走行式トンネルコンクリート点検システムに関する研究(その1) - ホーンアンテナを用いたレーダ法によるコンクリートの内部性状調査 -

芝浦工業大学大学院 学生会員 宮本 一成 芝浦工業大学 正会員 勝木 太

東京大学生産技術研究所 F 会員 魚本 健人

1.はじめに

近年,山陽新幹線のトンネルライニングコンクリート剥落事故の発生等により,トンネル構造物のライニングの全断面検査が望まれている。現状の検査手法として,電磁波レーダによりライニング厚さ,コンクリートの内部性状(空隙など),背面空洞を測定する非破壊検査が挙げられる。しかし,通常の測定では,測定アンテナをコンクリート表面にほぼ接触させて測定を行う方法が用いられており,広大な測定範囲を有し,内部に架線等の障害物も存在するトンネルの測定においては,検査効率が悪く,実用性に欠ける面を持っているのが実情である。

そこで本研究では,より効率的な測定方法として,測定アンテナを列車等に搭載して走行と同時に測定可能なシステムを想定し,アンテナとコンクリート表面の間隔を最大で1m程度離した状態により,一般に市販されているアンテナ(ダイポール型)に比べて,指向性が高いとされるホーンアンテナを用いて測定を行った。

2. 実験概要

本実験で使用した供試体のコンクリートの配合を表 - 1 に示す。供試体の寸法は 2m×9m , 厚さが最大 0.7m であり , トンネル天端部を模擬し , 内部には表 - 2 に示すような模擬空隙やジャンカ , 人工ひび割れ , H 形鋼等を寸法や埋設深さを変化させて配置してある。図 - 1 に供試体の概要図を示す。測定装置に関しては , 写真 - 1 に示す中心周波数 850MHz のホーンアンテナを使用した。

実験方法に関しては、まず発泡スチロールの比誘電率が空気の比誘電率に非常に近いことから、発泡スチロールを透過する電磁波が空気を透過していると仮定し、写真・1 に示すように発砲スチロール板を供試体上に積み上げ、その上でアンテナを走行させることによりコンクリート表面とアンテナ部との間隔を保持した。アンテナとコンクリート表面との間隔(以後、計測高さと記す)はおよそ100、400、600、800、

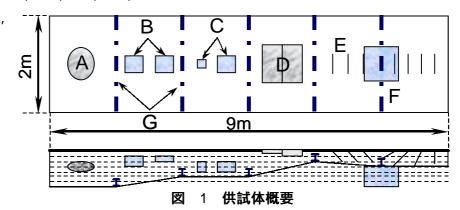
1000mm とし、それぞれの計測高さで、 埋設物が配置された供試体中央部分 の測定を行った。また、計測高さ 800mm の場合に限り、測定方向に対 して直角方向にアンテナ中心部を 100mm ずつ移動させて測定を行い、 埋設物直上からアンテナ中心部が離 れることにより、測定結果にどのよう な影響を及ぼすか検討を行った。

表 1 コンクリート供試体の配合

	W/C (%)	s/a (%)	単位体積重量(kg/m³)					
			W	C	S	G	AE 減水剤	
	64.6	49.7	178	276	888	937	0.690	

表 2 供試体内部の埋設物一覧

	名称	寸法および埋設深さ(mm)					
Α	砕石撒き	740×640×t200 d=200					
В	内部空隙(100)	00) 400×400× (t100, 200) d=100					
С	内部空隙(200) 400×400(200×200) xt200 d=20						
D	500×1000× (t50, 100) 表面: 平滑 背面: ジャンカ						
Е	ひび割れ	ひび割れ幅: 0.1,0.3,0.5mm (角度45度) ひび割れ角度: 30,45,60,90度(幅0.3mm)					
F	背面空隙	800×800× t400 d=300					
G	H形鋼	150×150× L2000 d=50, 150, 350, 550					



キーワード:構造物診断,非破壊検査,電磁波レーダ法,ホーンアンテナ,非接触測定

〒153-8505 東京都目黒区駒場 4-6-1 TEL 03-5452-6098 ext.58090 FAX 03-5452-6392

3. 実験結果および考察

表 - 3 に各計測高さによる埋設深さの測定結果を示す。なお、埋設深さが 200mm の内部空隙は、寸法が 400 × 400mm の内部空洞の埋設深さを示している。

結果として,人工ひび割れ,背面空洞,埋設深さ350mm以上のH形鋼を除いて,計測高さ800mmまではほぼ全ての埋設物の測定が可能であり,内部空隙に関しては計測高さ1000mmまで測定可能であることが確認できた。また,測定精度においては,計測高さに関わらずほぼ同等の精度であった。背面空洞が検出不可能であったのは,空洞がH形鋼直下に配置されており,

電磁波が H 形鋼で全反射したためである。また,人工ひび割れに関しては,エンビシートを利用したため,電磁波がひび割れ部で反射せず,透過してしまったと考えられる。

図 - 2 は,供試体中央部分から 100mm ピッチで供試体の片側 7 測線を測定した結果から,測定範囲を 100mm 四方のメッシュに区切り,各メッシュ内における埋設深さが最小の値を代表値として深さ分布を示したもの



写真 1 測定状況

表 3 各計測高さにおける測定結果一覧

埋設物		埋設深さ	計測高さ(mm)					
		(mm)	100	400	600	800	1000	
Α	砕石撒き	200	203	203	225	×	\times	
В	内部空隙	100	112	81	84	88	103	
С	内部空隙	200	216	212	228	232	187	
D	ジャンカ	表面近傍	19	3	0	3		
E	人工ひび割れ	\mathbb{X}	×	×	×	×	$ \setminus / $	
F	背面空隙	300	×	×	×	×	X	
G	H形鋼 浅	150	184	147	159	163] / \	
	H形鋼 深	350	×	×	×	×	\backslash	

である。図から,アンテナ中心部分が供試体の端部に移動しても,400×400mm の内部空隙程度の埋設物であれば,検出が可能であることがわかる。また,測定精度は高くはないが,全体的に実際の供試体と測定結果は同様の傾向を示していることがわかる。

a) 実際の供試体(供試体中央から片側半分)

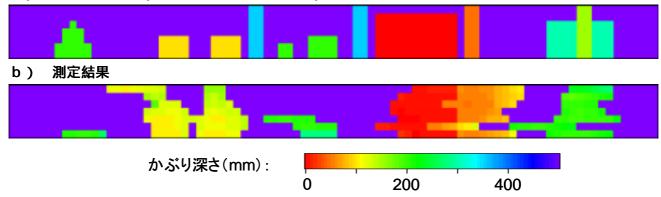


図 - 2 測線ピッチ 100mm での測定結果 (計測高さ 800mm の場合)

4. まとめ

本研究で得られた知見を以下に示す。

- ホーンアンテナを用い,計測高さ 800mm で測定を行った場合,埋設深さ 200mm 以下の内部空隙や H 形鋼を検出することが可能であり,内部空洞であれば計測高さ 1000mm 程度でも測定が可能であった。
- 各計測高さにおける埋設深さの測定精度は,計測高さに関わらずほぼ同程度であった。
- 100mm ピッチで数測線の測定を行い,実際の供試体と同様の傾向をもつ測定結果を表示することが出来た。

謝辞:本研究は,東京大学生産技術研究所魚本研究室で行ったものであり,研究費の一部は運輸設備整備事業団の運輸分野における基礎研究推進制度(平成11年度補正予算)によるものである。研究にあたり,多大な御協力頂いた同研究室の皆様,㈱竹中工務店の米澤氏,大野氏,岡田氏,㈱竹中土木の安藤氏,および㈱コマツエンジニアリングの吉村氏,金光氏,塩坪氏に感謝致します。