

## 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1 センサーの測定精度

正会員 ○桂 修\* 正会員 谷口 円\* 正会員 関口岳彦\*  
正会員 浜 幸雄\*\* 正会員 松村 宇\*相対湿度 コンクリート 温度  
乾燥 養生条件 高分子湿度センサー

## 1. はじめに

コンクリートは打設後の養生条件により、強度や耐久性が変わることが知られている。温度が高い場合には水の水和反応が速く進行し、硬化体の組織が緻密になる結果、強度が高く、凍結融解抵抗性や中性化の進行抑制、塩分浸透の抑制が期待される。温度と並んで乾燥の影響もコンクリートの物性に大きな影響を与えることが知られている。打設後に急激な乾燥を受けた場合にはプラスチックひび割れの発生や、強度増進の遅れが生じるため、養生の重要性が指摘されている。また、硬化後のコンクリートにおいても、コンクリート中の水分状態は耐久性に大きな影響を及ぼすことが知られている。凍害は内部に十分な水分が無い場合には発生せず、相対湿度90%以下では凍害による劣化は起きえないとした報告もある。また、相対湿度が高い範囲では、コンクリート内部への二酸化炭素の拡散が抑制され、中性化の進行が遅くなること、塩分のコンクリート中への浸透は内部相対湿度が高い方が速いこと等が定性的に示されている。このように硬化後のコンクリートの物性に大きな影響を与える内部相対湿度については、これまで、湯浅らや桂らによる静電容量や電気抵抗の測定結果から算定する方法が示されているが、相対湿度の算定に当たっては同一のコンクリートでセンサーのキャリブレーションが必要となり煩雑さがあつた。そのため、これまでコンクリート中の水分状態を表す内部相対湿度については、その影響が大きいにもかかわらずデータの蓄積が不足している。

本研究では、市販の高分子湿度センサーを備えた小型温湿度センサーに防水・透湿処理を施したうえで、コンクリート中の所定の位置に埋設し相対湿度の変化を自動測定・記録する方法を示すため、センサーの測定精度、温度依存性について検討を行った。

## 2. コンクリート埋設用温湿度センサー

センサー内へ液水は浸透しないが蒸気は透過するよう、市販の高分子湿度センサーの1側面に防水透湿紙を接着し、この部分の湿度を測定することとし他の面及び電子部品を樹脂で封緘したものをセンサーとした。高分子湿度センサーの外形寸法は25×13×5mmであり、使用している高分子材料の湿気による静電容量の変化を測定し、相対湿度に換算するものである。また、温度測定にはサーミスタを使用している。センサーを専用のデータロガーに接続し自動測定・記録を行った。今回使用し

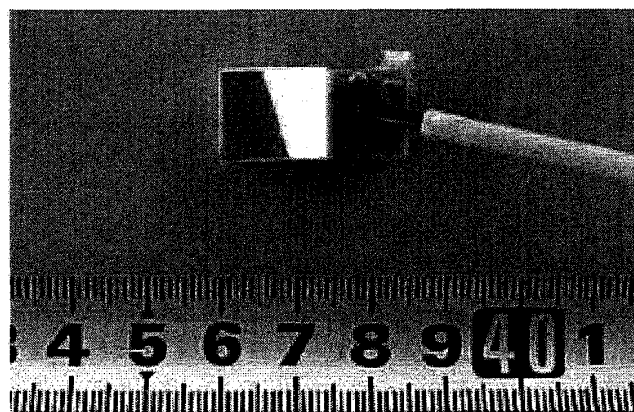


写真1 コンクリート埋めこみ用温湿度センサー

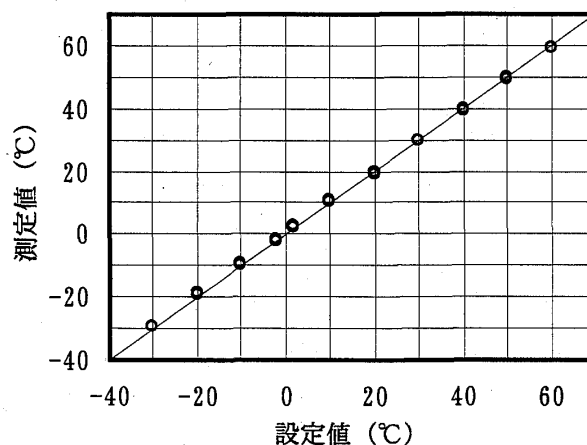


図1 温度測定結果

たセンサーの仕様上の相対湿度測定範囲は10~95%、測定精度は±5% (25°C, 50%RH) である。写真1に防水・透湿処理を行ったセンサーを示す。

## 3. 温度測定精度の検討

温度の測定精度の検討には、平衡調温調湿方式の恒温恒湿槽を用いた。仕様上の温湿度変動幅は±0.3°C、±2.5%RHである。センサーを10個槽内に静置し、設定温度を-30°Cから60°Cまで、約10°Cごとに順次変化させ、槽内温度の測定を行った。恒温恒湿槽の管理温度と10台のセンサーの測定温度を図1に示す。測定した温度の範囲で良い直線性が示されている。10台の温度センサーの測定値と設定値の差の各温度での標準偏差を図2に示す。-30°Cから60°Cの範囲で、センサー間の差の標準偏差は0.2°C以下であり、コンクリート内部の温度測定に

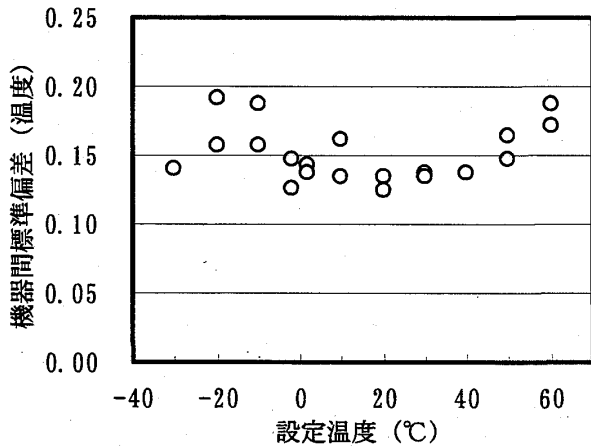


図2 機器間の温度測定値のばらつき

は十分な安定性を示すと考えている。

4. 相対湿度測定精度の検討

相対湿度の測定精度の検討には分流式精密恒湿発生装置を用いた。湿度発生範囲は0~100%、湿度発生精度は±1%である。測定時の温度は25℃とし、3台のセンサーを試験槽内につり下げた状態で測定を行った。1%~95%まで約10%ごとに発生相対湿度を設定し測定した結果を図3に示す。相対湿度20%以下の低湿度範囲では、今回用いたセンサーは設定値よりも高い値を示す。相対湿度30%~80%の範囲では両者は良い直線性を示すが、相対湿度80%を超える高湿度の範囲では設定値よりも高い値を示し、相対湿度95%以上では最高指示値の99%を示した。今回使用したセンサーでは相対湿度95%が測定の上限であり、凍害や強度増進で関心事となる95%以上の極めて高い湿度範囲には適用できないが、中性化や乾燥収縮を対象とした測定には対応可能と考える。

図4に各相対湿度でのセンサー測定値と設定温度との差の標準偏差を示す。20%以下では機器間のばらつきが大きい、30%以上の相対湿度範囲では約1%となり、比較的安定している。今回使用した機器では温度が0℃以下の範囲で恒湿度を発生させることはできない。そのため、屋外暴露試験場(旭川市)の試験体横に露出で設置したセンサーの測定値と、暴露場内に設置されている通風式温湿度計(英弘精機製)による測定値の差を検討した。測定値の差と温度の関係を図5に示す。基準とした通風式温湿度計はメンブレンフィルター付き高分子湿度センサーを用いており、仕様上の湿度測定範囲は0~100%、測定精度は±2%であり、信頼性の高い機器とされている。0℃以下の温度での相対湿度測定は今回使用するセンサーの仕様外であるが、低い温度では低い相対湿度測定値が得られることが示されている。露出で設置していたため、日射、降雨、降雪、風の影響を含む測定値であり厳密には校正曲線を示すことは適当ではないが、図中実線で示すように温度が1℃低下すると測定値

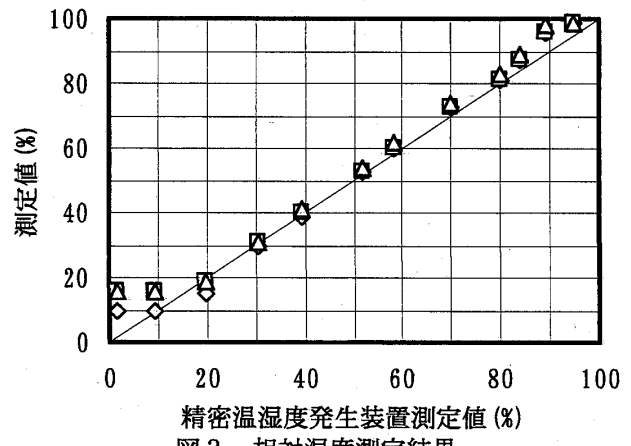


図3 相対湿度測定結果

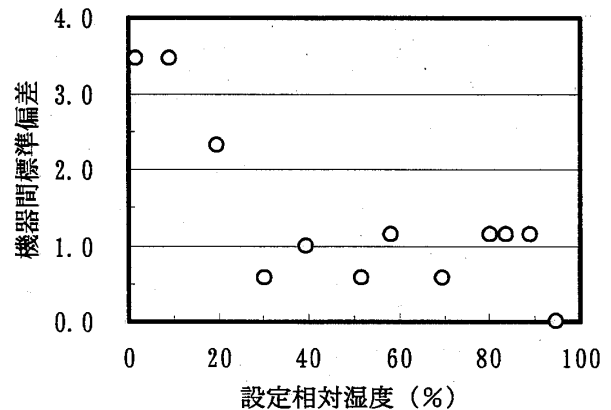


図4 機器間の相対湿度測定誤差

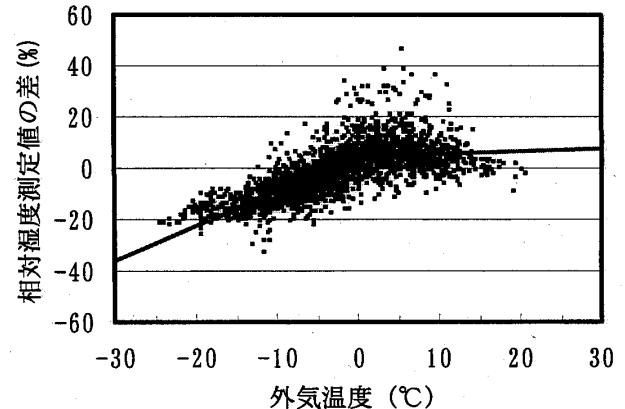


図5 0℃以下での相対湿度センサー特性

も約1%低下する傾向がある。

5. まとめ

市販の小型温湿度センサーに防水・透湿加工を施し、コンクリート内部埋め込みセンサーとして使用することを前提にその測定精度を検討した。その結果、相対湿度95%以上および20%以下の範囲では測定できないことが明らかとなった。また、0℃以下の温度条件下での校正は今後の課題となる。

\* 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.