

V-167 極低温下におけるコンクリートの耐久性と空気量との関係

東北大学 正会員○佐藤 誠  
東北大学 正会員 三浦 尚

1 はじめに

極低温に曝されるコンクリート構造物の代表的なものとしてはLNG(液化天然ガス)タンクが挙げられる。エネルギー資源としてのLNGの使用はオイルショック以来エネルギーの安定確保を目的として増加しており、今後も増大していく見込みである。さらに超伝導技術が実用化した際には電力エネルギー貯蔵システム等の冷却容器の材料としてもコンクリートが利用される可能性があると考えられる。ただし、極低温下で使用されるコンクリート構造物は、冷却加熱繰り返し作用を受けることで気象作用による凍害にもまして劣化することが知られている。

一般にコンクリートの耐久性の向上にはコンクリート中に空気を連行させる事が効果的であると知られているが、極低温下における空気量の多少とコンクリートの耐久性の関係に対する研究は、まだ、十分行われてはいない。

本研究は、コンクリート構造物の低温劣化に大きな影響を与える、常温から極低温までの冷却加熱繰り返し作用を受けるコンクリートの耐久性と空気量の関係を確認することを目的とし、コンクリートが、種々の冷却加熱温度範囲の中で冷却加熱繰り返し作用を受けた場合の劣化に及ぼす空気量の影響を調査した。

2 実験条件と供試体

(1) 実験条件

本実験で使用したコンクリート供試体の配合条件を表-1に示す。実験に採用した水セメント比は、46%である。また、空気量は一般的な4%を最高に、それより低い3%、2%の三種類とした。セメントは市販の早強ポルトランドセメントを使用した。粗骨材としては砕石を、細骨材は川砂を使用した。空気の連行を目的として使用した混和剤は、A剤:高性能AE減水剤(無水化タイプ、ポリマー系)、B剤:空気量調整剤(アルキルアリルスルホン化合物系陰イオン)、C剤:AE減水剤(リグニンスルホン酸、ポリオール複合体)の三種である。冷却加熱繰り返し温度範囲の種類と冷却及び加熱速度を表-2に示す。冷却加熱繰り返し温度範囲は、常温から-70℃までの範囲を基準として、冷却最低温度を-50、-40、-30、-20℃の五種類に変化させて、コンクリートの低温劣化に及ぼす空気量の影響を調査した。コンクリートの劣化は、たわみ一次共鳴振動数の測定値より算出される相対動弾性係数で評価した。さらに、コンクリートに発生する残留歪を測定することで、劣化に及ぼす空気量の影響を残留歪の変化で調査した。

表-1 コンクリートの配合表

粗骨材寸法の法 (mm)	スのラ範囲 (cm)	空気量 (%)	水セ比 (%)	細骨材 (%)	単 位 量 (kg/m <sup>3</sup> )										
					水 W	セ メント C	細 骨 材 S	粗 骨 材 G					混 和 剤 (g/m <sup>3</sup> )		
								20mm 25mm	15mm 20mm	13mm 15mm	10mm 13mm	5mm 10mm	A 剤	B 剤	C 剤
25	11±1	2±0.5	46	40	171	372	698	330	106	72	436	237	2232.0	—	—
25	11±1	3±0.5	46	39	171	372	670	331	105	72	435	237	—	14.9	930.0
25	11±1	4±0.5	46	39	168	365	666	329	106	71	436	236	—	21.9	912.5

表-2 冷却加熱繰り返し  
温度範囲と冷却加熱速度

	繰り返し 温度範囲	冷却 速度	加熱 速度
I	+4℃~-70℃	0.35 (℃/min)	0.90 (℃/min)
II	+4℃~-50℃		
III	+4℃~-40℃		
IV	+4℃~-30℃		
V	+4℃~-20℃		

(2) 供試体

本実験で使用した供試体の概要を図-1に、また、コンクリートの打設結果を表-3に示す。実験で使用した供試体は、10×10×40cmの角柱供試体である。供試体は、打設後24時間で脱型し、材令28日まで水温20℃の恒温水槽で養生した。なお、

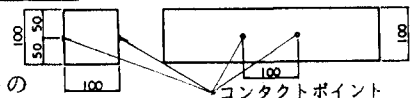


図-1 供試体の概要

残留歪測定用ポイント(コンタクトストレインゲージ用)の設置は、材令25日で行い、設置後再び所定の材令まで養生した。

3 実験結果及び考察

本実験における結果と考察を以下に示す。

(1) コンクリートの低温劣化と空気量の関係

図-2は、相対動弾性係数より算出された耐久性指数と空気量の関係を冷却最低温度毎に示した図である。なお、明記した空気量の値は、打設直前に測定した値である。図より、コンクリートの耐久性は、空気量が2、3、4%と増加するのに伴って、あるいは、冷却最低温度

表-3 供試体の打設結果

I +4℃~-7.0℃			III +4℃~-4.0℃		
No	Slump (cm)	Air (%)	No	Slump (cm)	Air (%)
1-1-n (2%)	11.5	1.8	3-1-n (2%)	10.5	1.8
1-2-n (3%)	12.0	3.5	3-2-n (3%)	9.5	3.3
1-3-n (4%)	12.0	4.5	3-3-n (4%)	11.5	4.1

II +4℃~-5.0℃			IV +4℃~-3.0℃		
No	Slump (cm)	Air (%)	No	Slump (cm)	Air (%)
2-1-n (2%)	11.0	2.0	4-1-n (2%)	10.0	2.1
2-2-n (3%)	9.0	3.0	4-2-n (3%)	12.5	3.2
2-3-n (4%)	11.0	4.5	4-3-n (4%)	11.5	4.1

V +4℃~-2.0℃		
No	Slump (cm)	Air (%)
5-1-n (2%)	6.0	1.9
5-2-n (3%)	12.0	3.3
5-3-n (4%)	12.0	4.2

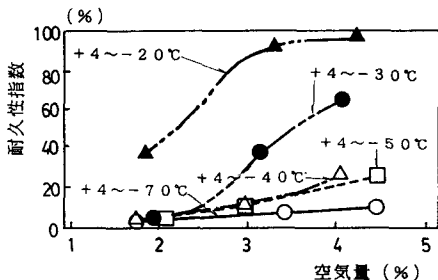


図-2 耐久性指数と空気量の関係

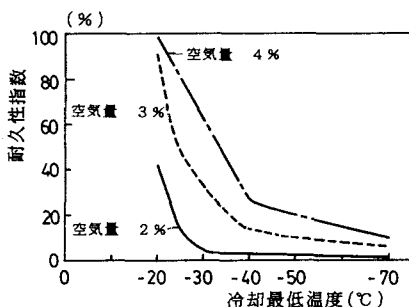


図-3 耐久性指数と冷却最低温度の関係

が-70、-50、-40、-30、-20℃へと上昇するのに伴って向上した。空気量の増加に伴う耐久性の向上は、冷却最低温度が-40℃よりも高い場合に著しく、-40℃よりも低い場合には小さい事が確認された。

図-3は、図-2の関係より求められた耐久性指数と冷却最低温度の関係を空気量毎に示したものである。

この図は、空気量が同じであっても、ある冷却最低温度を境としてコンクリートの耐久性と冷却最低温度の間に大きな違いを生じさせる冷却最低温度の遷移点が存在することを示している。また、この関係は、空気量とコンクリート構造物に作用する冷却最低温度の値からコンクリートに必要なとされる耐久性を推定する事が可能である事を示している。

(2) 残留歪と空気量の関係

図-4は、残留歪と相対動弾性係数の関係を空気量毎に示した図である。

図より、残留歪と相対動弾性係数の関係は、空気量の多少に影響されず残留歪の増加に伴って相対動弾性係数は減少した。この結果より、空気量の多少は、コンクリートの劣化と残留歪の関係には影響せずコンクリートの冷却加熱繰り返し作用の進行に伴う劣化の割合を減少させる事を示している。

4 結論

(1) 耐久性の向上に対する空気連行の効果は、作用する冷却最低温度の影響を大きく受け、冷却温度が-40℃よりも低い場合には空気の連行による耐久性の向上は-40℃よりも高い場合と比較して小さかった。

(2) コンクリートの残留歪と劣化には、一定の関係が存在することが分かった、さらに、その関係は、空気量の多少によっても変化しない事が確認された。

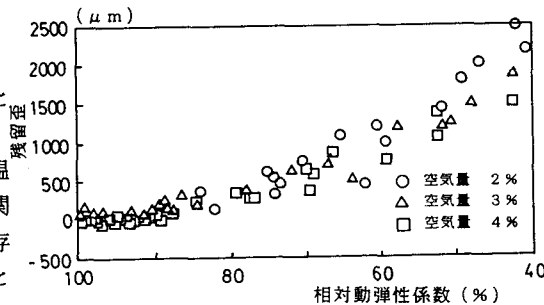


図-4 残留歪と相対動弾性係数の関係