

V-116 コンクリートのアルカリシリカ反応に及ぼす電気防食法の影響

金沢大学工学部正会員 鳥居和之、金沢大学工学部正会員 川村満紀
(株) ビー・エス正会員 松本一昭、(株) ビー・エス正会員 石井浩司

1. まえがき

鉄筋の腐食防止対策として実施される電気防食法では、鉄筋コンクリート中に電流が流れると、カソードとなる鉄筋周囲にはアルカリイオン (Na^+ 、 K^+) が集まり、カソード反応により OH^- イオンが生成されるので、反応性骨材を含有するコンクリート構造物ではアルカリシリカ反応が局部的に進行する可能性がある。実際、Page¹⁾、黒田²⁾ はモデル供試体による実験でコンクリートのアルカリシリカ反応がカソード付近で促進されることを確認しているが、屋外自然環境下に置かれた実際のコンクリート部材にて確認された事例はない。

本研究は、屋外自然環境下に於て反応性骨材を含有する鉄筋コンクリート部材に電気防食法を適用し、コンクリートのひびわれおよび膨張性状並びに鉄筋の電気化学的性質の変化を調べたものである。

2. 実験概要

使用セメントは普通ポルトランドセメント (R_2O 量 = 0.75%、RC 配合) と早強ポルトランドセメント (R_2O 量 = 0.58%、PC 配合) である。細骨材は非反応性の川砂 (富山県早月川産) であり、粗骨材は非反応性の砕石 (富山県早月川産) と主たる反応性鉱物として火山ガラスを含有する黒崎安山岩砕石 (石川県能登半島産、JISA5308 化学法 ($\text{Sc} = 228 \text{ mmol/l}$ 、 $\text{Rc} = 131 \text{ mmol/l}$)) であり、両者を重量比で 1:

表-1 コンクリートの配合

供試体の種類	スランブ (cm)	空気量 (%)	s/a (%)	W/C (%)	単位重量 (kg/m^3)					
					C	W	S	G	S P	
RC 配合	8 ± 1.5	2 ± 1	42	53	308	164	784	1125	—	
PC 配合	8 ± 1.5	2 ± 1	37	35	440	155	650	1174	3.96	

1 で混合したものを使用した。コンクリートの配合は橋梁に使用されている鉄筋コンクリート部材 (RC 配合) およびプレストレストコンクリート部材 (PC 配合) の代表的なものとし、それらの示方配合を表-1 に示す。RC 配合および PC 配合についてアルカリ無添加とアルカリ添加 (2.4 kg/m^3 のアルカリを NaOH として練り混ぜ水に添加) の2種類のものを作製した。電気防食法を実施したコンクリート部材 (幅 20 cm 、高さ 30 cm 、長さ 2 m) の横断面図並びに膨張測定位置を図-1 に示す。本研究では、実構造物に適用される電流印加密度の上限値である 50 mA/m^2 に設定し、電流を流さない供試体との比較を行った。コンクリート供試体は (株) ビー・エス七尾工場で平成5年9月に作製後、平成6年6月に金沢大学工学部の屋上に移設し、コンクリートのひびわれ状況および膨張量の変化を定期的に調べた。

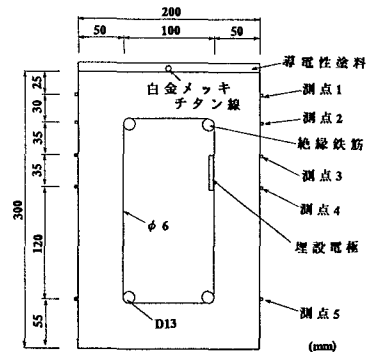


図-1 コンクリート供試体の横断面図

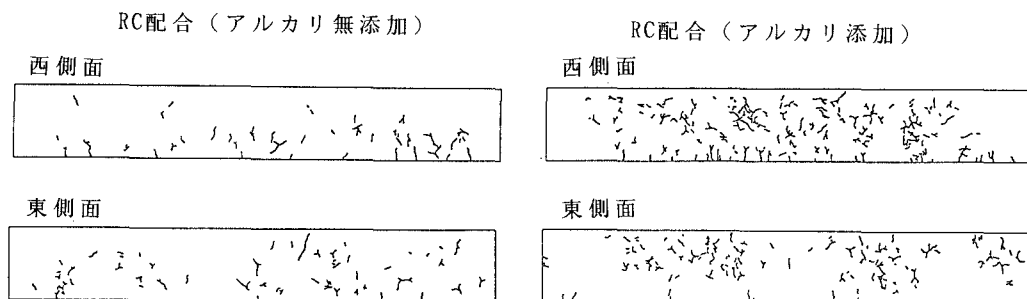
3. 実験結果および考察

3.1 コンクリートのひびわれ状況

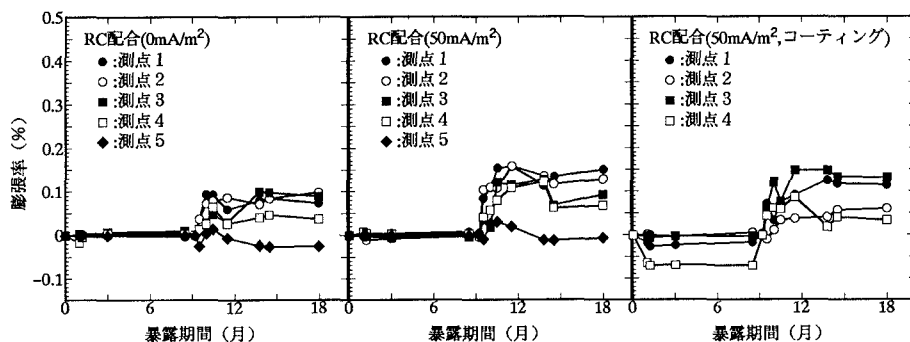
電気防食を実施した RC 配合コンクリート供試体 (アルカリ無添加および添加) のひびわれ状況を図-2 に示す。RC 配合 (アルカリ無添加、 $\text{Na}_2\text{O} = 2.3 \text{ kg/m}^3$) のものは電流を流さない時にはコンクリートのひびわれは全く観察されなかったが、電流を流すことにより供試体の下部と上部に微細なひびわれ (幅 0.05 mm 以下) が発生した。RC 配合 (アルカリ添加) のものは供試体の下端からの等間隔のひびわれ (幅 0.1 mm 程度で、長さが $5 \sim 10 \text{ cm}$) と中央部の網の目状のひびわれの発達が特徴的であり、電流を流すことにより上部 (カソード付近) から中央部のひびわれが増加した。一方、PC 配合 (アルカリ無添加、 $\text{Na}_2\text{O} = 2.6 \text{ kg/m}^3$) のものは電流の有無にかかわらずひびわれの発生は全く認められなかった。また、PC 配合 (アルカリ添加) のものは RC 配合 (アルカリ添加) と同様に電流を流すことにより上部から中央部のひびわれが増加した。しかし、PC 配合 (アルカリ添加) のひびわれは RC 配合のものよりも微細なもの (幅 0.05 mm 以下) が多く、RC 配合で見られた下端からのひびわれは発生しなかった。

3.2 コンクリートの膨張量

RC 配合コンクリート供試体 (アルカリ添加) の膨張量 (西側面) を図-3 に示す。RC 配合 (アルカリ無添加)



図－2 電気防食を実施したRC配合コンクリート供試体（アルカリ無添加および添加）のひびわれ状況



図－3 アルカリを添加したRC配合コンクリート供試体（電気防食およびコーティングの有無）の膨張量

の膨張量は0.03%以下であり、明確な膨張の傾向は認められなかった。一方、RC配合（アルカリ添加）のものは金沢大学工学部の屋上に暴露した平成6年6月から9月にかけて0.05～0.15%程度の膨張量が発生しており、電流を流すことにより膨張が促進されるとともに、上部と下部との膨張量の相違が明確になった。また、全面を樹脂コーティングしたRC配合（アルカリ添加、電気防食）のものの膨張挙動は同配合のコーティング無しのものと同様であり、大きなコンクリート供試体では外部からの水分の遮断による抑制効果が小さいことが分かった。一方、PC配合（アルカリ添加）の膨張量は電気防食の有無にかかわらずRC配合（アルカリ添加）のものよりも全体的に小さく、この結果はPC配合のものは微細なひびわれが多いという観察結果とも一致していた。RC配合およびPC配合ともに、電流を流した場合には上部から中央部の膨張量が大きくなる傾向にあり、ひびわれの観察結果とも合わせてカソード部へのアルカリの移動によりアルカリシリカ反応が促進された可能性が高い。

4. まとめ

暴露期間1年半が経過した時点のコンクリートのひびわれは幅0.05～0.1mmの微細なものが多く、ひびわれの発生も局部的であるが、電気防食を実施したRC配合（アルカリ無添加、 $\text{Na}_2\text{O}=2.3\text{ kg/m}^3$ ）のものにひびわれが発生した事実は電気防食法の適用における事前調査としての使用骨材の反応性の確認の重要性を示唆している。屋外暴露環境下での鉄筋コンクリート部材の膨張挙動（季節変動による階段状の膨張、乾燥・湿潤および凍結融解の複合作用、局所的な環境要因による西側面と東側面での膨張量の相違など）に関して興味深い事実も明らかになっており、今後さらに測定を継続し、これらの点を解明したいと考えている。

謝辞：本研究の実施においてご協力いただいた金沢大学大学院西村敏明氏に感謝いたします。

参考文献

- 1) C.L. Page et al., Development of Alkali-silica Reaction in Reinforced Concrete Subjected to Cathodic Protection, Proc. of the 9th Inter. Conf. on Alkali-aggregate Reaction in Concrete, London, pp.774-781, 1992.
- 2) 黒田 保他、電流場におけるアルカリ骨材に関する研究、コンクリート構造物の補修工法と電気防食に関するシンポジウム論文報告集、pp.47-52, 1994.