

水分逸散を抑制する養生がコンクリート表層の組織に与える影響

鹿島建設(株) 正会員 ○中村佳大 向 俊成 芦澤良一 渡邊賢三 柳井修司

1. 目的

コンクリートの耐久性に影響する要因の一つとして、コンクリートの表層品質が挙げられる。表層品質を改善するために種々の養生方法が検討されている¹⁾が、これらの養生方法がコンクリートの微細な組織に及ぼす影響について検討した研究は少ない。本研究では、3種類の水分逸散を抑制する養生を行った試験体について、非破壊試験により表層の物性を測定するとともに、SEM画像や空隙の分析によりコンクリートの微細構造を評価した。

2. 実験概要

表-1に使用材料およびコンクリートの配合を示す。コンクリートは高炉セメントB種を用いた水セメント比52.2%のものとし、目標スランプを 12 ± 2.5 cm、目標空気量を $4.5\pm1.5\%$ とした。試験体は実大規模の底版とし、幅9.0×長さ9.0×高さ1.2mとした。材齢7日で型枠を取り外した後、試験体の側面にシートA~Cによる3種類の養生を行った。シートAは型枠に熱可塑樹脂製シートを貼り付けた状態でコンクリートを打ち込み、脱型時にシートのみをコンクリート表面に残置させることで、表面を一度も外気に曝すことなく水分逸散を抑制するものである。シートBおよびCは脱型後のコンクリート表面に貼り付けることで、コンクリート表面からの水分逸散を抑制するものである。ここで、シートCの表面には空気による断熱層が設けられている。比較として材齢7日まで型枠を存置したのち、脱型して表面を外気に曝したケースを検討に加えた。写真-1にシートA~Cによる養生状況を示す。シートA~Cは材齢91日で撤去した。

各シートの撤去後、材齢119日でSWATによる表面吸水速度およびTorrent法による透気係数の測定を行った。また、各ケースの高さ800mmの位置においてφ35mmのコアを採取した。コア表面からの深さ15mmまでの表層部分および合板7日のケースにおいてはコア表面からの深さ100~115mmの内部について、水銀圧入法による空隙径分布を測定した。測定はコア試験片から粗骨材を取り除いたモルタル分について行った。また、シートAおよび合板7日のケースでは表面部分から採取した試料を研磨し、23枚のSEM像(反射電子像)を撮影した。SEM像は倍率を750倍で一定とし、骨材を避けてペースト部分を撮影した。SEM像からピクセルの明度に応じて未水和物、水和物および空隙に分類し、それぞれの面積を求めてセメントの反応率を算出した。セメントの反応率は、未水和物の面積を完全水和した場合の水和物の面積に換算し、(水和物の面積)/(水和物の面積+未水和物の面積×n)によって求めた。ここで、セメントは水和により粒子の体積が約2倍になるとされていることから²⁾、n=2として計算を行った。

3. 実験結果

図-1にSWATおよびTorrent法の試験結果を示す。表面吸水速度は合板7日が一般のランクであったのに対し、シートA~Cにより材齢91日まで養生した

表-1 使用材料および配合

W/C (%)	目標スランプ (cm)	目標空気量 (%)	単位量 (kg/m ³)					
			W	C	S1	S2	G	Ad
52.2	12±2.5	4.5±1.5	168	322	546	293	960	3.22

W:地下水, C: 高炉セメントB種 (密度: 3.04g/cm³), S1: 砕砂(表乾密度: 2.63g/cm³, 粗粒率: 3.10), S2: 山砂(表乾密度: 2.59g/cm³, 粗粒率: 1.70), G: 碎石 2005(表乾密度: 2.65g/cm³, 実積率: 59.0%), Ad: AE減水剤(リグニンスルホン酸塩)

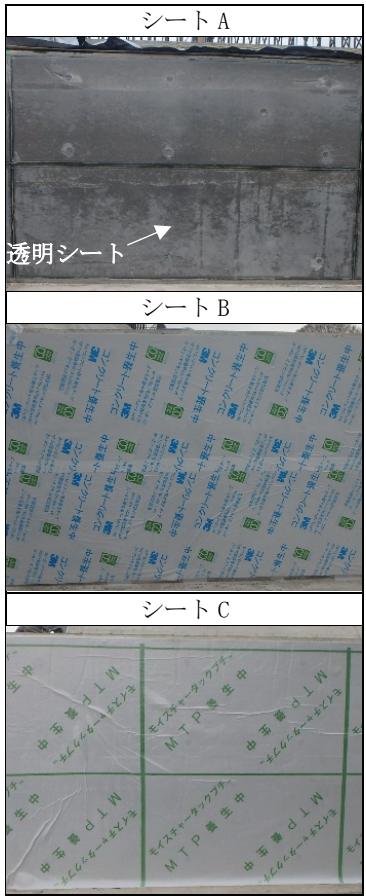


写真-1 脱型後の状況

キーワード: 湿潤養生, 表層品質, 水和度, SEM像

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-489-6749

ケースでは良いランクとなった。また、透気係数は全てのケースで良いランクとなったが、合板 7 日と比べてシート A~C による長期間の養生を行うことで透気係数が小さくなった。以上の結果より、シート A~C により 91 日間の長期の養生を行うことで表層品質が改善することが確認された。また、シート A~C の養生方法の間では、表面吸水速度はシート B で最も小さく、透気係数はシート A で最も小さくなった。

水銀圧入法による $0.05 \sim 30 \mu\text{m}$ の積算空隙量を図-2 に示す。シート A~C は合板 7 日に比べて空隙が減少した。長期間にわたり湿潤状態に保ったため、コンクリートの組織が緻密になったと考えられる。長期の養生を行ったシート A~C に着目すると、シート A の空隙が最も少なく、合板 7 日の内部から採取した試料に近い積算空隙量となった。これは、脱型直後からシート貼付けまでの乾燥などが原因と考えられる。

写真-2 にコンクリートの表層部分の SEM 像を示す。シート A では大部分が水和物であることが確認された。一方で、合板 7 日のケースではシート A に比べ水和物の面積が小さく、空隙の面積が大きくなる傾向があることが確認された。なお、水和物と空隙の中間の明度のものは、試料の研磨に使用した樹脂が空隙部分に充填されたものである。

SEM 像の分析により得られたセメントの反応率と深さの関係を図-3 に示す。セメントの反応率は合板で 7 日養生のケースに比べ、シート A で 91 日養生の方が全体的に大きくなる傾向が確認された。また、表面近傍の方が深さ 6mm 程度の位置に比べ、養生によるセメントの反応率の向上が大きいことが認められた。これは、コンクリート表面からの水分逸散を長期にわたり抑制したことで、セメントの反応が長期間継続したためと考えられる。また、セメントの反応率の向上によって、コンクリート表面の組織が緻密となり、空隙の減少や表面吸水速度および透気係数が改善したものと考えられる。

4. まとめ

コンクリートの脱型後も長期にわたり水分逸散を抑制することで、表面吸水速度および透気係数が改善されることが確認された。また、コアの分析の結果から、長期の養生によりセメントの反応率が大きくなり、空隙量が減少して組織が緻密化することが確認された。

参考文献

- 1) 温品ら：種々の結合材を用いたコンクリートに対する長期特殊シート養生の効果，コンクリート工学年次論文集，Vol. 38，No. 1，pp. 747-752，2016。
- 2) 相川豊：充填率と水和反応に関する理論的考察およびセメント最適設計への応用，東京大学大学院博士論文，2016

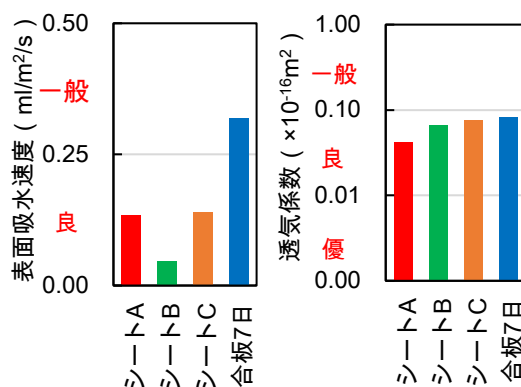


図-1 非破壊試験結果

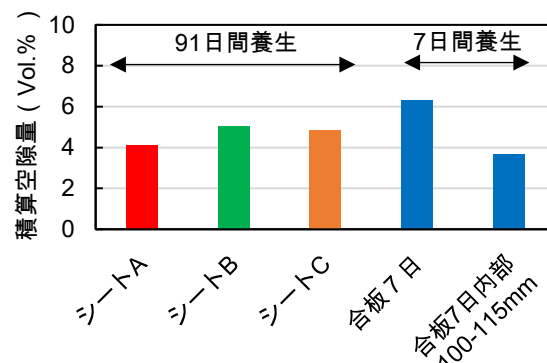


図-2 細孔径分布測定結果

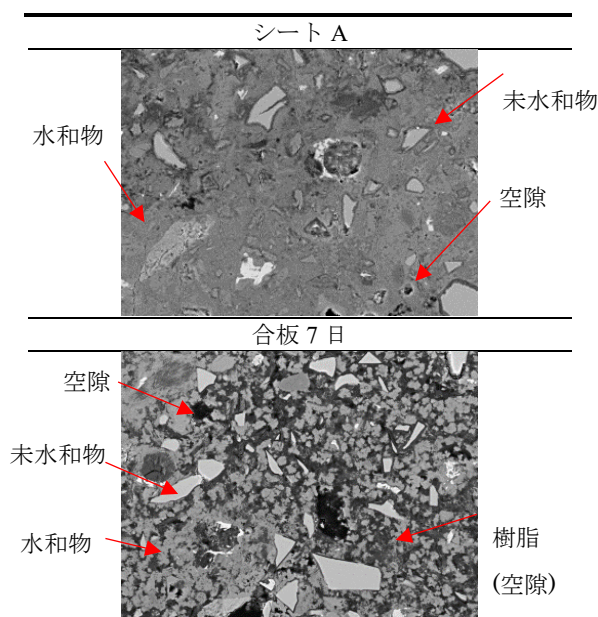


写真-2 SEM 像 (一部抜粋)

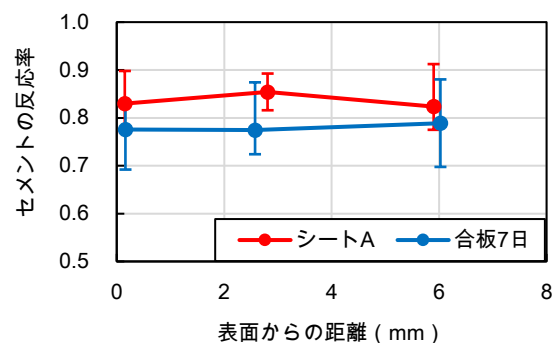


図-3 セメントの反応率の測定結果