

東京理科大学

正員 〇辻 正哲

リブコンエンジニアリング(株)

伊東靖郎

日曹マスタービルダーズ(株)

堀部勝芳

1. はじめに

最近、川砂の不足に伴い、海砂の使用が西日本を中心に増してきている。塩分を含有した海砂をコンクリート用細骨材として用いると、鉄筋の発錆が問題となり、鉄筋の発錆を抑制する防錆剤が実用化されている。一方、近年開発された練り混ぜ方法であるS.E.C.工法を用いると、コンクリートのブリージング等の材料分離を改善でき、発錆の原因となりやすい鉄筋下面の空隙を減少させることができる¹⁾と報告されている。

本研究は、S.E.C.工法の原理を適用することにより、練り混ぜ方法を工夫することが、どの程度防錆剤の防錆効果を改善するかを検討するために行なわれたものである。

2. 実験の概要

実験は、表-1に示す1~4のシリーズ別に行った。シリーズ1は、配合を一定にし、図-1に示すS.E.C.練り混ぜ方法のWとCの比(W/C)を16%、25%および30%の3段階に変化させたものであり、シリーズ2は、砂の塩分含有量および防錆剤の添加量を変化させたものである。シリーズ3は、防錆剤の添加量が標準添加量および無添加である場合について、W/Cを50%、60%および70%の3段階に変化させたものである。シリーズ4は、シリーズ2の塩分含有量が0.10%の配合で、水平鉄筋の配置を図-2のBおよびCに示すようにに変化させたものである。なお、シリーズ2~4のS.E.C.練り混ぜ方法では、W/Cを20%と一定にした。

細骨材には、海砂を想定し、川砂に塩分を含有した水で付着させたものを用いた。なお、付着させる水は、シリーズ1の場合、NaClが溶解しているものであり、シリーズ2~4の場合、NaCl、 $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ 、 Na_2SO_4 、 $CaCl_2$ 、KClが245:111:41:12:7の重量比で溶解しているものである。使用したセメントは普通ポルトランドセメントであり、防錆剤はNR-1900である。使用した細骨材および粗骨材は、シリーズ1の場合、それぞれ吸水率2.19%、比重2.59、F.M.2.82の川砂および最大寸法15mm、比重2.64、F.M.6.63の川砂利であり、シリーズ2~4の場合、それぞれ吸水率2.36%、比重2.58、F.M.2.71の川砂および最大寸法15mm、比重2.65、F.M.6.29の川砂利である。コンクリートの練り混ぜ方法は、図-1に示す通りであるが、防錆剤および減水剤は、あらかじめ同時に投入する練り混ぜ水中に溶解しておき使用した。

3. 発錆促進試験方法

発錆促進試験に用いた鉄筋は、両端を面取り加工した $\phi 13mm$ の磨丸鋼を400番紙やすりで研磨し、デシケーター内で24時間保存したものを、コンクリート打設直前にアセトンで脱脂したものである。供試体の作製には、図-2に示すようにプラスチック製のスパーサーを用いて鉄筋を所定の位置に配置した型枠に、コンクリートを打設し、24時間後に片面のスパーサーを除去し、セメントペーストを用いてキャッピングを行い、さらに24時間後にもう一方の面のキャッピングを行い、材令3日で脱型し、乾燥しないようにビニール袋に入れて密封し、養生した。コンクリートの打設および養生は、すべて $20 \pm 2^\circ C$ の恒温室内で行った。材令7日で、供試体を取り出し、オートクレーブに入れ、図-3に示すように、オートクレーブを用いて鉄筋の発錆を促進した。オートクレーブ養生を終了した供試体を割裂し、鉄筋をコンクリート中より取り出し、ビデオパターンアナライザを用いて次式より、発錆面積率を求めた。

$$\text{発錆面積率} = \{(\text{発錆面積}) / (\text{測定全面積})\} \times 100 \quad (\%)$$

なお、発錆促進試験には、2つの供試体を用いて、測定を行った。

4. 実験結果および考察

ブリージング率は、S.E.C練り混ぜ方法にすると、従来の練り混ぜ方法によった場合の17~57%の範囲で平均44%に減少していた。発錆面積率は、表-2に示す通りであり、発錆面積率が2%以上またはW/Cが70%のものを除けば、S.E.C練り混ぜ方法にすると、従来の練り混ぜ方法によった場合の0~62.5%の範囲で平均33%に減少している。これは、防錆剤を全練り混ぜ水にうすめて投入する方法よりも、防錆剤濃度がある程度高い水と塩分を含有する砂のまわりに充分に付着させてからセメントを投入し練り混ぜるといったS.E.Cのような練り混ぜ方法のオガ、防錆剤の効果を高くできることを表わしているとも解釈できる。発錆面積率が2%以上の範囲では、発錆した部分の錆の深さが問題となるため、練り混ぜ方法の変化による発錆面積率の変化が認められなかったものと思われる。その他、今回実験を行った範囲では、W/Cの変化による差は小さく、塩分含有量が少なく防錆剤の添加量が多くなるほど発錆面積率は小さくなる傾向にあり、また、発錆面積率が2%以下の範囲では、防錆剤の添加量が少ないほど練り混ぜ方法のちがいによる変化が大きくなる傾向にある。全体的には、W/Cが大きくなるほど、発錆面積率が大きくなり、練り混ぜ方法のちがいによる差が小さくなる傾向にある。

以上の結果は、オートクレーブを用いた発錆促進試験の結果であるが、コンクリートの練り混ぜ方などの工夫により、防錆剤の効果を高くできる可能性を示しているといえる。

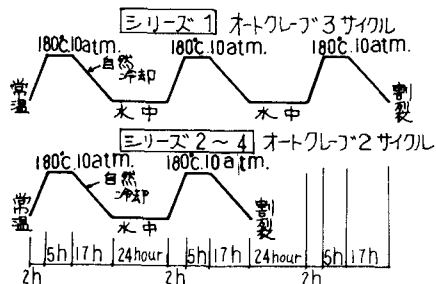


図-3 オートクレーブ養生方法

本研究は、東京大学樋口芳朗教授の御指導のもとに、日普マスタービルダーズ(株)中央研究所において行なわれたものであり、実験と手伝って頂いた当時東京大学卒業生の藤森伸一君、用害比呂之君、石井啓一君の関係各位に感謝の意を表す次第である。

1) 伊東, 辻, 加賀, 山本, "S.E.C.コンクリートの特性と展望", セメント工法 Vol. 410, 4月, 1981年, pp. 20~29

- 三
リ
タ
1
- 常法繰り混ぜ方法 (CON)
SG 90秒 CW・防錆剤・減水剤 270秒 排出
- SEC. 繰り混ぜ方法 (SEC.)
SGW・防錆剤 90秒 C 180秒 W₂・減水剤 90秒 排出
- 三
リ
タ
2
- 常法繰り混ぜ方法 (CON)
CSW・防錆剤・減水剤 60秒 C 90秒 排出
- SEC. 繰り混ぜ方法 (SEC.)
SGW・防錆剤 60秒 C 120秒 W₂・減水剤 90秒 排出

四-1 練り混ぜ方法

表-1 配合

シリーズ	W/C (%)	S/a (%)	C (%)	W (%)	S (%)	G (%)	砂・塩分 含有量(%)	防錆剤 (g/m^2)	高性能減 水剤(%)
1	55	48	300	165	895	988	0.30	3.0	2.4
2							0.04	0	
4	60	48	297	178	883	979	0.10 0.20 0.40	1.5 3.0 6.0	2.97
3	50	46	356	178	825	991	0.40	0, 3.0	3.56
	70	50	254	178	938	960	0.40	0, 3.0	2.54

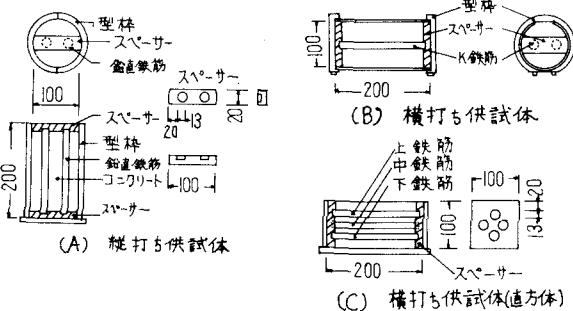


図-2 供試体図

表-2 発錆面積率(%)

シリーズ1

練り混ぜ方法	con.	S.E.C		
W ₁ /C (%)		16	25	30
K 鉄筋	4.53	1.74	2.83	2.59

シリーズ2(鉛直鉄筋)

塊分量 (%)	防 銹 劑 添 加 量 (g)			
	0	1.5	3.0	6.0
0.04	0.00		0.00	
0.1	1.85	0.00	0.00	
	0.06	0.00	0.00	
0.2			0.00	
			0.00	
0.4	4.98	3.65	1.32	0.00
	5.97	0.99	0.55	0.00

上段: CON. 下段: S.E.C.

シリーズ3(金台直鉄筋)

防錆剤添加量(%)	W/C (%)		
	50	60	70
0	5.35	4.98	8.34
	5.46	5.97	9.38
3.0	0.27	1.32	1.17
	0.00	0.55	0.84

上段: CON. 下段: S.E.C.

シリーズ4

水平鉄筋位置			
上	中	下	K
1.42	1.27	1.34	1.97
0.75	0.58	0.43	0.00

上段: CON. 下段: S.E.C.