

建設省土木研究所 正会員 片脇 清士

" " 山内 幸裕

## 1. まえがき

海岸附近にあるプレストレストコンクリート構造物の腐食による損傷が最近顕著にあらわれるようになった。これらの構造物は、鋼材に沿ってひびわれを生じることが特徴であるが、海岸附近に集中したこのような損傷事例はこれまでに報告されていない。これまで耐久性にすぐれているとされたコンクリート構造物だけに、損傷原因を明らかにすることが重要と考え、鋼材の腐食に関して一連の調査を開始した。

ここでは、鋼材の腐食機構を推定するうえで重要な知見の得られる、錆に関する観察および分析結果を報告する。

## 2. 調査の概要

コンクリートにひびわれが発生する以前に鋼材が腐食したのか、それともコンクリートのひびわれ後に鋼材が腐食したかを判別するのが鋼材の腐食機構を考える上で重要となる。コンクリート構造物の損傷部分のうちひびわれ部より腐食した鋼材を採取し、錆層を含む鋼材断面の観察および微小分析を行い、錆の性状より腐食の開始時期を推察した。

## (1) コンクリートの外観と鋼材の採取位置

コンクリート構造物下面には、さび汁によるよごれが数ヶ所見られ、長手方向のひびわれもある。ひびわれ部をハンマーでつり、腐食した鋼材をとり出した。採取部分での鋼材のコンクリートかぶり厚さは30~35mmであった。(図-1)なお、コンクリートの中酸化は数mmであり、鋼材の腐食への影響は無いと考えられる。

## (2) 腐食鋼材の外観

除錆前および除錆後の鋼材表面の外観を調査した。

## (3) EPMA (※) を用いた腐食鋼材の観察/分析

さびつきのまま、鋼材の一部を切りとり、前処理等を行ってEPMA分析用試料とした。

## 3. 調査結果

## 3.1. 鋼材の腐食性状

鋼材には、赤茶色錆と黒色錆とがまざりあって固く付着している。鋼材表面には、深さ数mm以上の多数の孔食があり、全体的にえぐられた形状となっている。(写真-1)このような腐食はアルカリ性環境下でしばしば見られる腐食形態である。

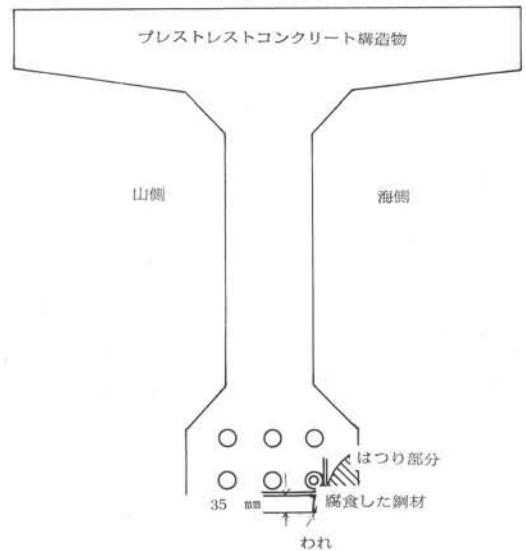


図-1 鋼材の採取位置 (模式図)

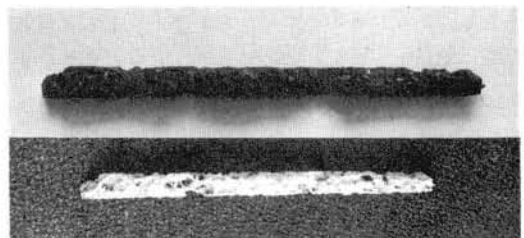


写真-1 鋼材の腐食 上：除錆前 下：除錆後

(※) EPMA, Electron Probe Micro Analysis 微小X線元素分析装置を有する走査型電子顕微鏡 (SEM)

### 3.2. EPMAによる観察結果

低倍率でのSEM観察から腐食鋼材表面に、2種類の錆が見出された。(写真-2、図-2) 鋼材に接する内側の組織の疎な介在物の多い錆(鉄錆A)と、稠密ではあるがポロポロとはがれやすい外側の錆(鉄錆B)とから構成される。鉄錆Aは鋼材の孔食部に集中し地肌にしかりと喰いこんでいる。一方、鉄錆Bは錆層自体はきめこまかく固いが、微小なひびわれが内部にあり、このひびわれからはがれる。

この鉄錆Aの鉄錆Bとの境界部分(図-2、中央)をさらに拡大した高倍率でのSEM写真(写真-3)と同じ部分でのCl(塩素イオン)の微小部元素分析結果を写真(写真-4)に示す。写真によれば、鉄錆Aと鉄錆Bとの境界は明確であり、錆の種類だけでなくその発生時期が異なることを示唆している。微小部元素分析によれば外側の錆(鉄錆B)中のCl含有量より、内側の錆(鉄錆A)のCl含有量が大きくという結果が得られ、鉄錆Aが時間的に早く生成することを考えあわせれば、コンクリートにひびわれが生じる以前に、外部からコンクリートへ浸透する塩分によって鋼材が腐食したと考えられる。

### 4. まとめ

- (1) 腐食鋼材の外観は、アルカリ性環境下でしばしば見られる腐食形態(孔食)である。
- (2) 鉄錆Aと鉄錆Bとは、その組織の稠密さが異なるだけでなく錆中の塩分含有量が異なる(鉄錆A>鉄錆B)。
- (3) 鋼材の腐食は、外部よりコンクリートに浸透する塩分に起因する塩化物腐食であり、コンクリートのひびわれ発生以前に既に腐食が進行していたと考えられる。

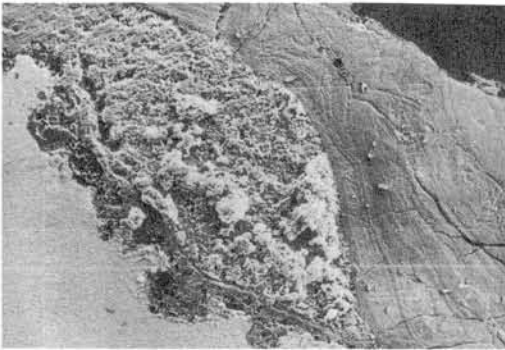


写真-2 腐食鉄筋のSEM写真(×40)

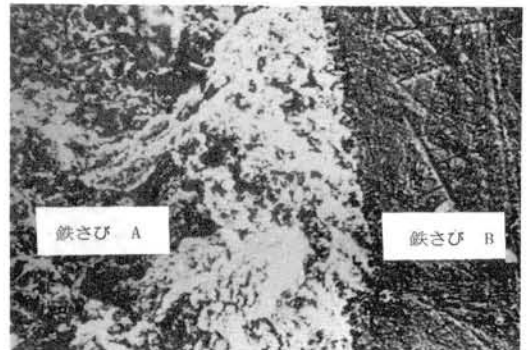


写真-3 腐食鉄筋のSEM写真(×200)



図-2 腐食鉄筋のSEM像(写真-2と同位置)

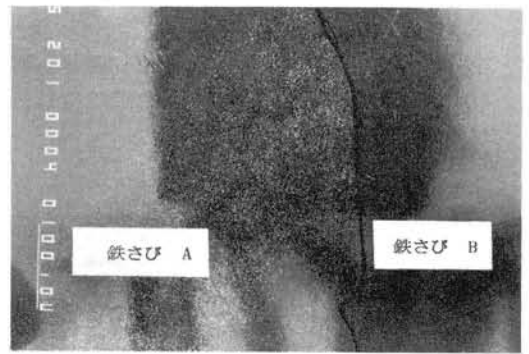


写真-4 腐食部のCl分布(写真-3と同位置)