

[39] 鉄筋コンクリートの環境塩害荷重の推定

正会員 川上英男(福井大学 工学部)

1. まえがき

鉄筋コンクリートに含まれる塩分には、海砂の使用により新築当初より内在する場合と、その後海浜環境より浸透蓄積する場合とがある。この後者による塩分浸透量が海砂の使用塩分限度に比べて格段に大きい場合があることは既に報告が見られる^(例えば2~6)。この塩分浸透量は鉄筋コンクリートの躯体材質、仕上げの材質、経過年数によって異なることは勿論であるが、塩害荷重(その環境の塩分濃度)の大小が原因である。すなわち環境塩害対策にとって塩害荷重の把握が先決である。ところがこの環境塩分濃度は気候や季節によって異なる。例えば北陸地方では冬期は北西の季節風が強く、海塩の影響は遠くまで及ぶ。したがって塩害荷重としては長期間にわたる塩分集積量を対象とする必要がある。本報告はその塩害荷重実態の把握の一手段として、黒松樹皮に含まれる塩分量の地域的分布を調査したものである。この黒松樹皮を用いる方法のメリットは、コンクリート試験体を長期間当該地に設置する方法に比べて塩害荷重を予測する資料が比較的簡単且つ即時に得られる点にある。

2. 研究の概要

調査対象地域は北陸のF市及びK市近郊(海岸を含む)である。樹種に黒松を選定した理由は、この地域全般に分布していること、及び、その樹皮が塩分蓄積を受けやすい形である点に着目したことにある。

海岸から種々の距離にある地点より採取した樹皮の塩分量を試験すると共に、F地域においてはモルタル試験片を各所に設置曝露しておき、それらの塩分量との関連性をも検討した。

3. 黒松樹皮の塩分

3.1 採取の範囲及び方法

樹皮採取は図1に示すように、F地域18箇所、K地域7箇所(10試料)である。採取は樹幹(径約10~30cm)の高さ1~1.5mの範囲で主として風上側すなわち海側の表皮の肌離れしている部分を剥ぎ落として採集した。1箇所につき2~3本の松より採取し、これをその箇所の試料とした。

3.2 塩分分析方法

採取試料は一旦乾燥して後、乳鉢ですりつぶし、これを絶乾状態とする。その50gに蒸留水150ccを加え、よく攪拌した後24時間以上室内におく。その上澄水又は濾過水に対して、Volhard法によって塩分の滴定を行なった。なおこの方法を採用したのは以下の予備実験を検討した結果である。

a) 水温 蒸留水添加後、常温24時間と、80℃2時間の場合を比較したところ、抽出液は前者の場合でも淡黄色を呈するのに対して、後者は更に着色が著しく、塩分滴定の際の判定が困難となった。したがって常温24時間を採用した。

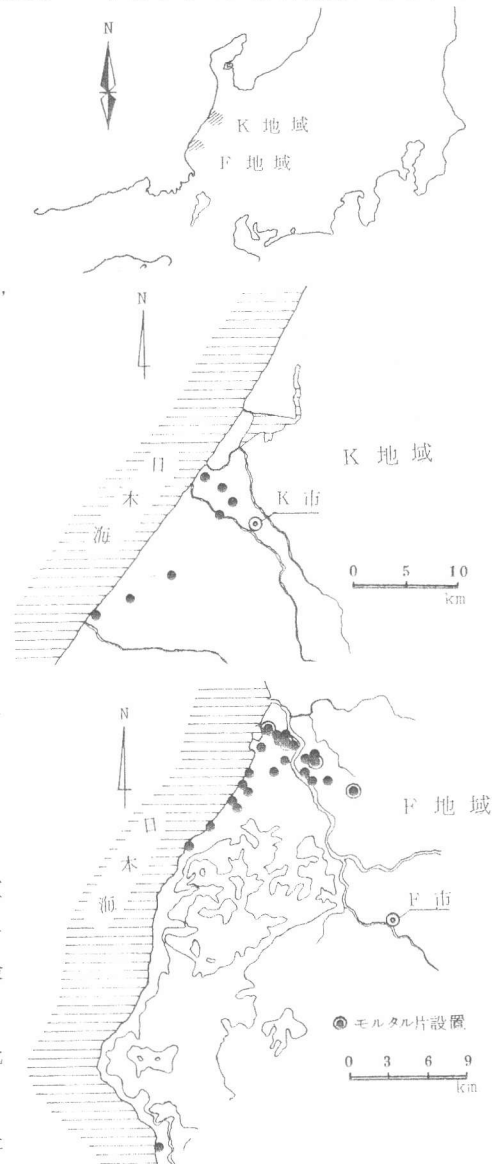


図1 調査箇所

b) 粉碎 同一試料でも粉碎程度によって図2に示すように分析結果が異なる。同図によれば粉碎サイズが小さい方が塩分抽出量は大きいことが示された。本例では2.5 mm以下を用いることにした。

試料の粉碎後のサイズ分布を図3に示す。

塩分の滴定は同一試料に対して2回行なった。

3.3 樹皮塩分の分析結果及び考察

この結果にもとづいて松皮塩分量と樹皮採取地点の海岸からの距離との関係を示したのが図4である。この図から次の点が指摘される。

- 1) 塩分量は海岸近くで最も大きく、海岸から遠ざかるにしたがって減少する。
- 2) その減少の割合は、海岸に近い程著しく、遠ざかるにしたがって緩慢となる。

3) この調査結果にもとづいて、この調査範囲外の塩分量を外挿によって推定するためには、塩分量と距離との関係を直線的に表現できれば便利である。図5はその試みとして両対数グラフを用いたものである。全体としてはやや下に凸の曲線的傾向を示している。2 km以上の塩分量は200 mの場合に比べて1桁小さいので実用上の問題は小さいと考えれば、それ以内の距離ではほぼ直線的関係にあるとみなすこともできよう。

4) 図5によれば、近似直線の勾配はF地域の方が大きく、1 km地点の塩分量はK地域の方が大きい。即ち、地域差が認められる。

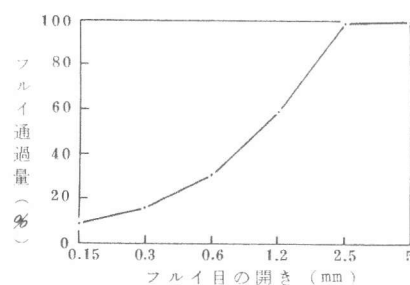
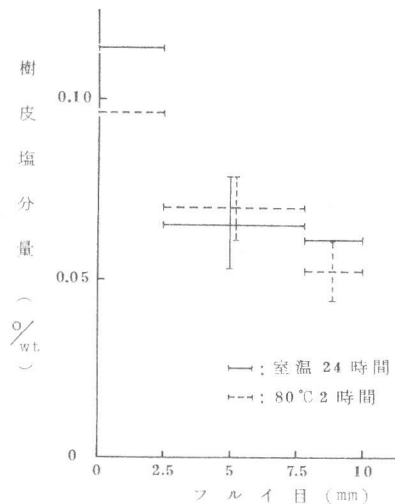


図3 粉碎後の試料のサイズ構成

図2 試料のサイズと抽出塩分量

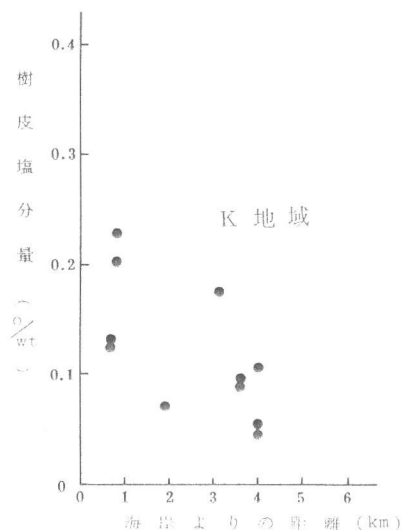
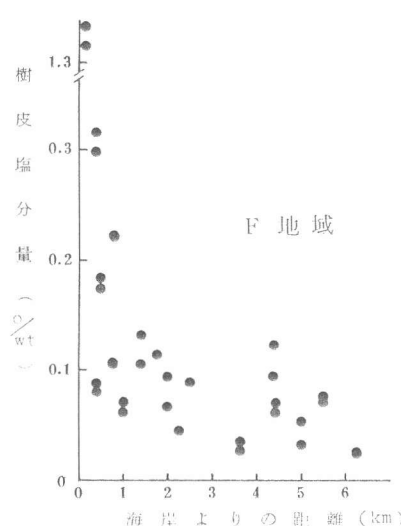


図4 樹皮塩分量と海岸よりの距離

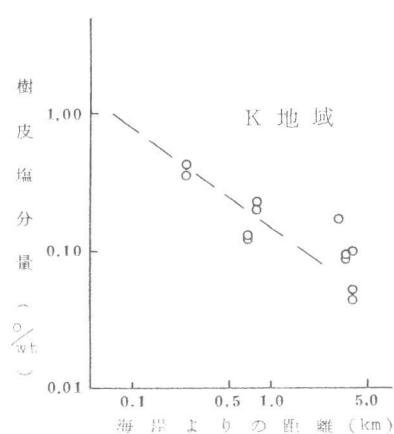
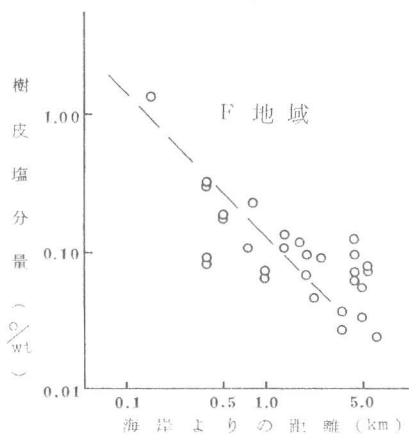


図5 樹皮塩分量の分布

5) 塩分量は海岸より 500 m 程度離れると海岸付近に比べて約 $\frac{1}{4}$ に減少するところから、環境塩害対策としてはおよそ 1 km ~ 500 m を目安としてよいと考えられる。この点については、川上^{4,5)}は RC 建物の調査から 700 m という目安を報じており、樺野¹⁾は塩害地域区分について考察を加えている。海から陸に向けての風の強弱はその地域の地形、季節によっても異なるものであるから、必ずしも正確に上記の距離限界が規定できるものでもない。本調査結果の 1 km という値もその塩分量地域分布より安全側の判断として挙げた値であって、本来はコンクリート、モルタルへの浸透蓄積との関連で判断されるべき性格と考える。

4. モルタルに浸透蓄積する塩分

以下は 3 種類の水セメント比のモルタル試験片を、F 地域の各所に設置し、一定期間毎にこれを回収し、その浸透蓄積した塩分量を調査した概要である。

4.1 試料の作製及び設置

セメントはツルガ普通ポルトランドセメントを用いた。川砂は九頭竜川産 2.5 mm 以下を用いた。

モルタルの調合を表 1 に示す。7 cm × 10 cm × 53 cm の型枠にモルタルを打設し、翌日脱型、材齢 7 日まで標準養生を行った。これを厚さ約 1.5 cm にスライスし、室内において気乾状態とした。各設置場所にはこれを横置きと縦置きの 2 種類で設置した。

4.2 塩分分析方法

一定期間曝露後、試料片の一部を割って持ち帰り、一旦乾燥後モルタル粉砕機で 0.15 mm 以下に粉砕、絶乾状態とした後、その 50 g に対し蒸留水 150 g を加え、よく攪拌する。常温 24 時間後の上澄水又は濾過水に対して Volhard 法によって分析を行った。

4.3 分析結果及び考察

5 ケ月曝露のモルタルに対する塩分 (NaCl) の重量百分率を海岸からの距離に対して示したのが図 6 である。

1) 試験片を立てておいた方が、水平においた場合より大きい NaCl

量を示している。風当たりと雨水の影響によるものと考えられる。

2) 海岸からの距離が 500 m 付近では塩分量は 50 m 地点での値の $\frac{1}{4}$ ~ $\frac{1}{6}$ に減少している。

3) 海岸に近い程、モルタルの塩分量は大きく、縦置きの場合は海岸より 50 m の地点のモルタルでは 0.13 ~ 0.15 % を示している。

4) W/C = 100 % の場合の曝露期間 (3, 4, 5 ケ月) を比較したのが図 7 である。11 月までの 3 ケ月に比べて、12 月、1 月中の塩分増加量が格段に大きく、北陸における北西の冬期季節風がモルタル塩分量に影響を及ぼしていることを示している。更に長期間の曝露を日下継続中である。

5) 図 7 を両対数目盛にプロットしたのが図 8 である。全部のデー

表 1 モルタルの調合 (kg/m³)

水セメント比 (%)	水	セメント	川砂
65	243	374	1,646
80	283	354	1,559
100	331	331	1,456

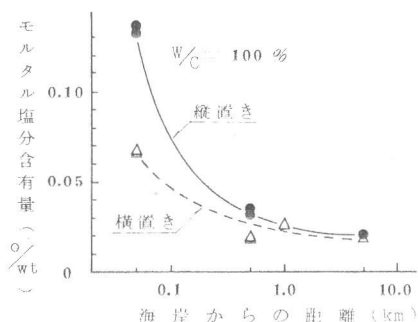
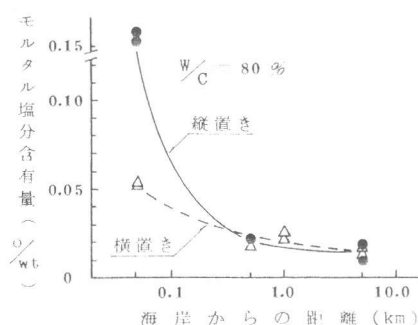
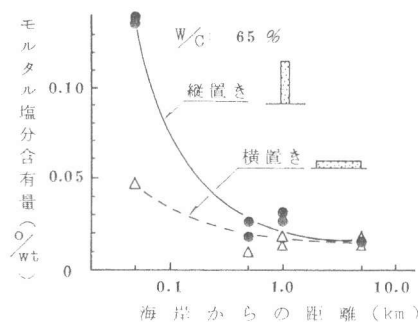


図 6 モルタルの塩分量

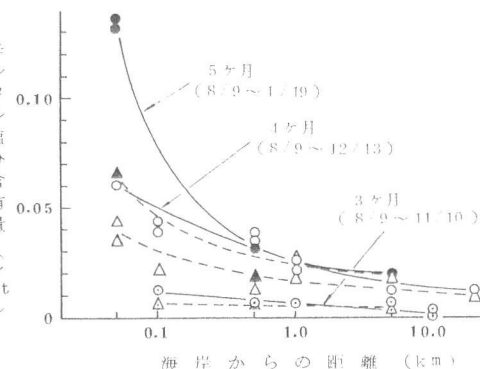


図 7 曝露期間とモルタル塩分量

タを包括する場合は海岸からの距離とモルタル塩分量の関係を直線的関係とみなすことはできず、下に凸の曲線を示している。この傾向は図5の樹皮塩分についても見られたところである。モルタルにおいても、樹皮の場合と同様に2 km以内では塩分量と海岸からの距離との関係を直線に近似できるか否かについては、更にモルタル実験の資料蓄積が必要である。しかし一方、塩害荷重に影響を及ぼす要因が多いことから、あまり精緻な比較を追求しても実用上の意味はうすいとも考えられる。すなわち図8と図5の傾向が類似しているということをもって、樹皮の塩分量とモルタルの塩分量とは対応しているとみなすことができよう。

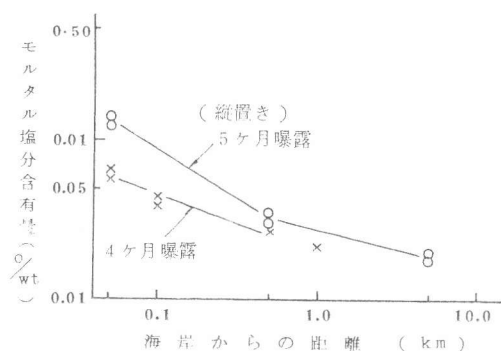


図8 海岸からの距離とモルタルの塩分量

5. むすび

以上の調査研究の結果明らかになった点をまとめれば次のようである。

- 1) 黒松樹皮の塩分含有量は海岸に近い程大きいこと、また海岸から遠ざかる程減少するが、その減少の度合は本調査地域では海岸より約500 m程度までは急激で、それより離れた範囲では緩慢になる。
- 2) 海岸からの距離と黒松樹皮の塩分量との関係を両対数目盛グラフ上に表わすと2 km以内ではほぼ直線的関係にあるものとみなすことができる。
- 3) この関係は調査2地域ではやや差があり、塩害荷重の地域性を示唆している。海岸での塩分量に比べて500 mでは約 $\frac{1}{4}$ に、1～1.2 kmの距離になれば約 $\frac{1}{10}$ に減少する。
- 4) 5ヶ月曝露のモルタルの塩分含有量と海岸よりの距離との関係は、ほぼ上記樹皮塩分量と対応している。

すなわち、樹皮塩分の地域的分布をもってモルタルの浸透塩分の地域的分布とおおよそ対応するものとみなされる。

- 5) 塩害荷重の大小をモルタルやコンクリートで決定するには長期間を要するが、樹皮塩分をもってすれば、広範囲にわたって短期間に塩害荷重の大小を把握することが可能と考えられる。

6. あとがき

以上、黒松樹皮及び曝露したモルタルの塩分量の調査からその地域的分布の特性を明らかにし、塩害荷重の捉え方について述べた。塩害荷重は気候、海岸からの距離、地形など地域性によって影響されるところが大きく、地域差を考慮に入れるときは単に海岸からの距離のみで判断できかねる面がある。黒松樹皮の塩分調査による塩害荷重の推定はこれに対する直接的で有力な手段となるものと思われる。この種調査の普及によって塩害荷重の実態がより広範囲に解明されることを望む次第である。

謝辞

本研究には福井大学文部技官脇敬一氏と建設工学科学生中村時広君の御協力を得ました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 樫野紀元“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”昭和58年度日本建築学会関東支部研究報告集, pp.409～412.
- 2) 川上英男“環境塩害と鉄筋コンクリートの耐久性”第2回コンクリート工学年次講演会講演論文集1980, pp.21～24.
- 3) 川上英男“鉄筋コンクリート建物の環境塩害”第3回コンクリート工学年次講演会講演論文集1981, pp.181～184.
- 4) 川上英男“鉄筋コンクリートの環境塩害”日本建築学会大会学術講演梗概集昭和56年9月(九州), 構造系 pp.417～418.
- 5) H. KAWAKAMI“Salt Attack on Reinforced Concrete Building,” Transactions of the JCI'81, pp.133～140.
- 6) 川上英男“鉄筋コンクリートの環境塩害”日本建築学会大会学術講演梗概集昭和57年9月(東北), 構造系 pp.217～218.