

高分子湿度センサーを用いたコンクリート中の相対湿度測定 その2 乾燥収縮と乾湿繰り返し

正会員 ○松村 宇\* 正会員 桂 修\* 正会員 谷口 円\*  
正会員 関口岳彦\* 正会員 浜 幸雄\*\*

相対湿度 コンクリート 温度  
乾燥 吸水 高分子湿度センサー

1. はじめに

コンクリート内部の水分状態はコンクリートの諸物性に大きく影響することが定性的に知られている。強度増進にはセメントと水和反応する水が必要であり、乾燥状態では強度増進が滞ることが知られている。また、コンクリート中からの水分の逸散による乾燥収縮はひび割れの大きな原因となる。中性化の進行は雰囲気相対湿度が40~60%で速く、さらに、ほとんど飽水状態に近い水分がなければ凍害は発生しないことが知られている。このように、多くの物性、劣化現象に関与する水分状態であるが、これまでにコンクリート内部の水分状態を把握した研究は少ない。セラミックセンサーや電極を埋設して静電容量や比抵抗の変化から含水量や相対湿度を算定する方法が示されているが、これらの方法は長期にわたるキャリブレーションが必要であり、また、比抵抗を用いる方法では、毛管水中のイオン濃度が変化する初期材齢での適用は困難であった。本研究では、その1で報告した高分子湿度センサーをコンクリート内に埋め込み、乾燥過程での相対湿度分布の経時変化を測定し、乾燥収縮性状との対応を検討した。さらに、乾燥後の吸水性状、吸水後の乾湿繰り返し下での内部相対湿度変化を測定した。

2. 実験の概要

コンクリートに使用した材料はセメントに普通ポルトランドセメント、細骨材は当麻産砂(比重2.59、吸水率2.66)、粗骨材は当麻産陸砂利(比重2.6、吸水率1.94、最大寸法25mm)とした。混和剤は変成リグニンスルホン酸化合物を主成分とするAE減水剤を使用した。水セメント比は50%とし、目標空気量4.5%、目標スランプ18cmとした試し練りにより調合を決定した。調合を表1に示す。

混練は2軸強制練りミキサーを用いて行った。練り上がり性状を表1に示す。

乾燥収縮試験用の試験体は10×10×40cmの角柱体とし、両端に長さ測定用のゲージプラグを埋めこんだ。内部相対湿度測定用試験体は同じ寸法とし、相対湿度センサーの透湿面が表面から2、7、25、50mmの位置になる

表1 コンクリートの調合および練り上がり性状

W/C (%)	細骨材率 (%)	単位容積重量 (kg/m <sup>3</sup> )				容積 (l/m <sup>3</sup> )			練り上がり性状	
		水	セメント	細骨材	粗骨材	セメント	細骨材	粗骨材	スランプ (cm)	空気量 (%)
50	44.0	168	336	777	991	106	300	381	18.4	4.8

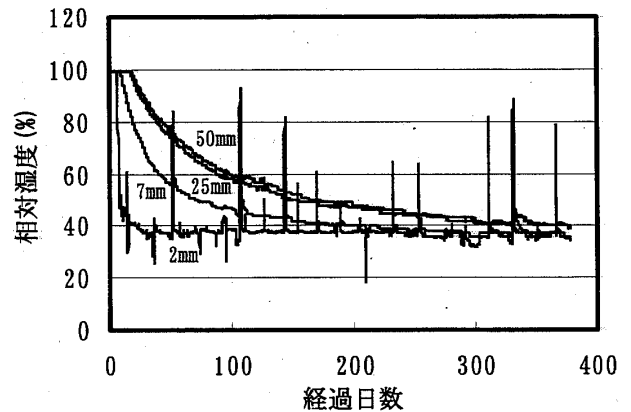


図1 コンクリート内部相対湿度の経時変化

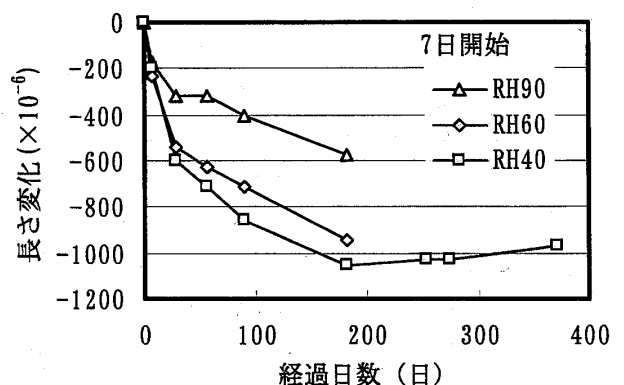


図2 長さ変化測定結果

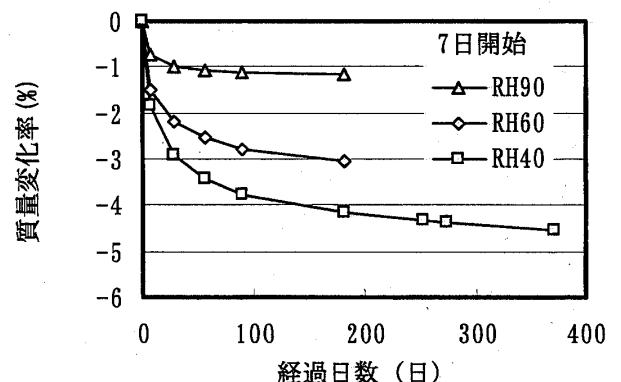


図3 質量変化測定結果

Measuring Relative Humidity in Concrete by Polymer Humidity Sensor Part 2 Dry Shrinkage and Dry-Suction Cycle

MATSUMURA Takashi, KATSURA Osamu, TANIGICHI Madoka  
SEKIGUCHI Takehiko, HAMA Yukio

ようプラスチック材料で固定し、コンクリートを打ち込んだ。圧縮強度試験用試験体は10φ×20cmの円筒形とした。打ち込み後の試験体は材齢7日まで温度20℃で型枠内で封緘養生し、型枠解体後、直ちに乾燥を開始した。乾燥条件は温度20℃で相対湿度40%、60%、90%とし、相対湿度40%の乾燥条件で内部相対湿度分布の経時変化を測定間隔1時間で測定した。乾燥相対湿度90%、60%の試験体は半年まで乾燥収縮の測定を行い、乾燥相対湿度40%の試験体については1年まで測定を継続した。

1年まで乾燥中の内部相対湿度変化を測定した試験体は、その後、水中で吸水し、吸水過程の内部相対湿度変化を測定した後、乾湿繰り返しを加えた。乾湿繰り返しの条件は、温度20℃、相対湿度60%で4日間乾燥後、イオン交換水噴霧を1日間とするサイクルとした。

### 3. 実験結果及び考察

乾燥開始時のコンクリートの圧縮強度は18N/mm<sup>2</sup>、標準養生した材齢28日では28.5N/mm<sup>2</sup>であった。乾燥過程のコンクリート内部相対湿度の経時変化を図1に示す。表面から2mmの位置では、乾燥が速く、乾燥開始後約7日で相対湿度40%に低下した。それに対し、表面から7mmの位置では、相対湿度40%まで乾燥するのに約170日を要し、さらに25mm、50mmでは350日を要した。2mmの位置で時折測定値が振れているのは試験槽の開閉による影響と考えられるが、7mm以上の深さではこれらの短期的な外乱による影響は認められなかった。図2に乾燥中の長さ変化測定結果を、図3に質量変化測定結果を示す。乾燥開始から7日で長さ変化が現れているが、この時点では表面から25mmと中心部は相対湿度95%以上であり、表面付近の収縮により内部が圧縮された状態にあり、その後の緩やかな長さ変化は試験体中心部のゆっくりとした収縮によるものと考えられる。乾燥開始後半年から1年の緩やかな質量変化は中心部付近の相対湿度変化と対応している。

乾燥後の試験体を水中で吸水した際の内部相対湿度変化を図4に示す。乾燥と比較して、吸水時の相対湿度変化は非常に速く、表面から2mmの位置では30分以内に、7mmの位置でも1時間以内に相対湿度が95%以上に達している。また、中心近くの25mmと50mmの位置では、表面付近と比較して相対湿度上昇速さが遅くなっている。乾燥と吸水の速さの差は、乾燥が水蒸気の拡散と吸着水の表面水流による水分移動であるのに対し、吸水は毛管吸水を含む液水の移動が主となり、移動量に大きな差があるためと考えられる。

図5に乾湿繰り返し時のコンクリート内部相対湿度変化を示す。乾燥4日、吸水1日の繰り返し条件では、表面から2mmの位置でのみ内部相対湿度の変化が認められた。図1の初期段階では、経過日数4日で7mmの位置での相対湿度が低下し始めていたが、吸水後の乾燥では相

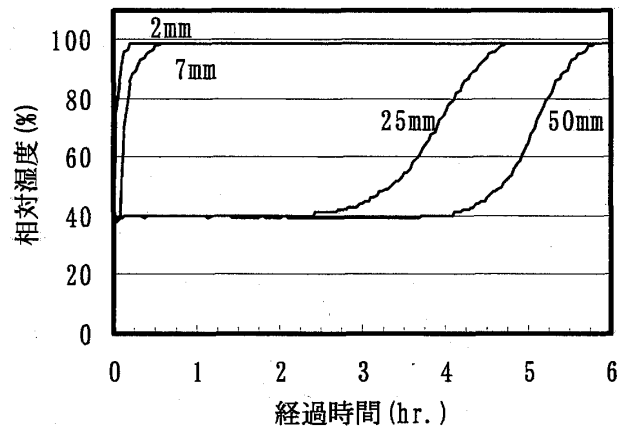


図4 吸水時のコンクリート内部相対湿度変化

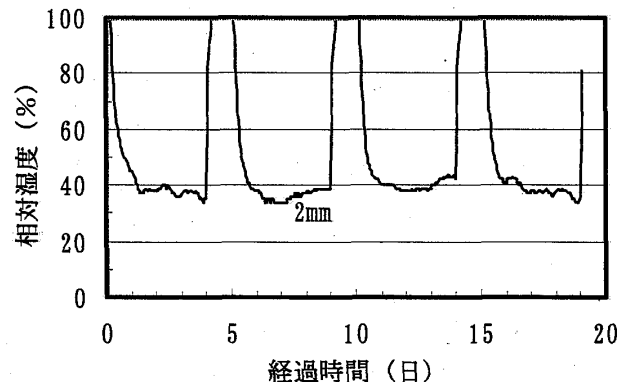


図5 乾湿繰り返し時のコンクリート内部相対湿度変化

対湿度の低下は認められない。型枠解体時にはセメントの水和による水の消費でコンクリート内部の相対湿度がやや低下した状態であったことが相違の原因であると考えられるが、明らかではない。

以上、乾燥過程、吸水過程、乾湿繰り返し過程のコンクリート内部相対湿度変化の測定結果を示した。本研究の範囲ではないが、中性化も内部の水の状態に影響され、雰囲気乾燥条件が相対湿度40～60%程度で進行が速いことが知られている。通常の促進中性化試験は湿潤養生後の試験体を4週間乾燥させてから開始されるが、結果として得られる中性化深さには、内部相対湿度の低下速さが含まれている可能性が否定できない。実際の構造体コンクリート内部の水分状態の把握、仕上げ材による影響等が明らかになると、コンクリートの劣化抑制に最適な水分状態に保つ技術も開発されるものと期待される。

### 4. まとめ

コンクリートの乾燥過程における内部相対湿度の経時変化を測定し、乾燥収縮性状と対比した。また、吸水過程、乾湿繰り返し時の内部相対湿度の変化を明らかにした。

\* 北海道立北方建築総合研究所

\*\* 室蘭工業大学建設システム工学科 助教授・博士 (工学)

\*Hokkaido Northern Regional Building Research Institute

\*\*Assoc. Prof., Muroran Institute of Technology, Dr. Eng.