

北海道大学工学部 正 員 佐伯 昇

" 学生員 桑島 隆一

" 正 員 高田 宣之

1. まえがき

凍結融解作用を受けるコンクリートの耐久性を評価するために、直接コンクリート強度の劣化性状を調べることは構造物を設計する上からも重要である。凍結融解作用を受けるコンクリートの損傷は、凍結融解回数とコンクリート中に供給される水分が主因となって引き起こされる。この2つの作用のいずれに重きを置くかによって耐凍害性の試験法が異なる。前者はASTMの試験法であり、後者はRILEMで提案されている方法である。本研究はRILEMの方法に準じてコンクリート供試体中の水分量（以後飽水度という）を変化させ、1冬の間に起る程度の比較的少ない凍結融解サイクルをかけ、圧縮および曲げ試験を行い、コンクリートの劣化状況を調べ、飽水度によるコンクリートの力学的耐久性についての基礎的資料を求めたものである。

2. 材料、供試体および実験方法

供試体の材料はセメントが普通ポルトランドセメント、細骨材は錦岡海岸砂（比重2.75, 吸水率1.12%, 単位容積重量1873 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, $F.M.=2.75$ ）、粗骨材は静内川産砂利（最大寸法25 mm , 比重2.78, 吸水率1.18%, 単位容積重量1680 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, $F.M.=7.04$ ）を用いた。配合は水セメント比55%, 単位水量145 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, 細骨材率45%とし、スランプ、空気量は各々7 cm , 5%を目標とした。供試体は15 $\times$ 15 $\times$ 55 cm のけたで、水中養生（20 $^{\circ}\text{C}$ ）後、2日間乾燥機（105 $^{\circ}\text{C}$ ）で乾燥させ、真空装置で1日間抜気状態（20 Torr ）にした後、海水を注入し、1時間は装置を運転のままにした。その後大気圧に戻し、海水から取り出す時間を変化させて所定の飽水度の供試体を作成した。なお水中養生期間と海水に浸す時間の和は28日間とした。供試体の飽水度を一定に保つために膜養生剤も2度塗り、その上からビニールシートで封をした。凍結融解のサイクルは-25 $^{\circ}\text{C}$ ～10 $^{\circ}\text{C}$ の1日1サイクルとした。凍結融解の回数は0, 10および60サイクルとし、その後3等分載荷で曲げ試験およびその破壊片で圧縮試験を行った。圧縮載荷中、供試体の温度を変化させないため、ベークライト板を載荷板とした。実験方法の流れを図-1に示す。実験時の供試体の状態は、凍結、融解およびサイクルをかけない常温状態でを行った。飽水試験は図-1に示すように①, ②, ③の状態を行った。①は養生期間およびその後も水中に入れた状態のもの、②は養生後乾燥し海水に浸したものの、③は養生後乾燥し、真空装置で抜気後海水中に長時間浸したものである。①, ②は自然環境の状態と、③は最大飽水度（ $S=100\%$ ）あるいは全間隙量を調べるためのものである。

3. 実験結果および考察

コンクリート中の水分状態を表わす尺度として飽水度（ S : Degree of Saturation）を用いた。飽水度は次式のように定義されている。

$$S = \frac{V_w}{V_p} \times 100 (\%)$$

V_w : 105 $^{\circ}\text{C}$ で乾燥した場合の全蒸発量

V_p : 全間隙量

③の飽水試験により、 V_p を求め、これを基準にして各々の場合の飽水度を算定した。 V_p の状態の水分量は供試体重量の

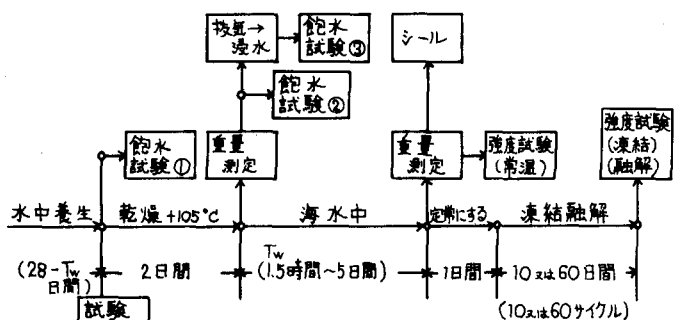


図-1 実験方法のフローチャート

6.69%であった。

コンクリートはある飽水状態を限界として、それ以下では凍結融解による損傷を受けず、それ以上になると損傷を受ける飽水度の限界点がある。これを限界飽水度 (S_{cr}) という。実際のコンクリートの力学的耐久性の指標 (F) として、次の式を用いる。

$$F = S_{ACT} / S_{CR}$$

S_{ACT} : 実際のコンクリートの飽水度

図-2, 3に S_{ACT} の例を示す。70日間水中にあるような環境条件では S_{ACT} は60.4%である。乾湿の繰返しが行われる環境では短時間の吸水が問題となる。図-3に示すように飽水試験を行うと14時間でほぼ飽和に達し、その後の吸水の進行は遅く、 S_{ACT} は54.7%となる。

凍結融解10回後の圧縮、曲げ強度を図-4, 5に示している。試験時の供試体は凍結のものと融解のものである。また凍結融解をかけないで飽水度を変化させた常温の強度も示している。融解状態の試験では圧縮、曲げ強度とも $S = 50\%$ 程度から強度が低下している。それ以下の飽水度では強度の変化はほとんどない。凍結状態の試験では $S = 50 \sim 60\%$ 程度から強度が低下している。飽水度がそれ以下では飽水度が高くなるほど強度が大きくなっている。すなわち水分が凍結することによって欠陥が少くなるためと考えられる。凍結融解をかけないで飽水度だけによる強度の影響を調べると、図-4, 5からわかるようにサイクルをかけた場合とほぼ同じ飽水度から影響が出はじめる。

図-6, 7に凍結融解60サイクルの場合を示した。10サイクルの場合と同じような強度性状を示し、数値的にもほとんど同じような値を示している。この配合では限界飽水度は $55 \pm 5\%$ 程度と考えられる。十分な水の供給のある図-2, ①のような環境状態では $F = 1.1$ となりコンクリートは劣化を受けることになる。図-3のように水の供給もあるが、乾燥する期間もあるような環境条件では $F = 0.98$ となりコンクリートの損傷は計算上免がれている。

4. まとめ

コンクリート中の水分は限界飽水度まではコンクリート内部の欠陥を少なくする方向に働いて、凍結時の強度を大きくする。しかしこの限界を越えると水分は凍結融解によってコンクリートの内部組織を破壊し、強度の低下を促す。限界飽水度はコンクリートの力学的耐久性を評価するのに有効な基準となる。

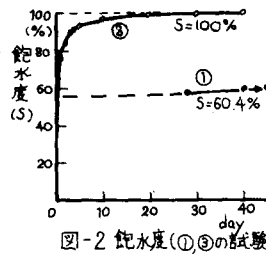


図-2 飽水度(①, ②の試験)

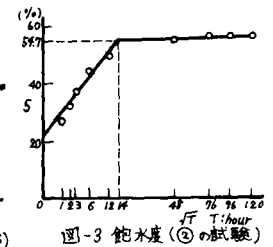


図-3 飽水度(②の試験)

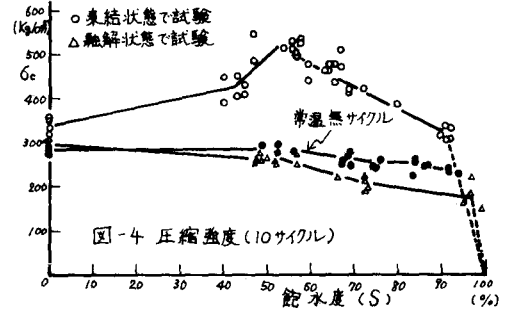


図-4 圧縮強度(10サイクル)

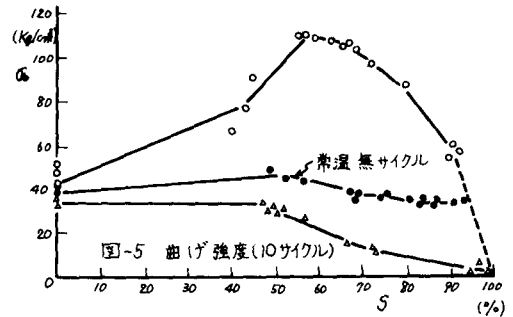


図-5 曲げ強度(10サイクル)

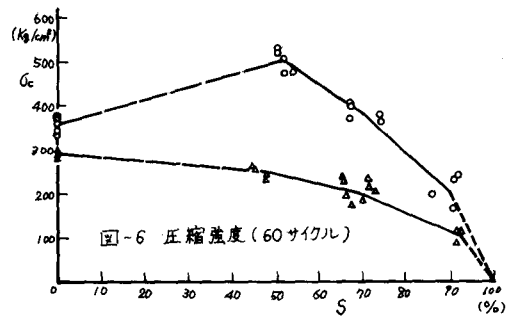


図-6 圧縮強度(60サイクル)

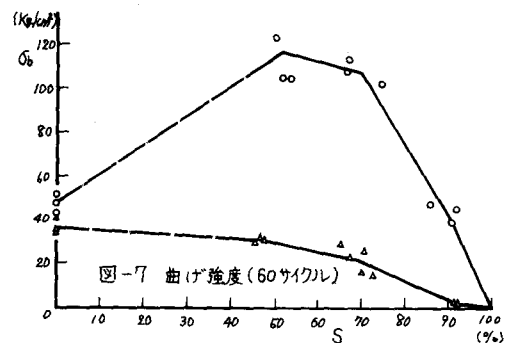


図-7 曲げ強度(60サイクル)