

琉球大学学術リポジトリ

コンクリート中の鉄筋の発錆実験 その8 ー実験6 塩分量の少ない場合 その2ー

メタデータ	言語: 出版者: 琉球大学工学部 公開日: 2010-08-04 キーワード (Ja): キーワード (En): Steel bar corrosion, Small dosed salt, Corrosion inhibitor, Water cement ratio, Threshold value 作成者: 具志, 幸昌, 和仁屋, 晴謹, 伊良波, 繁雄, Gushi, Yukimasa, Waniya, Haruyoshi, Iraha, Shigeo メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/17688

コンクリート中の鉄筋の発錆実験 その8
—実験VI 塩分量の少ない場合 その2—*

具志幸昌 和仁屋晴謹 伊良波繁雄

**Experimental Studies on Corrosion of
Steel Bars in Concrete, VIII**

—Experiments VI, In Case of Small Dosage of Salt, 2—

Yukimasa GUSHI, Haruyoshi WANIYA, Shigeo IRAHA

Synopsis

This is the second report of the results of experiments, named Experiments VI, which aims to determine the threshold values of NaCl concentrations in concrete for steel bar rusting, where corrosion inhibitors exist in concrete.

In Experiments VI, there have been small dosages of NaCl in concrete specimens and corrosion inhibitors are also dosed in some specified values.

The following results about steel bar rusting are obtained when 12 months have passed after steel bars had been embedded into concrete.

1. There have been found very small rusting spots on one bar at nine and twelve months after embedding, respectively. The bars above are embedded in the concrete of 0.033% NaCl dosage and no corrosion inhibitor.

2. There have been no sign of corrosion on the surface of the bars in the specimens contained 0.033% NaCl and the specified values of corrosion inhibitors.

3. Steel bars in the concrete contained 0.067% of NaCl by weight do not also corroded yet except one bar, where adequate amounts of corrosion inhibitors are added into the concrete.

4. In case of the standard specified dosage of corrosion inhibitors, there have been some amounts of rusting areas on steel bar surfaces embedded in the concrete of 0.100% NaCl concentration, and appreciable amounts of corrosion areas of rusting in the concrete of 0.133% NaCl concentration. The above rusting areas have both increased as the time has passed.

5. Two-fold dosage of corrosion inhibitors in concrete has significant effects on inhibiting corrosion of steel bars in the concrete of 0.100% and 0.133%

受付：1980年4月30日

* 本論文の内容の一部については、昭和54年度土木学会西部支部研究発表会（昭和54年2月）にて発表

NaCl concentration, but in that case, emergence of steel bar corrosion itself can not be interrupted.

6. There can be said at the time when one year has passed after embedding steel bars that "threshold" value of NaCl concentration in concrete on rusting of steel bars is 0.067% by weight of concrete where adequate amounts of corrosion inhibitors exists, and that the value can be raised as much as 0.100%.

Key Words; Steel bar corrosion, Small dosed salt, Corrosion inhibitor, Water cement ratio, Threshold value.

1. 序 説

本実験は筆者等が行っているコンクリート中に埋込んだ鉄筋の腐食に関する実験シリーズのうちの第6番目のものである。コンクリート中の塩分が少ないことを特徴としている。これまでの実験シリーズでは、実在構造物のコンクリート中の塩分量を基準にして、塩分量を定めたために、一般にコンクリート中の塩分が多く、鉄筋の発錆に対する塩分の影響が強くてすぎて、他の因子の発錆・防錆に対する効果が必ずしもはっきりしなかったことがあり、また、塩分量の各水準での塩分濃度の間の開きが大きすぎて、発錆限界塩分量（「しきい値」と呼ぶ）などは検出できなかった。本実験では、これまでに行ってきた諸実験シリーズの結果^{1)~4)}をふまえ、また、日本建築学会や土木学会の諸規定^{5),6)}等も参考にして、各塩分量水準の値を定めた。

鉄筋埋込み後、3・6ヶ月目の腐食面積測定結果は前報⁷⁾に報告してあり、本報告は、その後行われた9ヶ月目と1ヶ年目との錆面積測定結果および、それに対する考察である。なお、本実験シリーズは5ヶ年で終了の予定である。大体において、前報の結果とあまり異なる所はないが、新しく発錆した供試体番号の鉄筋もあり、防錆剤やその他の因子の防錆上の効果の永続性について、今後も検討していく必要性を感じている。

2. 実験計画その他

供試体製作や実験計画等については前報⁷⁾にくわしいので、実験結果の考察のさいに必要な最小限度にとどめて記述することにする。

供試体製作は1978年12月から1979年2月までの間に5回程に分けて行われた。セメントはA社製の普通ポルトランドセメントで、3回にわけて、建材店から購入したものを使用した。細骨材は海砂を使用せず、県内の一部で使用されている台湾産川砂を使用した。比重2.66、吸水率1.08%、粗粒率2.86で良質な砂と言えるが、微粒分に欠けるため、コンクリートのブリーディングが非常に多かった。粗骨材は本部半島産の硬質石灰岩碎石で、比重2.70、吸水率0.33%の優良な粗骨材であり、最大寸法は20mmである。ねりませ水は水道水を使用した。コンクリート中にいれておく食塩分は専売公社製の粗製塩を使った。あらかじめ練りませ水の一部にとかしておき、さらに、ねりませ水の直前にねりませ水全部と混合し、使用した。混和剤は防錆剤以外は使用せず、防錆剤は市販品を使用した。2種の防錆剤を使用した。そのうちの1つは減水作用をもっており、そのために、配合は防錆剤毎に違っている。防錆剤はあらかじめ、ねりませ水にまぜておいて使用した。

表-1 配 合 表

防錆剤の種類	粗骨材の最大寸法 (mm)	スランプの範囲 (cm)	空気量の範囲 (%)	水セメント比 (%)	組骨材率 (%)	単 位 量 (kg/m ³)				
						水	セメント	細骨材	粗骨材	防 錆 剤 (ℓ/m ³)
O ₁	20	10	1.00	55	41.4	195	355	752	1080	3.0 6.0
O ₁	20	10	1.00	70	43.4	195	279	816	1080	
O ₃	20	10	1.00	55	42.7	185	336	794	1080	2.4 4.8
O ₃	20	10	1.00	77	44.6	185	264	855	1080	

配合は防錆剤と水セメント比に応じて合計4種作り、スラブは10cmを目標にして単位水量を調整してある。配合を表-1に示す。

供試体の大きさは12×20×30cmの直方体で、鉄筋を上表面近くに3本並べて配置した。今回の実験ではかぶり2cmである。鉄筋はSR24に属する丸鋼で、ワイヤブラシおよび紙やすりで黒皮をおとしてから使用した。長さは20cm（一部は22cm）である。なお、プリージング水が鉄筋下部にたまるのを防ぐための努力を行った。コンクリート打込みの翌日、供試体は脱型し、1週間放置後、屋外骨材置場（建物の南側）に移し、自然の風雨・日照にさらした。なお供試体の一部は鉄筋の腐食電位測定のため、絶縁（コンクリートと）導線を鉄筋と結び、コンクリートの外にもちだしてある。

実験は実験計画法に従って行ったが、因子と水準は表-2の通りである。そのわりつけは、各材令で測定した鉄筋の発錆面積と共に表-3に示してある。

3, 6, 9ヶ月及び1ヶ年時点で、供試体を割り、

表-2 因子と水準

水準	因子 記号	塩分量*	防錆	錆加	剤	水セメント	防	錆	剤
		(%)	量	量**	量	比(%)	錆	種	種類
		A		D		C		O	
1		0.033	標	準	量	55		O ₁	
2		0.067	標	準	量 の 2 倍	70		O ₃	
3		0.100							
4		0.133							

* 配合時のコンクリート重量に対するNaClの重量パーセント

** メーカーの海砂に対する推奨量に対して

鉄筋をとり出し、錆面積を測定した。鉄筋はうすいヴィニールシートで包み、錆びた区域を写し、更に、それを半透明のセクションペーパーに写してから、その目数を数えた。最終的には10⁻¹cm²に丸めて錆面積を表示してある。

その他、くわしいことは前報⁷⁾を参照されたい。

表-3 わりつけおよび発錆面積

実験 番号	実験 順序	要 因 名				発 錆 面 積 (×10 ⁻¹ cm ²)															
		A	D	C	O	3ヶ月			6ヶ月			9ヶ月			12ヶ月						
		列	列	列	列																
		(1)(2)(3)	(4)	(8)	(12)	合計	合計	合計	合計	合計	合計										
1	1	1	1	1	1																
2	13	1	1	2	2																
3	16	1	2	1	2																
4	7	1	2	2	1																
5	14	2	1	1	1																
6	9	2	1	2	2												12	0	0	12	
7	11	2	2	1	2																
8	15	2	2	2	1																
9	6	3	1	1	1	14	0	0	14	16*	9	0	25	15	33	20	68	48	4	12	64
10	18	3	1	2	2					(109)*			(118)	0	3	9	12	0	0	2	2
11	17	3	2	1	2																
12	5	3	2	2	1					0	9	0	9	11	0	0	11				
13	2	4	1	1	1	0	0	13	13	0	12	26	38	22	0	0	22	0	38	9	47
14	10	4	1	2	2	23	20	5	48	58	12	0	70	15	25	0	40	92	42	7	141
15	8	4	2	1	2	19	0	9	28	24	0	0	24	7	6	0	13				
16	12	4	2	2	1													6	0	0	6
11'	3	3	2	1	2	0	25	0	25	0	0	14	14								
10'	4	3	1	2	2	27	9	0	36	0	7	34	41	0	21	20	41	12	23	5	40
17	19	1	—	1	—									0	7	0	7				
18	20	1	—	2	—													0	7	0	7

* この場合、鉄筋を4本調査した。

表一 4 分散分析結果と寄与率

要因	材令	有意性				寄与率 (%)			
		3ヶ月	6ヶ月	9ヶ月	1ヶ年	3ヶ月	6ヶ月	9ヶ月	1ヶ年
A		**	*	**	*	25.9	15.0	17.8	11.2
D=C×O		なし	なし	**	**	1.8	2.6	9.4	9.5
C=O×D		なし	なし	なし	なし	負	負	0.1	負
O=C×D		なし	なし	なし	なし	2.0	負	負	負
A×D		なし	なし	*	*	0.3	3.0	7.8	9.3
A×C=A×D×O		なし	なし	なし	なし	負	負	1.7	4.5
A×O=A×D×C		**	なし	**	なし	15.6	1.8	12.2	3.2

** 1%以下の危険率で有意

* 5%以下の危険率で有意

3. 実験結果と考察

本シリーズの実験は前述のようにコンクリート中の塩分量が少ないことを特徴としており、従って、全体的に埋込み鉄筋の発錆量は少ない。また、埋込み後1年を経た現在、鉄筋に沿って生じる亀裂も発生していない。塩分量の各水準の間の塩分量の差も小さいので、発錆面積に対する要因A（塩分量）の効果も、また寄与率も、他の実験シリーズにくらべて格段に小さい（表一4および文献1）～4）参照）。

供試体製作後1年に至る迄の各材令における発錆状況は表一3に示してある通りである。表一3を一見してわかることは、数字を記入していない欄が多いことで、これは発錆零を意味しているが、同時に塩分量が少ない時、防錆剤の効果が顕著であることを示しているわけである。材令の進行に伴い、塩分量水準3以上では、発錆面積は増大の傾向がある。また塩分量がふえるに従い、当然のことながら、発錆面積は増大している。これは、一定量以上の塩分がコンクリート中に存在する場合、防錆剤を加えても発錆自体はさげられないことを示している。つまり、防錆剤の効果の限界を示しているわけである。表一3の実験番号1～4と17、18とを比較する場合、防錆剤は発錆に対するいわゆる「しきい値」（鉄筋が発錆しないためのコンクリート中の塩分量上限値）を上昇させていることがわかるし、また、他の実験シリーズの結果をもあわせ考慮して、発錆抑制効果はみとめられるにしても、発錆自体をなくすことはできないことがわかる。

各要因の鉄筋発錆に対する影響を考察する。まず第一に水セメント比（要因記号C）と防錆剤の種類（O）

とをとりあげる。本実験の結果から、発錆に対する水セメント比や防錆剤の種類の影響をみきわめることはできない。その理由はC、Oの主効果と交互作用D×O、D×Cとが完全に交絡しており、またA×D×O、A×D×Cの3因子交互作用が大きいためである。C、Oの主効果は勿論、1ヶ年を通じて有意ではなく、寄与率も交互作用よりずっと小さい（表一4参照）。C₁（w/c=50%）、C₂（70%）の発錆量の和の推移は表一5の通りであり、C₁とC₂との効果（発錆面積）の間に有意差はなく、水セメント比の大きいC₂の方が発錆面積が小さいこともある。勿論、防錆上、水セメント比を小さくすることが、無意味と言うことではなく、この実験の場合、水セメント比の大小よりも、塩分量の大小、防錆剤の多少或はそれらの組み合わせの方が影響が大きいと言うことである。

防錆剤の種類の影響も上記と同じ理由で明確には判定できないが、この場合、A×D×Oの効果が小さいこともあって（表一4）、水セメント比の場合よりもやはっきり効果がでていいる。表一6からわかるように、全体的にみると、防錆上の効果については一進一退ではっきりしないが、A₃水準ではO₃がかなり有利であり、A₄水準ではO₁が有利のようである。防錆剤O₁はA₃水準（塩分0.100%）、A₄水準（0.133%）では標準

表一 5 Cに関する発錆面積の推移

(×10⁻¹cm²)

	3ヶ月	6ヶ月	9ヶ月	1ヶ年
C ₁ =55%	55	63 (156)	103	117
C ₂ =70%	48	103	63	155

数値は夫々24本の鉄筋についての和

表一六 Oに関する発錆面積の推移

($\times 10^{-1} \text{cm}^2$)

	3ヶ月	6ヶ月	9ヶ月	1ヶ年
O ₁	27	72 (165)	101	117
O ₃	76	94	65	155

数値は夫々24本の鉄筋についての和

量(メーカー規定量)添加では不足で、3ヶ月から発錆し、材令の経過と共に発錆面積は漸増していく傾向がみられる。O₁を標準量の2倍量添加すればA₃、A₄水準で1年現在、ほぼ発錆を抑制していると判断できる。一方O₃はA₃水準では標準量および2倍量添加共に発錆をほぼ防止していると判断できるが、A₄水準では標準量添加は不足で、発錆はまぬがれず、発錆は材令の経過と共に増大し、1年現在で、発錆面積率7.7%に達するものがでている。A₄水準でのO₃の2倍量添加は発錆自体を抑えることはできないが、材令の経過に伴う発錆面積増大のきざしは、今の所みられない。

次に、発錆に対する塩分量の影響について述べる。A₁水準を除いて、塩分量の各水準で、材令の経過と共に発錆面積が増大するかまたは、若材令で発錆がみられなかったものにも、新たに発錆が生じてきている。

まず第一にA₁水準(配合時重量に対し0.033%)では防錆剤を添加した場合、1年に至るまで、発錆は全然ない。しかし、前報では発錆がみられなかった防錆剤無添加の場合に、ごく僅かだが発錆がみられた(表一三の実験番号17, 18の供試体)。この場合、1年までに調査した本数24本中2本に発錆しているだけ(9ヶ月と1ヶ年目に夫々1本づつ)だが、今後も発錆するものが現われることは十分予想できる。この場合の塩分量は海砂換算で0.093%~0.114%であり、日本建築学会のJASS 5の常用コンクリート用II級細骨材の塩分許容限度0.10%にほぼ一致している。JASS 5の場合、海砂塩分量が0.04%をこえる場合、防錆上特別の措置を講じるよう記している⁹⁾。その措置として、

(i) 水セメント比を小さくし、入念に施工して密実なコンクリートを作る (ii) かぶり厚さを増すと同時に所定の施工精度を保つ (iii) 良質な防錆剤を使用する (iv) 亜鉛メッキ鉄筋を使用する (v) 水密性の高い表面仕上げを施す等をあげており、そのうち(i)と(iii)との併用をすすめている。本実験の場合、骨材はI級の範ちゅうに属し、上記措置の(i)と(iii)とは実行されているとみなしてよい。1年現在ではあるが防錆剤無添加の場合は発錆し、添加した場合は発

錆がみられないので、本実験の結果はJASS 5の規定の正しさを実証するものである。また、土木学会のコンクリート標準示方書解説の所見⁹⁾にある0.10%の海砂の塩分許容限度も、条件をつければほぼ適当であると考えられる。

次に、A₂水準(コンクリート配合時重量に対し0.067%)の場合であるが、表一三にみられるように1年に至るまで殆ど発錆がない。1年目までに調査した48本の鉄筋のうち1本だけにごく僅かの発錆がみられるだけで、今の所偶発的なものと考えている。海砂換算で約0.2%の塩分では、防錆剤の標準量添加で、1ヶ年現在、十分効果があるものと判断できる。建築学会のJASS 5の解説⁹⁾や、建設省通達⁹⁾では特別な防錆措置を講じた場合、A₂水準までの塩分を許容している。本実験の結果からもほぼ同じ結論がでる。ただ、スランブを小さくすれば水セメント比は多少大きくとってもよろしいのではないかと思われる。しかし、鉄筋コンクリート構造物の寿命を50年以上とみた場合、防錆剤効果の継続性や、沖縄県では大気中からの塩分の侵入を考えた場合には、最終的な結論とはしがたい。

A₃水準(配合時重量に対し0.100%)の場合、防錆剤標準量添加では鉄筋の発錆を防止することができない。この水準の塩分に対し、市販防錆剤の種類による防錆効果の差もみられる。標準量添加に対し、O₁の場合、3ヶ月から発錆し、発錆量もO₃の場合に比しずつと多く、材令の経過と共に増大の傾向がみられ、最大発錆面積率は6ヶ月で9.1%、1ヶ年で4.0%に達するものがある。一方O₃の場合は、9ヶ月目から発錆するものが生じているが、発生自体は僅小である。統計的にも両者の間に有意差がある。防錆剤を標準量の2倍量添加した場合は、鉄筋の発錆は1年現在、有効に抑制されていると考えられる。O₁の場合は6ヶ月と9ヶ月とに夫々1本づつごく僅かな発錆がみられ、O₃の場合は全然発錆がみられない。O₁の場合は偶発的な欠陥部の発錆とみられないこともない。この結果から、海砂の塩分量0.3%位までは条件付きで許容できる可能性もでてくる。その条件としては、①良質なコンクリート(w/c=55%以下)の入念な施工、②単位水量の少ない(185ℓ以下)硬練り(スランブ10cm以下)コンクリートの使用、③市販防錆剤の標準量の2倍使用、④その他、かぶり厚の増加やその確保、豆板や亀裂の発生の防止、等である。防錆剤O₃を2倍量使用してもスランブが大きい場合(Na11供試体)はかなりの発錆がみられる(但し、材令の経過と共に発錆量増大の気配はな

い) ので注意を要する。

なお、この水準の場合、防錆剤量にかかわらずスランプが大きい場合(9.5cmに対し14~17cm, 単位水量にして, 185ℓに対し195ℓ)には発錆が多くみられる(表-3のNa10と10', Na11と11')。このことは前報でも指摘しており, 統計的な有意差も成立している(3ヶ月で1%台, 6ヶ月で10%台, 9ヶ月で5%台, 1ヶ年で成立せず)。

A₄水準(配合時重量に対し0.133%)は海砂換算で約0.40%に相当するが, この水準の場合も防錆剤添加量および防錆剤の種類によって, 発錆量に差がみられる。防錆剤添加量D₁とD₂とはかなりの差がみられる(表-3参照)。2倍量添加(D₂)の場合, 発錆はあるが, ごく微量に抑制されており, 材令の経過と共に増加のきざしは1年現在ない。統計的にも両者の間に発錆面積の有意差がでている(1ヶ年で0.1%台, 3, 6, 9ヶ月は5%台の危険率)。D₁の場合は3ヶ月から発錆し, 材令の経過と共に発錆量は漸増している。O₃D₁を配したNa14はO₁D₁を配したNa13の2倍量以上の発錆が各材令でみられた。O₃D₁に発錆が多いことにはC₂(w/c=70%)も或程度寄与しているものと思われる。A₄水準に対して, O₁とO₃との間にはその効果に有意差がある(9ヶ月を除く)。一貫してO₁の方の発錆が少ない(表-7参照)。しかし, D₂添加の場合に

表-7 A, Oに関する発錆面積の推移
($\times 10^{-1} \text{cm}^2$)

		3ヶ月	6ヶ月	9ヶ月	1ヶ年
A ₃	O ₁	14	36 (127)	79	64
	O ₃	0	0	12	2
A ₄	O ₁	13	38	22	53
	O ₃	76	94	53	141

数値はいずれも6本の鉄筋についての和

限ると有意差は成立せず, 1ヶ年目ではO₃の方が発錆が少なくなっている。結論としては, A₄水準に対し, 市販防錆剤を標準量の2倍添加すれば発錆自体はさげられないにしても, 1ヶ年を経た現在, 顕著な防錆効果があると言える。

防錆剤添加量の発錆に対する効果はA×Dの交互作用がDの主効果と同程度に大きい(表-4参照)ので, Aの水準毎にDの効果を論ずべきである。このことは既に述べてあるので, 他の事項にふれることにする。D₁の場合の発錆は材令の経過と共に増大し, D₂の場合は逆に減少している(増大の傾向がないと言った

表-8 A, Dに関する発錆面積の推移

($\times 10^{-1} \text{cm}^2$)

		3ヶ月	6ヶ月	9ヶ月	1ヶ年
A ₃	D ₁	14	25 (118)	80	66
	D ₂	0	9	11	0
A ₄	D ₃	61	108	66	188
	D ₄	48	24	13	6

数値はいずれも6本の鉄筋についての和

方がよい。表-8参照)。従ってD₁とD₂との平均発錆面積の有意差は3, 6ヶ月で成立せず, 9ヶ月と1ヶ年では1%以下の危険率で成立している。D₂を配合した方が, 発錆面積はずっと少ない。換言すると, 海砂に0.3%~0.4%の塩分が存在する場合, 市販防錆剤は標準量の2倍量使用すべきであると言うことになる。

なお, この実験シリーズは最初に述べたようにコンクリート中の塩分量が比較的少ない場合なので, 防錆剤は標準量またはその2倍量添加で少なすぎると言うことはなく, 発錆抑制効果がみられ, 他の実験シリーズでみられたような¹⁾逆効果現象(防錆剤添加量が多くなる程発錆量も多くなる現象)はみられない。

4. むすび

従来の実験では塩分量が多い場合(配合時コンクリート重量に対し0.2%以上)には防錆剤の効果は芳ばしくなく, 防錆剤を加えた方が発錆量が多いと言うような逆効果現象もみられることが指摘されていた。本実験の場合は, 塩分量を配合時コンクリート重量の0.133%以下に制限し, 塩分量の水準の差も小さくとして, 防錆剤の塩分量が少ない場合の効果を明らかにしようところみだ。その結果, この程度の塩分量のもとでは防錆剤は防錆効果が十分あることが判明した。即ち, 発錆そのものを阻止できない場合でも, 発錆面積をかなり小さく抑制できるし, 塩分量が0.067%以下の場合には1ヶ年現在, ほぼ発錆を完全に抑止している。つまり, 防錆剤は塩分の「しきい値」を上昇させる~海砂で0.04%程度から0.20%程度まで~と言うことが判った。勿論, 水セメント比を小さくするとか, かぶりを厚くし, それを確保するとか言うことも同時に行う必要がある。その他, スランプを小さくする或は単位水量を小さくすることも大切であることがわかった。さらに, 防錆剤をメーカー指定値の2倍量を使い, 種々の防錆措置を講じれば, 海砂塩分0.40%程度までも許

容できるのではないかと希望をいだかせる実験結果も得られている。しかし、海砂の場合、一山の中の塩分量は様でなく、塩分集中箇所はうすい個所の10倍以上にも達することもあるので、0.40%と言う塩分は非常にまれと言うわけにはいかない。防錆剤を使用する場合、海砂の塩分量の管理や硬化後、コンクリート中に入りこむ塩分量の予想等を十分行ってから、それに見合う量を使用するように、十分な注意を払うべきである。

参 考 文 献

- 1) 具志・和仁屋・伊良波：コンクリート中の鉄筋の発錆実験 その2, 琉球大学理工学部紀要工学篇16号, pp.1~41, 1978年9月
- 2) 具志・和仁屋・伊良波：コンクリート中の鉄筋の発錆実験 その3, 琉球大学理工学部紀要工学篇17号, pp.23~47, 1979年3月
- 3) 具志・和仁屋・伊良波：コンクリート中の鉄筋の発錆実験 その4, 琉球大学工学部紀要18号, pp.37~51, 1979年11月
- 4) 具志・和仁屋・伊良波：コンクリート中の鉄筋の発錆実験 その5, 琉球大学工学部紀要18号, pp.53~59
- 5) 日本建築学会：建築工事標準示方書・同解説, JASS 5, 鉄筋コンクリート工事, pp.6~8, 日本建築学会, 1979年
- 6) 土木学会：コンクリート標準示方書解説(昭和49年度版), P.105, 土木学会, 1975年
- 7) 具志・和仁屋・伊良波：コンクリート中の鉄筋の発錆実験 その6~実験VI, 塩分量が少ない場合, その1~琉球大学工学部紀要19号, pp.13~40, 1980年3月
- 8) 日本建築学会：建築工事標準仕様書・同解説, JASS 5, 鉄筋コンクリート工事, pp.121~125, 1979年
- 9) 同上, pp.639~640。