

凍結融解作用にともなうコンクリートの含水量変化についての実験

東北工業大学 正員 水門 証直
 東北大学 正員 杉山 嘉徳
 東北大学 学生員 寺西 弘文

1. まえがき

今日まで凍結融解作用に対するコンクリートの耐久性については多くの研究がなされてきた。これらの研究によると、コンクリートの劣化は、コンクリート中の水が凍結融解作用の繰返しをうけることにより、進行することが明らかにされた。劣化したコンクリートの表面附近には微細なひびわれが多数発生しており、そのひびわれに外部水（供試体周囲の水）が浸入して、さらに劣化が進むと思われる。したがって、劣化に伴い外部水が浸入して含水量が増大するであろうと考えられるので、まず、モルタル供試体（水セメント比 $W/C = 50\%, 60\%, 70\%$ の3種）を用いて、凍結融解の回数（サイクル）に応じての供試体内の含水量の変化、およびそれに伴う劣化の状況を調べた。

2. 使用材料および試験方法

セメントは、東北開発早強ポルトランド（CEMENT）を使用した。細骨材は、宮城県白石川天然砂（比重2.55）で粒度は表-1が示すとおりである。モルタル配合は、 W/C 比を50%、60%、70%とし、そのうちの砂/セメント重量比は2.33とした。モルタルの練り混ぜには、万能混合攪拌機（45回転/分）によって3分間練り混ぜた。供試体寸法は、 $\phi 50\text{mm}$ 、 $H 100\text{mm}$ の円柱でこれを2層に分け入念にモルタルと填充した。成型後24時間で脱型し、以後4日間水中養生を行った後試験を開始した。養生水槽の温度は $20 \pm 1^\circ\text{C}$ であった。この供試体作製に際して最も注意を必要としたことは、同配合のもとで、同一状態の供試体を作り出すことであった。凍結融解試験装置は、A. S. T. M.の方法に準拠したもので、試験時の凍結融解温度は、供試体中心で、 $-(17 \pm 1^\circ\text{C}) \sim +(17 \pm 1^\circ\text{C})$ とし、1サイクル（ 5 ± 0.5 ）時間とした。凍結融解測定サイクルは原則として1、2、4、6、8、10、15、20、25、30サイクルとした。試験槽内より供試体を融解時に取り出し、供試体表面に付着した水分を乾いた布でふき取り、その時の重量を測定した後、 110°C に保たれた乾燥炉に入れ、絶乾状態（もはや脱水が見られなくなった状態）になった重量を測定し、次式において供試体の含水比を算出した。

$$\text{含水比}(\%) = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100$$

W_1 : 1サイクル後の供試体重量(g)

W_2 : 同一供試体の絶乾状態の重量(g)

尚、試験槽内での供試体の状態は図-1に示す如く、供試体を網袋に包み、水の入ったゴム袋内に入れた。

表-1 細骨材の粒度

フルイ目の大きさ(mm)	重量百分率(%)
5.0 ~ 2.5	15
2.5 ~ 1.2	31
1.2 ~ 0.6	38
0.6 ~ 0.3	10
0.3 ~ 0.15	4
0.15 ~ PAN	2

図-1 試験槽内供試体状態

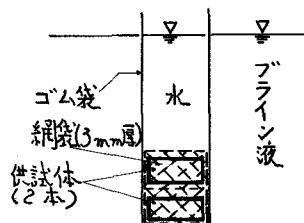
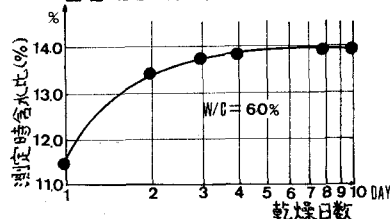


図-2 脱水状況図



ここで、凍結融解作用と与えない供試体中の含水比を、標準含水比とする。尚、参考として、 $W/C=60\%$ の供試体10本平均に於ける乾燥処理による脱水状況を図-2に示す。これから8日間の乾燥乾燥状態となることがわかる。また、劣化に伴う減少量と含水比を調べるに当っては、供試体重量減少量(W_d)、即ち、

$$W_d = W_0 - W_N$$

$$W_0: 0 \text{ サイクル時の供試体重量(g)}$$

$$W_N: N \quad : \quad : \quad (9)$$

をもとに、減少重量と含水比の関係を求めた。(図-4)

3. 凍結融解試験の結果

凍結融解試験をくり返した後の含水比変化、及び凍結融解に伴う劣化による重量減少と含水比変化の関係を図-3、図-4に示す。尚、図-3の値は供試体数2-4本の平均値を、図-4の値は個々の供試体に於ける値を採用した。これらの結果によると $W/C=70\%, 60\%$ に於いては1~10サイクル間で標準含水比を上回る含水量の増加を示しておりこれは内部組織の破壊によって生じた

ひびわれに外部水が浸入し、含水量の増加を示したためと考えられる。また、 $W/C=60\%$ で一つの供試体はゴムシールで完全に防水し、他の一つの供試体はそのまま水浸させて同一条件で凍結融解作用させた時の重量減少の比較を表-2に示す。これらの結果から劣化の原因は凍結融解作用がくり返えられるにつれてモルタルが外から水を吸収することによる影響が大きくなることと云える。 $W/C=50\%$ に関しては、1~25サイクルの間では、外部からの水の影響はほとんど無く、 $W/C=70\%, 60\%$ よりも凍結融解に対する耐久性を示した。一方

$W/C=70\%, 60\%$ に於ける10サイクル以後の含水比低下の傾向の原因、及び図-4に示された減少重量に伴う含水比低下の傾向は、含水量の多いセメント水和部の劣化による脱落が先行し、含水量の少ない細骨材が後まで残存することに起因するものと考えられる。最後に、今後の実験に於いてはコンクリート供試体を用いて、含水量が及ぼす影響を調べる予定である。終始懇切なる御指導を賜り、また後藤孝正教授、三浦尚助教授に深く感謝の意を表すると共に、実験に際し御協力いただいたかきましたコンクリート研究室の方々に深く感謝致します。

図-3 凍結融解作用に伴う含水比の変化

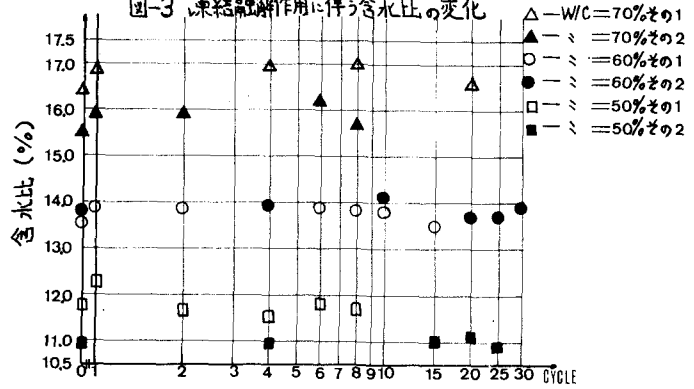


図-4 凍結融解に伴う減少重量と含水比の関係

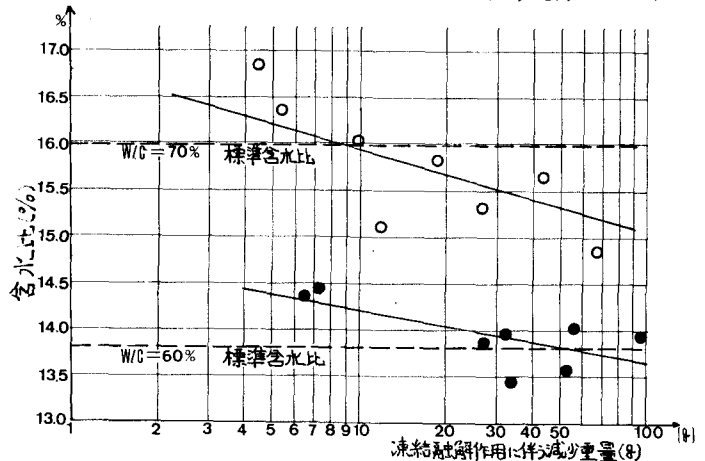


表-2 試験状態による重量(g)変化

状態 \ CYCLE	1	5	25
ゴム	±0	±0	-1.8
ゴム無し	-0.2	-2.2	-84.3

但し、 $W/C=60\%$

ゴム: ゴムシールされた供試体

ゴム無し: ゴムシールされない供試体