

VI-329

鋼球打撃共振法によるコンクリート版厚の推定実験

伊藤建設(株) 正会員 ○岩野 聡史
東海大学 正会員 極壇 邦夫
伊藤建設(株) 堀 忠夫

1. はじめに

最近、コンクリート構造物の劣化などの問題が報じられて、コンクリートの維持管理の重要性が指摘されている。我々は、コンクリート版を鋼球で打撃し版に発生する弾性波による振動を測定処理して版厚を推定する実験を行ってきた。この方法はCarino氏の版を小鋼球で打撃し生じた弾性波をピンポイントセンサーで捕らえ解析したものと似ている。Carino氏は弾性波のP波に重点をおいて解析した。これに対し我々は弾性波が版を何回も往復した振動を分析することとした。これは市販のセンサーではCarino氏のような正確な弾性波の測定が難しいこと、骨材、鉄筋の影響の除去が難しいこと等の為、1ミリ秒～2ミリ秒間の振動を平均することにより影響を小さくしようと考えた為である。今回は版厚から逆算して得られる固有振動数を基本として (1)鋼球と版厚の大小による影響、(2)FFT処理時間帯による影響、(3)測定した固有振動数の減衰量はどのようになるか、に着目して実験した。

2. 実験内容

実験装置の構成を図1に示す。実験に用いた鋼球の直径は5,10,15,20,25,30mmで、供試体の厚さは9,12,15,18cmである。所定の鋼球を長さ5cmの紐で吊し、角度90度の位置から振り子運動で版を打撃した。版に発生する振動を圧電型加速度変換器で検知し、振動の振幅が所定の大きさの範囲に収まるようチャージアンプの増幅率を調整した。この信号をサンプリングクロック約4マイク秒、データ数は2048個(約8ミリ秒)でシグナルアナライザーに取り込んだ。FFT処理はデータ数514個(約2ミリ秒)で行った。FFT処理時間帯をずらすと固有振動数のHz(ヘルツ)やMag(大きさ)が変わる場合があるので、それを調べる為に0.1ミリ秒、0.2ミリ秒、0.4ミリ秒というように変えた。また、コンクリートの縦波速度をVp、版厚をLとすると、逆算固有振動数f₀は

$$f_0 = V_p / 2L \quad \text{----- (式1)} \quad \text{で求められる。}$$

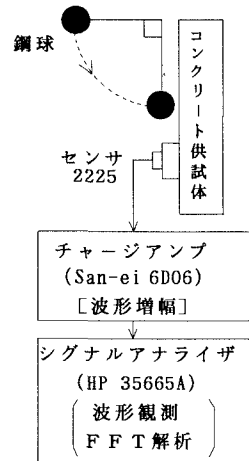


図1 実験装置の構成

3. 測定結果および考察

3-1 解析時間帯による固有振動数の変化

鉄筋コンクリート版厚12cmを直径15mmの鋼球で打撃し、FFT処理時間帯をずらした場合の振動波形と振動数スペクトルを図2に示す。

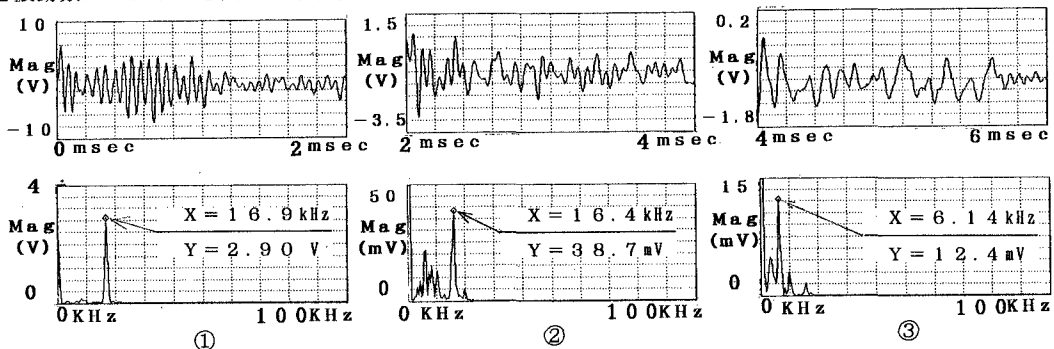


図2 振動波形(上図)と振動数スペクトル(下図)

図2によると、FFT処理時間帯によって異なる固有振動数が得られている。縦波速度を実測すると $V_p = 4027 \text{ m/s}$ を得た。逆算固有振動数を(式1)により求めると $f_0 = 16.8 \text{ kHz}$ となる。これに近い値は①の $f = 16.9 \text{ kHz}$ である。②は少し異なった値を、③は $f = 6.14 \text{ kHz}$ となり大きく異なっている。

3-2 版に適当な鋼球の特徴

固有振動数の大きさは図2より、①2900mv②38.7mv③12.4mvと減衰していることが分かる。固有振動数の大きさを対数表示すると、初期部分では時間経過と共に直線的に減衰している。最小二乗法によりこの回帰直線式を求めて、波の単位時間あたりの減衰量を求めた。

縦軸に減衰量、横軸に鋼球をとり図3に示す。同じ版厚で比較した場合、減衰量が最大となった鋼球は、版厚9cmで5mm、版厚12cmで10mm、版厚15cmで15mm、版厚18cmで15mmである。版厚が厚くなるとそれに比例する適当な大きさの鋼球で打撃すると、減衰量は最大になった。版に適した鋼球で打撃すると、きれいな振動波形となり、固有振動数のスペクトルは単独成分の1本の線で得られる。また、この時の固有振動数は逆算固有振動数とほぼ一致し、少しずつずらしたFFT処理時間帯で適さない鋼球の場合に比べ最も多く得られる。また、打撃直後の固有振動数の大きさ比較すると、例えば版厚15cmでは、鋼球直径5mmで38mv、10mmで380mv、

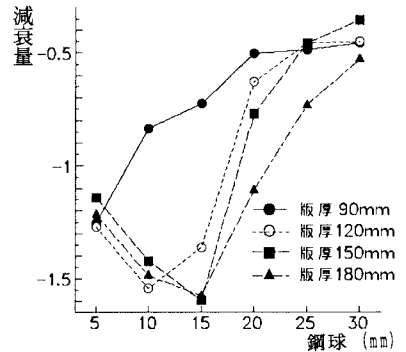


図3 減衰量と鋼球の関係

15mmで1100mv、20mmで54mv、25mmで100mv、30mmで210mvとなり、直径15mmで最大となる。減衰量が最大となる鋼球で打撃すると、ほぼ共振が生じていると考えられる。それよりも小さい鋼球では高域の、大きい鋼球では低域の固有振動数が発生するので固有振動数スペクトルは数本の線となり、大きさも分散し小さくなった。

3-3 FFT処理時間帯の特徴

FFT処理時間帯をずらすと固有振動数は変化する。逆算固有振動数に近い固有振動数は減衰量が最大となる鋼球で打撃した場合、固有振動数の大きさを、0.1秒を100%とすると、1%より大きい場合に得られた。1%より小さい場合は雑音が多く含まれるようになるので信頼性が低下すると思われる。従って、有効なデータは対数減衰する波では、ある程度の大きさを持っている初期部分に含まれると思われる。

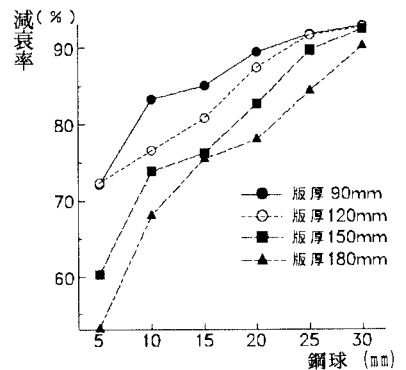


図4 減衰率と鋼球の関係

3-4 版厚と減衰の関係

回帰直線式から波の単位時間あたり減衰率を求め、縦軸に減衰率、横軸に鋼球をとり図4に示す。同じ鋼球で比較した場合、版厚が厚いと減衰率が大きくなった。

4. おわりに

鋼球5~30mm、版厚が9cm~18cmと限られた範囲の結果をまとめると、版厚は誤差約5%で推定できた。また、版厚測定に有効な鋼球は減衰量が最大となること。コンクリート版の厚さに比例して鋼球の大きさは変わること。有効なFFT処理時間帯は振動の初期にあること。等が分かった。今後の課題として厚い供試体を製作する、打撃インパルスや多数のセンサーを取り付け測定し検討すること、等を計画している。

参考文献1)Carino,N,J: Laboratory Study Of Flow detection in Concrete by Pulse Echo Method,

ACI SP 82~28 P557~579、 2)日本非破壊検査協会: 非破壊検査便覧 P351~P557