

極低温まで繰り返し冷却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 ○中村 誠
東北大学 藤田知高
東北大学 フェロー 三浦 尚

1. はじめに

コンクリートは比較的安価で耐久であるため、今日では土木構造物の主要な建設材料として非常に多く用いられるようになった。しかし、コンクリートは低温までの繰り返し冷却を受けるような厳しい条件の下に曝された場合には劣化する恐れがある。そのため、寒冷地での構造物や、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適切な配合設計と計画的な維持管理に特に留意することで、長く耐久性を維持し、経済性を十分に満足するものにならなければならない。そこで、実際の構造物がおかれる環境でのコンクリートの劣化を精度良く予測する方法が必要であると思われる。

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。よって複雑に変化する条件を同程度のレベルの劣化を引き起こす単純な条件に変換できれば、劣化予測は可能になると考える。本研究は、 -20°C までと -40°C までの二種類の冷却を組み合わせて作用させたときの劣化と、この組み合わせの順序を変えて作用させたときの劣化を比較、検討したものである。

2. 実験概要

本研究においては、 -20°C までと -40°C までの冷却加熱作用を組み合わせた温度履歴を履歴条件と記すこととし、2-4-2-2のように記号2, 4を用いて記す。記号は冷却最低温度を表し、2は -20°C まで5サイクル行うこと、4は -40°C まで5サイクル行うことを示している。例えばこれを組み合わせた2-4-2-2は、 -20°C までの冷却を5サイクル行った後 -40°C までの冷却を5サイクル行い、その後 -20°C 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。これと比較する履歴条件は、2と4の個数を変えずに組み合わせの順序を変えた2-2-4-2である。

コンクリートが極低温に曝される場合の劣化はa)セメント硬化体の劣化、b)骨材の劣化、c)骨材とセメント硬化体部分の界面の劣化、の3種類に分類できる。本研究では特にこのaに注目し、各配合におけるセメント硬化体部分の劣化の違いが顕著になるように供試体はモルタルとした。実験に用いたモルタルの配合を表-1に示す。この配合は、各W/Cについて代表的なコンクリートの配合を想定し、それらから粗骨材だけを取り除き単位水量とスランプフロー値を一定にすることで決定した。モルタル供試体は、 $4\times 4\times 16\text{cm}$ の角柱供試体とし、長さ変化の測定用に端面にゲージプラグを取り付けた。中心部に熱電対を埋め込んだ温度測定用供試体も用意し温度制御に用いた。冷却はあらかじめ履歴条件をプログラムした低温恒温恒湿器を用いて行った。冷却最低温度は -20°C と -40°C の2種類とし、平均 $-0.26^{\circ}\text{C}/\text{min}$ の冷却速度で所定の冷却最低温度まで冷却した後、 $+4^{\circ}\text{C}$ まで温度を回復した。5サイクルごとに供試体温度 $+20^{\circ}\text{C}$ で一次共鳴振動数と長さ変化を測定し、相対動弾性係数と平均ひずみを算出して劣化の指標とした。平均ひずみは供試体の残留膨張ひずみを示すものである¹⁾。

3. 実験結果及び考察

図-1～図-4は、各履歴条件によって冷却された場合の劣化状況を示したものである。劣化の比較をするサイクルはそれぞれ、図-1では10サイクル目、図-2では15サイクル目、図-3では25サイクル目、図-4では35サイクル目である。このサイクルで比較を行うとほとんどの場合で -40°C までの冷却の時期が早い方が劣化が大きくなっていることがわかる。ただし、図-3のW/C56%では、2-2-2-2-4-2の相対動弾性係数の方がやや小さいという結果であるが、平均ひずみは逆の結果となっているため、これはばらつきと考えられる。

表-1 配合表

W/C (%)	単位量 (kg/m^3)			
	W	C	S	減水剤
56	270	482	1396	4.629
66	270	409	1456	3.927

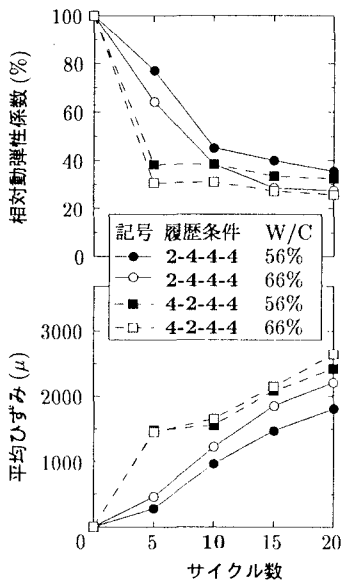


図-1 2-4-4-4と4-2-4-4

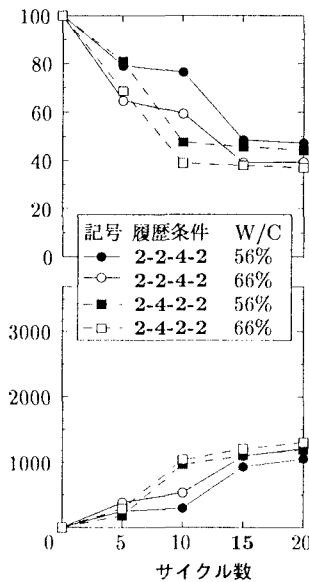


図-2 2-2-4-2と2-4-2-2

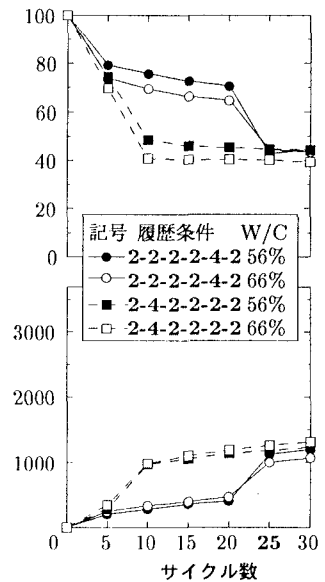


図-3 2-2-2-2-4-2と2-4-2-2-2-2

図-1より、最初に -40°C まで5サイクル冷却した履歴条件4-2-4-4は、比較サイクル時点までに受けた -20°C までの冷却加熱サイクル数が他の履歴条件に比べて少ないにも関わらず、劣化が最も大きかった。この結果より、サイクル初期で厳しい条件におかれると、劣化が非常に激しく起こるものと考えられる。相対動弾性係数の差と平均ひずみの差をみると、図-1のように、最初の5サイクルの冷却最低温度を -20°C までの冷却とした履歴条件と、 -40°C までの冷却とした履歴条件では、10サイクル目での劣化の差は非常に大きい。図-2と図-3のように最初の5サイクルを -20°C までの冷却とした履歴条件では、劣化の差が小さくなっている。

図-4では、最初に -20°C までの冷却を5サイクル受けているものの、W/C56%の配合では劣化に大きな差が生じている。このことから、 -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。

4. まとめ

本実験において設定された比較する2種類の履歴条件のうち、 -40°C までの冷却を受ける時期の早い方が大きい劣化を示す傾向がある。特に、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履歴条件の中で劣化が最も大きくなり、最初の5サイクルを -20°C までの冷却としたものの劣化の差も大きかった。しかし、最初の5サイクルを共通の -20°C までの冷却とすれば、劣化の差は小さくなることが示された。ただし、 -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。

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

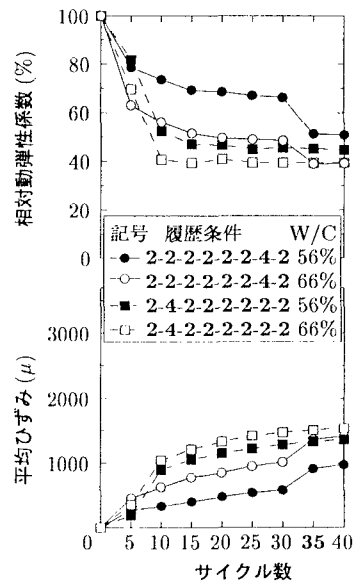


図-4 2-4-2-2-2-2-2-2と
2-2-2-2-2-2-4-2