

基礎知識 「塩害とは」

1. コンクリート構造物の塩害

多くの社会基盤構造物は、長期的な自然環境の作用によって劣化していくため、適切な維持管理が必要である。特に、沿岸部では、海域から発生する飛来塩分が要因で、図-1 のように、構造物が塩害劣化するため、維持管理上において問題となっている。

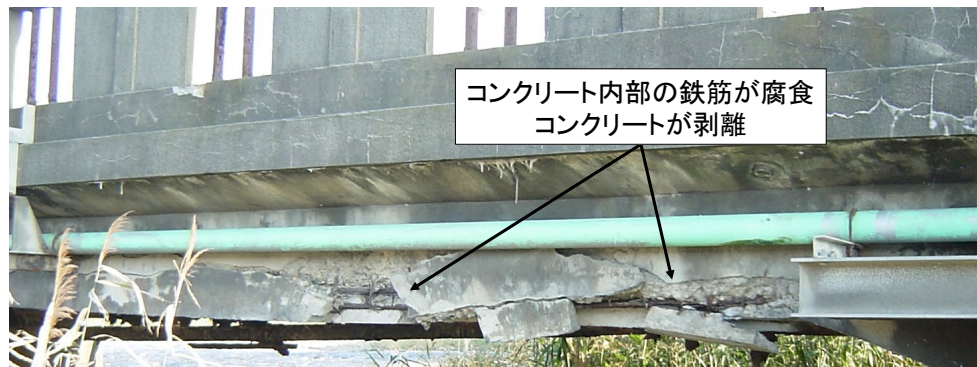


図-1 沿岸部に設置されたコンクリート構造物の塩害劣化事例

2. コンクリート構造物の塩害劣化のメカニズム

図-2 は、コンクリート構造物の塩害劣化過程を整理したものである。図の環境作用の部分に示すように、構造物外部から飛来塩分が作用し、コンクリート表面に到達する。到達した塩分は、降雨・結露などの水分の作用によって、コンクリート表面から内部に浸透する。

コンクリート内部に浸透した塩化物イオンは、長期間かけて内部方向に移動し、鉄筋周辺の塩化物イオン濃度がある一定以上の濃度(腐食発生限界塩化物イオン濃度)となると鉄筋の腐食が開始される。その後、鉄筋の腐食が進行することにより、その断面積が減少し、構造物全体の長期的な耐力の低下につながる。

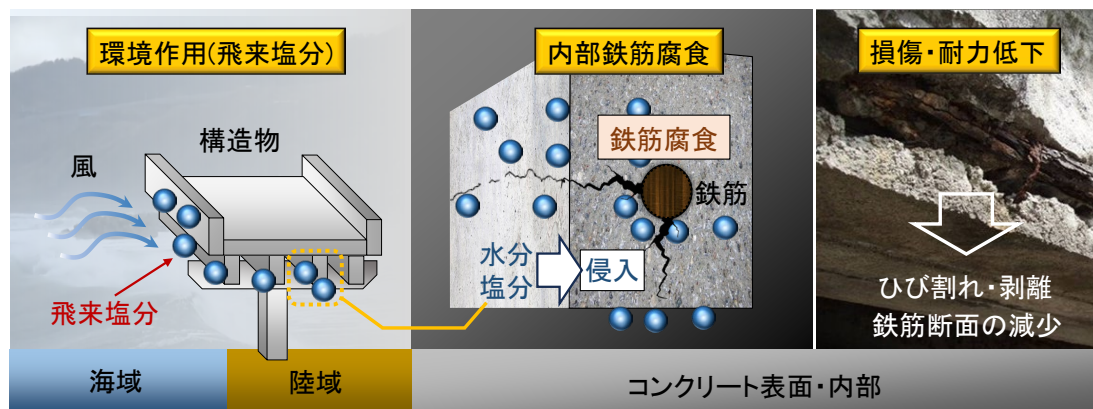


図-2 コンクリート構造物の塩害劣化過程

コンクリート構造物では、コンクリート内部の塩害による鉄筋の腐食やひび割れの進行状況に応じて、「潜伏期」・「進展期」・「加速期」・「劣化期」に区別されている。潜伏期では、コンクリート内部に塩化物イオンが浸透し、蓄積している段階である。進展期は、内部鉄筋の腐食が開始され、コンクリート内部にひび割れが発生している段階である。加速期は、コンクリート内部の鉄筋腐食によるひび割れが、コンクリート表面まで到達し、ひび割れが構造物外部から確認できるような段階である。この段階では、コンクリート表面の塩化物イオンや水分が、ひび割れを通して内部鉄筋の位置まで侵入できるようになるため、内部鉄筋の腐食が加速的に進行する可能性がある。劣化期は、かぶり部のコンクリートが剥離するとともに、鉄筋の断面積も減少しているような段階である。

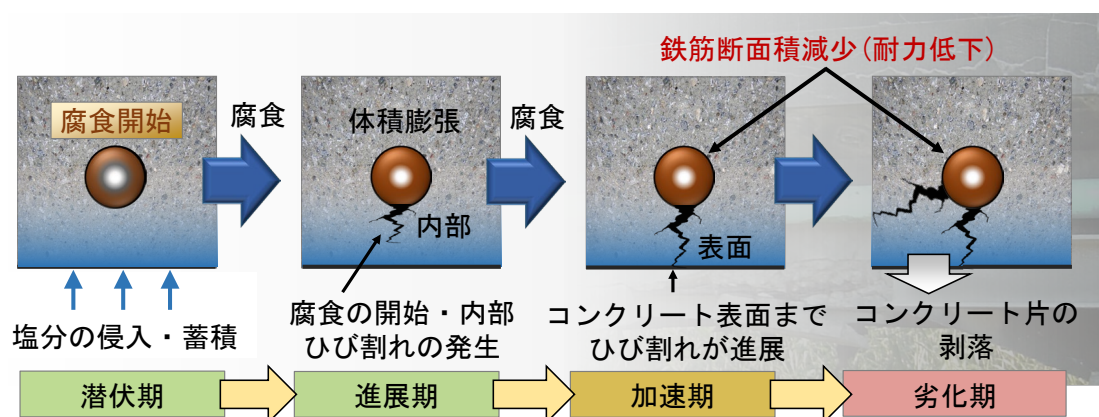


図-3 コンクリート構造物の塩害劣化の各段階

3. コンクリート内部の塩分量(塩化物イオン濃度)の算定方法

コンクリート構造物の塩害劣化を考慮して効率的に維持管理を行っていくためには、コンクリート内部に浸透した塩分(塩化物イオン濃度)を把握しておくことが重要である。コンクリート標準示方書では、コンクリート内部の塩化物イオン濃度を予測する算定式とその方法が掲載されている。式(1)は、Fickの第2法則として知られる拡散方程式を、適切な境界条件で解いたものである。この式に「コンクリート表面の塩化物イオン濃度 C_0 」と「見かけの拡散係数 D 」を代入することにより、コンクリート内部の塩化物イオン濃度を算定することができる。

$$C(x,t) = C_0 \left\{ 1 - \operatorname{erf} \left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}} \right) \right\} \quad \text{式(1)}$$

ここで、 $C(x,t)$ はコンクリート内部の塩化物イオン濃度(kg/m^3)、 C_0 は表面の塩化物イオン濃度、 D は見かけの拡散係数($\text{cm}^2/\text{年}$)、 x は表面からの距離(cm)、 t は時間(年)である。

4. コンクリート表面の塩化物イオン濃度の評価

算定式に代入する「コンクリート表面の塩化物イオン濃度」は、「海岸からの距離」で評価する方法が幅広く利用される。例えば、コンクリート標準示書では、表-1 のような「地域と海岸からの距離」を考慮したコンクリート表面の塩化物イオン濃度を整理した表が掲載されている。表中の数値が、地域と海岸からの距離に応じた塩化物イオン濃度を示している。

表-1 コンクリート表面の塩化物イオン濃度(コンクリート標準示方書参考)

コンクリート表面の塩化物イオン濃度 C_0		単位(kg/m ³)					
		飛沫帯	海岸からの距離 (km)				
			汀線付近	0.1	0.25	0.5	1.0
飛来塩分が多い地域	北海道、東北、北陸、沖縄	13.0	9.0	4.5	3.0	2.0	1.5
飛来塩分が少ない地域	関東、東海、近畿、中国、四国、九州		4.5	2.5	2.0	1.5	1.0

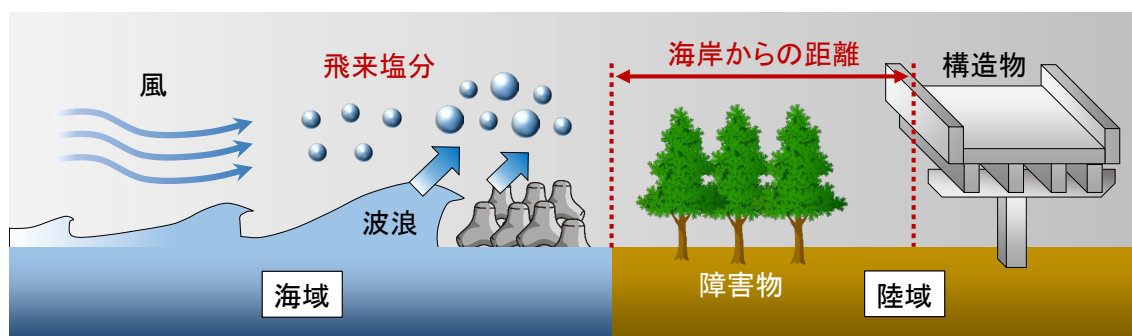


図-4 海岸から構造物までの距離と海岸周辺状況

その一方で、「地域と海岸からの距離」だけでは、飛来塩分を正確に評価できない場合も報告されている。図-4 のような海岸周辺に「消波ブロック」や「防風林」などの障害物が設置されている場合には、これらの障害物が飛来塩分の発生や輸送過程に影響を与えるため、海岸からの距離だけでは評価することが困難となる。さらに、各地域の風や波浪の作用の違いも、飛来塩分量に大きく影響を及ぼすことが報告されている。

そのため、北陸 SIP では、コンクリート表面の塩化物イオン濃度の評価の高度化として、海岸周辺の「消波ブロック」や「防風林」、「風・波の作用」を考慮した飛来塩分量のマップの公開を行っている。