

V-179

海水飛沫を受けるRC構造物の塩分浸透と鉄筋腐食に関する基礎実験

㈱奥村組筑波研究所 正会員 〇東 邦和 正会員 山本和夫
 ㈱奥村組筑波研究所 正会員 小西正郎 白石祐彰
 ㈱奥村組技術研究所 林 芳尚

1. まえがき

海水飛沫を受けるRC構造物の耐久性評価を目的として、普通ポルトランド、高炉B種、微粉末を混合したセメント等を比較して一連の実験研究を実施している。その中でコンクリートの拡散性状を把握する基本実験とコンクリート中の鉄筋の腐食状況を把握する乾湿促進実験の結果について報告する。

2. 実験概要

2.1 使用材料 普通ポルトランドセメント(OPC) : 粉末度3250cm²/g、比重3.15

高炉セメントB種(BB) : 粉末度3690cm²/g、比重3.05 混和材: 高炉スラグ 微粉末、分級フライアッシュ

粗骨材: 笠間産碎石、Gmax20mm、比重2.68 細骨材: 鬼怒川産川砂 比重2.63

混和剤: AE減水剤; リグニンスルホン酸化合物およびポリオール複合体、AE補助剤

防錆剤: 主成分、亜硝酸塩、使用量3kg/m³ 混和材の物理化学的性質を表-1に示す。

2.2 コンクリートの配合: コンクリートの配合を表-2に示す。供試体No.5は OPCに内割で高炉スラグ微粉末を30%、分級フライアッシュを10% 混入した(BF)。

2.3 実験方法

実験方法を表-3に示す。塩分浸透深さの測定は、供試体を深さ方向にスライスして粉碎し、塩素イオン量を電位差測定法により測定した。

鉄筋腐食測定用供試体は10×10×40cmの供試体であり、直径10mmのみがき丸鋼をかぶり厚さ20mmで配置した。塩水の浸透面(型枠側面)以外はエポキシ塗装した。

乾湿促進実験では鉄筋の腐食を促進させる目的でCO₂濃度10%の中性化促進を5週間行なった。促進後のフェノールフタレインによる中性化深さは OPCで約10mm、BBおよびBFで約13mmであった。鉄筋腐食は乾湿繰り返しサイクルごとに自然電位をモニタリングし、割裂して鉄筋を取り出し腐食面積を測定した。¹⁾

3. 実験結果および考察

3.1 基本実験結果

コンクリートの圧縮強度、水の拡散係数、塩素イオンの拡散係数を図-1に示す。OPCの圧縮強度はW/Cの逆数に比例しているが、BBおよびBFは同一W/CのOPCより大きくなっている。水の拡散係数は OPCの W/C60は W/C 40、50と比べて約4倍と大きい、BB、BFでは同じW/C 60のOPCと比べて組織が密実になることにより小さな値を示した。塩素イ

表-1 混和材の物理化学的性質

混和材	比重	粉末度 cm ² /g	化学成分(%)				
			SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO
高炉スラグ 微粉末	2.91	8520	34.5	13.7	0.5	41.6	6.6
分級フライアッシュ	2.42	7670	55.3	28.4	4.8	4.1	1.1

表-2 配合

No.	セメントの種類	水セメント比 w/c (%)	単 位 量 kg/m ³						
			水	セメント	高炉微	分級F	細骨材	粗骨材	AE減水剤
1	普通ボル	40	172	430	-	-	737	996	1.29
2	トランド	50	172	344	-	-	786	1019	1.032
3	(OPC)	60	172	287	-	-	825	1028	1.005
4	高炉B種(BB)	60	172	287	-	-	821	1023	0.718
5	普+高+F(BF)	60	172	172	86.0	28.7	819	1020	0.573

粗骨材最大寸法20mm スランプ12cm 空気量4% 細骨材率s/a No.1 43%, No.2 44%, No.3, 4, 5 45%

表-3 実験方法の一覧

実験項目	実験方法	
基本実験	圧縮強度	材令28日まで標準水中養生、材令91日まで気中養生20℃、60%RH
	透水試験	材令91日 インプット法、圧力10kgf/cm ² 加圧20時間
	塩分浸透試験	材令28日まで標準水中養生、材令56日まで気中養生20℃、60%RH その後塩水浸漬 NaCl濃度3% JCI 硬化コンクリート中に含まれる塩分の分析方法準拠
乾湿促進実験	養生方法	材令28日まで標準水中養生、材令42日まで気中養生20℃、60%RH その後材令77日まで中性化促進、材令91日から乾湿促進を実施
	中性化促進	CO ₂ 濃度10%、20℃、60%RH
	乾湿促進	1サイクルは、70℃海水3.5日、15℃気中3.5日
	塩分浸透	JCI 硬化コンクリート中に含まれる塩分の分析方法準拠
	鉄筋の腐食	JCI コンクリートの鋼材腐食評価方法準拠
自然電位	飽和カロメル電極による	

オンの拡散係数は塩水浸漬 5 か月の結果にFickの拡散式を適用して求めた。²⁾ OPC では水の拡散係数と同様にW/C が小さくなると共に減少する傾向であるが、BB、BFではOPC より顕著に小さい値を得た。

3.2 乾湿促進実験結果

乾湿促進材令 5か月のコンクリート中の塩素イオン含有率を図-2に示す。W/C40%のように密実な組織では表面部の塩素イオン量が大きくなる傾向がみられた。W/C が40から60%と大きくなると深い部分での塩化物浸透量は増大しており、低水セメント比のものの浸透抑制効果は明らかである。またセメントの種類で比較すると、BB、BFは深さ14-28mmより深い部分ではOPC より含有率が小さく、塩素イオンの浸透抑制効果が大きい。

鉄筋の腐食面積率を図-3に示す。BFの供試体はフェノールフタレインによる中性化深さはBBと同じであったが、中性化後に既に発錆が始まっており、混和材の混入によりアルカリ量の少ないことが錆の防止性能の違いとなった。各供試体とも乾湿促進により塩素イオンが鉄筋位置まで到達した12サイクル以降は腐食面積が急速に増大した。

自然電位と乾湿促進サイクルの関係を図-4に示す。錆のない状態では-100~-200mV の自然電位を示している。中性化によりBFの供試体は乾湿促進前に既に錆が生じており、自然電位が-360mVと卑側に移行したことが測定された。また、OPC、BBについては促進前に発錆は観察されなかったが、促進4 サイクルでは錆が生じ始め自然電位の移行がみられた。乾湿促進12サイクル以降では塩素イオンの浸透により急速な錆の進行がみられ、各供試体とも-300mVより卑側に自然電位の移行を示している。OPC +防錆剤は、防錆剤の成分が消費されるまでは効果があり、その後は無添加と同様な発錆と自然電位の卑側への移行が生じた。

4. まとめ

以上の結果より、次のことが明らかになった。

- i. BBは中性化が早い、同一の水セメント比では水および塩素イオンの拡散係数が小さく、且つ鉄筋の発錆が少なく耐久的である。
- ii. BFを添加したコンクリートは中性化し易いため鉄筋の発錆が大きくなっているが、水および塩素イオンの拡散係数は小さい。
- iii. 海水飛沫部のように飽水状態に近い場所では中性化の進行は遅いとみられ、BB、BFの適用が考えられる。

本研究を遂行するにあたって(株)四国総合研究所に御協力を得たことをここに感謝致します。

[参考文献] 1)鳥居、川村：種々のポゾラン材料を使用したコンクリート中の鉄筋の腐食性状、コンクリート工学年次論文報告集, Vol.12-1, 1990, 2)横田、浮田、重松、藤枝：拡散理論に基づいた海岸部塩分汚染環境評価、コンクリート工学年次論文報告集, Vol.1, 9-1, 1987

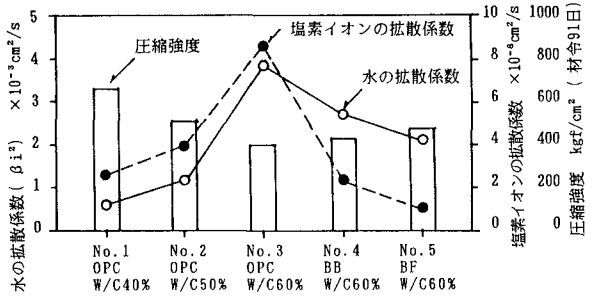


図-1 圧縮強度、水の拡散係数、塩素イオンの拡散係数

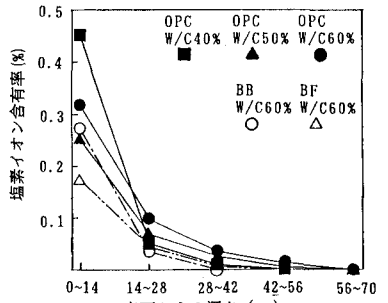


図-2 塩素イオンの含有率(乾湿促進20サイクル)

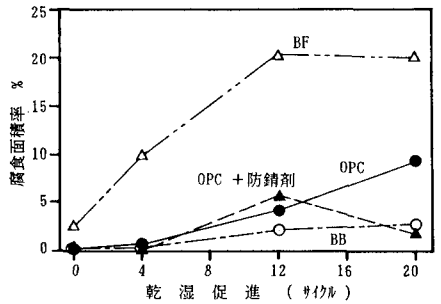


図-3 鉄筋の腐食面積率

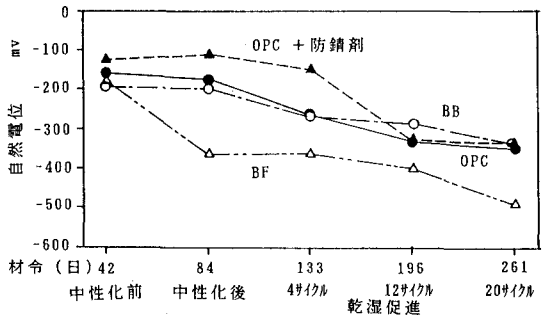


図-4 自然電位と乾湿促進サイクル