

多配列地中探査レーダによる中空床版橋ボイド上面かぶり厚計測精度の検証

西日本高速道路エンジニアリング関西株式会社 正会員 ○上田 憲寿
 西日本高速道路エンジニアリング関西株式会社 柳井 喜浩
 西日本高速道路株式会社 正会員 安藤 亮介

1. はじめに

中空床版橋は、円筒型枠(以下、「ボイド」という)により桁内部に空洞を設け、橋の軽量化を図ることによる経済性や、桁高を抑えることによる景観性の観点から、多くの橋梁で採用されてきた。

近年、中空床版橋においてボイド上面のコンクリートが抜け落ちる事象が発生している。これは、コンクリート打設時の浮力によりボイドを固定するバンドが変状し、ボイドが浮き上がったことにより、ボイド上面コンクリートのかぶり厚(以下、「ボイドかぶり厚」という)が不足したことが原因であると考えられている。そこで、西日本高速道路では、非破壊でボイドかぶり厚を把握することができ、ボイド上面コンクリートの抜け落ちリスクがある箇所の抽出に有効的な手法である地中探査レーダ(GPR, Ground Penetrating Radar)による調査を行っている。

本稿では、調査に使用した多配列GPRによるボイドかぶり厚の計測精度の検証結果を報告する。

2. ボイドかぶり厚調査概要

ボイドかぶり厚の測定には、①広範囲にボイドが確認できる、②車線規制等の交通規制が不要である、③80km/h以上で探査が可能である、多配列GPRを採用した。

使用機器の概要を表-1に示す。探査は、写真-1のようにアンテナをトレーラーに固定し、高速走行速度(80km/h～100km/h)で行い、床版上面の深さおよびボイド上面までの深さを計測することで、ボイドかぶり厚の推定を行った。

調査の結果、ボイドかぶり厚が小さいと推定された箇所を対象に、小径のコア削孔(削孔径30mm)を舗装上面からボイド上面まで行い、ボイドかぶり厚の実測値と多配列GPRによる計測値を比較検証した。

3. 検証結果

3.1 ボイドかぶり厚実測結果 コア孔の実測結果および多配列GPRの計測結果の比較を表-2に示す。なお、多配列GPRの計測値は、比誘電率を $\epsilon_r=8$ とした計測値である。また、表中に示す差とは、実測値と計測値の差を示している。比較の結果、多少のバラつきはあるものの、差は最大でも10mm程度であった。また、A橋のNo.1以外の箇所では、実測よりもかぶりを薄く評価していた。

3.2 比誘電率の換算 GPRによる厚さの計測では、比誘電率が計測結果を左右する。そのため、実測値と多配列GPRの計測値の差は、解析に用いた比誘電率($\epsilon_r=8$)と実際の比誘電率に差があるために生じていることが考えられる。

このことから、削孔調査を行った結果を基に、計測した

表-1 多配列GPR概要

アンテナ	幅	2.180m
	周波数帯域	200MHz～3GHz
	チャンネル数	25
	チャンネル間隔	75mm
	探査幅	1875mm
	探査方式	ステップ [®] 周波数方式
本体 コントロール部	分解能	0.1ns
	時間レンジ	0～250ns
	スキャンレート	2～10,000scan/sec
	記録媒体	SSDハードディスク



写真-1 アンテナ固定状況

キーワード GPR, 中空床版, 円筒型枠, 抜け落ち

連絡先 〒567-0032 大阪府茨木市西駅前町5-26 西日本高速道路エンジニアリング関西(株) TEL 072-658-2420

それぞれの箇所について比誘電率の換算をした。換算した比誘電率を表-3に、比誘電率の分布を図-1に示す。換算した比誘電率は、橋梁により異なるものの、橋梁単位でみると同様の傾向を示していた。

3.3 多配列 GPR の計測精度 コンクリートの比誘電率はコンクリートの配合や含水状態により変化する¹⁾。そのため、地中レーダによる深さ計測では、探査位置や探査時のコンクリートの状態によりばらつきが生じる。上記した換算比誘電率のバラつきも、これらが原因であると考えられる。

以上のことから、多配列 GPR の計測値から換算した各橋梁の平均比誘電率を使用して、計測値の補正を行い計測精度の検証を行った。なお、D 橋の No,3 については計測値が小さく、実測値とのわずかな差が、換算する比誘電率に大きく影響を及ぼすため、平均比誘電率の算定から除外している。

補正した計測値を表-4に示す。補正後の計測値と実測値の差を比較すると、±3mm 程度の差であり、「非破壊試験によるコンクリート構造物中の配筋状態及びかぶり測定要領」(平成 24 年 3 月 国土交通大臣官房技術調査)中に規定されている探査装置の性能のうち、かぶりの計測精度(±5mm 以下)を満足するような誤差であった。

また、使用した多配列 GPR で取得したデータの最小読み値(分解能)は約 0.1ns であり、比誘電率を $\epsilon_r=8$ と設定した場合、計測誤差として±5.3mm であることから、補正した計測値は機械的な誤差の範囲内であり、正確にボイドまでの深さを捉えていると考えられる。

4. まとめ

本検証では、多配列 GPR を高速走行速度で使用した場合においても、正確にボイドまでの深さを捉えていることを確認することができた。本検証で実施したように橋梁毎に比誘電率を設定することは困難ではあるものの、多配列 GPR は、ボイド上面の抜け落ちリスクのある箇所の抽出に、有効的な非破壊調査手法であることを実証することができたと考える。今後、多配列 GPR によるボイドかぶり厚調査の結果を踏まえ、ボイド上面の抜け落ちリスクのある箇所については、計画的に対策を実施していく計画である。

参考文献

1) 野田他：交流作用時の硬化コンクリートの電気的性質に関する基礎的研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.25, No.1, 2003

表-2 かぶり厚計測結果

橋梁名	No.	実測	多配列GPR	
		測定値 (mm)	計測値($\epsilon_r=8$) (mm)	差 (mm)
A橋	1	81	83	2
	2	80	78	-2
	3	90	88	-2
B橋	1	58	52	-6
	2	67	62	-5
	3	75	67	-8
C橋	1	94	88	-6
	2	95	88	-7
	3	93	88	-5
D橋	1	83	73	-10
	2	77	73	-4
	3	12	10	-2
平均		75	71	-5

表-3 換算比誘電率

橋梁名	No.	多配列GPR			平均
		計測値		換算比誘電率	
		(mm)	(ns)		
A橋	1	83	1.563	8.37	7.86
	2	78	1.465	7.54	
	3	88	1.660	7.66	
B橋	1	52	0.977	6.38	6.57
	2	62	1.172	6.88	
	3	67	1.270	6.45	
C橋	1	88	1.660	7.02	7.02
	2	88	1.660	6.87	
	3	88	1.660	7.17	
D橋	1	73	1.367	6.10	6.60
	2	73	1.367	7.09	
	3	10	0.195	5.96	

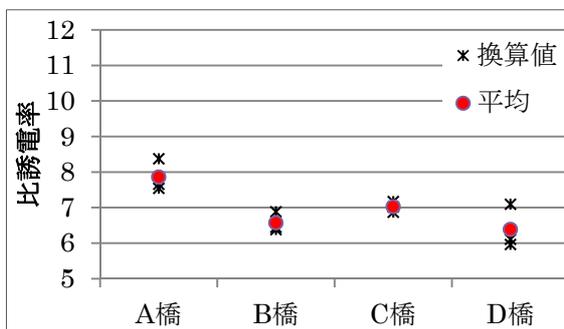


図-1 換算比誘電率

表-4 補正計測値

橋梁名	No.	実測	換算比誘電率	多配列GPR	
		測定値 (mm)		補正計測値 (mm)	差 (mm)
A橋	1	81	7.86	84	3
	2	80		78	-2
	3	90		89	-1
B橋	1	58	6.57	57	-1
	2	67		69	2
	3	75		74	-1
C橋	1	94	7.02	94	0
	2	95		94	-1
	3	93		94	1
D橋	1	83	6.60	80	-3
	2	77		80	3
	3	12		11	-1