

寒冷環境下に5冬間暴露した単位容積質量の異なる軽量コンクリートの性状

Properties of Different Unit Mass Lightweight Concrete Exposed in Cold Regions for Five Winters

北見工業大学大学院	○学生員	毛 継沢(Jize Mao)
北見工業大学	正会員	猪狩平三郎(Heizaburoh Igari)
太平洋セメント株式会社		羽根井誉久(Takahisa Hanei)
ドーピー建設工業株式会社	正会員	松井敏二(Toshiji Matsui)
北見工業大学	フェロー	鮎田耕一(Koichi Ayuta)

1. はじめに

軽量コンクリートの耐凍害性を JIS A 1148 (コンクリートの凍結融解試験方法) などの急速凍結融解試験によって評価すると、普通コンクリートに比べて劣るのが一般的である。しかし、これらの促進試験によって得られた結果は、実際の軽量コンクリート構造物の耐凍害性を必ずしも再現しているとは言い難く¹⁾、凍結融解試験方法に対して新たな検討が必要である²⁾とされている。また、実際のコンクリート構造物の耐凍害性に影響を及ぼす要因は極めて多くかつ複雑であるが、気象条件による外的要因の影響が最も大きい³⁾とされているので、実環境の下で軽量コンクリートの耐凍害性を評価することが必要となる。

そこで本研究では、単位容積質量の異なる軽量コンクリートを寒冷環境下で5冬間暴露し、軽量コンクリートの質量と耐凍害性との関係について検討した。

2. 実験概要

2.1 暴露試験

冬季の気象条件が厳しい北見市で実施した。軽量コンクリート角柱供試体 (10×10×40cm) を北見工業大学実験棟屋上に敷いたプラスチック製のこ (厚さ 4cm) の上に直接静置し、1998年11月中旬から暴露を開始した。写真1、写真2に夏季と冬季の暴露状況を示す。冬季の暴露期間中に供試体の除雪は行っていない。

日本気象協会の気象データベース (アメダス) により調べた1998年11月中旬から2003年5月末までの暴露期間中の北見市の気温から月平均最高気温、月平均最低気温を求め表1に示した。また、日最高気温と日最低気温から凍結融解温度を 0℃として凍結融解回数を推定し、

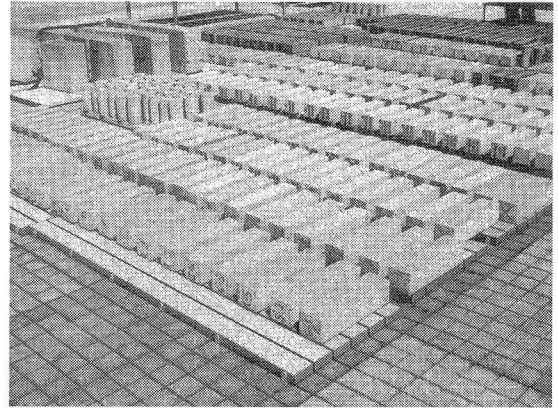


写真1 暴露状況 (夏季)

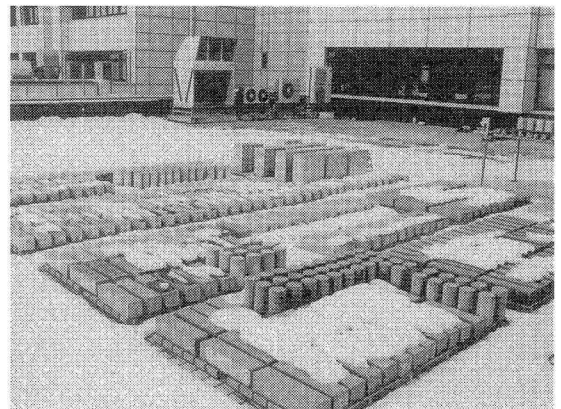


写真2 暴露状況 (冬季)

表1 北見市における月平均最高気温、月平均最低気温及び推定凍結融解回数

月	1月	2月	3月	4月	5月	10月	11月	12月
月平均最高気温(℃)	4.8	5.1	12.1	23.1	28.4	22.4	14.9	4.7
月平均最低気温(℃)	-22.4	-21.3	-17.5	-7.3	-1.2	-2.1	-11.7	-19.1
月平均推定凍結融解回数(回)	5	6	21	16	2	6	23	6
合計推定凍結融解回数(回)	419							

表2 北見市における年間降水量

時期	1998.11-12月	1999年	2000年	2001年	2002年	2003年1-5月
降水量(mm)	102	660	921	859	786	194

同じく表 1 に示した。表 2 に同じデータベースから求めた北見市における暴露期間中の降水量を示した。

2.2 使用材料

使用材料を表 3 に示す。造粒型軽量骨材⁴⁾と硬質パーライトは絶乾状態、砕砂は表乾状態で使用した。

2.3 配合

配合を表 4 に示す。フレッシュコンクリートの目標性状値は空気量を $5.5 \pm 1.5\%$ 、スランプを $10 \pm 3\text{cm}$ とした。

日本建築学会 JASS5 に準じて粗骨材に人工軽量骨材、細骨材に普通骨材を使用した軽量コンクリート 1 種 (配合 No.1,2) と、粗骨材に加えて細骨材にも人工軽量骨材、または普通砂と混合して人工軽量骨材を使用した軽量コンクリート 2 種 (配合 No.3~6) に分類した。

単位容積質量は 3 水準とし、水セメント比は軽量コンクリート 1 種、2 種ともに 2 水準とした。

2.4 練混ぜ

コンクリートの練混ぜは、強制パン型ミキサを用いて行った。セメント、細骨材及び粗骨材を投入し 15 秒間空練りし、ミキサを一時停止、水ならびに高性能 AE 減水剤と AE 助剤を投入して 45 秒間練り混ぜ、再びミキサを停止し掻き落としを行った後、60 秒間 (計 120 秒間) 練り混ぜた。

2.5 養生

恒温恒湿室 (室温 20°C 、相対湿度 80%) で 5 時間の前養生後、蒸気養生を行った。蒸気養生は、昇温速度 $20^\circ\text{C}/\text{h}$ 、最高温度 55°C 、最高温度保持時間 4 時間でを行った。蒸気養生終了後、恒温恒湿室 (室温 20°C 、相対湿度 80%) に静置し、材齢 18~19 日に暴露を開始した。

2.6 測定項目

春 (5 月)、秋 (11 月) の年 2 回、供試体の外観調査、

表 3 使用材料

使用材料	種類	記号	物性または成分
セメント	普通セメント	C	密度: $3.15\text{g}/\text{cm}^3$
細骨材	造粒型軽量細骨材	HAL	絶乾密度 $1.08\text{g}/\text{cm}^3$ 、24h 吸水率 4.4%
	硬質パーライト	KP-A	絶乾密度 $1.02\text{g}/\text{cm}^3$ 、24h 吸水率 13.2%
		KP-B	絶乾密度 $1.15\text{g}/\text{cm}^3$ 、24h 吸水率 6.8%
	青梅産砕砂	砕砂	表乾密度 $2.61\text{g}/\text{cm}^3$ 、吸水率 1.63%
粗骨材	造粒型軽量粗骨材	HAL-A	最大寸法 15mm (絶乾密度 $1.10\text{g}/\text{cm}^3$ 、24h 吸水率 1.7%) と最大寸法 10mm (絶乾密度 $0.99\text{g}/\text{cm}^3$ 、24h 吸水率 2.0%) を容積比率 7:3 で混合
		HAL-B	最大寸法 15mm (絶乾密度 $0.79\text{g}/\text{cm}^3$ 、24h 吸水率 3.2%) と最大寸法 10mm (絶乾密度 $0.82\text{g}/\text{cm}^3$ 、24h 吸水率 2.4%) を容積比率 7:3 で混合
混和剤	高性能 AE 減水剤	SP	ポリカルボン酸系
	AE 助剤	AE	変性アルキルカルボン酸化合物

表 4 配合

No.	分類	単位容積質量 (kg/m^3)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m^3)		単位細骨材量 (L/m^3)				単位粗骨材量 (L/m^3)		混和剤	
					W	C	HAL	KP-A	KP-B	砕砂	HAL-A	HAL-B	SP	AE
1	軽量 1種	1800 ± 50	37	46.4	163	441	—	—	—	300 (783)	347		C× 0.6%	C× 0.4%
2			40	47.2	160	400	—	—	—	313 (817)	350		C× 0.55%	C× 0.4%
3	軽量 2種	1400 ± 50	35	48.0	152	434	—	106 (108)	106 (122)	106 (276)		343	C× 0.7%	C× 0.4%
4			35	46.5	155	443	—	152 (155)	152 (175)	—		350	C× 0.55%	C× 0.4%
5			40	47.2	160	400	—	157 (160)	157 (181)	—		350	C× 0.4%	C× 0.4%
6			35	46.5	155	443	91 (98)	—	213 (245)	—		350	C× 0.6%	C× 0.4%

注：括弧内の数字は単位細骨材量 (kg/m^3)

質量及びたわみ振動の一次共鳴振動数の測定を行った。相対動弾性係数は JIS A 1127「共鳴振動によるコンクリートの動弾性係数、動せん断弾性係数及び動ポアソン比試験方法」に準拠し、たわみ振動の一次共鳴振動数から算出した。供試体は試験前に 24 時間吸水させ、表乾状態にして試験した。

3. 実験結果及び考察

3.1 供試体の外観

写真 3 に単位容積質量が一番小さい軽量コンクリート 2 種 (配合 6) 供試体の外観を示す。5 冬間暴露後にすべての供試体の表面に細かいひび割れが観察されたが、スケーリングは認められなかった。

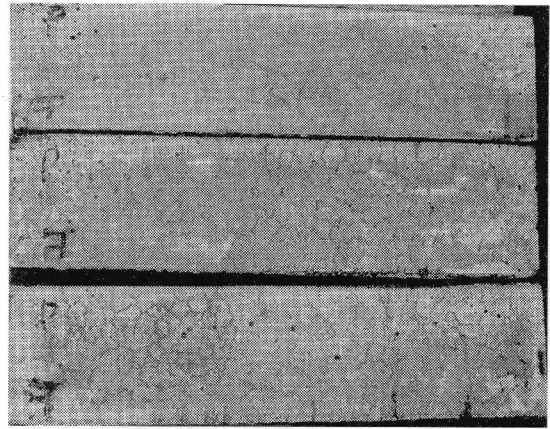


写真 3 5 冬間暴露した軽量コンクリート 2 種 (配合 6) 供試体の外観

3.2 供試体の質量の経年変化

図 1 に質量減少率の経年変化を示す。暴露年数の経過に伴い、質量は徐々に増加している。これは暴露期間中に吸水率の高い軽量骨材とコンクリート表面に発生した細かいひび割れから吸水したためと考えられる。また、軽量コンクリート 2 種 (No.3~6) に比べて 1 種 (No.1,2) のほうが 5 冬経過後の質量の増加が少ないことから、軽量骨材やひび割れからの吸水が少なかったと思われる。

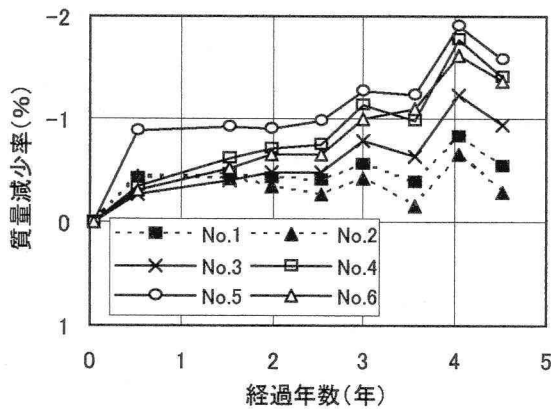


図 1 質量減少率の経年変化

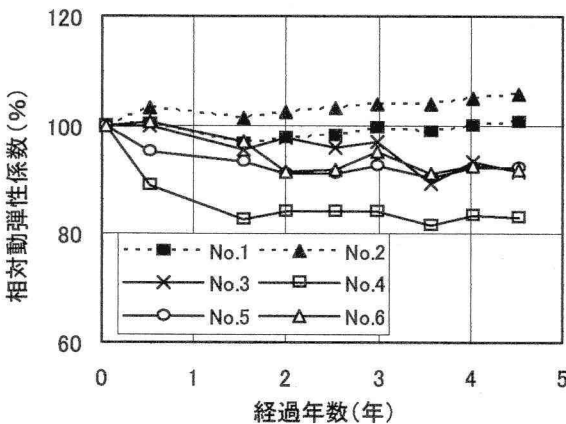


図 2 相対動弾性係数の経年変化

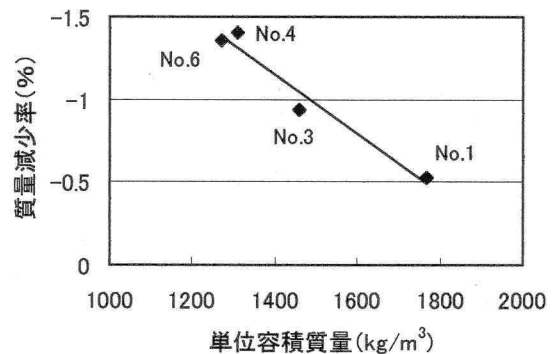


図 3 単位容積質量と質量減少率の関係

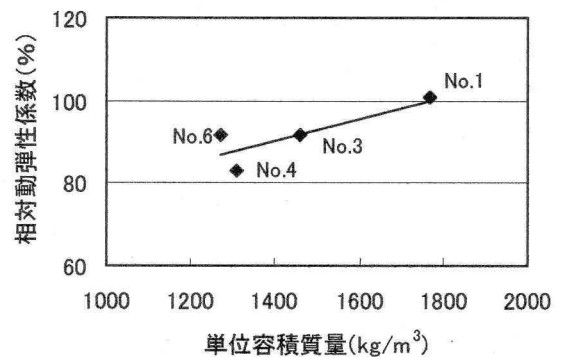


図 4 単位容積質量と相対動弾性係数の関係

3.3 供試体の相対動弾性係数の経年変化

図 2 に相対動弾性係数の経年変化を示す。軽量コンクリート 1 種 (No.1,2) の場合、暴露年数の経過とともに相対動弾性係数は増加傾向にある。一方、軽量コンクリート 2 種の場合、いずれの配合 (No.3~6) でも暴露年数の経過に伴い、相対動弾性係数は減少しているが、その値が最も低い軽量コンクリート (配合 No.4) でも 5 冬経過後で暴露開始時の 83%であり、耐凍害性は確保されている。このことから軽量コンクリート供試体に観察された極めて細かいひび割れがコンクリートの相対動弾性係数に直ちに影響を及ぼしていないことが明らかになった。

3.4 単位容積質量と軽量コンクリートの耐凍害性の関係

水セメント比が 35%の軽量コンクリート供試体(配合 No.1,3,4,6 ; 配合 No.1 は水セメント比 37%) を蒸気養生終了後、恒温恒湿室(室温 20℃、相対湿度 80%) に静置し、材齢 28 日に測定した単位容積質量と 5 冬経過後の質量減少率の関係を図 3 に、相対動弾性係数との関係を図 4 にそれぞれ示す。5 冬間暴露後の供試体の質量減少率と相対動弾性係数は単位容積質量と相関があり、単位容積質量が軽くなると質量が増加し、相対動弾性係数が低下している。また、細骨材に造粒型軽量細骨材(HAL)と硬質パーライト(KP-B)を併用したコンクリート(No.6)は、水セメント比が同じで、単位容積質量もほぼ等しい硬質パーライトだけを用いたコンクリート(No.4)と比較すると質量の増加がやや少なく、相対動弾性係数が高い。このことから、硬質パーライトと比べて造粒型軽量細骨材(HAL)を用いると軽量コンクリートの耐凍害性がやや改善される可能性がある。

4. 結論

単位容積質量の異なる軽量コンクリートを冬季間寒冷環境下にある北見市に 5 冬間暴露し、質量、相対動弾性係数の変化を調べた結果、以下のことが明らかになった。

- 1) 5 冬間暴露後に軽量コンクリート供試体の表面に極めて微細なひび割れが観察されたが、供試体の質量の増加や相対動弾性係数の低下は少なく、これらの微細なひび割れがコンクリートの耐凍害性に直ちに影響を及ぼしてはいない。
- 2) 暴露年数の経過に伴い、各種軽量コンクリートの質量は徐々に増加した。質量の増加は軽量コンクリート 2 種に比べて 1 種のほうが少なかった。
- 3) 軽量コンクリート 1 種の場合、暴露年数の経過とともに相対動弾性係数がやや増加している。軽量コンクリート 2 種の場合、暴露年数の経過に伴い相対動弾性係数は減少しているものの 5 冬経過後でも暴露開始時の 80%以上であった。
- 4) 5 冬経過後の供試体の質量減少率と相対動弾性係数は単位容積質量と相関があり、単位容積質量が軽くなるにつれて、供試体の質量が増加し、相対動弾性係数が低下した。

参考文献

- 1) 鮎田耕一：コンクリート構造物の耐久性上の問題点とその対策 凍害(その 2)、コンクリート工学、Vol.32、No.12、pp.72-77、1994
- 2) 国府勝郎、阿部道彦、橘大介、岡本享久、小林克己、杉山隆文、榊田佳寛：高性能軽量コンクリート研究委員会報告、コンクリート工学年次論文集、Vol.22、No.1、pp.1-10、2000
- 3) 長谷川寿夫、洪悦郎：各種コンクリートによる凍害の地域差に関する長期暴露試験、セメント技術年報 40、pp.364-367、1986
- 4) 岡本享久、早野博幸、柴田辰正：超軽量コンクリート、コンクリート工学、Vol.36、No.1、pp.48-52、1998