

養生条件がコンクリートの中性化に及ぼす影響と品質評価方法に関する検討

(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

コンクリートの品質を確保するには養生が極めて重要であり、特に寒冷期の施工においては、適切な温度や期間等を設定する必要がある。他方、養生期間については、経済性や効率性の観点から、所要の強度が得られる期間を標準としている。しかし、強度増加と品質向上は相関があると考えられるものの、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。また、コンクリート構造物の品質を直接的に確認する方法についても確立されていない。本研究では、耐久性に及ぼす養生条件の影響として、中性化抵抗性について検討するとともに、コンクリートの品質評価方法として透気試験の適用性について検討した。

2. 使用材料および配合

セメントは、普通ポルトランドセメント（密度 3.16g/cm^3 ，比表面積 $3,340\text{cm}^2/\text{g}$ ，記号 N）と高炉セメント B 種（密度 3.05g/cm^3 ，比表面積 $3,750\text{cm}^2/\text{g}$ ，以下，記号 B）の 2 種類を用いた。細骨材は、苫小牧樽前産の海砂（密度 2.67g/cm^3 ，吸水率 0.87% ，粗粒率 2.85 ）を、粗骨材は、小樽市見晴産砕石（密度 2.68g/cm^3 ，吸水率 1.45% ，粗骨材最大寸法 25mm ）を用いた。また、スランプと空気量を調整するために、AE 減水剤（リグニスルホン酸塩系）と 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 45 ， 50 の 2 水準とし、目標スランプ $8\text{cm} \pm 2.5\text{cm}$ ，目標空気量 $4.5 \pm 1.0\%$ とした。

表-1 コンクリートの配合

記号	セメントの種類	W/C (%)	AE減水剤添加量 (C×%)	s/a (%)	コンクリート単位量 (kg/m ³)				AE剤 (C×%)
					W	C	S	G	
N45	N	45	0.25	44	145	322	832	1072	0.0052
N50		50	0.15			290	844	1077	0.0075
B45	B	45	0.20	44	145	322	827	1057	0.0093
B50		50	0.15			290	840	1074	0.0095

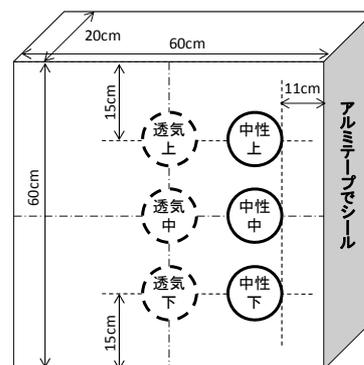


図-1 供試体概要

3. 供試体概要と養生条件

供試体概要を図-1 に示す。供試体は、上部を解放した内寸幅 $60\text{cm} \times$ 高さ $60\text{cm} \times$ 奥行き 20cm の木製型枠にコンクリートを 3 層に分けて打込み、各層とも棒状バイブレータによる締固めと、透気試験の実施を考慮して型枠面の空隙を抑制するためにスペーシング処理した。また、脱型後は両側面をアルミテープでシールした。

養生条件として、養生温度は 5°C と 20°C の 2 水準とし、養生方法は実施工を想定して、所定期間湿布養生を行った後に材齢 28 日まで気中養生を実施した。気中養生については、 20°C 養生では、温度 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ ，相対湿度 $60 \pm 5\%$ ， 5°C 養生では、温度 $5 \pm 2^\circ\text{C}$ ，相対湿度 $60 \pm 5\%$ に制御された実験室内に静置した。湿布養生期間は、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 5，7，12 日とし、セメントの種類と養生温度の組合せに応じて選定した。なお、脱型はコンクリート強度 5N/mm^2 を目安に、過去の試験実績を考慮して、普通セメントでは養生温度によらず材齢 2 日で、高炉セメントの 20°C 養生では材齢 3 日， 5°C 養生では材齢 4 日で行った。このため、各湿布養生期間には、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. 試験概要

中性化の検討については、JIS A 1153 に準拠して促進中性化試験を行い評価した。中性化試験用の供試体は、養生終了後に図-1 のように壁状供試体の上部，中部，下部の 3 カ所から $\phi 10 \times 20\text{cm}$ のコア供試体を採取し、コア側面をアルミテープでシールしてから促進試験を開始した。その後促進材齢 13 週でコア供試体を割劣して中性化深さを測定した。コンクリートの透気試験は二重チャンバー方式の表面透気試験機により行い¹⁾，湿布養生終了時と材齢 28 日において、図-1 に示すように壁状供試体の中央部を上下方向に 3 カ所，表裏面でそれぞれ測定した。

キーワード 養生，中性化，透気係数，品質評価

連絡先 〒062-8602 札幌市豊平区平岸 1 条 3 丁目 1 - 3 4 寒地土木研究所 耐寒材料チーム TEL : 011-841-1719

5. コンクリートの中性化深さ

図-2 に中性化促進 13 週後のコンクリートの中性化深さを示す。横軸の記号は「配合記号-養生温度 (5, 20°C), 湿布養生 S, 湿布養生日数 (5-12 日)」を, 「上中下」はコア採取高さを意味している。

中性化深さは, セメントの種類, 水セメント比の影響は明確であったが, ブリーディング等の影響による供試体高さ方向の違いについては, 明確な傾向はみられなかった。養生条件の違いについては, 同一セメント, 同一採取高さで比較すると, 概ね湿布養生期間が長いほど中性化深さは小さい傾向がみられた。また, 普通セメントでは明確ではないが, 高炉セメントでは同じ湿布養生期間でも 20°C 養生の方が 5°C 養生よりも中性化深さは小さく, セメントの温度依存性の影響がみられた。

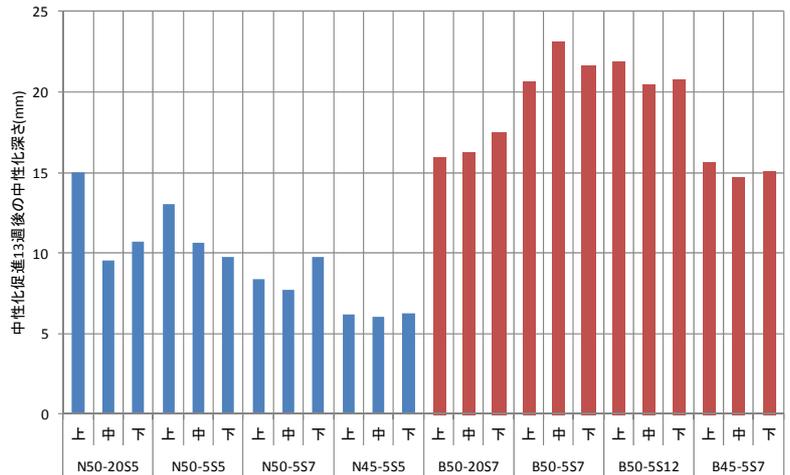


図-2 中性化促進 13 週後の中性化深さ

6. コンクリートの透気係数

図-3 に各コンクリートの透気係数を示す。上図は, 湿布養生後に材齢 28 日まで気中養生を行ったもの, 下図は湿布養生終了直後に測定したものである。なお, これらの値は含水等の補正を行っていない。いずれのケースでも, 特に湿布養生直後において, 透気係数は壁状供試体下部の方が上部よりも小さい傾向となり, 高さ方向の差が確認された。他方, 養生条件の違いや水セメント比の違いによる差は, 普通セメントでは (図-3 左), 特に気中養生実施後では明確とならなかった。これに対して, 初期の水和が比較的遅く, 初期養生が特に重視される高炉セメントでは (図-3 右), 養生条件の違いや水セメント比の違いによる差も確認され, 養生温度が高く, 湿布養生期間が長く, 水セメント比が小さいケースで透気係数は小さくなる傾向がみられた。また, 促進中性化試験の結果と透気係数を比べると, 中性化抵抗性を透気係数の絶対値により統一的に評価できないことがわかる。これは, 中性化が二酸化炭素の通りやすさだけでなく, コンクリート中の水酸化カルシウム量など化学的な反応等の影響により決まるためである。以上から, 透気係数によりある程度コンクリートの品質の違いを評価することは可能と考えられるが, セメントの水和や化学反応に影響される耐久性については統一的な基準での評価は困難であり, 透気試験によりコンクリートの耐久性を評価するには, コンクリートの含水状態の影響を含めてさらに検討する必要がある。

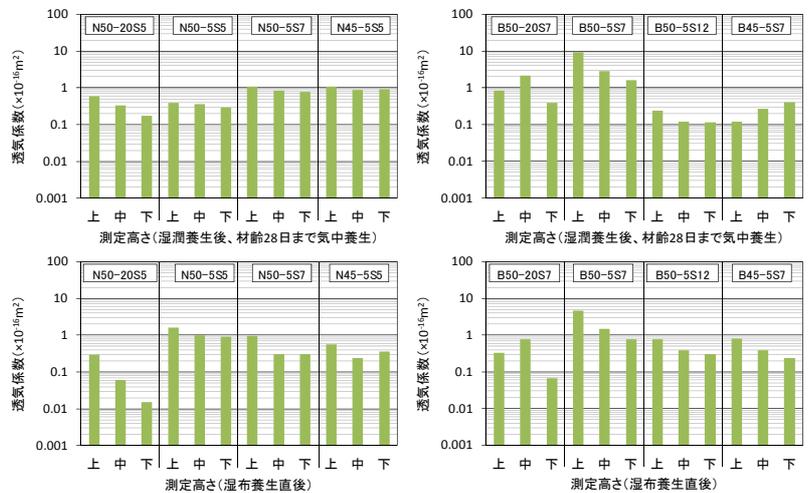


図-3 各コンクリートの透気係数

7. まとめ

養生条件の違いによりコンクリートの中性化抵抗性が異なることが確認され, 中性化に対する抵抗性を改善するには養生が重要なことが示された。また, コンクリートの透気係数は, コンクリートの品質の違いをある程度評価できるものの, 透気係数により耐久性を直接的に評価するには, さらに詳細な検討が必要である。

【参考文献】1) 今本啓一、下澤和幸、山崎順二、二村誠二：実構造物の表層透気性の非・微破壊試験方法に関する研究の現状, コンクリート工学, Vol.44, No.2, pp.31-38, 2006.2