

(株)大成建設 (正)傳 暁
 北大 小野 敏行
 東海大 (正)泉 洸

1. まえがき 最近 寒冷地海岸・海洋における海底のエネルギー資源の開発が盛んになってきているが、それに伴って海水に関する種々の問題の解決がせまられている。本研究は、海水強度の中で最も構造物の設計に重要な海水の一軸圧縮強度 σ_c を、材料強度の非破壊試験法の一つであるシュミットテストハンマー(P T型)により、より簡単に、また供試体を破壊せずに知ろうとするものである。

2. 実験方法

本実験は北大工学部開発科学実験所の低温室で行こなわれたが、実験に使われた海水の一部は日魯漁業(株)の札幌冷蔵庫で作られたもので、塩分量3.5%の海水から作られている。海水のグレインの平均径は約1.0~1.2mmであった。実験に用いたシュミットハンマーはスイス、PROCEQ・A製の低強度コンクリート用振子式のP T型である。また海水の強度の調整は水温を -20°C 、 -15°C 、 -10°C 、 -5°C 、 -2°C 、と変化させたが、これは海水強度の影響因子の中で水温が最も顕著である事と最も変化させ易い因子である事による。

3. シュミットテストハンマーによる海水強度試験方法

シュミットハンマーは元来、コンクリートの強度発現及び品質管理に使われているものでその使用法については、すでにコンクリートに対しては詳しく調べられている。ここでは海水に対するシュミットハンマーの使用法について以下の項目について実験的に調べた。

i) シュミットハンマー自身の温度特性； 海水を対称として強度試験をするため、シュミットハンマーの低温下での特性を調べるため、ラワン材を打撃対称として、 $+17^{\circ}\text{C}$ と -17°C の条件下で実験を行った。ラワン材の大きさは長さ62cm、幅20.5cm、厚さ1.8cmとし、これを長さ80cm、幅24cm、厚さ4cmの鉄筋コンクリートの板に乗せ、半分を -17°C 、残りの半分を $+17^{\circ}\text{C}$ の温度下で打撃した。その結果、低温下で35点の打撃で平均反撥度数 R_{av} は62.0、その標準偏差 R_{sd} は5.53であったのに対し $+17^{\circ}\text{C}$ での $R_{av}=63.1$ 、 $R_{sd}=5.53$ となった。以上の結果からシュミットハンマーは $-17^{\circ}\text{C}\sim+17^{\circ}\text{C}$ の範囲においては温度の影響を受けないことが明らかとなった。

ii) 海水のシュミットハンマー打撃面の粗さの効果； コンクリートにおいては、打撃面の粗さが反撥硬度に影響することが知られているが、ここでは海水に対してその影響を調べた。長さ72cm、幅27cm、厚さ22.5cmの海水の表面を手鋸、氷用鋸、鉋で3等分に仕上げ、氷の成長方向に平行に打撃して表面粗さの効果を調べた。その結果、氷用鋸の場合 $R_{av}=80.2$ 、 $R_{sd}=15.4$ 、手鋸では $R_{av}=90.2$ 、 $R_{sd}=8.8$ 、鉋では $R_{av}=90.2$ 、 $R_{sd}=9.4$ であった。この事から海水でも表面が滑らかな方が良く、以後の実験は全て鉋で仕上げた。

iii) 供試体の体積の効果； コンクリートにおいても、反撥硬度は体積に依存するが10ℓを越すとその影響はなくなるとされている。ここでは長さ72cm、幅27cm、厚さ22cmの供試体を分割していき、体積と R_{av} の関係を調べた。その結果を図-1に示す。図からも明らかに供試体の体積が20ℓ以上になると R_{av} はほぼ一定となる。この時の重量は約18kgとなり、コンクリートの10ℓは約20kgであることから、シュミットハンマーを用いる場合には供試体の重量は20kg以上は必要と思われる。

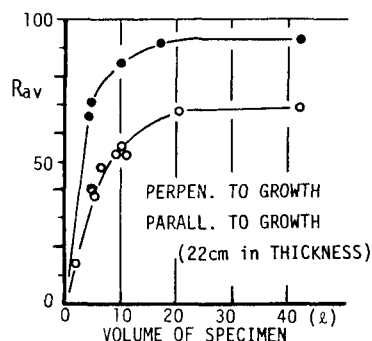


図-1

Ⅳ) 供試体の厚さの結果； 次に供試体の厚さの効果を調べてみる。この試験は海水の強度の分布が表面から下層にかけて一様でない事と、氷厚が限られている事のため必ずしも良い結果は得られなかった。氷盤を成長方向に垂直に切り、その切断された両面を上に向け打撃した。その結果を図-2に示す。図からも明らかなように、氷厚の増加と共に R_{av} は増し氷厚が 20 cm を越すと一定値に近づく傾向にある。実験は全て 20 cm 以上で行った。

Ⅴ) 供試体の支持法による効果； 次に供試体の支持方法の違いによる R_{av} の違いを調べた。図-3に示すように、-20℃の氷温では concrete slab と海水の上に載せた場合、また、-2℃については concrete supports の上に載せた場合とそれを海水に入れた場合、直接海水に載せた場合の5種類について実験を行った。その結果から実際の海水を採取地点で試験する事を考えると、直接氷盤上で試験する(b),(d)が最も簡単と思われる。

Ⅵ) シュミットハンマーの打撃間隔及び必要縁端距離； コンクリートに対しては出隅あるいは縁端からの必要距離は 3 cm 以上、また間隔は 3 cm 以上とされている。海水の場合には、コンクリートに較べて強度も弱く、またもろいので、我々の実験結果からは少なくとも最小縁端距離は 4 cm 以上必要で、実験のし易さと供試体を破壊から守るためには 7 cm 程必要となる。また、互いの打撃間隔は 4 cm 程度で充分であると思われる。

4. シュミットハンマーによる海水強度の判定結果

海水強度の影響因子は、海水そのものによるものと、試験方法によるものがある。海水そのものについては、氷温、ブラインの体積、空隙率等が影響するが、これはコンクリートの場合の水セメント比、細・粗骨材率、空気量に該当し、コンクリートの場合にはそれらに無関係に反撥硬度は強度のみに依存するとされているので海水の場合も同様の結果になるものと想像される。そこで本研究においては、供試体形状を円筒形とし、その寸法を径 10 cm、高さ 20 cm とし、載荷板は、表面が滑らかな鋼板として一軸圧縮強度試験を行わない、得られた一軸圧縮強度 σ_c と反撥硬度 R_{av} の関係を求めた。しかし、海水の強度は stress rate $\dot{\sigma}_c$ あるいは strain rate $\dot{\epsilon}$ に強く依存する事が知られているので、同一の氷盤から 40 個近くの円筒供試体を作製し、それらを $\dot{\sigma}_c, \dot{\epsilon}$ を変化させて実験を行った。その結果の一例を図-4のグラフで示す。ここでは最大の強度 σ_c を示す、 $\dot{\sigma}_c$ あるいは、 $\dot{\epsilon}$ を求め、その近傍の一軸圧縮強度を平均して、その海水の圧縮強度とした。また、その時の反撥硬度は円筒供試体作製前の氷塊(40ℓ以上)で 4 cm 間隔で約 100 ~ 200 個の反撥硬度を測定し、その平均値 R_{av} を求め、 R_{av} と σ_c の関係を求めたもので、その結果を図-5に示す。図からも明らかなように、海水の一軸圧縮強度 σ_c と P T 型シュミットハンマーから得られる反撥硬度 R_{av} は直線の関係があり、それは次式で示される。

$$\sigma_c = 0.770 \cdot R_{av} - 1.2633$$

$$\sigma_c : \text{Kg/cm}^2, \quad R_{av} \geq 30$$

参考文献 佐伯 浩 1981：直立杭構造物に作用する海水の力に関する研究 海岸工学講演会
佐伯 浩 1977：海水の一軸圧縮強度について 土木学会北海道支部
柏 忠二：コンクリートの非破壊試験法 コンクリートハンドブック

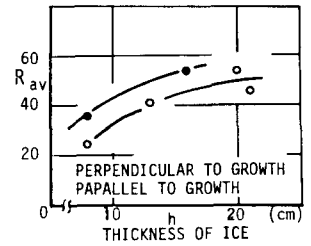


図-2

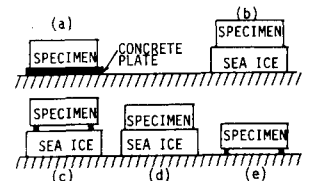


図-3

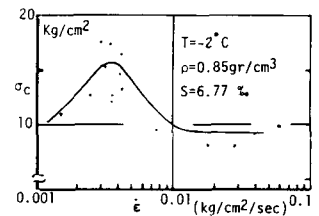


図-4

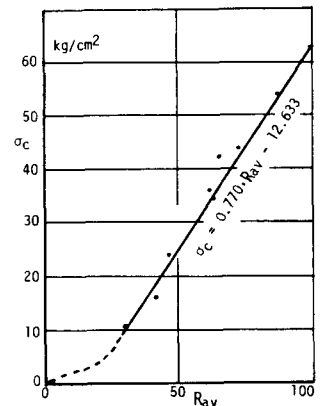


図-5