

コンクリートひびわれ部分の鉄筋における犠牲陽極方式電気防食効果に関する実験的考察

九州大学 学生会員 ○寺島 大樹 九州大学大学院 学生会員 Akbar CARONGE
 九州大学大学院 フェロー会員 濱田 秀則 九州大学大学院 正会員 佐川 康貴
 九州大学大学院 正会員 山本 大介

1. はじめに

コンクリート構造物におけるひびわれの発生は耐久性上非常に重要な問題である。コンクリートのひびわれによる強度の低下のみならずコンクリート中鉄筋の腐食促進が懸念される。その対策として事前に犠牲陽極を埋設することで鉄筋の腐食を抑制するという手法に注目した。そこで、本研究ではひびわれが生じた鉄筋コンクリート中の鉄筋の腐食状態とその防食としての犠牲陽極の有用性を実験的に検討した。

2. 実験概要

2.1 供試体概要

本実験では角柱供試体(150mm×150mm×500mm)を用いた。供試体作成時には普通ポルトランドセメント、練混ぜ水は 20±2℃の水道水を用いた。また細骨材には海砂(密度 2.58 g/cm³, F.M=2.77)を、粗骨材は粗骨材最大寸法 20mm、表乾密度 2.85g/cm³の砕石を用いた。以下にコンクリートの配合を示す(表-1)。この角柱供試体に丸鋼鉄筋(φ13mm×500mm)を2本、かぶり 30mmの位置に埋設した。2本のうち、1本の鉄筋には犠牲陽極(図-1)を設置し(以下 PSCP)、もう1本には設置しなかった(以下 PS)(図-2)。

本供試体は打設終了後、1日で脱型しその後28日間20±2℃で湿布養生を行い、養生終了後に一点曲げ荷重にて曲げひび割れを生じさせた。曲げひびわれ幅はパイ型ゲージで測定し、表-2に示すように4段階の異なるひびわれ幅とした。

表-1 コンクリートの配合

Type	w/c	s/a	(kg/m ³)			
	(%)	(%)	W	C	S	G
N	40	41.5	161	403	680	1108

2.2 測定方法

ひびわれを生じさせた4体の供試体(以下C1~C4)を乾湿繰り返し(2日間3%NaCl溶液中に部分浸漬、5日間気中乾燥)環境下に設置することでコンクリート中鉄筋の腐食を促進させた(図-3)。また本実験では乾湿環境下での浸漬時には、鉄筋部のみが浸漬するよう底面から40mmまでを浸漬させた。

鉄筋の腐食状況を判断するために自然電位法による鉄筋の自然電位及び防食電位の測定およびはつり調査による鉄筋の腐食面積の測定を行った。自然電位測定時には照合電極として飽和銀/塩化銀電極を用い、後に飽和硫酸銅電極電位(CSE)に変換した。この自然電位による鉄筋腐食度の判定は、「電位による腐食評価基準 (ASTM C-876)」¹⁾に順じて行った。



図-1 犠牲陽極

表-2 供試体ひびわれ幅および荷重

供試体名	ひびわれ幅	荷重荷重
	(mm)	(kN)
C1	0.095	29.05
C2	0.178	28.09
C3	0.289	31.04
C4	0.340	35.86

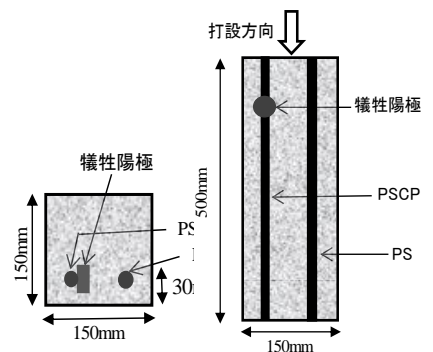


図-2 供試体の形状、寸法

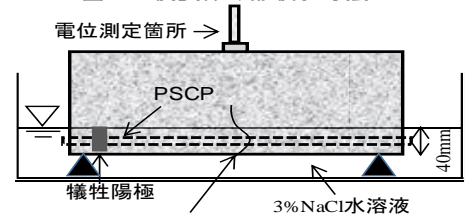


図-3 乾湿繰り返し時の状況

3. 実験結果および考察

自然電位、並びに防食電位を図-4 および図-5 に示す。ASTM 基準においては電位が-350mV より卑のとき鉄筋は 90%以上の確率で腐食していると判断する。図-4 からひびわれ幅 0.34mm、0.29mm の供試体は 20 週程度の早期に鉄筋が腐食しているのに対し、0.18mm では 25 週、0.09mm では 40 週とひびわれ幅が大きいほどより早い期間で鉄筋が腐食していることが判断できる。理由として、ひびわれ幅が大きいほど塩化物イオンおよび酸素がコンクリート中に侵入しやすくなるためと考えられる。最終的にはすべての鉄筋の電位が-450~-550mV 付近を示した。

次に防食電位について考察する(図-5)。乾湿繰り返し環境下では防食電位はひびわれ幅の大きさに関わらず分極し、-600~-800mV を示す。既往の研究により、分極量が 300mV 程度であれば犠牲陽極が有効であると考えられる²⁾。本実験では 202~378mV の分極量が得られており、犠牲陽極による防食効果があると考えられる(表-3)。

次にはつり調査による鉄筋の腐食状況について示す。最もひびわれ幅が大きく分極が小さかった C4 供試体において、はつり調査を行った(図-6)。なお、図-6 の PSCP において見られる茶色の薄い錆は鉄筋を取り出した直後に発生したものであり乾湿繰り返し中に生じた錆は赤点線で囲んだ部分のみである。PS ではひびわれ部が激しく腐食しているが PSCP では腐食が抑えられていることがわかる。腐食面積を測定したところ PSCP では腐食面積を 1/5 程度に軽減出来ていることが確認できた(図-7)。以上のことから犠牲陽極による鉄筋の防食が有効であると確認された。

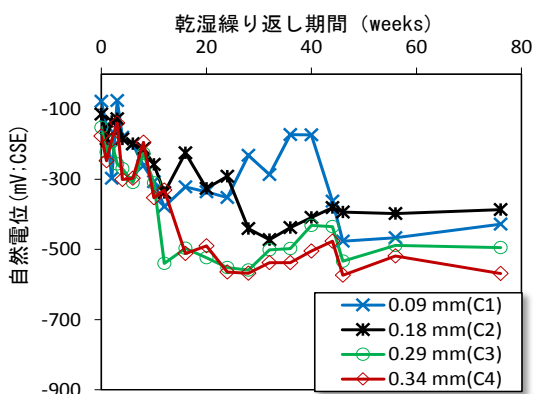


図-4 無防食鉄筋の自然電位 (PS)

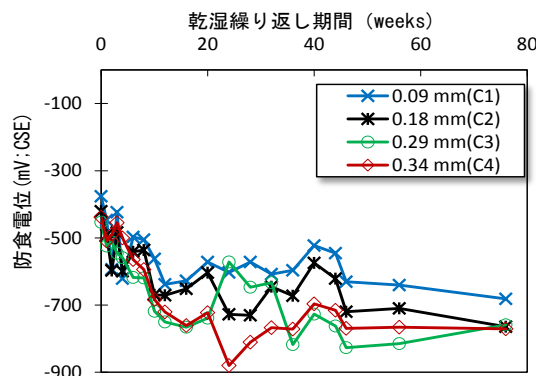


図-5 防食鉄筋の防食電位 (PSCP)

表-3 犠牲陽極の有無によって生じた最終電位差 (乾湿繰り返し 80 週目時点)

供試体名	電位差(mV)
C1	254
C2	378
C3	264
C4	202

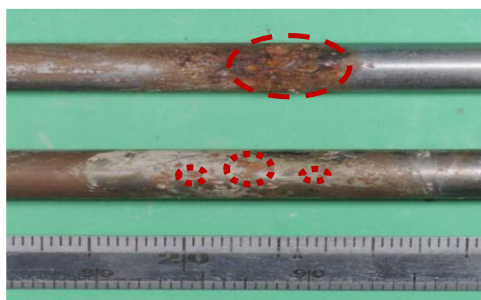
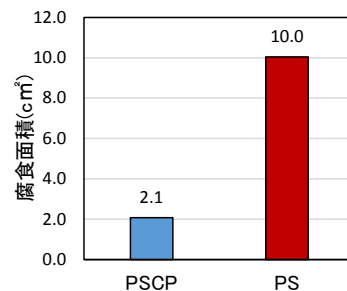


図-6 はつり調査による鉄筋腐食の様子

(上 : PSCP 下 : PS)



4. 結論

- (1) ひびわれコンクリート中の鉄筋はひびわれ幅が大きくなるほどより早期に腐食する傾向にあった。
- (2) 犠牲陽極を用いた場合、ひびわれ幅に関わらず防食効果が確認出来た。
- (3) ひびわれ幅が 0.34mm という大きな場合でも、犠牲陽極を用いた場合、用いない場合と比べて鉄筋の腐食面積を 1/5 程度に抑えることが出来た。

【参考文献】

- 1) ASTM C 876 : Standard Test Method for Half-Cell Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in concrete, 1991
- 2) Mohammad Golam Ali ほか: Polarization period, Current Density, and the Cathodic Protection Criteria, ACI Materials Journal V.89, No.3, pp.247-251, May-June 1992