V-410

(株)BMC	正会員	井上 裕司 <sup>*</sup>	(財)鉄道総研	正会員	曽我部正道**
(財)鉄道総研	正会員	新田 耕司**	(財)鉄道総研	正会員	長谷川雅志**

1.研究の目的 老朽化していく膨大な数の既設コンクリート構造物を適切に維持・管理して行くためには,実 用性の高いコンクリート構造物健全度診断システムの開発が必要不可欠である.本研究では特に既存の鉄筋探査機 を対象とし,鉄筋のかぶりの測定手法について鉄道構造物への適用という観点から検討を実施した.具体的なかぶ り測定手法としては,電磁誘導法(渦流法)とレーダー法(電磁波法)を取り上げた.

2.電磁誘導法(渦流法) (1)測定原理と室内試験 電磁誘導法(渦流法)は,コイルを巻いた探触子(プロー ブ)から磁界を発生させ,鉄筋(磁性体)の存在によって誘導される起電力を測定し、その大きさで鉄筋のかぶり を推定する手法である.この手法の問題点としては,ラーメン高架橋のように配筋が密で,探触子(プローブ)の 作る磁界の影響範囲内に探知対象以外の鉄筋が存在した場合,その影響により誤差が大きくなることが挙げられる.

そこで,室内試験において精度確認試験を実施した.具体的な検討手法としては,実構造物の配筋状態に近い鉄筋組を行い,木版を用いてかぶりを変化させ誤差を測定することとした.

a)柱,梁下面に関する検討 図-1に鉄筋間隔及び鉄筋組数の影響を示す.D16 を測定鉄筋の標準として,先ず鉄筋間隔に関する検証を行った.その結果 100mm 程度までであれば殆ど影響がないことが分かった.図中には 100mmの場合を示した.次ぎに鉄筋を2組とした場合の影響であるが,かぶりが増加するに従い誤差は大きくなる.設計かぶりである30~40mmでは誤差は2,3mmである.

図-2 に直行鉄筋の影響を示す.D16 鉄筋に D32 の主鉄筋が交差する場合を想定しその影響度を検討した.その 結果帯鉄筋1組の場合も2組の場合も,直行鉄筋の影響を大きく受けることが分かった.

またこの影響はかぶりが増加するに従い顕著となる. 柱標準かぶり 40mm に対して誤差は 8mm あり, 中性化残 りから √t 法などにより余寿命評価を行う際の誤差となる.また鉄道高架橋の完成検査などにおいても 10mm 程度 浅く測定された事例が報告されており, かぶりに応じた補正が必要であると考えられる.式(1)のように補正式を定 義する.

## $D=ad^2+d$

(1)

Dは推定しようとするかぶり補正値, a は配筋状態より求 まる定数, d は測定かぶりである.測定結果より定数 a を最 小2乗法により求めると, 2 組帯配筋,スターラップに対し ては 6.18E-03 が, 1 組帯配筋,スターラップに対しては 3.80E-03 がそれぞれ得られる.鉄筋径,間隔をパラメータと し,その他の場合についても検討したが,当面代表的な補正 として上記2種類に大別することとした.

b)梁側面,スラブ面に関する検討 同様の手法を用いて梁 側面についてはD16鉄筋にD19の側鉄筋が交差する場合を 標準とし,鉄筋間隔,径,交差鉄筋の影響度を検討したが, 梁側面の標準かぶり30mmに対して誤差は1mm程度であっ た.またスラブについては,D16鉄筋にD13の鉄筋が交差 する場合を標準とし,鉄筋間隔,径,交差鉄筋の影響度を検 討したが,スラブ標準かぶり30mmに対して誤差は1mmで あった.従って梁側面やスラブ面については補正の必要はな いと考えられる.

(2)現地試験 式(1)の検証及び測定機器の性能確認のため, 実際の鉄道ラーメン高架橋を対象とした検証試験を行った. 具体的には電磁誘導法による測定の後,鉄筋をはつり出しノ ギスによりかぶりを計測した.測定結果を図-3に示す.設計 の異なる2つのラーメン高架橋に対して測定を行った.

(a)の高架橋は,提案した補正式に近い条件の配筋であり, 相関係数も 0.963 と非常に良い.(b)高架橋は主鉄筋が D25

Keyword:非破壊検查	,電磁誘導法,レーダー法,鉄筋かぶり
連絡先:* 〒261-7125	千葉県千葉市美浜区中瀬 2-6WBG マリフウエスト 25 階
** <b>〒</b> 185-8540	東京都国分寺市光町 2-8-38



Tel.043-297-0207 Fax.043-297-0208 Tel.042-573-7281 Fax.042-573-7282

で,間隔もやや広いため,補正式による補正値は実測値に対してや や過大となる.ここでは補正式をそのまま適用したが,相関係数は 0.930であった.電磁誘導法の測定値は,全般的にかぶりが浅く判 定される方向に,即ち安全側に偏っており,危険側にシフトするデ ータは見られなかった.

(3) 適用条件 電磁誘導法は、鉄筋間隔が狭くかつかぶりが厚い 場合には、隣接鉄筋の誘導起電力が干渉するため測定が困難となる。 帯鉄筋2組の実構造物柱に対して別途実施した試験では,かぶり実 |測値で約 80mm が測定限界であった.また同様の理由により軸方 向鉄筋のかぶりや位置検知は困難であった.ただし,帯鉄筋やスタ ーラップなどの構造物の維持管理に実質的に必要とされる鉄筋か ぶりについては,後述するレーダー法よりも測定時間が短く,効率 的に測定することができた.

3. レーダー法(電磁波法) レーダー法(電 (1) 測定原理 磁波)は,送信アンテナをコンクリート表面につけ,内部に向けて 電磁波を放射し ,その電磁波が内部の鉄筋 ,空洞により反射されて , 受信アンテナで観測されるまでの時間と電磁波速度から、鉄筋ある いは空洞までの距離を求める手法である.この手法の問題としては、 電磁波の伝搬速度がコンクリートの材質(含水率)などに影響を受 けることが挙げられる .レーダー法による測定かぶりは式(2)のよう に算定される.

$$d = \frac{C}{2\sqrt{\boldsymbol{e}_r}}t\tag{2}$$

ここに, d は測定かぶり, C は真空中における電磁波速度, はコンクリートの比誘電率(一般に6~11)である.

測定機器の性能確認のため,電磁誘導法と同様に (2)現地試験 実際の鉄道ラーメン高架橋を対象とした検証試験を行った.測定結 果を図-4 に示す.

はつりによるキャリブレーションが実施できない場合には, 「 を中庸な8.0程度と仮定し測定を行うこととなるが,この場合,誤 差は-16mm であった(図中). 一方,最初のはつり箇所で r=6.2 を得てこれにより測定を行った場合,誤差は 13~ -7mm であった (図中).測定箇所は,正方形柱の4面,高さ方向の4断面,同 じ通りの柱2本であるが,比誘電率を逆算すると,同一のコンクリ ートであっても rは6以下から8.0までと広く分散している.比誘 電率は,あくまで個々の測定位置に依存しており,これに伴う図中 程度の誤差は避けられないと考えられる.

レーダー法でははつり(または電磁誘導法との併 (3) 適用条件 用)によるキャリブレーションが重要である.ただし,キャリブレ ーションを実施しても個々の測定位置におけるコンクリートの比 |誘電率のバラツキは排除できない . レーダー法は , 電磁誘導法に比 べやや測定時間がかかるものの,軸方向鉄筋のかぶりや位置検知の





図-4 実構造物におけるレーダー法の検証結果

点では優れており,鉄道高架橋の全ての部位の鉄筋を測定することができた.

本研究で得られた知見を以下に示す. 4.まとめ

- (1) 電磁誘導法の精度は, 柱や梁下面などにおける, 複数組の帯筋, スターラップ, 太径かつ密な直行鉄筋の影響を 受ける.これらの誤差を補正できるよう室内試験の結果に基づく補正式を提案した.
- (2) レーダー法でははつり(または電磁誘導法との併用)によるキャリブレーションが重要である.ただし,キャリ ブレーションを実施しても個々の測定位置におけるコンクリートの比誘電率のバラツキは排除できない.

これらの結果を踏まえ現在,電磁誘導法及びレーダー法による各種構造物の現地測定を実施している.本研究の 結果が今後の鉄道構造物の耐久性設計及び維持管理の一助となれば幸いである.

-821-