

# 113 ハンマーの接触時間の測定によるコンクリート表層付近の品質評価方法の検討

リック 岩野聡史 土木研究所 森濱和正

Study on Quality Evaluation Method for Surface of Concrete by Measuring the Contact time of an Impact

Satoshi IWANO and Kazumasa Morihama

## 1. はじめに

鉄筋コンクリート構造物の劣化機構に中性化や塩害がある。これらの劣化は、塩化物イオンや二酸化炭素などの劣化因子がコンクリート表面から侵入して進行する。これに対して、コンクリート表層付近の緻密性は劣化因子の侵入に対する抵抗力となり、コンクリートの耐久性能に影響すると考えられる。筆者らは、コンクリート表面を小型のハンマーで打撃することにより、表面とハンマーとの接触時間を測定し、コンクリート表層付近の緻密性、品質を評価する方法について検討をしている<sup>1)</sup>。今回は、水セメント比と湿潤養生日数が異なる供試体を用いて、本法による新設コンクリート構造物での表層付近の品質評価方法を検討した結果について報告する。

## 2. 実験方法

### 2・1 接触時間の測定による表層品質評価方法<sup>1)</sup>

供試体での測定状況を図1に示す。接触時間は、コンクリート表面への小型のハンマーによる打撃により測定するが、ヘルツの衝突理論によれば、コンクリート表面へ鋼球を落下させたときの鋼球とコンクリートとの接触時間  $T_C$  は式(1)により示されている。

$$T_C = 5.97[\rho_s(\delta_s + \delta_p)]^{2/5} \frac{R}{h^{0.1}} \quad (1)$$

$$\text{ただし、} \delta_p = (1 - \nu_p^2)/(\pi E_p), \delta_s = (1 - \nu_s^2)/(\pi E_s)$$

ここに、 $\rho_s$ : 鋼球密度,  $R$ : 鋼球半径,  $h$ : 落下高さ,  $\nu_p$ : コンクリートのポアソン比,  $\nu_s$ : 鋼球のポアソン比,  $E_p$ : コンクリートの弾性係数,  $E_s$ : 鋼球の弾性係数である。

これから、コンクリート表面をハンマーで打撃した時のコンクリート表面とハンマーとの接触時間は、コンクリートの表層付近の弾性係数によって変化し、弾性係数が大きくなると接触時間は短くなる。本法は、この性質を利用して、同じハンマーで接触時間を測定し、各測定結果を比較することにより、コンクリート表層付近の緻密性を相対的に評価する方法である。記録波形の例を図2(上図)に示す。記録波形の凸部の横軸が接触時間  $T_C$  となるが、凸部の始点と終点を客観的に判断することが重要である。本法では、記録波形の周波数スペクトルを求め、振幅が最大となる周波数  $f_0$  の逆数から  $T_C$  を決定する方法としている。ただし、記録波形はパルス状の波形となり、この波形に対するFFTでは、広帯域の周波数特性を持ち、卓越周波数を正確に得ることが出来ないことから、記録波形に対して微分解析により正弦波状とした時の波

形を求め、この波形に対してFFTにより周波数スペクトルを得る方法としている。周波数解析の例を図2(下図)に示す。

### 2・2 実験に用いた供試体

実験に用いた供試体を表1に示す。供試体形状はH1200×W900×D450mm、セメント種類は普通ポルトランドセメント、高炉セメントB種の2種類である。各セメント種類で9体の供試体を作製し、水セメント比を40%、50%、60%の3種類、湿潤養生日数を1日、コンクリート標準示方書の標準の養生期間(普通ポルトランドセメントで7日、高炉セメントB種で9日)、28日の3種類とした。



Fig.1 Situation of measurement on specimens

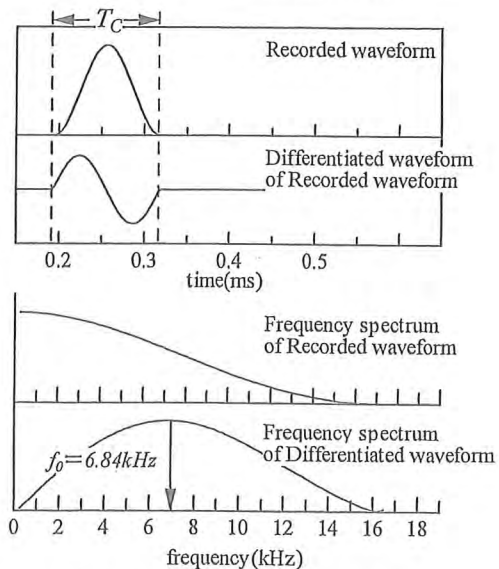


Fig.2 Example of Recorded waveform and Frequency spectrum analysis

Table.1 Types of specimens

Types of cement	W/C (%)	Moist curing period (day)
Ordinary portland cement	40	1, 7, 28
	50	
	60	
Blast-furnace slag cement type b	40	1, 9, 28
	50	
	60	

接触時間は各供試体の中央付近で材齢 182 日に測定した。面積の広い 2 側面で測定し、平均値を測定値とした。また、接触時間の測定結果の対比分析をするため、100×100×400mm の角柱供試体を作製し、促進中性化試験を行なった。角柱供試体は接触時間を測定した供試体と同一の配合、湿潤養生日数であり、20℃60%RH 雰囲気制御試験室で曝露した後に促進中性化試験を行なった。

### 3. 実験結果および考察

#### 3・1 接触時間の測定結果および中性化速度係数との比較

各供試体での接触時間の測定結果と促進中性化試験による中性化速度係数との関係を図 3 に示す。同じ水セメント比の供試体で測定される接触時間を湿潤養生日数で比較すると、湿潤養生日数が長くなれば、測定される接触時間は短くなることが確認される。また、同じ湿潤養生日数の供試体で測定される接触時間を水セメント比で比較すると、水セメント比が小さくなれば、測定される接触時間は短くなることが確認される。

水セメント比が小さくなること、湿潤養生日数が長くなることによって、コンクリート表面の弾性係数は大きくなると考えられる。実際に、中性化速度係数はこれらの変化により小さくなり、コンクリート表面の緻密性が向上したことが確認される。接触時間は、「2・1」に示したヘルツの衝突理論どおりに、水セメント比・湿潤養生日数の変化で弾性係数が大きくなったこと、緻密性が向上したことに対応して、短く変化したものと考えられる。接触時間と中性化速度係数との相関係数は、普通ポルトランドセメントで 0.839、高炉セメント B 種で 0.941 であり、高い相関係数にあることが確認される。

#### 3・2 本法による表層付近の品質評価方法の検討

「3・1」では、測定される接触時間はコンクリート表面の弾性係数と関係があり、中性化速度係数と相関係数にあることが確認された。しかし、図 3 で得られた回帰直線をセメント種類で比較すると、例えば接触時間 140 $\mu$ s での中性化速度係数は、普通ポルトランドセメントでは約 2.5mm/day<sup>0.5</sup>、高炉セメント B 種では約 2.0mm/day<sup>0.5</sup> と異なることが確認される。つまり、測定される接触時間とコンクリート表面の弾性係数との関係はコンクリートの配合によって異なると考えられる。これから、本法をコンクリート表層付近の品質評価に適用するには、同一配合のコンクリートにおける相対評価とすることが適当である。提案する試験手順の一例を図 4 に示す。図 4 は、新設

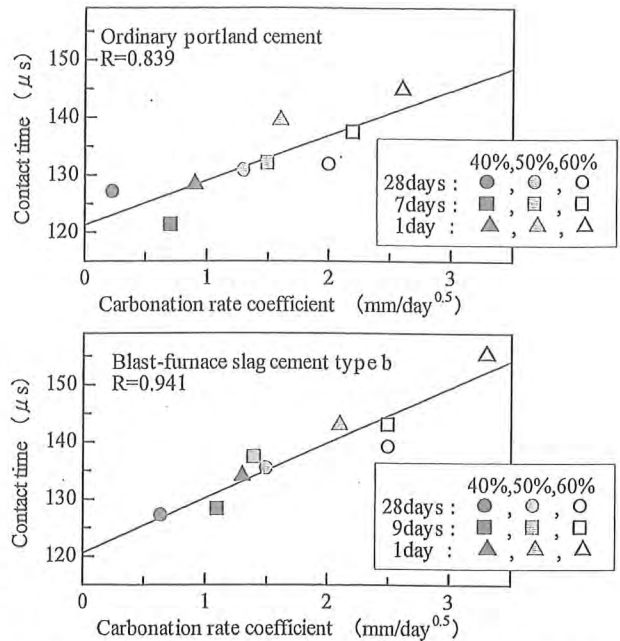


Fig.3 Relations between contact time and Carbonation rate coefficient

工事で構造体コンクリートの耐久性能の向上を目的として、養生方法を工夫した効果を確認する試験を想定している。同一配合で、標準期間の湿潤養生を実施した円柱供試体での測定結果と比較すれば、養生方法の工夫による効果を確認できると考えられる。

### 4. まとめ

鉄筋コンクリート構造物の耐久性能に影響する表層付近の品質を、ハンマーの接触時間により評価する方法について検討した。その結果、接触時間はコンクリート表面の弾性係数によって変化し、水セメント比や湿潤養生日数の違いによる中性化速度係数と相関係数にあることが確認された。しかし、測定される接触時間とコンクリート表面の弾性係数との関係はコンクリートの配合によって異なり、本法は、同一配合のコンクリートにおける相対評価と適用することが適当であると考えられる。

なお、本実験成果は、ISCE335 委員会の共通実験で実施した実験成果の一部である。

### 参考文献

- 1) 岩野聡史他：鋼球接触時間の測定によるコンクリート表層部の品質評価、コンクリート工学年次論文報告集, Vol.27, No.1, pp.1687-1692, (2005)

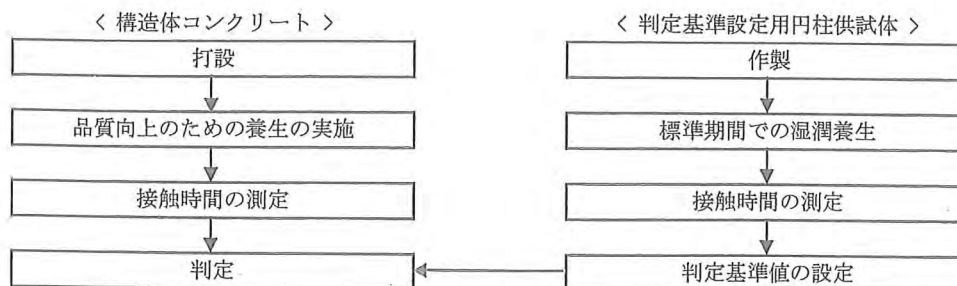


Fig.4 Suggested testing routine