

超音波スペクトル解析によるコンクリートの品質評価に関する基礎的研究

立命館大学理工学部 正会員 ○ 尼崎 省二

立命館大学理工学部 正会員 明石外世樹

1. まえがき 近年、コンクリートを透過した超音波信号のスペクトル解析により非破壊的にコンクリートの品質を評価しようとする研究がなされつつある。

本研究は、超音波スペクトル解析によりコンクリートの品質を非破壊的に試験するための基礎的資料を得る目的で、超音波スペクトル計測系の線形性、発振子の駆動方法、発・受振子の特性等の試験方法上の問題点に検討を加えるとともに、コンクリートの配合、養生方法、供試体の形状・寸法が透過超音波スペクトルに及ぼす影響を明らかにし、更に音速との関係を実験的に検討したものである。

2. 超音波スペクトル解析について 微分型線形システム

システムの応答関数 $h(t)$ はその伝達関数 [周波数応答 $H(\omega)$] の逆フーリエ変換により評価できることは周知の通りである。線形システムによる供試体の超音波周波数応答 $H_c(\omega)$ の測定方法には、図-1の線形システムでの入出力関係から、

①測定系への入力 $x(t)$ と出力 $y(t)$ の叩き込み積分: $y(t) = h(t) * x(t)$ のフーリエ変換 [FT: $Y(\omega) = H(\omega) \cdot X(\omega)$] を利用する方法、②入出力のクロスパワースペクトル [cps] の関係式 [$S_{i_o}(\omega) = H(\omega) \cdot S_{i_i}(\omega)$] を利用する方法 [以下、FT法、CPS法と略記] があり、超音波周波数応答 $H_c(\omega)$ は測定系への入力信号を一定にし、更に振動子系のFTあるいはCPSを測定しておくことにより、次式で求められる。

$$H_c(\omega) = Y(\omega) / Y^0(\omega) = S_{i_o}(\omega) / S_{i_o}^0(\omega)$$

但し、添字 0 は振動子系のみによる関係を示す。

3. 実験の概要 実験には、均質材料と考えられる塩化ビニール及びステンレス鋼で作製した各種円柱供試体とスランプ5及び12cm程度のコンクリート供試体を使用した。コンクリート供試体はJIS A 1132による棒突きのみ及び内部振動機により十分に締固めたものを作製し、標準水中養生と空中養生 ($20 \pm 2^\circ\text{C}$, RH90%以上) とした。

実験は、解析装置の性能上100 KHzまで平坦な周波数特性を有する幅 $1 \mu\text{s}$ 、高さ22Vの矩形インパルス信号発生機により発生させ、発振子に印加する方法で行った。信号解析には、周波数特性DC~100KHz、分解能0.2~100Hz、最小サンプリング間隔 $2.44 \mu\text{s}$ のFFT法による市販の信号解析装置を使用し、測定はノイズ除去のため長さ10 msの信号波形の50回の読み込み平均として、DC~100KHz(分解能100Hz、サンプリング間隔 $2.44 \mu\text{s}$)で行った。また必要に応じて、直流増幅器 (DC~2MHz) を使用した。

振動子は主に共振周波数100 KHzのPZT-7をステンレス枠に入れたものを使用し、比較のため250 KHzのPZT及び市販振動子(共振周波数54 KHz) も使用した。

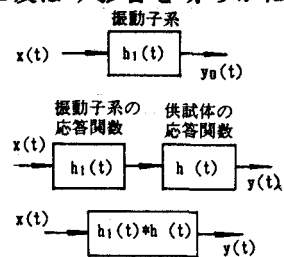


図-1: 線形システムでの入出力関係

Shoji AMASAKI, Toyoki AKASHI

4. 実験結果及び考察

本研究で得られた結果を要約すると、以下のようである。

(1) 供試体の応答関数は振動子の特性の影響を受け(図-2)、超音波スペクトル測定システムは必ずしも線形ではないと考えられる。これは受振子からの信号が有限供試

体内での波動の反射に影響され、線形システムにおける加法性が保持できないためと思われる。また供試体への振動子の音響学的結合方法即ち振動子の位置、結合剤の量、圧力及び発振子への印加電圧等の測定条件が全く同じであれば、CPS法とFT法による応答関数の差はないが、受振波の立上りを問題とする音速測定と異なり、正確な超音波スペクトル解析には、振動子の音響学的結合には十分な注意が必要であると思われる。

(2) 供試体が細くなるほど高周波成分が伝播しにくくなる(図-3)。これは供試体が細くなるほど波動が平面的に伝播し、境界からの反射の影響が少なくなるためと思われる。 $\phi 15\text{ cm}$ の塩化ビニール供試体の場合、低周波数領域では、伝播特性に変化はないが、80 KHz以上の周波数ではほぼ0.5 dB/cmの減衰が見られる。

(3) コンクリート供試体では、20 KHz程度まで配合、締固めによる相違は殆どないが、これ以上の周波数では締固めが悪く、音速と単位重量が小さいコンクリートほど高周波数成分が透過しにくくなる(図-4)。

(5) 以上、FFT法による超音波スペクトル解析は測定システムの線形性と測定結果の定量的評価方法に問題が残るものの、コンクリートの非破壊的品質評価の有効な手段になるものと思われる。

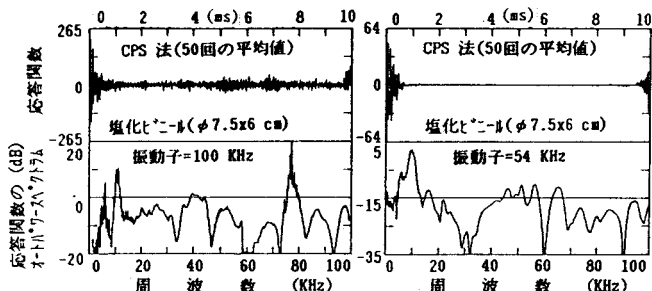


図-2：振動子による応答関数の相違

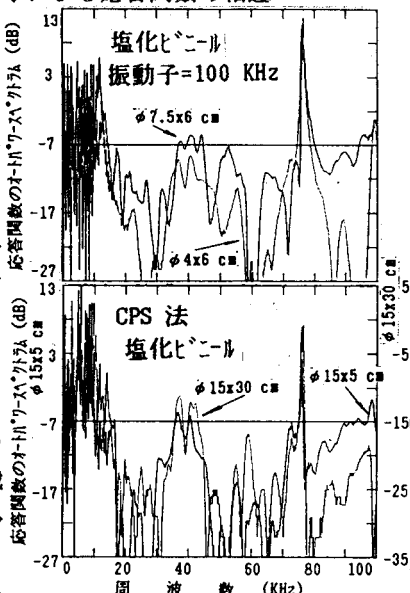


図-3：供試体の形状・寸法による応答関数の相違

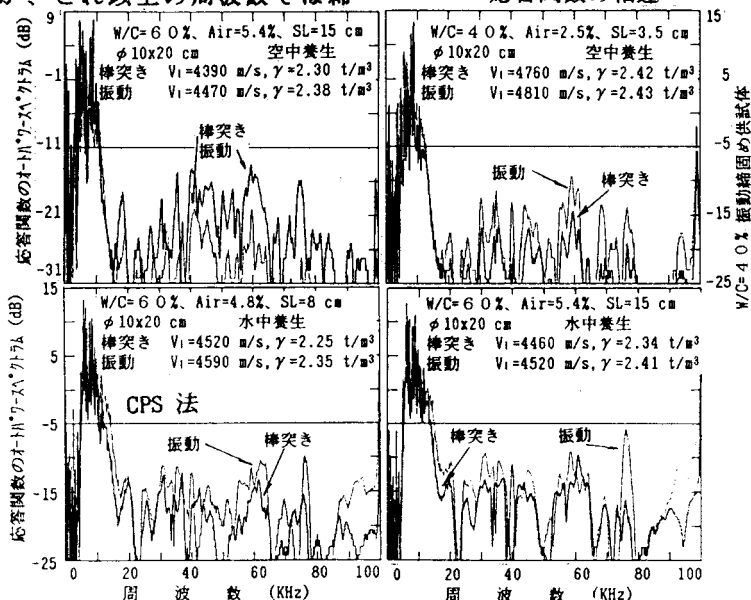


図-4：コンクリートの品質による応答関数の相違(振動子:100KHz)