

VI-40

鋼球打撃法によるコンクリート版厚の推定

伊藤建設(株) 正会員 ○山口晃弘

伊藤建設(株)

大西國雄

東海大学

正会員

極檀邦夫

1. はじめに

非破壊検査でコンクリートの厚さを測定する方法として現在主に用いられているのが超音波法である。しかし超音波はコンクリートの表面が劣化しボロボロになっていると内部に伝播しにくいと、超音波発信器との接触面を研磨しグリスなどを塗る必要がある。超音波法に比べて表面処理が簡単な打撃法による厚さ測定について報告する。実験内容はコンクリート版を鋼球で打撃し、版に生じた振動を解析し最大固有振動数を得て版厚を算出する。今回の研究目的は大きさの違う鋼球を用いて打撃インパルスを段階的に変え、版の振動波形、振動数スペクトルとの関連を検討することにある。

2. 測定方法

実験に用いた供試体の厚さは鉄筋コンクリート版121mm, 無筋コンクリート版100mm, 151mm。鋼球の直径は5, 7.5, 10, 12.5, 15, 17.5mmの6種類である。測定機材の構成は図1の通りである。測定はコンクリート表面を研磨し、センサを貼り付ける。センサの近傍を紐で吊した鋼球で打撃し、版に生じた振動波形をセンサで検知する。その振動をFFT処理してリニアースペクトラムを得て、これから最大固有振動数を決定し厚さを計算する。

打撃により生じる弾性波には、図2に示すように圧縮波(P)せん断波(S)表面波(R)の3種類があり、P波とS波は球面波、R波は表面波として伝播する。境界面に入射したP波S波は入射角と等しいPP波SS波と、異なる反射角をもつPS波SP波を発生する。打撃点とセンサが近い場合、PS波SP波SS波は微少で、1次元的に往復するP波が主であると考えられる。また供試体表面の垂直な振動だけを受信するセンサを用いたので、今回はP波だけを考慮することにした。

ここで、波の1周期の時間をT、振動数をfとすると $T = 1/f$ である。また、版厚(L) = コンクリート縦波速度(V_p) × 時間(T)。従って、 $2L = V_p / f$ となるので、Lは次式のように表される。

$$L = \frac{V_p}{2f} \quad \dots (式1)$$

3. 測定結果及び考察

鉄筋コンクリート版厚121mmを3種類の直径7.5, 12.5, 17.5mmの鋼球で打撃した場合の振動波形と振動数スペクトルを図3に示す。図の上部はコンクリートの振動波形である。

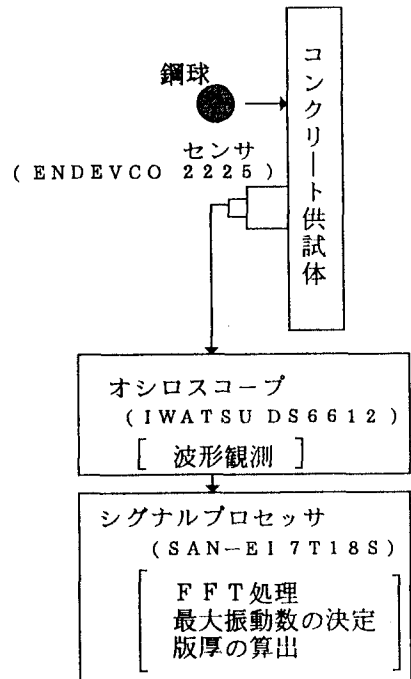


図1 測定機材の構成

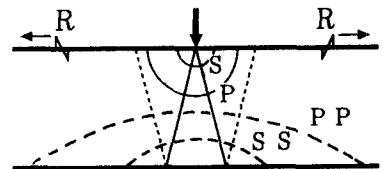


図2 版内の球面波伝播

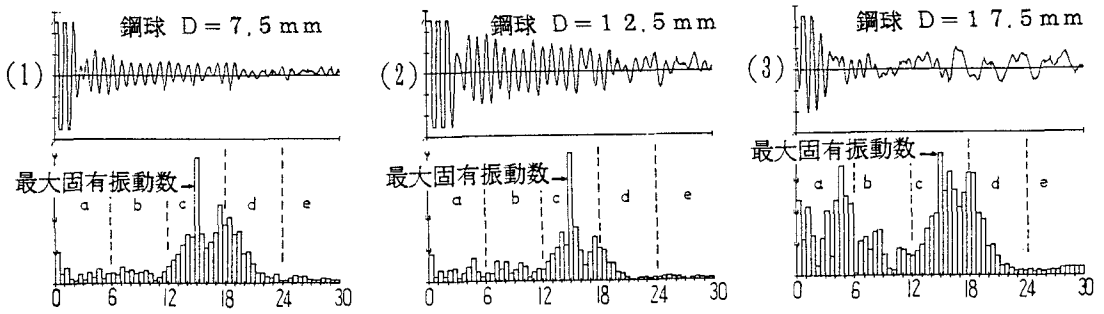


図3 振動波形と振動数スペクトル

3つの振動波形を比べると (1)7.5mmは周期はほぼ一定だが振幅の減衰が大きい。(2)12.5mmでは周期は一定で、振幅の減衰も小さいので、鋼球の直径がほぼ最適なものと考えられる。(3)17.5mmは時間経過に伴い周期が広がる。図の下部は振動をFFT処理した振動数スペクトルで、振動数の最大のものを最大固有振動数とする。次に、振動数スペクトルを低振動側から5分割してa, b, c, d, eとすると、版厚121mmの場合、最大固有振動数は式1から14868Hzと計算されるので、c域のほぼ中央に現れると予想される。

(1)7.5mmの場合、最大振動数はc域の中央にあるが、c域の高域側にも大きい振動数が現れている。これは鋼球の接触時間が短いので版に高い振動が生ずるためであろう。(2)12.5mmは最大固有振動数はc域の中央に明瞭に現れ、他の鋼球に比べて大きさも最大である。(3)17.5mmは最大固有振動数はc域の中央に現れ、見かけは一致しているが、低振動のa域にも大きな振動数成分が現れる。これは鋼球が大きいので打撃インパルスが大きいためであろう。以上のことから17.5mmや7.5mmの鋼球よりも12.5mmの鋼球が最適な打撃インパルスに近いものと考えられる。実験で得られた最大固有振動数14648Hzを式1に代入すると版厚は123mmと算出され、実際の厚さ121mmとの差は2mm、誤差1.7%と一致した。また、版厚100mmで誤差1%，版厚151mmで誤差3.3%であった。

各供試体について、計算で得た最大固有振動数に近い固有振動数と鋼球の大きさの関係を図4に示した。図から版の厚さに最適な鋼球の大きさがあることが分かる。これは版厚の大小により打撃する鋼球の直径を変えなければならないことを示唆している。すなわち厚さに対応した打撃インパルスを与えないと結果に誤りが生じると考えられる。

縦軸にコンクリートの版厚を、横軸に最大固有振動数の逆数を取り図5に示した。両者は直線比例関係にある。版厚Lは $L = V_p / 2f \approx 2\text{mm} + 1741/f$ という式で表され、相関係数は $r = 0.999$ であった。

4. おわりに

鋼球で打撃し版の振動を分析し、コンクリートの厚さを推定する本実験は良好な結果が得られた。今後の課題は、センサの開発、鋼球打撃装置、種々の鉄筋コンクリート版での実験などである。また、現場実験も実施し、実用化の可能性を探る予定である。

参考文献 Carino, N. J.: Laboratory Study of Flow Detection in Concrete by Pulse Echo Method ACI SP 82-28 1984

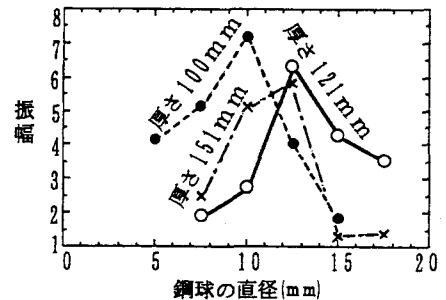


図4 鋼球の直径と振動数スペクトル

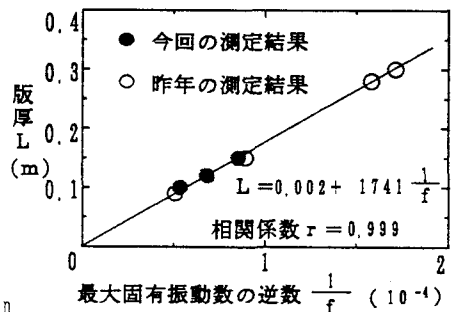


図5 最大固有振動数と版厚の関係