

## [16] コンクリート耐食性評価技術に関する実験的検討

正会員 ○ 片脇 清士 (建設省土木研究所)

正会員 西崎 到 (建設省土木研究所)

### 1. まえがき

コンクリートの耐久性設計においては、コンクリートの耐久性を適確に把握することが必要である。そこで、耐食性を評価しようとして、腐食促進試験等による予測、長期暴露試験による検証、実構造物診断等の試みが行われている。実構造物の劣化状況を非破壊的に測定する手法には、たとえば、①X線、②電磁波、③電気等があるが、ここでは腐食原因が電気化学的挙動であることから電気化学的方法による測定技術を検討したものである。

### 2. 研究の概要

塩害によるコンクリート中の鋼の腐食は、不動態皮膜の破壊によって発生するばかりでなく、コンクリート内あるいは外部環境内の不均一性に起因したマクロ電池作用によっても促進されることがある。

#### は) 濃淡電池作用

コンクリート中において酸素濃度、塩化物イオン濃度あるいはアルカリ濃度が部分的に異なる場合には、これらの濃度が低い箇所の鋼材がアノードとなり、濃度の高い箇所の鋼材がカソードとなって、濃淡電池を形成し、アノード部の鋼材の腐食が促進される。

#### 2) 異種環境作用

コンクリート中の鋼材の一部がコンクリートで被覆されない場合にはコンクリート被覆部と裸部の間に電池が形成される。このような電池は数百mVの大きな電位差を生ずるので、裸部の鋼材は激しい腐食を引き起こす。このような電池作用を利用した電気化学的試験方法としては、自然電位法、定電位分極試験、あるいは抵抗分極法などがある。

このなかで、自然電位の測定は比較的簡単で、しかも原理的に信頼性のおける方法であると期待される。

そこで、

- 1) 腐食と電位との関係
- 2) コンクリート表面と電位との関係
- 3) 判定方法

等について、コンクリート供試体を用いて検討して、測定技術の向上を図ろうとしたものである。

### 3. 研究方法

#### 3-1 供試体の暴露

本試験に用いた供試体を図-1に示す。

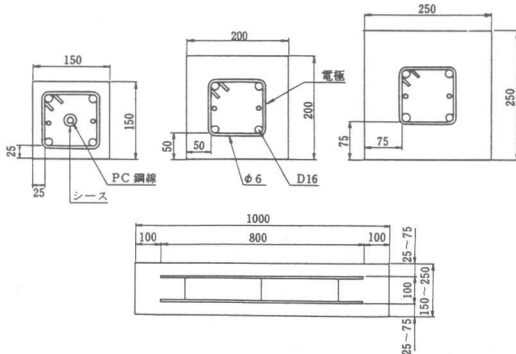
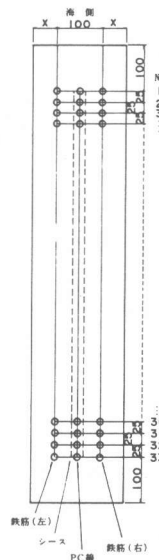


図-1 供試体の形状



Xはかぶりに準ずる。

図-2 自然電位分布の測定位置

かぶり厚は、2.5、5.0、7.5 cmの3水準、また初期塩分量を、0、10、30kg/m<sup>3</sup>の3水準に設定した。供試体はこれまで3年間海岸飛沫帯部に暴露しており、一部については現在も暴露を継続中である。

### 3-2 調査

供試体を持ち帰った後で、自然電位分布、鉄筋の腐食状態、コンクリート中の含有塩分、表面の含水率等を測定した。

その手順は以下の通りである。

#### (1) 電位測定

- 1) コンクリート表面に水を散布した後、測定位置図(図-2)に従って軟質塩ビ製測定位置板を設置する。
- 2) 測定位置板は、供試体寸法に適合する3種類(A, B, C)を用いる。
- 3) デジタルマルチメーターの(-)側に飽和甘こう電極、(+ )側にコード芯の色別に従って鉄筋又はPC線、シースからのコードを接続する。
- 4) 25mm間隔でφ14mmの穴が開いている測定位置板に従って飽和甘こう電極を走査し、各測定点において最大30秒後のデジタルマルチメーターの指示(mV)を記録する。(図-3)
- 5) 塗装供試体は塗膜除去後に測定する。

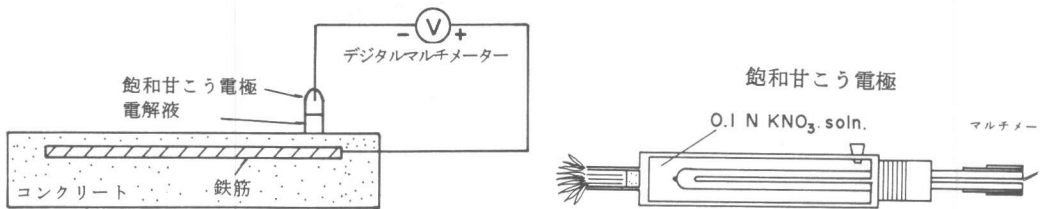


図-3 自然電位分布の測定方法

#### (2) 測定位置

- 1) 鉄筋、PC線、シースをコンクリート表面(4面)より測定する。

#### (3) 鉄筋の腐食状況

コンクリートをはった後、内部鋼材の腐食位置および腐食程度を鉄筋1本毎に測定し、鉄筋の腐食状況を記録する。

鉄筋の腐食度は5段階に区分した。

腐食度	A	B	C	D	腐食なし
腐食状態	断面欠損の明らか な著しい腐食	残孔食など断面欠損の軽微な腐食	ごく表面的な腐食(全体的)	劣化程度のごく表面的な腐食	腐食を認めず

#### (4) 含有塩分

コアを採取し、電位差滴定法により塩分を分析した。

#### (5) 含水率

高周波水分計でコンクリート表面水分を測定した。

## 4. 実験結果

### (1) 電位測定

電位の測定例を図-4に示す。

図-4の左側はコンクリート中の含有塩分が少ない場合であり、右側は多量の塩分を含む場合である。鉄筋電位の初期の値は同様であったが、含有塩分の多少によって1年経過後には電位値にも明瞭な差異が生じた。

3年経過後ではほぼ1年経過後と同様の値か、自然電位の一般の低下がみられる。鉄筋が電気化学的に活性な状態にあることを裏付けている。

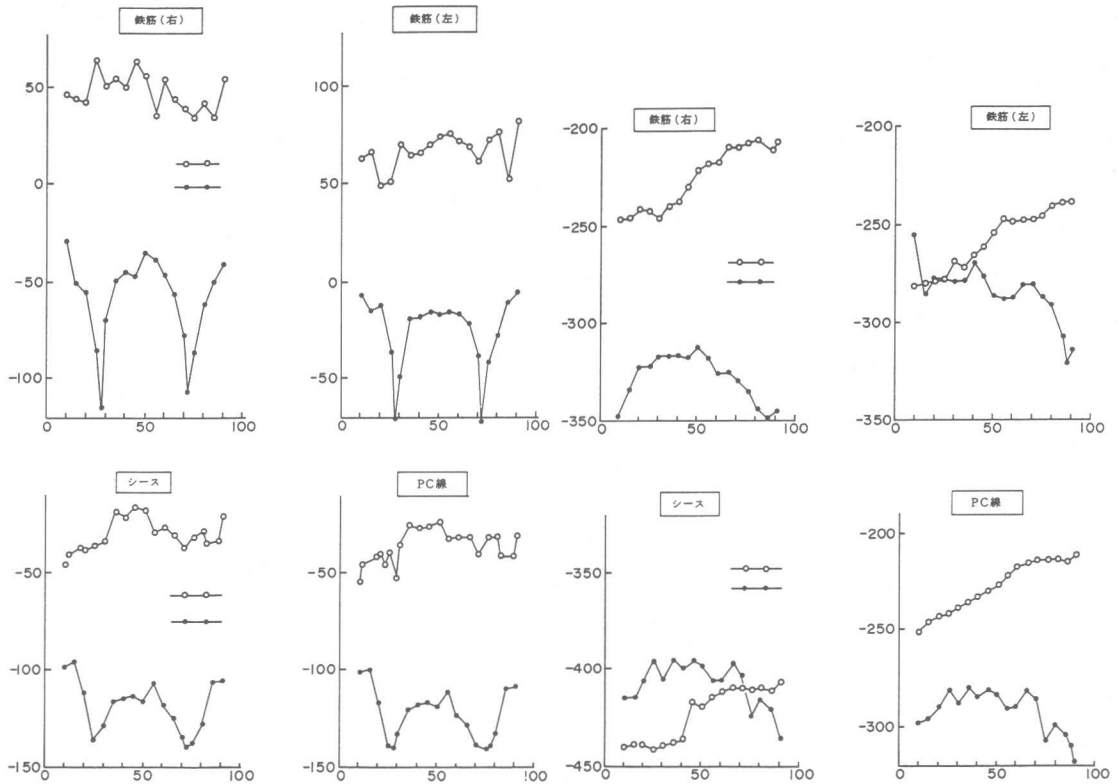


図-4 自然電位の測定結果の例

## (2) 腐食調査結果

初期塩分量 $10\text{kg}/\text{m}^2$ 、 $30\text{kg}/\text{m}^2$ の供試体では鉄筋全面に錆の発生がみられ、暴露1年、3年を較べるとその進行が進んでいるが、個々の鉄筋においては腐食の進行に多少の差異がある。

## (3) 含有塩分

初期塩分 $0\text{kg}/\text{m}^2$ 、 $10\text{kg}/\text{m}^2$ の供試体は、3年間の暴露で表面から $20\text{mm}$ の位置まで塩分の浸透が見られる。

## (4) 含水率

表面含水率は $9.0\sim 9.8\%$ であった。

なお、表面pHは1以上であり、コンクリート表面の中性化は考えなくともよいであろう。

## 5. 実験結果の考察

### (1) 自然電位と鉄筋の腐食について

電位測定結果と腐食調査結果とを比較すると表-1のようになる。

この図によれば、

- 1) 解体調査結果で腐食が認められなかった供試体では、電位分布測定でも腐食していないという結果が得られた。
- 2) 解体調査結果で腐食度Aランクと認められた供試体では、電位分布測定でも腐食度大及び著しいという結果が得られた。
- 3) 解体調査結果で腐食度Cランク及びDランクと認められた供試体では、電位分布測定においても腐食度小及び腐食度大という結果が得られた。

以上の結果から、解体調査結果と電位分布測定結果はほぼ一致していると思われる。

### (2) 測定方法について

測定時にコンクリート表面は表乾状態であったが、この場合にも測定は可能であった。

また、当初塩分を混入しないコンクリートであっても、塩害環境では表面よりかぶり深さ程度までは塩分が浸透しており測定できる。

(3) 判定方法

ここでは電位分布測定結果を電位分布率で整理して腐食の有無を判定している。電位を用いた測定方法には例えば、ASTMの判定法 (ASTMC 876) がある。この方法によれば、

-0.20 < E 90%以上の確立で腐食が生じていない。

-0.35 < E ≤ -0.20 不確定。

E < -0.35 90%以上の確立で腐食が生じている。

もし、電位として正の値が得られる場合には、コンクリートに十分な水分が含まれておらず、信頼すべき値とは見なせないとしている。本実験によればこの方法でも大略、腐食の判定が可能であった。

電位の経時変化を測定することで腐食の進行度をより正確に把握することができることから、電位の定期的な調査を行うことがより重要となる。

表-1 電位分布測定結果と鋼材の腐食

供試体 番号	かぶり (cm)	初期塩分量 (kg/m <sup>2</sup> )	エポキシ 鉄筋	電位分布率 (%) 注1)				鋼材の腐食 判定 注2)	備 考
				A) -125mV/以下	B) 125~-275	C) -275mV 以下	D) -425mV 以下		
	2.5	0		100	0	0	0	○	
	2.5	0		100	0	0	0	○	
	2.5	0	○						
	2.5	10		0	0	100	79	××	
	2.5	10		0	91	9	0	△	
	2.5	10		20	80	0	0		
	2.5	10		5	95	0	0	△	
	2.5	10		38	62	0	0		
	2.5	30		0	0	100	41	××	
	2.5	30		0	0	100	100	××	
	2.5	30		0	0	100	100		
	2.5	30		0	47	53	0	△×	
	2.5	30		0	0	100	44	×	
	2.5	30		0	12	88	18		
	2.5	30	○						
	5.0	0		100	0	0	0	○	
	5.0	10		0	11	89	0	×	
	5.0	30		0	0	100	100	××	
	7.5	0		100	0	0	0	○	
	7.5	10		0	0	100	0	×	
	7.5	30		0	0	100	100	××	
	5.0	0		100	0	0	0	○	

注1) 電位分布率 (%) = [各 (A) (B) (C) 域の測定点数 / 測定総点数] × 100

注2) ○: 鋼材腐食なし, △: 鋼材腐食小, ×: 鋼材腐食大, ××: 鋼材腐食著しい

6. あとがき

自然電位により腐食位置を測定することが可能となった。また、この方法に習熟することによって、腐食程度の推定も可能であると考えられるので、今後、定量的な判定手法とするための検討を行いたい。

本研究は、コンクリート橋の塩害対策に関する試験調査の一環として行ったものであり、調査に携われた東北地方建設局の方々の御協力に謝意を表します。