

3次元地中レーダ探査とMMSの融合システムによる河川堤防の概略調査

パシフィックコンサルタンツ株式会社
 パシフィックコンサルタンツ株式会社
 パシフィックコンサルタンツ株式会社
 株式会社環境総合テクノス
 株式会社環境総合テクノス

正会員 ○若狭 愛
 正会員 館川 逸朗
 正会員 畠山 直樹
 正会員 片山 辰雄
 非会員 加藤 裕将

1. はじめに

河川堤防の安全性を将来にわたり確保するためには、高精度かつ効率的な点検を行い、堤防内部の緩みや空洞の有無を確実に評価する必要がある。しかし、従来の探査手法は、探査範囲が線的、兼用道路の交通規制が必要などの課題がある。これらの課題を解決する新たな探査手法として、3次元地中レーダシステム（以下、GPR）と高精度GPS移動計測装置三菱モービルマッピングシステム¹⁾（以下、MMS）の融合システム²⁾（以下、GIMS-K）が開発されている。本稿では、河川の特設堤におけるGIMS-Kの活用事例を紹介する。

2. GIMS-K システム概要

GIMS-Kの概要を表-1および図-1に示す。GIMS-Kとは、GPRとMMSの2つを搭載した3次元堤防診断システムであり、GPRによって天端空洞範囲を把握し、MMSによって周辺の点群データと写真映像を座標とともに取得する。測定装置を搭載した車両を用いて最大速度50km/hで走行しながら計測を行うため、交通規制を伴わない迅速な探査が可能となる。

GPRは、操作用PC、コントローラー、アンテナから構成され、高性能レーダを用いることで、堤防の緩みや空洞などの3次元情報を効率的に取得できるシステムである。電磁波の送信周波数帯を図-2、分解能と探査深度の関係を図-3、測定イメージを図-4に示す。アンテナは、ステップ周波数方式を採用し、200～3000MHzの幅広い周波数域を高速で切り替えながら計測することによって、車両走行時でも、地表面から深さ1.5mまでの探査深度と分解能を同時に確保できる。1.8m幅に配列した複数のアンテナにより、縦横断方向の連続的なデータを取得できることから、異常箇所との連続的な把握が可能となるため、補足調査が不要となり、詳細調査範囲の抽出が非常に効率的となる。

MMSは、GPS、レーザースキャナー、カメラなどの機器を車両に搭載し、3次元位置情報を高精度かつ効率的に取得できるシステムである。GPRと時間同期された3次元レーザにより、異常箇所と周辺河川構造物の3次元点群データ・位置情報・地形情報を取得できる。カメラ画像と重ね合わせることで異常箇所とその周辺の状況が確認でき、点検後の位置特定も容易となることから、概略調査手法として非常に有効である。

表-1 GIMS-K のシステム仕様

		台数	仕様
MMS部	GPS	3台	2周波3台
	IMU	1台	3軸FOG/3軸加速計(ジャイロ)
	オドメトリ	1台	右後輪(距離計)
	レーザ	3台	27,000点/秒、視野角180°、最大65m到達
	カメラ	3台	500万画素/台
GPR部	アンテナ	1台	ステップ周波数式、長さ1.8m 200～3,000MHz
車両	いすゞエルフ2トン		計測室2名



図-1 GIMS-K のシステム概要



図-2 電磁波の送信周波数帯

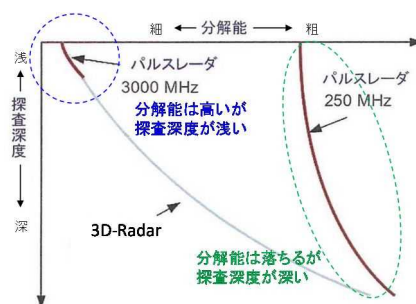


図-3 分解能と探査深度の関係

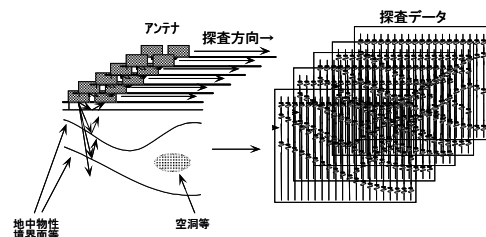


図-4 測定イメージ

キーワード 河川堤防、物理探査、GPR、MMS

連絡先 〒206-8550 東京都多摩市関戸 1-7-5 パシフィックコンサルタンツ株式会社 TEL042-372-7343
 〒541-0052 大阪府中央区安土町 1-3-5 株式会社環境総合テクノス TEL06-6263-7357

3. GIMS-K の活用事例

GIMS-K を用いた探査では、堤防内部の緩みや空洞を把握することはできるが、深度方向の空洞分布厚の評価は困難である。このため、GIMS-K 探査後にコア調査を併用することで、空洞対策の必要性と範囲を明確に判断することが可能となる。

ある河川の特設堤の管理用通路（坂路）における GIMS-K を用いた点検を事例として、GPR と MMS による不安定箇所（箇所）の抽出例を、図-5、図-6、図-7、図-8 に示す。GPR の計測結果から、堤防内部に緩みや空洞などがあると評価された地点において、ドリルスコープ調査を実施した結果、実際に空洞が確認された。このことから、GIMS-K を用いた点検は、十分な精度を有すると考えられる。また、点検後においても、これらの計測データから、不安定箇所周辺の横断面図と縦断面図の作成が可能であり、点検後の対策設計の際にも活用が可能となる。図-9 に計測データの活用例を示す。

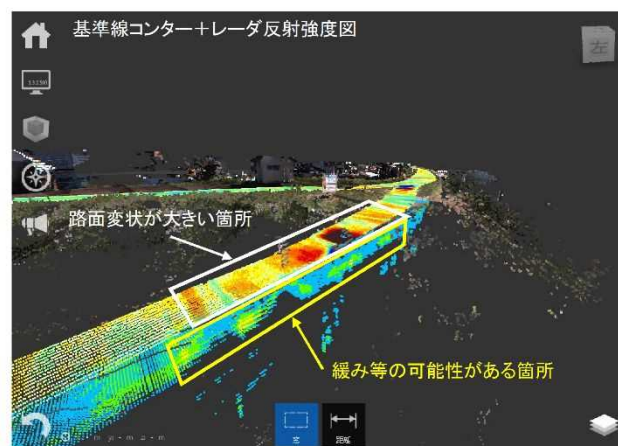


図-8 不安定箇所の抽出（コンター、GPR）

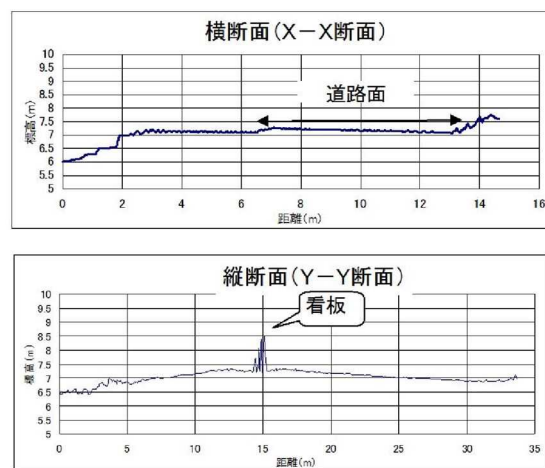


図-9 計測データの活用（横断面図・縦断面図の作成）

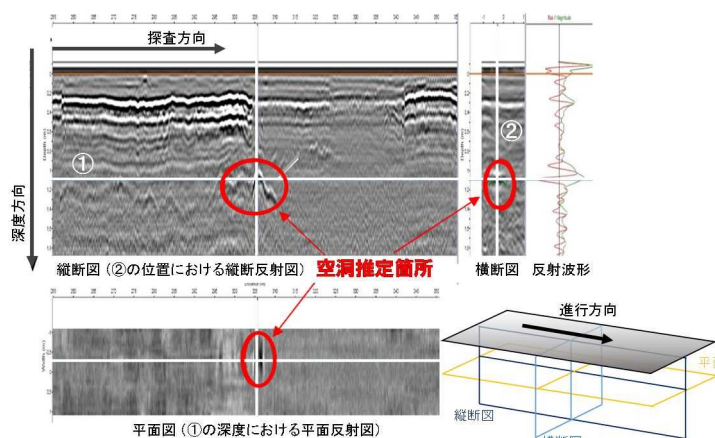


図-5 不安定箇所の抽出（GPR 解析結果）

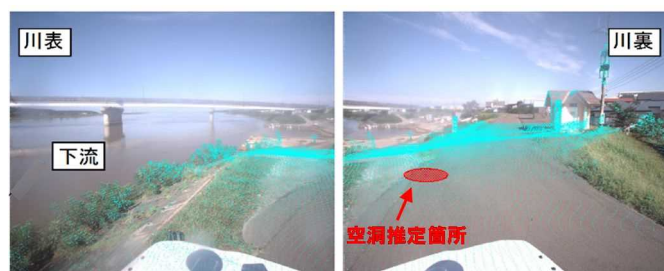


図-6 不安定箇所の抽出（カメラ画像、3次元点群データ）

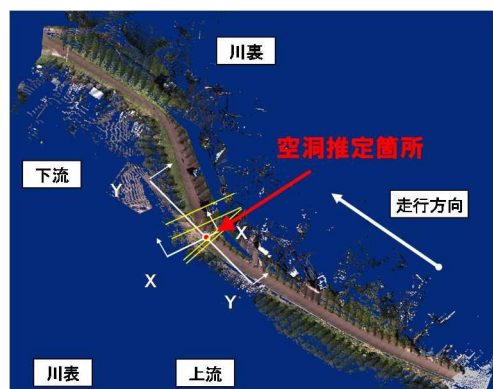


図-7 不安定箇所の抽出（GPS、3次元点群データ）

4. まとめ

GIMS-K を用いた探査手法は、堤防などの広範囲におよぶ点検において、どこに異常点があるのか、迅速かつ正確な把握が可能である。このことから、GIMS-K は、定期的な維持管理や補修・補強設計への利用だけでなく、地震や洪水などの災害時における緊急点検やデータベースとしての活用も期待できる。

今回、河川の特設堤における GIMS-K の活用事例を紹介したが、今後は河川の特設堤のみならず、土堤への活用も視野に入れ、GIMS-K を使用した計測データの蓄積を行った上で、総合的な解釈を行う必要がある。また、堤防の安全性評価に関して、天端における探査に限らず、護岸法面においても同様の探査が可能となるよう、GPR 探査機の改良に向けた技術開発が今後の課題と考える。

参考文献

- 1) 片山辰雄，交久瀬鷹衣子：下水道管きよの効率的な点検調査技術に関する共同研究について，自治労第 29 回全国下水道集会，2012
- 2) 高橋厚志，青野健治：地下レーダと高精度 GPS 移動計測装置の併合による空洞調査の有効性について，第 57 回地盤工学会シンポジウム，2012