

養生条件がコンクリートの凍結融解抵抗性に及ぼす影響について

(独) 土木研究所寒地土木研究所 正会員 ○吉田 行, 正会員 田口 史雄

1. はじめに

コンクリートの養生は、ひび割れなどの初期欠陥の防止や耐久性を確保する上で極めて重要である。特に寒冷期の施工においては、給熱養生の温度や期間の確保だけでなく、コンクリートが乾燥しない工夫が必要である。養生の標準については、土木学会のコンクリート標準示方書施工編に、セメントの種類や養生温度に応じた養生期間や養生終了後の留意点が記載されている。しかし、これらは初期凍害の防止や強度発現を考慮して定めているが、養生条件がコンクリートの耐久性に及ぼす影響については必ずしも明確になっていない。本研究では、特に寒冷期の施工を考慮し、養生条件がコンクリートの凍結融解抵抗性に及ぼす影響について検討した。

2. 使用材料および配合

表-1 コンクリートの配合

記号	セメントの種類	W/C (%)	空気量 (%)	s/a (%)	コンクリート単位量 (kg/m ³)				AE剤 (C×%)
					W	C	S	G	
N	NP	50	4.5	44	145	290	853	1073	0.0050
B	BE						851	1065	0.0088

セメントは、普通ポルトランドセメント(密度 3.16g/cm³, 比表面積 3,350cm²/g, 以下, N と記述)と高炉セメント B 種(密度 3.06g/cm³, 比表面積 4,020cm²/g, 以下, B と記述)の 2 種類を用いた。細骨材は、樽前産の海砂(密度 2.70g/cm³, 吸水率 1.25%, 粗粒率 2.75)を、粗骨材は、見晴産碎石(密度 2.66g/cm³, 吸水率 2.2%, 粗骨材最大寸法 25mm)を用いた。また、空気量を調整するために、AE 剤(樹脂酸塩系)を用いた。コンクリートの配合を表-1 に示す。水セメント比は 50%の 1 水準とし、目標スランプ 8cm±2.5cm, 目標空気量を 4.5±1.0%として、配合試験を実施して決定した。

AE 剤(樹脂酸塩系)を用いた。コンクリートの配合を表-1 に示す。水セメント比は 50%の 1 水準とし、目標スランプ 8cm±2.5cm, 目標空気量を 4.5±1.0%として、配合試験を実施して決定した。

3. 養生条件

養生条件として、養生温度は低温養生を想定した 5℃と一般的な 20℃の 2 水準、養生方法は水中養生および、実施工を想定して湿布養生と気中養生を組み合わせた方法の 2 水準とした。なお、気中養生について、20℃養生では、温度 20±2℃, 相対湿度 60±5%に制御された実験室内に静置し、5℃養生では、温度 6.4±2℃, 相対湿度 55±5%程度の実験室内に静置した。また、養生期間は、コンクリート標準示方書施工編に示されている湿潤養生期間の標準を考慮して、セメントの種類と養生温度の組合せに応じて湿潤養生期間を 3 から 12 日とし、湿潤養生終了直後から凍結融解試験を開始したケースや、湿潤養生後に各温湿度条件で材齢 28 日まで気中養生した後試験を開始したケースについて検討した。供試体の脱型は、20℃養生ではセメントの種類によらず材齢 1 日で行ったが、5℃養生では凝結の遅延および脱型時の供試体の破損を考慮し、普通セメントで材齢 2 日、高炉セメントで材齢 4 日とした。従って、各湿潤養生期間には、厳密には型枠内に封緘状態で静置されていた期間を含んでいる。

4. 試験方法

凍結融解抵抗性を把握するために、水中凍結融解試験と一面凍結融解試験を行った。水中凍結融解試験は、JIS A 1148 の A 法に準拠し、相対動弾性係数と質量変化により評価を行った。一面凍結融解試験は、ASTM C672 に準拠したスケーリング試験であり、220×220×100mm の角柱供試体の試験面に土手を設けて試験溶液を湛水し、-18℃を 16 時間、23℃を 8 時間の 1 日 1 サイクルで凍結融解作用を与えた。試験面は打設面とし、試験溶液には 3%NaCl 水溶液を用いた。なお、これらに併せて、圧縮強度試験も実施し、強度発現状況を調べた。

5. 圧縮強度発現

図-1 に湿潤養生日数と圧縮強度の関係を示す。横軸の湿潤養生期間とは、型枠存置期間を含めた日数であり、凡例の「湿布」については湿布養生期間を、凡例の「水中」は水中養生期間を意味する。なお、「湿布」の強度は、湿布養生後、材齢 28 日まで各温湿度で気中養生した後の圧縮強度を、「水中」は水中養生終了直後に実施した圧縮強度である。高炉セメントの 5℃養生における水中養生材齢 28 日が若干小さいのを除くと、全体として、湿潤養生期間が長いほど強度が大きくなることが示され、強度発現における湿潤養生期間の重要性が確認された。

キーワード 養生, 凍結融解, スケーリング, 圧縮強度

連絡先 〒062-8602 札幌市豊平区平岸 1 条 3 丁目 1-34 寒地土木研究所 耐寒材料チーム TEL: 011-841-1719

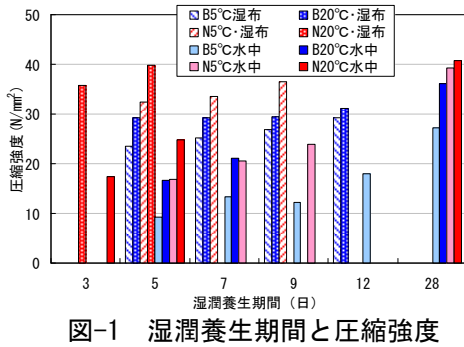


図-1 湿潤養生期間と圧縮強度

6. 水中凍結融解試験結果

図-2 に各養生ケースにおける水中凍結融解試験結果を示す。横軸の記号は「セメントの種類 (N, B), 養生温度 (5, 20°C), 養生の種類 (水中 W, 湿布 S), 養生日数 (5-28 日)」を意味しており、左図は、水中養生終了直後から凍結融解試験を開始し、右図は、所定材齢まで湿布養生後、材齢 28 日まで気中養生を行ったケースである。水中養生終了直後から凍結融解試験を開始した場合 (左図), 水中養生期間が長く養生温度が高いほど質量減少率は低下し、N は湿潤養生 7 日以下では耐久性指数が著しく低下した。これに対して、

B は、質量減少率は N より若干多いものの耐久性指数はいずれも高かった。一方、湿布養生後に気中養生したものは、湿布養生期間が短い場合でも耐久性指数の低下はみられず、質量減少は低下した。このように、凍結融解抵抗性はセメントの種類や養生条件により異なり、特に質量変化への影響が大きいことが明らかになった。

7. スケーリング試験結果

図-3 にスケーリング試験結果を示す。なお、凡例の記号は図-2 と同様である。全体に、スケーリング量は、N よりも B の方が多い傾向にある。水中養生直後に試験を開始したケースでは (いずれも下段の図), N の場合、5°C で材齢 28 日まで養生したケースのスケーリング量が最も多かったが、これを除くと、養生温度が高く、水中養生期間が長いほどスケーリング量が抑制される傾向がみられた。一方、B の場合、凍結融解 35 サイクル程度までは、水中養生期間が短いほどスケーリングが増加する傾向がみられたが、その後傾向は逆転し、100 サイクル時点では、水中養生期間が長いほどスケーリング量は増加する傾向がみられた。

これに対して、湿布養生後に試験開始材齢の 28 日まで気中養生を行ったケースでは (いずれも上段の図), N の場合、養生温度が高い方がスケーリング量は抑制されたがその差は極僅かであり、水中養生のケースを除くと、養生条件の違いによる明確な傾向はみられず、全体にスケーリング量は少なかった。一方、B の場合、水中養生直後のものに比べ、気中養生を行ったものは、凍結融解初期にスケーリングが増加したが、10 サイクル以降は増加割合が急激に低下し、ほぼ横ばいの傾向を示し、湿潤養生期間の違いによる明確な差はみられなかった。

以上から、スケーリング量は、セメントの種類により傾向が大きく異なり、それぞれ養生条件の影響を受けることが確認された。なお、スケーリング抵抗性については、試験を継続し、長期的な視点で評価する必要がある。

8. まとめ

以上から、セメントの種類や養生条件の違いにより、凍結融解抵抗性およびスケーリング抵抗性が異なることが明らかとなり、これらは強度だけでなくコンクリートの細孔構造や含水状態が影響していると考えられることから、今後これらの関係について検討を行う。

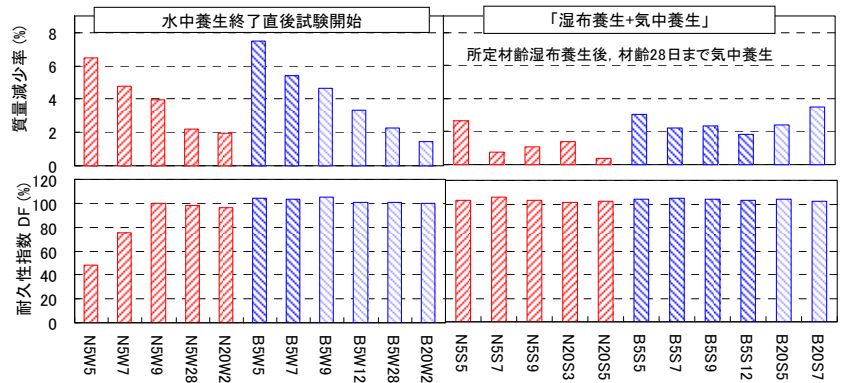


図-2 水中凍結融解試験結果

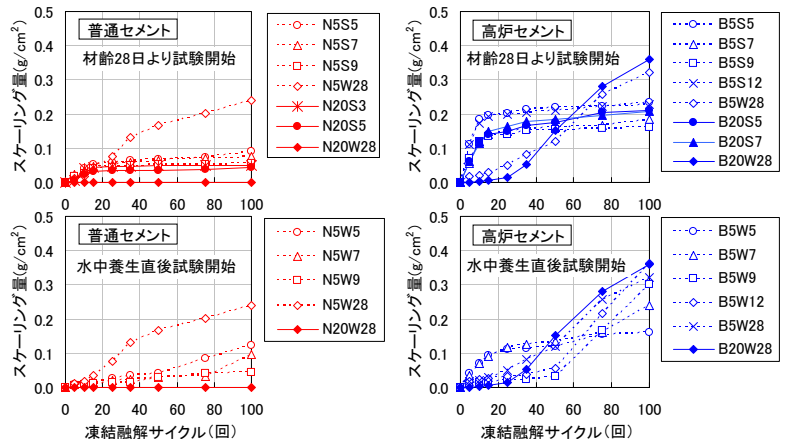


図-3 スケーリング試験結果 (ASTM 法)