

Ⅷ-13 コンクリート中の鉄筋の発錆実験（そのろ）

琉球大学 正員 具志幸昌 正員 加仁屋晴謹
正員 ○伊良波繁雄

1. まえがき

筆者らは沖縄県下の鉄筋コンクリート構造物の調査を1973年から1975年にかけて行なった。その結果、鉄筋コンクリート構造物の損傷の傾向、割合、ひろがり、原因の究明、地域特性を明らかにすることができた。鉄筋の腐食の原因は特殊の古い建築物を除き、コンクリート中に含まれる塩分であると結論を下している。1976年からはそれまでの調査結果をもとにして種々の条件を考慮して、コンクリート中の鉄筋の腐食試験を開始した。コンクリート中の鉄筋の腐食試験は耐久試験なので最終結論を出すにはかなり長い年月を要する。今回は2ヶ月目までに得られた腐食試験の報告である。

2. 使用材料、供試体製作、実験計画

これらについては既報にくわしいので、簡単に述べる。セメントはM社製の普通ポルトランドセメントである。粗骨材は沖縄本島北部の本部半島産の硬質の石灰岩で比重2.71、吸水率0.24の良質なもので最大寸法は20mmである。細骨材は那覇面々のナベシ島産の海砂で比重2.49、吸水率6.90%、粗粒率2.38%のものでかなり劣悪なものである。含水量は降雨にさらしておいたので0.008%~0.022%となっている。防錆剤は市販品を使用した。鉄筋は長さ20cm、直径19mmの丸鋼で黒皮を落して使用した。供試体は20cm×12cm（高さ）×30cmの直方体で、鉄筋は水平に3本ならべて所定のかぶりを保つようにコンクリートを打ち込んだ。実験は実験計画法によって主効果のみを対象とし、 L_{32} 直交表で実施した。因子と水準は表-1、わりつけと発錆面積の測定結果は表-2に示してある。

ろ、実験結果および考察

実験は実験計画法の L_{32} 直交表にもとづいて

計画されたが、過去の発表と同様に前半部、後半部に分けて、おのおの L_{16} 表にもとづく実験として解析する。そうする

表-1 因子と水準表

因子	水準	1	2	3	4
塩分量 (A)		0 %	0.1 %	0.5 %	1.0 %
水セメント比 (C)		40 %	50 %	60 %	70 %
防錆剤 (添加量)		零	$\frac{1}{2}$ (標準量)	標準量	2倍標準量
かぶり厚 (E)		1 cm	2 cm	3 cm	5 cm
環境因 (A-B)	水準	5	6	7	8
		ふりかけ	半浸	完浸	塩分0.5%

表-2 わりつけおよび測定結果

実験 番号	供試 体番号	列 番 号				デ-ター (発錆面積) ($\times 10^{-2} \text{cm}^2$)									
		(1)	(2)	(4)	(8)	1ヶ月の計		2ヶ月の計		3ヶ月の計		1年半		2ヶ月	
		要 因 名				計		計		計		計		計	
		A	B	C	D	E									
		水 準													
1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	6	2	2	2	2	60	101	76	98	21	45	51	97	64	50
3	7	3	2	1	3	625	773	1176	1128	173	315	335	825	354	380
4	12	4	1	2	4	426	525	477	588	413	259	123	775	553	323
5	23	3	1	3	2	112	174	541	276	15	171	85	267	90	56
6	16	4	2	4	1	564	688	1188	1457	1155	1667	865	5029	1027	1126
7	14	1	2	3	4	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
8	27	2	1	4	3	0	7	25	5	5	0	0	5	0	0
9	24	3	3	2	1	866	834	1278	559	665	655	1857	887	740	507
10	4	4	4	1	2	240	231	248	375	72	97	157	328	131	270
11	18	1	4	2	3	0	9	2	6	3	1	0	4	1	0
12	22	2	3	1	4	278	148	500	236	77	67	180	324	37	48
13	19	1	3	4	2	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0
14	31	2	4	3	1	148	144	213	254	92	54	24	170	42	58
15	11	3	4	4	4	433	476	392	593	246	221	174	661	238	158
16	32	4	3	3	3	274	478	727	616	333	254	242	829	240	424
17	25	7	2	2	2	1	5	0	8	6	6	0	12	0	0
18	8	8	1	1	1	757	688	1163	737	380	477	378	1255	208	106
19	29	5	1	2	4	0	0	0	0	0	0	0	30	0	0
20	2	6	2	1	3	0	7	80	41	56	110	35	201	20	107
21	30	5	2	4	1	0	0	7	93	37	81	25	143	84	12
22	21	6	1	3	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
23	13	7	1	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	10	8	2	3	4	680	921	684	1025	234	246	243	723	254	262
25	9	5	4	1	2	36	51	90	183	104	67	64	235	142	75
26	15	6	3	2	1	172	114	74	121	47	116	76	259	37	205
27	3	7	3	1	4	0	0	3	0	6	4	5	15	0	0
28	20	8	4	2	3	578	512	423	633	288	176	187	655	276	426
29	5	7	4	3	1	3	25	8	33	20	19	43	82	10	4
30	28	8	3	4	2	526	440	653	878	652	239	265	1156	573	531
31	17	5	3	3	3	0	0	0	9	146	57	0	263	162	59
32	26	6	4	4	4	13	12	63	50	36	46	16	98	46	10

ことにより、前半部は塩分があらがじめ、混練時からコンクリート中に存在して、しかも相当濃度の高い場合の埋込み鉄筋の発錆状況を表現することになる。後半部は最初塩分はほとんどコンクリート中に存在せず後からコンクリート中に入り込む場合の鉄筋の発錆状況を調査できることになる。前半部はNO 1～NO 16である。後半部を上記目的に適合させるためには後半分の実験（NO 17～NO 32）のうち、記号F=ABの水準8のものを前半部の水準1のものと取り換える。さらにL₈になおすためには列番の取り換えを行わなくてはならない。くわしいことは既報²³⁾を参照してほしい。以下まとめを列挙する。

前半部

1) 表-2で前半部を見ると、多少のバラツキはあるが全体的な傾向として材令の進行にともない発錆面積は増加している。

2) 塩分水準A₁の場合24年を経た現在でも実質的に錆の発生がない。建築学会の許容値内にあるので当然である。

3) 塩分量水準A₂の場合水セメント比40%、防錆剤量を標準量の2倍添加した時だけ発錆は2年現在起っていない。この塩分量は海砂換算で約0.3%に相当し、かなりの高塩分量であることに注目すべきである。ただし、この程度の塩分量は沖縄県下の海砂を使った構造物では至る所にみられる。

4) 塩分量の水準がA₃, A₄の時はかなりの発錆がみられる。

後半部

1) 水セメント比40%と50%とでは防錆能力に大差がある。水セメント比40%の時は2年経過してもふりかけ、半浸漬試体共に実質上錆は生じていない。むしろこの場合、適切な量の防錆剤を用いることが肝

表-3 Dの水準の発錆面積の和の推移
($\times 10^{-4} \text{ cm}^2$)

水準	材令	3ヶ月	6ヶ月	9ヶ月	17年	1年半	24年
D ₁		36	58	173	224	451	613
D ₂		173	128	76	136	285	362
D ₃		5	25	8	50	287	180
D ₄		13	12	71	146	241	235

要である。しかし前半部の結果から判断して、いずれにしろ鉄筋の発錆はさけられないものとする。

2) 完浸漬試体は3%の塩水中に完全に水没させたものである。2年現在、若干の発錆が生じているのは水セメント比70%、かぶり厚1cmのものだけで、これには防錆剤が標準量配されている。それにもかかわらず発錆がみられるのはコンクリートがポーラスなため、すでに3ヶ月で塩分は鉄筋周辺に接し、標準量の防錆剤にうらかっただけの塩分が蓄積していったわけである。ただ水中にあるので酸素の供給が乏しく発錆は24年を経た現在でもあまり増加していない。その他の試体は発錆面積がごく小さく、実質上発錆せずとみなしうる。半浸漬試体の発錆状況の推移から判断すれば、完浸漬試体中には、防錆剤量の多少に関せず、鉄筋を錆びさせるに足るだけの十分な量の塩分がコンクリート中に浸透しているはずである。酸素の供給を断つことが防錆上、いかに大切なことであるかを、この試体の発錆状況が教えてくれる。

3) 防錆剤の発錆抑制効果は表-3でD₁水準と他の水準を比較することにより十分認められる。しかし海岸構造物や海岸に近い所に位置し波しぶきを受ける様な構造物では長年月の間に多量の塩分が蓄積されるので、防錆剤の防錆能力をこえてしまう。

4. おわりに

本研究は、昭和51年度文部省科学研究費によって費用の大半がまかなわれたことを付記しておきます。

1. 琉球大学理工学部紀要工学編, 第7号(1974年5月), 第8号, 第12号, 第13号, 第14号(1977年9月)までにくわしい。

2. 具志他2名; コンクリート中の鉄筋の発錆実験 その1-3ヶ月と6ヶ月時, 琉球大学理工学部紀要工学編第15号, 1978年5月

3. 具志他2名; コンクリート中の鉄筋の発錆実験 その2-9ヶ月および14年時点, 琉球大学理工学部紀要工学編, 第16号, 1978年9月

4. 具志他2名; コンクリート中の鉄筋の発錆実験(その2), 土木学会第30回年次講演会