

東京大学大学院 学生会員 ○武若耕司

東京大学 正会員 小林一輔

1. まえがき

近年、川砂の不足に伴い、コンクリート用骨材として海砂を利用する場合が増えている。また、コンクリート構造物の海洋環境下への進出などからも、塩分環境におけるコンクリート中の鉄筋の腐食問題は、構造物の耐久性の面から非常に大きな問題となって来た。この内、海砂を利用した場合の鉄筋の腐食については、従来から多くの実験研究が行なわれているが、その手段の一つとして、乾湿繰返しあるいは高温加湿等による腐食促進試験が行なわれている。しかしながら、これらの試験方法では腐食促進は十分であるとはいえない。

そこで本研究では、オートクレーブを用いて高温高圧（180℃、約10気圧）中で腐食促進を行った結果、非常に短時間で腐食の促進が出来る事を確認したので、この方法の腐食促進試験としての適用の可能性について、コンクリート中の塩分量と鉄筋腐食との関係およびこれらに及ぼす防錆剤の作用効果などの面から検討してみた。

2. 実験概要

コンクリート供試体は、 $\phi 10 \times 20$ cm の円柱体を用い、その内部に図-1に示す様に、 $\phi 400$ のサンドペーパーで表面仕上げを行い、アセトンで脱脂したみがき丸鋼を配筋した。コンクリートの配合は、水セメント比70%、細骨材率50%とした。粗骨材の最大寸法は10mm、細骨材としては川砂を用い、セメントは普通ポルトランドセメントを使用した。塩分として人工海水を用い、これをNaCl換算で細骨材の重量当り、0、0.1、0.3、0.5%の割合で混入した。防錆剤は、亜硝酸ナトリウム、亜硝酸カルシウム、および無機系薬剤を混入した市販防錆剤を使用した。コンクリートは脱型後直ちに温度20℃で密封養生を行い、材令8日から試験を開始した。オートク

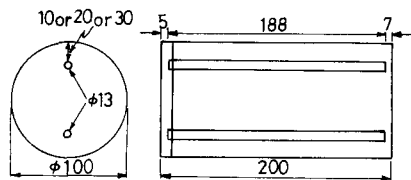


図-1. 供試体の寸法および配筋状況

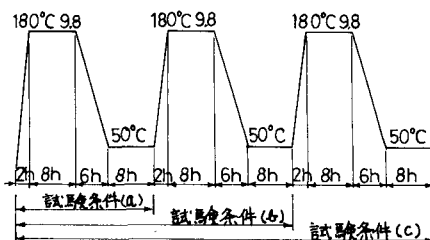


図-2. オートクレーブによる試験条件

表-1 鉄筋の発錆面積および発錆面積率

塩 分 量 (%)			0		0.1		0.3		0.5	
試験条件	防錆剤の種類 と混入量	かぶり (mm)	平均発錆 面積 (mm ²)	平均発錆 面積率 (%)	平均発錆 面積 (mm ²)	平均発錆 面積率 (%)	平均発錆 面積 (mm ²)	平均発錆 面積率 (%)	平均発錆 面積 (mm ²)	平均発錆 面積率 (%)
試験条件 (a)	0	10	0	0	145.0	1.89	177.4	2.31	378.5	4.93
		20	0	0	68.1	0.88	144.5	1.91	213.3	2.78
		30	0	0	10.8	0.14	96.9	1.26	—	—
	NaNO ₂ 0.5%	10	—	—	0	0	43.3	0.56	—	—
		20	—	—	0	0	14.5	0.20	—	—
	Ca(NO ₂) ₂ 0.5%	10	—	—	0	0	15.1	0.20	—	—
20	—	—	0	0	0	0	—	—		
試験条件 (b)	0	20	0	0	—	—	240.8	3.14	558.5	7.27
試験条件 (c)	市販防錆剤 標準量	10	1.93	0.025	—	—	1161.4	15.13	2151.8	28.03
		20	2.12	0.025	469.0	6.11	1050.5	13.69	1270.7	16.55
		20	—	—	—	—	244.0	3.18	248.9	3.25
高温加湿低温乾燥繰 返し37日後	0	10	0	0	0.05	0.0	0.10	0.0	16.1	0.21
		20	0	0	0	0	0	0	0.9	0.01

レーブによる試験条件を図-2に示す。なお、実験結果の比較のため、高温加湿低温乾燥（温度70℃湿度95%以上～温度10℃湿度60%）の繰返し試験も合せて行った。

3. 実験結果および考察

表-1に実験結果を示す。また、図-3は同表より得られた平均発錆面積率と塩分量との関係について表わしたものである。この図より、オートクレーブを用いた方法が、従来比較的多く用いられている高温加湿冷却乾燥繰返しによる促進試験に比較して、非常に短時間で大きな発錆を起こすことがわかる。また塩分量の増加に伴う発錆面積の変化も顕著に表われている。これらの結果はオートクレーブによる腐食促進方法により、コンクリート中の塩分量が鉄筋の腐食に及ぼす影響を十分評価できる事を示す。

図-4および図-5は、発錆に及ぼすかぶり厚の影響を表わしたものである。かぶり厚が薄くなるにしたがって、発錆面積は急激に増加し、従来経験的に確認されていた傾向と一致する結果を得た。そこでこの結果と自然暴露の長期試験と比較検討する事により本方法が、かぶりの影響について十分評価できるものと思われる。

次に、防錆剤の効果判定法として本方法を検討してみる。表-1より、どの塩分量の場合にも発錆面積率は防錆剤を混入する事により減少し、その減少の程度は防錆剤の効果と判定するのに十分なものである。なお、本方法による促進養生条件に関しては、図-2の様は繰返しサイクル試験を行なうと、繰返し数に伴って発錆面積が増加する事を認めただ、防錆剤の効果判定にこの様な繰返しサイクルをいうる事の必要性については検討中である。

4. まとめ

オートクレーブの槽内は完全に密閉されているために、内部の水が沸点に達した後、水中より逃げ出した酸素により槽内の酸素分圧が高くなる。このため、図-6に示す様に酸素拡散律速による腐食速度は、温度上昇に従って増加する。ただし、この増加の割合は、温度10℃の上昇毎に約30%程度に過ぎず、わずかに数時間の養生では、急速な腐食増加は期待できない。しかし、コンクリート中に塩分が含まれている場合には、温度上昇に伴う自由水の急速な移動と同時に塩分の移動と集中が起こり、さらに塩分による不動態被膜の破壊が促進されるので、腐食速度は急速に増加することが予想される。そのため、本方法は、塩分の鉄筋に及ぼす影響を相対評価するための手段として十分使用できると思われる。しかし、本方法を腐食促進方法として確立するためには、なお研究を重ねていくつもりである。

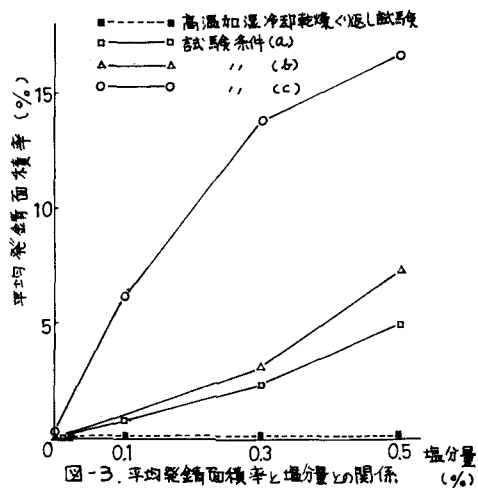


図-3. 平均発錆面積率と塩分量との関係 (%)

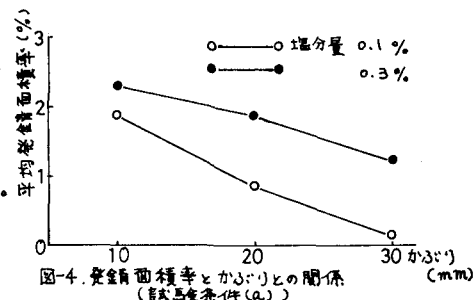


図-4. 発錆面積率とかぶり厚との関係 (試験条件(a))

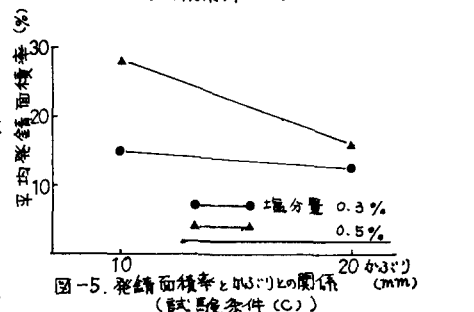


図-5. 発錆面積率とかぶり厚との関係 (試験条件(c))

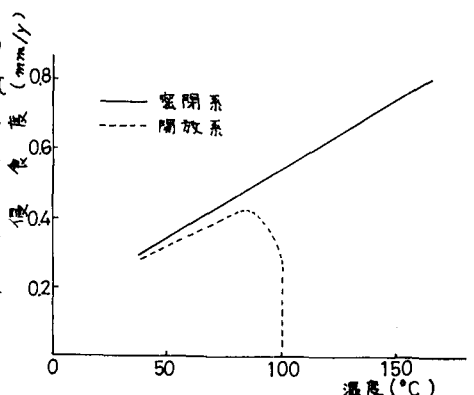


図-6. 溶存酸素によるFeの腐食速に及ぼす温度の影響 (Spellerによる)