

V-408 空隙特性を限定した軽量粗骨材を使用したコンクリートの耐凍害性

八洋コンクリートコンサルタント 正会員 遠藤裕悦
 東京都立大学 正会員 国府勝郎
 日本セメント 非会員 高羽 登
 日本メサライト工業 正会員 藤木英一
 日本メサライト工業 正会員 石川寛範

軽量コンクリートの耐凍害性は軽量骨材自身の耐凍害性とモルタルマトリックスの耐凍害性の複合効果として発現する。一般に含水率の高い軽量骨材の耐凍害性は低いといわれ、概念的には軽量粗骨材の特性としての空隙率とそこを満たしている水分が関係していると考えられている。水は凍結するとその体積は約9%膨張する。骨材の空隙に占める水の飽和度が90%を超えると、骨材は膨張した水の体積を収容できずに破壊することになる。しかし軽量骨材について、これまでのところこれを確認した報告はない。一般に、軽量骨材の空隙特性はバラツキの大きい集合体であるため、代表特性としての平均的な物性値を基にした検討では合理的な説明ができないことが多い。そこで筆者らは使用する軽量粗骨材の比重を一定の狭い範囲に限定することで、骨材の物性のバラツキを小さくした軽量骨材コンクリートによる凍結融解試験を行い、骨材の空隙特性（飽水した時の飽和度）とコンクリートの耐凍害性の関係を明らかにした。また同時に五面をシールした（一面のみ曝露）供試体の凍結融解試験も実施し、実際の構造物が受ける凍害の状況に近い状態での試験結果の観察と評価を行った。

1. 実験の概要

造粒型（M社製）および非造粒型（A社製）2種の骨材について、軽量粗骨材の品質のバラツキをできるだけ小さくした粗骨材を調整し、それぞれ含水率を3水準として、寸法10×10×10 cmの供試体を作製して土木学会標準JSCE-G501に準拠して、凍結融解試験を行った。試験中の動弾性係数の変化は供試体の形状から、縦振動によって測定した。

2. 使用した材料と配合

- ① 材料 造粒型粗骨材（M社製）と非造粒型粗骨材（A社製）の10 mmふるいに留まる骨材を、比重1.22及び1.33の2種類の液体を用いて比重1.22～1.33の範囲の軽量骨材を浮粒選別し、含水率を表-1に示すそれぞれ3水準に調整したものを使用した。

表-1 実験に使用した骨材の品質			
	表乾比重	飽和比重	吸水率(%)
1	1.37	1.26	8.7
2	1.52		20.5
3	1.60		27.1
4	1.39	1.25	11.1
5	1.55		24.0
6	1.64		31.2

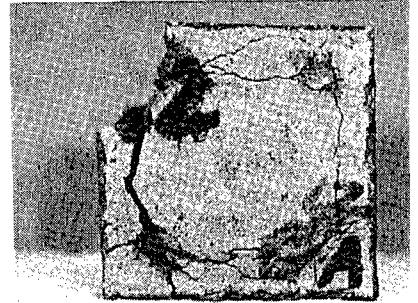
- ② 配合 コンクリートは軽量1種AEコンクリートとし、配合は表-2に示す通りとした。混練りは青梅産硬質砂岩を使用したコンクリートを練り混ぜ、5 mmふるいでウェットスクーリングし、空気量を確認した上で、供試体容積1 Lに見合うモルタルと軽量粗骨材を個別に計量し、手練りによって再混合して供試体を作製した。シールには被膜養生材（1mm厚塗布）を使用し2週水中養生後塗布した。

表-2 実験に使用した配合									
水比 (%)	粗骨材率 (%)	目標空気量 (%)	目標スランプ (cm)	単位量 (kg/m³)				A E減水剤 (L)	流動化剤 (L)
				水	セメント	細骨材	粗骨材		
48	46.5	5.5	12 → 18	172	358	795	932	0.895	1.432

使用材料
 セメント：普通ポルトランドセメント（比重：3.16）
 細骨材：大井川水系陸砂（表乾比重=2.58 飽和比重=2.53 吸水率=2.02% 粗粒率=2.76）
 粗骨材：青梅産硬質砂岩（表乾比重=2.64 飽和比重=2.62 吸水率=0.8% 粗粒率=6.55）
 混和剤：AE減水剤 リグニンスルホン酸系
 流動化剤 メラニンスルホン酸系
 空気調整剤
 練り混ぜ水：水道水

表-3に試験結果を示す。軽量粗骨材の飽和度は、骨材のみかけ比重と骨材マトリックスの真比重から計算した空隙率と、含水率から算出した水の体積を使用して算出した。別に実施した圧力吸水試験の結果から、造粒型の粗骨材はそれが持つ空隙の14%が水が侵入しない、いわゆる独立気泡を持つことが明らかとなったので、造粒型骨材の飽和度の計算にはこの独立気泡を除く空隙（水を受け入れる空隙）に対する飽和度を採用した。供試体は打ち込み後2週間標準水中養生を行ったので、水中での吸水のため供試体の重量は増加した。

この重量増加はコンクリート中の粗骨材が吸水したものと見なして、改めて凍結前の粗骨材の飽和度を計算した。凍結融解試験の結果、バラツキの小さい軽量粗骨材の耐凍害性は、飽和度70%（非造粒型、使用時含水率24%、凍結前含水率26%）で十分耐久であり、飽和度89%（非造粒、使用時含水率31.2%、凍結前含水率33.3%）で凍結破壊（写真-1）を起こしている。使用した骨材の比重の範囲は1.33~1.22で、かりに比重1.33で使用時含水率24%の骨材が含まれていたとすればその凍結前飽和度は80%となる。従って実験で確認した耐久性の限界として平均飽和度70%は、骨材の特性のバラツキを考慮すれば最大飽和度80%に相当する。理論的には90%程度の飽和度が限界と考えるが、凍結融解試験中の吸水をカウントしていないため、80%程度の値になったものとする。表-3中に8.7+ α （造粒型）、11.1+ α （非造粒型）と表示したものは、飽和度



165 サイクル

写真-1 凍結破壊を起こした供試体

30%以下の耐久性のある骨材に、飽和度80%以上の耐久性の低い骨材を質量比で5%混入して制作した試料の試験である。結果は4体の試料中1体が耐久性の低い結果となり、少量の高飽和度の骨材が混入しても耐凍害性が低下することが明らかである。

一面曝露（五面シール）による試験の結果は明らかに全面曝露の結果よりも耐久である。これは、一面曝露では凍結融解試験中における供試体の吸水が全面曝露に比べて著しく低下するためと考える。

3. まとめ

空隙率を限定した軽量粗骨材を使用した軽量コンクリートの凍結融解試験による耐久性は、凍結前の骨材がもつ水の飽和度が70%でも十分な耐久性を示すが、80%以上では劣化が激しい。

又、たとえ少量でも高飽和度の骨材が混入すると耐久性は大幅に低下する。五面シールした供試体の試験結果は全面曝露に比べ耐久性は大幅に向上する。

表-3 実験に使用した粗骨材の飽和度と凍結融解開始前の飽和度と耐久性指数										
粗骨材 の種別	含水率 (%)	絶対比重	空隙率 (%)	飽和度 (%)	養生後の質量増 飽和度		凍結前 飽和度		耐久性指数 (%)	
					全面曝露 (kg/m ³)	5面シール	全面 曝露	5面 シール		
造粒	8.7	1.26	47.9	27	26.3	26.2	36	75	89	
	20.5	1.26	47.9	63	25.9	26.3	72	65	99	
	27.1	1.26	47.9	83	26.2	26.5	92	15	46	
	8.7+α	1.26	47.9	27	26.6	26.1	36	73	102	
	11.1	1.25	48.3	29	26.1	26.3	36	73	99	
非造粒	24.0	1.25	48.3	62	26.8	26.6	70	61	97	
	31.2	1.25	48.3	81	26.6	26.7	89	13	34	
	11.1+α	1.25	48.3	27	26.7	26.5	37	41	101	
	平均	—	—	—	27.0	26.6	—	105	105	

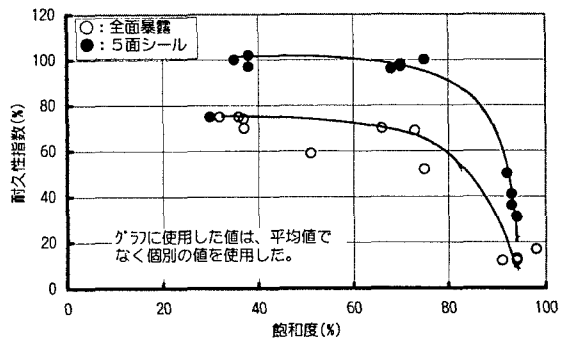


図-1 試験開始前の粗骨材飽和度と耐久性指数の関係

参考文献 石川、吉信、高羽、藤木：軽量粗骨材の空隙特性に関する基礎的調査、第52回年次学術講演会講演概要集
藤木、国府、保坂、遠藤：軽量コンクリートの耐凍害性に及ぼす乾燥の影響、同上