

## V-223

## 暴露環境とコンクリート中への塩化物の浸透

東京大学生産技術研究所 正会員 星野富夫

東京大学生産技術研究所 正会員 魚本健人

㈱大林組技術研究所

守屋正裕

## 1. はじめに

海洋環境下に設置されるコンクリート構造物の防食・補修指針<sup>1) 2)</sup>や実際の防食方法の適用は、海洋暴露実験から得られた結果から検討される場合が多い。しかし、日本は南北に約2,500kmもあり、暴露条件や環境などについての条件が異なっている為、それらの指針や防食材料の選定、あるいは適用を同一なものとして規定するのには無理があると考えられる。しかし、実際のコンクリート構造物に環境条件がどのような影響をおよぼすかについては、まだ十分解明されていない面もあり、本報告は、暴露実験からそれらについての検討を試みたものである。

## 2. 実験概要

海洋環境下のコンクリート構造物の劣化は、主にコンクリートへの塩化物の浸透と関連することから、コンクリートへの塩化物の浸透の時間的経過と飛来塩分や気象条件との関係を検討した。暴露に供したコンクリートの配合を表-1に示す。また、使用材料は、普通セメントと川砂、碎石（6号）である。形状は、10×10×40（cm）の無筋の梁を作製して暴露に供した。暴露試験は静岡県伊東市の海洋公園内で行っているものであり、常時海水飛沫を受ける海岸線の暴露試験用の架台にコンクリートの打設面が下になるように固定した。これと同時に強度試験用の供試体も暴露した。

表-1 コンクリートの配合（スラブ厚=8±1cm）

| 水・セメント比<br>（％） | S/a<br>（％） | 単位量（kg/m <sup>3</sup> ） |      |     |     |
|----------------|------------|-------------------------|------|-----|-----|
|                |            | 水                       | セメント | 砂   | 砂利  |
| 40             | 43         | 205                     | 513  | 713 | 972 |
| 50             | 45         | 205                     | 410  | 783 | 988 |
| 60             | 47         | 205                     | 342  | 844 | 983 |

分析・試験は、暴露半年までは2ヶ月間隔で引き揚げて行った。塩化物の分析は、図-1に示すような位置から採取したコンクリート片を振動ミルで微粉碎し、全塩分と可溶性塩分について調べた。この場合に単位体積当りのCl量として求めるために、セメント協会「硬化コンクリートの配合推定試験法」に準じて、カルシウム量の定量も行った。飛来塩分の調査は、2ヶ月遅れで開始したものであるが、この暴露地点より10m程度内陸寄りに土研式とガーゼ法によるものを設置し、毎月回収して塩素イオン濃度の定量分析を行った。暴露条件を検討するための気象条件の資料は、この海洋暴露場より約10km離れた網代測候所のものを用いて、温湿度、日照、降雨、風向・風速等を検討した。

## 3. 実験結果と考察

図-2は、塩分含有率の深さ分布を水セメント比別に示したものである。

何れのものでも塩分含有率は内部に向かって減少する傾向にあり、塩分浸透量の深さ分布が明瞭に認められる。しかし、水セメント比とコンクリートへの塩化物の浸透の関係をみると、深さ方向への塩分の浸透の割合は、各々異なった傾向を示している。特に、水セメント比が40%と50%の間でそれらの量や割合が異なっている。これらの値から、浸透した塩分含有量を積算して単位面積当りの浸透塩分量（Cl mg/cm<sup>2</sup>）に換算したものが図-3である。浸透塩分量は、測定部位や水セメント比によってバラツキはあるものの暴露期間に比例して概ね直線的に増加する傾向が認められる。暴露期間が6ヶ月の時点において、水セメント比が60%の打設面側の浸透塩分量が4ヶ月時点と同様な量となっているのは、この部分のコンクリートは組織が粗いために降雨による洗浄作用を受けて表面部分の塩分含有率が低下したためと

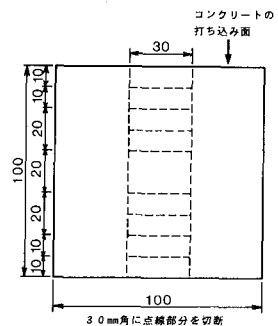


図-1 塩分分析試料の採取方法（mm）

考えられる。

図-4は、図-3に示した値から2カ月間隔で引き揚げ分析した塩分量の値を期間毎の塩分量の浸透として示したものである。塩化物の浸透が大きいと考えられるコンクリートの打設面側や水セメント比が大きなものでは、

9月～10月の間に塩化物の浸透が顕著になっている。これらの

現象が気象条件や飛来塩分量と

どのような関係にあるかを検討したものが図-5である。

暴露環境を飛来塩分量と搬塩指数によって調べたものであるが、9～10月の飛来塩分量は $0.89\text{mg}\cdot\text{Cl}/\text{cm}^2$ であって、

11～12月は $0.6\text{mg}\cdot\text{Cl}/\text{cm}^2$ となる。これらの値は、結果として図-3に示すコンクリートの打設底面側からの浸透

量に近いものであるが、暴露2ヶ月から4ヶ月の間に全体的に浸透量が大きなものになっていることとの関連が

考えられる。また、これを気象条件との関係で示したものが搬塩指数であるが、この傾向も飛来塩分量の分布に

近い傾向を示した。この搬塩指数( $C\cdot C\cdot I=P\cdot V\cdot t$ )は、

風向・風速の関係から求めたもので、搬塩指数の計算で用いたPは風向頻度であって、海洋に面した暴露方向が

東南であることから東～南の90度の方向についての頻度、Vは平均風速、tは海上大気中に含まれる塩分量で一定と

仮定している。理論的には飛来塩分量は搬塩指数と比例するが、地形や風向・風速集計範囲の設定等によってバ

ラツキが大きくなることは予想されるが、この図から明らかに両者に良い相関があることが分かる。

#### 4. まとめ

海洋飛沫帯に接するコンクリート表面からの塩化物の浸透をみると、表面から2～3cm程度では暴露2ヶ月でも水・セメント比によっては、土木学会の規定値以上の塩化物イオンが浸透する。

環境条件からコンクリート構造物への塩化物の浸透を定量的に把握することは難しいが、飛来塩分は風速・風向と関係し、コンクリートの曝される条件によっては、塩化物の浸透との関連が説明できると考えられる。

#### <参考文献>

- 1) JCI: 海洋コンクリート構造物の防食指針(案)
- 2) 建設省土木研究センター: コンクリートの耐久性向上技術の開発

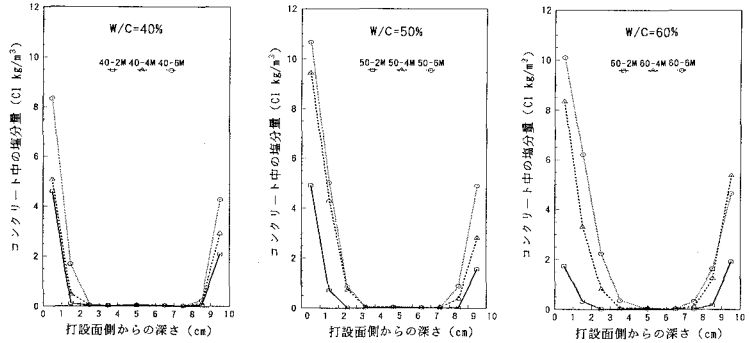


図-2 暴露期間とコンクリート中への塩化物の浸透

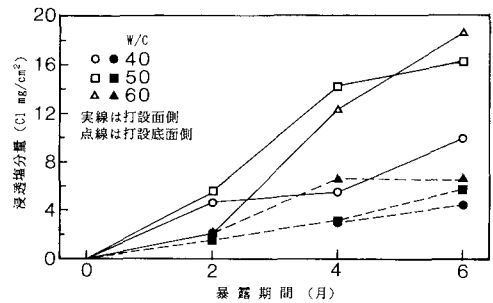


図-3 暴露期間と浸透塩分量の関係

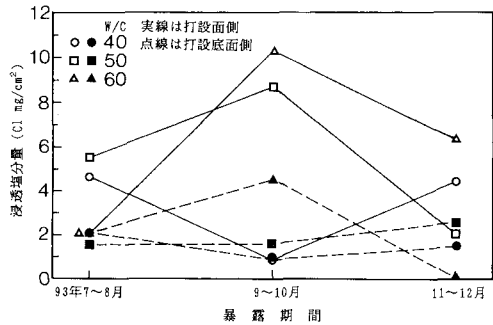


図-4 暴露期間毎の浸透塩分量の変化

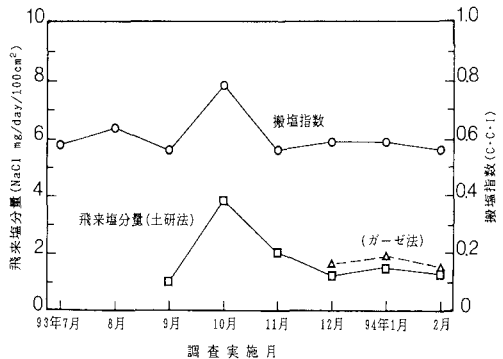


図-5 飛来塩分量と搬塩指数の関係