

表面被覆された鉄筋コンクリート構造物における水の影響と鉄筋腐食予測

東海旅客鉄道株式会社 正会員 ○唐澤恭平
東海旅客鉄道株式会社 正会員 根岸裕

東海旅客鉄道株式会社 正会員 吉田幸司
東海旅客鉄道株式会社 正会員 垣野内隆一郎

1. はじめに

コンクリートの耐久性向上のため、表面被覆工が各種提案され、施工されている。一方、水は鉄筋腐食の要因の一つであるとされ¹⁾、コンクリート構造物の適切な維持管理のためには、コンクリート中の水分量を把握することが重要である。

そこで本研究では、表面保護工及び鋼板被覆工が内部コンクリートの含水率に与える影響を把握することを目的として、鉄筋コンクリートラーメン高架橋（以下、RC ラーメン高架橋と記す。）を対象に含水率を測定した。また、その結果を用いて、鉄筋腐食速度を算出し、将来の健全度を推定した。

2. 測定概要

RC ラーメン高架橋において、以下の2ケースについて、コンクリート中の含水率を測定し、比較を行った。

- ① はね出しスラブ下面が鋼板被覆された箇所（以後、鋼板被覆箇所と記す。）と鋼板被覆されていない箇所（以後、鋼板無被覆箇所と記す。）で、それぞれはね出しスラブの基部、中央部及び先端部（図-1）。
- ② 中央スラブが表面保護された箇所（以後、塗装箇所と記す。）と表面保護されていない箇所（以後、無塗装箇所と記す。）で、いずれも中央部。

なお、鋼板被覆箇所は、スラブ下面に鋼板（ $t=2.3\text{mm}$ ）をアンカー及びエポキシ樹脂で接着する工法で施工しており、表面保護工は、水蒸気透過性を有すセメンテックス RB-エラス II 工法で施工している。

含水率の測定には、電気抵抗式コンクリート・モルタル水分計（株式会社ケット科学研究所 HI-800）を用いた（図-2）。電気抵抗式コンクリート・モルタル水分計は、コンクリートに離隔 30mm で削孔した $\phi 6\text{mm}$ の穴にブラシ型センサを挿入し、2点間の電気抵抗を測定し、含水率に換算する。今回、10mm 間

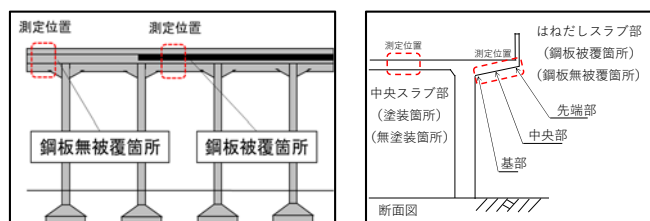


図-1 測定箇所

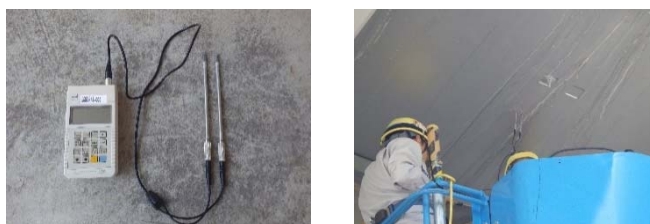


図-2 含水率測定機器と測定状況

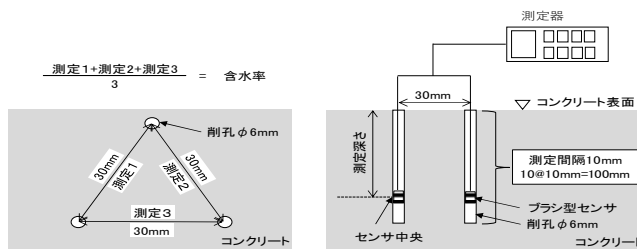


図-3 含水率測定概要図

隔で深さ 100mm までコンクリートの含水率を測定した。また、骨材等の影響を考慮して1箇所当たり測定 1～3 を行い、平均した値をコンクリートの含水率とした（図-3）。

3. 測定結果及び考察

鋼板被覆箇所と鋼板無被覆箇所におけるコンクリートの含水率の測定結果を図-4に、塗装箇所と無塗装箇所におけるコンクリートの含水率の測定結果を図-5に示す。なお、スラブ下面の鉄筋位置は、いずれにおいてもかぶり 25mm の位置である。

鋼板被覆箇所は鋼板無被覆箇所より含水率が 1.5～2.3%高くなっていることから、鋼板被覆箇所ではコンクリート表面から水分が蒸発されにくい環境となっていると考えられる。また、鋼板被覆箇所、鋼板無被覆箇所ともに、先端部の含水率が相対的に高いことがわかった。これは、地覆部が水の影響を

キーワード 表面保護工、鋼板被覆工、含水率、鉄筋腐食、鉄筋腐食速度

連絡先 〒485-0801 愛知県小牧市大山 1545 番 33 TEL0568-47-5370 FAX0568-47-5364

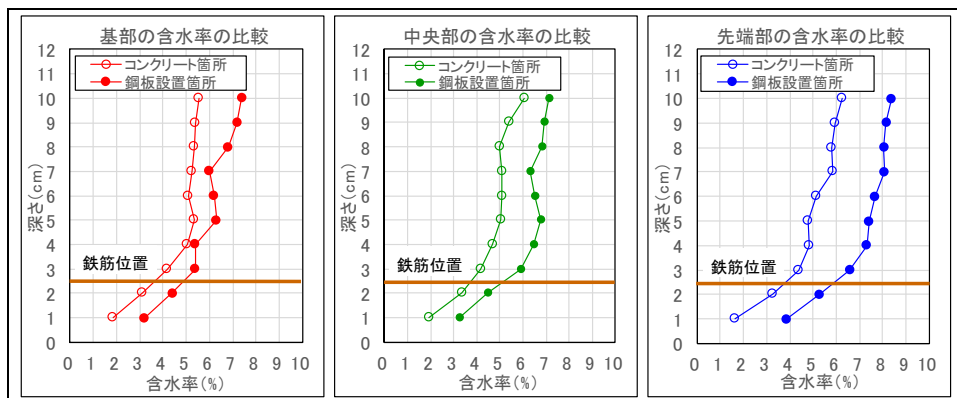


図-4 鋼板無被覆箇所と鋼板被覆箇所におけるコンクリート含水率の比較

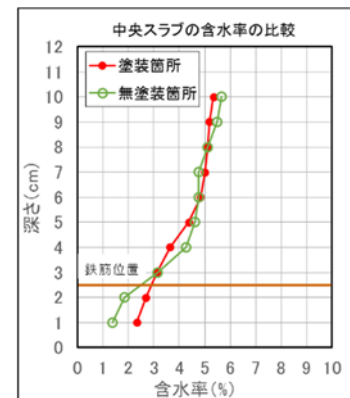


図-5 塗装箇所と無塗装箇所におけるコンクリート含水率の比較

表-1 鉄筋腐食速度の算出結果

W [%]	C [mm]	Cl [kg/m ³]	V [mg/cm ² /年]	V ₍₃₅₎ [mg/cm ²]
6	>10	0.4	<0	<0
6	0	0.4	4.63	162.0
3	>10	0.4	<0	<0
3	0	0.4	1.32	46.1

受けやすい既往の知見²⁾と合致する。

一方、塗装箇所と無塗装箇所においては、表面付近で差がみられたものの、含水率に大きな差は見られなかった。このことから、表面保護工は水蒸気透過性を有しており、含水率に大きな影響を与えていないと考えられる。

次に、含水率の影響評価として、以下の推定式(式(1)、式(2))³⁾を用いて鉄筋腐食速度を推定した。

$$C > 10\text{mmの場合}, V = 1.32 * (Cl - 1.2) \quad \cdots(1)$$

$$C \leq 10\text{mmの場合},$$

$$V = 0.840 * W - 0.145 * C + 1.32 * Cl \\ + 0.0293 * W * C - 0.0917 * C * Cl \\ + 0.658 * Cl * W - 2.52 \quad \cdots(2)$$

$$V:\text{鉄筋腐食速度}[\text{mg}/\text{cm}^2/\text{年}] \quad W:\text{含水率}[\%]$$

$$C:\text{中性化残り}[\text{mm}] \quad Cl:\text{塩化物イオン量}[\text{kg}/\text{m}^3]$$

含水率は鉄筋位置(かぶり 25mm)の値を用い、鋼板被覆箇所においては最も高い先端部の6.0%、塗装箇所においては3.0%とした。塩化物イオン量は文献4を参考に0.4kg/m³⁴⁾、中性化残りは10mmと0mmで算定した。

以上で求めた鉄筋腐食速度を表-1に示す。現状、中性化残りは10mm以上であり、式(1)より、今後表面被覆により中性化の進行が抑止されていれば、

鉄筋腐食は将来的にも生じないと推定される。仮に、中性化が進行し中性化残りが0mmとなった場合、鉄筋腐食速度は、鋼板被覆箇所では4.63mg/cm²/年、塗装箇所では1.32mg/cm²/年となる。文献5で提案されているコンクリートのひび割れの発生限界の腐食量は170mg/cm²⁵⁾であることから、今後35年間はコンクリートにひび割れを生じさせるような鉄筋腐食には至らないと推定される。

4. まとめ

RCラーメン高架橋はね出し部における含水率の測定結果から、以下のことがわかった。

- ・鋼板被覆箇所の含水率は、鋼板無被覆箇所の含水率より、深さ方向に様に1.5～2.3%高い。またはねだしスラブ部の含水率は、先端部に近づくにつれて高くなる。
- ・塗装箇所と無塗装箇所において含水率に大きな差は見られなかった。
- ・今回の測定箇所では鉄筋腐食速度を推定したところ、中性化残りが10mm以上の場合、鉄筋腐食は将来的には生じない。仮に、中性化残りを0mmと仮定しても、今後35年コンクリートにひび割れを生じさせるような鉄筋腐食には至らない。

参考文献

- 1) 松田：コンクリートの耐久性を定める『水』の制御，コンクリート工学 vol.51, No.10, p814-818, 2013
- 2) 土木学会：コンクリート標準示方書[維持管理編]，丸善，2018.10
- 3) 飯島ら：コンクリート中の鉄筋の腐食速度に及ぼす気温の影響，鉄道総研報告，vol.23, No.6, 2009.6
- 4) 田中：東海道新幹線ラーメン高架橋の現状評価と維持管理システムに関する研究，3-37，筑波大学学位論文，2001.4
- 5) 佐々木ら：塩害により鉄筋が腐食したコンクリートの劣化予測，鉄道総研報告，vol.17, No.10, 2003.