

(株)熊谷組技術開発本部	川原 一則
(株)熊谷組技術開発本部	加藤 勝彦
(株)熊谷組技術開発本部	酒井 幸雄
(株)建設企画コンサルタント	宮津 義文
(株)建設企画コンサルタント	関 元治

1. はじめに

道路整備が進み、建設後20年を経たトンネルも全国各地にみられ、老朽化による機能低下が懸念され、維持・保守が必要になってきている。トンネルの状況把握を行ない、必要に応じて適切な補修を施すことにより構造物の寿命を延ばすことができる。トンネルの安定評価において覆工厚や、背面の空洞の有無の把握も重要な事項であり、従来よりコア抜きボーリングなどにより調べられてきた。しかし、従来の方法では連続的な情報が得られずまた作業効率が低く、経済性にも難があった。近年探査技術が進歩し、道路下の埋設物探査に用いられてきた電磁波探査手法が、トンネルに適用されるようになってきた。そこで覆工を模擬したコンクリート供試体を作製し、電磁波探査法のトンネル覆工厚測定への適用性について検討した成果について報告する。

2. 電磁波探査の基本原理

電磁波探査は、電磁波を対象物に放射し、その反射波を計測、解析することにより対象物の内部構造および、背面状況を知る方法である。

図-1に示すように送信器から数nsのモノパルス波を鋭い指向性を持ったアンテナに加えると、アンテナより発射されたパルス波は、表面であるものは反射し、その他はコンクリート中へと進んで行く。進行中均一の物質中では減衰しながら進み、空洞・岩盤など電気的特性が異なった物質の境界面に達した際に反射を起こし、一部はさらに透過する。最終的に表面まで戻ってきたものをアンテナで捕らえる。電波が発射されてから戻ってくるまでの時間を測定するとこの時間差が目標物までの往復距離に相当するので距離の算定が可能となる。すなわち、反射時間と伝播速度より物体までの深度が判明する。

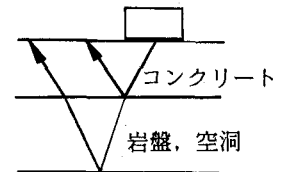


図-1 パルス波の進行

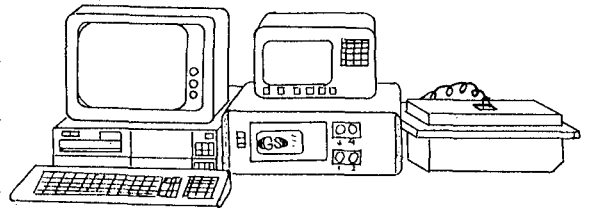


図-2 電磁波探査装置

3. 実験装置

測定に用いた装置は、図-2に示すGSSI社製、SIR-10で、測定範囲に応じアンテナを選定することができる。本実験にはトンネル覆工厚を考慮し周波数500MHzのアンテナを用いた。実験には図-3に示す、トンネル覆工を模擬した無筋コンクリート供試体を作成して用いた。供試体寸法は、表-1に示すようで、供試体厚 t は、 $t=10, 20, 30, 40, 42, 45, 60, 90$ cmの9種である。コンクリートの平均強度は $\sigma_{28}=196$ kgf/cm²、配合条件は呼強度180、スランプ15 cm、粗材の最大寸法40mmである。材令は6カ月以上で測定した。

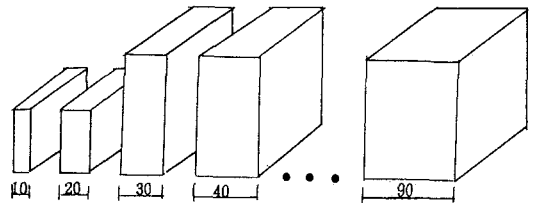


図-3 覆工モデル供試体

表-1 覆工モデル寸法

覆工厚 (cm)	幅×高さ (cm)	覆工厚 (cm)	幅×高さ (cm)
10	80×50	45	130×110
20	80×50	50	130×110
30	130×110	60	130×110
40	130×110	90	130×110
42	130×110		

4. 実験方法および実験結果

本探査システム装置が測定装置として適用可能であるか否かの性能確認として、図-4に示すような実験を行った。大気中におけるコンクリート面を反射面とし、反射面と送受信アンテナの距離を25cmピッチで設定し反射到達時間を測定した。測定結果は表-2に示す通り読み取り等の誤差があり多少のバラツキが見られるが図-5に示す平均値をプロットした結果をみるとほぼ直線関係にあり、測定装置として十分なる性能を有していることがわかる。

供試体の中央表面にアンテナを保持し実トンネルの覆工測定同様に反射法により測定し、コンクリート供試体の厚さを求めた（図-6）。測定により得られた反射波形を判読し背面での反射時間と供試体厚との関係を回帰して供試体厚を求め表-3に示した。図-7は、横軸に供試体厚を縦軸に測定厚の関係を示したものである。点線は供試体厚の $\pm 10\%$ の範囲であり、測定結果はこの範囲内であり覆工モデル供試体厚を精度良く測定できる。

本実験では厚さ60cmまでは測定可能であったが厚さ $t=90\text{cm}$ の供試体では反射波が微弱となり判読が困難であり、図示していない。

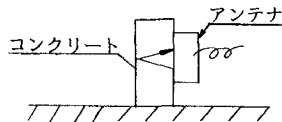


図-6 コンクリート供試体の厚さ測定

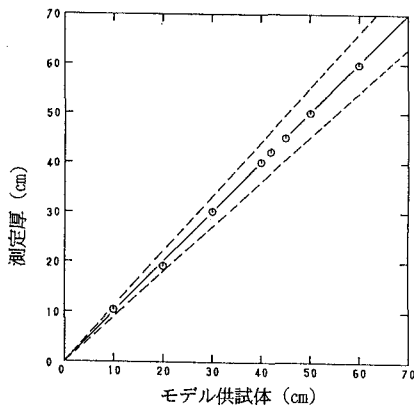


図-7 供試体厚と測定厚の関係

5. ま と め

電磁波探査法のトンネル覆工測定の適用にあたり、厚さの異なる覆工モデル供試体を作製し、測定精度、測定限界などの基本的実験を行い、下記の事項が明らかにできた。

- ・大気中の距離測定が連続的にでき定量的測定機器として適用することが可能である。
- ・トンネル覆工モデル供試体の厚さ測定では精度高い結果が得られた。
- ・今回の実験条件でのコンクリート厚測定においては500MHzのアンテナを用いた場合、少なくとも60cm程度まで測定可能である。

以上より実トンネルの覆工コンクリート厚測定に本装置が適できることが確認された。

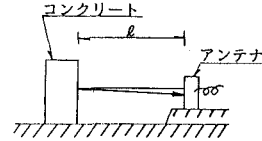


図-4 大気中伝播速度

表-2 大気中の反射測定

距離 (cm)	測定値 (ns)				
	1	2	3	4	平均
5 0	-3.14	-3.21	-3.14	-3.14	-3.16
7 5	-1.64	-1.64	-1.71	-1.71	-1.68
1 0 0	-0.07	0.29	-0.07	0.21	0.09
1 2 5	1.86	2.00	1.86	1.86	1.90
1 5 0	3.57	3.79	3.57	3.71	3.66
1 7 5	5.79	5.64	5.64	5.57	5.66
2 0 0	7.79	7.79	7.71	7.71	7.75
2 2 5	9.00	8.86	9.00	8.86	8.93
2 5 0	10.43	10.36	10.29	10.21	10.32
2 7 5	12.14	12.14	12.07	12.14	12.12
3 0 0	13.71	13.57	13.64	13.50	13.61

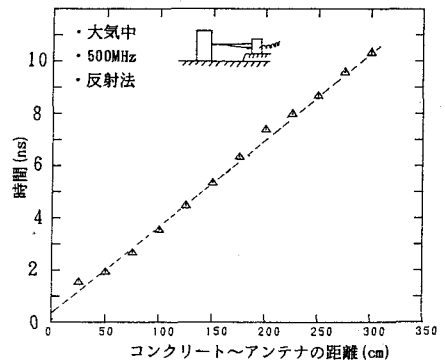


図-5 大気中伝播速度

表-3 供試体厚測定

覆工厚 (cm)	測定値 (cm)			
	1	2	3	平均
1 0	11.0	11.2	11.1	11.1
2 0	19.7	19.7	19.9	19.8
3 0	27.9	27.9	28.0	27.9
4 0	40.6	40.3	40.3	40.4
4 2	41.9	41.9	42.1	42.0
4 5	46.5	46.2	46.2	46.3
5 0	48.8	49.2	48.7	48.9
6 0	60.7	60.6	60.6	60.6