

## 電気防食に用いる線状陽極の設置方法に関する実験的検討

(株)ピーエス三菱 正会員 博(工) 青山 敏幸  
 (株)ピーエス三菱 正会員 工修 鴨谷 知繁  
 (株)ピーエス三菱 正会員 工博 石井 浩司

Abstract : Cathodic protection is one of the most effective countermeasures for corrosion of steel in concrete. This method is to suppress corrosion of steel by applying weak electric current flow from the anode installed on or near the concrete surface to the steel in concrete. In Japan, cost reduction of execution and improvement of quality is demanded to apply widely. So, this paper discusses the efficient arrangement method of line anode for cathodic protection of impressed current method. This study is laboratory experiment to apply current for about 130 days in order to confirm the effect the arrangement method of line anode. Main testing methods were measurement of electric current distribution and potential distribution.

Key words : Cathodic Protection , line anode , electric current distribution , potential distribution

## 1. はじめに

コンクリート構造物における電気防食工法は、コンクリート表面あるいは表面近傍に設置した陽極からコンクリート中の鋼材に微弱電流を流し、鋼材の腐食を抑制する方法である。陽極の設置方法は、大別して面状陽極方式、線状陽極方式、点状陽極方式に分類される。近年では、補強工法との併用が容易であること、設計の自由度が高いこと等のメリットから線状陽極が多く採用されており、品質や経済性の更なる向上を目指した工法の開発<sup>1)</sup>も盛んに行われている。

線状陽極方式を用いた場合の陽極の設置間隔は、コンクリート内部の鋼材量や腐食程度をもとに、必要防食電流量を算出し、電流の広がりを満足してかつ陽極に流す電流が限界電流量以内に収まるように決定している。電流の広がりについては、一般的には 300mm 程度以下の間隔で陽極を設置すれば、防食効果があるとしている。陽極の限界電流量については、過大な電流を流すことで、陽極周辺の塩素発生反応により pH が低下し、陽極被覆材が劣化してしまう可能性があるため、NACE<sup>2)</sup>では限界電流密度を陽極材の表面積に対して  $110\text{mA}/\text{m}^2$  と設定している。

現在国内で使用されているチタン系の線状陽極は、幅 13mm ~ 20mm 程度のものがほとんどであるが、例えば図 - 1 に示すような PC 桁に適用する場合、下フランジに比べてウェブのように鋼材量が少ない場合は、電流の広がりが支配的となるため、陽極の容量が過剰になる場合がある。その際、従来の陽極幅よりも小さい陽極を使用するとともに、下フランジのように鋼材量が多く、陽極の限界電流密度が支配的となる箇所では、溝 1 本につき陽極を 2 枚設置し、それぞれの陽極から均等な電流が発生すれば、効率的な陽極の設置方法が可能になるものと考えられる。

そこで本研究は、陽極設置面の鋼材量に応じて、切削溝に設置する陽極枚数を使い分ける陽極の設置方法の適用性について検討することを目的として、陽極設置面に応じて鋼材量が異なる供試体を製作し、各陽極、

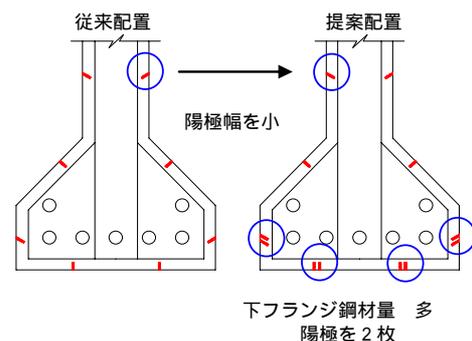


図 - 1 陽極の設置イメージ

鋼材に流れる電流，電位分布等を測定した。

## 2. 実験概要

### 2.1 供試体の概要

供試体の形状・寸法を図-2に，供試体の種類を表-1にそれぞれ示す。供試体は310×210×200mmの矩形断面とし，鋼材には13mmのみがき丸鋼を8本(図-2のC1~C8)配置した。陽極はコンクリートの側面(図-2のA1, A3)および上面(図-2のA2)にそれぞれ配置した。

実験要因は，鋼材量が多い陽極設置面A2の溝に配置する陽極の枚数とし，No.1は1枚，No.2は2枚の陽極を配置した。陽極の設置は，図-2の上を示すように，幅6mm程度，深さ15mm程度の切削溝に，10mm幅の酸化被膜を施したチタン系の線状陽極を設置した後に，既往の研究<sup>1)</sup>にて使用している流動性の高いセメント系の陽極被覆材を充てんした。なお溝1本につき陽極を2枚設置した箇所は，溝内部にてそれぞれの陽極の接触がない状態で設置した。また鋼材，陽極材の有効長さは供試体の中央部150mmとした。コンクリートには，ポストテンション方式のPC桁を想定して，表-2に示す配合を用いた。コンクリート中には，練り混ぜ水にNaClを混入し，コンクリート中の塩化物イオン濃度が5kg/m<sup>3</sup>となるように調整した。

### 2.2 通電方法と測定項目

通電試験は，コンクリートを打設して約1ヶ月間の養生を行った後に，外部から水分等の供給がない屋内暴露場にて，0.98mAの一定電流量で約130日間にわたり行った。コンクリート表面積，鋼材表面積，陽極表面積あたりの電流密度は表-3に示す通りである。通電試験中は，約1ヶ月に1回の頻度で陽極および鋼材に流れる電流量を無抵抗電流計により，また通電期間中の鋼材および陽極材の電位は，可搬式照合電極を押し当て測定した。

## 3. 実験結果と考察

### 3.1 陽極電流密度

各供試体の陽極A1~A3それぞれから発生する陽極電流密度の値を図-3に示す。ここに，陽極電流密度は，各陽極から流出する電流量を陽極表面積で除した値である。

図に示す結果から，No.1供試体はA3の陽極，No.2供試体はA1の陽極から多くの電流が発生している。この理由は，鋼材の分極特性，コンクリートの比抵抗の違い，骨材の影響等が考えられる。しかし，溝1本につき2枚の陽極を設置したNo.2供試体のA2-1, A2-2の陽極電流密度の合計値は，No.1供試体のA2位置の陽極電流密度に対して大きいこと，およびA1を除いたA2-1, A2-2, A3それぞれが

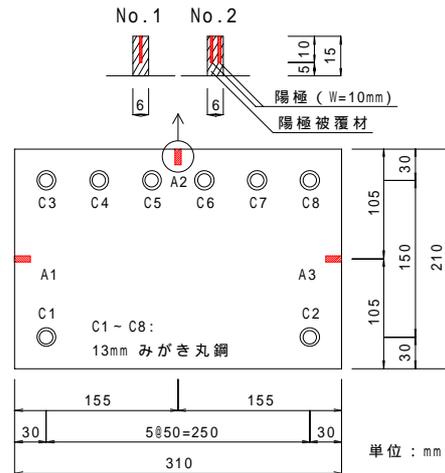


図-2 供試体の形状・寸法

表-1 供試体の種類

	側面1 陽極A1	上面 陽極A2	側面2 陽極A3
No.1	1枚	1枚	1枚
No.2	1枚	2枚	1枚
鋼材表面積 (m <sup>2</sup> )	0.012	0.025	0.012

側面の防食対象鋼材は各2本ずつ，  
上面の防食対象鋼材は4本として算出

表-2 コンクリートの配合

W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )						
		W	C	S	G	減水剤	AE剤	Cl
42.0	44.1	165	393	751	972	2.75	0.11	5

表-3 通電電流密度

	vs. コンクリート表面積	vs. 鋼材表面積	vs. 陽極材表面積	
			No.1	No.2
電流密度 (mA/m <sup>2</sup> )	6.7	20.0	106.2	79.7

ら発生する陽極電流密度はほぼ均一であり，通電期間の増加に伴う陽極電流密度のばらつきの程度も小さい傾向にあることから，今回提案した陽極の設置方法は，設計で期待した効果を発揮しているものと考えられる。

### 3.2 陽極のインスタントオフ電位

通電期間中に測定した陽極のインスタントオフ電位の結果を図 - 4 に示す。

図に示す結果から，No.1，No.2 供試体ともに通電期間中の陽極のインスタントオフ電位はほぼ均一な値を示しており，今回提案した陽極の設置方法は，設計で想定した性能を発揮しているものと考えられる。しかし両供試体とも通電 22 日の測定結果と通電 126 日の測定結果を比較すると，通電期間の増加に伴い，陽極電位が上昇している傾向が認められる。この理由は，今回の通電試験は室内の水分が供給されない環境で実施していたため，陽極被覆材周辺が乾燥環境となり，陽極の分極特性が変化したことが原因と考えられる。

### 3.3 鋼材電流密度

各供試体の鋼材電流密度の値を図 - 5 に示す。ここに，鋼材電流密度は，各鋼材に流入する電流量を，鋼材表面積で除した値である。

図に示す結果から，No.1，No.2 供試体ともに，上面の陽極 A2 に近い鋼材 C5，C6 に多くの電流が流入すること，この傾向は No.2 供試体の方が若干高い傾向にあった。しかし No.1 と No.2 供試体の鋼材電流密度には，著しい違いは認められなかったことから，今回提案した陽極の配置方法は，鋼材への防食の観点からも問題はないものと考えられる。また，No.2 の C8 の鋼材電流密度は他と比べて小さい傾向にあったが，後述する鋼材のインスタントオフ電位は他の鋼材とほぼ等しく分極していることから問題はないと考えられる。

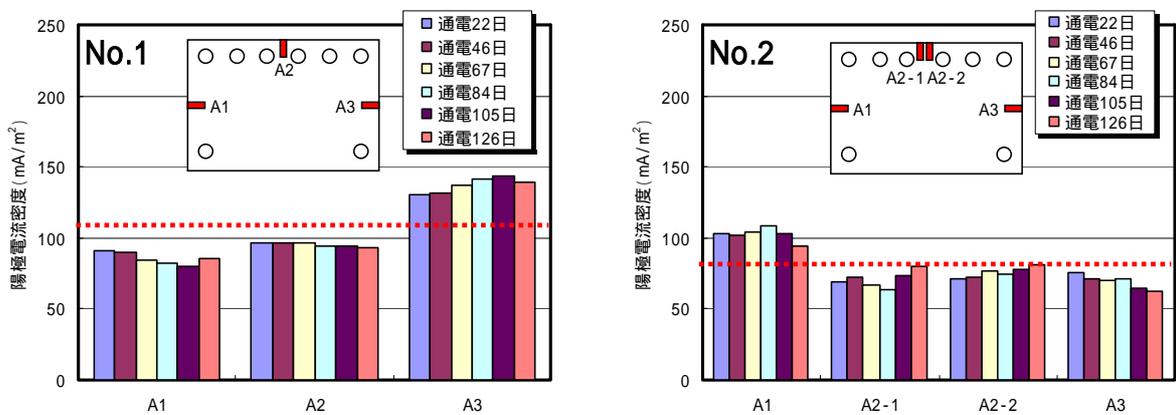


図 - 3 陽極電流密度

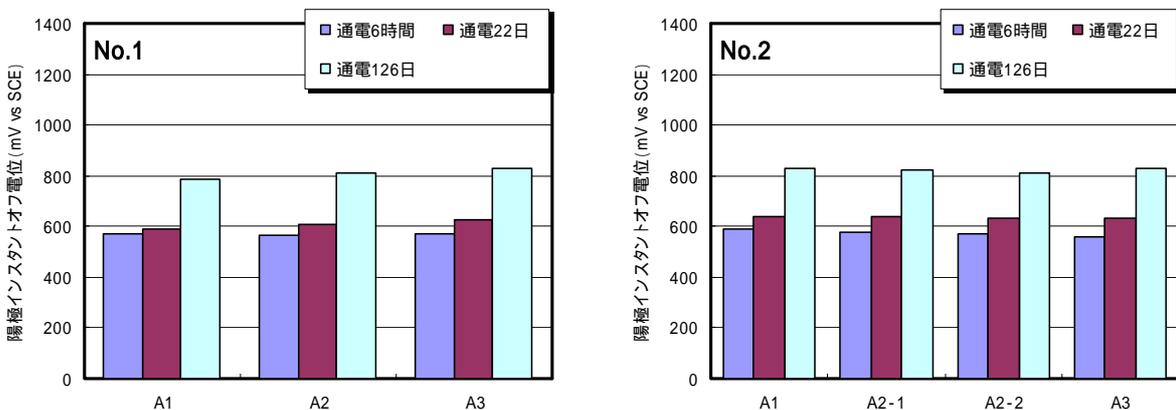


図 - 4 陽極のインスタントオフ電位

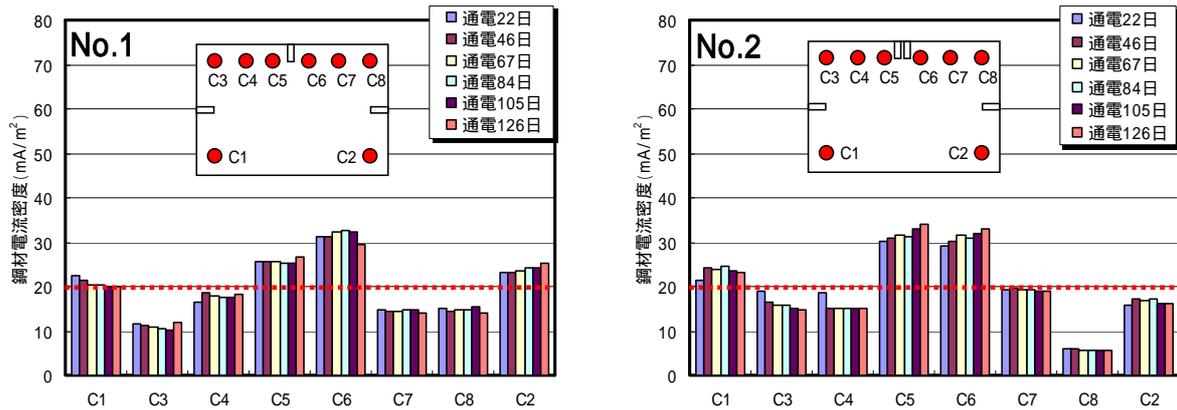


図 - 5 鋼材電流密度

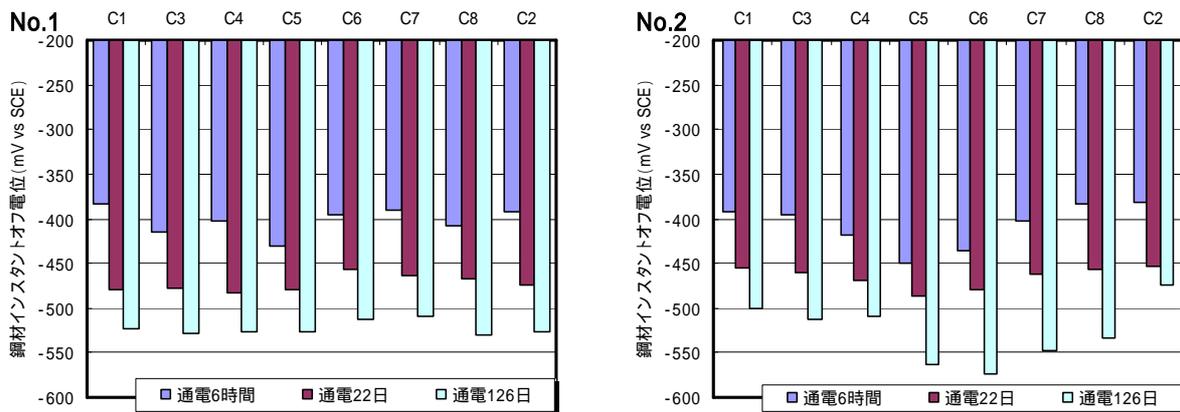


図 - 6 鋼材のインスタントオフ電位

### 3.4 鋼材のインスタントオフ電位

通电期間中に測定した鋼材のインスタントオフ電位の結果を図 - 6 に示す。

鋼材電流密度の結果と同様に、No.2 供試体の C5, C6 の鋼材のインスタントオフ電位は、他の鋼材に比べて若干卑な値を示していた。ただし、各鋼材のインスタントオフ電位のばらつきは最大でも 50mV 程度であり、鋼材電位の著しいばらつきは認められなかった。

## 4. まとめ

本研究では、陽極設置面の鋼材量に応じて、切削溝に設置する陽極枚数を使い分ける陽極の設置方法の適用可能性を実験により検討した。本実験の範囲内で得られた結果を以下に示す。

- (1) 溝 1 本につき陽極を 2 枚設置した場合も、各陽極からはほぼ均等な電流が流れていること、2 枚の陽極を設置した No.2 の A2 位置の陽極電流密度の合計値は、1 枚の陽極を設置した No.1 の A2 位置の陽極電流密度に比べて大きいことから、今回提案した陽極の設置方法は、設計で期待した効果を発揮しているものと考えられる。
- (2) 2 枚の陽極を設置した場合には、1 枚の陽極を設置した場合に比べて、陽極近傍の鋼材には多くの電流が流れる傾向にあるものの、鋼材電位の著しいばらつきは認められなかった。

## 参考文献

- 1) 池谷公一，石井浩司，関 博；電気防食工法における線状陽極の設置方法の開発，土木学会論文集 F, Vol. 65, No. 1, pp.1-10, (2009)
- 2) NACE Standard: Impressed Current Cathodic Protection of Reinforcing Steel in Atmospherically Exposed Concrete Structures, Item No.21043, 2000.