

コンクリート養生マットへの自動散水手段の構築

(株)本間組 非会員 ○ 鈴木 敦子
安藤 恭平
本間 義信

1. はじめに

コンクリート打設後は、養生マットを敷設し散水する方法や膜養生剤の塗布などにより湿潤状態を保つことが行われる。従来の湿潤養生時の散水は人力によることが多く、養生マットの乾き具合は定期的な目視による確認や、養生マットを実際に触って判断していたが、判断には個人差が生じていた。また、施工時期や施工場所、天候により乾燥の進行具合にばらつきがあり、状況に合わせて適宜散水が必要となるため、休日作業が発生する場合もある。常時散水することで乾燥させない対策も可能だが、特に水の供給が難しい場所では水タンクの設置など設備が大がかりとなることから、効率のよい散水方法が求められている。このような背景から、コンクリートへの散水作業の効率化と省力化につながる手段の構築に取り組んだ結果を報告する。

2. 自動散水手段の検討

養生マットの乾湿に応じて自動で散水を制御する手段を検討した結果を以下に示す。

はじめに、養生マットの湿潤状態を検知する方法として、土壤水分計を選定した。土壤水分計は、水分量に応じた電圧値を計測する機器のことで、水質や温度などの外的要因に影響されず、センサが頑丈で比較的安価という特徴がある。本取組みでは、手に入りやすい汎用品を使用した。

次に、コンクリートの湿潤状態を検知するために、土壤水分計のセンサ部は、コンクリート表面と養生マットの間に設置する構造とした(図1)。センサの設置方法には、他にも、あらかじめコンクリート内にセンサを埋設する方法などがあるが、異物を入れることになるためコンクリートへの影響が懸念される。また、養生マット上にセンサを設置した場合には、養生マットの湿潤状態を再現できないことから、本取組みでは図1に示す構造を選定した。なお、センサの計測範囲内を養生マットの湿潤状態と同様にするため、センサの計測範囲と同じ大きさの多孔質素材にセンサを差し込み、湿潤状態を再現した。

さらに、自動散水手段は、土壤水分計で計測した電圧値と養生マットに含まれる水分量の相関関係を求め、養生マットの湿潤状態を評価し制御する方法とした。任意で設定した散水開始の電圧値(散水開始閾値)をセンサが検知した時点で水供給用の電磁弁が開き、自動で散水する。実際の現場では、日当たりや風の影響により養生マットの乾き具合にばらつきが生じることから、養生対象の全範囲への適応及び確実性を高めるためにセンサを複数台設置し、いずれかが「散水」状態を検知した段階で散水を開始し、「湿潤」状態と判断する散水停止の電圧値(散水停止閾値)を全てのセンサが検知すると電磁弁が閉じ、散水が停止する仕組みを構築した(図2)。

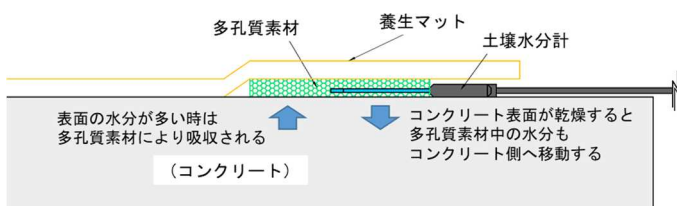


図1 土壤水分計の設置状況

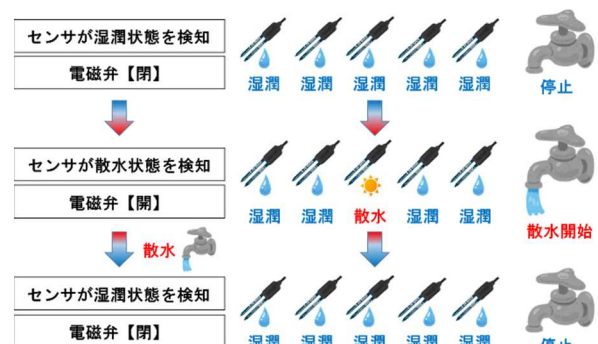


図2 センサによる散水の判定フロー

3. 基礎実験

3-1. 養生マットの飽和度の定義

養生マットは種類毎に保水能力が異なることから、種類毎に土壌水分計で計測した電圧値と養生マットに含まれる水分量（飽和度）の相関関係を求めた。本取組みでは、飽和度を式（1）と定義し、試験開始時に十分に湿らせた養生マットに含まれる水の重量を飽和度 100%とした。なお、土壌水分計の性能として、外的要因の影響を受けないことから、計測時の気温及び湿度は考慮していない。

$$\text{飽和度 [\%]} = \frac{\text{養生マットに含まれる水の重量 [g]}}{\text{十分に湿らせた養生マットに含まれる水の重量 [g]}} \times 100 \dots \text{式 (1)}$$

3-2. 養生マット毎の閾値の決定

自動散水の制御方法は、種類毎に求める電圧値と飽和度の相関関係を基に、散水開始及び散水停止の閾値となる電圧値を設定して制御する。この閾値を決定するために各養生マットの飽和度と電圧値の相関関係を求めた。

(1) アクアマット SP（水平面用）

- ・養生マット：アクアマット SP（早川ゴム社製）
- ・土壌水分計：EC-5（METER 社製）

対象とする養生マットは水平面用であり、使用状況を再現するために平らなコンクリート面上に土壌水分計と養生マットを設置し、土壌水分計の電圧値と養生マットに含まれる水の重量を計測した。また、コンクリート表面の湿潤状態を目視観察と指の感触で評価した。

はじめに十分に湿らせた養生マットと土壌水分計をコンクリート面上に置き、電圧値と飽和度を計測した結果、電圧値 600 mV、飽和度 94%から電圧値 430 mV、飽和度 73%まで、どちらの数値もゆるやかに減少したが、電圧値 430 mV を境にグラフの傾きが変化した（図 3 グラフ①）。次に、養生マットの飽和度が小さいときの電圧値を求めるため、飽和度を 0%から 5%ずつ増加させ電圧値を計測した（図 3 グラフ②）。グラフ①とグラフ②を比較した結果、飽和度 55%から飽和度 70%にかけて同様の相関関係が得られたが、飽和度 75%以上ではグラフ①とは異なり、グラフの傾きが一定で変化は見られなかった。この結果から、飽和度 70%～80%付近に電圧値と飽和度の相関関係の変化点があると考え、飽和度 70%～80%のときの電圧値を計測した結果、電圧値は全て 430 mV～460 mV の範囲内となり、飽和度と電圧値の相関関係が得られた（図 3 グラフ③）。また、表 1 及び図 4 の観察結果からも同様に、電圧値 500 mV では十分に濡れているが、電圧値 430 mV ではコンクリート表面の一部が白くなり、乾き始めたことが確認できる。以上の結果から、散水開始閾値を電圧値 430 mV と設定し、散水停止閾値は養生マットが十分に湿潤状態と考えられる 500 mV に設定した。

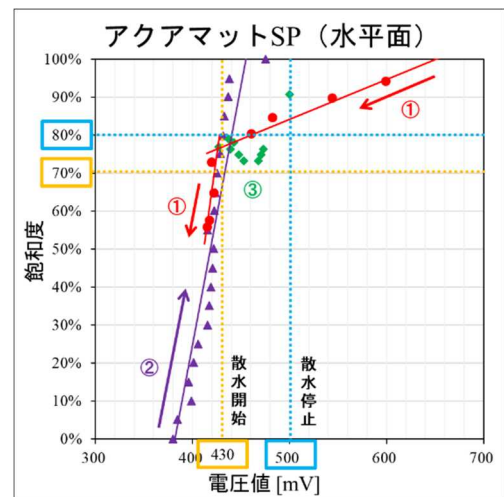


図 3 飽和度－電圧値（アクアマット SP）

表 1 観察結果（アクアマット SP）

	目視観察	感触
試験開始前	・全体が白い	・乾いている
電圧値600 mV	・全体が濡れて黒い	・全体が濡れている
電圧値500 mV	・全体が濡れて黒い	・全体が濡れている
電圧値460 mV	・全体が濡れて黒い	・全体が濡れている
電圧値430 mV	・端部が白くなり始めた ・濡れている	・白い部分及び黒い部分 ともに湿っている
電圧値415 mV	・養生マット設置範囲の 中心付近が黒い（範囲面積 の3割程度）	・黒い部分は湿っている ・白い部分は乾いている

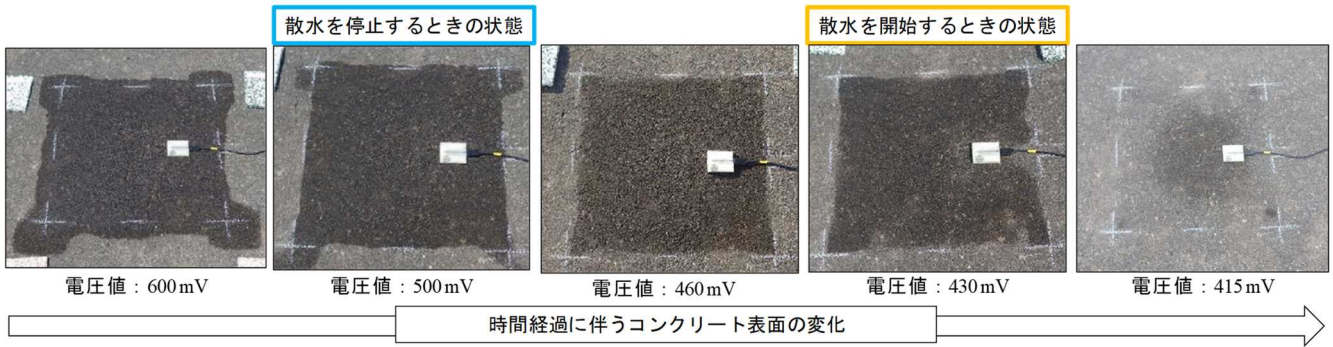


図4 コンクリート表面の目視観察

(2) うるおんマット R (鉛直面用)

- ・養生マット：うるおんマット R (早川ゴム社製)
- ・土壌水分計：EC-5 (METER 社製)

対象とする養生マットは鉛直面用であり、使用状況を再現するためにコンクリートブロックの鉛直面に土壌水分計と養生マットを設置し、土壌水分計の電圧値と養生マットに含まれる水の重量を計測した。また、コンクリート表面の湿潤状態を目視観察と感触で評価した。

図5より、飽和度が低下すると電圧値も低下する相関関係が見られ、飽和度の変化点が見られなかったことから、コンクリート表面の湿潤状態を目視観察及び感触より閾値を設定した。表2及び図6より、電圧値450mVでは十分に濡れており、電圧値430mVでは養生マット設置範囲の上方が白っぽく見え、色の変化が確認できるが、触れると上方、下方ともに湿っていた。さらに、400mVでは設置範囲の上方半分が白く変化した。感触では変わらず湿っていた。以上の結果から、散水開始閾値を400mVとし、散水停止閾値は十分に湿潤状態と考えられる450mVに設定した。

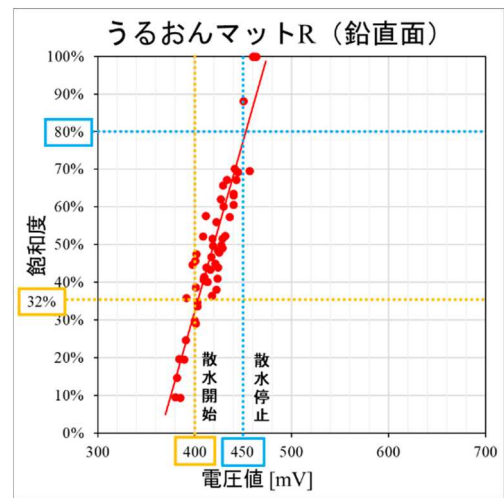


図5 飽和度－電圧値 (うるおんマット R)



図6 コンクリート表面の目視観察

表2 観察結果 (うるおんマット R)

	目視観察	感触
試験開始前	・全体が白い	・乾いている
電圧値450mV	・全体が濡れて黒い	・全体が湿っている
電圧値430mV	・上方が白くなり始めた ・濡れている	・上方、下方ともに湿っている
電圧値400mV	・上方は白い ・下方は黒い	・上方、下方ともに湿っている

4. 現場での使用事例

構築した自動散水手段を当社が施工するコンクリート打設現場で使用した事例を紹介する (図7)。施工時期は10月中旬～11月中旬、対象コンクリートはケーソンの側壁 (110m²×5ロット)、養生マットはうるおんマット R、土壌水分計は EC-5 センサを使用し、自動散水の閾値は3－2。(2) 試験より散水開始閾値を400mV、散水停止閾値を450mVと設定した。また、センサの設置場所は養生マットがより乾きやすい上方とした。

図8は自動散水養生中の電圧値グラフである。このグラフより、センサ5が設定した散水開始閾値 400 mV に達した時点で散水を開始したため全センサの電圧値が上昇している。その後、全センサの電圧値が散水停止閾値 450 mV に達したことで給水が停止し、その後上昇した電圧値がゆるやかに下降していることが確認できる。この結果から本手段により湿潤養生が確実に行われていることが証明できる。

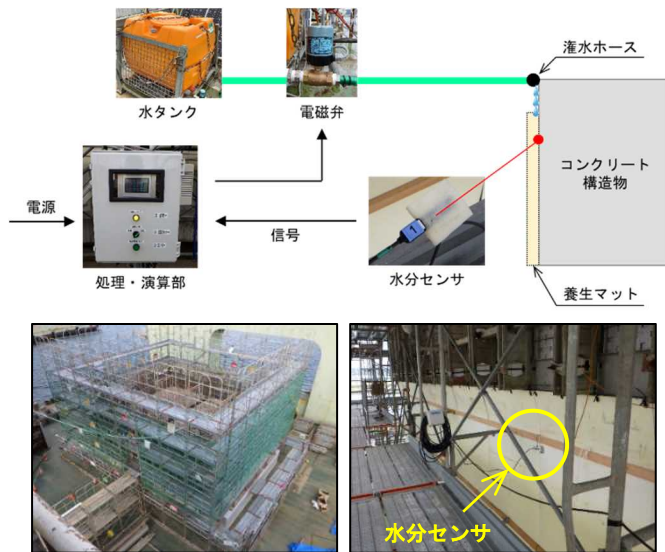


図7 自動散水の仕組みと設置状況

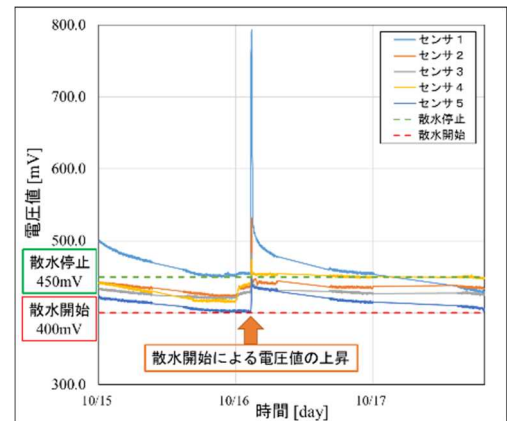


図8 測定データ

また、養生効果を確認するため、自動散水手段を使用したコンクリート面と被膜養生剤を塗布したコンクリート面の表面緻密性を、表層透気試験（トレント法, Permea-TORR）により定量的に評価した結果、透気係数のグレーディング評価はともに「良◎」であった（表3及び図9）。

表3 表層透気試験結果

養生手段	自動散水手段				被膜養生剤			
	No.1	No.2	No.3	平均	No.4	No.5	No.6	平均
kT (10 ⁻¹⁶ m ²) : 透気係数【測定結果】	0.058	0.044	0.054	0.052	0.085	0.091	0.057	0.078
L (mm) : 測定深さ (透気係数の影響深さ)	12	11	12	-	15	15	12	-
計測結果に基づく品質 ※表4による等級	良 ◎				良 ◎			

※表4 表層透気試験（トレント法）の計測結果に基づく品質（評価）のグレーディング

表層透気係数	優 ☆	良 ◎	一般 ○	劣 △	極劣 ▲
KT (×10 ⁻¹⁶ m ²)	0.001~0.01	0.01~0.1	0.1~1	1~10	10~100



図9 透気試験機 Permea-TORR

5. 考察

今回、土壤水分計で養生マットの湿潤状態を判断し、自動で散水を開始・停止する手段を構築した。土壤水分計による養生マットの湿潤状態の判断は、養生マットの種類毎に事前に閾値を設定することで、土壤水分計の計測結果に基づき自動で水供給用の電磁弁が開き、散水できることを確認した。この自動散水手段を用いて湿潤養生したコンクリート表面の緻密性を評価した結果、良好な結果が得られた。以上の結果から、今回構築した自動散水手段は、現場作業の効率化と省力化に加え、養生の確実性を図る手段として有効であると考えられる。

6. まとめ

今後は、適用できる養生マットの種類を増やすことや、水タンク内の残水量を把握できる手段の構築など運用面での充実を図る。