

コンクリート構造物Ⅱ-2

非破壊・局部破壊試験によるコンクリート構造物の品質検査に関する共同研究
 衝撃弾性波 その3 鋼球接触時間によるコンクリート表層の強度評価に関する
 基礎的研究

Study on Inspection Method of Concrete Structures Using Non-Destructive Tests
 Impact Elastic Wave Part3 Basic Study on The Evaluation of Surface Stiffness of
 The Concrete by Contact Time of The Steel Ball with Impact

○岩野 聡史 伊藤建設株式会社 森濱 和正 独立行政法人土木研究所
 Satoshi Iwano Ito Construction Kazumasa Morihama Public Works Research Institute
 境 友昭 アプライドリサーチ株式会社 極檀 邦夫 東海大学
 Tomoaki Sakai Applied Research Kunio Gokudan Tokai University

概 要

コンクリート構造物の中性化や塩害の進行予測において重要な情報となる鉄筋より浅い表層付近の品質評価に、衝撃弾性波法により測定した鋼球接触時間が適用できるかについて実験した。その結果、透水シートにより表層部の品質を向上させると、鋼球接触時間は20%程短くなることが確認された。また、鋼球接触時間とコンクリート表面から深さ50mm付近までの圧縮強度には、ある程度の相関関係が確認された。これから、鋼球接触時間がコンクリート表層付近の品質を示す指標となる可能性が示された。

キーワード：衝撃弾性波法、表層部、品質評価、鋼球接触時間

1. まえがき

鉄筋コンクリート構造物の劣化の機構に中性化や塩害がある。これらはコンクリート表面から侵入した二酸化炭素や塩化物イオンが鉄筋に到達することにより、鉄筋腐食、剥離などの変状に進展することから、かぶり厚さや表層付近のコンクリートの品質は、劣化の進行を予測する上で重要な情報になると考えられる。非破壊検査では、かぶり厚さの計測方法については確立された技術があるのに対し、表層付近の品質評価についての技術は確立されていないと考えられる。そこで、衝撃弾性波法により、表層付近の品質評価が可能であるかについて基礎的な実験を行ったので報告する。

2. 測定原理

コンクリート表面に鋼球を落下させたときの鋼球接触時間 T_c は、ヘルツの衝突理論により、式(1)で示される。

$$T_c = 5.97[\rho_s(\delta_s + \delta_p)]^{2/5} \cdot R/h^{0.1} \quad (\delta_p = (1 - \nu_p^2)/\pi E_p, \delta_s = (1 - \nu_s^2)/\pi E_s) \quad \dots (1)$$

(ρ_s : 鋼球密度, R : 鋼球半径, h : 落下高さ, ν_p : コンクリートのポアソン比, ν_s : 鋼球のポアソン比, E_p : コンクリートのヤング率, E_s : 鋼球のヤング率)

式(1)より、同じ鋼球で打撃を与えれば T_c は接触面となる表層付近のコンクリートの状態によって変化することとなる。例えば、表層付近の強度が強クヤング率 E_p が大きい測定点では、 δ_p が小さくなり T_c は短くなる。これから、同じ鋼球で T_c を測定し、測定結果を比較すればコンクリート表層付近の品質評価に利用できると考えられる。

3. 実験方法

実験は3種類の供試体 A, B, C の壁部と底版部の側面で行った。供試体例を写真1に示す。各部位のコンクリートの呼び強度は、供試体 A は壁部、底版部とも 18, 供試体 B は壁部 27, 底版部 18, 供試体 C は壁部 40, 底版部 27 である。各部位の側面とも片方

の面は合板型枠でコンクリートを打設したのに対し、反対面は合板型枠の一面に透水シートを貼り、表層付近の品質を向上させた。この表層付近の品質が異なる両側面で、鋼球接触時間を壁部で 6 回、底版部で 10 回測定し、これらの平均値を比較した。鋼球接触時間 T_c の測定状況を写真 2 に示す。衝撃加速度計 (PCB 社製 350B03 型) を取り付け直径 10mm の鋼球 (合計質量 8.4g) でコンクリート表面を打撃し、入力波形を測定した。測定例を図 1 に示す。入力波形の凸部の継続時間が T_c であるが、FFT を利用して T_c の逆数となる周波数 f_0 を求め、客観的に T_c を決定した。ここで、上に凸形状である入力波形では、FFT より各周波数 f の振幅値 $P(f)$ を求めると、FFT の特徴として、単一の周波数成分ではなく低周波数帯域全体の振幅が大きくなり、正確な f_0 を求めることはできない。そこで、この影響を除去するため、式(2)により $P'(f)$ を求め、 $P'(f)$ の最大値から f_0 を求めた。

$$P'(f) = P(f) \cdot 2\pi f \quad (f: \text{周波数}) \dots \dots (2)$$

4. 実験結果

各供試体、各部位で合板型枠の側面と透水シートの側面で測定した鋼球接触時間 T_c の比較結果を図 2 に示す。図 2 より、コンクリート表層付近の品質が向上する透水シートでは、合板型枠と比較して T_c が 20% 程短くなる結果が確認された。

また、供試体から $\phi 25\text{mm}$ の小径コアを採取し、表面から深さ 50mm 付近までの表層付近の圧縮強度を測定した結果と、 T_c との比較を図 3 に示す。図 3 より、透水シートでは合板型枠と比較して圧縮強度が強くなるが、これに対応して鋼球接触時間は短くなる関係が確認された。直線回帰による両者の相関係数は 0.77 であった。

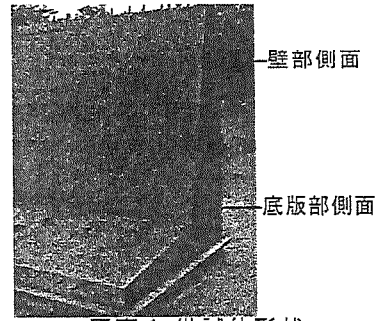


写真 1 供試体形状

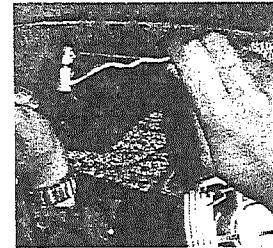


写真 2 鋼球接触時間測定状況

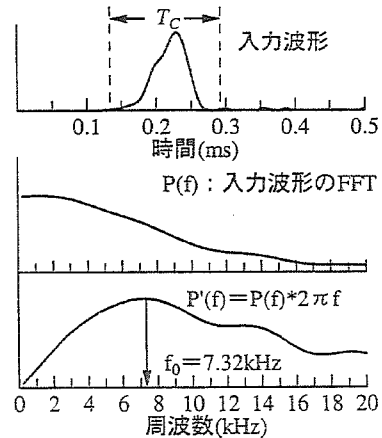


図 1 鋼球接触時間測定例

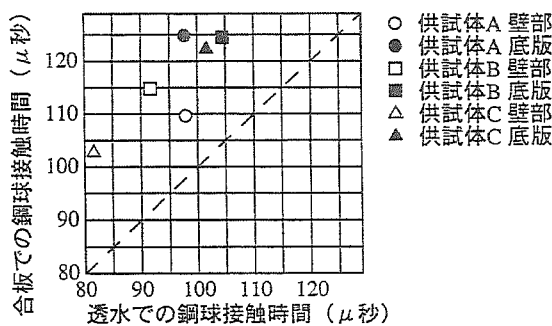


図 2 型枠による鋼球接触時間平均値の比較

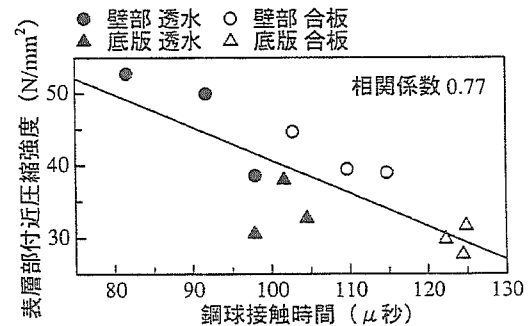


図 3 圧縮強度と鋼球接触時間の関係

5. まとめ

透水シートにより表層付近の品質を向上させた供試体を用いて、衝撃弾性波法により鋼球接触時間を測定することで、表層付近の品質評価が可能であるかについて実験した。その結果、表層付近の品質が向上すると鋼球接触時間は短くなる結果が確認された。また、小径コアにより測定した深さ 50mm 付近までの圧縮強度と鋼球接触時間にはある程度の相関関係が見られた。以上から、諸条件による影響を把握するなどの課題はあるが、鋼球接触時間を測定すれば表層付近の品質を定量的に評価できる可能性が示された。