

北海道開発局土木試験所 正員 ○前川 静男  
北海道開発局小樽開発建設部 正員 渡辺 宏

まえがき

海岸または港湾のコンクリート構造物は、コンクリート中に塩分が入り鉄筋が腐食して耐久性が著しく損なわれることがある。とくに鉄筋の使用応力度を高めた場合にはコンクリートにひびわれが生じ、鉄筋の腐食に悪影響を及ぼすと考えられるが、コンクリート中の鉄筋の腐食に関しては未だ十分解明されていない実が少なくない。この問題に関して、当土木試験所では昭和42年度から北海道留萌市の日本海岸で鉄筋コンクリートけたの暴露試験を実施中であるが、今回5年経過した試験けた48本を取壊し、コンクリートのひびわれ、中性化、塩分量、鉄筋の腐食などについて調査したのでその結果を報告する。

1 試験の概要

表-1 試験の全体計画

試験の全体計画は表-1に、配合の種類は表-2に示すとおりで、試験けたの総数は290本である。この報告ではA、Bシリーズを対象としている。試験けたは図-1に示すように15×15×100cmの寸法で、主鉄筋は直径13mmとし、ワイヤフックで黒皮を落とし光沢が出るまで磨いたものを用いた。コンクリート打込み後7日間湿潤養生し、その後室内に放置して材令約20日に曲げ試験機により所定のひびわれ幅(最大0.2~0.5mm)が生ずるまで荷重をかけたのち、2本1組として互いにボルト締めしてひびわれ幅を保つようにした。

シリーズ	因子	かぶり厚 (mm)	鉄筋の種類	暴露年数	配合
A	かぶり厚、ひびわれ幅 鉄筋の種類	20	SR 24	2 5	表-2の No.1
		30	SD 40	10 15	
		40	SDC 40	20	
B	セメントの種類と量、 減水剤の有無、 塩分の添加量	20	SDC 40	2 5	No.1 ~No.16
				10 20	
				20	
C	ひびわれ部に 塗装	20	SDC 40	2 5	No.1
				10 20	
D	かぶり厚	50	SD 35	3 5	No.1
		75		10 15 20	

その後、試験けたを留萌の暴露地へ運び、地上高1~4m、汀線からの距離30~40mのけた台の上に設置し、自然条件下に暴露させた。5年間の暴露を終えた試験けたは試験室に持ち帰り、以下に述べる各試験を行なった。

表-2 配合の種類

2 コンクリートのひびわれの変化

鉄筋の直上位置で測定したひびわれ幅は、当初の値に比べて大小さまざまであったが、平均すると7%程度広がっていた。ひびわれ長さも消長があったが、平均では5%程度長くなっていた。

番号	セメントの種類	単位セメント量(kg/m <sup>3</sup> )	塩化カルシウム(%)	練り混ぜ	減水剤
1	普通ポルトランド	300	0	淡水	有
2	"	"	0	"	無
3	"	"	0	海水	"
4	"	"	0	"	有
5	"	250	0	淡水	"
6	"	275	0	"	"
7	"	300	3	"	"
8	"	"	6	"	"
9	"	"	3	"	無
10	"	"	6	"	"
11	"	"	3	海水	有
12	"	"	6	"	"
13	高炉B種	"	0	淡水	"
14	"	"	0	"	無
15	フライアッシュB種	"	0	"	有
16	"	"	0	"	無

縦ひびわれは曲げ試験機で荷重をかけたさいに一部すでに発生したが、暴露中にも鉄筋の腐食による膨張圧により発生した。縦ひびわれの幅は0.05~0.1mmのものも多く最大は0.28mmに達していた。横ひびわれはその後の鉄筋の腐食を急激に促進させると考えられるので重要な意味をもつ。図-2、3は鉄筋の種類およびセメントの種類と縦ひびわれ長さとの関係を示したものである。

3 コンクリートの中性化

フェニールフタレインで測定した中性化深さは表面から0.5~1mm程度であった。ひびわれ部の鉄筋付近のPHを指示薬を吹き

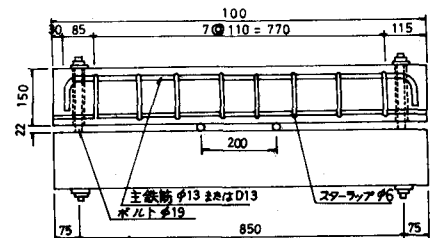


図-1 試験けた

付けて調べたところ、大部分は10以上であったが、縦ひびわれが発生した箇所ではPHが7~8のものもあった。

#### 4 コンクリートの塩分量

試験げたから径7.5 cmのコアを切抜き、断面水平方向の塩分量分布を測定した。その結果は図-4に示す。鉄がさびないNaClの含有量の限度を水に対して0.045%とすると、コンクリートに対しては0.003~0.004%に相当する。コンクリート中のNaCl量は海側表面から3~5 cmの深さで0.2~0.7%に達し、上記の限度をはるかに超えていた。セメント量、セメントの種類、減水剤の有無により塩分含有量はいく分異なったが、限量量に比べるといずれも問題とならないくらい多かった。

#### 5 鉄筋の腐食

鉄筋のさびの発生は様でなく、ひびわれ部またはその近辺に限られていた。さびの発生箇所ごとに腐食深さと周長方向の腐食長さなどを測定し、腐食程度は断面減少率で評価した。図-5はひびわれ幅、かぶり厚さと鉄筋の腐食との関係を示す一例である。0.05~0.1 mm程度のひびわれでも鉄筋の腐食が著しい場合もあり、ひびわれ幅の大きさは腐食程度とあまり明確な関係がないようであった。また、かぶり厚さについても20 mmの場合は30 mm、40 mmの場合に比べていくらか腐食程度が大きい傾向があったが(SDC40)はうつきが大きく確言できほどではない。単位セメント量の相違による鉄筋腐食の影響は少なかった(図-6)。図-7は練りませ水に海水を用いた場合、CaCl<sub>2</sub>を添加した場合などの試験結果である。当初の塩分含有量を少なくすることは望ましいことではあるが、ひびわれから入る塩分の影響が大きいことも考慮しなければならぬ。

この5年暴露試験の結果では未だ不明確な問題が多かったが、暴露試験はその後も継続中であり今後解明したい。

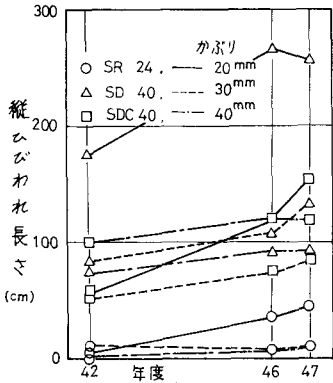


図-2 鉄筋の種類と縦ひびわれ

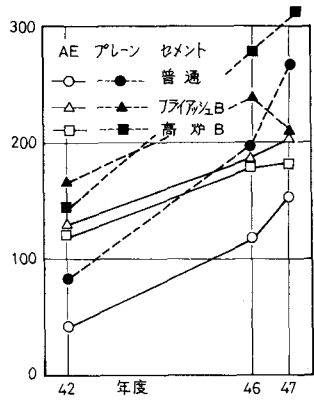


図-3 セメントの種類と縦ひびわれ

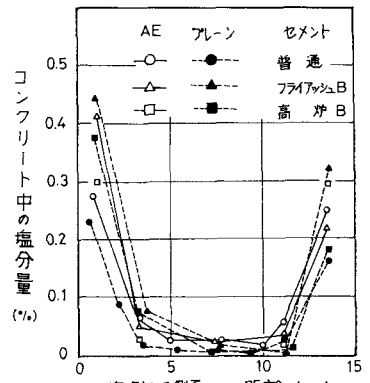


図-4 コンクリート中の塩分量分布

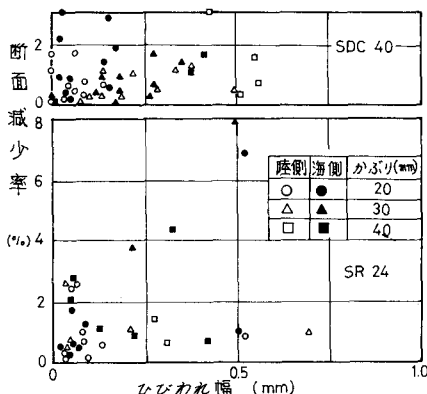


図-5 ひびわれ幅と腐食による断面減少率

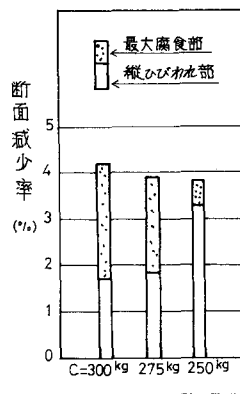


図-6 単位セメント量の影響

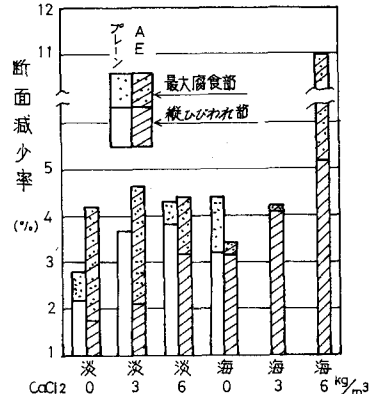


図-7 練りませ水中の塩分の影響