

V-407

軽量コンクリートの耐凍害性に対する養生条件の影響

日本メサライト工業	正会員	藤木英一
東京都立大学	正会員	国府勝郎
日本鉄道建設公団	正会員	保坂鐵矢
八洋コンクリートコンサル	正会員	遠藤裕悦
日本メサライト工業	正会員	吉信良一

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。市販の軽量粗骨材はポンプ圧送を考慮して高い含水率（比重 1.3 で含水率 28%飽和度 82%）に調整して出荷されている。水は凍結すると体積が約 9%膨張するため、粗骨材の飽和度が 90%を超えると骨材は膨張した水の体積を骨材の内部にとどめることはできず破壊することになる。このような理由から、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、これが軽量コンクリートの耐凍害性に大きな疑念を持たせている。コンクリート中においては粗骨材が持つ水分は移動することが考えられる。水和反応の進行や養生中の気中乾燥により、セメントペースト中の毛細管中の自由水が減少すれば、骨材中の細孔との間にメニスカス負圧を生じ、骨材から水が放出されると推察される。この様な観点から軽量コンクリートの脱型から養生および凍結融解試験中の重量変化を、すべて軽量骨材の含水率の変動に集約してこれを粗骨材の飽和度として表現し、試験の結果を整理した。

1. 実験の概要

実験Ⅰ：施工に先立ち実施されたポンプ圧送試験にて圧送されたコンクリートを試料として採取し、これを 10×10×40cm の型枠に詰め、脱型後標準水中および気中養生（温度 20℃湿度 60%）を組み合わせることで、試料に種々の含水状態を与えて凍結融解試験を行った。試験は土木学会標準による方法とし、温度コントロールは標準養生のものを使用した。

実験Ⅱ：実験Ⅰと同じ配合のコンクリートおよび水セメント比を変化させた配合を試験室にて製造し、これを試料として実験Ⅰと同じ方法で凍結融解試験を行った。

2. 使用材料およびコンクリートの配合

コンクリートの設計基準強度は 24N/mm²である。施工条件から、コンクリートの長距離ポンプ圧送が必要で、かつ耐久性も考慮して表-1（実験Ⅰ）に示す流動化 A E コンクリートを計画した。この配合を中心に、水セメント比 55%および 35%の配合を表-2（実験Ⅱ）のように定めた。

3. 実験結果と考察

図-1 は養生条件が水中のみ（最大 8 週まで）の供試体における養生中と凍結融解試験終了までの粗骨材の飽和度の変化を示す。この結果から水中養生 2 週で粗骨材の飽和度はほぼ 100%に達し、以後変化がないことが分る。図-2、図-3 に水セメント比 48%および 55%、35%の場合について、1 週および 2 週水中

表-1 実験Ⅰに使用した配合

水セメント比 (%)	粗骨材率 (%)	目標スラブ (cm)	目標空気量 (%)	単位量 (kg/m ³)	AE 減水剤
水セメント比 (%)	粗骨材率 (%)	目標スラブ (cm)	目標空気量 (%)	水	粗骨材
48	48	12	5	344	165
		18		842	573
					1.29

使用材料

セメント：普通ポルトランドセメント（比重=3.16）
 粗骨材：厚川水系陸砂（表乾比重=2.60 絶対比重=2.54 吸水率=2.2% 粗粒率=2.70）
 粗骨材：人工軽量骨材（表乾比重=1.63 絶対比重=1.29 吸水率=26.5% 粗粒率=6.35）
 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）
 練り混ぜ水：地下水

表-2 実験Ⅱに使用した配合と使用材料

水セメント比 (%)	粗骨材率 (%)	目標スラブ (cm)	目標空気量 (%)	単位量 (kg/m ³)	高性能 A E 減水剤	流動化剤
水セメント比 (%)	粗骨材率 (%)	目標スラブ (cm)	目標空気量 (%)	水	粗骨材	粗骨材
35	44.0	12	5	170	486	704
48	46.5	12	5	172	358	792
55	48.0	12	5	170	309	639
		18			584	584
					0.39	0.895
					0.015	1.43
					0.772	0.012
					1.08	

使用材料

セメント：普通ポルトランドセメント（比重=3.16）
 粗骨材：大井川水系陸砂（表乾比重=2.58 絶対比重=2.53 吸水率=2.02% 粗粒率=2.76）
 粗骨材：人工軽量骨材（表乾比重=1.66 絶対比重=1.30 吸水率=27.7% 粗粒率=6.35）
 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：地下水

養生以降気中養生した時の粗骨材の飽和度の変化を示す。水セメント比 55% の場合も水中 2 週でほぼ飽和に達しているのに対し、水セメント比 35% の場合は飽和に至っていない。これは水セメント比が低い場合はモルタルマトリックスが緻密となり透水性が低くなるためと考えられる。乾燥養生中の水分の逸散のため気中養生の材齢に伴って急激に飽和度が低下している。同じ水セメント比 48% では水中養生期間 1 週より 2 週の方が、また、低い水セメント比の方が飽和度の低下の速度も量も小さくなっている。これも材齢による水和の進行度合いの差や水セメント比の差によるモルタルの透水性の違いによるものと考えられる。

凍結融解試験の結果は、凍結前の粗骨材の飽和度 40% 付近を境に大きく分かれる結果となった。耐久性が低い供試体での凍結融解試験中における飽和度の変化は水セメント比が小さい方が上昇が激しく、飽和度が 100% を超えているものがある。これは粗骨材のみでなく、劣化したモルタルマトリックスも吸水したためと考えられる。

図-4 に粗骨材の凍結前の飽和度と凍結融解試験による耐久性指数の関係を示す。この図より粗骨材の飽和度が約 40% 以下であれば十分な耐久性指数 60% を得られることが分る。つまり市販の高い含水率の軽量粗骨材 (比重、1.3 含水率 28%、飽和度 82%) を使用した軽量コンクリートでも骨材の飽和度が 40% 程度 (含水率 13%、コンクリート重量で 67kg/m^3 の水量逸散) にまで乾燥すれば室内試験において十分な耐凍害性を有することになる。

4. まとめ

- 1) 軽量コンクリートを水中養生すると吸水現象が起きる。この吸水は凍結融解試験の際に耐久性を低下させるように働く。
- 2) 軽量コンクリートの乾燥養生での水分の逸散の性状は材齢や水セメント比により大きく異なる。
- 3) 軽量コンクリートの凍結融解試験結果は凍結前の粗骨材の飽和度により大きく支配され、飽和度 40% 以下で十分な耐久性を得られる。
- 4) 低い耐久性を示した低水セメント比の軽量コンクリートの凍結融解試験の結果は劣化の状況が激しい。

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
 洪、鎌田：人工軽量骨材コンクリートの凍害機構に関する考察、セメント技術年報、No. 25, 1971
 藤木・国府・保坂・吉信：鋼橋の床版に用いた軽量コンクリートの耐凍害性 第 52 回年次学術講演概要集

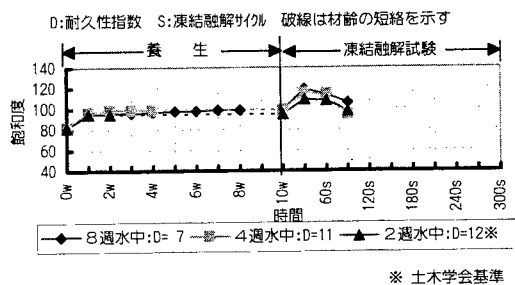


図-1 W/C48%水中養生

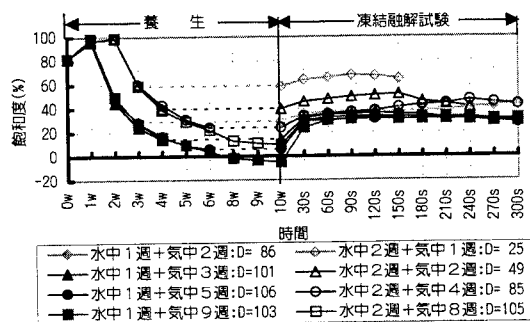


図-2 W/C=48% 水中養生+気中養生

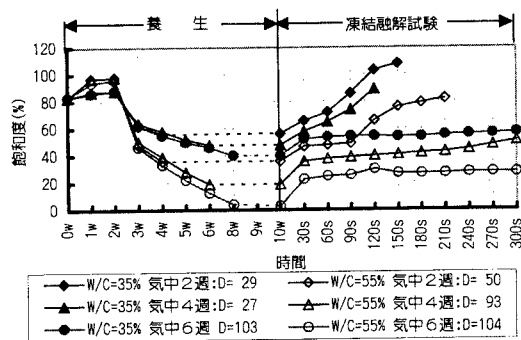


図-3 2週水中+気中養生

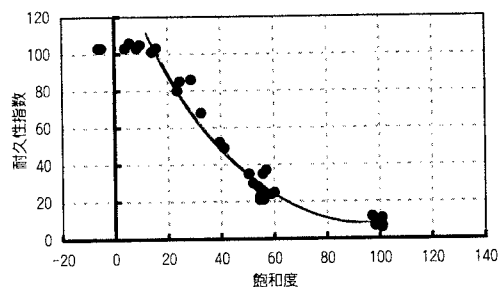


図-4 開始時飽和度と耐久性指数