鉄筋腐食により劣化したコンクリート部材における接触時間および反発速度比の測定結果

リック（株）　正会員　○片岡　繁人，正会員　岩野　聡史
富山県立大学　正会員　内田　慎哉，非会員　藤井　壮太，正会員　伊藤　始

１．はじめに

筆者らは，コンクリート表面を質量 18g のハンマで打撃し，ハンマに内蔵した加速度計で得られる打撃波形から，コンクリートの品質を評価する方法について研究を行っている[1)]。これまでに，測定される打撃波形から算出される接触時間および反発速度比を利用した評価方法について検討を行い，水セメント比・湿潤養生期間の違いによる表層の品質の変化や，高温加熱による表層の劣化を評価できる可能性が示されている。

今回は，コンクリートの劣化機構の一つである塩害を想定して実験を行った。塩害により劣化したコンクリートは，鉄筋腐食およびそれに伴うひび割れ，剥離・剥落の発生などにより，力学的性能が低下する。このような劣化の進行を把握するためには，非破壊試験による評価が有効であると考えた。そこで本実験では，電食試験により劣化させた鉄筋コンクリート試験体を対象に，接触時間と反発速度比を測定し，劣化の程度が異なる状況での測定結果を比較した。

２．実験内容

２．１ 実験方法

実験対象の概要を**表 1**，実験状況を**写真 1** に示す。実験では，鉄筋コンクリート試験体を電食試験により劣化させた。劣化の程度は異なる電食期間とすることで変化させている。接触時間および反発速度比の測定は試験体の電食面で行い，鉄筋の直上の 16 点をハンマで打撃して測定した。使用したハンマのコンクリートに接触する先端部は，質量 18g，直径 7.5mm で，加速度計が内蔵されている。各点で 20 回測定し，加算平均により測定値を決定した。なお，平均値より偏差が 20%を超える測定値は棄却し，これに替わる測定値を補って 20 回としている。また，測定後に鉄筋をはつり出し，鉄筋の断面減少率を求めた。

表1 実験対象の概要

試験体寸法(mm)	300×150×850	名称	電食期間(日)
コンクリート呼び方	21-18-25N	試験体A	0，3
鉄筋呼び名	D16	試験体B	0，6
電食面からのかぶり厚さ(mm)	50	試験体C	0，14
		試験体D	18

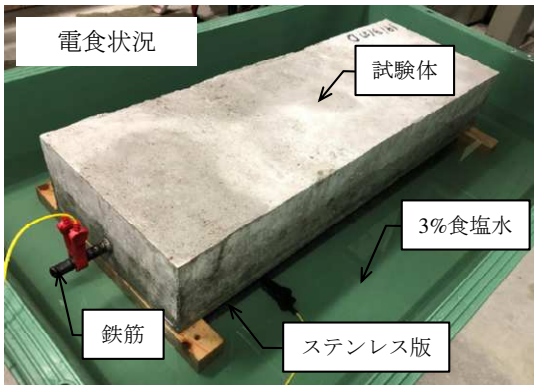

写真1 実験状況

２．２ 接触時間および反発速度比の算出方法

加速度計で得られた打撃波形を**図 1** に示す。ハンマとコンクリートが接触すると加速度計に加速度が生じて振幅値が大きくなり，接触が終了すると振幅値は接触開始前と同程度となる。接触を開始した時刻 T_1 から振幅値が最大値となる時刻 T_{max} までがハンマがコンクリート表面に貫入している時間，T_{max} から接触を終了した時刻 T_2 までがコンクリート表面がハンマを反発している時間である。これより，接触時間は T_1 から T_2 までである。反発速度比は，貫入過程および反発過程における速度の比率であり，式(1)により求められる。

$$Q=\frac{V_R}{V_A}=\frac{\sum_{t_n=T_{max}}^{T_2}\{a(t_n)+a(t_{n+1})\}}{\sum_{t_n=T_1}^{T_{max}}\{a(t_n)+a(t_{n+1})\}} \quad (1)$$

キーワード　非破壊試験，コンクリート，鉄筋腐食，劣化評価，接触時間，反発速度比
連絡先　〒143-0004　東京都大田区昭和島 2-4-3　リック（株）　TEL 03-5762-2058

© Japan Society of Civil Engineers

ここで，Q は反発速度比，V_A はハンマがコンクリート表面に衝突する時の速度，V_R は接触終了時のコンクリート表面の速度，$a(t)$は時刻 t での加速度計の振幅値である。

３．試験結果

接触時間の測定結果を断面減少率と比較した結果を**図 2** に示す。電食期間が長くなり断面減少率が大きくなるほど，測定された接触時間が大きくなった。接触時間は，コンクリート表層の弾性係数によって変化し，弾性係数が小さくなれば接触時間が大きくなる性質がある。そのため，鉄筋腐食によるコンクリート表層の弾性係数の変化を反映したと考えられる。

反発速度比の測定結果を断面減少率と比較した結果を**図 3** に示す。接触時間と同様に，断面減少率が約 3%までは減少率が大きくなるほど，測定された反発速度比が大きくなった。しかしながら，断面減少率がさらに大きくなると，反発速度比は小さくなった。つまり，反発速度比は劣化の程度によって，測定値の変化の仕方が異なる結果となった。反発速度比は，ハンマの打撃によって生じるコンクリート表面の動きやすさを反映する値である。これに対して，コンクリート表面は，劣化の初期段階と進行した段階では，打撃時の変形の仕方が弾塑性変形から塑性変形へと変化すると考えられる。これにより，反発速度比の変化の傾向も異なったものと考えられる。

接触時間と反発速度比との関係を**図 4** に示す。両者の関係は，前述の結果より，ある接触時間までは正の関係であるが，それ以降は負の関係となる。両者が負の相関関係になっている試験箇所は，電食期間が長く鉄筋腐食の影響を受けており，打撃によってコンクリート表面に塑性変形が生じている可能性が考えられる。つまり，接触時間と反発速度比を測定して比較することで，塑性変形が生じていることを判断できる可能性が考えられる。

４．まとめ

塩害を想定し，鉄筋腐食を生じさせた鉄筋コンクリート試験体で，加速度計を内蔵したハンマでコンクリート表面を打撃し，接触時間と反発速度比を測定した。その結果，両指標値は，鉄筋腐食に伴うかぶりおよび鉄筋周辺の変化を反映することが確認されたが，劣化の程度によって，接触時間と反発速度比の変化の仕方が異なった。今後は，この特徴を利用した劣化評価方法について検討していく。

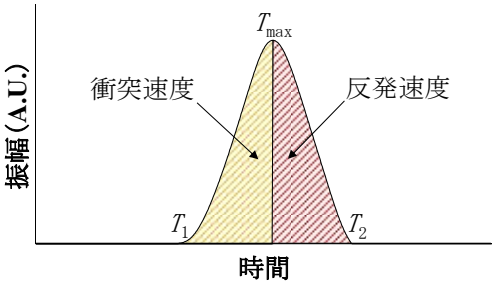

図1 測定される打撃波形の例

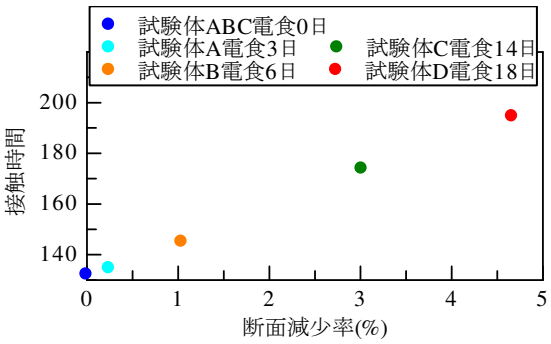

図2 接触時間と断面減少率の比較

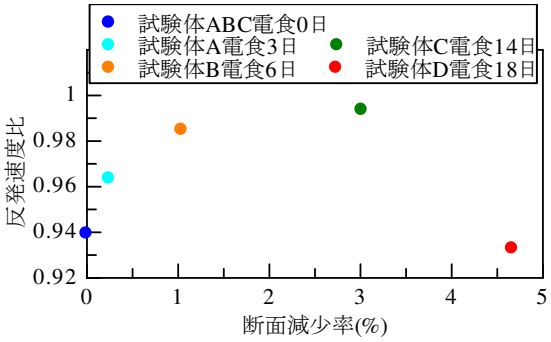

図3 反発速度比と断面減少率の比較

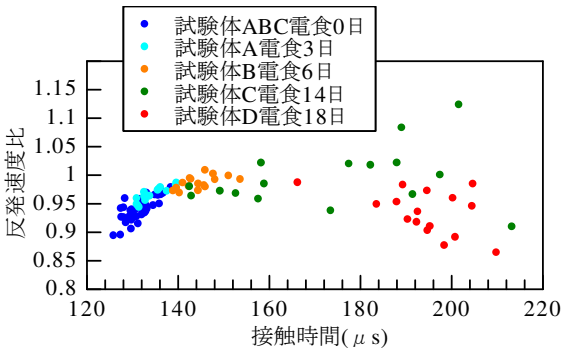

図4 接触時間と反発速度比との比較

謝辞

本研究は，日本学術振興会科学研究費補助金 挑戦的研究（萌芽） 18K18883（研究代表者 大阪大学大学院 鎌田敏郎）の援助を受けて行ったものである。ここに記して謝意を表する。

参考文献 1) 片岡繁人ほか：質量を変化させたハンマ打撃による接触時間及び反発速度比の測定結果，一般社団法人日本非破壊検査協会 2019 年度秋季講演大会講演概要集，pp.51-54，2019　2) 岩野聡史ほか：異なる条件で加熱したコンクリートでの小型ハンマの打撃で得られる接触時間及び反発速度比の比較，令和元年度土木学会全国大会第 74 回年次学術講演会，V-548，2019

© Japan Society of Civil Engineers