

V-178 コンクリート中の鋼材腐食に関する基礎的研究

東北工業大学 正会員○高橋 正行

" " 外門 正直

" " 志賀野 吉雄

1. まえがき

海洋・海岸構造物の増加、東北地方の凍結防止剤の多量散布など、コンクリート構造物が厳しい環境下にさらされている今日、コンクリート中の鋼材腐食は一層増加するであろうと考えられる。

本研究は、コンクリート中の鋼材腐食の実用的な非破壊的モニタリングとして望まれている自然電位測定方法を用い、コンクリート中の鉄筋腐食状態を調べるとともに、鉄筋の初期表面状態（以後、初期条件と呼ぶ）が、コンクリート中での腐食に及ぼす影響を調べたものである。

表-1 コンクリートの配合
および強度

W/Cs/a (%)	s/a (%)	単位 量 (kg/m ³)				圧縮強度 (kg/cm ²)	引張強度 (kg/cm ²)
		W	C	S	G		
45	39	180	400	666	1187	280	23

2. 実験概要

使用した鉄筋は、ミルスケール無し鉄筋（タイプA）ミルスケール付き鉄筋（タイプB）、ミルスケール付き鉄筋を2か月間空中曝露したサビ付き鉄筋（タイプC）の3種類で、いずれも公称直径19mmの異形鉄筋（SD-30横フシ形）である。セメントは、普通ポルトランドセメントを使用、細骨材は川砂（比重2.52）、粗骨材は碎石（比重2.87、最大寸法25mm）を使用した。コンクリートの配合および強度を表-1に示す。

実験は、打設後2日で脱型し材令7日まで $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 、 $95 \pm 2\%\text{RH}$ の恒温恒湿室で養生した供試体を用いて実験ⅠⅡ・Ⅲのシリーズに分けて行った。各供試体の形状寸法及び測定方法を図-1に示す。

実験Ⅰは、養生後、両引き試験によって鉄筋引張応力 3000kg/cm^2 まで载荷して供試体中央にひびわれを発生させた後、除荷し、72時間1サイクルとする、24時間淡水もしくは海水中に浸漬（ $20 \pm 2^\circ\text{C}$ ）——48時間空中乾燥（ $50 \pm 2^\circ\text{C}$ 、 $10\%\text{RH}$ 以下）の浸漬・乾燥繰返しを10サイクル行った。また、空中乾燥後に自然電位を測定した。実験Ⅱは、実験Ⅰと同様にひびわれを発生させた後、浸漬液に海水を使用して浸漬・乾燥繰返し20サイクル行いコンクリート中の鉄筋を取出して腐食状態を観察した後その鉄筋を使用してひびわれを入れない供試体を作成し海水による浸漬・乾燥繰返しを20サイクル行った。実験Ⅲは、セメント重量の0.2%、1.0%の塩化ナトリウムを混入させた供試体を作成し、養生後、 $50 \pm 2^\circ\text{C}$ 、 $95 \pm 2\%\text{RH}$ の雰囲気中での曝露試験を行った。また所定の実験終了後に、コンクリート中から鉄筋を取出して鉄筋の表面状態を調べた。

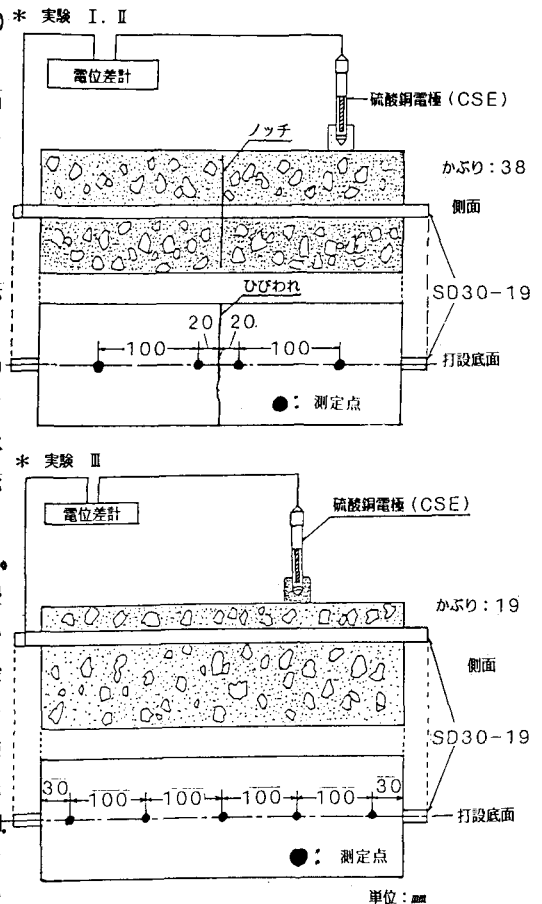


図-1 各供試体の形状及び自然電位測定方法

3. 実験結果及び考察

図-2は、実験Ⅰにおける浸漬・乾燥繰返し回数と自然電位の関係を示したものである。浸漬液に淡水を使用した場合、浸漬・乾燥繰返し回数の増加とともに自然電位は安定した。コンクリート中から鉄筋を取出したところ、タイプA、Bとも鉄筋に腐食部分は見られず、タイプCの鉄筋の腐食も進行していないようであった。また浸漬液に海水を使用した場合の自然電位は浸漬・乾燥繰返し回数の増加とともに低くなり、コンクリート中から鉄筋を取出したところ、タイプA、Bの鉄筋には、ひびわれ部分などに腐食が発生していた。タイプCの鉄筋には、ひびわれ部分などに新たな腐食が発生しそれ以外の腐食は進行していないようであった。

図-3は、実験Ⅱにおける浸漬・乾燥繰返し回数と自然電位の関係を示したものである。実験Ⅰと同様に浸漬乾燥繰返しを20サイクル行った供試体は、自然電位がで-0.5V位まで低くなり、コンクリート中の鉄筋表面積の25～35%程の腐食が発生していた。その腐食が発生した鉄筋を使用して、ひびわれを入れない供試体を作成して実験を行ったところ、浸漬・乾燥繰返し回数の増加とともに自然電位は、-0.2V位で安定し、コンクリート中から鉄筋を取出したところ腐食の進行は認められなかった。

図-4は、実験Ⅲにおける材令と自然電位の関係を示したものである。コンクリート中にセメント重量の1%の塩化ナトリウムを混入させたところ、材令初期において自然電位が若干低下したが、材令が進むと-0.25V位で自然電位が安定した。材令約1年後、コンクリート中から鉄筋を取出したところ、3タイプの鉄筋とも、打設面側にはほとんど腐食部分が見られないにもかかわらず、打設底面側には、ほぼ全面にわたって腐食が発生していた。また、塩化ナトリウムを0.2%混入させた供試体は、材令約3ヶ月において自然電位が、-0.15V位で安定している。

図-5は、腐食面積率と自然電位の関係を示したものである。自然電位が、-0.25V以下になるとほとんどの鉄筋に腐食の発生、もしくは進行が認められた。

以上の実験結果より、コンクリート中の鉄筋に腐食が発生、そして進行している場合、自然電位が低下（約-0.25V以下）していることから、コンクリート中の鉄筋腐食の非破壊的モニタリングとして自然電位測定方法を用いる場合、腐食が進行状態にある場合については腐食を検出することが可能であるが、過去に腐食が発生し、現在その腐食が進行していない場合に対しての腐食の検出は困難であると考えられる。また、鉄筋の初期条件による腐食性状の違いは、ほとんど見られなかった。

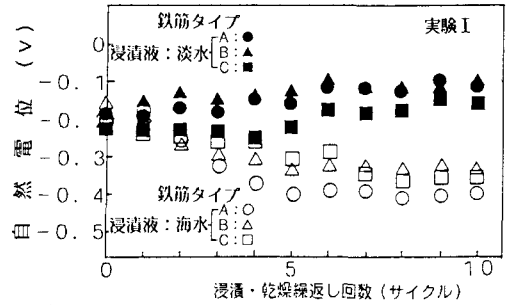


図-2 浸漬・乾燥繰返し回数と自然電位の関係

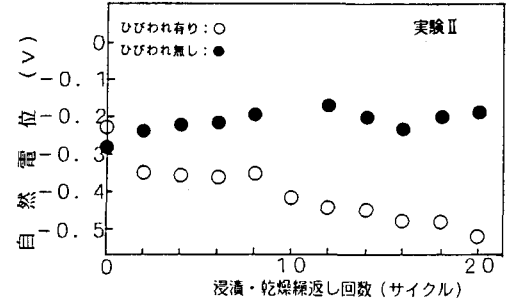


図-3 浸漬・乾燥繰返し回数と自然電位の関係

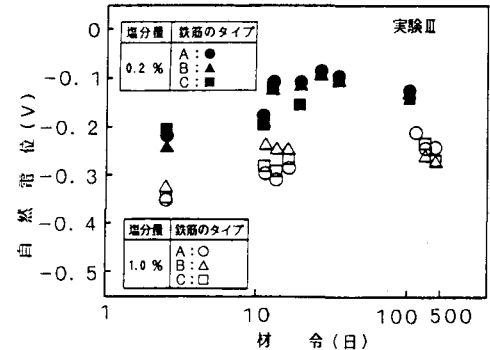


図-4 材令と自然電位の関係

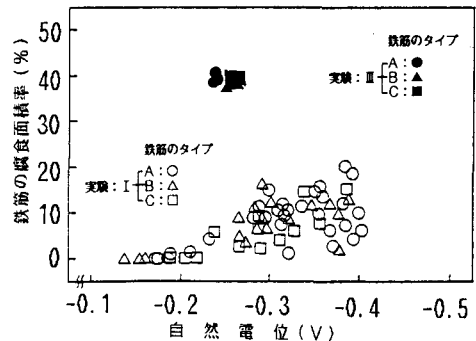


図-5 鉄筋腐食面積率と自然電位の関係