

北大工学部 学生員 ○酒井 雅史
前田建設(株) 五十嵐 勝美
北大工学部 正 員 佐伯 浩

§1 前書 今まで海氷の強度を知るためには、実際の海氷盤から海氷を採取し、それを所定の形と寸法に整形して供試体を作製して強度試験を行っていた。しかし海氷の性質は採取後はかなり早い速度で変化をするので、現地氷盤上で直接強度を測定する方法の開発が望まれているし、また、実際の海氷盤の存在する場所は寒冷であるため、簡単な方法で短時間で強度測定をする必要がある。そこで本研究ではコンクリート等で、すでに使用の実績のある超音波を用いて海氷の組成及び強度を知ろうとするものである。また、この方法は模型実験に用いる低強度の薄い氷盤の強度の推定に役立つものと思われる。

§2 実験装置と方法 実験装置は、超音波伝播時間測定器、シンクロスコープ、発振子、受振子から成り、その構成は図1のようになる。海氷に超音波パルスを発射し、既知距離間の伝播時間を測定器でデジタル表示し、同時にシンクロスコープを用いてアナログ的に観測できるようにし、音速を求めた。探触子と供試体との密着をよくするため、供試体との接触部分にグリースを塗り、図2のように塩化ビニールのパイプに供試体を入れ荷重をかけた。予備実験の結果から、探触子と供試体の接触圧は 0.21 kg/cm^2 とした。実験は、サロマ湖と実験室で製作した海氷について超音波の周波数を 50 KHz 、 200 KHz 、 400 KHz の3種類に変えて行った。また同時に一軸圧縮試験を直径 10 cm 、高さ 20 cm の円筒供試体を用い、最大の強度を示す歪速度 $1 \sim 3 \times 10^3 \text{ sec}^{-1}$ の範囲で実験を行った。氷の強度は、氷温(T)、塩分量(S)、空隙率(K)等に影響されるが、ここでは超音波の減衰というものを考慮した上で、主に線波速度と一軸圧縮強度との関係について調べてみた。過去の実験結果から強度とヤング率との間の相関が強く、また弾性体内を通過する音速は棒状の場合 $V = \sqrt{E/\rho}$ で表わされることから、音速がわかれば強度を求めることができる。超音波の減衰は、反射、屈折、散乱などにより起こり、その大小は減衰定数(α)によって表わすことができる。一般に音波が媒質中を x 方向に伝播する場合、その音圧が減衰することは次式により求められる。

$$P_x = P_0 e^{-\alpha x}$$

P_0 : $x=0$ における音圧
 P_x : x なる距離を伝播後の音圧
 α : 減衰定数 ($1/\text{cm}$)

以下にサロマ湖、実験室における試験結果を報告する。

§3 実験結果 (1) サロマ湖における実験 海氷は、純氷、気泡、ブラインが成り立っており、海水中を通過する超音波は気泡やブラインの量により大きな影響を受ける。ここでは氷温を

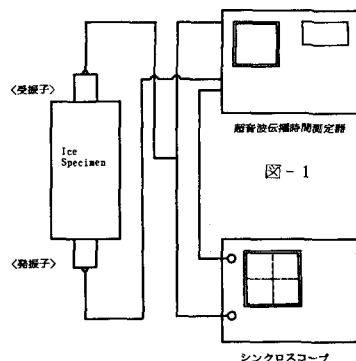


図-1

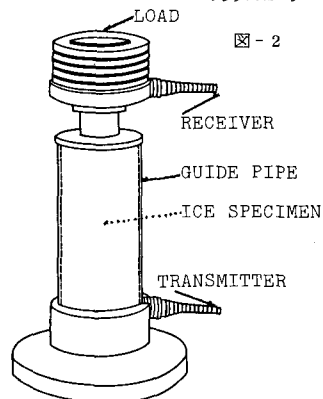


図-2

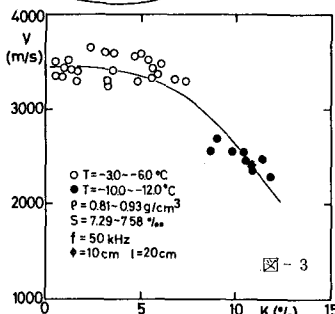


図-3

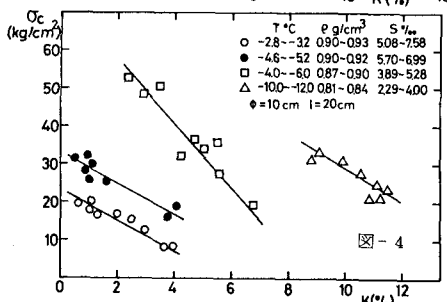


図-4

変えることにより空隙率を変化させて伝播速度と強度との関係について調べてみた。まず縦波速度と空隙率の関係を図3に示す。空隙率が5%以下になると縦波速度はほぼ一定値に近づき空隙率が大きくなると速度は減少している。これは超音波が海水内部に気泡がある場合は反射し、ブライン内では透過、屈折するためである。また、低温になると水分の蒸発や氷の収縮のために空隙が大きくなり、速度は遅くなる。氷温別の圧縮強度と空隙率の関係を図4に示す。空隙率が増加すると圧縮強度が減少するのがわかる。図5と縦波速度と圧縮強度の供試体の寸法効果を示したものである。供試体の長さが短いほど縦波速度が大きく、圧縮強度も大きくなっている。これより音速は供試体の直径と長さで波長の関係で求めることができると考えられる。

(2) 実験室における実験 ここでは氷温を一定にし、塩分量を変化させて伝播速度と強度との関係を調べてみた。縦波速度と塩分量の関係を図6に示す。塩分量が増加するとブラインの体積も多くなるため縦波速度は減少する。減衰定数を考えると図7に示したようになり、縦波速度は減衰定数が0.35までほぼ一定値をとり、それ以上になるとゆるやかに減少する。図8に塩分量と減衰定数の関係を示す。ほぼ直線的に変化し、減衰定数がわかると塩分量を求めることができる。(1)と(2)より縦波速度と圧縮強度の関係を図9に示す。

減衰定数の違いにより、数個の層に分類することができ、減衰定数が大きいと空隙率、塩分量とも大きくなり、縦波速度、圧縮強度は小さくなる。したがって、縦波速度と減衰定数から空隙率と塩分量を決定し、さらに氷温に関係なく圧縮強度を求めることができる。

§4 まとめ 超音波の減衰の因子としては、海水の塩分量、気泡(空隙率)、氷温、厚さ、さらに周波数などがあげられるが、今回の実験結果より減衰に最も影響を与える要素が塩分量と空隙率であることがわかる。超音波の伝播速度と減衰定数を求めることで、塩分量や空隙率により海水の内部組成や強度を知ることができる。また今回の実験では周波数による伝播速度の違いはあまりはっきりとは得られなかった。今後の課題としては、もっと長い棒状の供試体などの寸法効果や薄い氷盤の形状による変化、また氷盤の厚さを求めるということや減衰を最小にするような条件の決定などがあげられる。さらに超音波の減衰と反射率や透過率の関係も求めることが必要である。

参考文献

- 超音波基礎工学 山本 美明 著
コンクリートの非破壊試験法 柏 忠二 編著
超音波技術便覧 日刊工業

