

電磁波レーダを用いた地中障害物探査の可能性検討

JR 東日本 東京工事事務所 正会員○関塚 貴一
JR 東日本 東京工事事務所 正会員 加藤 精亮
鉄建建設 建設技術総合センター 正会員 竹田 茂嗣
KEYTEC 非正会員 藤枝 繁

1. はじめに

基礎杭構築時、地中に障害物が存置されていると、一般には機械施工ができず、深礎工等に変更しなければならない。あらかじめ地中障害物の有無が探査できれば、このような手間や手戻りを防ぐことができるため、極めて有用である。電磁波レーダは、送信アンテナから電磁波を輻射し、物体から反射して戻ってきた反射波を受信アンテナで受信する装置である。電磁波を地中に向かって輻射するとき、反射物体として地中内の金属管や非金属管、空洞などを想定できるため、地中障害物の探査としての利用が期待できる。そこで、本稿では、障害物を配置した試験ヤードにおいて、3社の電磁波レーダを対象とした性能確認試験の実施結果について述べることにより、電磁波レーダを用いた地中障害物探査の可能性について述べる。

2. 性能確認試験

2.1 対象機器

本試験で対象とする機器を表 1 に示す。地中障害物の正確な位置、材質等を鮮明に探査するには、分解能を高くする必要がある。周波数が低いほど分解能は増加するが、アンテナ自体のサイズも増加する。対象とした 3 種類のアンテナはいずれも指向性を有し、送受信機器が移動式である点は共通であるが、周波数や輻射方式の仕様は異なるため、同一条件での性能比較はできない。輻射方式は、A 機は 2 つの周波数帯、B 機は複数の周波数帯を中心とした電磁波を送信する。C 機は

表 1 試験の対象機器

対象機器	A 機	B 機	C 機
周波数	300MHz +800MHz	50-1050MHz	200-4000MHz
中心周波数	300MHz +800MHz	300, 400, 500, 600, 700MHz	1200MHz
輻射方式	デュアル周波数方式	マルチ周波数方式	符号化方式
アンテナ	ダイポールアンテナ	円筒状バタフライダイポールアンテナ	グラウンドカップル型アンテナ
最大探査深度	約 3m	約 10m	約 2m

符号化方式であるが、これは送信する電磁波にアンテナ固有の印を付加すること（符号化）により、他の発信源による電磁波の誤受信を防止する機構である。そのため、符号化方式はノイズ除去機能の面から有効であり、分解能の向上が期待できる。

2.2 試験項目

電磁波レーダは、土壌の水分含水量の増加により、ノイズの影響を受けることが知られている。そこで、確認項目は以下の 2 点とする。

- 試験 1 機器の基本性能確認試験
：土中に埋設された障害物の探査精度を確認する。
- 試験 2 土壌含水量影響確認試験
：遮水シートで防水されている試験ヤードに、表面から水を浸透させることで土壌含水量（飽和度）を適宜変化させ、探査影響を確認する。

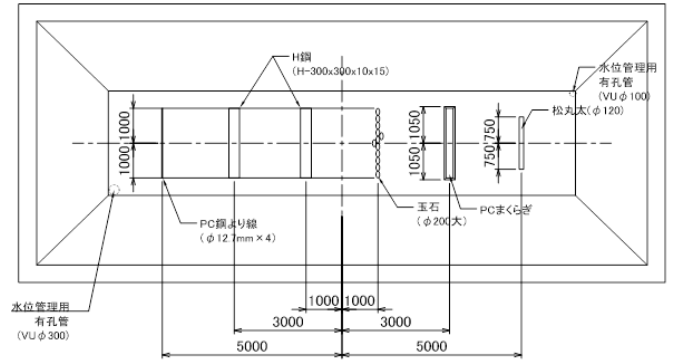


図 1 試験ヤード平面図

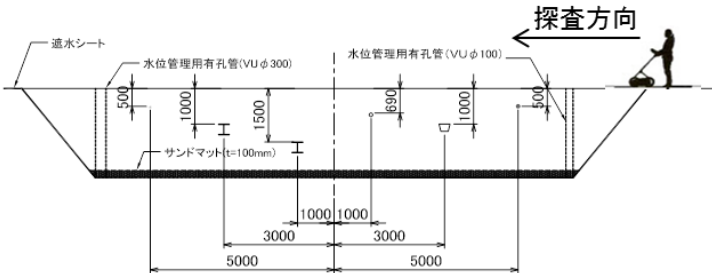


図 2 試験ヤード縦断面図

キーワード 地中障害物、電磁波レーダ、性能確認試験

連絡先 〒151-8512 東京都渋谷区代々木 2-2-6 東日本旅客鉄道株式会社 TEL：03-3379-4353 E-mail：k-sekizuka@reast.co.jp

表2 試験結果一覧

埋設物	試験	まつ杭	RC	ぐり石	H鋼	H鋼	鋼より線
深度(m)		0.5	1.0	0.7	1.5	1.0	0.5
A機	1	×	◎	△	○	◎	◎
	2	△	◎	◎	△	◎	◎
B機	1	×	×	×	×	◎	◎
	2	×	△	×	△	◎	◎
C機	1	×	△	×	△	◎	◎
	2	△	×	×	×	◎	◎

◎：信号強、○：信号弱、△：信号不明瞭、×：信号なし

2.3 試験ヤード

試験ヤードの平面図を図1に、縦断図を図2に示す。反射物体は地中障害物として考えられるまつ杭、ぐり石、PC鋼より線、PCまくらぎ、H鋼とし、図中に示す所定の深さに配置した。

3. 試験結果

試験結果を表2、図3 (A機)、図4 (B機)、図5 (C機) に示す。ただし、試験2は飽和度1.0の結果を抜粋した。試験1について、各機種ともに1m以浅の金属(鋼線、H鋼)が判別可能であることが分かる。A機は1.5mの深度も明瞭に判別できた。また、RCは鉄筋が含まれるため、2機種(A、C機)で探査できた。

一方、ぐり石はサイズの小さいものや側線上にないものは、判別が難しい。また、まつ杭は比誘電率差が小さく、判別することができなかった。これより、アンテナ能力として、障害物(金属)探査には低周波であることが優位であると本試験からも確認できた。

試験2については、低周波であるA機では、反射波の信号が強く現れているのに対し、高周波であるC機でも、深度1.0mのH鋼を判別していることがわかる。これより、地下水下では、輻射方式としての符号化信号処理がノイズを低減し、地下水の影響を緩和していることが考えられる。また、含水量の増加に伴い

信号の弱いものは判別困難となることが確認できた。

4. おわりに

本稿では、3種類の電磁波レーダを対象に機器の基本性能確認試験、土壌含水量影響確認試験を行った。基本性能確認試験では、深度1.0m以浅の金属(鋼線、H鋼)はいずれのアンテナでも探査できたが、特に低周波であるアンテナの探査精度が良好であることを確認した。土壌含水量影響確認試験では、含水量の増加に伴い、信号が小さくなるものの、符号化方式によりその影響を緩和できることが示唆された。これより、低周波数化による探査深度の向上や、符号化方式によるノイズの低減など、探査精度・能力を向上させることにより、地中障害物の探査可能性が示された。

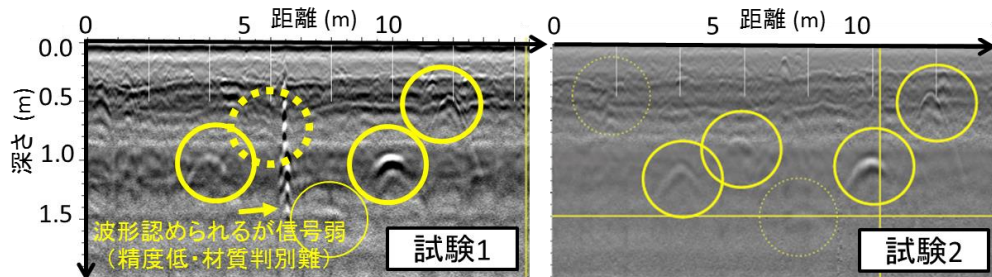


図3 試験結果(A機)

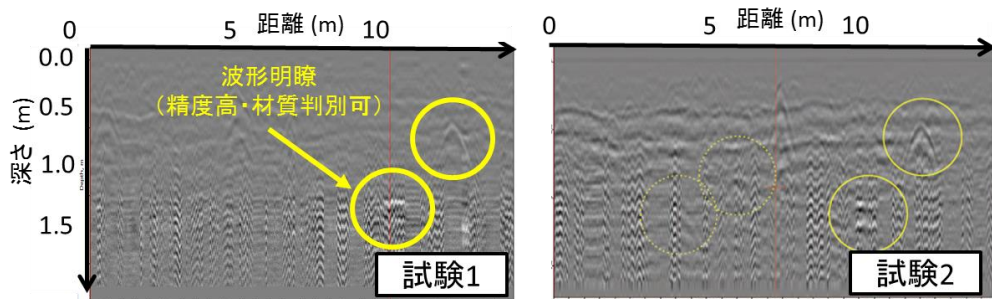


図4 試験結果(B機)

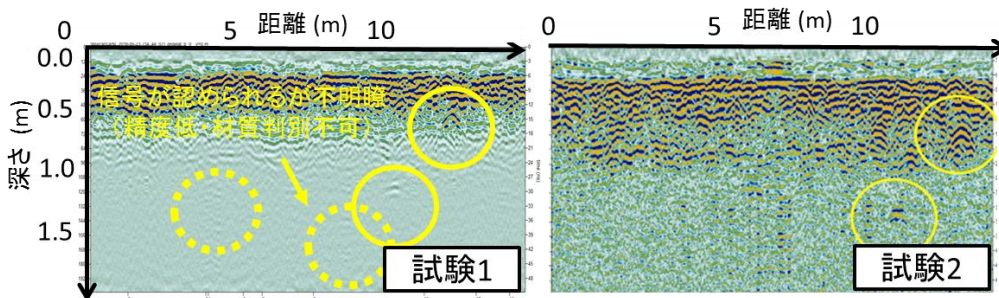


図5 試験結果(C機)