

V-186 鉄筋コンクリートはりの海岸暴露試験

北海道開発局 開発土木研究所 正会員 佐々木 慎一  
 北海道開発局 開発土木研究所 正会員 堺 孝司

1. まえがき

鉄筋コンクリート構造物は、かぶりコンクリートによって内部鋼材が保護されているため、コンクリートの品質およびかぶり厚が鋼材の腐食に直接影響を及ぼす。北海道の海岸沿い、特に日本海沿岸の地域は凍結融解作用に加えて、冬期の季節風によって飛来する海塩粒子に起因する塩害などの厳しい自然条件下におかれているため、鋼材腐食による構造物の劣化・損傷が多くみられる。北海道開発局開発土木研究所では、海岸に隣接したコンクリート構造物の塩害を対象とした長期暴露試験を行っている。本文は、留萌海岸で10年間暴露試験を行ったRC供試体の解体調査結果について述べるものである。

2. 暴露試験概要

2.1 供試体

暴露試験に用いた供試体を図-1に示す。供試体は、主鉄筋として表面から30mmの位置にD13の異形棒鋼(SD30、横ふし型)を使用したものと、20mmの位置にエポキシ樹脂塗装鉄筋を使用したものの2種類である。エポキシ樹脂塗装鉄筋は静電焼付塗装で平均塗膜厚286μmのものを使用し、加工時に塗膜が損傷した箇所は同系統のエポキシ樹脂塗料により補修した。

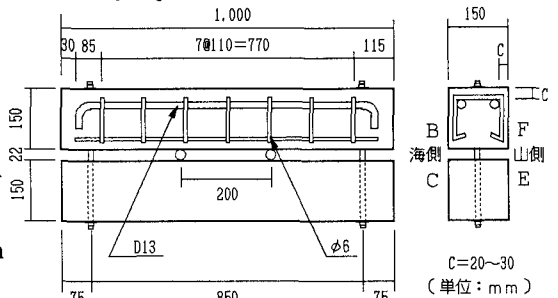


図-1 暴露供試体

表-1 暴露供試体の配合

コンクリートの配合を表-1

に示す。エポキシ樹脂塗装鉄筋を使用していない供試体は配合番号1~4と5, 7の6種類とし、エポキシ樹脂塗装鉄筋を使用した供試体は配合番号2と6の2種類とした。

配合番号	使用バネの種類	配合条件			細骨材率 (%)	粗骨材の最大寸法 (mm)	単体量 (kg/m³)				備考
		水たまり比 (%)	スランプ (cm)	空気量 (%)			水	バネ	細骨材	粗骨材	
1	普通ポルトランド	43.8	6.5	5.0	37.0	25	145	300	741	1242	防錆剤使用
2	〃	47.3	〃	〃	〃	〃	142	300	744	1247	
3	〃	36.3	〃	〃	33.0	〃	145	400	631	1262	
4	〃	32.0	〃	〃	30.0	〃	160	500	534	1227	
5	高炉セメントB種	46.0	〃	〃	37.0	〃	138	300	745	1250	
6	〃	36.3	〃	〃	33.0	〃	145	400	627	1255	
7	〃	32.0	〃	〃	30.0	〃	160	500	530	1219	

配合1では防錆剤（亜硝酸塩系）を用いた。供試体は、コンクリート打設後1~2日で脱型し、材令7日まで湿潤養生を行った後、材令28日で曲げひび割れを導入し、ひび割れ幅0.2mmを目標として図-1に示すように両端をボルトで固定した。暴露試験は製作から約1ヵ月後に開始した。

2.2 暴露環境条件

暴露試験場は、留萌海岸の海岸線から約30mに位置し、冬期間に海からの季節風が卓越する日本海沿岸特有の厳しい環境である。ガーゼ法による飛来塩分捕集の結果、1986年12月~1987年3月の冬期間に平均で5.4 mg/d.d (塩化物イオン換算) の飛来塩分が観測された。

2.3 調査項目

表-2 調査項目

調査項目を表-2

に示す。塩化物イオンの定量は、普通ポルトランドセメントを使用した

調査項目	調査方法	測定箇所
ひび割れ幅の測定	顕微鏡による測定 (暴露開始時、解体前)	鉄筋の直上で測定
自然電位測定	供試体を一定時間吸水させた後、飽和硫酸銅電極を用いて測定した	鉄筋の直上で5cm間隔に測定
かぶり厚さの測定	主鉄筋、スターラップ、補助鉄筋について行った	
中性化深さの測定	フェノールフタレイン1%エタノール溶液を用いて測定	桁中央と中央から両端へ30cmの点
主鉄筋腐食面積測定	展開図に腐食面積を写し取り腐食表面積を測定した	
鋼材の腐食状況調査	当研究室が独自に設定した基準にしたがって目視により分類した	主鉄筋、スターラップ、補助鉄筋
塩化物イオン調査	試料を0.15mm以下に粉碎し、100℃の水中で1時間振とう攪拌して塩化物イオンを抽出し、定量した	桁から水平・垂直方向にコアを採取しひび割れ部分のかぶりエッジを採取

コンクリートについては吸光光度法を用い、高炉セメントを使用したものについてはイオンクロマトグラフ

法を用いた。本報告では、今回の10年間の暴露試験の結果と併せて1986年に調査した5年間の暴露試験結果についても検討を加えた。なお、10年後に暴露試験20年の供試体について同様の調査を行う予定である。

### 3. 調査結果および考察

#### 3.1 コンクリート中への塩化物イオンの浸透

図-2に海側表面から中心までの塩化物イオン量を示す。普通ポルトランドセメントを用いた場合、5、10年とも、配合3、4が配合2に比較して塩化物イオンの浸透が少ない。10年間の結果に着目すると、塩化物イオンの浸透は配合3、4では5cmまで達していないが、配合2ではすでに供試体の中心である7.5cmまで達している。この原因として、配合3、4では水セメント比が各々36.3%、32.0%であるのに対して配合2では47.3%と高くなっていることが考えられる。一方、高炉セメントを用いたコンクリートでは表面1cmまでの塩化物イオン量は多いが、3cmから内部では10年経ても非常に少ない。

図-3はひび割れ幅と塩化物イオンの関係を示したものである。図に示す塩化物イオンは、10年間暴露試験を行った供試体のひび割れ部の鉄筋上におけるコンクリートを試料として測定した結果である。ひび割れ幅が比較的小さい場合に塩化物イオン量が多くなる傾向がある。また、海側に暴露した面の方が山側の面より若干塩化物イオンの浸透量が多くなっている。

#### 3.2 ひび割れ幅の推移

暴露試験前に測定したひび割れ幅と、調査時に測定したひび割れ幅の関係を図-4に示す。5年間の暴露試験結果では、エポキシ樹脂塗装鉄筋使用の有無に拘らず暴露前後でのひび割れ幅の違いは少ない。しかし、10年後では、両者とも明らかにひび割れ幅が大きくなっている。これらの結果で注目すべき点は、エポキシ樹脂塗装鉄筋を用いた場合においても、一部のひび割れが10年経過でかなり大きなものとなっていることである。

#### 3.3 鋼材の腐食と縦ひび割れの関係

図-5に、主鉄筋の腐食面積率と縦ひび割れの長さとの関係を示す。防錆剤を用いた場合と用いない場合の5年間の暴露試験結果を比較すると、防錆剤を用いた場合が腐食面積および縦ひび割れ長さのいずれも用いない場合より小さな結果となっている。しかし、原因は特定できないが、10年後においては防錆剤を用いた場合それらは著しく大きくなった。また、エポキシ樹脂塗装鉄筋を使用した供試体では、普通鉄筋の供試体に比べて明らかに腐食面積、縦ひび割れの発生が少なく、劣化の進行がかなり遅いと言える。エポキシ樹脂塗装鉄筋の中の1本に腐食面積率が30%を越え、縦ひび割れも600mmとかなり劣化した箇所があり、その腐食状況は普通鉄筋と同様な著しい断面欠損を生じていた。

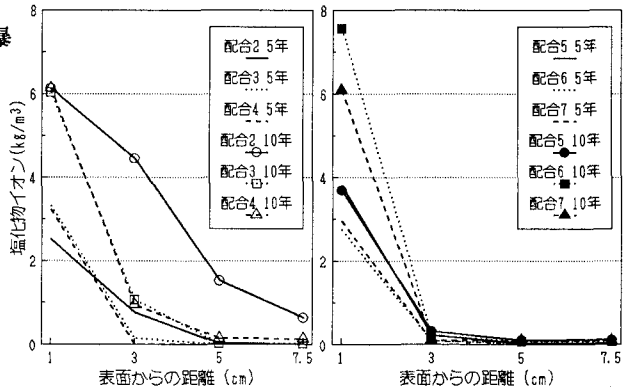


図-2 コンクリートへの塩化物イオン浸透量

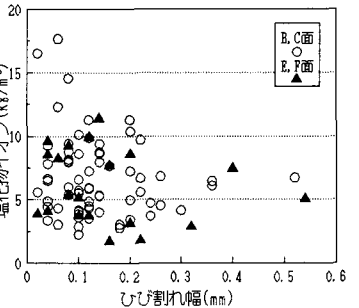


図-3 ひび割れ幅と塩化物イオン

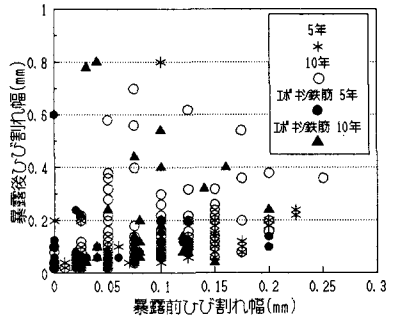


図-4 暴露前後でのひび割れ幅の変化

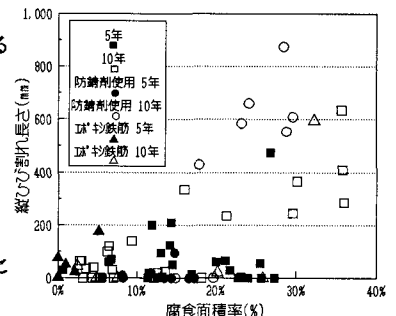


図-5 腐食面積と縦ひび割れ長さ