

V-319

極低温にさらされるコンクリートの劣化予測に関する基礎的研究

東北大学 学生員 藤田知高
 東北大学 学生員 中村 誠
 東北大学 正会員 岩城一郎
 東北大学 フェロー 三浦 尚

1. はじめに

寒冷地における構造物や極低温物質の貯蔵設備などに用いられるコンクリートは、低温までの繰り返し冷却を受けることで劣化する恐れがある。しかし、実構造物がおかれる環境でのコンクリートの精度良い劣化予測が可能となれば、適切な配合設計と計画的な維持管理が可能となり、コンクリートの耐久性を長く維持し、経済性に優れた構造物ができると考えられる。実構造物が受ける凍結融解作用は、冷却最低温度や冷却速度等の条件が複雑に変化するため、実験室でこれを再現するのは不可能に近いものの、同程度の劣化を引き起こす単純な条件に変換することで劣化予測が可能になると考えられる。そこで劣化予測の基礎段階として、2種類の冷却最低温度で構成される冷却加熱条件を設定し、それらを作用させたときの劣化を比較検討した。

2. 実験方法

本研究では、コンクリートが極低温まで冷却され劣化する場合に、最も支配的な要因となることが考えられるセメント硬化体の劣化に着目し、モルタル供試体を用いることとした。配合は、各条件による劣化の違いを早期に判定できるよう、W/C56%と66%のNon-AEモルタルとし、一般的なコンクリートの配合から粗骨材だけを取り除くことにより決定した。モルタル供試体は、4×4×16cmの角柱供試体とし、長さ変化測定用に端面にゲージプラグを取り付けた。冷却最低温度は-20℃と-40℃の2種類とし、平均0.26℃/minの冷却速度で所定の冷却最低温度まで冷却した後、常温まで加熱した。これを1サイクルとし、5サイクルごとに一次共鳴振動数と長さ変化を測定し、劣化の指標となる相対動弾性係数と平均ひずみを算出した。平均ひずみとは供試体の残留膨張ひずみを示すものである¹⁾。

本研究では、-20℃までと-40℃までの2種類の冷却最低温度で構成された冷却加熱条件を、 $2_54_52_{10}$ のように記すこととする。2および4の数字はそれぞれ、冷却最低温度である-20℃および-40℃を表し、添字はサイクル数を表している。例えばこれを組み合わせた $2_54_52_{10}$ は、-20℃までの冷却を5サイクル行った後-40℃までの冷却を5サイクル行い、その後-20℃までの冷却を10サイクル行って、計20サイクル冷却加熱することを意味する。準備した冷却加熱条件は、表-1に示す6種類とし、記号は図-1~4に対応している。-20℃および-40℃それぞれの冷却最低温度での凍結融解作用回数の等しい2種類の冷却加熱条件について、所定のサイクルで劣化の比較を行った。

表-1 冷却加熱条件

冷却加熱 条件	記号	
	W/C56%	W/C66%
$4_52_54_5$	●	○
2_54_{10}	▲	△
$2_54_52_{10}$	■	□
$2_{10}4_52_5$	▼	▽
$2_{10}4_52_{30}$	●	○
$2_{30}4_52_5$	◆	◇

3. 実験結果および考察

各冷却加熱条件によって凍結融解を受けた場合の劣化状況を図-1~3に示す。図-1は、冷却加熱条件 $4_52_54_5$ と 2_54_{10} の劣化状況である。10サイクル終了時点において両者の劣化を比較すると、-40℃を最初から受けた $4_52_54_5$ の方がより激しく劣化し、両者の劣化に大きな差が生じていることがわかる。図-2および図-3は、最初の5サイクルを共通の-20℃とした冷却加熱条件による劣化状況を示したものであり、図-2は-40℃までの冷却を受ける時期が比較的近い $2_54_52_{10}$ と $2_{10}4_52_5$ 、図-3は-40℃までの冷却を受ける時期

キーワード：凍結融解，劣化，相対動弾性係数，平均ひずみ

連絡先：〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉06 東北大学大学院工学研究科土木工学専攻 TEL & FAX：022-217-7432

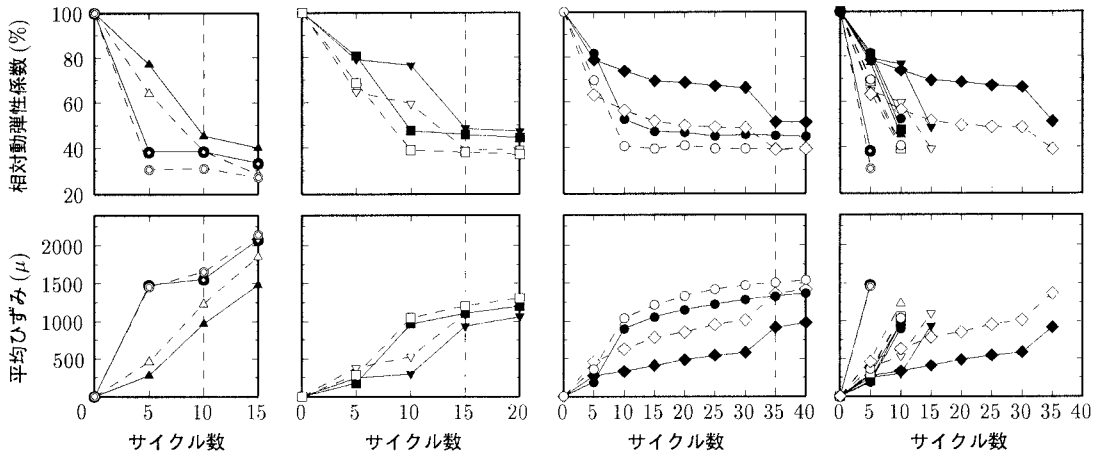


図-1 $4_5 2_5 4_5$ と $2_5 4_5 1_0$ 図-2 $2_5 4_5 2_{10}$ と $2_{10} 4_5 2_5$ 図-3 $2_5 4_5 2_{30}$ と $2_{30} 4_5 2_5$ 図-4 各条件での劣化状況

が大きく離れた $2_5 4_5 2_{30}$ と $2_{30} 4_5 2_5$ である。図-2 より、15 サイクル終了時点で両者の劣化を比較すると、 -40°C までの冷却を早い時期に受ける $2_5 4_5 2_{10}$ の方がやや劣化が大きい結果となっているが、その差は図-1 での差に比べて小さい。よって最初の 5 サイクルが異なる冷却最低温度の場合、劣化の差が非常に大きくなり、逆に最初の 5 サイクルを共通の -20°C までの冷却とした場合には、劣化の差が小さくなることがわかった。

図-3 より、35 サイクル終了時点で両者の劣化を比較すると、W/C66% ではほぼ同程度であるが、W/C56% では -40°C までの冷却を早い時期に受ける $2_5 4_5 2_{30}$ の方が、劣化が大きくなっている。よって、 -40°C までの冷却を受ける時期が大きく離れると、劣化の差が大きくなる可能性があると思われる。

図-4 に、異なるサイクルで -40°C までの冷却を受けたときの相対動弾性係数と平均ひずみをまとめて表示した。この図では -40°C までの冷却を受けた後の劣化状況は省略している。この図を見ると、最初から -40°C までの冷却を受けた場合の相対動弾性係数は W/C56% では約 40%，W/C66% では約 30%，また平均ひずみは W/C56%，W/C66% とともに約 1500μ と、劣化が非常に大きくなっていることが分かる。また、 -40°C までの冷却作用を受ける前までに受けた -20°C までの冷却加熱サイクル数が増えると、 -40°C までの冷却による劣化が小さくなる傾向にあることがわかる。

以上のことから、異なる冷却最低温度で構成された凍結融解による劣化は、より厳しい温度条件を受ける時期が早くなるに従って大きくなる傾向を示し、必ずしもそれぞれの冷却最低温度での凍結融解の作用回数によらないことが示された。これらの影響は、細孔中の飽水度に依存している可能性があり、更なる研究により調査する必要があると思われる。

4. 結論

本研究において設定された、それぞれの冷却最低温度での凍結融解作用回数の等しい 2 種類の冷却加熱条件による劣化を比較すると、 -40°C までの冷却を受ける時期の早い方が、劣化が大きくなる傾向があることがわかった。最初の 5 サイクルを共通の -20°C までの冷却とした条件で、 -40°C までの冷却を受ける時期が比較的近い場合は劣化の差は小さいが、 -40°C までの冷却を受ける時期が大きく離れた場合には劣化の差が大きくなる可能性がある。また、最初の 5 サイクルにおいて -40°C までの冷却を受けたものはすべての条件の中で最も劣化し、異なる冷却最低温度で構成された凍結融解による劣化は、より厳しい温度条件を受ける時期に依存する可能性が示された。

参考文献

- 1) 中村 誠, 岩城 一郎, 三浦 尚: 繰り返し極低温まで冷却されるコンクリートの劣化に及ぼす冷却最低温度の影響, セメント・コンクリート論文集, No.51, pp. 702~707, 1997