

弾性波を用いた堤防内部状況探査技術の開発

国土交通省関東技術事務所 正会員 茂木正晴 ・ 正会員 持丸修一
 京都大学大学院工学研究科 正会員 芦田 譲
 キンキ地質センター 太井子宏和 ・ 地球科学総合研究所 清水信之

1. はじめに

集中豪雨等により河川氾濫が発生すれば、下流域の都市に甚大な被害をもたらす。例えば、昨年9月に東海地方を襲った豪雨では、堤防の破堤等により都市機能が麻痺するとともに総被害額は約8,500億円にも達した。このようなことから、我が国の多くの大都市が堤防によって守られている現状のみならず、堤防のもつ防災上の重要性が再認識されたといえよう。

堤防内部に内在する亀裂や、樋管下に発生する空洞・水洞、堤体盛土を構成する土層の緩み等は、破堤の要因となりやすい。こうした堤防内部の弱点部は、外部からの目視だけでは把握が困難なことから、非破壊による堤防の内部状況調査が必要とされる。そこで、質の高い維持管理を目的として堤防内部状況を把握するため、弾性波を用いた探査技術の開発検討を行ったので報告する。

2. 探査手法

堤防内部を調べる方法としては、堤防の天端や小段から堤防内部を調査する方法と、樋管の底版コンクリート上面から樋管下の状況を調査する方法との2通りがある。

堤防内調査では、堤防とその下位の基礎地盤上部を調査対象とした場合深度は10～20m程度になり、このような深度を弾性波を用いて調査する方法として、P波に比べ分解能に勝るS波を用いた浅層反射法を適用した。樋管下調査では、伝播速度の速いコンクリート部を介しての探査になること、樋管下の空洞・水洞を伝播できる性質の弾性波を選ぶ必要があることから、震源にP波を用いた浅層反射法を採用した。

3. 適用性の検討

3-1. 堤防内部状況探査

堤防内部状況を把握するためのS波浅層反射法は、2次元探査と3次元探査とからなる。2次元探査では、ランドストリーマと呼ばれる受振装置を用い、実堤防の天端からの試験探査を実施した(図-1)。これによると、約9mの深さにある幅2.1mの樋管が検出できるとともに、樋管設置工事に伴う堤防の開削面や、天端の嵩上に伴う新堤・旧堤の境界等が捉えられることが分かった。

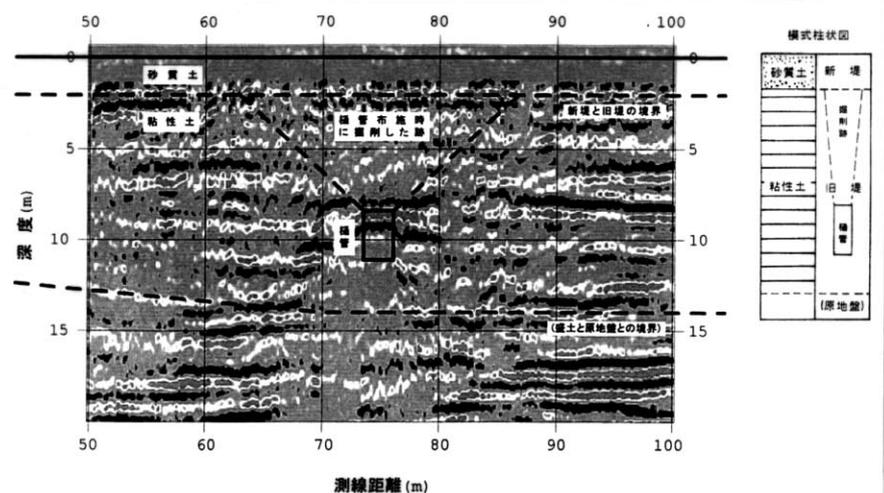
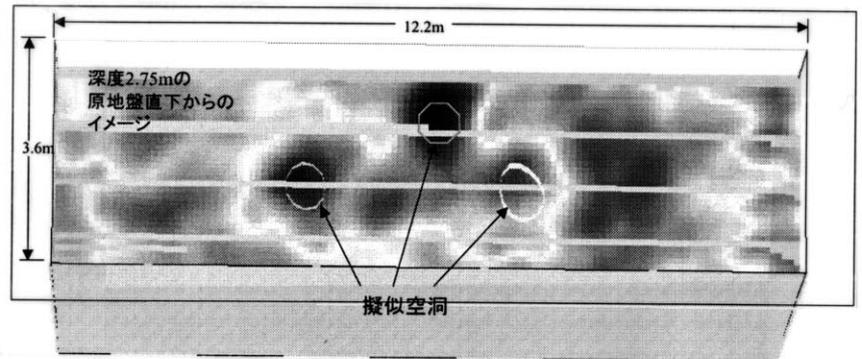
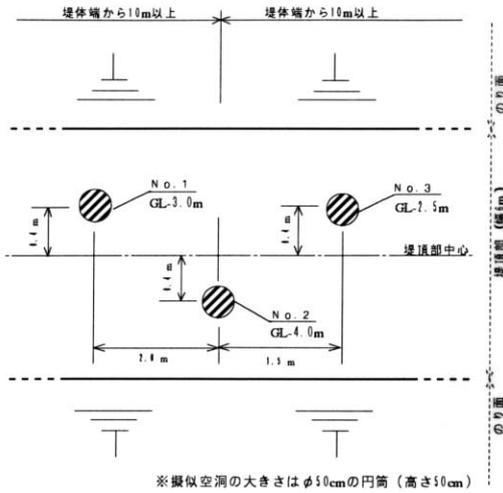


図-1. 堤防内の試験探査結果(2次元S波探査法)

堤防、樋管、空洞、反射法弾性波探査、3次元S波探査

〒270-2217 千葉県松戸市五香西6-12-1 国土交通省関東技術事務所機械課

3次元探査手法については、試験堤防における要素実験や実堤防における試験探査を行うことにより、その適用性を検討した。そのうち、試験堤防における要素実験では、異なる深度・位置に直径50cm・高さ50cmの空洞を3個埋め込んだ(図-2)。図-3は、天端から堤防内部を透視した図を示すが、3つの空洞からの反射波によるイベントが捉えられている。



↑ 図-3. 3次元S波探査による疑似空洞のイメージ
 ← 図-2. 疑似空洞の配置

3-2. 樋管下状況探査

樋管下探査については、実堤防の樋管2カ所において試験探査を実施した。図-4に解析結果の一例を示す。この樋管では、底版コンクリートの形態が測線方向に異なっているのに応じて、コンクリート下面からの反射波が変化している状況を、図-3から読みとることができる。なお、樋管下の空洞等を示す明瞭な反射イベントは出現しなかった(試験探査後の樋管撤去工事における状況確認でも樋管下の空洞等が見られなかった)。

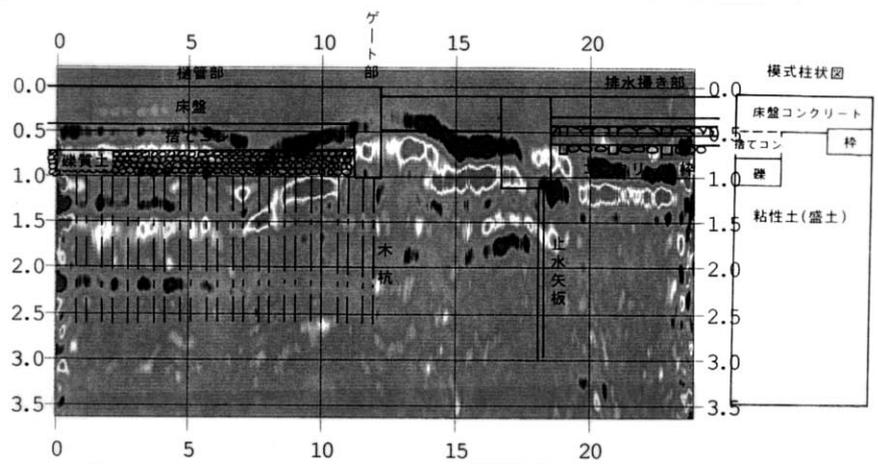


図-4. 樋管下試験探査結果(2次元P波探査法)
 縦軸: 深度(m)
 横軸: 測線距離(m)

4. まとめ

今回の開発検討から得られた主要な結論は以下のとおりである。

- ①ランドストリーマを用いた2次元S波浅層反射法は、新堤・旧堤の境界、過去の開削埋戻しの痕跡等の築堤履歴を、概查的に把握するのに有効であった。
- ②3次元S波浅層反射法は、空洞のようにスポット的な密度異常体の検出に対して、有効な探査手法であることが明らかになった。
- ③樋管下状況については、P波浅層反射法により底版コンクリート下面の反射イベントを把握することができたが、その下位の空洞等に対するイメージを捉えるには、より高度な解析技術、探査データの蓄積が必要といえる。

現在、堤防内探査手法については、現場への適用性を考慮した機器構成、受振・発震点数の適切な配置等について検討中である。樋管下探査については、探査およびより高度な解析技術を検討中である。今後は、このような弾性波による探査手法を現場活用し、探査結果の精度向上や探査機の現場適用性の向上を進めていく予定である。