

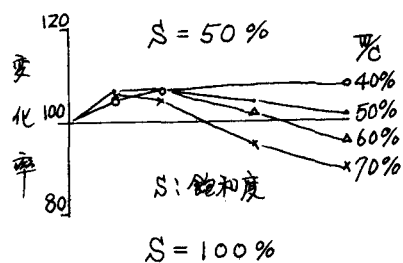
1. まえがき

硬化したコンクリートの耐久性に關する研究は重要な研究項目の一つとなっている。特に寒冷地においては冬の凍結融解作用によつてコンクリートが凍害をうけるのであるがこれに關する多くの研究報告がある。すなわち、野外におけるコンクリート構造物の凍害をはじめとして、実験室内における凍結融解試験等広範囲にわたっている。凍結融解に対する耐久性は材料の品質、配合、施工法などのほかに、コンクリートがおかれる環境に大きく影響をうけることが野外の調査結果によつて明らかにされている。すなわち気象条件、曝露条件、経過日数によつて凍害をうける程度に大きい差がある。また、コンクリートの吸水量と表面水との和であらわされる含水量の影響をうけることも、凍結融解サイクルの繰返し、湿度差、湿度変化の繰返しによつても影響をうける。したがつて、今度の試験は同一凍結融解サイクルでも構造物のおかれる環境によつて凍結融解に対する耐久性がどのように変化するかを検討することとした。本試験では構造物のおかれる環境を橋りょう上部のどとく露出しているものを空气中にあるものとし、さらにこれにコンクリートが水で飽和しているものと不飽和のもの、乾燥状態にあるものにあつた。次に、橋りょう下部、水路構造物のごとく水中にある場合と、基礎、土留壁等地中にある場合について検討した。また、実際に造られる構造物について考えてみると寒冷地においては室内実験のごとく標準養生できる場合は稀であり、特に冬期にさしかかる場合は気温が低いため強度の発現が標準養生されたものより小さいばかりでなく、養生するにしても初期凍害をうけたり強度に落ちると保湿養生を行わない場合が多い。このような場合は特に凍結融解に対する耐久性が減少することが考えられ、過去の施工例をみるとこのように施工条件が悪いため凍害をうけた例が多数あることも事實である。本試験の場合はこの点も考え試験した。

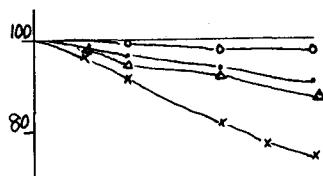
2. 試験方法と配合

空气中にあるものは供試体作成後28日間水中養生し十分吸水させたものを飽和度100%とした。つぎに一定重量になるまで乾燥したものを飽和度0%とし乾燥状態にあるものとした。飽和度50%の場合は全吸水量の50%を吸水させるわけである。所用の吸水量にのつたら供試体表面からの気化をふせむようにして水分が供試体の全部にゆきわたるようは一定時間放置してから凍結融解試験を行つた。水中にある場合は容器に水を入れ、これに供試体を入れた。地中にある場合は容器に砂を入れ、これに供試体を入れさらに湿砂で覆つた。凍結融解中は水分の変化をふせぐためビニールで容器、さらに供試体をつつたことにした。

四一/ 動弾性係数の変化率



湿砂中



水中

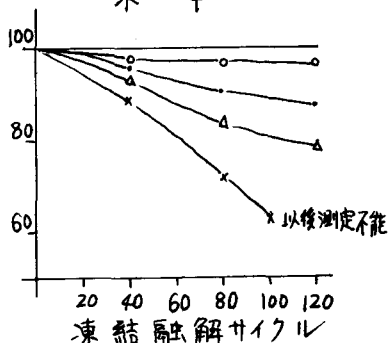


表-1 はコンクリートの配合ならびに強度を示したものである。

3. 試験結果と考察

図-1 を参照すると $W/C = 70\%$ の場合における劣化が著しい。特に水中においては凍結融解サイクルが 60 回以上になると表面がはく離して劣化が急速に進行し 100 回になると動弾性係数の測定が不能となった。内部を調べてみると粗骨材とモルタル部分とははく離が著しく一部不良骨材と見られるものはクラックが発生していた。湿砂中においては表面に多数のクラックが発生して隅角部が破損したものが多かった。飽和度 100% の場合もクラックが多数発生していたが隅角部の破損は湿砂中のものより小さかった。 $W/C = 60\%$ の場合は水中、湿砂中ともへアクラックの発生があった。その他は外見上の劣化は認められなかったが動弾性係数の低下があった。不飽和の場合は $W/C = 40\%$ では動弾性係数が増加し劣化はみとめられないが、 $W/C = 50\%$ 以上の場合は凍結融解サイクルの初期において動弾性係数は大きくなるがサイクルの増加とともに動弾性係数は小さくなり劣化が進行している。不飽和の場合は空隙があり凍結時においても水分の移動が容易であると考えられるにもかかわらず劣化が進行している。ここでコンクリート内の水分を容易に移動できる水分と移動を拘束された水分に分けて考えてみる。不飽和の場合はコンクリートの内部圧力の原因となる吸水量がすくなく、および凍結時には千分の空隙への水分の移動が容易であるため凍害に与える影響がすくない。この水分はサイクルの増加とともにコンクリートの水硬を助長するものと考えられ凍結融解サイクルの初期における強度の増加に寄与するものと考えられる。また、移動を拘束された水分はそれぞれ自体コンクリートの水硬を助長するが移動が拘束されているためコンクリートの内部組織に圧力を及ぼし劣化の原因となる。飽和した場合はコンクリート内の空隙が水で満たされているため、移動が拘束されている水分の含有量が多いので劣化が著しいと考えられる。したがって、コンクリートの凍害は移動を拘束された水分の含有量の多い場合に著しいことが考えられる。このような場合は A 剤によってエントレーンドエアーを混入すると内部圧力の緩和に有効となる。移動を拘束された水分の含有量の多少がコンクリートの内部組織に与える圧力の大小と成ってあらわれるようになるため吸水量のすくない密実で強度の大きいコンクリートにする必要がある。このためには単位水量のすくない水セメント比の小さいものとしなければならない。A 剤を用いた場合は単位水量が減少するため、この点からも有利となる。冬期にせいかかる場合は水セメント比が小さい場合でも強度の発現がおきりため凍害モロヤやすくなるので単位水量をすくなくする目的から減水剤の使用が有効と考えられる。水セメント比が大きい場合は A 剤と減水剤の併用がのびましく A 剤によるコンクリートの内部圧力の緩和のほか、内部圧力の原因となる多孔隙で吸水量の大きいコンクリートにならないうようにする必要がある。図-2 はコンクリートの含水状態と凍結融解によるコンクリートの動弾性係数の変化を示したものであり、水セメント比が大きい場合と小さい場合の劣化の状態を示したものである。コンクリート内の空隙の量、形状、大きさ、吸水量の性質に関係するため、さらに詳細に検討する必要がある。

表-1 コンクリートの配合

粗骨材 最大粒径 (mm)	スラップ の範囲 (mm)	水セメント 比 (%)	粗骨材 率 S/A (%)	単位量 (kg/m ³)				$\sqrt{28}$ 用 kg/cm ²	記 事
				セメント C	水 W	粗骨材 S	粗骨材 G		
20	75±1	40	46.6	468	187	747	895	41.0	粗骨材 比重 2.52
20	75±1	50	46.6	375	187	747	925	29.0	吸水率 4.8
20	75±1	60	45.6	312	187	805	953	21.0	粗骨材 比重 2.50
20	75±1	70	45.6	267	187	820	973	14.5	吸水率 2.9

図-2 含水状態と動弾性係数の変化率

