

東日本大震災 震災復旧・復興業務

港湾埠頭岸壁 路面下空洞電磁波レーダー探査・解析

はじめに

本調査は、平成 23 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災によって沈下、陥没等の被災を受けた、港湾埠頭岸壁の岸壁エプロン部舗装版下の空洞化状況を非破壊手法のひとつである電磁波レーダー探査法により把握を行ったものである。



震災復旧・復興業務における電磁波レーダー探査法の特徴と主な用途

特徴

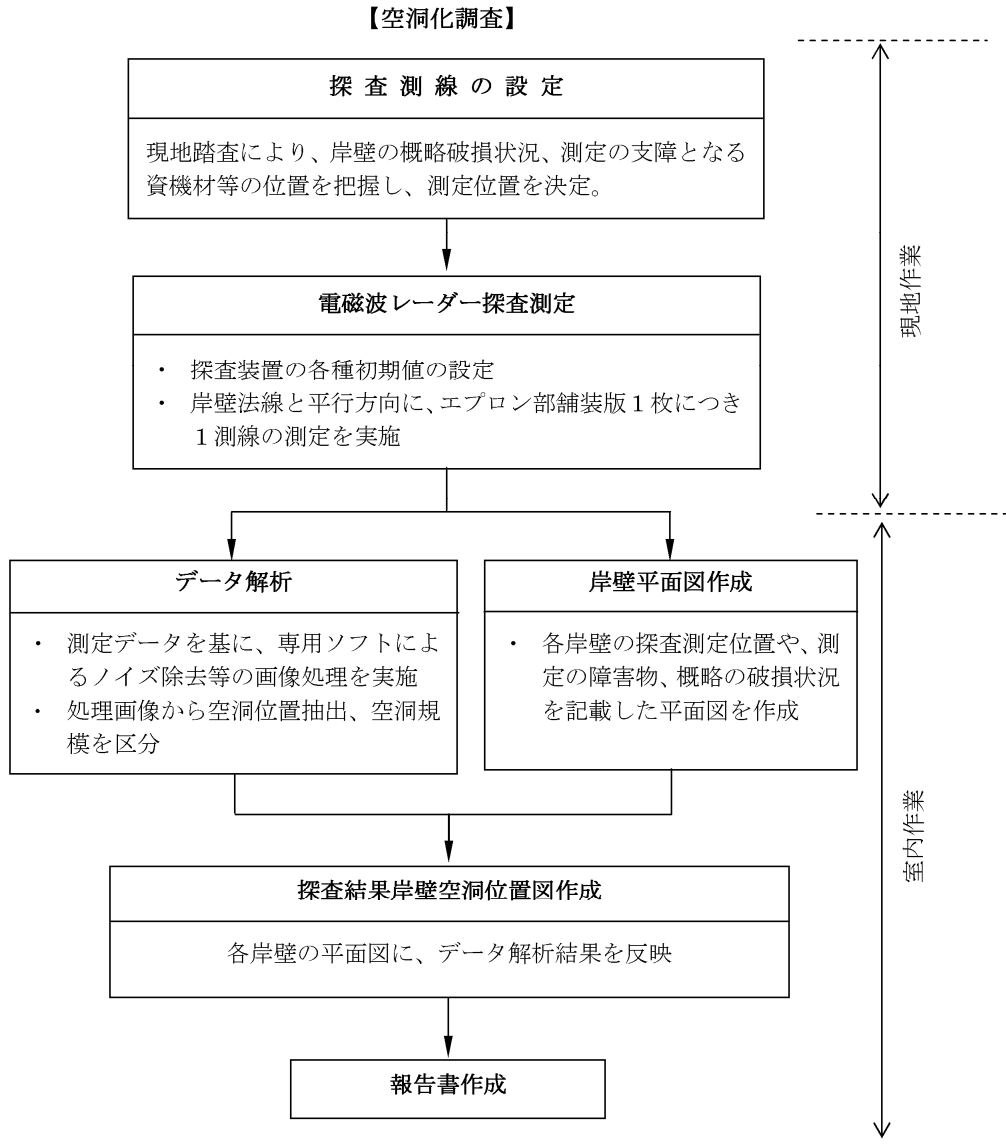
<非磁性体の内部及びその深部を非破壊で、断面図として得られるので摘要できる用途は広い>

1. 探査測線長は、約 2 km / 日の測定が可能であり、広範囲な調査に対応できる。
2. 測定データはリアルタイムで表示されるため、現地でおおよその判断が可能である。
3. 従来のボーリング等の調査と比較し、点情報ではなく線情報から面的情報として把握できる。
4. 深度 2.5m 程度までの探査が可能である。
5. 他の非破壊手法と比較して、迅速性及び、経済的にも優れている。

用途

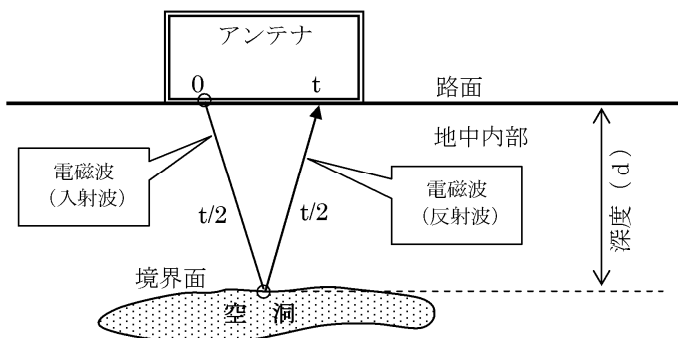
1. 液状化及び地下構造物破損による土砂流入が起因となる**路面下空洞探査**
2. 金属・非金属管の**地中埋設管探査**
3. 地震による不同沈下及び、津波による引き潮に伴う土砂流出による**護岸・堤防下空洞探査**
4. その他の活用については、別途問い合わせをお願いします。

・探査フロー（実例）



・電磁波レーダー探査の原理

探査概念図に示すように、電磁波レーダー探査法は、放射された電磁波が電気的物性値の異なる境界面において反射、屈折、散乱する性質を利用する探査方法であり、送信装置（アンテナ）から電磁波を送信し、物性境界面からの反射波を観測することで、その観測記録から地中の物性境界面の分布を推定しようとするものである。



探査概念図

$$d = t/2 \cdot V$$

d : 深度 (cm)

t : 反射時間 (ns)

V : 伝播速度 (cm/ns) (ns : 10⁻⁹秒)

$$V = C / \sqrt{\epsilon r}$$

C : 空気中における電波の伝播速度 (=30×10⁴km/s = 30cm/ns)

ε r : 物質の比誘電率 (通常、誘電率という)

よって深度 (d) は

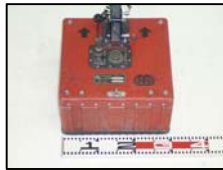
$$d = C \cdot t / (2\sqrt{\epsilon r})$$

となる。

・探査装置概要

探査装置は、コントロールユニット（装置本体）、アンテナユニット、画像出力装置で構成されます。

装置は、探査深度や対象物に応じてアンテナを選定することが必要となります。アンテナは送信する電磁波の中心周波数によって数種類に分かれ、探査深度は、送信周波数が低いほど深く、送信周波数が高いほど浅くなります。また、分解能は送信周波数が低いほど大まかであり、送信周波数が高いほど詳細になります。



コントロールユニット アンテナユニット

探査装置の主な仕様

名称	仕様	
コントロール ユニット (SIR-3000)	アンテナ	すべてのGSSI社アンテナが使用可能
	データ記憶	内部メモリー: 1GBフラッシュメモリーカード コンパクトフラッシュポート: 2GBまでのコンパクトフラッシュが使用可能
	プロセッサ	32ビットIntel社ストロングアーモRISCプロセッサ、206MHz
	ディスプレイ	エンハスト8.4" TFT、分解能800×600、カラー64K ラインスキャンとオシロスコープディスプレイモード
	入力/出力	アンテナ入力 (コントロールケーブル)
		DCパワー
	外観、質量	コンパクトフラッシュメモリー
		寸法: 31.5cm×22cm×10.5cm 質量: 4.1kg (バッテリーを含む)
	作 動	温度: -10°C~40°C
		バッテリー: 10.8V DC、内部 送信レート: 100kHzまで
サンプル	2, 565, 121, 024, 204, 840, 000, 000	
測定レンジ	1~8000ns	
スキャンレート	1~400	
アンテナ ユニット	400MHz	

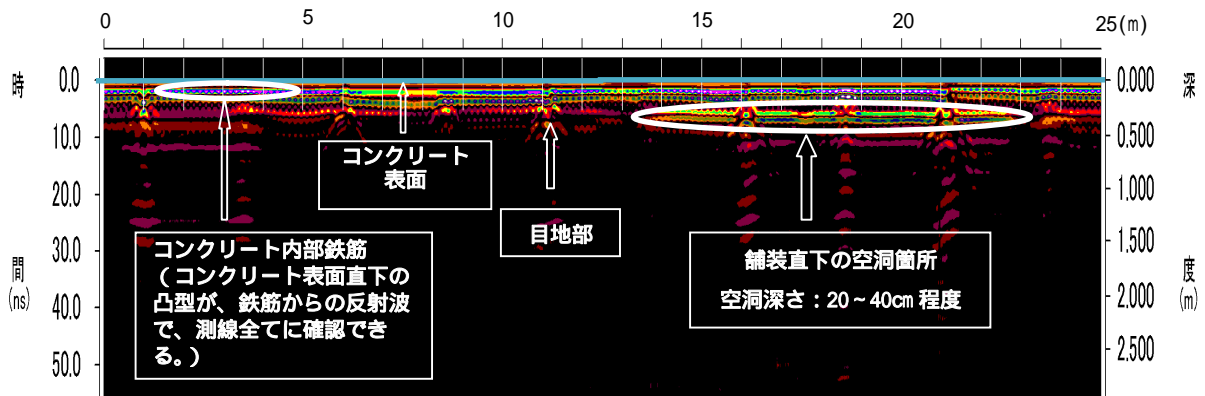
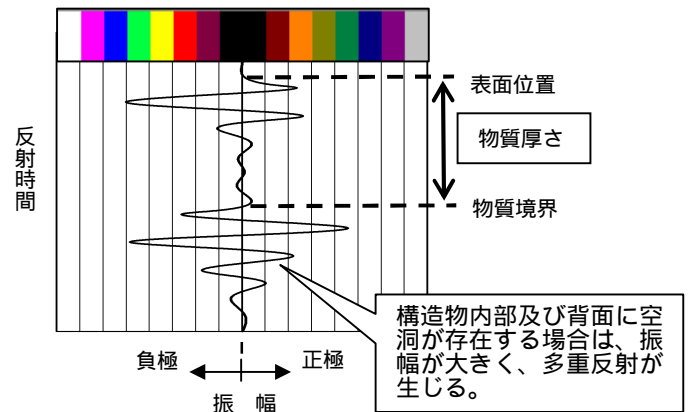
・探査結果

コンクリートと空洞（空気）は比誘電率の差が比較的大きいため、空洞が生じている場合は強い反射波が生じる。

今回の探査では、コンクリート舗装版直下から空洞と推察される負極性の強い反射波が捉えていることがわかる。

図の右側に表示されている深度は比誘電率 (ϵ_r) = 9.0 (一般的なコンクリートの誘電率) として算出した深度であるため、空洞深度とは異なる。空洞に換算する場合、表示深度の3倍程度となる。

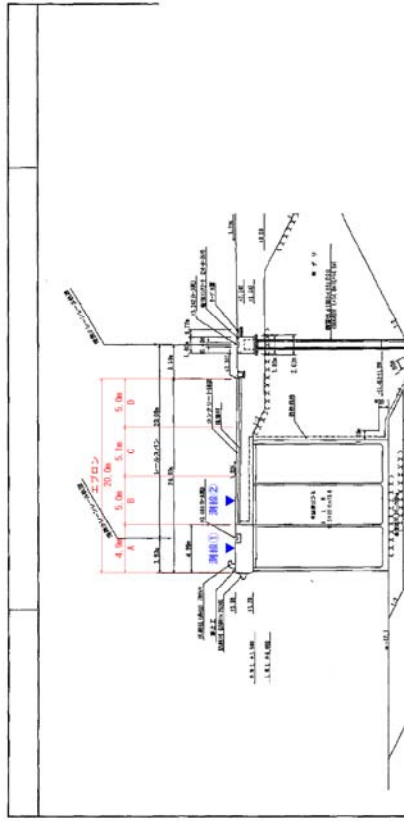
変状位置、空洞位置を平面図に記載し、空洞分布図とした。



電磁波レーダー探査画像例

空洞分布図例(〇〇埠頭第〇岸壁) S=1:500

断面図 S=1:500



凡例	
探査測線	—
目地	—
空	1 (深さ40cm以上)
半	2 (深さ20cm~40cm未満)
埋	3 (深さ20cm未満)
変状等	—
戻り材、砕石、同等、測定の際の障害物	—

先頭側(左側)

