

VI-20

塩分環境下におけるRC構造物の耐用年数評価についての一考察

東京電力(株) 正 宮本 幸始
東電設計(株) 正 熊谷 浩二

1. まえがき コンクリート構造物を維持管理する場合、劣化した部分の補修方法の選定、あるいは撤去新設の要否判定を、より合理的に行うには、その構造物の余寿命(耐用年数)を考慮する必要がある。しかし、耐用年数は、物理面、機能面、経済面の角度から総合的に検討して定義することが重要であり明確には定められない例が多い。本報では、維持管理方法の合理化検討の一環として、塩害をうけるRC構造物の物理的耐用年数について考察した。塩分環境下のRC構造物は、コンクリート中への塩分の浸透、鉄筋の腐食という段階を経て、ひびわれ、はく離などの外観変状が発生し、そのまま放置するとさらに鉄筋腐食が進行することによって、ついには耐荷性を失うに至る。本報では、塩分浸透コンクリートの現地調査事例²⁾をふまえ、鉄筋の腐食量がある限界値になる時点を、その構造物の耐用年数とみなして検討を進めた。

2. 塩分量の経年変化 コンクリート中の塩分量の経年変化は、Fickの拡散方程式を用いて推定した(式(1))。

$$C_s = C_o \left[1 - \operatorname{erf} \left(\frac{X}{2\sqrt{D_c \cdot t}} \right) \right]$$

----式(1)

Cs: 鉄筋位置での塩素量(wt%), X: かぶり

t: 経過時間(sec), erf(x): 誤差関数

Co: 表面塩素量(wt%), Dc: 拡散係数(cm²/sec)

ここでは実構造物における調査結果から、CoとDcを3つの環境条件に分けて表-1のように仮定した。この調査は、湾内のある地点において、海岸に面している8つの構造物(建設後30~60年経過)の種々の部位より、計50ヶ所のコアサンプリングを行い、塩分量を表面からの深さごとに求め、解析したものである。式(1)による計算結果例を、図-1に示す。また、ひびわれが発生すると塩分等は侵入しやすくなる。ひびわれ発生時点(t₂)以降のCsの経時変化は、図-2の破線のように考えると考えられるが、ここではひびわれ発生と同時に表面塩素量Coに変化すると仮定した。

3. 鉄筋腐食量の経年変化 鉄筋の腐食量は、一般に塩分量が多い程大きくなる傾向がある³⁾。今回の検討では前述の調査結果をもとに鉄筋腐食速度V_{Ad}(%/年)とCsとの関係を、式(2)のように仮定した(図-3参照)。

$$V_{Ad} = 1.4 (C_s(t) - 0.068), \text{ 但し, } t_1 < t \text{ ----式(2)}$$

t₁: 鉄筋腐食の始まる時点で、ここではCs = 0.068 wt%となる時点とした²⁾。

鉄筋の腐食量はAd(%)は式(3)で表わされる。

$$Ad = \int_{t_1}^t V_{Ad} dt$$

----式(3)

なお、ひびわれ発生時点t₂は、次のように求めた。すなわち、調査結果をもとに、断面欠損率、鉄筋位置でのひびわれの

表-1 拡散に関する定数

環境条件 (湾内海岸地域)	表面塩素量 Co (wt%)	拡散係数 Dc (cm ² /sec)
穏やか	0.15	1.9×10 ⁻⁸
厳しい	0.4	
非常に厳しい	0.65	

注) 塩分量の単位は、コンクリート乾燥重量に対する全塩素[Cl⁻]の重量百分率

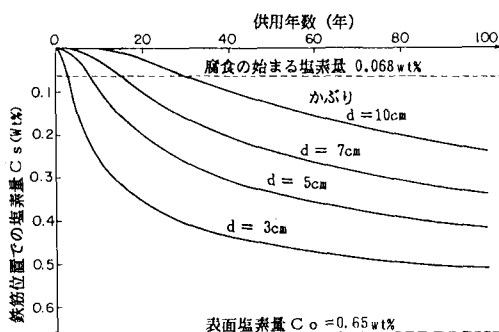


図-1 ひびわれのない場合の塩分量の経年変化(非常に厳しい)

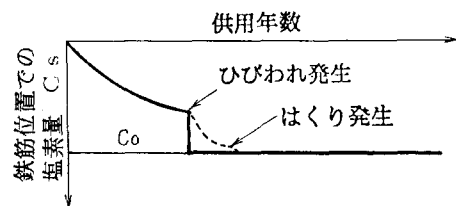


図-2 ひびわれ発生後の塩分量経年変化 (概念図)

有無と、かぶり d との相互関係（図-4 参照）から、ひびわれを生じる鉄筋の断面欠損率 Ad, cr を式 (4) と仮定し、式 (3) で $Ad = Ad, cr$ となる t を t_2 とした。

$$Ad, cr = 1.5 + 0.5d$$

----式 (4)

以上の式を用いて算出した鉄筋断面欠損率の経時変化を、図-5 に示す。

4. 耐用年数の試算 耐用年数は、図-5 を用いて、限界鉄筋腐食率を設定することにより求められる。たとえば、限界鉄筋腐食率を 10 % とすると、環境条件が「厳しい」場合、つまり海岸線にあって干満帯や飛沫帯より上部にある RC 構造物の耐用年数は、特別の延命対策を講じない場合、かぶり 5 cm で 60 年程度となる。

5. あとがき 今回提案した算定式と諸定数は、限られた地点データ、とくに、コンクリートの品質、構造物の経過年数の条件が限定されたデータに基づいているため、今後、多くの追加データにより適宜補正の必要がある。とりわけ、今回は設備運用上、安全側に条件を設定しているので、耐用年数が実際より短く評価されていると考えられる。しかしながら、本報に示した手法は、塩害劣化が問題となるコンクリート設備の維持管理において、物理的耐用年数を評価する一方法になり得るものと考えられる。

参考文献 1) 榎本守：土木構造物の寿命とは何か、土木学会誌、1985-8, pp. 7~9 2) 長内進・宮本幸始：塩分浸透を受けたコンクリート構造物の実態調査、第8回コンクリート工学年次講演会論文集、1986, pp. 145~148 3) 佐伯守：凍害・塩害に関する諸問題、第62回コンクリート講習会テキスト、1987, p. 22

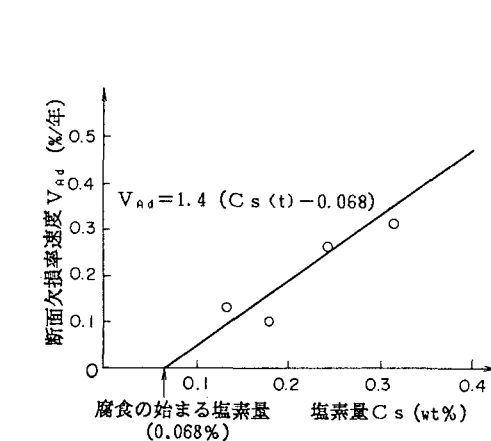


図-3 断面欠損率速度と塩素量の関係

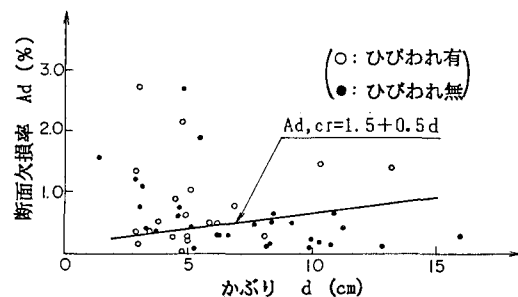


図-4 ひびわれを生じる鉄筋断面欠損率 Ad, cr

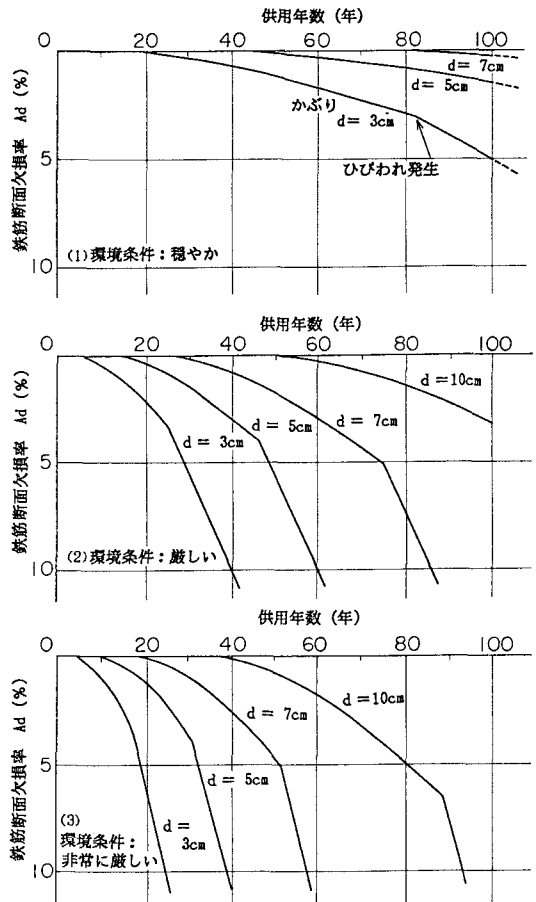


図-5 鉄筋断面欠損率の経年変化