

統合物理探査による河川堤防の健全性評価について

河川、堤防、物理探査、耐浸透、安全性

国土交通省 関東技術事務所 特別会員 ○瀬能 真一

1. はじめに

平成23年3月1日に発生した東北地方太平洋沖地震等により、関東地方整備局管内の堤防等直轄河川管理施設では、4水系10河川に被害が発生し、特に震源地に近い、利根川（下流部）、霞ヶ浦、那珂川、久慈川、小貝川の各河川では沈下やクラック等の甚大な被害となり、それらの総延長は740kmにも及んだ。

大規模な被災を受け、復旧工事を行った箇所以外の見目上は健全に見える堤防でも、内部の状況が不明確であったため、関東地方整備局では、平成24年3月に「統合物理探査検討会」、同5月に「関東地方河川堤防復旧技術等検討フォローアップ委員会及び統合物理探査検討会合同委員会」を設立し、震災後の河川堤防の健全性（浸透）の評価を目的として、堤防内部の状況を把握するための新たな手法である統合物理探査を実施した。

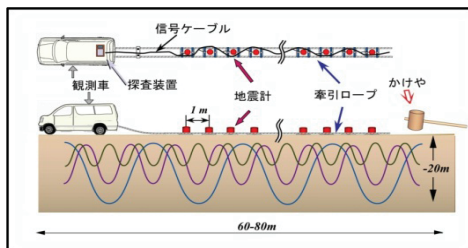
本報告は、統合物理探査手法を用いた河川堤防の健全性（浸透）評価の実施事例について報告する。

2. 統合物理探査手法の概要

統合物理探査とは、複数の物理探査により各々の異なる物性値を求め、地質調査資料などの既存資料を加味して総合的に評価することにより、効率的に堤体と基礎地盤の内部構造と土質特性等を推定する手法である。

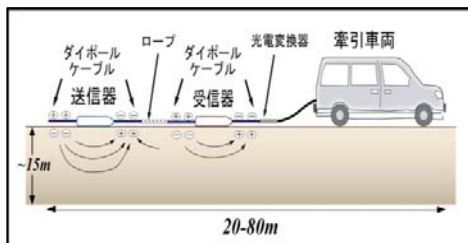
統合物理探査の構成技術としては、高精度表面波探査、牽引式電気探査、スリングラム電磁探査の3種類が一般的であるが、本報告では主として高精度表面波探査、牽引式電気探査を対象とする。

(1) 高精度表面波探査



◆波長によって電波する深さが異なり、速度も異なるという表面波の性質に基づいて地盤のS波速度構造を推定する手法である。（独）土木研究所で開発した「ランドストリーマー」を用いることで、作業効率・解析精度が向上した。

(2) 牽引式電気探査



◆送信部のダイポールケーブルに正負の交流電荷を与えると、地盤と間にコンデンサーが形成され、地盤に電流が流れ、受信部側付近のダイポールケーブル区間に電位差が発生する。この電位差から地盤の比抵抗分布を求める手法である。

図-1 統合物理探査手法の概要

3. 浸透に対する堤防の健全性評価の考え方

今回実施した河川堤防の健全性評価は、浸透に対する堤防の安全性について、震災前に比べ、地震後に同等の機能を有しているかを確認することを目的としたため、震災前に実施された地質調査資料等から震災前の堤防のN値とS波速度、透水係数と比抵抗の相関から河川毎に閾値（基準値）を設定し、浸透に対する健全性評価を実施した。

堤防の健全性評価は、S波速度と比抵抗の関係から図-2のとおり、4種類（a～d）にランク分けを行い評価した。

また、安全性が低い範囲（dランク）では、d1とd2に分類し、浸透に対する安全性が著しく低い範囲として抽出した。

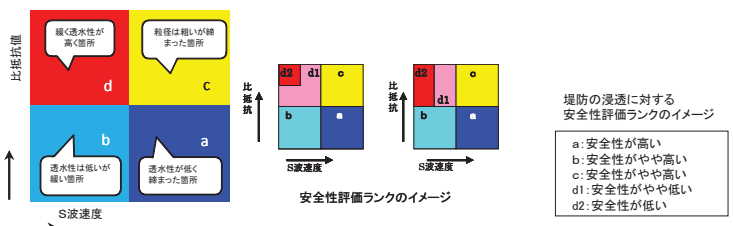


図-2 安全性評価ランクのイメージ

4. 統合物理探査結果から見た浸透に対する堤防の安全性評価

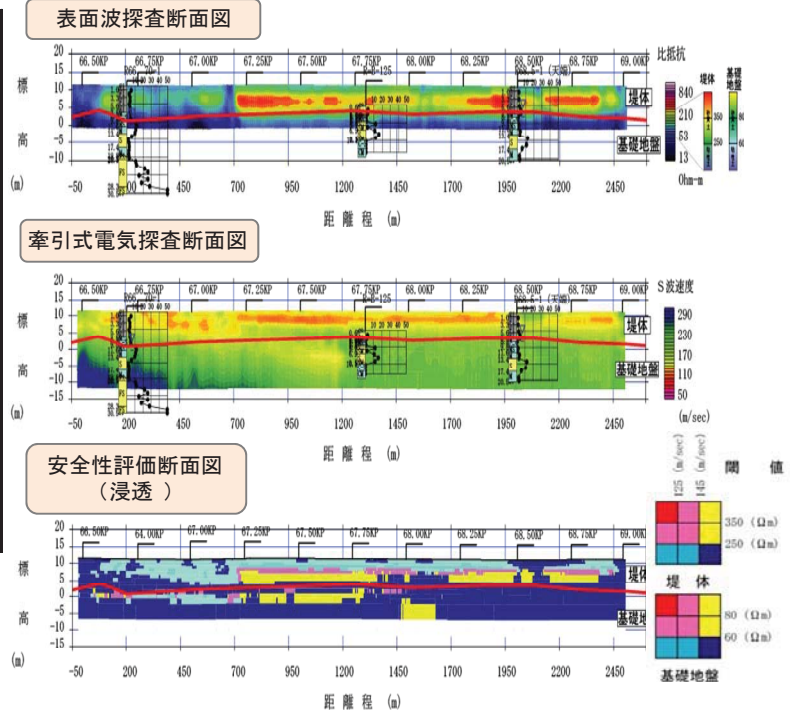
統合物理探査実施区間において浸透に対する堤防の安全性が低いと推定された区間の延長は表－1のとおりである。安全性が低いと推定された区間については、代表箇所において詳細調査としてボーリング調査等を行い、震災前に比べ、震災後にN値の低下や透水係数が増大している場合は、浸透流解析を行い総合的な評価を行った。

統合物理探査結果及び詳細調査の結果から、今回調査した利根川（下流部）、霞ヶ浦、小貝川の震災後の各河川堤防における浸透に対する安全性については、震災前と同等の機能を確保していることを確認した。

表－1 浸透に対する安全性が低いと推定された区間

河川名	左右岸	区間	延長(km)
外浪逆浦	右岸	3.50k ~ 4.00k	0.5
		4.25k ~ 4.75k	0.5
北利根川	右岸	1.00k ~ 1.25k	0.25
		2.75k ~ 4.00k	1.25
		4.25k ~ 4.75k	0.5
小計			3.00
利根川 (下流部)	左岸	68.00k ~ 68.50k	0.5
		69.00k ~ 71.25k	2.25
		71.25k ~ 74.00k	2.75
	右岸	59.80k ~ 61.00k	1.2
		63.30k ~ 63.80k	0.5
		63.70k ~ 64.10k	0.4
		67.20k ~ 67.75k	0.55
		77.60k ~ 77.70k	0.1
82.90k ~ 83.00k	0.1		
小計			8.35
小貝川	左岸	36.00k ~ 36.20k	0.2
		33.80k ~ 34.20k	0.4
	右岸	36.60k ~ 36.80k	0.2
		38.00k ~ 38.20k	0.2
		38.80k ~ 39.20k	0.4
		39.80k ~ 40.00k	0.2
		44.40k ~ 44.60k	0.2
		46.00k ~ 47.80k	1.8
52.20k ~ 52.40k	0.2		
小計			3.8
合計			15.15

河川名	探査範囲 (km)	安全性が低い と推定される 区間 (km)	安全性が低い と推定された 区間の割合 (%)
霞ヶ浦	76.64	3.00	3.9
利根川下流	51.33	8.35	16.3
小貝川	32.14	3.80	11.8
合計	160.11	15.15	9.5



図－3 統合物理探査結果例

5. 河川堤防の健全性評価に伴う統合物理探査の位置づけ

今回の結果から統合物理探査の河川堤防の安全性評価への適用性について考察すると、現在の統合物理探査の精度では浸透に対する安全性が低い数m程度の区間の抽出は困難である。被災事例や既往調査資料の情報と合わせて用いるのであれば、浸透に対して堤防の安全性が低いと思われる箇所の一次スクリーニングの手段として有効と言える。但し、検証として探査範囲の代表箇所において、開削調査やボーリング調査を実施し、統合物理探査結果の評価に対する検証が必要である。

6. まとめと今後

前述のとおり、今回実施した統合物理探査手法は、河川堤防の浸透に対する安全性を評価する上で、非破壊により効率良く堤防内部のゆるみ等を把握するための一次スクリーニング的な役割として有効であることが確認できた。しかし、個々の探査技術は確立されているものの、統合物理探査手法を用いた河川堤防の安全性評価においてはルーチン的に進めることができないことや、既往の土質試験結果（N値、透水係数、細粒分含有率等）と物理探査データ（S波速度、比抵抗）の相関性（データのバラツキの解明）など明らかにならなければならない各種課題が抽出された。そのため、浸透に対する堤防の安全性評価方法の精度向上として、相関を高めるための技術的な検討が必要である。今後は、関係研究機関等と連携を図りつつ、今回の調査で抽出された課題の解決に向けた更なる検討を行うとともに、調査データの蓄積（データベース等の構築）を行い、統合物理探査手法による河川堤防の浸透に対する安全性評価手法としての適用性について検討したい。

【参考文献】1)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（案）平成24年3月 独立行政法人土木研究所 一般社団法人物理探査学会

2)*関東地方河川堤防復旧技術等検討フォローアップ委員会及び統合物理探査検討会合同委員会資料

3)*統合物理探査の今後の河川堤防調査に資する知見

※2)*3)*関東地方整備局HPより