

レーダ法のコンクリート版厚と空洞厚計測における最適周波数

日本工営株式会社中央研究所 正会員 太田資郎
日本工営株式会社中央研究所 正会員 藤原鉄朗
日本工営株式会社中央研究所 正会員 松山公年
日本工営株式会社中央研究所 正会員 金本康宏

はじめに

既設トンネルの覆工コンクリートの厚さとその背面空洞高は、トンネルの健全性評価や耐力評価を行う上で、重要な情報である。写真-1 は小断面トンネル(1.5～5.0m)を対象に開発したレーザ・レーダ計測車¹⁾である。レーザ計測システムはトンネル覆工に発生したクラックの幅や長さを精度良く計測し、レーダ計測システムは覆工の厚さや覆工背面の空洞高さを連続的に計測する。レーダ計測法は非接触・連続的かつ短時間(1km/h)に覆工厚と覆工背面空洞高さを計測できるのでトンネルや道路等長大なコンクリート構造物の調査に適している。本報告はレーダ計測法をコンクリート構造物に適用するに当たって、適切なレーダアンテナ周波数を選定する目的で実施した土槽におけるコンクリート版を使用した計測精度の調査結果を紹介するものである。



写真-1 小断面トンネル用
レーザ・レーダ計測車

なお、コンクリート版下の最小空洞厚計測に関するレーダ法の探査能力と精度については参考文献²⁾で紹介した。

1. 実験設備と実験方法

図-1 に土槽で行ったベンチテストの概念図を示す。空洞は発泡スチロールを使用して再現し、空洞周辺の地山は山砂を用いた。コンクリート版の大きさは1.5m×1.5mとし、厚さは10、20、30、40、50cmの5水準とし、空洞厚は0、20、40、60、80、100cmの6水準とした。コンクリートの設計基準強度は21MPaである。

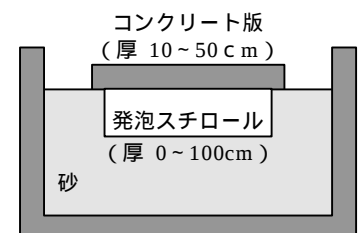


図-1 ベンチテスト概念

2. レーダアンテナの種類と周波数

レーダアンテナの種類は、写真-2 に示すモノサイクル型バイスタティックダイポール型を採用した。送信パルスの周波数は400、600、800、1000MHzの4種類について比較した。

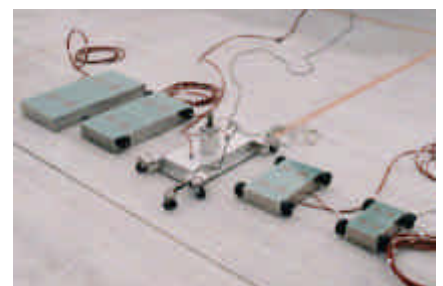


写真-2 レーダアンテナ群
(400MHz～1500MHz)

3. 実験結果と考察

写真-3 はコンクリート版をコンクリート床版の上でクレーンを使用してコンクリート版を吊り上げた場合のレーダ反射波の連続画像である。画像の最上部にあるよこしまは直接波、そのすぐ下にあるよこしまはコンクリート版底面からの反射波である。その下の斜めの線は、床版表面からの反射波である。コンクリート版を吊り上げるにつれてこの反射波が遅れていくのが読み取れる。表-1 に各周波数に対する実験結果を示す。本実験から以下のようなことが明らかになった。

キーワード：非破壊検査、コンクリート、レーダ法、コンクリート版厚、空洞厚

連絡先：日本工営(株) 〒300-1259 茨城県稲敷郡茎崎町稲荷原 2304 Tel 0298-71-2030 Fax 0298-71-2022

周波数 400MHz では、コンクリート版の下に空洞が無い場合、コンクリート版厚 10～30cm の計測が困難であった。即ち、コンクリート版と砂の境界から明瞭なレーダ反射波が観察されなかった。これはコンクリート版の比誘電率が 10.9 で土槽中の砂の比誘電率 8.9 と良く似ているため、両者の境界でレーダ波が強く反射しないためと考えられた。

周波数 400MHz では、コンクリート版下に空洞がある場合、コンクリート版厚 10cm では、明瞭な反射波画像が観察されず、20cm 以上でレーダ反射波が観測されたが、測定精度は著しく悪い。これは計測精度が波長の影響を受けていることを示している。600MHz でも同様の傾向が見られるが 400MHz に比較して計測精度は向上している。

周波数 800MHz と 1000MHz のレーダ波は、コンクリート版の下に空洞がある場合、準備したコンクリート版厚全て（10～50cm）の計測が可能であり、ほぼ同様の性能を持つことが明らかになった。

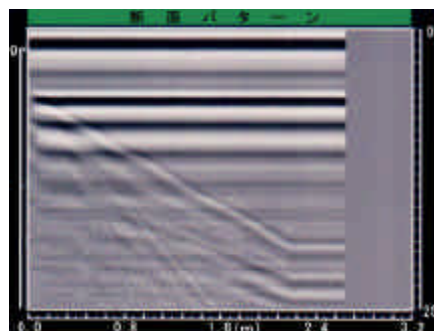


写真-3 クレーンで吊り上げた場合のレーダ反射波の連続画像

表-1 ベンチテストの結果一覧表

計 測 項 目	コンクリート厚	空洞厚	周 波 数							
			400MHz		600MHz		800MHz		1000MHz	
空洞上のコンクリート厚 (空洞厚 60cm)	10	60	×	×	×	×	12.0	○	12.0	○
	20	60	36.6	○	20.7		20.2		20.1	
	30	60	41.6	○	31.6		30.4		30.4	
	40	60	45.3	○	40.3		40.7		39.8	
	50	60	55.7	○	51.0		49.9		49.9	
砂の上のコンクリート厚 (空洞無し)	10	0	×	×	×	×	14.1	○	13.6	○
	20	0	×	×	×	×	20.6		22.5	○
	30	0	×	×	32.6		30.8		30.4	
	40	0	42.6		45.1	○	41.1		39.8	
	50	0	54.3		56.8		×	×	×	×
空 洞 厚 (コンクリート厚 0cm)	30	20	—	—	20.5		20.5		20.5	
	30	40	—	—	39.6		39.6		39.6	
	30	60	—	—	57.2		60.0		61.5	
	30	80	—	—	76.2		84.3		84.9	
	30	100	—	—	104.0		101.1		101.1	

評価 : 計測精度 10% 以内、○ : 計測精度 10% 以上、 : 連続画像では確認できないが反射波形観察で推定可能、
× : 検知付加、— : ベンチテスト実施せず (単位 : cm)

4. まとめ

本実験結果ならびに参考文献²⁾から以下のようなことが明らかになった。

トンネルの覆工コンクリート厚およびその背面空洞高の調査に適しているレーダの周波数は湧水によるレーダ波の減衰特性を考慮すると 800MHz であり、その計測精度は±10% 以内である。

覆工コンクリート背面の測定可能な最小空洞厚は 2cm 程度である。

コンクリート中の鉄筋のかぶり厚および間隔の調査に適しているレーダ周波数は 1500MHz である。

参考文献

- 1) 太田資郎・藤原鉄朗他：レーザ・レーダ法による水路トンネルの老朽化調査、土木学会第 1 回構造物の診断に関するシンポジウム論文集、1998.8
- 2) 松山公年・太田資郎他：空港舗装下空洞探査技術の開発、第 54 回土木学会年次学術講演会論文集、1999.9