

1.1 GPRとは?

13

1.1.3 土研保有多チャンネルGPRの特長



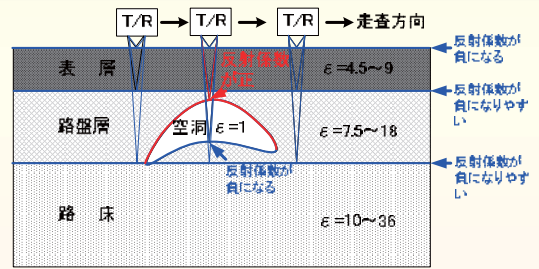
- ▶ 多チャンネル3DGPR
- ▶ 送信4ch × 受信8chのアンテナを搭載し、横約8cm間隔、縦1cm間隔で1.2m幅を同時測定可能。
- ▶ 車両牽引によって高速(72km/h)で走査可能。
- ▶ ランダムノイズ信号処理法を採用し、高速・高分解能での送受信可能。
- ▶ Wi-Fi接続でVRS-GNSS測位
- ▶ 最高で±0.8cm精度で測位可能
- ▶ 傾斜計センサ信号も同時受信し、傾斜地形補正も可能。



1. GPRによる空洞探査

14

1.2 GPRによる空洞検出と空洞厚の推定-1



- 舗装構造では多くの境界面が**負の反射係数**になる。このため、**空洞上面が唯一の正の反射係数**になりやすい。
- **正の反射係数をもつアノマリ ⇒ 空洞の可能性大**

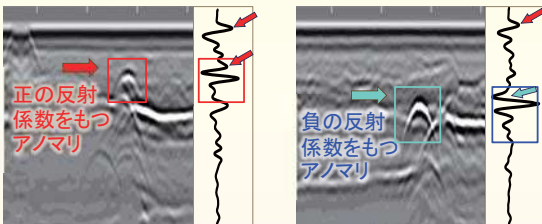


(青池ほか, 2013)

1. GPRによる空洞探査

15

1.2 GPRによる空洞検出と空洞厚の推定-2



空洞の例

埋設管の例

- 従来の路面下空洞探査では空洞の有無・拡がり・深さをアノマリ信号パターンとバックデータから判定していた。
- 信号処理を施すことによって、**空洞厚も定量的に推定可能**。



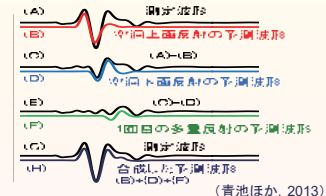
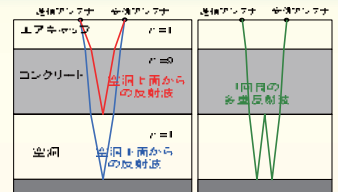
(青池ほか, 2013)

1. GPRによる空洞探査

16

1.2 GPRによる空洞検出と空洞厚の推定-3

- 事前に模型実験を実施し、システム特有の送信波形(基本ウェーブレット)を推定。
- 1Dの空洞モデルを想定。
- 空洞上面、空洞下面、空洞内多重反射1回を考慮して波形を合成。
- 観測波形と合成波形の予測誤差量が最小となるよう最適反射係数列を計算して波形処理し、空洞厚を推定。



- **波長より小さな空洞でも厚さ推定可能**。



(青池ほか, 2013)

2. 護岸背面空洞探査例

17

2.1 床版下空洞探査例-1



- 波浪・強風による河口堰周辺護岸の損傷。
- 海岸護岸背面「吸出し」
- コンクリート床版(T=20cm)の座屈・目地部開口・空洞化



2.1 床版下空洞探査例-2

18

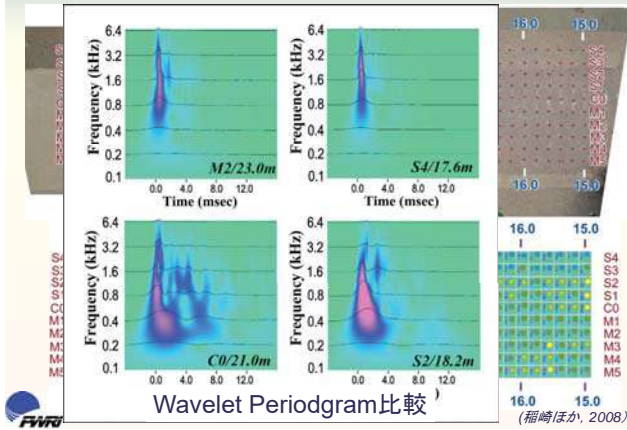


調査時期: 2007年9月21-24日
探査手法: GPR探査(1GHz)
打音ウェーブレット計測
高周波加速度計測



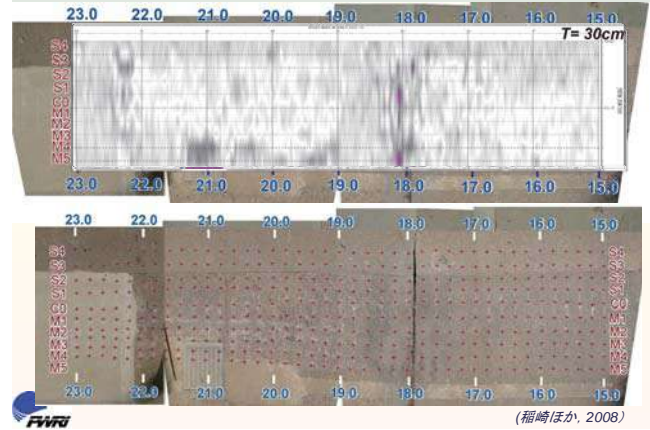
2.1 床版下空洞探査例-3

19



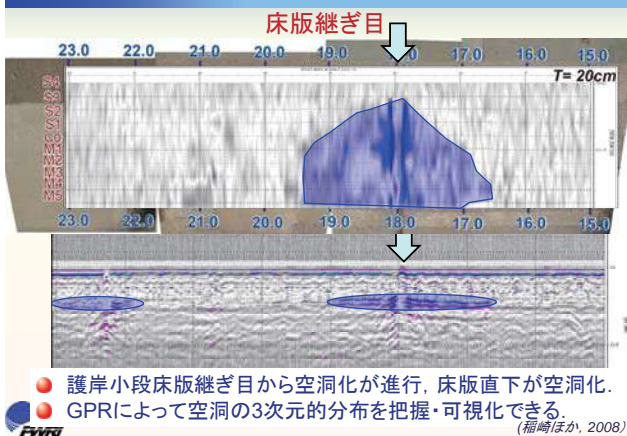
2.1 床版下空洞探査例-4

20



2.1 床版下空洞探査例-4

21



2.2 補強土壁背面空洞探査例-1

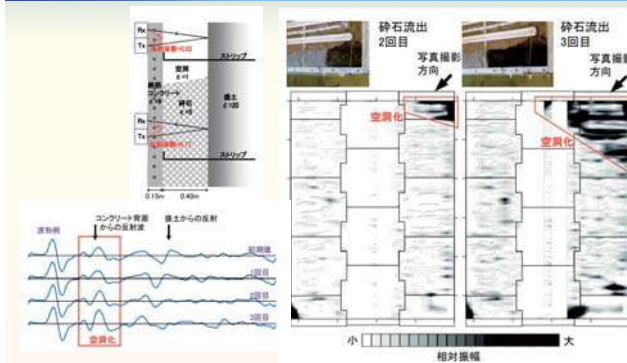
22



- 補強土壁(テールアルメ)実大模型の背面充填碎石を流出させ、GPRでその範囲・空洞化進展過程を追跡した。

2.2 補強土壁背面空洞探査例-2

23



2.2 補強土壁背面空洞探査例-3

24



2.3 護岸ブロック背面空洞探査例-1

25

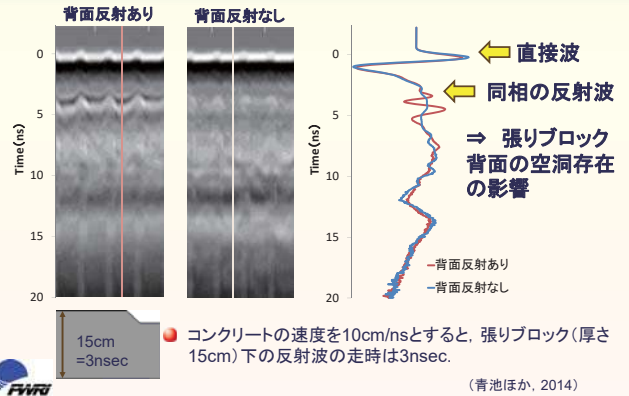
- 変状(相対的膨れ上り)が認められた樋管横断面護岸を対象。
- 樋管横断面の張りブロック 3.5m×19.6mの範囲を探査。
- 0.35m間隔で長さ19.6mの測線を11本設定し、計測。
- 土研保有GPR装置を用いて直営計測。



2.3 護岸ブロック背面空洞探査例-2

26

1.2 測定波形とその特徴

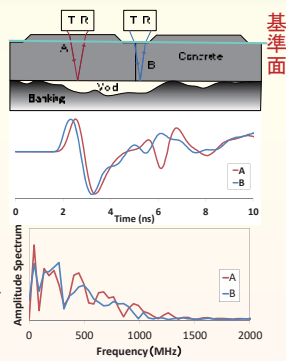


2.3 護岸ブロック背面空洞探査例-3

27

1.2 張りブロック表面凹凸の影響の除去

- ブロックの凹凸により、アンテナとコンクリート表面までの距離が変化する。
- カップリングの状態が変化し、走時や周波数特性に違いが生じる。
- このため、従来の平均波形を引き算することによる直接波等の除去法(CMR)が有効ではない。



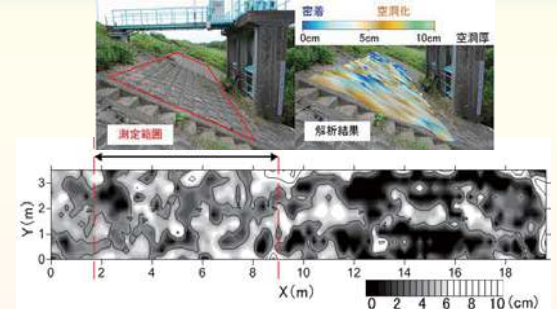
- ブロックの凹凸による波形のシフトを補正(静補正)したのちにCMRを適用する。



2.3 護岸ブロック背面空洞探査例-4

28

一空洞厚の空間的拡がりの推定結果一



- 樋管の上で護岸背面が空洞化していると推定された。
- 今後は削孔調査によって空洞を直接確認し、推定の確からしさを検証予定



(青池ほか, 2014)

3. 関連分野への適用拡大

29

3.1 路面下・床版下土砂化空洞の検出と舗装構造物性調査



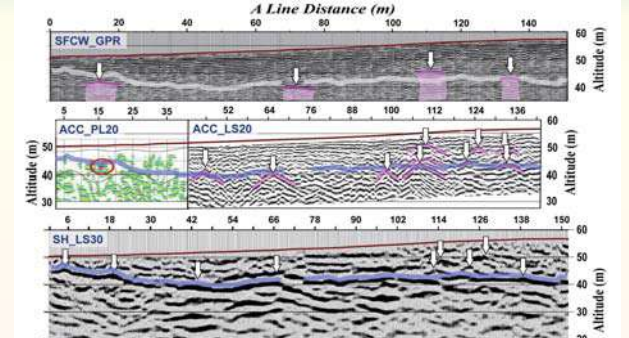
- 「路面下空洞探査」に限らず、「舗装構造物性調査」の一要素技術として活用。
- 高精度測位情報を組み合わせた舗装構造3Dマッピング。



(Inazaki, et al., 2017)

3.2 地下空洞(大規模陥没、防空壕・古洞・亜炭坑道、パイピング、etc)調査

30



- 地下10m程度にある数m程度の空洞(亜炭採掘坑道)を高分解能反射法地震探査+GPRによって検出することができた。

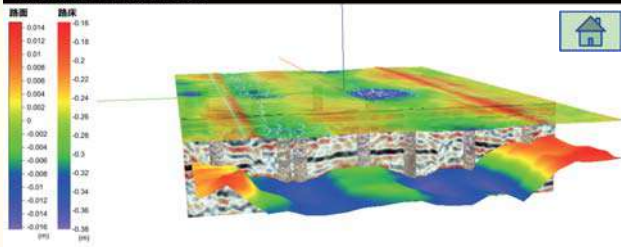


(Inazaki, et al., 2005)

3.3 舗装・盛土構造3D可視化技術

31

土質構内 外周道路舗装物性構造3Dモデル



- MMS路面性状計測から2.5cmグリッドDSM・相対路面起伏モデル作成。
- オルソ画像・ひび割れ計測図を投影。
- 地表モデルに加え、稠密GPR探査断面、路盤/路床境界解釈面、スコープ調査画像を統合し3Dモデルを作成
- Web表示システムを独自開発し、3Dモデルを公開。



まとめ: 護岸背面空洞探査・可視化手法

32

- 路面下空洞・埋設管などのアノマリ検出にとどまらず、舗装・盛土の内部構造を3次元的に把握することができる(物理探査手法がある)。
- 護岸・補強土壁等剛構造物背面の空洞、コンクリート構造物内亀裂をイメージすることができる(物理探査手法がある)。
- 地表数値モデル(DEM)やCIMだけでなく、地中の構造やボーリングデータを統合した真の3次元構造モデルを構築・表示することができる(ツールがある)。

まずはお試しを!

- ★ 道路舗装盛土構造調査
- ★ 護岸背面空洞調査
- ★ 樋門樋管周辺調査
- ★ 補強土壁背面空洞調査
- ★ 堤防・道路盛土3Dモデル作成・表示



2018/01/25

問い合わせ先

- 土木研究所つくば中央研究所
地質・地盤研究グループ 物理探査技術担当
(TEL: 029-879-0884)
URL: <http://www.pwri.go.jp/team/geosearch>
- 土木研究所つくば中央研究所 技術推進本部
(TEL: 029-879-6800)
- 寒地土木研究所 寒地技術研究室
(TEL: 011-590-4046)