

コンクリート桁内部に埋設した交流 2 電極プローブによる含水率分布とその変動の観測

(国研) 土木研究所 正会員 ○佐々木 巖 新田 弘之
櫻庭 浩樹 西崎 到

1. はじめに

コンクリート構造物は、鋼材の腐食、凍結融解、ASR 等により劣化損傷するが、これらの劣化機構の多くはコンクリート内の水分の影響を強く受ける。劣化因子の一つである水分をコントロールするために表面被覆材や含浸材が用いられるが、これらの表面保護材料は多様化している。たとえば水蒸気を含めて遮断する性能をもつもののほか、液状水を遮断しつつ水蒸気を透過させることにより含水状態を制御するものもあり、劣化状況と補修目的に合致したものを選定することが重要である。水の侵入があるのに遮蔽性の高い被覆材を用いると床版等が水浸状態になってしまうように、損傷状態をよく把握して補修設計を行う必要がある。そのためには、表面保護材料の特徴や漏水等の影響を含めて、コンクリート内の水分状態をよく把握しておく必要がある。

本報では、コンクリート桁内部の水分分布とその長期変動を把握するために、実大断面を有する鉄筋コンクリート桁の内部に多数の交流 2 電極プローブを埋設して測定方法を検討し含水状態を観測した結果を報告する。

2. 調査方法

床版端部や防水欠陥部、桁端遊間に面した端面等から橋桁内に水分が侵入することが多い。実大規模の部材形状でその挙動を検証するため、JIS A 5373 道路橋用橋げたと同一断面を有する供試体 (T 形断面) を表-1 に示す配合で 2017 年 1 月に 4 体製作した。茨城県つくば市の屋外暴露場に同 2 月に設置し、表面保護工を 2018 年 9 月に施工し本測定を開始した

この桁供試体では、コンクリートの水分量により電気抵抗率が変化することを利用して観測を行うプローブ電極を埋設してある。直径 13mm、長さ 100mm のステンレス鋼 (SUS304) 2 本を離隔 50mm で用いた。桁供試体毎に 2 断面、断面あたり 11 組を、鉄筋等と干渉しない図-1 の位置に型枠内で配置し、コンクリート打設した。電気抵抗率(交流インピーダンス Z 値)は、1kHz, 1V で多チャンネルを自記録できるデータロガーを用いて 10 分間隔で通年観測している。

桁供試体は、その片端(北側)では、橋台遊間を模擬して発泡材を介しコンクリート版を配置し、もう一方(南側)は開放状態とした。桁上面は、貼付型の床版防水シートを設置して加熱アスファルト混合物を舗設したが、防水層を縁石縁端までとするなど、床版天端周囲や桁端などからの水の侵入経路を意図的に設けてある。橋面舗装施工後に観察された降雨後の水濡れ状況を図-2 に示す。

3. 調査結果

コンクリート中の電気伝導は細孔内の電解質電導が主であり、細孔構造、水分、温度、塩分等の様々な要因に支配され、測定される値は、 $Z = f(W, T, Cl, \text{etc.})$ のような関数で示される関係を示す。そのため電気伝導から水分量を求めるためには、これら因子の影響を排除すなわち補正して評価する必要がある。本検討では細孔構造や塩分量の変化は無視できるものとし、温度のみ補正を試みた。図-3 に 1.5 年間の測定結果例を示すが、気温とコンクリート温度は異なるほか実大断面形状を有する桁は内部に温度分布をもつため、電極位置ごとに温度補正する必要があることがわかる。したがって、プローブ電極それぞれの近傍に熱電対を設置し補正することとした。

表-1 コンクリートの配合

W/C (%)	単位量 (kg/m ³)				
	水	セメント	細骨材	粗骨材	混和材
40.5	181	447	668	991	4.02

セメント：普通ポルトランドセメント、最大粗骨材寸法 20mm、スランプ 13cm、空気量 3.7%

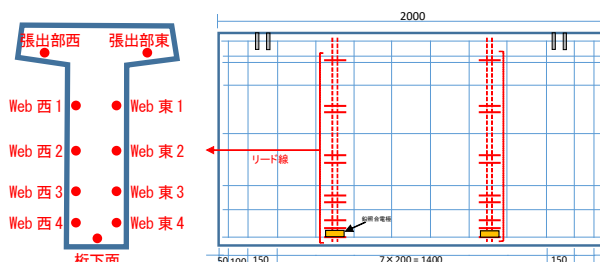


図-1 コンクリート桁内の電極の配置



図-2 桁供試体の外観と降雨後の水濡れ状況

キーワード コンクリート桁、電気抵抗値、交流 2 電極法、温度補正、含水率

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1 番地 6 TEL:029-879-6763

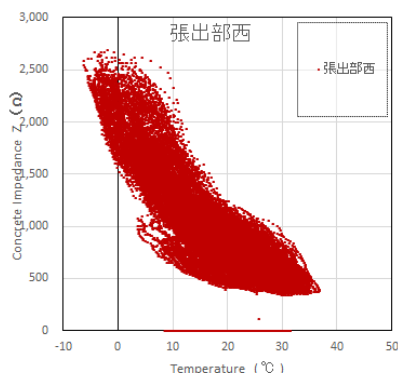


図-3 電気抵抗率と気温の関係

無処理(素地)供試体
2018/4～2019/9

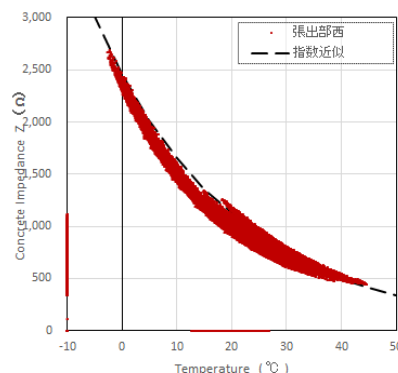


図-4 電気抵抗率と電極近傍コンクリート温度の関係

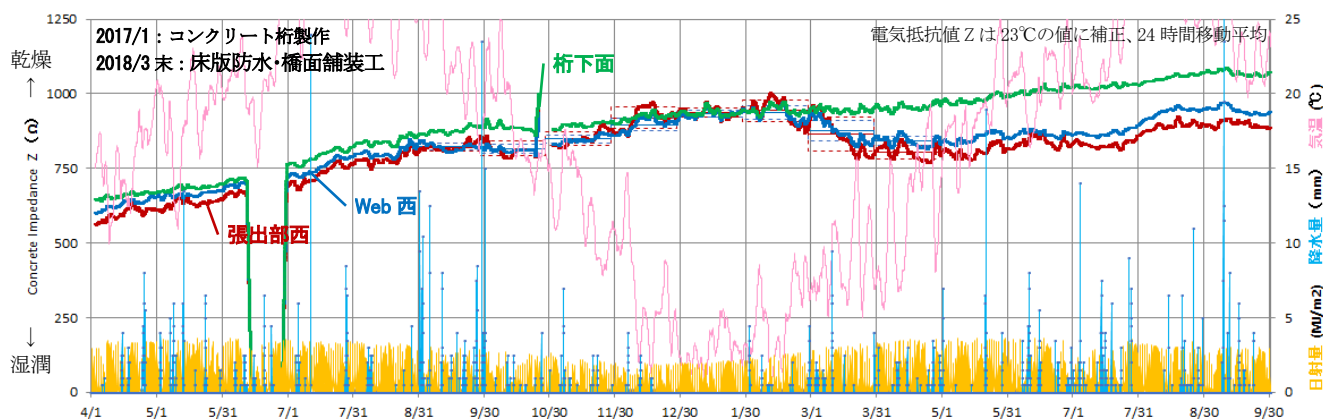


図-5 温度補正した電気抵抗率(含水状態)の観測結果 [2018/4～2019/9]

無処理の素地供試体の張出部東の観測結果の例を図-4 に示す。温度変化により電気抵抗率は大きく変化するものの一定の相関が見られ、電気抵抗率 Z 値は指数関数で近似される関係を呈し、乾燥時には高抵抗値の側に、湿潤飽水時に最低値をとって下側包絡線を形成すると考えられる。温度補正は、電解質がボルツマン分布に従うとした場合にアレニウス則により補正できることが報告されており¹⁾²⁾、絶対温度の逆数を指数関数で基準温度(今回は23℃)に換算した。個々の測定結果は近似線に沿って基準温度に補正され、これを電極位置とその経時変化として整理すれば、実大断面コンクリート桁内部の含水率分布とその経時変化を把握できることとなる。

図-5 に、床版防水と舗装を施工した直後からの 1.5 年間の、温度補正した電気抵抗率(含水状態)の観測結果を示す。橋面防水・舗装後から 0.5 年あまり電気抵抗率は増加を続け、コンクリートが乾燥してゆく様子がわかる。その後は概ね同程度の値を示しつつも、降雨があるとそれから一定時間は湿潤傾向を示し、少雨期(たとえば12～2月)は高抵抗側に変わることがわかる。測定箇所間に着目すると、降雨が少なく乾燥が続くと同程度に収束するが、降雨が続くと桁部位による相違がやや拡大し、その序列は、張出部>Web>桁下面の順に含水状態が高い傾向を示すことがわかった。

4. まとめと今後の課題

実大断面を有する鉄筋コンクリート桁の内部に多数の電極を埋設して観測した結果、以下のことがわかった。

- ・交流電気抵抗率 Z 値を温度補正することにより、コンクリート桁内の含水率分布とその経時変化を把握できる。
- ・橋面防水をすると含水率は低下するが、その後は桁部位や降雨等の湿潤作用に応じて含水状態が変化し続ける。

表面保護材の塗布部位を変化させた供試体を用いて別途実施している試験では、鉄筋の腐食抑制効果に影響を及ぼすことが確認されている。これは水分を中心とした内部環境が異なるためであると考えられ、部材の水分移動と保護材の特徴を踏まえた適用が必要である。本供試体では各種の表面保護仕様を設定して調査を続けており、表面保護材の種類の影響や、漏水をはじめとした水処理に応じた補修設計を行うために、引き続き検証を進めていく予定である。

参考文献

- 1) 桂ら：交流 2 電極法によるコンクリート中の含水率測定について，コンクリート工学年次論文集，Vol.16，No.1，1994。
- 2) 中村ら：高炉スラグやフライアッシュを用いたコンクリートの電気抵抗率の温度依存性，コンクリート工学年次論文集，Vol.41，No. 1，2019。