；(c):浸透安全性評価断面⁶⁾。

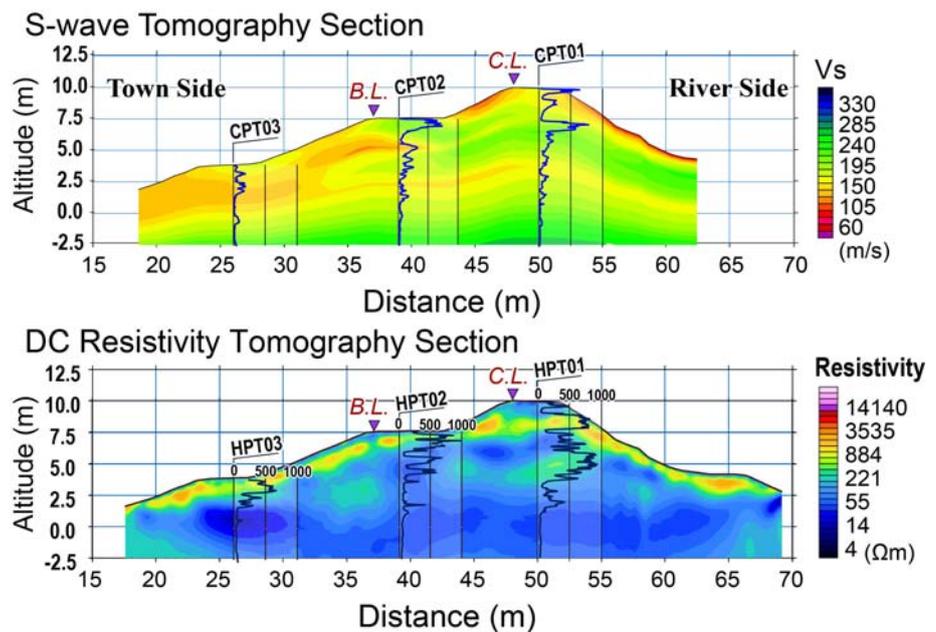


図-3 横断測線沿いの S 波トモグラフィ断面(上)および比抵抗トモグラフィ断面(下)。天端測線との交差位置は 83m。CPT 貫入抵抗および HPT 比抵抗測定曲線を各々の断面に投影⁶⁾。

盤部に対しては、貫入抵抗プロファイルとは調和しない高いS波速度が再現されている。比抵抗トモグラフィ断面では、表層部に薄い高比抵抗表皮が再構成されている。電極棒近傍の低含水・高比抵抗ゾーンの影響を受けていると推定することができる。また天端直下部に2層の高比抵抗体がイメージングされているが、HPTのマイクロ比抵抗プロファイルにおいても対応する位置に高比抵抗ゾーンが検出されており、両者はよく対応していることがわかる。このトモグラフィ断面は、堤体内部が横断方向にも極めて

不均質であることを示している。なおトモグラフィ断面と図-2に示した縦断構造断面とはおおむね調和的であった。

江の橋樋管部の堤体開削後に、開削断面上において比較計測を実施した。計測対象とした開削面は、上流側の上段斜面、2面の中段斜面および1枚の下段開削斜面で、各々は約1.5m幅の犬走りで分割されている。測定斜面は、縦断測線断面(図-2)に太実線で示した位置、すなわち測線距離で78m~95m付近の堤体内部に相当する。同図から、開削面上段斜面は低比抵抗・低S波速度、中段斜面は相対的高比抵抗・高S波速度、下段斜面は低比抵抗・低S波速度と推定されていた。開削後探査として、まず開削面上の272点において電極間隔10cmのウェンナー配置電極を用いてみかけ比抵抗を測定し、それから表層部の比抵抗を求めて比抵抗分布をマッピングした。また水平方向に9m~21mの測線を設定し、20cmないし30cm間隔に固有周期28Hzの地震計を配置して稠密表面波探査を実施した。加えて斜面上の43点から堤体試料を採取し、含水比、粒度試験を実施している。

開削面の比抵抗分布を図-4に示す。相対的に高比抵抗の旧堤体に対して川裏側および堤体上部に、細粒材料からなる新堤部が付加されている築層構造を容易に解釈することができる。上段斜面は全面的に低比抵

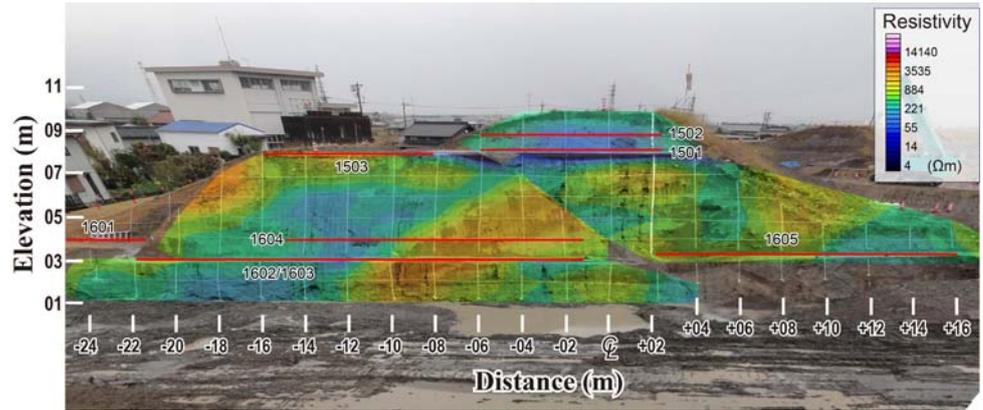


図-4. 開削断面の比抵抗分布. 表面波探査測線を投影⁶⁾.

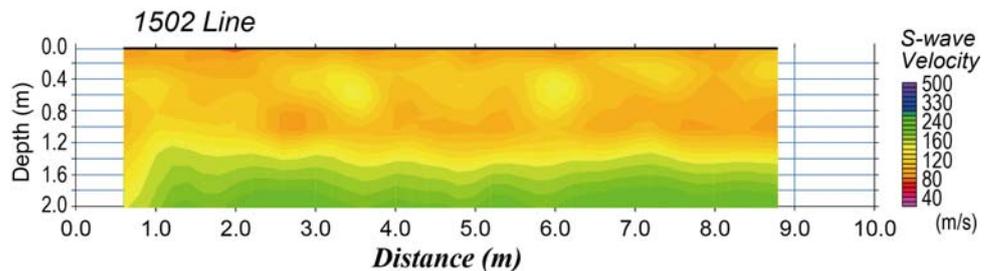


図-5. 1502 測線での稠密表面波探査結果 S 波速度断面

抗に、中断斜面は川表側は相対的高比抵抗、川裏側は相対的低比抵抗を示している。下段斜面も川表側相対的高比抵抗、川裏側相対的低比抵抗の傾向が続いていることがわかる。この比抵抗構造は、縦断測線断面と極めて調和的であるといえよう。

図-5は、上段斜面中部に水平方向に設置した1502測線での稠密表面波探査結果を示したものである。開削面表面から深さ1.2m程度までの速度構造はほぼ一様で、140m/s程度のS波速度を示す。この速度値も、天端縦断測線断面結果と調和的であった。

以上のように、縦断測線断面と横断測線断面と基本的に調和的であった。縦断測線断面が深度方向の物性変動を示すのに対し、横断測線断面は、側方への物性変動を把握する能力に優れており、実際堤体内部の不均質構造がよく再現されていた。従来の詳細点検では堤防天端、川表および川裏のり下部で3本のボーリングを実施して横断方向の断面構造を推定している。しかし図-3、図-4に示されるように、堤体内部構造は極めて不均質で、3点のボーリングデータからそれを再現するのは不可能に近い。

前述のばらつき、すなわち統合物理探査で得られたS波速度等の物性データとボーリングで得られたN値等の土質特性データとの低い相関には、このような堤防横断方向の不均質性が影響していると考えられる。

2.3 丹野川左岸 1.8K 付近新赤土橋橋台設置部における統合物理探査結果比較

静岡県掛川市から菊川市を経て遠州灘に流下する菊川は、直轄河川の中で幹線流路延長、流域面積ともに最も小規模な河川の一つであり、その下流域は、典型的な低平地河川（セグメント2）の特徴を示す。この菊川の支流のひとつ丹野川の河道直線化区間において、バイパス道路建設に伴う橋台設置工事が進められている。23年度には右岸側で堤防を一部開削し、その後橋台と堤防とを合体させる工事が進められた。

24年度には左岸側で同様の工事が予定されていた。そこで左岸側橋台設置部を挟んで測線を配置し、堤防開削前に統合物理探査をはじめとする地表物理探査、サウンディングを実施した(図-6)。統合物理探査は堤防天端川側のり肩部に距離標 1.2K を起点として約 220 m の測線を設定し、表面波探査は従来のランドストリーマー方式で、また比抵抗探査は電極棒を打ち込む直流比抵抗方式および牽引式電気探査の2方法で実施した。ランドストリーマー方式表面波探査では、起振点間隔、移動間隔も 1 m という測定条件で、合計 220 地点で測定したが、それに要した実時間は2時間であった。この統合物理探査に加え、横断方向の堤体内構造を把握することを目的として、開削予定区間に測線長（斜距離）約 20 m の横断測線を配置し、比抵抗トモグラフィ探査を実施した。なお同探査では電極設置間隔を 0.5 m としている。

図-7 は、天端測線で実施した統合物理探査断面およびそれより作成した浸透安全性評価断面である。探査断面では、まず堤体部（標高 6 m 以上）が全般的に高 S 波速度、低比抵抗であることが特徴的である。ただし、測線距離 175 m 付近の幅約 40 m の区間では堤体部が相対的高比抵抗異常、基礎地盤部が高 S 波速度を示すという特徴的

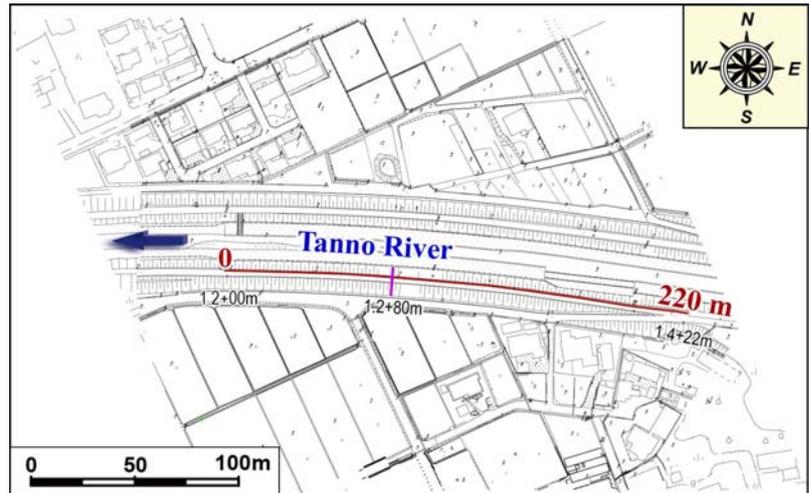


図-6 丹野川左岸 1.3K 付近新赤土橋橋台設置部における統合物理探査測線図。

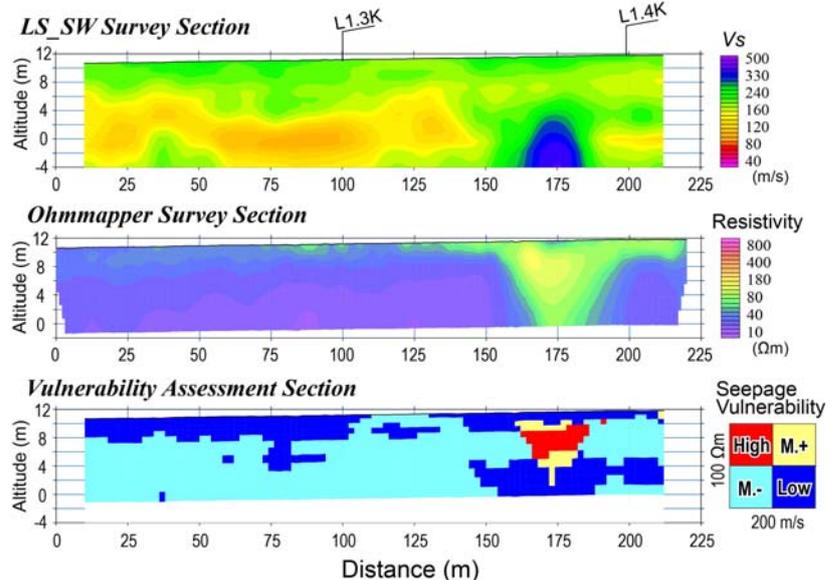


図-7 天端測線統合物理探査断面⁷⁾。測線は天端川裏側のり肩部に設置。(上):S 波速度断面；(中):比抵抗断面；(下):浸透安全性評価断面。

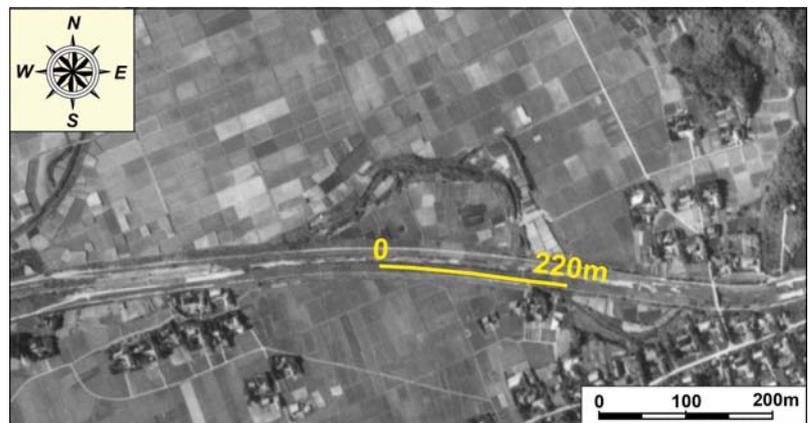


図-8 河川改修前の旧河道と測線との位置関係。

(国土地理院発行空中写真 CB594YZ-A27B-2346 を使用)

な異常構造が認められた。S波速度 200m/s, 比抵抗 100 Ωm を閾値として高透水ゾーンを抽出すると、この異常部の堤体部に特徴的に認められることが示されている(図-7下)。この区間にのみ見いだされた異常構造は、1959年に撮影された空中写真に測線を投影することで容易にその成因を判断することができる(図-8)。すなわち、統合物理探査で異常構造が認められた区間は、蛇行した旧河道との交差点に一致する。このことは、旧河道横断堤防部では、他の区間と異なる粗粒材料が使用されていることを強く示唆している。

図-9は、開削前に1.2K+80mに横断測線を設置して測定した比抵抗トモグラフィ解析断面である。同図は、堤体のり部、特に川裏側のり表層に相対的高比抵抗ゾーンが出現するものの、堤体基礎地盤とも20 Ωm程度以下の低比抵抗を呈することが示されている。天端測線下の比抵抗構造は、図-7中に示した縦断方向の比抵抗構造とよく対応していた。一方図-10は堤体部開削後に1.2K+43m付近の下流側開削面で測定した比抵抗分布図である。断面上に水平方向1m、鉛直投影面で0.5m間隔に測点杭を設置し、合計91点で比抵抗を測定するとともにそのうち17点から堤体試料を採取した。図-9、図-7の比抵抗断面と比べると、相対的に高比抵抗であることがわかる。このように開削断面での測定結果は、開削前の比抵抗断面と比べて比抵抗が高くなる傾向が共通して認められる。開削後の表面乾燥の影響が示唆される。

図-11は、採取した堤体試料に対して実施した粒度分析結果を、現地で測定した比抵抗値と比較したものである。牧田川に比べて丹野川の堤体材料が低比抵抗

であることが示されている。さらにD20粒径が大きくなるほど高比抵抗に、Fcが大きくなるほど低比抵抗になるという見かけ上の直線関係を認めることができる。D20粒径は透水係数の推定にも使われている。この関

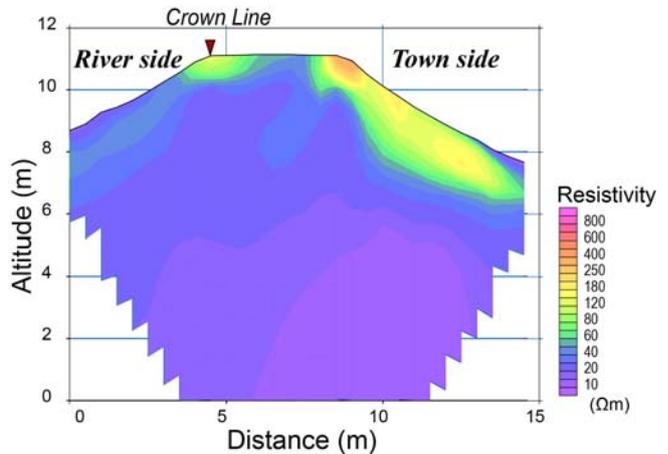


図-9 横断測線沿い(1.2K+80m)の比抵抗トモグラフィ断面

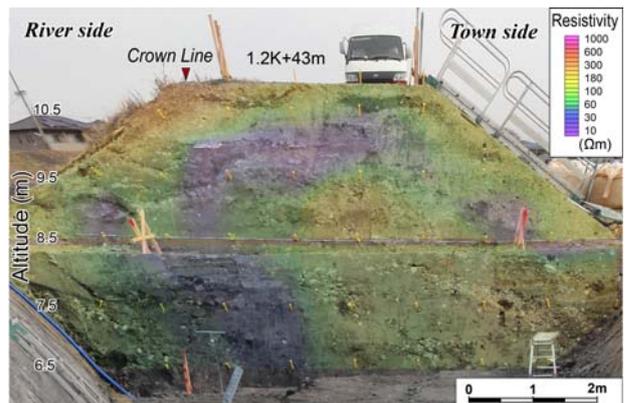


図-10 開削断面(1.2K+43m)の比抵抗分布。

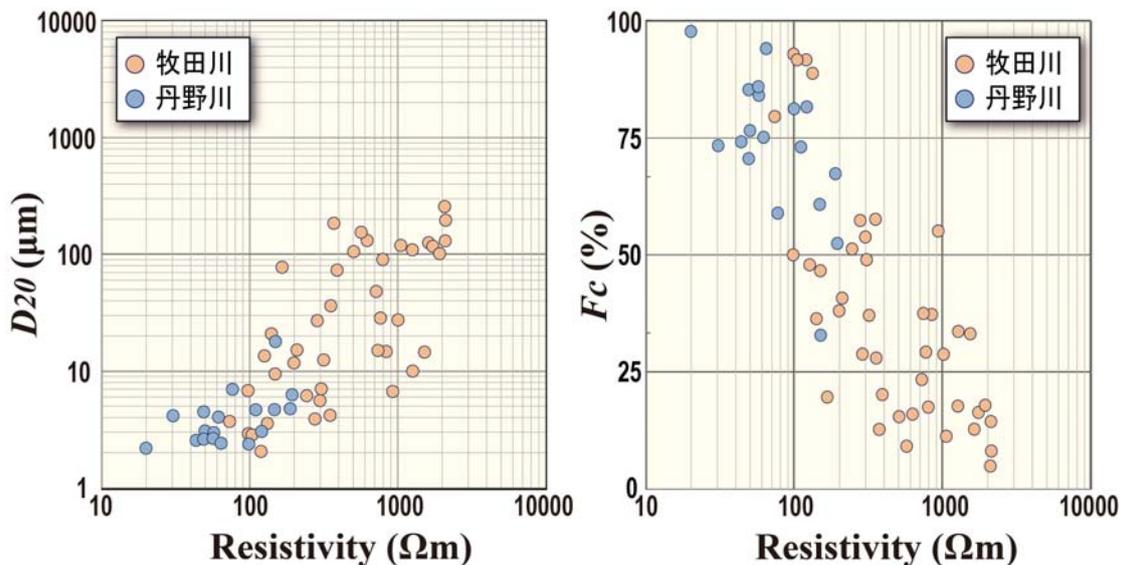


図-11 開削面採取堤体試料の粒度特性と比抵抗との関係

係を利用して、統合物理探査で得られる比抵抗構造から透水性分布を推定することもできる⁸⁾。

ところで、ランドストリーマー方式表面波探査によって取得した波形データには、表面波だけでなく、地下の地層境界から反射してきた反射波が含まれている。そこで、通常のS波探査と同様の処理を施して、反射深度断面を作成した。結果を図-12に示す。同図には、測線距離60m付近で急激に深さが変動する反射面、すなわち地層境界が認められる。この反射面より上位にある反射面は緩く下流側に傾斜する。測線近傍で実施されたボーリング調査結果との対比から、この反射面は沖積層の基底境界に比定することができた。同図にはボーリングで確認された沖積層基底境界(青三角)、および地盤改良のために打ち込まれた杭の打撃貫入データから推定された沖積層下面境界(赤三角)を投影してある。測線直下のデータではなく、横断方向にも地盤構造が急変していることが右岸側の施工実績からも判明しているため、正確には一致しないものの、反射断面上に再現された境界面は、これらのデータときわめて調和的であった。

表面波探査では、図-7に示すように天端下15m程度までしかイメージングすることができないという限界がある。一方同じ測定データを用いて反射法解析処理を施せば、基礎地盤の構造を測線下30m程度までイメージングすることができる。統合物理探査は、複数の手法を組み合わせることを前提としているが、解析法を組み合わせることも有用であることがわかった。

4. まとめ

この間技術開発と普及に取り組んできた河川堤防統合物理探査技術によって、堤防システムの縦断方向の不均質構造のイメージングとそれに基づく安全性評価が可能であることがわかってきた。一方で既往資料、特にボーリングデータと対比させたところ、両者の相関にばらつきがあり、統合物理探査結果の信頼性に問題があるのではとの指摘がされた。これには堤防の横断方向の不均質性が影響していることが考えられた。そこでこの堤防統合物理探査に加え、横断方向の不均質構造を把握する手法としてS波および比抵抗トモグラフィ手法の適用性を検討した。

現地適用調査の結果、CPT等のサウンディング法と組み合わせることによって、トモグラフィ探査で堤防横断方向の微細な不均質構造を把握できることを実証した。従来のボーリング調査は、横断方向でも高だか3本程度、かつ実測区間は3割程度以下であるため、堤体内部の不均質構造の把握には不適當であることが改めて確認された。

参考文献

- 1) 稲崎富士(2006):統合物理探査による河川堤防の内部構造評価,物理探査学会第114回学術講演会講演論文集,234-237.
- 2) 稲崎富士・河川堤防の統合物理探査適用検討委員会(2008):河川堤防安全性評価への統合物理探査の利用,

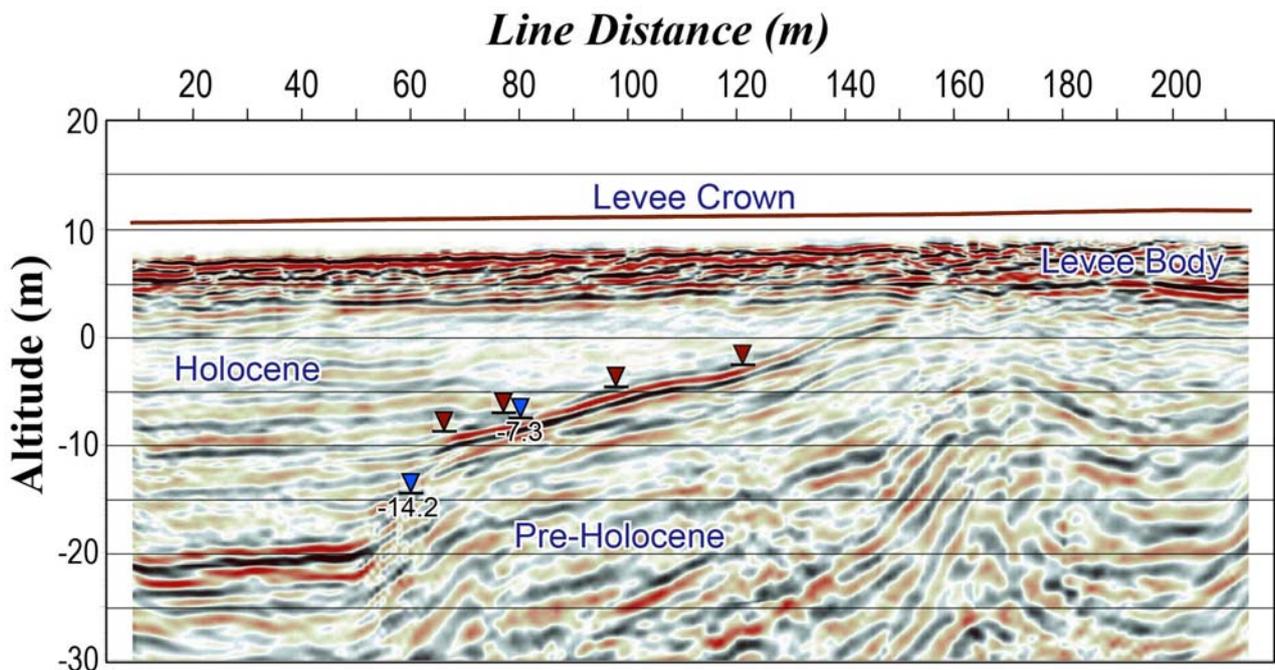


図-12 天端測線下S波反射深度断面⁷⁾。表面波探査データから作成。

①-3 堤防システムの浸透安全性・耐震性評価技術に関する研究③

最新の物理探査適用事例集,105-112, 物理探査学会.

- 3) 稲崎 富士・林 宏一・河川堤防の統合物理探査適用委員会
(2010):河川堤防調査への統合物理探査の活用, 地盤工学会誌, Vol. 58, No. 8, 34-37.
- 4) 稲崎富士・河川堤防の統合物理探査適用検討委員会
(2010):「河川堤防安全性評価のための統合物理探査適用の手引き」のとりまとめと刊行について, 物理探査学会 第 123回学術講演会講演論文集, 239-242.
- 5) 関東地方整備局(2012): 統合物理探査の今後の河川堤防に資する知見とりまとめ(案), 25p.
- 6) 稲崎富士・今里武彦・岡本信之・石山 博(2012):東日本大震災被災堤防における小規模3D電気探査, 物理探査学会 第 126回学術講演会講演論文集, 216-219.
- 7) 稲崎富士(2011):物理探査による東日本大震災被災堤防の物性的特徴, 物理探査学会 第 125回学術講演会講演論

文集, 17-20.

- 8) 稲崎富士(2008):高精度S波速度検層データを指標とした沖積層の堆積環境と工学的特性の検討, 第四紀研究, 47, 121-138.

Research on the seepage and seismic vulnerability assessment of levee systems by means of integrated geophysical surveying

Budget : Grants for operating expenses

General account

Research Period : FY2011-2015

Research Team : Geology and Geotechnical

Engineering Research Group

(Geology)

Author : INAZAKI Tomio

Abstract: Integrated geophysical surveying the author proposed has begun to be utilized as the vulnerability assessment of levee systems in Japan. Characteristic features of the technique are in combination of seismic and electrical methods, in multi-stage application of geophysical surveying, and in joint inversion of geophysical survey results with reference to geotechnical data. The geophysical properties evaluated by these methods, S-wave velocity and resistivity, are used to evaluate permeability, stiffness and seismic resistance. However, a discrepancy has been pointed out between the geophysical survey results and geotechnical data mainly provided by drilling. It has been presumed that small-scale transversal heterogeneity in the levee systems affected the discrepancy. We therefore employed the tomography method to delineate the internal small heterogeneity across the levee systems. Combined field measurements of the integrated geophysics with tomography were carried out at 3 sites. As a result, we could successfully identify small-scaled anomaly structures in and beneath the levee systems. Furthermore, the surface geophysical survey results were concordant with the ground truthing data.

Key words: Integrated geophysical investigation, passive surface wave survey, tomography method, cone penetration testing, multi-phase analysis.