

## [22] 海岸付近の飛塩調査とコンクリートに浸透する塩分

正会員 ○浜田 純夫 (山口大学工学部)  
 正会員 日野 伸一 (山口大学工学部)  
 正会員 兼行 啓治 (山口大学工学部)  
 正会員 長谷川 博 (山口大学工学部)

### 1. まえがき

コンクリート構造物の塩害のもとになるコンクリート中の塩分は、海砂として混入するものより、建設後、大気中に飛遊する塩分が浸入するものの方が相当大きい。このために、日本道路協会の「道路橋の塩害対策指針(案)」<sup>1)</sup>においては、海岸から 200m以内を対策の範囲内<sup>1)</sup>にしている。しかし、我が国における飛塩量(大気中塩分量)に関する調査及び研究は必ずしも多いものではない。また、一方ではコンクリート供試体の沿岸への暴露試験もあるが、その位置における大気中塩分量は測定されていない。大気中塩分量の多い所で塩害が多いというのも、沖縄県内及び日本海沿岸の調査からも明らかである。<sup>2),3)</sup>今まで多くの調査及び測定結果がありながら、定量的関係を把握する所まで至らず、残念ながら、設計に対し十分な資料とはなっていない。

そこで、本研究は、大気中の塩分量を徹底的に調査し、この塩分がどの程度コンクリート(モルタル)に浸透するかを調べ、さらに、実験室内において、海岸付近と同量の塩分をモルタル供試体に与え、その浸透量を測定し、浸透に対する挙動を調べたものである。特に、風速と海岸との距離により、大気中塩分量がかなり異なるため、本研究における調査は、比較的風速の大きい冬期の日本海沿岸(山口県)において行った。また、塩分浸透試験にコンクリートの代わりにモルタルを用いたのは、塩分浸透試験の試料を小さくすることができるからである。

### 2. 大気中塩分量測定

#### 2.1 測定位置

大気中塩分量の測定位置を日本海沿岸の山口県小串海岸及び長門市青海島とした。小串海岸は500m近くの平坦地があり、汀線からの距離による塩分量の差異を知るためであり、青海島は高台における塩分量を測定するためである。図-1に測定位置を示す。

小串海岸の近くには下関気象台がある。下関気象台における年間の風速と風向を表-1に示す。<sup>4)</sup>

#### 2.2 測定方法

大気中塩分の捕捉法には、大気そのものを取り、その塩分を洗い出す方法、ガラス、プラスチック、金属、ガーゼ、植物樹皮などに付着させる方法、あるいは長期間の測定が可能のように飛遊したものを箱に流し込む方法などがある。これらには、それぞれ長短所があるが、<sup>5)</sup>一般にはガーゼ付着方法と、金属箱採取方法が用いられている。

本研究においては、風速との関係を調べるために、短時間の採取方法に有効なガーゼ付着方法を用いることにした。塩分の測定方法は、塩分量が小さいため、このガーゼを蒸留水200mℓに溶かし、この塩分量をイオンメーターで測定した。



図-1 塩分量測定位置

表-1 下関市の年間の風速と風向

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均	
風速 (m/s)	5.2	4.8	4.6	4.6	4.8	4.1	4.3	4.4	3.8	3.8	4.4	4.8	4.5	
標準偏差	0.9	0.4	0.4	0.5	0.6	0.4	0.5	0.7	0.3	0.3	0.4	0.6	0.2	
最大風向	第1方向 (%)	WNW 24	WNW 20	ENE 18	E 23	E 26	E 28	E 29	E 26	ENE 22	ENE 24	ENE 21	WNW 22	ENE 20
	第2方向 (%)	NW 16	ENE 18	WNW 17	ENE 23	ENE 23	ENE 21	ENE 19	ENE 21	E 20	E 17	E 16	ENE 17	E 20
	第3方向 (%)	ENE 14	NW 14	E 16	WNW 14	WNW 14	WNW 16	WNW 13	WNW 12	NW 9	WNW 8	WNW 13	E 12	WNW 15

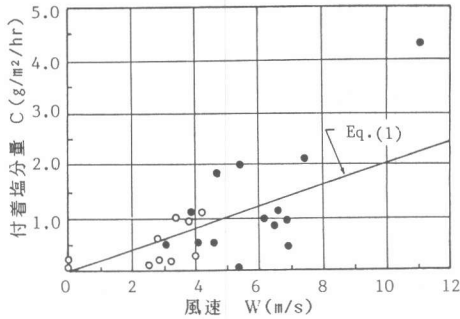


図-2 付着塩分量と風速の関係

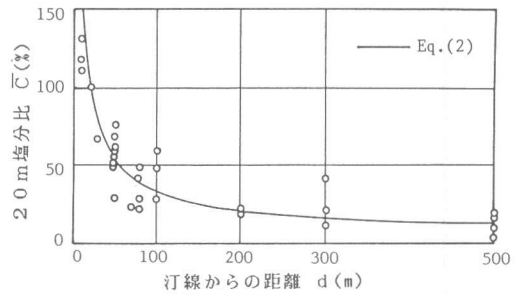


図-3 付着塩分量と汀線からの距離の関係

### 3. 測定結果及び考察

#### 3.1 予備測定

ガーゼの大きさは、1辺10cm及び15cmの正方形の2種類について実験を行った所、単位面積当たりの採塩量はほぼ一定であった。このため、1辺10cmのガーゼを用いることとした。

採取時間と付着塩分量の関係をj知るために、15分から4時間まで測定した。その結果、両者のほぼ直線関係が得られ、この実験では測定時間として1時間を採用することとした。

#### 3.2 風速と付着塩分量の関係

図-2に海岸の汀線から20mの位置における付着塩分量と風速の関係を示す。各地点における両者の関係は異なるものの、およそ比例しているものと考えられる。20m地点においてもなお、波高や碎波による影響が含まれることにより、このような差異を生じたものと考えられる。これらの関係を最小自乗法を用いて表わすと、付着塩分量C (g/m<sup>2</sup>/hr)は

$$C = 0.20W \quad \text{--- (1)}$$

ここで、Wは、風速 (m/sec) である。

なお、20mの位置を基準にしたのは、汀線に近すぎると大粒の粒子が影響し、遠すぎれば付着塩分量が小さくなることの弊害を除くためである。

#### 3.3 汀線からの距離と付着塩分量の関係

汀線からの距離と付着塩分量との関係を図-3に示す。ただし、各々の位置での付着塩分量と20mの位置での塩分量との比を20m塩分比( $\bar{C}$ )と定義して示している。図-3から明らかなように、付着塩分量は、ほぼ100mまで直線的に低下してゆき、100mをすぎると20mの位置の1/5以下に減少し、ほぼ一定となる。これは、比較的大粒の海塩粒子は飛遊せず地面に落ちてゆき、微細粒子のみが飛遊するためと考えられる。

汀線からの距離(m)をdとしたとき、20m塩分比 $\bar{C}$ とdの関係を次式で与えた。この式の係数は実測値から得られたデータを最小自乗法を用いて求めたものである。

$$\bar{C} = -14300/d^2 + 2550/d + 8.2 \quad \text{--- (2)}$$

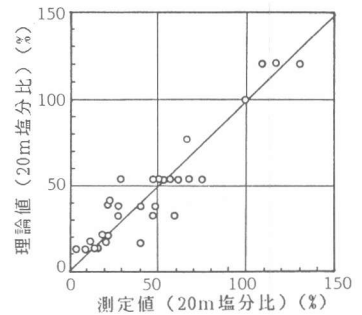


図-4 理論値と実測値の比較

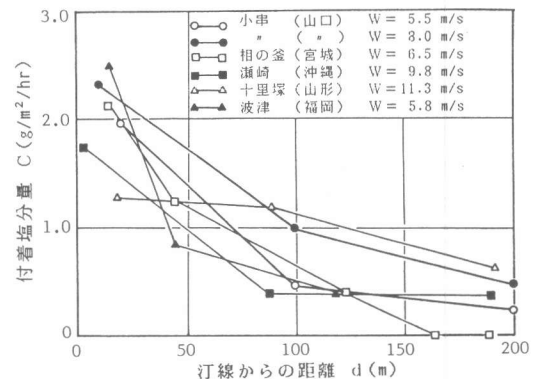


図-5 各地における付着塩分量

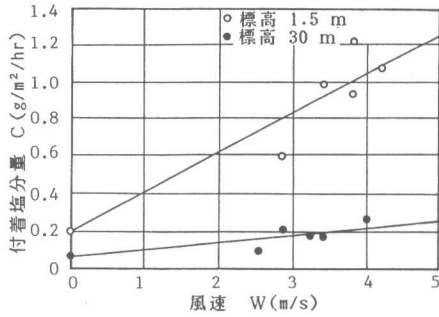


図-6 付着塩分量と風速の関係

式(2)の理論値と実測値の整合性をみるために、図-4に理論値と実測値の比較を示す。

式(1)と式(2)から、汀線からの距離及び風速と付着塩分量との関係は次式で与えられることになる。

$$C = (-2680/d^2 + 510/d + 1.64)W \quad (3)$$

なお、この式はあくまで平地で海拔2~3m程度の低地に於けるものである。

一方、各地における付着塩分量と汀線からの距離の関係を図-5に示す。本実測結果とよく類似していることが判明した。

以上の結果から明らかなように、海岸付近の付着塩分量はあくまで汀線からの距離100m以内が問題となり、それを越えると急激に小さくなる。また、100m以内では海塩粒子は比較的大粒なのに対し、100m以上になると付着塩分量が小さくなるのは、それが沖合で発生した微細粒子の浮遊によるものとの考えもある。

### 3.4 海拔と付着塩分量の関係

長門市青海島の標高30mの位置で付着塩分量を測定した。その結果を風速とともに図-6に示す。1.5mと30mの高さで風速はほとんど変わらないにもかかわらず、付着塩分量に大きい差がある。これは大粒の海塩粒子が30mの位置には達せず、エアロゾルとなっている微細粒子のみが舞い上がっていることによるものであろう。30mの位置における付着塩分量は式(3)から推定すれば水平距離の100m以上に相当している。

3.3及び3.4節から、飛塩の様子についておよそ図-7のような仮説が設けられる。

## 4. 室内及び大気中暴露によるモルタルへの塩分浸透試験

### 4.1 試験方法

#### 1) モルタルの配合

塩分浸透試験に用いたモルタル供試体は、砂セメント比を2とし、3種類の水セメント比とした。表-2にその配合を示す。この実験においてコンクリートを用いず、モルタルにしたのは、モルタルの方が均一性を有することと、コンクリートの場合にも、粗骨材の占める割合から推定可能と考えた

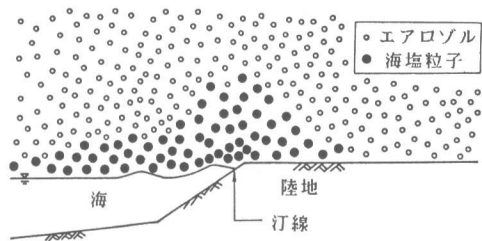


図-7 飛塩状態の仮説

表-2 モルタルの配合

実験因子	配合 (単位量 g/l)		
	水	セメント	細骨材
S/C - W/C (%)			
2.0 - 40	267	668	1336
2.0 - 50	313	626	1252
2.0 - 60	353	589	1178



写真-1 暴露試験風景

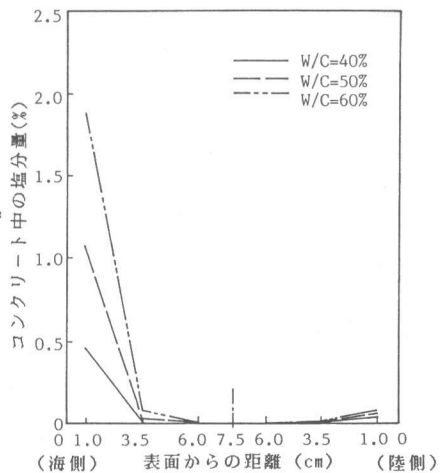


図-8 暴露試験における塩分浸透量

からである。

## 2) 大気中暴露試験

大気中塩分の測定位置において写真-1のようにモルタルを設置した。断面寸法は45cm×45cm×15cmである。設置位置は小串海岸で、汀線から20mの位置であり、(特に前面には障害物はないが、)直接には大粒の飛沫は到達していない位置である。

## 3) 室内試験

大気中塩分量から逆算して海水を直接供試体に散布し、モルタルに浸透する塩分量を測定した。供試体寸法は大気中暴露の場合と同じものである。1年分の大気中塩分量をほぼ6ヶ月で与える、いわば室内の促進試験である。

## 4) 塩分測定方法

コアの直径を50mmとし、コアの表面から2cmずつ切断した。落下ハンマーとスタンプミルで微粉砕し、0.15mm以下となるようにした。室内試験においては、4,8,12,24,48週目に測定し、暴露試験では1年目に測定した。

## 4.2 試験結果と考察

### 1) 大気中暴露試験

図-8に表面からの距離に対するモルタル中塩分量を示す。表面から1cmの位置では塩分の浸透量は極めて大きい。図からもわかるように、水セメント比が小さい程浸透量は小さい。また、塩分浸透量はW/Cに対して指数的關係を示している。なお、表面から3.5cmの位置の塩分量は表面1cmの位置の塩分量の約1/20~1/30となっている。

### 2) 室内試験

図-9に室内試験における塩分浸透量の1例(1年)を示す。暴露試験結果とよく似ている。深さ1cmにおける塩分量と経過時間(週)との関係を図-10に示す。また、この図に暴露試験結果も含める。この図は横軸を対数としている。よく直線性を表わしている。また、データ数が不十分であるが大気中塩分はモルタルによく付着し、塩水そのものを散布したのと同様の現象を示すことが判明した。

## 5. 結論

海岸付近の大気中塩分は海岸からの距離と風速に大きく関係している。一方、この塩分はモルタルに付着すると、モルタル内に浸透してゆき、蓄積することが判明した。つまり、モルタル(または、コンクリート)中の塩分浸透は、モルタルの材料(水セメント比)、年間の風速、及び汀線からの距離から容易に推定できる。現在のところ、モルタルへの浸透塩分量調査は1年(室内促進試験においては2年相当)であるので、今後さらにこの実験を継続する必要がある。また、モルタルとコンクリートの塩分浸透に関しての相関性も今後研究の必要性がある。

## 参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋の塩害対策指針(案)、1984.2.
- 2) 浜田純夫、大城武：沖縄におけるコンクリート橋の塩害事情、道路とコンクリート、No.60,1983.6.
- 3) 佐伯彰一：コンクリート橋の塩害、道路とコンクリート、No.61,1983.9.
- 4) 下関地方気象台：気象月表、1983.
- 5) 幸喜善福：海岸保全の見地からの沖縄の飛塩に関する研究、琉球大学農学部学術報告、第25号,1978.

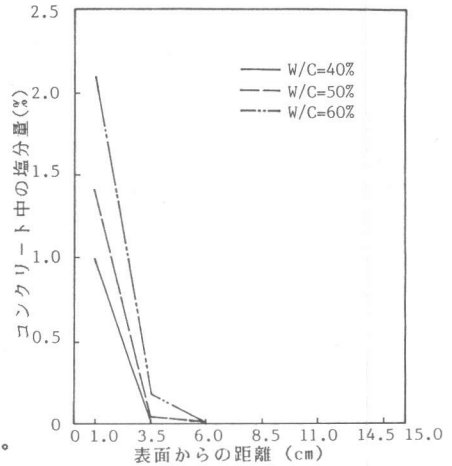


図-9 室内試験における塩分浸透量

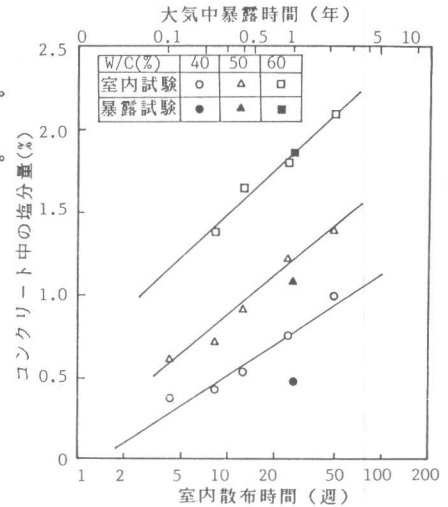


図-10 塩分浸透量と経過時間の関係