

金沢大学

正員 川村満紀

石川工業高等専門学校

正員 山田祐定

金沢大学

正員 小泉 徹

1 序

海岸、港湾、海洋構造物は、浪、風、潮流、海流などの気象作用、波浪等の機械的作用の他に、海水による化学的作用を受ける。その為これら直接、間接に海水に接する鉄筋コンクリート構造物においては、陸上構造物の場合以上に耐久性が重要な問題となる。それにも拘わらず、コンクリート中の鉄筋の腐食に関する研究例は比較的少なく、基礎的段階に過ぎない。本研究はモルタル中の鉄筋の発錆に関係すると思われるセメントの種類、練り混ぜ水、養生水の種類、水セメント比等の内的条件および外的条件としての空気中、炭酸ガス中放置の各組合せに対して実験的検討を加えたものである。

2 実験概要

(1)使用材料：実験に使用したセメントは普通ポルトランド、高炉セメントB種、細骨材は豊浦標準砂を用いた。練り混ぜ水としては、水道水と海水を用い、混和剤は亜硝酸ナトリウムを使用した。又埋込鉄筋にはSR-24、直径9mmのみがき筋を使用した。

(2)試験モルタルの配合：水セメント比は45, 55, 65%の3種を選び、セメント：砂比1：2、 Na/Na_2O 混入量は練り混ぜ水に対し0.5%とした。

(3)モルタルの中性化試験：上記各配合でJIS R5201に準じて供試体を作成し、1週間水中養生後、次の条件下においた。一つは恒温恒湿室(20°C, 湿度80%)に空中放置したもの、他はCO₂ボックス中(20°C 容器内を一旦-60 cmHg にしてCO₂を充填)に放置することによって中性化を促進したものである。7日、17日、31日、91日間放置後、中性化の度合いはフェノールフタレインの1%エタノール溶液を塗布することによって、供試体外側の全然着色しない部分の深さとして評価した。

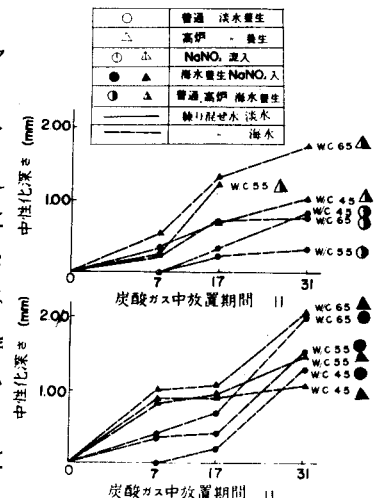
(4)鉄筋の発錆実験：4×4×16 cmの供試体断面中心に配置された鉄筋の重量減少と中性化試験と同様の条件下に1週、4週および11週放置後に各々測定した(クエン酸アンモニウム10%溶液中で1時間煮沸を行い除錆)。

3 実験結果及び考察

3-1 中性化試験(図1~2)

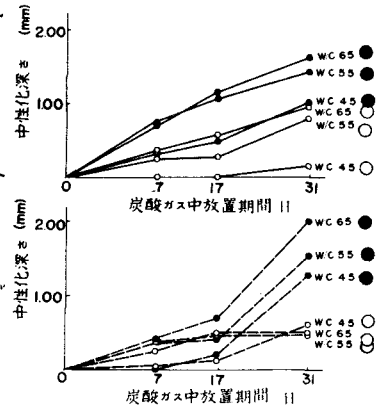
図1, 2は練り混ぜ水として、淡水、海水を用い、CO₂ボックス内で中性化を促進させた場合の試験結果を示す。まずセメントの種類による差は材令初期において特に顕著であり、高炉セメントを使用したモルタルの方が普通セメントを用いたものに比べて中性化の進行がいちぢるしい。これは多分高炉セメントの性質に起因し、普通セメントより生成される水酸化石灰の量が少なく中性化され易いからと思われる。しかし更に材令が進むと、混和剤を混入しない供試体、特にその中でもw/cの小さい供試体では、普通および高炉セメント間に相違が認められなくなる。次にw/cが中性化におよぼす影響もかなり顕著である。すなわちw/cが小さいほど、セメントペースト部分が密実となると同時にブリージング現象が起りにくくなり、中性化に必要なCO₂の浸透に対する抵抗性が増大するために中性化

図1 セメントの種類による影響



しにくくなっていると思われる。練り混ぜ水の種類が中性におよぼす影響も材質によてかなり異なり、初期材令では海水練りモルタルは淡水練りモルタルに比べ中性化深さは小さいが長期材令になるとその関係は逆転する。又図2に示す如く海水養生の方が淡水養生より中性化深さが大きくなる。これは養生水がモルタルの表面部分に浸透し粗な構造にするためであろう。その他中性化に関係するものとしては防錆剤の有無、供試体の断面形状、施工技术の問題が挙げられる。

図2 養生水による影響



3-2 発錆実験(表1~2, 図3)

表1~2は肉眼によって観察した発錆状況と次の4種類に分類したものである。

(i)発錆のみられないもの ----- 空白

(ii)鉄筋の端部が錆びているもの ----- A

(iii)水平鉄筋の下面半分が錆びているもの ----- B

(iv)水平鉄筋の下面全部が錆びているもの ----- C

表2 鉄筋の発錆 (CO₂中放置)

鉄筋の錆びは端部又は水平鉄筋の下表1 鉄筋の発錆(空中11週)部に集中する傾向があり、前者は外部からの酸素の供給が容易でカソード反応を進めると同時に炭酸ガスの影響によてモルタルが中性化され錆量を増したものと考えられる。又後者はブリーディングによる影響が考えられる。表1, 2を比較すると空中放置の場合の錆量は非常に少ない。練り混ぜ水として、海水を用いた場合の錆びは淡水練りの場合に比べ、局部的に厚い錆びを形成し、量的にも多い。これは海水中の塩分の塩素イオンが不働態皮膜に対して解離作用を持ち、保護皮膜を破壊するためであろう。図3はCO₂中放置11週における鉄筋発錆の程度を重量減少で定量的に示したものである。普通セメントモルタルにおいてはW/Cが45から65%の範囲において、W/Cの増大とともに多少錆量が増すのに対し、高炉セメントモルタルにおいてはW/Cが45から55%の範囲では各W/C間で大差ないが、W/Cが65%になると急に大きな錆量を示す。又W/C45から55%では高炉セメントの錆量は普通セメントに比べて同程度か、あるいは多少少なくなっているがW/Cが65%になるとその関係は逆になる。NaNO₂混入供試体はセメント種類、練り混ぜ水等に関係なく、無混入供試体より小さい錆量を示し、かなりの防錆効果が認められる。その他練り混ぜ水、養生水の各組合わせに対する発錆量はいずれのセメントおよびW/Cに対しても、海水練り-海水養生>海水練り-淡水養生>淡水練り-海水養生>淡水練り-淡水養生の順になっている。謝辞：本研究を行なうに当り終始御指導戴いた金沢大学柳嶋重正教授に謝意を表する。

	W/C	普通セメント	高炉セメント
海水練り	45		
	55		A
淡水養生	65	A	A
海水練り	45		A
	55	A	A
淡水養生	65	A	A

	W/C	普通セメント				高炉セメント			
		1w	4w	11w		1w	4w	11w	
淡水練り	45	*							
	55	*			A	A			B, C
	65	*	A	A		A	A		C
淡水養生	45	*							
	55	*			A	C	A		A, C
	65	*	A	C					C
海水練り	45	*							
	55	*			A	C	A		A, C
	65	*	A	B, C	B	A, C	C	C	C
海水養生	45	*			A	A		B	C
	55	*			A				A, C
	65	*	A	A	C	A, B	C		A, C
海水練り	45	*							
	55	*			A	A	A		A
	65	*	A	B, C	C	A	B	C	
海水養生	45	*			A				A, B, C
	55	*			A				
	65	*	A	B, C	C	A	B	C	

* 亜硫酸ナトリウム混入

図3 海水養生発錆量(CO₂中11週)

