

鉄筋コンクリート床版内部の非破壊検査方法

首都高技術株式会社

正会員

○布施

光弘

首都高技術株式会社

正会員

影澤

雅人

首都高技術株式会社

亀岡

誠

1. はじめに

コンクリート構造物の表層より深い位置の空洞は、打音検査による発見が困難なことが多く、特に RC 床板の主桁上フランジとの接続部分であるハンチ部には、より高い精度の検査が求められており、打音検査の精度を向上させる必要があった。本稿では、RC 床版ハンチ部の内部欠陥を定量的に発見するために、製作した RC 床板の試験体を用いて各種非破壊検査技術の性能を確認し、RC 床板の主桁上フランジに干渉することなく精度良く効率的に検査を行うことができる非破壊検査方法を開発した事例について報告する。

2. 開発目的

橋梁に用いられている RC 床版は、交通量の増加や車両の大型化等により損傷が発生し、塩害や中性化、凍害、アルカリ骨材反応等を要因とする耐久性の低下や早期劣化等による欠陥等が生じる場合がある。このため、RC 床版の維持管理では、近接目視による点検や非破壊検査を定期的に行い、必要に応じて補修・補強工事等を行っていくことが効果的である。

RC 床版の主桁上フランジとの接続部分であるハンチ部は、応力が集中することや施工上の問題から、コンクリートの劣化進行が速く、より高い精度の検査が求められているが、ハンチ部は、RC 床版の下部において突出した形状を有するとともに、主桁上フランジとの接続部分を除いて傾斜しているため、ハンチ部周辺を効率的かつ精度よく検査することは困難である。このため、これらの課題に着目し、RC 床版のハンチ部周辺において効率的かつ精度よく検査が可能な非破壊検査方法を開発した。

3. RC 床版内部の非破壊検査方法

(1)非破壊検査の適用検討

RC 床版に対する非破壊検査方法として、現在、実用化や開発が進んでいる物理的な方法には、波の性質を利用したものが多く、周波数の関係によって音波と光波に分けられる。また、コンクリート表面を打撃した場合の反発度合で、損傷の有無や圧縮強度を推定できる反発硬度法も実用化されている。表-1 に示す実用化が進んでいる技術について、その性能及び適用性を、RC 床板試験体を用いて検証した。

コンクリート構造物の検査に用いる超音波法や衝撃弾性波法は、電磁波法よりも低い周波数（数 KHz～数百 KHz）を用いるため、電磁波法よりの深い位置の情報を得ることができる。しかし、これらの方法は波の変化の有無で欠陥の有無を判断する手法であるため、電磁波法よりも、測定位置から深さ方向の測定精度が低い。また、超音波法や衝撃弾性波法は、点での測定のため、欠陥の識別は可能であるが、その大きさ計測することは困難である。一方電磁波法では、マルチパス方式を用いることにより欠陥の3次元映像を得ることができる。したがって、マルチパス方式を用いた電磁波法であ

表-1 検査適用性を検証した非破壊検査技術

波	試験方法	測定項目	測定概要
音波	超音波法	伝播速度	発・受振子間の速度を測定することで品質低下を確認。
		回折波の位相	欠陥部を直角に進む上向きの波(直角回折波法)の精度確認。
	打音法	振動（打撃音）	構造物をハンマーにより打撃
		振動（打撃音）	構造物を鉄球を内蔵した打検機により打撃
		音響探査（打撃音）	発生する打撃音をマイクにより測定し、集積した音を分析することで判定する。
	衝撃弾性波法	周波数応答・伝搬速度	衝撃弾性波法により、原波形データを収録する。
	AE法	弾性波の発生数・エネルギー・振幅等をコンクリート表面で検知	材料が変形等した際に材料が内部に蓄えていたひずみエネルギーを弾性波として放出する現象を測定する。
光波	赤外線法	コンクリート表面の温度(高精度赤外線解析)	赤外線センサで検知した赤外線放射量に基づき、温度データへ変換処理する。
	電磁波法	放射した電磁波の反射波の検出	最大1600MHz
			最大4300MHz 送受信3素子
			最大4500MHz 送受信12素子
	電磁誘導法	磁性体の有無・大きさ・距離による磁束の変化	試験機に交流電流を流すことで生じる磁界内に対象物を配置し起電力の変化を計測。
	X線法	X線の透過量	X線をフィルムに透過
反発硬度法		コンクリート表面の反発度	表面の高度から欠陥の有無を確認。
		圧縮強度	打撃力波形より欠陥の有無を確認。

キーワード 打音検査, RC 床板, ハンチ部, 非破壊検査, 超音波, 衝撃弾性波, 電磁波, マルチパス方式

連絡先 〒105-0001 東京都港区虎ノ門 3-10-11 虎ノ門 PF ビル 首都高技術株式会社 企画部 TEL 03-3578-5757

れば、図-1 に示す通り、深さ方向の測定精度の高い 3 次元映像を得ることができ、RC 床版における欠陥の位置、形状、大きさを高精度に測定することができる。

検証の結果、RC 床版ハンチ部の内部欠陥を定量的に発見するためには、送受信可能な多数の素子を搭載した電磁波レーダー装置による検査が、最も精度が高く、200mm×200mm 以上の欠陥を識別可能であった(図-2)。

しかし、既往のマルチパス方式を用いた電磁波レーダー装置には素子が多数内蔵され、その大きさからハンチ形状に沿った検査が困難であった。このため、検査に必要となる素子数を検証し、アンテナの長さをハンチ傾斜面の短辺方向の長さと合わせた電磁波レーダー装置を製作した(図-3)。

(2) RC 床版内部の非破壊検査方法

RC 床版のハンチ部において効率的かつ精度よく非破壊検査が可能となるよう開発した非破壊検査方法は、RC 床版の下部に位置する主桁上フランジに接続するハンチ部に適した形状の電磁波レーダー装置を対向させ、ハンチ部に向けて電磁波を照射し、その反射波を利用して RC 床版内部の劣化や欠陥を検出する(図-4)。

電磁波レーダー装置は、主桁上フランジとの接続部分から露出した傾斜面に対し、傾斜面の短辺方向の幅と同等の長さを有するアンテナ部を対向させ、アンテナ部の長手方向を短辺方向に向けた状態で傾斜面に接触させて電磁波を照射する。アンテナの長さを傾斜面の短辺方向の長さと同等にすることにより、装置の寸法も傾斜面の短辺方向の長さと同等にすることができ、主桁上フランジ及び RC 床版に干渉することなく検査を効率的に行うことができる。また、傾斜面に電磁波レーダー装置を接触させるため、電磁波レーダー装置と傾斜面との傾斜面方向の距離が一定となる。これにより電磁波レーダー装置を傾斜面上で橋軸方向に移動させた場合でも検査精度の偏りを軽減することができた。さらに、ハンチ部から斜め上方に電磁波を照射することになるため、RC 床版において鉄筋が厚み方向に複数配置されている場合であっても鉄筋の影となる領域が小さくなるため厚み方向に互いに隣接する鉄筋間のコンクリート部の検査を容易に行うことができる。また、傾斜面に電磁波レーダー装置を接触させるため、電磁波レーダー装置と傾斜面との距離が一定となる。これにより電磁波レーダー装置を傾斜面上で移動させた場合でも検査精度の偏りを軽減することができる。以上より、RC 床版のハンチ部周辺において効率的かつ精度よく非破壊検査が可能となった。

4. おわりに

RC 床版ハンチ部の内部欠陥を主桁上フランジに干渉することなく定量的に発見するためには、素子が多数内蔵され、アンテナの長さをハンチ傾斜面の短辺方向の長さと合わせた電磁波レーダー装置による検査が、最も精度が高く、作業効率が高いことが確認できた。打音検査では、鉄筋より裏側の深い位置にある欠陥の発見は難しいため、定期点検で発見されたハンチ部のひび割れや漏水等が見られる箇所については、今回開発した方法を用いて二次的に調査を実施していくことが望まれる。

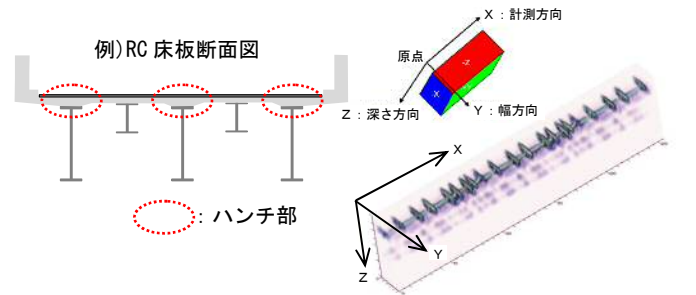


図-1 マルチパス方式を用いた電磁波レーダー装置検査結果事例

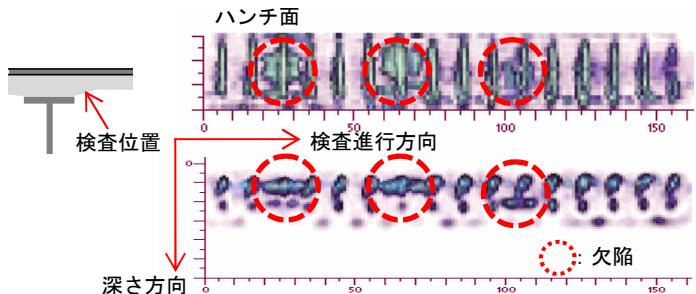


図-2 電磁波レーダー装置測定結果



図-3 ハンチ形状に合わせて製作した電磁波レーダー装置
舗装面



図-4 電磁波レーダー装置RC床版ハンチ部対向状況