

埋設管上面の設置物とサイズを変化させた地中レーダ測定に関する実験

東洋大学(前大阪産業大学) 正会員 ○久保寺貴彦
前田道路株式会社 正会員 郭 慶煥

1. はじめに

現地調査で埋設管の位置を知る方法には、地中レーダを用いる方法がある。地中レーダは、電磁波を照射して、電気的特性の異なる物質の境界で反射し、伝播する物質によって速度が異なることを利用して、測定記録断面の画像判読によって地中を探索する。埋設管の位置を判読するには、電磁波は埋設管上面の曲面で反射するので、上に凸な曲線の縞を判読する。現実には、上に凸な曲線の縞は明確でないことが多く、この画像判読には経験が必要であることが課題である。

著者らは、地中レーダの測定精度を向上させるためには、画像判読のしやすさが必須であると考え、埋設管上面において矩形の鉄板を設置して、既知の土被りを用意して実験を行ってきた。その結果、画像判読不能な状況下でも鉄板の設置箇所では上に凸な曲線の縞が明確になったことにより画像判読可能になった。しかしながら、判読可能となった要因は、鉄板の幅が管径より広がったことが考えられて、矩形の形状よりは材質に違いによることも考えられて、特定できない課題が残っていた。さらに、埋設管上面に鉄板を設置することの施工上の不便さや、鉄板が埋設管に及ぼす力学的影響の課題も残っていた。

本研究は、それらの課題を解決すべく、管径と同サイズの鉄板幅、埋設管と同材質の塩ビ板、鉄板の代わりにアルミテープなどを追加変更して、地中レーダによる埋設管土被りの測定精度の向上に関する実験を行った。

2. 研究方法

(1) 埋設管、鉄板、塩ビ板、アルミテープ

使用した埋設管、鉄板、塩ビ板、アルミテープを図-1に示す。埋設管の材質は、一般的なVP管(塩ビ管)とした。鉄板と塩ビ板の幅は、埋設管の内径に揃えた。アルミテープは、厚手アルミテープ(テープ総厚 0.13 mm)を用いた。内径 100 mm でもそれぞれ同様に作成して、実験ケースとした。

(2) 埋設管敷設の施工

2019年12月20日、前田道路技術研究所(茨城県土浦市)にて埋設管敷設の施工を行った。平面図を図-2に示す。埋設管ケースの差異が、測定記録断面に及ぼす影響

を判断しやすいように路床の単一層とした。昨年度は土被りを 1.0m, 0.8m, 0.6m, 0.4m と変化させたが、土被りの変化は、測定結果に影響をあまり及ぼさないことがわかった。このため、埋設管の土被りを 0.6m に固定した。1層の仕上がり厚さは、実際にアスファルト舗装の路床盛土の施工管理で用いられている 0.2 m 以下を参考にして 0.2±0.02m としてランマを用いて締固めた。

(3) 地中レーダによる測定

2020年1月9日、地中レーダ測定を行った。機種は、アイレック技建(株)のiエスパー(パルスレーダ方式、中心周波数 400MHz、探査深度 2.5m 程度)を用いた。測定精度を確保するため、測定直前に路床のキャリブレーション比誘電率 ϵ_s の測定を最も判読が期待できる鉄板にて実施した。この結果、 ϵ_s は、16.81 であった。

(4) 路面と土の状況

地中レーダ測定では平坦性が要求されるので、路面の状況を把握するため、2020年1月10日、MRPによる路面プロファイル測定を行った。この結果、凹凸は、概ね 2 cm 以下であった。本実験で使用した土の試料は、

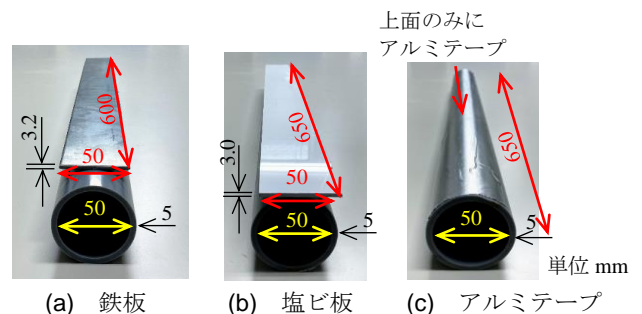


図-1 埋設管、鉄板、塩ビ板、アルミテープ (内径 50 mm)

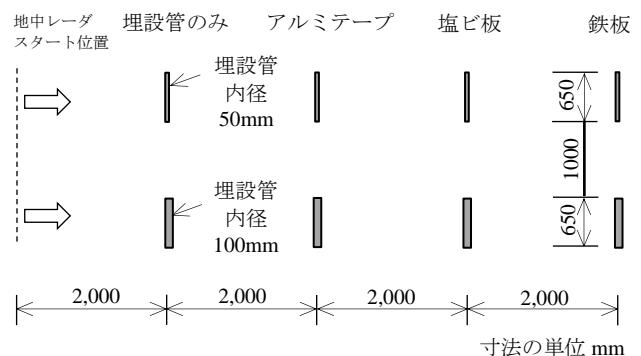


図-2 施工の平面図 (土被り 0.6 m 固定)

キーワード : 地中レーダ, GRP, 埋設管, 土被り, アルミテープ

連絡先 : 〒350-8585 埼玉県川越市鯨井 2100 kubodera@toyo.jp

埋設管敷設箇所付近で採取したものである。土の状況を把握するため、2020年1月10日、砂置換法による土の密度試験を4箇所について行った。この結果、締固め度の平均値は88.6%であった。また、土の含水比試験を開削して土被り0.0-0.2mで4箇所、土被り0.2-0.4mで4箇所、土被り0.4-0.6mで4箇所の計12箇所について行った。この結果、含水比の平均値は、土被り0.0-0.2mで18.0%、土被り0.2-0.4mで15.4%、土被り0.4-0.6mで16.4%であった。さらに、突固めによる土の締固め試験C-b法を7ケースについて行った。この結果、最大乾燥密度 ρ_{dmax} は1.816g/cm³であり、最適含水比 w_{opt} は14.5%であった。

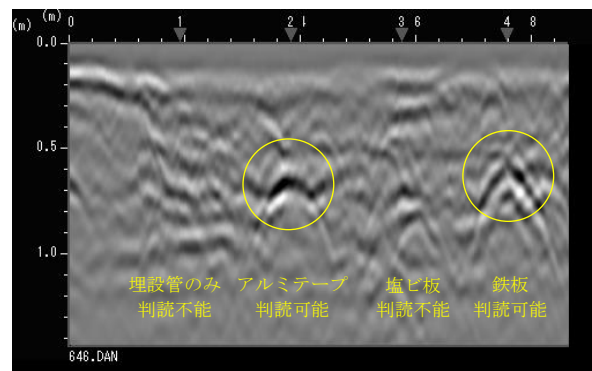
3. 土被り測定の結果

測定記録断面を図-3に示す。縦軸は土被り[m]を示して1目盛0.1m、横軸はスタート位置からの距離を示して1目盛0.4mである。なお、▽上の1~4はマークした測定番号である。内径50mmでは、埋設管のみと塩ビ板では判読不能であったが、アルミテープと鉄板では判読可能となった。塩ビ板が判読不能であることは、埋設管上面の形状を板状にしても探知の向上に期待できないことを示唆している。内径50mmという小さな埋設管では判読不能であるが、アルミテープと内径と同サイズの鉄板を設置することで判読可能になることがわかった。内径100mmでは、埋設管のみはやや判読可能となったが明確とは言い難い。塩ビ板は、上に凸な曲線の縞も確認できるが、既知の土被り0.6mより明らかに深い位置であるので判読不能とした。アルミテープと鉄板ではより明確に判読可能となった。アルミテープは、鉄板と同等の判読向上があつて、鉄板より簡便で力学的影響が少なく済むと考えられることから有用性が高いことがわかった。

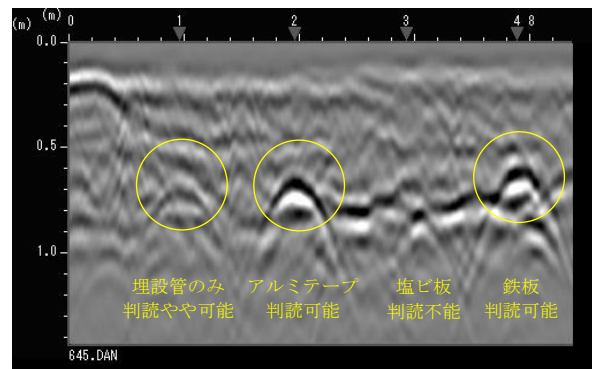
地中レーダ測定の結果と精度検証を表-1に示す。土被り位置は、上に凸な曲線の縞の頂点とした。実土被りは、測定終了後、側面から開削して実際の土被りをレベルで測量した実測値である。この実土被りに対する測定土被りの誤差と相対誤差を算出した。今回、 ε_s で用いた鉄板での値は参考値として括弧とした。内径50mmでのアルミテープの誤差0.053m、相対誤差9.19%であり、内径100mmでは0.018mと2.89%となり、管径が大きいと精度が向上することが定量的にわかった。

4. おわりに

内径50mmという小さな埋設管では判読不能であるが、アルミテープと内径と同サイズの鉄板を設置することで判読可能になること、アルミテープは、鉄板と同等の判読向上があつて、鉄板より簡便で力学的影響が



(a) 埋設管の内径 50 mm



(b) 埋設管の内径 100 mm

図-3 地中レーダの測定記録断面

表-1 地中レーダ測定の結果と精度検証

(a) 埋設管の内径 50 mm

ケース	埋設管のみ	アルミテープ	塩ビ板	鉄板
測定土被り[m]	判読不可	0.63	判読不可	(0.58)
実土被り[m]	0.630	0.577	0.620	0.601
誤差[m]	*	0.053	*	(-0.021)
相対誤差[%]	*	9.19	*	(-3.49)

(b) 埋設管の内径 100 mm

ケース	埋設管のみ	アルミテープ	塩ビ板	鉄板
測定土被り[m]	0.63	0.64	判読不可	(0.59)
実土被り[m]	0.621	0.622	0.607	0.615
誤差[m]	-0.009	0.018	*	(-0.025)
相対誤差[%]	1.45	2.89	*	(-4.07)

少なく済むと考えられることから有用性が高いことがわかった。

謝辞

地中レーダの測定は、アイレック技建株式会社 田中宏司氏、高橋清氏らの協力を得た。関係各位に感謝申し上げます。

参考文献

- 久保寺貴彦, 郭慶煥, 田中宏司, 高橋清, 内藤健二: 埋設管を対象とした地中レーダの画像判読の向上に関する実験, 土木学会論文集 E1(舗装工学), Vol.75, No.2, pp. I_159-I_166, 2019.