給水型養生シートで養生したコンクリートの品質について（その 2　表面透気試験，促進中性化試験および SEM 観察の結果について）

（株）鴻池組　技術統括本部　正会員　○吉田涼平，正会員　為石昌宏，正会員　小山　孝
ユニチカ（株）　平泉　顕，　（株）クレイン　鶴原谷善一

1. 概要

近年，養生期間を材齢 28 日以上とすることや，型枠取り外し後のコンクリート表面を養生する新しい技術が複数研究開発され，実際に使用されている．そこで，筆者らは鉛直面や下面においても比較的容易に給水養生を実施できないか考え，若材齢時にコンクリート表面に水和反応に必要な水分を供給することが可能であり，また，コンクリート表面を長期的に保水することが可能な新しい給水型の湿潤養生シートを開発した．本編ではその 1 に引き続き，本養生シートによる養生がコンクリート供試体の表面透気係数および中性化に与える効果について述べる．また，供試体を SEM（走査型電子顕微鏡）で観察し，各種養生後のコンクリートの組成構造の状態について観察を行った．

2. 試験内容

試験ケースを表 1 に示す．コンクリートの配合は同一とし，全ての試験ケースにおいて養生方法および養生期間の違いによる 5 種類とした．養生方法は，養生なし，封緘養生，水中養生，養生シートの 4 種類とし，養生期間は7日（養生シートのみ）と28 日とした．供試体の配合を表 2 に示す．配合は，設計基準強度 24N/mm^2，スランプ 8±2cm，粗骨材の最大寸法 20cm，セメントは高炉セメント B 種を用いた．

表 1　試験ケース

No.	養生方法	養生期間（日）	備考
①	養生なし	－	材齢１日で脱型，以降，気中（20℃,RH60%）
②	封緘養生	28	材齢1日で脱型し，ビニルシートで密封 以降，気中（20℃,RH60%）
③	水中養生	28	材齢1日で脱型し， 以降，水中（20℃）
④	養生シート	7	材齢1日で脱型し，養生シートを7日間貼付け， 以降，気中（20℃,RH60%）
⑤		28	材齢1日で脱型し，養生シートを28 日間貼付けた（20℃,RH60%）

表 2　コンクリートの配合

W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m^3)			
		W	C	S	G
55.0	47.1	166	302	849	960

3.　試験結果および考察

3.1 表面透気試験

試験体は平板供試体（長さ 200mm，幅 200mm，高さ 60mm）とし，各ケースの条件に従った養生を実施した後コンクリート表面の水分率が 5%以下であることを確認し，材齢 28 日で試験を実施した．試験方法は Torrent 法により表面透気係数（kT 値）を計測した．本養生シートで養生した供試体の表面透気係数は，⑤28 日養生で 0.0017×10^{-16}m^2 であり，③28 日間水中養生（0.0021×10^{-16}m^2）と比較し 19%の低減が，②28 日間封緘養生（0.0052×10^{-16}m^2）と比較し 67%の低減が確認された．また④養生シートで 7 日間養生した表面透気係数は，0.0049×10^{-16}m^2 であり，⑤28 日間養生した場合より大きな数値ではあったが，②封緘養生 28 日と比較すると 9%の低減が確認された．このことは，本養生シートで養生することで，若材齢時においてコンクリートに水分が供給され，水和反応が十分に促進されたことによりコンクリート表面が緻密化したことによると考えられる．

3.2 促進中性化試験

材齢 28 日まで各ケースの条件に従い養生を実施した後，温度 20℃，相対湿度 60%の条件で 1 ヶ月間乾燥させ，促進環境条件を温度 20℃，相対湿度 60%，二酸化炭素濃度 5%とし，JIS A 1153「コンクリートの促進中性化試験方法」に準拠して実施した．中性化深さの測定は，促進期間を 1 週，4 週，8 週とし，JIS A 1152「コンクリートの中性化深さの測定方法」に準拠した．測定は粗骨材の影響を受けていない 10 箇所とし，その数値の平均値を試験結果とした．

全試験ケースの中性化深さと促進期間の関係を図 1 に示す．促進材齢 8 週の中性化深さに着目すると②封緘 28 日（14.9mm）と④養生シート7日（14.5mm）の中性化深さは，③水中 28 日（14.2mm）と概ね同等であった．それに対し⑤養生シート 28 日（12.6mm）の値は小さく，③水中 28 日と比較すると 11%中性化が抑制されることが確認された．このこ

キーワード：養生，養生シート，給水養生，表面透気係数，中性化，SEM
連絡先　　：〒541-0057　大阪府大阪市北久宝寺町 3-6-1　本町南ガーデンシティ　TEL 06-6245-6567

とより，本養生シートで 7 日間養生することで，水中養生を 28 日間したものとほぼ同等の中性化に対する抵抗性を有し，さらに養生シートで 28 日間養生することで，水中養生を 28 日間したコンクリート以上の中性化に対する抵抗性を有することが確認できた．図 2 に中性化速度係数と表面透気係数の関係を示す．表面透気係数が大きくなるほど中性化速度係数も大きくなる傾向が見られ，なおかつ相関係数も 0.86 と高く，本試験においても，両者間の相関が大きいとする既往の研究[1)]と同様の結果が得られた．

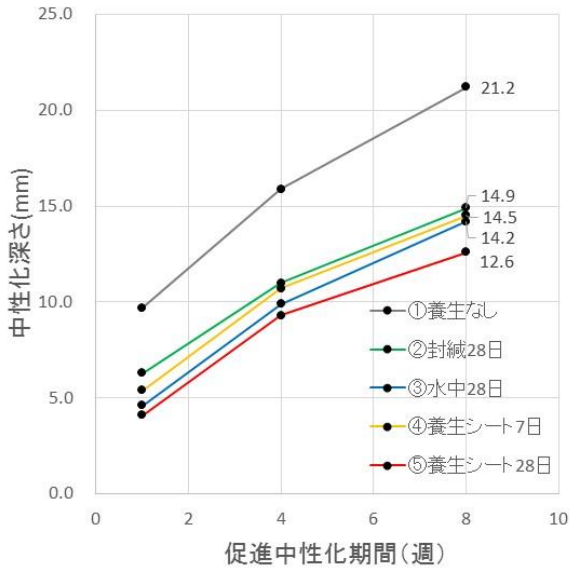

図 1　中性化深さ

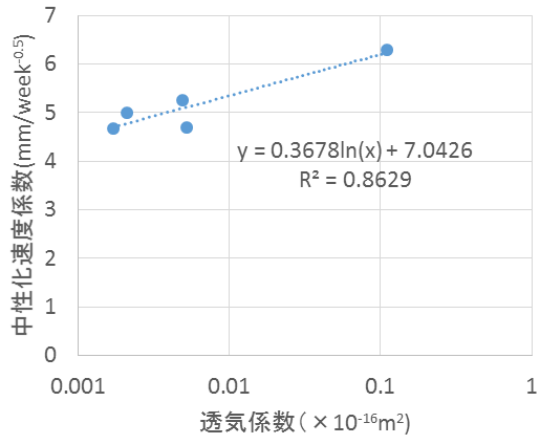

図 2　中性化速度係数と表面透気係数の関係

3.3 SEM による組成構造観察

材齢 28 日まで各条件に従い養生を実施した後，試験体の表面付近から試料を採取し，走査型電子顕微鏡(以下，SEM と表記する)を用いて内部組成構造の観察を実施した．なお，試料は，事前に導電性処理(蒸着処理)を施した．写真 1 に②封緘 28 日の SEM 画像を，写真 2 に⑤養生シート 28 日の SEM 画像を示す．なお，いずれの画像も倍率は 5000 倍のものである．②封緘 28 日では，多数の箇所において水和初期に発生する針状結晶(エトリンガイト)が確認でき，空隙が多い状態が確認できる．一方，⑤養生シート 28 日の場合は，これらの針状結晶が見られず，密実な安定した水和生成物(モノサルフェート等)が見られた．このことは，本養生シートで養生することで，若材齢時においてコンクリートに水分が供給され，水和反応が十分に促進されたことによると考えられる．

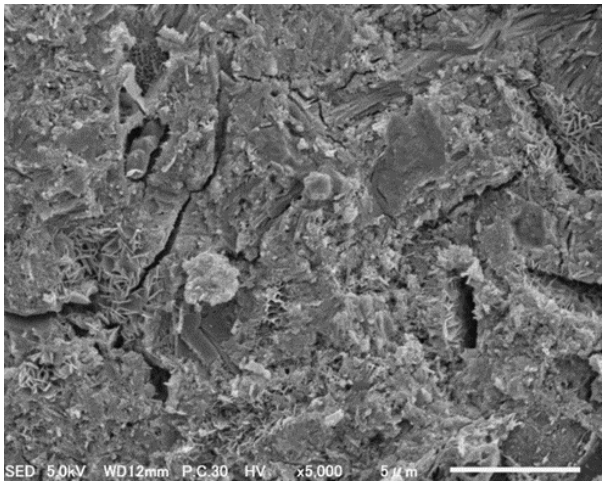

写真 1　SEM 画像（②封緘 28 日）

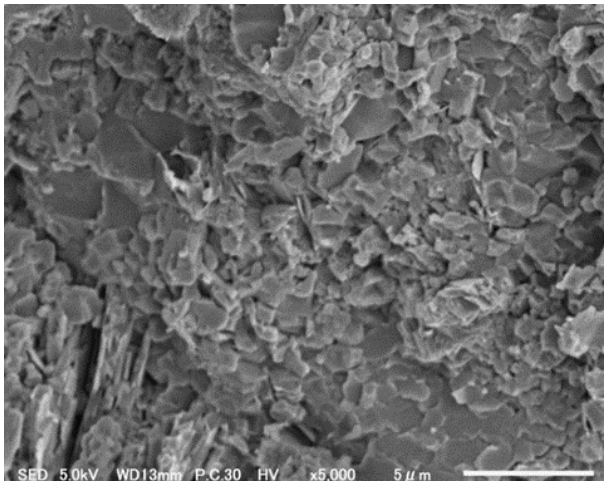

写真 2　SEM 画像（⑤養生シート 28 日）

4. 結論

給水型の湿潤養生シートである本養生シートを用いた養生を行うことで，同期間水中養生を行ったコンクリートと同等の表面透気係数，同等以上の中性化に対する抵抗性を得ることを，また，同期間封緘養生を行ったコンクリートに比べ，コンクリートが緻密な組成構造になっていることを確認することができた．

参考文献

1) 田中章夫他：ダブルチャンバー方を用いた既存鉄筋コンクリート造建築物の中性化予測に関する基礎的研究，コンクリート工学年次論文集 Vol.33，No.1，2011