

## 超音波法によるRC床版の劣化状態評価に関する検討

(株)日本ピーエス 正会員 工修 ○栗原 勇樹  
 (株)エッチアンドビーシステム 木下 尚宜  
 (株)日本ピーエス 正会員 工修 天谷 公彦  
 (株)高速道路総合技術研究所 工修 豊田 雄介

キーワード：RC床版，非破壊調査，表面法，反射法

## 1. はじめに

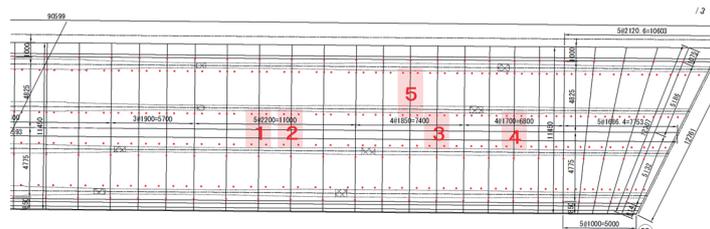
高速道路橋におけるRC床版の変状の多くは，大型車の繰返し載荷による疲労のほか，積雪寒冷地における凍害と凍結防止剤の大量散布による塩害の影響に起因するものである。したがって，RC床版内部の状態を把握することが維持管理において重要となる。しかしながら，現在点検で行われている近接目視によってRC床版の外観からコンクリート内部の劣化判定を行うことには限界がある。

本報告では，鋼橋の取替え予定のRC床版で超音波法による非破壊調査を実施し，RC床版内部の劣化状態における非破壊調査手法による評価の可能性について検討した。

## 2. 超音波法による非破壊調査の概要

## 2. 1 調査箇所の選定

対象橋梁は鋼桁橋であり，既設RC床版上面に繊維補強コンクリートによる上面増厚が行われている。目視調査の結果，床版下面に遊離石灰を伴うひび割れが多くみられた。そこで，目視調査で変状が確認されなかった箇所と遊離石灰を伴うひび割れなどが確認された箇所を超音波法による床版内部の状態の調査対象として選定した。調査箇所図および床版下面からの目視調査結果を図-1に示す。



調査箇所 1  
 状態：遊離石灰を伴う  
 ひび割れ



調査箇所 2  
 状態：遊離石灰を伴う  
 ひび割れ



調査箇所 3  
 状態：ひび割れ



調査箇所 4  
 状態：変状は確認  
 できない



調査箇所 5  
 状態：変状は確認  
 できない



図-1 調査箇所図および床版下面からの目視調査結果

## 2. 2 調査項目

本調査では，超音波法（表面法，透過法，反射法）による非破壊調査を実施した。表面法では超音波伝搬速度を推定し，反射法による床版層状ひび割れおよび床版増厚部の一体性調査において深さ位置を推定する際の参考とした。また，床版撤去用に削孔したコアの一部を用いて透過法による超音波伝搬速度も測定し，表面法による推定値の妥当性を確認した。さらに，床版撤去時に調査箇所の切断面を目視にて確認し，反射法による調査結果と比較した。

### 2. 3 表面法による超音波伝搬速度の推定

表面法による超音波伝搬速度は、コンクリート上に測線を設定し、測線上で探触子間隔を一定間隔で変化させて超音波伝搬時間を測定し、この結果を用いて推定するものである。測定状況を写真-1に、表面法による超音波伝搬速度の模式図を図-2に示す。コンクリート内部を伝わる超音波伝搬速度は、表層で遅く、内部方向に入るに従って速くなり、ある距離からはほぼ一定になると考えられる。この伝搬特性を利用して、超音波伝搬速度を推定する。



写真-1 測定状況

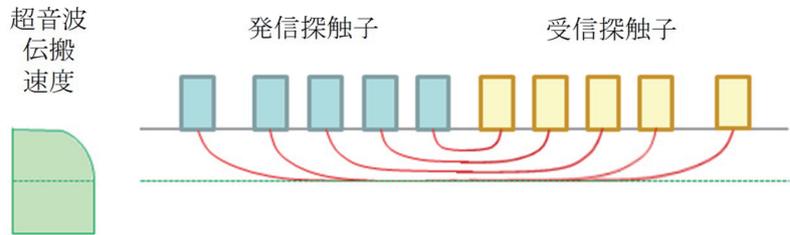


図-2 表面法による超音波伝搬速度の模式図

### 2. 4 反射法による床版層状ひび割れおよび床版増厚部の一体性調査

発信探触子から送信された超音波は、空気との界面や鉄筋などの鋼材に反射して受信探触子に伝搬する。反射法による調査は、この超音波の特性を利用して、床版内部の層状ひび割れや床版増厚部の一体性を調査するものである。反射法による調査は、幅広い帯域の超音波を用いて解析を行う広帯域超音波法と、突起をコンクリートに押し当てることによって接触媒質が不要となるDry Point Contact探触子を用いたドライ超音波法（縦波、横波）との3種類の手法によって実施した。各調査手法の測定機器および測定状況を写真-2~4に示す。

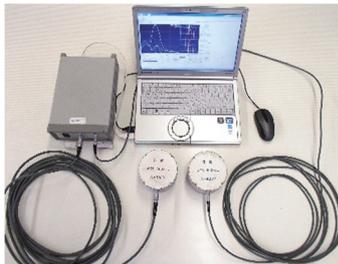


写真-2 広帯域超音波法  
測定機器および測定状況



写真-3 ドライ超音波法  
(縦波)測定機器および測定状況



写真-4 ドライ超音波法  
(横波)測定機器および測定状況

反射法による床版内部の測定状況の模式図を図-3に示す。部材厚相当時刻からの反射波が確認できる場合は、コンクリート内部で超音波の伝搬を阻害するものがなく、床版内部の劣化はほとんどみられないものと推測される。一方、部材厚からの反射波が確認できず部材厚よりも浅い位置から反射波が確認できる場合は、床版内部に層状ひび割れなどが存在する可能性があるものと推測される。また、床版増厚部との境界で反射波が確認できる場合は、増厚部の剥離などによって一体性が確保されていない可能性があるものと推測される。

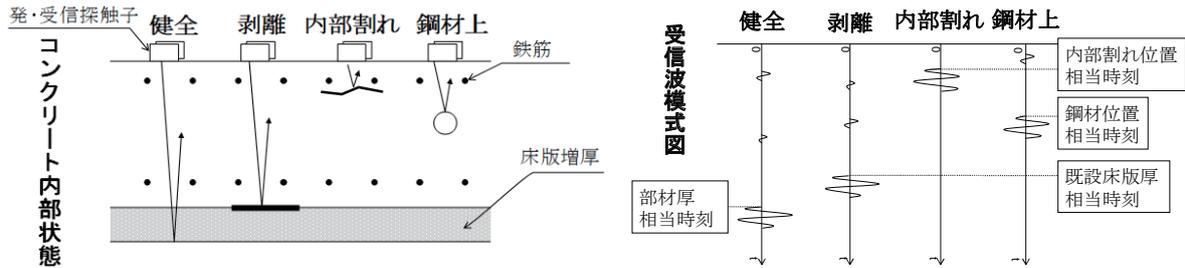


図-3 反射法による床版内部の測定状況模式図

3. 調査結果

3.1 表面法と透過法による超音波伝搬速度の結果

超音波伝搬速度の推定結果を表-1に、コンクリート内部を伝わる超音波伝搬速度の一例を図-4に示す。表面法による測定は5箇所（1箇所あたり2測線）で行ったが、超音波伝搬速度の値が得られたのは10測線のうち3測線のみであった。超音波伝搬速度が推定不可能であった要因として、測定時点で既設床版の撤去準備で橋軸方向のコンクリート切込みが行われていたことによる影響が考えられる。超音波伝搬速度の値が得られた3測線の結果は4300m/s付近となり、ASTMが提案しているコンクリートの品質評価基準（表-2）によると「良」の評価であった。

また、床版撤去時に削孔したコア3本を採取して透過法による超音波伝搬速度を測定した。測定結果を表-3に示す。コアを用いた透過法による超音波伝搬速度は4300m/s付近となり、表面法の結果と概ね一致した。

表-1 表面法による超音波伝搬速度の推定結果とコンクリートの品質評価

調査箇所	1		2		3		4		5	
測線	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
超音波伝搬速度 (m/s)	4265	推定不可能	4293	推定不可能	4396	推定不可能	推定不可能	推定不可能	推定不可能	推定不可能
品質評価	良		良		良		-		-	

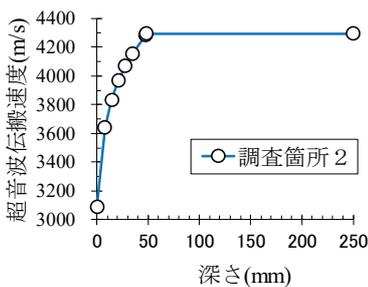


図-4 超音波伝搬速度

表-2 コンクリートの品質評価

超音波伝搬速度 (m/s)	品質評価
4570以上	優
3660~4570	良
3050~3660	やや良
2130~3050	不良
2130以下	不可

表-3 透過法による超音波伝搬速度測定結果

コア	No.1	No.2	No.3
超音波伝搬速度 (m/s)	4389	4545	4128
平均値 (m/s)	4354		
品質評価	良		

3.2 反射法による床版層状ひび割れおよび床版増厚部の一体性の評価

反射法による測定は、1箇所あたり28測点で行った。測定結果は、収録した受信波に周波数のフィルタ処理を行い、反射波の起生時刻を読み取ってコンター図で示した（図-5）。反射法による調査では評価基準がないことから、コンターで描かれた測点のうち概ね部材厚からの反射波を確認できる（コンター中に赤色で表記された）測点の割合から、表-4に示す4段階に分類することとした。

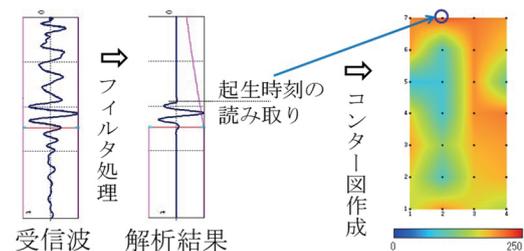


図-5 フィルタ処理とコンター図

3手法による測定結果の一例を表-5に、コンター図による調査結果の分類を表-6に、床版撤去時の切断面の一例を写真-5に示す。分類から既設床版内部ではドライ超音波法（横波）と広帯域超音波法で概ね床版厚相当の反射波が得られた。また、床版撤去時に目視にて確認した切断面の状態から、調査箇所4以外で鉄筋付近に発生したひび割れがみられたが、連続性がなく床版撤去時に発生したひび割れと考えられる。このことから、本調査では層状ひび割れが確認されず、ドライ超音波法（横波）と広帯域超音波法の結果と切断面の状態が同様の傾向となり、この2手法について床版内部の評価の可能性が示されたと考えられる。

既設床版と増厚部の境界では調査箇所1～3において調査手法にかかわらず、概ね「Z」に分類された。調査箇所4では「B」あるいは「C」となり、調査箇所5では「B」～「Z」となり、調査手法によって結果が異なった。床版撤去時の切断面の状態から、調査箇所1, 2, 3, 5で既設床版と増厚部の境界で剥離がみられた。測定時に検知した剥離が床版撤去時に顕著になったものとする、ドライ超音波法（横波）の結果と一致し、この手法によって既設床版と増厚部との剥離を捉えられる可能性が示されたと考えられる。

また、床版下面からの目視調査結果と床版内部の状態は異なることから、目視による調査では捉えられなかった床版内部の状態を超音波法などの非破壊調査によって検知できる可能性があるものと考えられる。

表-4 コンター図による調査結果の分類

コンター図の赤色表記測点数	分類	床版内部の変状の可能性
23測点以上	A	低 ↑ 高
22～16測点	B	
15～10測点	C	
9測点以下	Z	

表-5 調査結果の一例

調査結果	層状ひび割れ 調査箇所2	増厚部の一体性 調査箇所5
ドライ超音波法（縦波）		
ドライ超音波法（横波）		
広帯域超音波法		

表-6 コンター図による調査結果の分類

調査箇所		1	2	3	4	5
層状ひび割れ	ドライ超音波法(縦波)	B	B	A	C	C
	ドライ超音波法(横波)	B	A	B	B	B
広帯域超音波法		B	A	B	A	A
増厚部の	ドライ超音波法(縦波)	Z	Z	Z	C	C
	ドライ超音波法(横波)	Z	Z	Z	C	Z
一体性		C	Z	Z	B	B



写真-5 床版撤去時の切断面の一例

#### 4. まとめ

本報告では、鋼橋の取替え予定のRC床版を対象として、超音波法による非破壊調査結果から、RC床版内部の劣化状態について、非破壊調査手法による検知の可能性について検討した。本報告の範囲内で得られた知見を以下に示す。

- (1) 今回の調査では、約7割の調査箇所で表面法による超音波伝搬速度の推定が不可能であった。推定可能であった超音波伝搬速度については、透過法による測定結果と概ね一致した。
- (2) 反射法による結果と切断面の状態を照合すると、ドライ超音波法（縦波）よりもドライ超音波法（横波）と広帯域超音波法の結果の整合性があるものとなった。ただし、広帯域超音波法の測定結果は、ドライ超音波法よりも健全側の評価になる傾向がみられた。このことから、今回の調査結果の範囲においては、ドライ超音波法（横波）によって床版内部の劣化状態を検知できる可能性があるものと考えられる。