

[21] 北陸地方の環境塩害危険度分布について

正会員 川上 英男 (福井大学工学部)

1. まえがき

海岸付近の塩分環境下にある鉄筋コンクリートでは外部より浸透した塩分によって鉄筋が腐食するなどの被害を受けることがある。これを本報告では、海砂・混和剤の使用などに伴って最初からコンクリートに塩分が内在する場合と区別して環境塩害と呼ぶ。この種の損傷については調査例が蓄積されてきているものの、環境塩害の実態解明には未知の部分が多く残されている。コンクリートへの塩分浸透は仕上げ材・コンクリートの材質環境条件・経過年数によって影響を受ける事は勿論であるが、環境中の塩分濃度(表題では塩害危険度と表現した)が起因であることは言うをまたない。この塩分濃度の実態把握が塩害対策上重要な理由は次の点にある。

- 1) 環境塩害危険度の地域的区分設定の基本となること
- 2) 塩害対策として水セメント比、かぶり厚など耐久設計上の手がかりを与えること

ところが、海塩粒子の発生や内陸部への飛来には気象条件、海象条件、海岸からの距離、地形など多くの要因が影響を及ぼすのでその実態を把握しにくい上、それがコンクリートへ浸透する現象は長期間にわたるため、実験を行っても結果を得るまでに時間がかかることなどもあって、塩分濃度の評価とその塩害対策への適用にはまだまだ多くの資料の蓄積を要する段階にある。

本報告は、環境塩害の比較的多い日本海沿岸のうち北陸地方(図1, 2, 3参照)において、モルタル曝露試験片と松皮の塩分分析によって環境塩分の調査を行った結果を報告し、若干の考察を加えるものである。

2. モルタル曝露による環境塩分調査

環境塩分濃度は一般に海岸より内陸部に入る程減少する。本調査ではその減少の度合いに重点をおいた。飛来塩分の捕集にはガーゼやステンレス板を用いる方法があるが、ここでは各地に曝露したモルタル片に浸透蓄積した塩分を分析し環境塩分濃度を調査した。モルタルを用いた理由はコンクリートへの塩分浸透蓄積に幾分でも近い状況での資料を入手することにある。また短期間で浸透塩分を検出しやすいようにF地域では通常のコンクリートより大きい水セメント比を用いた。ここにはF, Jの2地域で得られた結果を述べる。

2. 1 試料の作製及び設置

モルタルの材料・調査を表1に示す。7×10×53cmの型枠にモルタルを打設し、翌日脱型、材令7日まで標準養生をおこなった。これを厚さ1.5cmに裁断し室内に置いて気乾状態とした。各設置箇所ではこれを海の方に向けて鉛直(縦置き)に固定した。

2. 2 塩分分析方法

所定期間曝露後、試料片の一部を割って持ちかえり乾燥後粗砕、更にモルタル粉砕機によって0.15mm以下に微粉砕、絶乾状態とした後、その50gに対し蒸留水100-150ccを加えてよく攪拌する。常温24時間以上を経て、上澄水またはろ過水に対してVohlhard法によって分析を行った。

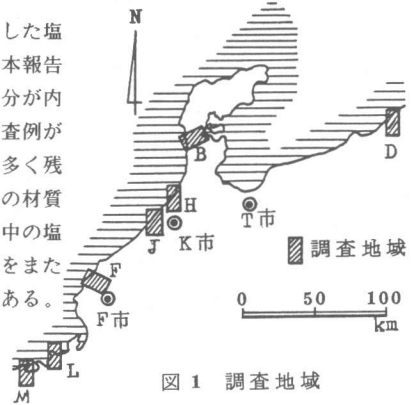


図1 調査地域

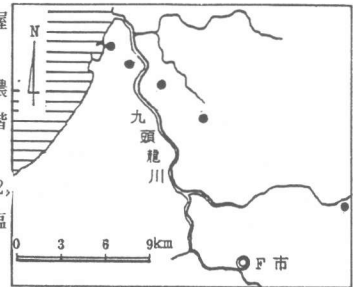


図2 F地域モルタル曝露地点

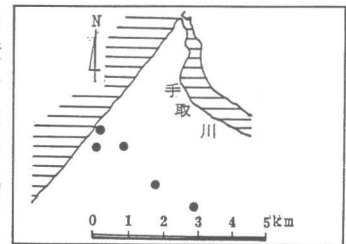


図3 J地域モルタル曝露地点

表1 モルタルの材料・調査	
地域	水 : セメント : 川砂
F	0.65 : 1 : 4.4
	0.80 : 1 : 4.4
	1.00 : 1 : 4.4
J	0.55 : 1 : 2
	0.65 : 1 : 3

セメント: 敦賀普通ポルトランドセメント
川砂: 福井県九頭龍川産2.5mm以下

2. 3 分析結果及び考察

モルタルに対する塩分 (NaCl) の質量百分率を海岸からの距離に対して示したのが図4-図7である。

1) 図4によると海岸からの距離が500m付近での塩分量は50m地点の約4-5分の1に減少しているものの5kmに達してもなお塩分浸透が認められる。

2) 図4では曝露の時期によって塩分量に差が認められる。冬期の北西(海)からの季節風の影響と考えられる。

3) 図5は図4の②の期間をさらに延長したものであるが、塩分量はかえって少ない値を示している。延長した期間5-8月には海からの風が少なく、また一旦浸透した塩分も梅雨時に溶出したものと考えられる。

4) 図6はJ地域の調査結果で、曝露期間は図4の①に近いものである。海岸からの距離と塩分量の関係は必ずしも類似しておらず地域によって両者の関係に差があることを示している。

環境塩分濃度分布を検討する場合、海浜付近の塩分量と、海岸からの距離の増加に伴う塩分量の減少割合とに分けて考えることが出来る。図8は上述の結果をまとめて示したものである。尚この図には比較のため他の報告の結果をも併せて示した。塩分の捕集方法が異なるとその物理的意義が異なるので直接的な比較はできない。したがって同一座標には表せないが、ここでは海岸からの距離の増加に伴う塩分量の減少に注目する観点から、海岸から1000m地点のそれぞれの塩分量を100として相対的關係をプロットしたものである。

これによると海岸からの距離が100-1000mの塩害対策区分以上注目される範囲で、塩分量の比はISO、文献4、本調査結果の順に大きくなっている。これらの

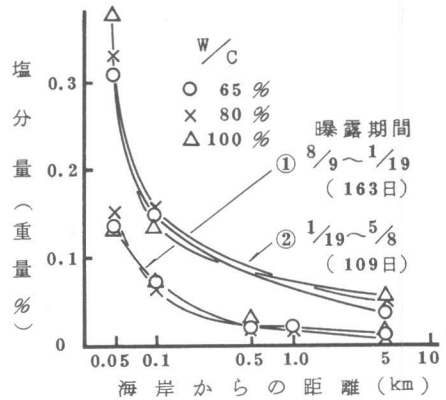


図4 F地域モルタルの塩分量(1)

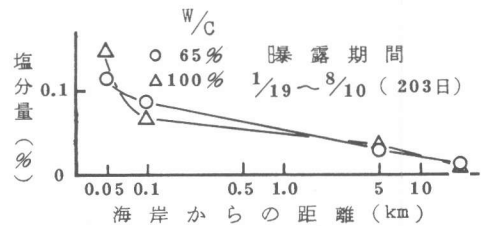


図5 F地域モルタルの塩分量(2)

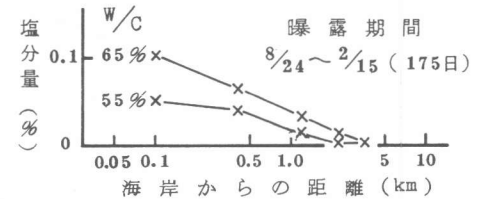


図6 J地域モルタルの塩分量

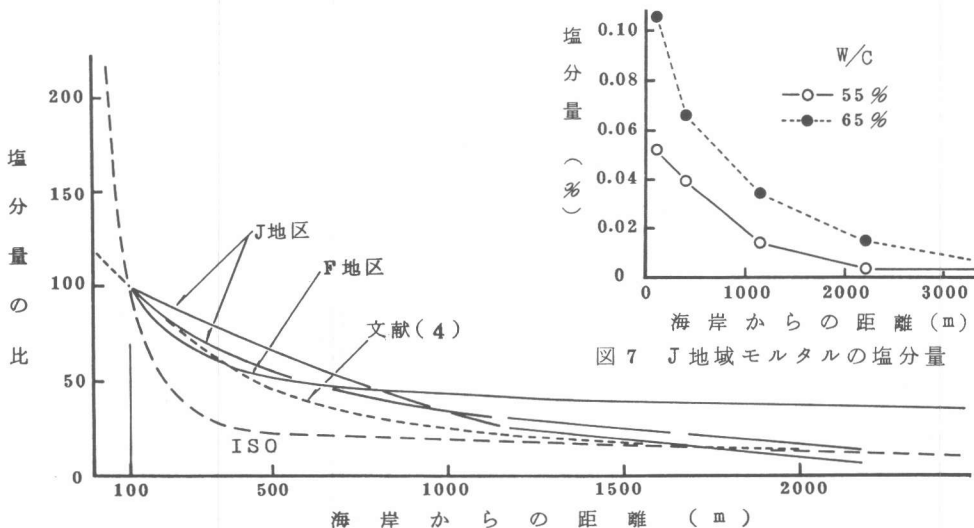


図8 相対塩分量と海岸からの距離

差は塩分の捕集方法の影響と共に地域の特徴をも含むものと考えられる。

いずれにしても北陸地方F、J地域では塩分濃度が内陸へ向かうにつれて減少する割合はISOの報告に示されているものより少なく、塩害対策区分の設定や塩害対策の具体化にあたってはISOの分布より厳しい条件を想定する必要があることを示している。

3. 松皮塩分の調査

環境塩分濃度分布を把握するための即時かつ簡便な手掛かりとして松皮の塩分を分析する試みについては既に報告したところである。ここでは同様に各地域の松皮塩分を調査した結果から、塩分量の地域的分布の特徴を比較よく表している例を述べる。

3.1 松皮採取の範囲、方法、時期

調査地域は図1に示す通りである。採取範囲は樹幹の高さ1.5-0.6mで、主として海側の表皮のひだ部分を生け花用の剣山で掻き落として採集した。採取は昭和60年8月に行い、J地域では61年2月にも行った。

3.2 塩分分析方法

試料は一旦乾燥後0.3mm以下に微粉砕し絶乾状態とする。その10-20gに蒸留水100-150ccを加えよく攪伴した後24時間以上室内に置く。そのろ過水に対してVolhard法によって塩分の滴定を行った。

3.3 分析結果と考察

分析結果を図9-図14に示す。松皮の塩分量を採取地点それぞれに棒線で表したもので単位は絶乾状態の松皮に対するNaClの質量百分率である。

図9-図11では海岸より内部に向かうにつれて塩分量が減少する傾向が認められる。北陸地方でもっとも海塩粒子の飛来が著しい冬期では北西または西からの風が主となる。図9、図11では松皮採取地点から海岸までの最短距離をはかる方向がほぼ北西となって主風向と一致するが、図10では海岸線が東西に伸びているのでこの両者が一致しない。従って海岸までの距離をどのように採るべきかは検討を要するところである。

このことは図13の能登半島の例についても同様のことが言えよう。なおここでは松皮採取地点の北西側は高地となっている。しかし塩分量は外浦(西)から内陸に入るに従って減少し東の内浦に近づくにつれて増加する傾向がよく表れている。また海浜近傍の塩分量は冬季節風の受けやすい外浦の方が内浦より多いことも北陸地方の特徴を示すものと言えよう。

図12の若狭の例では同じく海岸に接していても、北西側に半島を背負っている南が海となっている地点と、北側が海に面している地点では、後者の方が塩分量は大きく、この点では能登半島の例と同様である。

図14の三方五湖周辺の例では、遮蔽物がなく地形が平坦なためか海岸からの距離が増加しても塩分量の減少はあまり見られず内陸深くまで塩分が運ばれる状況を示している。

図15はこれらの調査結果を海岸からの距離と塩分量の関係で表したものである。塩分濃度の地域的分布は調査地域相互間では必ずしも同じではなく、また同一地域内での分布にも凹凸が見られるが、全般的には海岸からの距離の増加にともなって塩分量が減少し、1.5km以遠ではその減少はゆるやかになっている。

図16にはJ地域で夏に樹皮を採取した同じ松から冬2月に採取した樹皮の塩分量を夏期の分と比較した。冬期のものは夏期のものに比べて格段に塩分量は大きく、その比率は個別差があるが、海岸からの距離が2km以内では7-15倍となっている。同図で海岸に最も近い松の塩

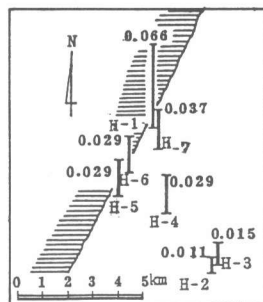


図9 H地域松皮塩分量

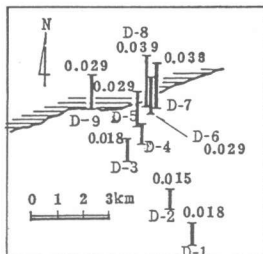


図10 D地域松皮塩分量

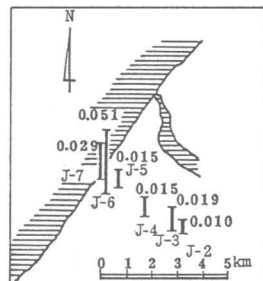


図11 J地域松皮塩分量

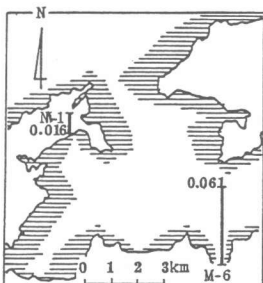


図12 M地域松皮塩分量

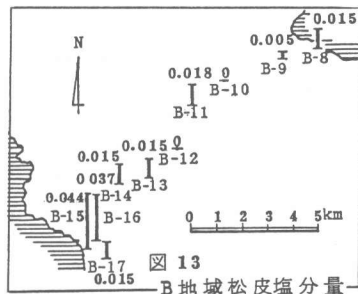


図13 B地域松皮塩分量

分量が比較的少ないのは松の個体差に因るものであろう。

曝露モルタルと松皮の塩分量の相関性については、両者の塩分量の内容がそれぞれ異なるので直接的比較はできないが、海岸からの距離と相対塩分量で比較を試みたものが図17である。モルタルでは図7に示した2種のモルタルの平均値を、松皮では夏冬の平均値を用いた。海岸からの距離と相対塩分量の関係はおおよそ類似しており、両者共2 km以遠では距離の増加に伴う塩分量の減少はより緩慢になる傾向を示している。

4. むすび

北陸地方における環境塩分濃度の地域的分布を曝露モルタル試験片と松皮の塩分分析によって調査した結果の概要は次のようである。

1) 曝露したモルタル試験片に浸透蓄積した塩分量は海岸から内陸に向かうにつれて減少する。この塩分量は地域により、また曝露の時期・期間によって差がある。しかし海岸より100 m地点に対する各地点の相対塩分量は2000 m以内ではいずれの場合もISOによって提示された分布より大きく、塩害対策上危険側にあることを示した。塩害対策にはこのような地域的特徴を考慮する必要があることが明らかとなった。

2) 松皮の塩分調査によって環境塩分濃度分布の実態を示唆する試料が得られた。その結果、海塩粒子飛来の著しい冬期の風向と海岸からの距離、地形など環境塩分濃度に影響を及ぼす因子の地域的特徴のいくつかが明らかとなった。

また、冬期採取の松皮の塩分量は夏期のものに比べて格段に大きいこと、海岸からの距離と相対塩分量との関係では松皮は曝露モルタルにほぼ類似していることが示された。

以上、我が国のように多様な地形、海岸線、気象条件を有するところで、適確な鉄筋コンクリートの塩害対策を講ずるにはそれぞれの地域性をまず把握し、これを十分に配慮することが不可欠である。

謝辞

本研究は文部省特定研究「北陸地方におけるコンクリート構造物の耐久性向上に関する研究」の一環として行ったものである。調査にあたっては福井大学技官脇敬一氏と建設工学科学生福島正子君の協力を得ました。ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) 日本道路協会「道路橋の塩害対策指針(案)・同解説」昭和59年2月。
- 2) 櫻野紀元「RC造建築物における塩害地域区分の設定についての一考察」日本建築学会関東支部研究報告集1983。
- 3) 森永繁「打放し仕上げ」セメント・コンクリート、No. 463, 1985年9月。
- 4) 片脇・守屋・箕作「飛来塩分量の特性と測定方法」プレストレストコンクリート、Vol. 27, No. 1, 1985年1月。
- 5) ISO/TC. 156, WG4, N66E, Corrosivity of Atmospheres. 1983。
- 6) 川上英男「鉄筋コンクリートの環境塩害荷重の推定」第6回コンクリート工学年次講演会論文集, 1984。

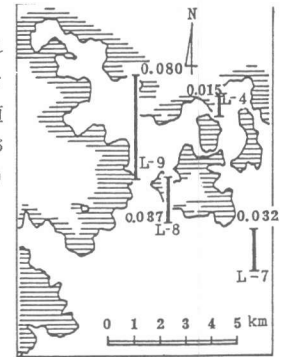


図14 L地域松皮塩分量

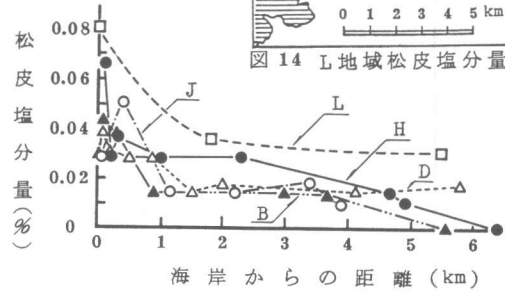


図15 各地域の松皮塩分量

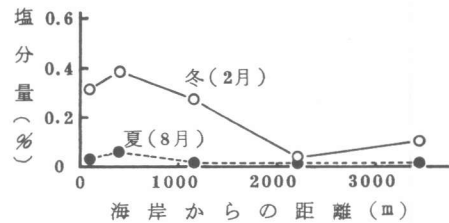


図16 J地域松皮塩分量

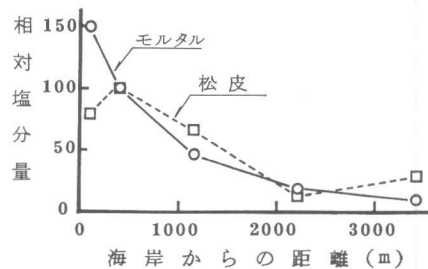


図17 J地域モルタルと松皮の相対塩分量