

VI-119 電磁波を用いた埋設物探査技術における送・受信特性と土質性状との関連について

東京電力 正 員 木村 應志

正 員 山田 有一

1. まえがき

都市の送・配電、通信線並びにガス、上下水道工事等においては、掘削工事による既設埋設物の損傷防止のために事前に埋設物の位置を探査、確認している。現在、埋設物の探査は、主に試掘により行なわれているが、近年探査の迅速化及び費用の削減のため電磁波による地中埋設物探査機器の開発が進められている。当社でもこの種の研究を行っており、今回、送信アンテナの寸法及び送信パルス幅を変えた場合の送信アンテナの放射効率の把握と砂及びロームのモデル地盤における埋設物の探査実験を行った。本報告は、この試験から得られた送信パルス幅、アンテナ寸法及び土質性状との相互関係について述べるものである。

2. 試験概要

(1) 探査装置の構成と探査原理

探査装置は、図-1に示すように送・受信アンテナ、送・受信機、コントローラ、ファックスレコーダーで構成されている。アンテナの型状は図-2に示すような寸法30cm、25cm、15cm

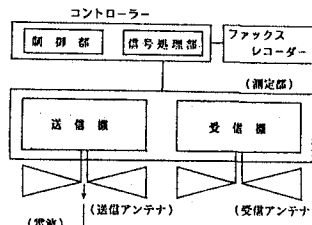


図-1 探査装置の構成

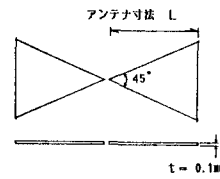


図-2 アンテナの形状

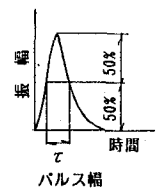


図-3 送信波形

の3種の自己相似アンテナで、あり、広い周波数帯域にわたり定インピーダンスである。送信波は図-3に示すような単一パルスでパルス幅は、3.5nsec, 5nsec, 10nsecの3種とした。探査原理は、電波を地表面上の送信アンテナから地中に向かって発射し、埋設物からの反射波を受信アンテナで捕えるもので、受信した波形をファックスレコーダー等に出力することにより地下の断面図に類するものが得られる。

(2) モデル地盤の構造

送信アンテナの放射効率を把握するために使用したモデル地盤の構造は、図-4-(a)に示すとおりであり、ローム地盤で深さ2mの位置に標準受信アンテナ（寸法30cmの自己相似アンテナ）が埋設してある。また、埋設管

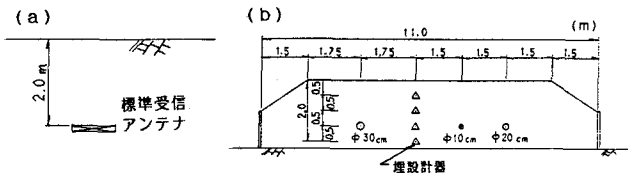


図-4 モデル地盤の構造

の探査実験に使用したモデル地盤の構造は、図-4-(b)に示すとおりであり、土質は、砂とロームの2種類である。地中には、φ10cm, φ30cmの鋼管及びφ20cmの塩化ビニール管が深さ1.5mの位置に、また4個の埋設計器が深さ0.5m～2m間に50cm間隔で埋設されている。

(3) モデル地盤の諸定数

モデル地盤の物理的及び電気的諸定数は表-1に示すとおりであり、比誘電率からは電磁波伝播速度がロームよりも砂の方が速く、比抵抗からは、電磁波伝播減衰量が砂よりもロームの方が大きいことが判断できる。

表-1 モデル地盤の物理的・電気的諸定数

土の種類	含水比 (%)	乾燥密度 (g/cm^3)	比誘電率	比抵抗 ($\Omega \cdot m$)	備考
ローム	85.3	0.60	37	137	放射効率測定地盤
	86.2	0.73	46	120	埋設管探査地盤
砂	14.7	1.40	8	950	"

3. 試験結果

(1) 送信アンテナの放射効率

送信アンテナの放射効率の測定は、図-4-(a)に示すように標準受信アンテナの直上の地表面から、送信

出力を一定としアンテナの寸法及びパルス幅を変えて電波を発射し、標準受信アンテナが受信した最大振幅電圧によるものとした。測定結果は、表-2に示すように、アンテナ寸法による受信電圧の差異を見ると、寸法の大きい30cmのアンテナが大きな受信電圧を得ており、深部の探査には放射効率のよい寸法の大きいアンテナの方が有効であることが分かった。また、パルス幅による受信電圧の差異を見ると30cmのアンテナでは10nsec、25cmのアンテナでは5nsec、15cmのアンテナでは3.5nsecのパルス幅において最大の受信電圧が得られており、アンテナ寸法により最適なパルス幅が存在することが分かった。このことから、分解能をよくするためにはパルス幅が可変の送信機とパルス幅に応じて最適な寸法のアンテナを使用できるシステムが有効であることが分かった。

表-2 受信波形の最大振幅電圧（送信出力：150V）

		送 信 ア ン テ ナ の 寸 法		
		30 (cm)	25 (cm)	15 (cm)
パ ル ス 幅	3.5 (nsec)	1.00(V)	0.63(V)	0.45(V)
	5 (nsec)	1.10(V)	0.72(V)	0.33(V)
	10 (nsec)	1.20(V)	0.53(V)	0.30(V)

(2) モデル地盤における埋設管探査

砂及びロームのモデル地盤において、アンテナ寸法、パルス幅を変えて埋設管の探査実験を実施した。砂地盤において15cmのアンテナを用いてパルス幅を3.5nsec、10nsecに変えて探査した結果は、図-5-(a)、-(b)に示すとおりである。比誘電率の小さい砂地盤ではパルス幅が10nsecの場合より、高周波帯を含んでいる3.5nsecの場合の方が、鮮明にパイプ等を捕らえている。しかし、パルス幅が3.5nsecであってもアンテナ寸法が30cmと大きくなると、図-5-(c)に示すようにパイプ等の画像は不明瞭となっている。一方、地盤がロームのように比誘電率が大きくなるとパルス幅が10nsecでアンテナ寸法が30cmと大きくなっても図-5-(d)に示すようにパイプの画像が得られ探査可能となることが分かる。

4. 考 察

以上の試験結果から最も効果的に電磁波により地中埋設物を探査するには、次のように地盤の種類に応じてパルス幅、アンテナ寸法を変えることが有効であると考えられる。

- ①ローム地盤のように電磁波伝播減衰量が大きく、比誘電率が大きい場合には、所要の分解能が得られる範囲内で放射効率のよい大きなアンテナと幅の広いパルスを使用する方が探査深度も向上して有効である。
- ②砂地盤のように減衰量が小さく比誘電率の小さい場合は、所要の分解能を得るため幅の狭いパルスと小さいアンテナを使用する必要がある。この場合、放射効率はやや悪くなるが、減衰量が小さいため、探査深度はある程度まで確保できるものと考ええる。

5. あとがき

今回の実験では、定インピーダンス且つ広帯域アンテナと一般に言われている自己相似アンテナであっても、アンテナ寸法によって、放射効率が異なり、また、送信パルス幅により最適なアンテナ寸法があることを確認した。今後は、1つのアンテナで各種送信パルス幅に適應できるアンテナの検討並びに送信パルス幅可変の探査機器の開発を進めていく予定である。

1)アンテナ寸法を拡大・縮小してもその特性が変わらないアンテナ。

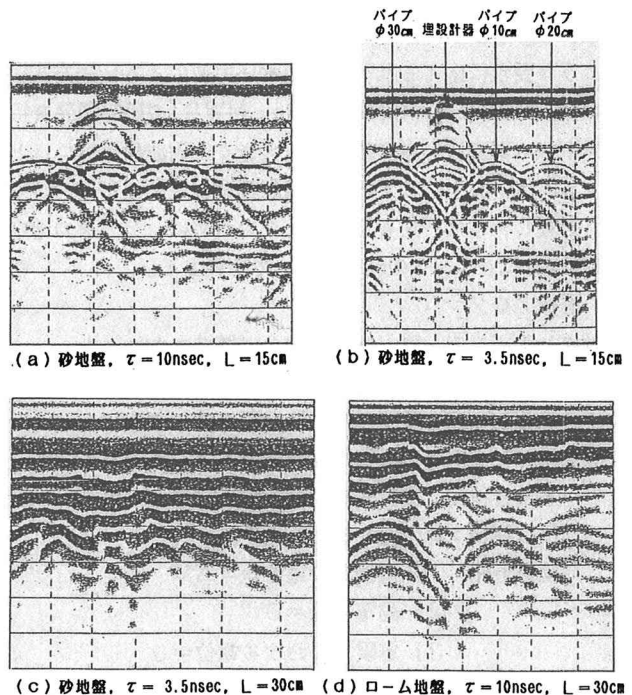


図-5 モデル地盤における探査結果