

表面吸水試験による傾斜面を有するコンクリートの品質評価法の開発

香川高等専門学校 学生会員 ○三谷聖 正会員 林和彦 正会員 長谷川雄基

1. はじめに

コンクリートの品質評価のための非破壊試験法のひとつである表面吸水試験（以下、SWAT）はコンクリートの吸水抵抗性を原位置で測定し、表層の緻密性を定量化するものである。従来の手法では水頭の確保にシリンダーを使用するため測定部の上部に空間がないと測定が不可能であり、トンネルの内壁や構造物下面の測定には制約が生じる。そのため、既往の研究において任意の角度を有するコンクリート面に適用できる空気圧力法を用いたSWATが提案され、制御機器の発熱や外気温等の外乱要因による吸水量への影響が検証されてきた。本研究ではこの手法の現場使用に向けた装置の改良およびコンクリートの任意の角度における吸水量測定精度の向上を目的とする。

2. 機構の見直し

既往研究¹⁾で作製した装置機構では測定における種々の課題点が存在する。本研究では、それらを踏まえ、以下の改善点を加え装置を改良した。図-1に本装置を用いたコンクリート下面（水平面に対して180度）の測定の様子を示す。

2.1 電磁弁の変更

管路の各分岐点の先に2ポートの電磁弁を使用しているため注水の際に分岐点の一方向に空気溜まりが発生する。空気溜まりは排出先の大気圧と同等な圧力であるため、空気と水の接続弁が開いた際に空気タンク内空気と混合することで空気タンク内初期圧力低下の原因となっていた。そこで、構造の簡略化および空気溜まりを最小限にすることを目的として管路の分岐点にはそれぞれ3ポート電磁弁を使用することとした。

2.2 排水タンクの作製

測定するコンクリート面と接するチャンバーへ注水する際にチャンバー内部を満たした水の排水が必要であり、その排水に対する貯水、貯水された水の回収、管路内空気の開放についての方法がこれまで定まっていなかった。そこで、バルブを取り付けた排水タンクを作製し、角度に応じてバルブの開閉を

調整することで貯水、水の回収、空気流出孔の確保を可能にした。

2.3 各部品の設置場所検討

従来の機構では、吸水カップや電磁弁、空気タンク等を測定面に、水タンク等を地表面に設置していた。この機構では、測定面の位置により水タンクと吸水カップ間の水頭差が変化し、注水に要する電動ポンプの制御圧力が一定でない。さらに、設置位置の定まっていない超過分の排水先と空気溜まり間の水頭差によって、空気溜まりの発生に伴う初期圧力減少の圧力変化量も左右される。そこで、本機構では注水超過分の排水先である排水タンクと水タンクを測定面に設置するように変更することで前述した課題点が解決され、可搬性や作業性が向上した。

3. 現場環境における装置の精度検証

3.1 各断熱処理による断熱効果の検証

既往研究¹⁾において、空気タンクの温度変化による吸水量計測への影響は断熱処理を行うことで抑制できることが指摘されている。屋内保管していた装置を屋外へ持ち出して測定を行う場合、10℃以上の温度変化が伴うことがある。そこで、断熱効果をみるために、断熱なし、2段階の断熱方法の3ケースについて検討を行った。従来の発泡ウレタンによる断熱処理の上からさらに一層発泡ウレタンによる断熱処理を施し、断熱材空隙への外気の侵入を防ぐためにエアキャップで包んだ。

恒温槽内で空気タンク内温度を10℃状態にした後、0℃に設定した別の恒温槽に移し3kPa加圧させ、その



図-1 本手法を180度面に適用した状況

後の圧力変化を測定して断熱効果を確認した。表-1に従来の断熱方法と本実験での断熱方法の比較を示す。また、図-2に測定した圧力と温度の変化量の関係図をボイル・シャルルの法則から求めた理論値と共に示す。

表-1より、従来の断熱方法に比べて約80%の断熱効果を得られることがわかった。しかし、温度差10℃における10分時点の圧力変化量0.045kPa(同225mm³)は測定吸水量に影響を与える。断熱材の気密性や材料によって断熱効果を高められることが示されたため、本実験における断熱処理方法よりもさらに高気密かつ高断熱な材料や施工方法にすることで測定吸水量への影響を最小限に抑えることができると考えられる。

図-2より、圧力と温度の実測値と理論値が一致していないことがわかる。この原因を圧力センサーの温度特性と仮定すると、理論値の傾きに対する実測値の回帰式の傾きからセンサーの温度特性による1℃あたりの圧力変化量を表すことができる。以上のことから、センサーの温度特性による圧力変化量は0.719kPa/℃と算出でき、これは温度変化が顕著な場合に吸水量補正に用いることができると考えられる。

3.2 温度平衡状態における装置の精度検証

本装置の吸水量測定において、空気タンク内温度変化以外の吸水量への外乱要因が十分に抑えられているかを検証する。水平面から0、45、90、135、180度に設置した吸水しない水密板において本装置による10分間の圧力測定を行った。10℃の屋外にて空気タンク内部の温度を10℃の平衡状態になるまで静置してから実験を行った。結果を表-2に示す。

表-2より、10分間の吸水量測定における圧力変化量は平均で±0.015kPa程度生じることがわかった。この結果は、密閉した空気タンクを装置に接続せずに3kPa加圧したときの圧力出力値のばらつき±0.015kPaと同等であるため、空気タンク内部温度変化以外の外乱要因による吸水量誤差は非常に小さいものであると考えられる。0度と180度における測定では他の角度に比べて吸水量誤差が大きく生じている。勾配のついていない水平な面では吸水カップに水が充填されにくく気泡が発生しやすいことが吸水量誤差の増加の原因として考えられる。しかし、多くの土木構造物には排水勾配がついており、表-2に示す45、

90、135度の±0.015kPa(同75mm³)程度の圧力変化量であると考えられる。この圧力変化量は一般的なコンクリート総吸水量の3%程度であるため、本装置は吸水量評価において十分な精度を有している。

表-1 各断熱処理における断熱効果の比較

断熱処理	なし	1層ウレタン	2層ウレタン + エアキャップ
温度差10℃状態における10分時点の圧力変化量(kPa)	1.560	0.221	0.045
吸水量換算(mm ³)	7800	1105	225
一般的なコンクリートの総吸水量に対する割合(%)	312.0	44.2	9.0

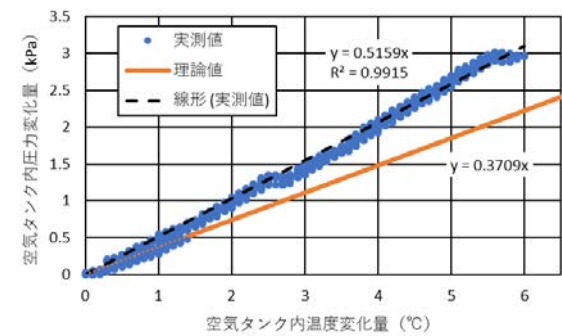


図-2 空気タンク内温度と圧力の関係

表-2 温度平衡状態の10分間最大圧力変化量

測定角度(°)	10分間最大圧力変化量(kPa)				吸水量誤差(mm ³)	総吸水量に対する割合(%)
	1回目	2回目	3回目	平均		
0	0.010	0.025	0.020	0.018	92	3.7
45	0.010	0.015	0.015	0.013	67	2.7
90	0.010	0.015	0.010	0.012	58	2.3
135	0.005	0.015	0.020	0.013	67	2.7
180	0.015	0.015	0.025	0.018	92	3.7

4. 結論

従来の装置の課題点を踏まえ、装置機構を見直すことで可搬性や作業性の向上を図り、任意の角度に適用できる空気圧を用いた表面吸水試験装置を作製した。温度平衡状態における本装置の10分間の圧力変化量を各角度で測定したところ、吸水量誤差は±75mm³程度を示し、一般的なコンクリート総吸水量の3%に相当するため本装置の吸水量測定における精度は十分であるといえる。

参考文献

1) 三谷聖, 林和彦, 長谷川雄基: コンクリートの様々な角度に適用できる表面吸水試験の自動測定装置の開発, 令和元年度土木学会全国大会第74回年次学術講演会, V-562, 2019年9月