

大成建設技術研究所 正会員 桜井 宏
大成建設技術研究所 正会員 金子誠二
大成建設技術研究所 安 伸二

1. はじめに

近年、海洋環境下のRC構造物中の鉄筋の腐食被害が多数発生し、コンクリート自体の鉄筋腐食に対する健全度の判定が必要となっている。本研究は、長期間海洋環境下におかれた実構造物を調査し、分析したものである。調査対象は、海水の飛沫を受ける構造物7例、海水の影響をほとんど受けない内陸にある構造物1例である。これらの躯体より直接採取したコンクリート試料で分析を行ない、RC構造物のコンクリートの劣化及び鉄筋の腐食の可能性を示す有効な指標について検討したものである。

2. 実験方法

表-1に示す環境条件の各構造物よりコンクリートコア(φ100mm)の採取及び鉄筋の研りによる調査を行った。採取したコアでフェノールフタレイン 1% アルコール溶液による中性化深さ試験と圧縮強度試験を行なった。その後、化学分析試料を作製するために供試体を深さ方向に10または20mmごとに切断し、0.15mm フリイを全通するまで粉碎した。化学分析項目は、遊離塩分量及び全塩分量、pH、遊離石灰量(CaO)、配合分析及び、XRD、DTAによるセメント水和鉱物の検出を行なった。

3. 実験結果及び考察

表-1に構造物のコンクリートの圧縮強度及び、主鉄筋位置のコンクリートの化学分析結果を示す。

図-1に各構造物の経過年数と主鉄筋位置の塩分量及び遊離石灰量の関係を示す。(図中の数字は構造物のNo.を示す)

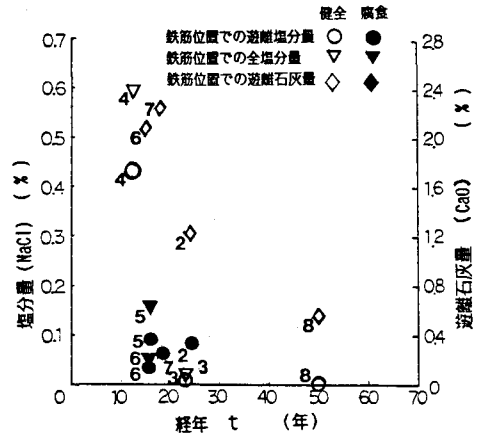


図-1 各構造物の経年と塩分量及び遊離石灰量の関係

表-1 各構造物の環境条件及びコンクリートの分析結果

No.	構造物 種別	環境 条件	経過 年数 T (年)	コンクリートの分析結果										鉄筋(主筋)		劣化指標 C1 ⁻ OH ⁻
				水セメン ト比 (%)	圧縮 強度 σ _c (kg/cm ²)	遊離塩分量 F-NaCl (%)	全塩分量 T-NaCl (%)	中性化 深さ (mm)	pH ^{*2}	CaO ^{*2} (%)	セメント水和 鉱物 X.R.D. (nm)	0.T.A (nm)	種類	かぶり D (mm)	腐食	
1	橋	スプラッシュゾーン	19	-	229	-	-	4.2	-	-	-	-	D19	50	有	-
2	橋	スプラッシュゾーン	24	62.0	344	0.029	-	15.1	12.55	12.3	-	-	D19	50	有	1.207
3	橋	スプラッシュゾーン	23	49.0	572	0.012	0.020	4.2	12.58	-	-	-	D19	50	無	0.113
4	橋	スプラッシュゾーン	12	58.5	336	0.443	0.593	6.7	12.55	-	-	-	D19	80	無	4.457
5	橋	スプラッシュゾーン	16	80.0	252	0.096	0.160	16.2	12.75	-	C: 20まで F: 170まで CH: 20より	C: 190まで F: 30まで CH: 50より	D25	80	有	0.609
6	橋	スプラッシュゾーン	15	68.5	343	0.031	0.054	10.6	12.25	18.9	C: 15まで CH: 15より F: 60まで E: 30まで	C: 25まで CH: 15より	D29 D25	60	有	0.623
7	シーバス	スプラッシュゾーン	18	49.1	241	0.066	-	19.2	-	2.25	C: 15まで CH: 0より F: 60まで E: 25まで	C: 30まで CH: 30より	D29	75	有	-
8	道路橋	海岸より 12 Km	50	71.0	187	0.003	-	13.0	12.51	0.56	C: 35まで CH: 25より	C: 25まで CH: 15より	φ19	37	無	0.027

*1 専科年表による *2 鉄筋のかぶり位置の値 *3 施工資料による *4 C: 炭酸カルシウム CH: 水酸化カルシウム F: フリーデル塩 E: エトリンガイト

遊離石灰量は長年経た構造物ほど減少する傾向にある。しかし塩分量と構造物の経年との相関関係は認められない。したがって塩分の浸入量は経年よりもコンクリートの物性による影響が大きいと考えられる。ここで図-2(a)にコンクリートの圧縮強度と表層より深さ70mmの遊離塩分量の関係を示す。圧縮強度が増加するとコンクリートに含まれる塩分量が減少している。また図-2(b)は配合分析による水セメント比と表層より深さ70mmの塩分量の関係を示す。水セメント比が増加すると塩分量が増加している。

図-3に各構造物の経年と中性化深さ及びセメント水和鉱物の(X.R.Dによる)発生深さを示す。中性化深さと遊離石灰が消失する深さは、構造物の経年とともに増加している。しかし、海水からの塩分により生成したエトリングイトやフリーデル氏塩は構造物の経年が少ない場合でも深部まで発生している。このように中性化深さや遊離石灰量は構造物の経年の影響が大きいに対し、塩分量や塩分による水和鉱物は経年よりコンクリートの物性や海砂の使用等の影響に依存すると考えられる。

これらの劣化状況を評価するためにコンクリート中の塩分量と経年による中性化の傾向を表わす劣化指標としてコンクリート中の鉄筋位置での塩素イオン濃度(Cl^-)とコンクリート中のpHより求めた水酸化イオン濃度(OH^-)の比 Cl^-/OH^- を用いる。²⁾ これを図-4に示すと、劣化指標 Cl^-/OH^- が0.6以上でかつ経年が15年以上の場合に鉄筋が腐食している。したがって Cl^-/OH^- の劣化指標はRC構造物の鉄筋の腐食の可能性を判定することに有効であると思われる。

4. まとめ

海洋環境下のRC構造物のコンクリートの変状調査結果より以下の点が明らかになった。

1) 海洋環境下のRC構造物のコンクリート中に含まれる塩分量は、構造物の経年よりコンクリートの強度や水セメント比等の影響を大きく受け、圧縮強度の増加や水セメント比の減少により浸入する塩分量は少なくなる。

2) 海洋コンクリートの劣化指標として鉄筋位置の Cl^-/OH^- をとると $\text{Cl}^-/\text{OH}^- = 0.6$ 以上でかつ竣工より15年経過したRC構造物の鉄筋に腐食が発生していた。

参考文献.

- 1) 金子、桜井他「海洋環境下のコンクリートの塩素含有量と水和鉱物」JCI 年次講演会論文集 1984
- 2) D.A. Hausman : Materials Protection. Vol6, No. 11, 1967
- 3) JCI「海洋コンクリートの防食指針(案)」1983

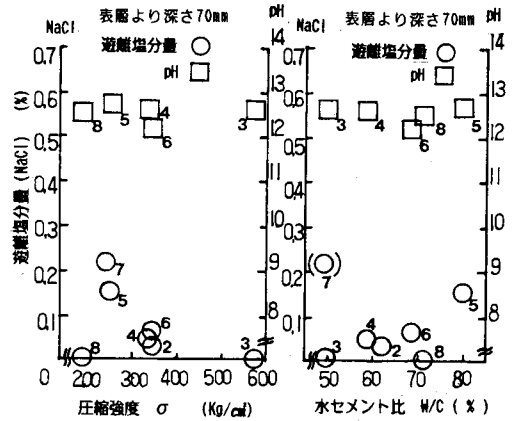


図-2(a) 圧縮強度と遊離塩分量及びpHの関係 図-2(b) 水セメント比と遊離塩分量及びpHの関係

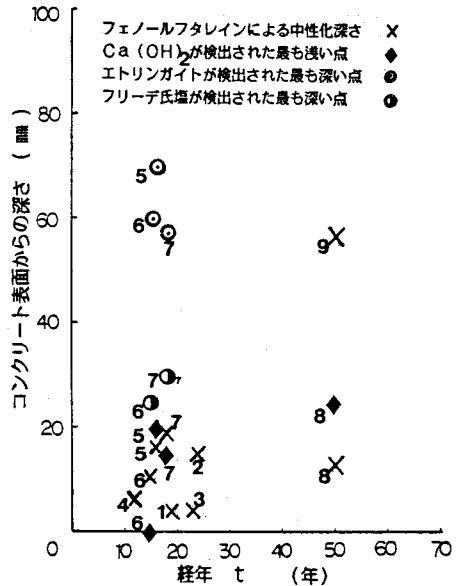


図-3 各構造物の経年と中性化深さ及び水和鉱物の発生深さの関係

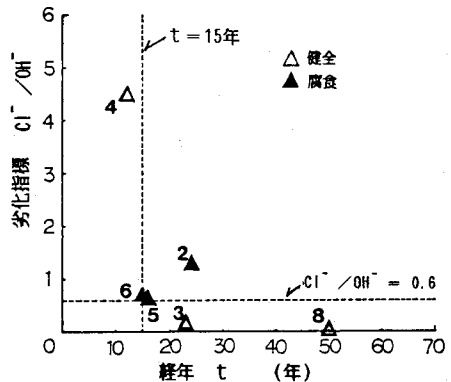


図-4 各構造物の経年と劣化指標の関係