

岩手大学 正 員 藤原 忠司
正 員 椎子 国成
学 生 員 ○ 菊地久仁男

1 目的

骨材の異なるコンクリート間の凍結融解作用に対する耐久性に差異が存在することは一般に認められている。このことはコンクリートの耐久性に骨材が重要な役割を果たすことを示していると言える。この役割を明らかにするにはセメントペーストと骨材との複合機構に着目する必要があることは言うまでもない。しかし、現段階では複合的見地からの検討のための基礎的資料が欠落しているように思える。すなわち、骨材粒自体の耐久性に関する研究が不足している感が強い。本実験では骨材粒そのものに凍結融解のくり返し作用を与え、その諸挙動を捉えてみた。このような実験により上記の基礎的資料が得られるとともに、骨材の品質による耐久性の違いのある程度の目安および寒冷地での骨材貯蔵の適正な方法の検討などの実用的な面での資料も得られると期待される。

2 実験概要

本実験では空気循環式熱サイクル試験機を用い、試料を実験目的により試験機内の空中、水中および砂中に設置して凍結融解のくり返し作用を与えた。温度範囲は -20°C ～ $+30^{\circ}\text{C}$ でありサイクル数は1.5%とした。標準的な試験よりは非常に緩速であるが、方法が空気循環式であることを含めて自然現象に近い状態での実験と言える。用いた試料の物理的性質を表1に示す。普通骨材は栗石川産の川砂利を石質別に分類して5種類、人工軽量骨材は品質別に3種類、計8種類とした。

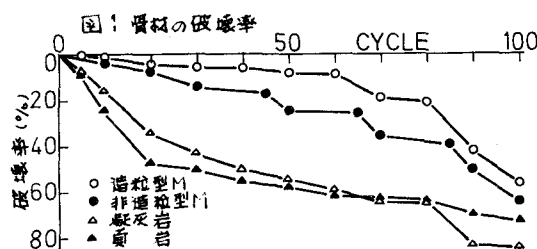
表 1

	表比重	吸水量	破壊率(100%)
花崗岩	2.65	1.5 %	13 %
安山岩	2.62	4.9 %	21 %
流紋岩	2.60	3.6 %	64 %
凝灰岩	2.58	9.2 %	84 %
重 岩	2.59	3.8 %	73 %
造粒型M	2.43	12.0 %	56 %
非造粒型M	2.43	9.7 %	67 %
ビルトン	2.51	5.3 %	3 %

骨材の耐久性の目安を得るための指標としては破壊率を用いた。これは凍害を受けて破壊した試料の個数を所定のサイクルで測定し全個数に対する百分率で表わしにものである。凍害を受けた骨材の含水量の変化は上記の規定による方法では測定不可能なためメスシリンダーを用いた独自の方法で測定した。また骨材の体積変化に電気抵抗線ひずみゲージを骨材粒の内周上に貼付して測定した。

3 凍結融解くり返し作用による骨材の破壊率

絶乾状態の試料を凍結融解試験機内の水中に浸漬したときの1000回の破壊率を表1に示してある。またこれらのうちの典型的な骨材の破壊率の経時変化を図1に示す。まず普通骨材に着目すると石質の違いによる耐久性の差異が認められる。実験の範囲内では凝灰岩が大きな破壊率となっており耐久性の劣っていることを示して



いる。つぎに、軽量骨材の耐久性も品質により大きな差の存在することが認められる。とくに注目すべき点は造粒型Bの破壊率が数%であることであり、製造方法によっては耐久性がこうした軽量骨材が造粒可能であることを示している。表1の結果のみでは普通、軽量両骨材の比較を単純には行えない。この比較を行うには両骨材の破壊率の経時変化に着目する必要がある。図1に示すように普通骨材は比較的若いサイクルで破壊が表われるのに対し軽量骨材はかなりのサイクルを経てから破壊率が増大している。このように両者の破壊率の経時変化は全く異なる形をとっておりこの原因が経時変化する両骨材の含水状態の違いにあることは明らかである。したがって両骨材の耐久性の比較を行うにはこの含水状態を勘味しなければならない。曲線の形からして最終的には軽量

骨材の劣化破壊率が大きくなると予想されるが含水状態を適当に選定すれば普通骨材に匹敵する耐久性が得られることを実験結果は示している。

この含水状態の影響を明らかにするために凍結融解作用を受けた試料の含水量の経時変化を測定した結果が図2である。普通骨材はごく若いサイクルで飽水状態になるのに対し軽量骨材は長時間にわたって吸水し続けている。

この結果と破壊率の測定値とを考慮せると破壊率には飽水率（吸水した空隙の全空隙に占める割合、%）が大きくなる傾向することが予想される。図3は表1および図2より計算した飽水率と破壊率との関係を軽量骨材について示したものである。図3より飽水率40%程度を境にして破壊率が急激に増大していることが認められる。これは含水量で18%程度に相当する。したがって含水量をこの値以下におさえるならば軽量骨材は十分耐久的と言える。過度なプレウェッチングあるいは長期間野外積みして貯蔵しておく場合にはこの含水量をこえる危険があり注意を用する。図4は普通骨材の真比重と破壊率の関係を示している。両者には明確な相関関係が存在し比重の大きいものほど耐久性のすぐれていることは明らかである。したがって普通骨材の耐久性は比重によってある程度推定可能と思われる。軽量骨材については明確な関係は見受けられなかった。

4 凍結融解作用にともなう骨材粒の体積変化

体積変化用の試料はあらかじめ所定の含水量まで吸水させたのちゲージを貼付し防湿処理を施して試験機内の乾燥砂中に設置した。温度変化は熱電対式温度記録計によって測定した。実験方法の妥当性を確認するため真鍮円筒について予備的な実験を行った。その結果、温度変化に対するひずみの測定値が近似的に直線であり、凍結融解による残留ひずみがほとんど生じなかったことなどを考えると用いた実験方法はほぼ妥当であると思われる。普通骨材の体積変化を示したのが図5である。いずれも飽水状態の試料を使用したが生質の違いによる体積変化量に差異が認められ、表1の結果を裏づけるものとなっている。図6は非造粒型Mの体積変化を示したものである。体積変化および残留ひずみに与える初期含水量の影響が明確に表われている。初期含水量が21%の場合は凍結にともない 570×10^{-6} 程度の膨張を示すのに対し、10%の場合の膨張は僅少である。10%程度の初期含水量でも氷の生成による膨張は理論的にはかなりの値に達するはずであるが、この膨張は未飽和の空隙あるいはクロースドポアーによって緩和されて内部的に解消してしまい、表面に生ずる膨張はわずかになると思われる。しかしながら、このような内部的緩和は内部組織の破壊をもたらす。このことは破壊した骨材を目視観察すれば容易に認められる。すなわち、凍害を受けた軽量骨材は紛々に破壊するが、これは内部組織の破壊を示している。

尚、本実験にあたり終始ご協力をくださった岩手大学大学院生、飯泉章さんに深く感謝致します。

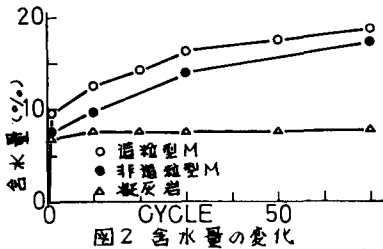


図2 含水量の変化

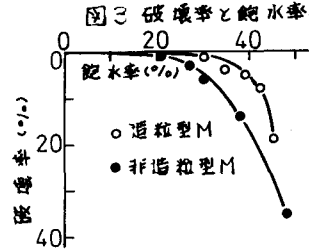


図3 破壊率と飽水率

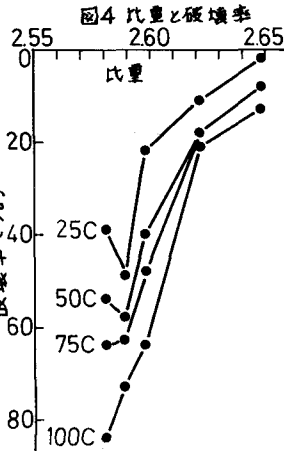


図4 比重と破壊率

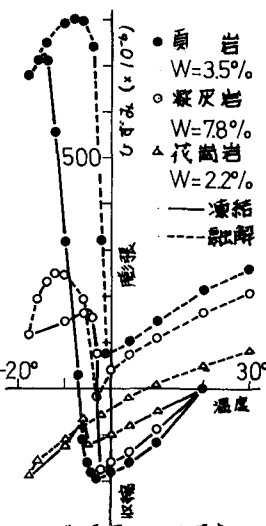


図5 普通骨材の体積変化

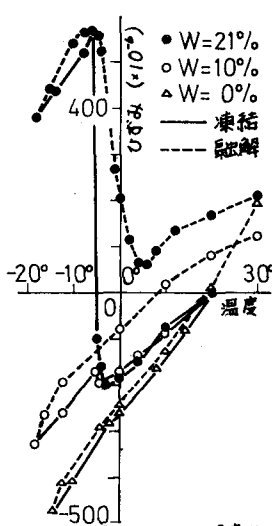


図6 非造粒型Mの体積変化