

V-346

超音波スペクトル解析によるコンクリートの締固め評価に関する基礎的研究

立命館大学 正会員 尼崎 省二

1. はじめに

近年、コンクリートの施工に対する品質の要求が一段と高まるとともに、適切かつ能率的締固めに関する研究が多くなされているが、締固め直後の型わくに静置されたコンクリートの品質評価に関する研究は少ないのが現状である。本研究は、超音波スペクトル解析により、水セメント比およびスランプの異なるコンクリートの締固め程度を評価するための基礎的実験であり、超音波パルス速度による結果と比較したものである。

2. 実験の概要

材料は、普通ポルトランドセメント、野洲川産川砂(比重2.61, FM=2.60)、高槻産硬質砂岩碎石(比重2.70, FM=6.52, 最大寸法 20 mm)を使用した。配合は、水セメント比40, 50, 60%, 目標スランプ5, 10, 15±1 cm, 目標空気量を4±1%とした。

型わくは、図1に示すように、断面30×30 cmの塩化ビニール製で、放射超音波が型わくを伝播しないように、振動子を断面中央部に取付けたものである。超音波伝播距離は10 cmとし、比較のため30 cmの場合も測定した。

同一バッチのコンクリートを2つの型わくに打込み、それぞれ、棒突きあるいは振動締固めをし、コテ仕上げ、重量測定後の注水30分後から30分毎に、始発時間あるいは振動子共振が透過超音波のスペクトルに影響するまで、透過超音波のスペクトル解析とパルス速度測定を行なった。始発時間は、供試体と同一環境条件でのブロッカー貫入抵抗試験(ASTM C 403)により測定し、気温25~30℃(夏期)および10~15℃(冬季)の場合について実験を行なった。

コンクリートは3層打込み(1層約10 cm)とした。棒突きは各層7 cm²当り1回とし、振動締固めには、JIS A 8610:コンクリート棒型振動機のBM27(振動数12000~13500 vpm)を用いた。空気量の推定には、棒突きは空気室圧力法(JIS A 1128)、振動締固めは容積法(JIS A 1118)を採用した。容積法の試料成形は型わく静置コンクリートと同様の振動締固めとした。

透過超音波の信号解析およびパルス速度測定システムの概要を図2に示す。振動子はPZT-7(φ5 cm, 半波長共振周波数=95.7 KHz, K=68%)をステンレス製枠に入れたもので、共振周波数は42.3 KHzである。超音波の放射は発振子に1200 Vの直流を印加、0.5 μsで放電する方式で行なった。信号解析には、市販の信号解析装置(FFT方式)を使用した。図3は、本システムによる空中10 cmを往復伝播した超音波の受振波形およびスペクトルで、システム感度の指標となる。また振動子は共振振動数で振動していることがわかる。

3. 結果および考察

図4は型わく静置直後の受振波形および

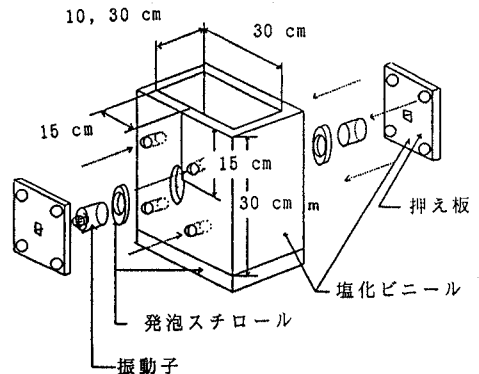


図1 型わくの詳細

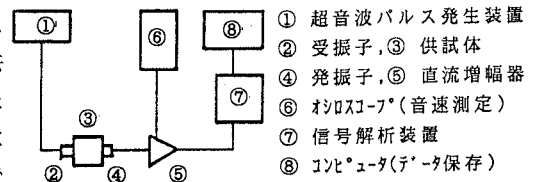


図2 信号解析およびパルス速度測定システムの概要

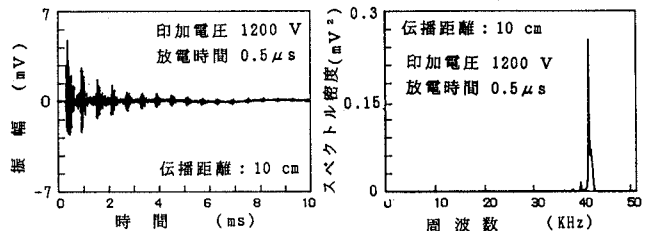


図3 空中伝播の超音波波形およびスペクトル

スペクトル密度($1V^2=0dB$)の一例である。振動締固め、距離10 cmの受振波頭の立下りは明瞭であるが、距離30 cmの立下りは不鮮明で、伝播時間の測定は困難であった。棒突き時の立下りは両者の中間程度であり、コンクリートの配合による受振波形の大きな相違は認められなかった。

透過超音波の周波数は、10 cmの振動締固め:3 KHz、棒突き:1.6 KHz、30 cm振動締固め:0.8 KHz程度までであるが、0.4 KHz程度までは、30 cm振動締固めが20 cm棒突きよりも10 dB程度大きい。なお始発時間までは、受振波に振動子共振の影響は生じていない。透過超音波のエネルギー($1V^2_{rms} \cdot S=0dB$)は、10 cm振動締固め:-58, 30 cm:-65 dB程度で、棒突きよりも大きい。

図5にエネルギーおよび貫入抵抗の経時変化の一例を示す。エネルギーは、貫入抵抗が得られる前後までは緩やかな増加であるが、貫入抵抗とともに急激に増大している。10 cm振動締固め時の静置直後のエネルギーは、棒突きよりも夏期で10 dB、冬期で20 dB程度大きく、この差は始発時もほぼ同じである。

型わく静置直後の透過超音波のエネルギーは密度の増大とともに大きくなり、振動締固めをした密度 $2.35 g/cm^3$ 以上のコンクリートでは、-65 dB以上である(図6)。一方、フレッシュコンクリートを伝播する縦波の位相速度は空気量に大きく依存し、通常、 $80 \sim 30 m/s$ である¹⁾が、パルス速度は $80 \sim 300 m/s$ と大きく異なっている(図7)。両速度の相違については、さらに検討が必要であるが、空気量の増大とともに低下する傾向は一致しており、振動締固めコンクリートのパルス速度は $100 m/s$ 以上である。

以上、本実験に用いた超音波の放射方法では、型わく静置直後のフレッシュコンクリートは、パルス速度が $100 m/s$ 以上、エネルギーが-60 dBあれば、十分に締固められていると考えられる。本研究は、文部省科学研究費補助金(一般研究C、番号62550352)によったことを付記し、謝意を表します。

[参考文献]1) 岩崎,坂本,「コンクリート中における内部振動機の振動の伝播特性」,土木学会論文集,第402号 V/10

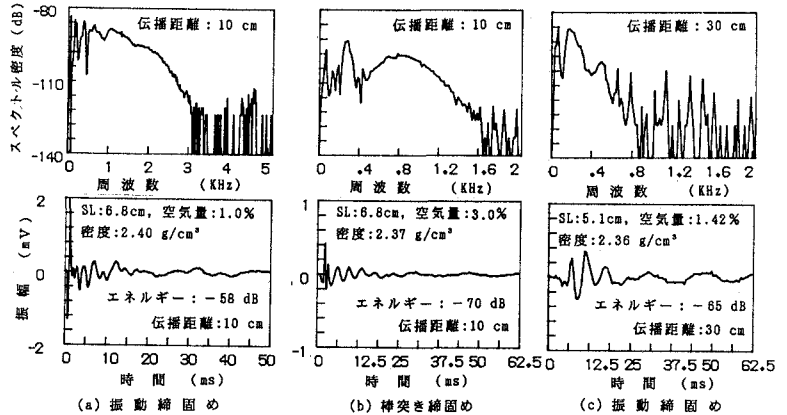


図4 型わく静置直後の受振波およびスペクトル密度

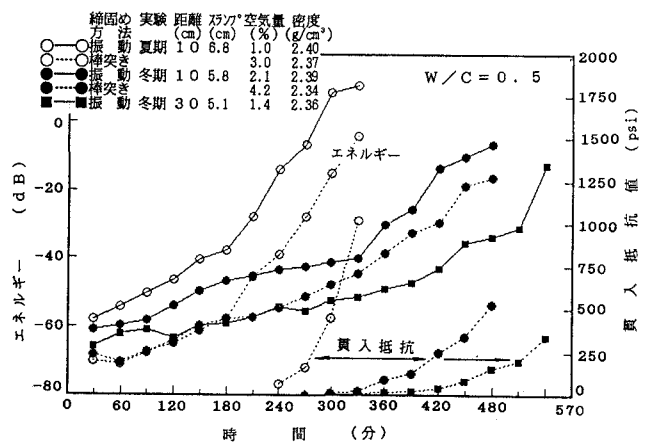


図5 波動エネルギーと貫入抵抗の経時変化

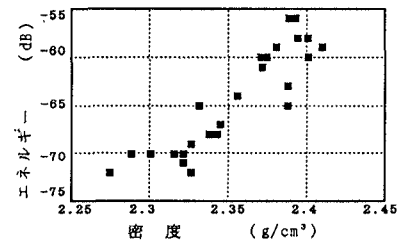


図6 コンクリートの密度と波動エネルギーの関係

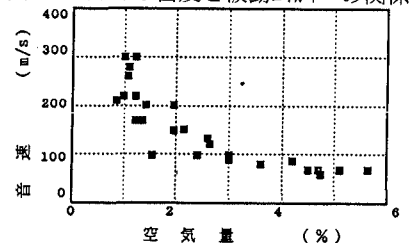


図7 空気量とパルス速度の関係