

極低温までの冷却過程がコンクリートの劣化に与える影響

東北大学 学生員 韓 相黙
 東北大学 小原拓也
 東北大学 フェロー 三浦 尚

1. はじめに

LNG タンクや超電導を応用した電力貯蔵システム等、極低温にさらされる構造物の建設材料としては経済性、耐久性を考慮すると、コンクリートが最適であると考えられる。しかし、このような環境下でのコンクリートは、繰り返し極低温まで冷却され劣化する恐れがある。その劣化に影響を及ぼす要因として、冷却最低温度、冷却速度が挙げられる。さらに、この種の劣化には極低温時の温度保持の影響があると考えられ、著者ら¹⁾は冷却速度を一定にして、-20 から -50 までの各冷却最低温度における温度保持の影響を調べた。その結果、極低温で一定時間温度保持した場合、温度保持を行わなかった場合に比べ、より劣化することが確認された。したがって、本研究では冷却最低温度、冷却速度、温度保持といった3つの要因のうち、冷却最低温度を -40 および -50 と一定にし、冷却速度と温度保持時間を変化させ、劣化に及ぼす両者の関係を調査することとした。

2. 実験概要

早強ポルトランドセメントを使用して、表 1 に示すように水セメント比が異なる AE コンクリートを作製した。実験に使用した供試体の寸法は 10×10×40cm の角柱供試体であり、コンクリートの打設時に温度測定用の供試体には熱電対を埋設し、材齢 28 日まで標準養生を行った。

冷却加熱の温度履歴は図 1 に示すように、供試体を常温から約 0.33, 0.18, 0.09 /min の3つの冷却速度に変化させて冷却を行い、その冷却温度が -40 および -50 に達した段階で、直ちに所定の時間供試体温度を一定にし、その後常温まで戻した。これを1サイクルとし、以後20サイクルまで行った。加熱速度は全ての条件で約 0.52 /min と一定に合わせることにした。また、冷却加熱条件は気中で凍結させて融解中に供試体表面

表 1 コンクリートの配合表

Slump	Air	W/C	s/a	Unit Content (kg/m ³)				Admixture (g/m ³)	
				W	C	S	G	a	b
11 ± 1	4 ± 0.5	56	40	171	305	714	1183	679	21.4
		66		171	259	729	1209	577	18.1

a : AE 減水剤, b : 空気連行剤

に霜を発生させ、各サイクルごとに外部から水分供給させることとした。劣化の指標としては、たわみ一次共鳴振動数から算出した相対動弾性係数の値を用いた。測定は1サイクルと、以後5サイクルごとに行った。

3. 実験結果および考察

実験に用いた3種類の冷却速度における、各配合、保持時間に対する相対動弾性係数の変化を図 2 に示す。この図よりサイクルを繰り返すことによって、全ての条件で相対動弾性係数が低下している。その傾向は冷却最低温度 -40 の場合に比べて -50 の方が、W/C56%に比べて 66%の方が、また冷却速度が大きい場合の方がより顕著に現れている。冷却速度により劣化の程度が異なる理由は、冷却速度の小さいものほど氷の形成に伴う膨張圧が緩和される時間を与えたためであると考えられる。

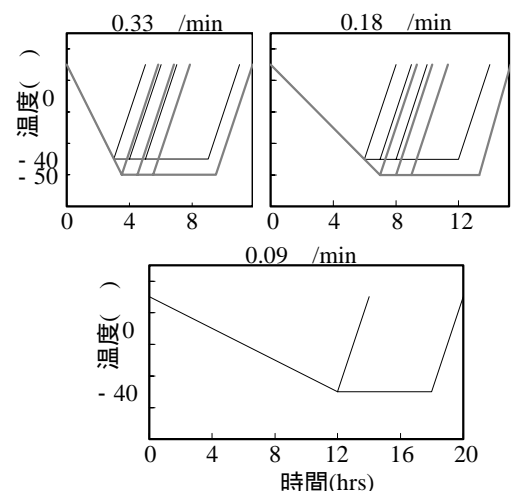


図 1 温度履歴

キーワード：極低温，温度保持，冷却速度，劣化，相対動弾性係数

連絡先：〒980 - 8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 06 TEL & FAX 022-217-7432

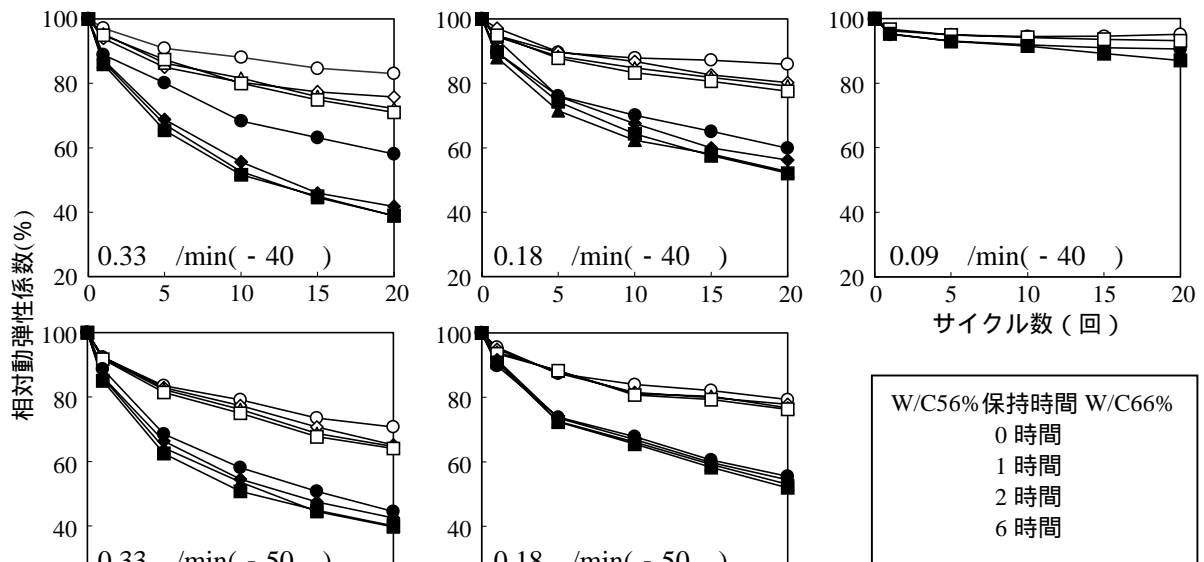


図 2 冷却速度の違いによる相対動弾性係数の変化

保持時間の長さによる劣化を比較するため、横軸に保持時間の長さ、縦軸に20サイクル終了時における相対動弾性係数の値を表したものを図3に示す。この図をみると冷却速度が大きいほど劣化が増加し、温度保持を行った場合と行わない場合の劣化の差も大きく現れる結果になっている。このように保持を行うことによる劣化の増加傾向は冷却最低温度を-40にした場合、-50の場合に比べてより大きく現れている。また-40において保持する時間を6時間にしても相対動弾性係数の低下は2時間保持したものとほぼ横ばいになっていることから-40での温度保持は2時間ぐらいで劣化の増加量が頭打ちになると考えられる。しかしながら、冷却速度が最も小さかった0.09 /minの場合、保持の有無によらず相対動弾性係数の値は90%と非常に高く、温度保持の有無による劣化への影響は認められなかった。さらに、-50で冷却速度を0.33 /minにした場合、保持の影響が観察されたものの、その影響は-40に比べて非常に少なく、冷却速度を0.18 /minと小さくすると保持の影響は確認されなくなった。

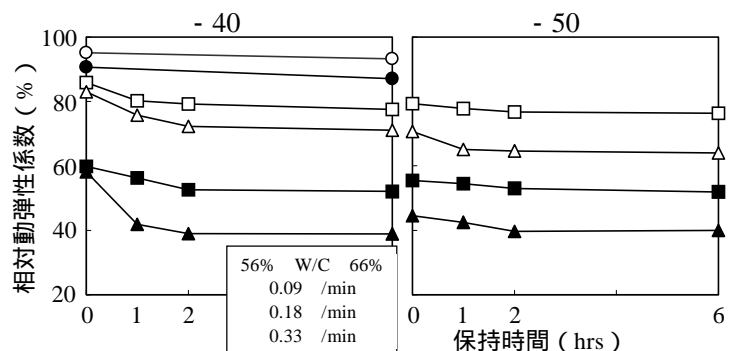


図 3 冷却速度の違いと保持時間の関係

このように、-40において冷却速度を大きくした場合に温度保持の影響が大きく現れた理由は、-40までの冷却段階で凍結しなかった未凍結水が多く存在し、その未凍結水分が温度保持の間に氷晶に向かって移動し、氷がさらに成長したためであると予想される。また、冷却速度が小さい場合は未凍結水が冷却の間に氷晶に移動してしまい、温度保持の間に移動する水分量が減少したため、温度保持による劣化への影響がそれほど大きく現れなかったと考えられる。

以上の検討結果より、極低温下におけるコンクリートの劣化メカニズムは、毛細管空隙中の水分の凍結と未凍結水分の移動によって引き起こされるものと考えられるため、今後はこれらの相互作用について、より詳細な検討を行なう必要があると思われる。

4. 結論

極低温下での冷却過程において-40で温度保持を行った場合、温度保持を行わなかった場合に比べてコンクリートは劣化する。また、温度保持が劣化に及ぼす影響は冷却速度が速い場合に、より顕著に現れる。

【参考文献】1) 韓相黙, 岩城一郎, 三浦尚: 極低温下での温度保持がコンクリートの耐久性に及ぼす影響, セメント・コンクリート論文集, No.53, pp.423-428(1999)