

腐食による鉄筋とコンクリートとの界面評価における各種非破壊試験の適用範囲

大阪大学工学部 学生員 ○前 裕史 大阪大学大学院工学研究科 正会員 鎌田 敏郎  
 大阪大学大学院工学研究科 学生員 峯澤 博行 大阪大学大学院工学研究科 学生員 内田 慎哉  
 ジェイアール東海コンサルタンツ株式会社 正会員 稲熊 唯史

1. はじめに

鉄筋コンクリート構造物において、鉄筋が腐食すると、鉄筋とコンクリートとの界面の付着状態が著しく変化する。しかも、このような界面の状態変化は、部材の耐荷性能を低下させる要因となる。そこで本研究では、電食により鉄筋とコンクリートとの界面の付着状態を変化させた供試体を用いて、付着状態を評価する手法としての各種非破壊試験法の特徴とその適用範囲について把握することを試みた。

2. 実験概要

2.1 供試体

供試体の概要を図1に示す。コンクリート部分の寸法は幅113mm×高さ113mm×長さ326mmとした。鉄筋は、直径13mmの丸鋼を使用した。また、引抜き試験を行うため、荷重治具設置部分を450mm、変位測定部分を10mmに設定し、コンクリート長手方向両端部から前述の所定の長さをそれぞれ突出させた。鉄筋のかぶり厚は50mmである。コンクリートの水セメント比は57.0%とした。供試体は、次節に示す通り8体作製した。

2.2 電食試験

鉄筋を促進腐食させるため、電食試験を採用した。供試体を5%食塩水に浸漬し、定電流を通電した。各供試体における積算電流量は、表1のとおりである。

2.3 引抜き試験

電食による鉄筋とコンクリートとの界面の付着状態の変化を確認するため、土木学会規準(JSCE-G503)に準じて、引抜き試験を行った。

2.4 各種非破壊試験

(1) 超音波法

計測方法は、鉄筋直上のコンクリート表面にて探触子間距離を250mmとし、コンクリートの長手方向に弾

性波を伝播させ、伝播速度を算出した。なお、腐食ひび割れが発生している供試体では、探触子がひび割れ開口部にあたらぬように貼り付けた。

(2) 電磁パルス法

写真1に電磁パルス法の計測状況を示す。電磁パルス法では、励磁コイルにより非接触でコンクリート内部にある鉄筋を加振し、この振動により生じた弾性波をコンクリート表面に設置したAEセンサで受振することにより、コンクリートと鉄筋との離れ程度を把握することが可能である。計測項目は波形エネルギーとした。なお、波形エネルギーは、センサで受振した電圧波形の振幅の二乗総和として定義した。

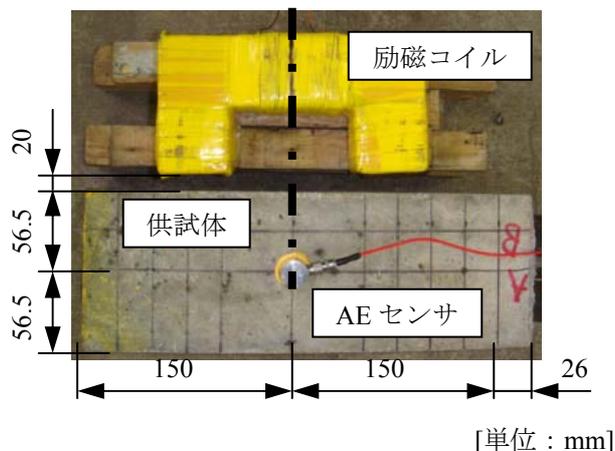


写真1 電磁パルス法の計測状況

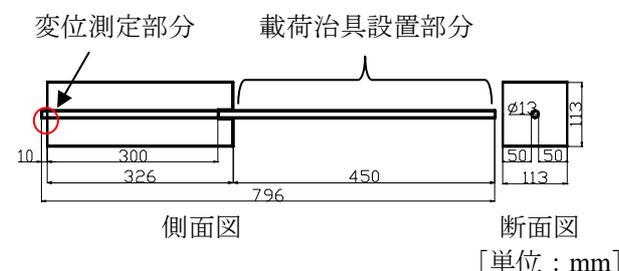


図1 供試体概要

表1 各供試体における積算電流量

供試体	健全	ひび割れ発生前				ひび割れ発生時	ひび割れ発生後	
積算電流量 (A・hr)	0.0	5.0	7.4	12.0	15.0	22.8	28.3	50.0

キーワード 鉄筋コンクリート, 非破壊試験, 電食試験, 鉄筋腐食, 付着特性  
 連絡先 〒565-0871 吹田市山田丘 2-1 Tel 06-6879-7618

### (3) 衝撃振動試験

支点は、コンクリート長手方向の両端からそれぞれ13mmの位置とした(支間:300mm)。衝撃の入力には、直径19mmの鋼球を使用し、支間中央において高さ5cmから自由落下させた。センサの貼り付け位置は、供試体支持面の支間中央である。

### 3. 実験結果

最大付着力比、伝播速度比、波形エネルギー比および振動数比と積算電流量との関係を図2に示す。この図に示す縦軸の比とは、健全供試体での測定値に対する各積算電流量を通電させた供試体で測定された値である。

伝播速度は、腐食ひび割れ発生前においてはほぼ一定であり、ひび割れ発生後では減少傾向を示している。これはコンクリート表面における腐食ひび割れの影響によるものと考えられる。

これに対して、波形エネルギーでは、腐食ひび割れが発生する以前において、積算電流量が大きくなると波形エネルギーも大きくなった。腐食ひび割れが発生した以降では、ひび割れによって鉄筋への拘束力が解放されるため、波形エネルギーが小さくなっていることが確認できる。また、波形エネルギーと最大付着力とを比較すると、定性的には両者の積算電流量に対する変化傾向は概ね同じであった。

他方、振動数は、腐食ひび割れ発生前においてはほぼ一定であり、ひび割れ発生後では若干ではあるが、減少傾向を示している。ひび割れの発生によって剛性が著しく低下し、その結果、振動数が小さくなったと考察できる。これより、振動数は、鉄筋とコンクリート界面の付着状態の変化に対し、十分な感度を有していないものと考えられる。

以上の検討結果に基づき、コンクリートと鉄筋との付着状態を評価する手法としての各種非破壊試験法の適用範囲まとめると図3のようになる。ここでは、各手法の適用範囲を、塩害による劣化の進行過程における「潜伏期」、「進展期」、「加速期」および「劣化期」と併せて示した。伝播速度は、腐食ひび割れ発生後において著しく低下している。したがって、超音波法の主な適用範囲としては、進展期の後半以降であるとした。波形エネルギーは、腐食ひび割れの発生に関わらず、積算電流量の増加に対して変動している。そこで、電磁パルス法のこのような特徴を考慮して、適用範囲を進展期以降とした。振動数は、ひび割れ発生以降の電

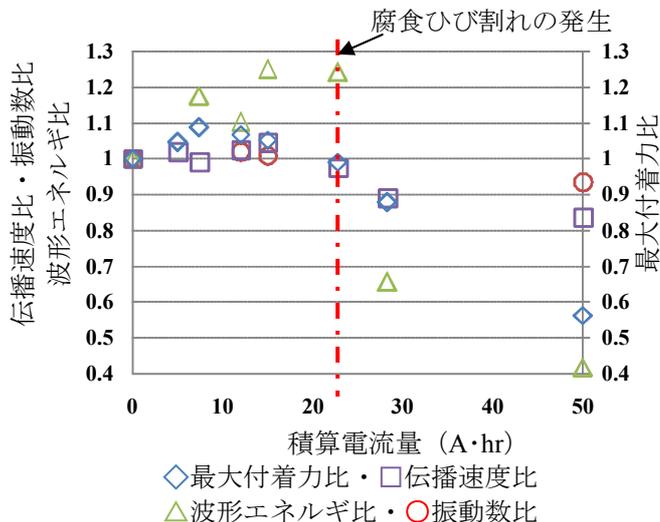


図2 積算電流量に対する各種非破壊試験結果および最大付着力の変化

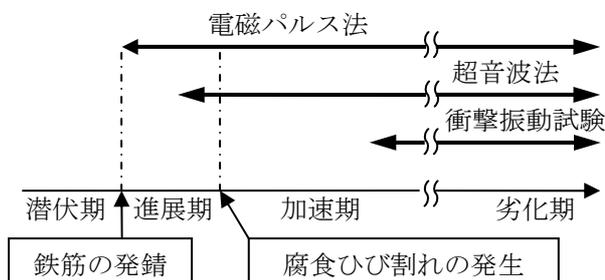


図3 鉄筋とコンクリートとの界面評価における各非破壊試験の適用範囲

食終了時においてのみ、小さくなっている。これより、衝撃振動試験の適用範囲を、加速期の後半以降とした。

### 4. まとめ

本研究で得られた結論を以下に示す。

- 1) コンクリートと鉄筋との界面状態の変化を表す付着力の変動と、超音波法によって得られた伝播速度および電磁パルス法によって得られた波形エネルギーの変化とは、概ね良い相関があることが明らかになった。
- 2) 超音波法によれば、鉄筋周りのひび割れの発生や腐食ひび割れを把握することが可能である。一方、電磁パルス法では、超音波法では感度の低下する腐食ひび割れ発生前において、十分な感度を有していることがわかった。他方、振動数は、コンクリートと鉄筋との界面の付着状態が著しく低下した領域において感度を有するものの、他の2つの手法と比較して、その適用範囲は限定される。

### 謝辞

本研究は、日本学術振興会科学研究費補助金(基盤研究(B)18360207)を受けて行ったものである。ここに記して謝意を表す。