

[1096] 鉄筋コンクリート構造物の暴露実験

正会員 ○大城 武(琉球大学工学部)

正会員 谷川 伸(東亜合成化学工業研究所)

永井 健太郎(東亜合成化学工業研究所)

## 1. まえがき

本研究は、海岸に隣接して設置した暴露構造物について、7年間にわたりその劣化の過程を解明することを目的としている。本暴露構造物は、沖縄県の亜熱帯性気候下にあり、設置されている位置から海洋性環境下にあるといえる。ここでは、3年半の経過時において行った実験結果について記述し、経時的変化について考察を行っている。本実験では、クラック発生状況の把握、自然電位の経時的変化、塩分浸透量の定量分析、鉄筋腐食面積の測定等を行っている。

## 2. 実験項目及び試験概要

暴露構造物を図-1に示す。本研究はこの構造物を対象とした研究であり、これまでの実験結果<sup>1), 2)</sup>については発表済みである。ここでは、3年半の経過後の実験結果とその考察を主に記述している。今回の実験においては、図-1の柱1、5、6、10について、かぶりコンクリートをはつりとり、鉄筋の腐食状況の観察を行っている。この状況を写真-1に示す。今回、柱1、6についてはアクリルゴム系塗膜(厚さ 1000  $\mu$ )を除去し、塗膜の保護効果の確認を行っている。クラック発生の著しい柱9、10、14については、クラック幅の測定を行っている。塗膜を除去した柱1、6及び無塗膜の柱4、5、9、10、12、14について自然電位の測定を行い、腐食環境の調査を行っている。さらに、これらの柱からコンクリートコアの採取を行い、塩分量の測定を可溶性塩分について行っている。<sup>3)</sup>さらに、腐食面積を測定し、塩分量及び塗膜の有無が鉄筋の発錆に与える影響について論じている。

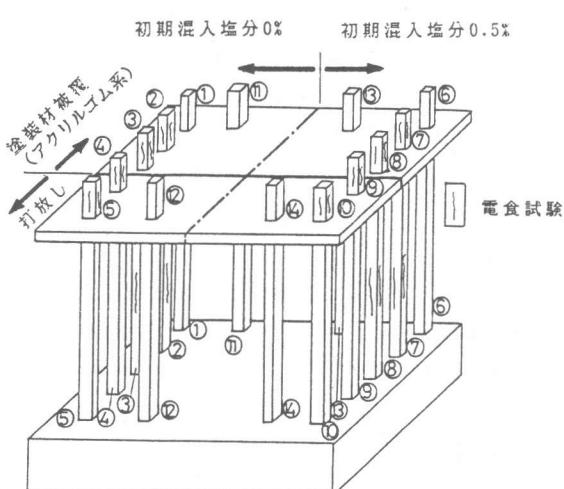


図-1 暴露構造物

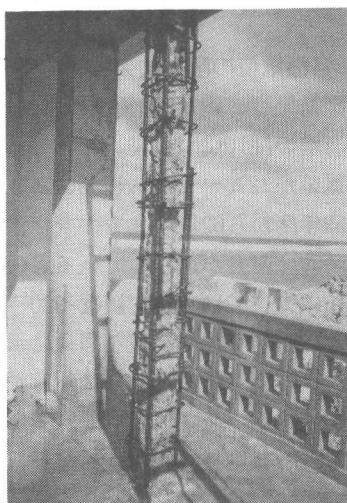


写真-1 鉄筋露出状況

### 3. 実験結果及び考察

#### 3.1 クラック発生の状況

コンクリートの表面におけるクラック発生の有無及びその幅を測定している。その発生状況を写真-2に、また測定幅を図-2に示している。初期混入塩分量0%(無塩と呼ぶ)の柱には、目視ではクラックが観察されなかった。しかし、初期混入量0.5%(以下有塩と呼ぶ)の無塗膜柱については全ての面に0.04~3.30mmの範囲で発生している。特に床上60~180cmの範囲でクラックの発生率及び幅が大きくなっている。このことは、この部分で飛来海塩粒子の浸透及び乾湿繰り返しの環境による影響が大きいためと思われる。しかし、有塩有塗膜の柱については、その塗膜を除去し観察したところ目視では確認できなかった。図-2に示す通り、海に面した第一面のクラックが最も大きくなっている。このことは外部から塩分が進入して、鉄筋の腐食をもたらしている事を示している。



写真-2 クラック発生状況

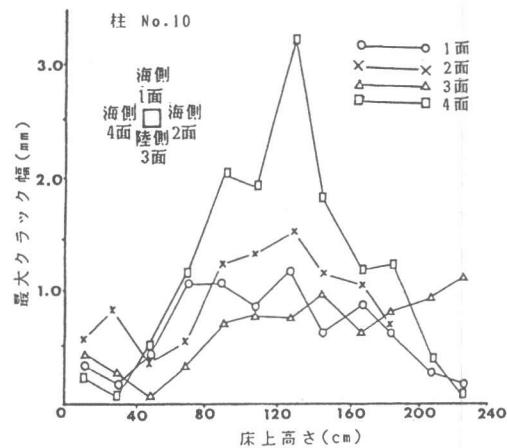


図-2 クラック幅

#### 3.2 自然電位の測定結果及び考察

測定結果は、銅-硫酸銅電極に対して負の値で示している。経年的な変化の過程を無塩の柱5及び有塩の柱10について、それぞれ図-3及び4に示している。柱5については、今年度測定した自然電位が-270~-330mv範囲にあり、ASTM C876-80によると、腐食の発生は不確定の範囲である。<sup>4)</sup> 59年度から62年度までの変化量を見ると、約50mvずつ毎年卑に移行している。このことから経時に腐食が進行しているものと推定できる。

柱10については、測定値は-380~-520mvの範囲にあり、著しく腐食が進行していることが推定できる。経的な比較を図-4に示しているが、無塩の柱とは異なり、一定の増加傾向は示さなく、年により貴または卑に移行することが表れている。このことは、腐食が進行し、クラックの発生した場合については、測定時のコンクリートの含水状況、鉄筋の発錆量により変化し、自然電位の変化を厳密に鉄筋腐食と関連づけることは無理と思われる。

柱の4面についての自然電位の差異を、柱5及び10について示したもののが図-5及び6である。無塩の柱5(図-5)で第一面が最も卑な値を示しているのは、この面が四面のうちで最も海側に面し

ているためである。これに反して第三面は陸側に面しているため海塩粒子の付着量が低く、従って鉄筋の発錆が少なく、第一面ほどには卑に移行していない。

有塩の無塗膜の柱10では、無塩の柱ほどには明らかな傾向は示していないが、陸側の第三面

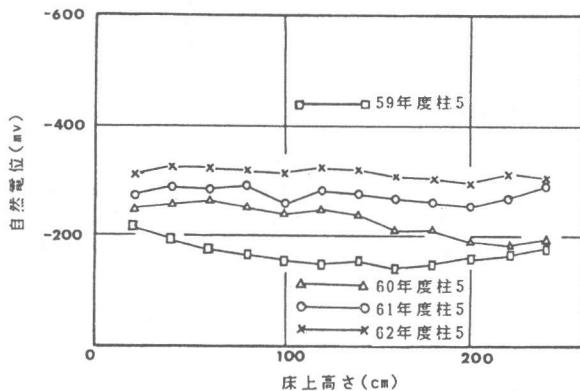


図-3 自然電位の経年変化(無塩無塗膜柱5)

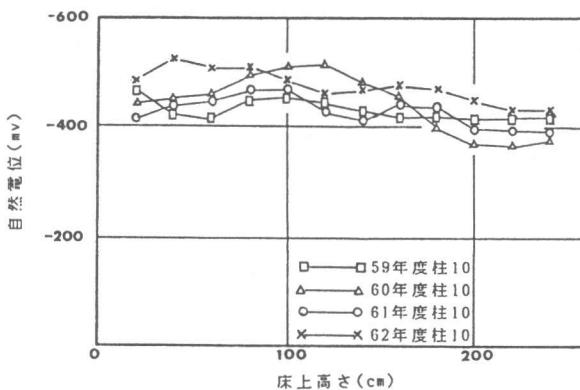


図-4 自然電位の経年変化(有塩無塗膜柱10)

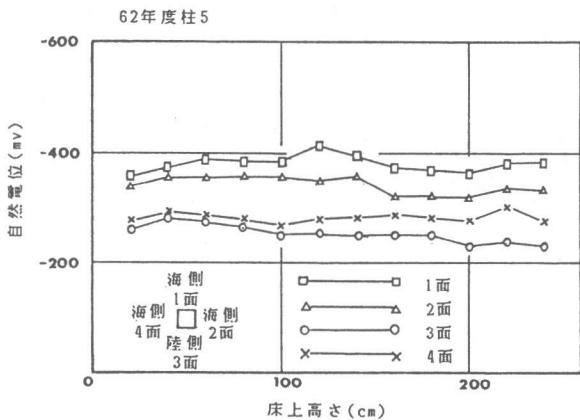


図-5 自然電位の測定結果(無塩無塗膜柱5)

が他の面に比較して低い電位を示している。

塗膜を有する柱については、その塗膜を除去し、自然電位の測定を柱1及び6について行い、その結果を図-7及び8に示している。さきに図-5に示した柱5に対し、無塗有塗膜の柱1の自然電位は-200~-270mVの範囲に分布し、明らかにその差異を認めることが出来る。この差異は塗膜の保護効果と考えることが出来る。さらに、有塗有塗膜の柱6の測定結果が図-8に示されている。この柱を図-6の有塗無塗膜の柱10と比較すると、明らかに有塗膜の場合が自然電位の卑への移行が少なく、塗膜による保護効果として認めることが出来る。

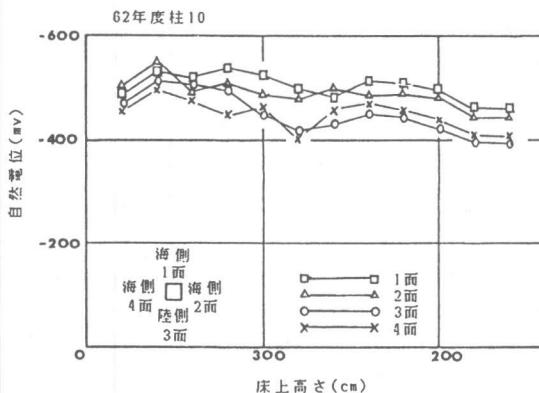


図-6 自然電位の  
測定結果  
(有塗無塗膜柱10)

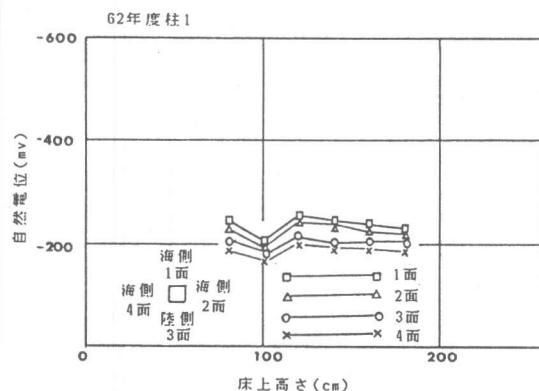


図-7 自然電位の  
測定結果  
(無塗有塗膜柱1)

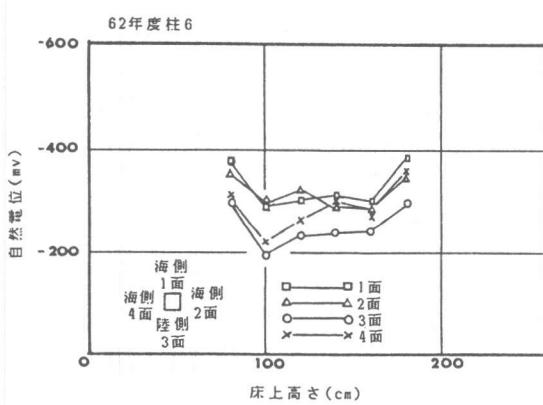


図-8 自然電位の  
測定結果  
(有塗有塗膜柱6)

### 3.3 塩分量分布状況

柱1、5、6、10について、各面の表面から鉄筋周辺までの塩分量の分布を図-9に示す。ここではコンクリート重量に対する可溶性塩分量について示している。柱1と柱5の塩分量の比較が無塩の場合の外部からの塩分浸入量の差異を示し、柱1において塗膜の塩分阻止効果を表している。図-9(a)の塩分量は、暴露構造物のコンクリート打設から塗膜施工までの3ヵ月間に浸入した塩分と思われる。無塗膜の場合、柱5の第一面において1%をこえる塩分が浸入していることが分かる。柱6と柱10を比較すると、有塩の場合についても塗膜の有無により塩分分布形状が異なり、無塗膜の場合、塩分浸入の著しいことがわかる。これらの実験結果は、外部からの塩分浸入に対する塗膜の阻止効果を明らかにしている。

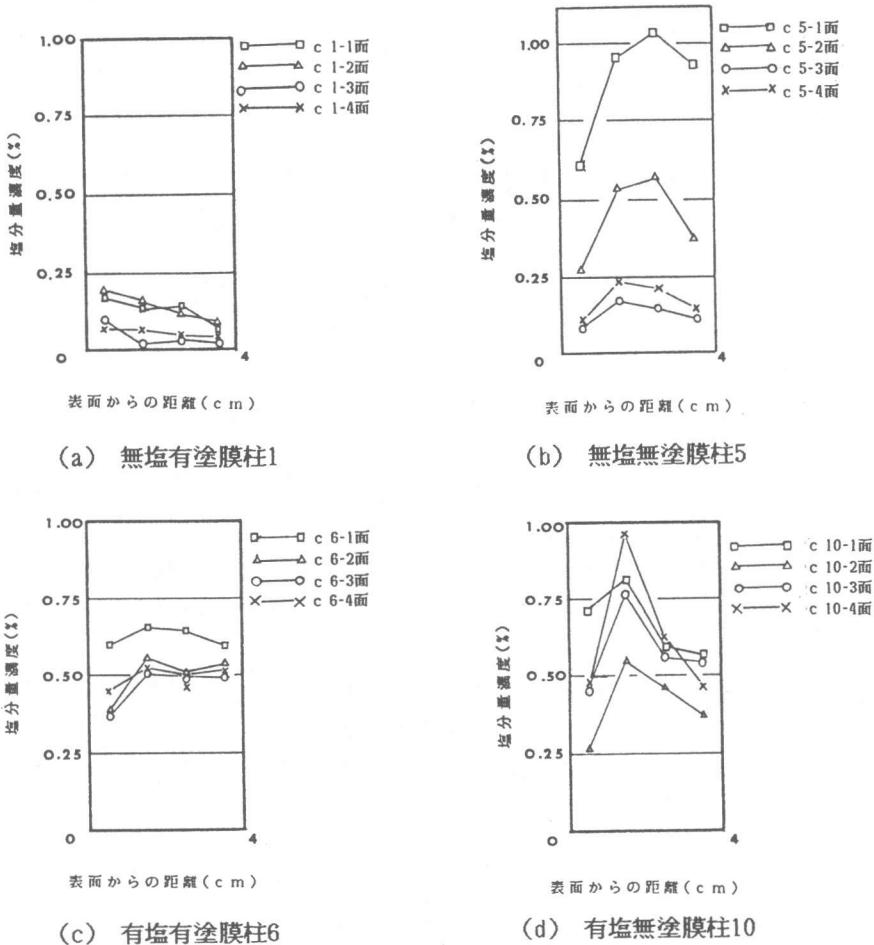


図-9 塩分量分布状況(コンクリート重量に対するNaCl換算)

### 3.4 腐食面積率

かぶりコンクリートを除去して後、鉄筋表面の発錆状況をスケッチし、腐食表面率を求め、その結果を表-1に示している。この表には、鉄筋周辺の塩分量も記入している。柱1の腐食面積率の小さいのは、塗膜により塩分浸入が阻止され、さらに腐食要因の水と酸素が浸入しない

ためである。無塗膜の柱5については、第一及び二面で塩分量に対応して腐食面積率も高くなっている。この表で注目すべき事は、有塩の柱6について、高濃度の塩分が鉄筋周辺に存在するにもかかわらず腐食面積率が著しく低いことである。このことは初期に高濃度の塩分が混入された場合、または外部塩分の浸入後においても、防水塗膜を施し、腐食要因である水と酸素の浸入を阻止するならば、鉄筋の発錆は阻止出来る事を示している。有塩で無塗膜の場合の腐食は著しく多く、全面とも鉄筋は腐食している。

表-1 腐食面積率

柱番号	面	腐食面積率(%)	塩分量濃度(%)	柱番号	面	腐食面積率(%)	塩分量濃度(%)
柱1	1	1.4	0.134	柱6	1	1.1	0.623
	2	1.5	0.143		2	1.7	0.497
	3	0.7	0.059		3	5.9	0.468
	4	2.1	0.060		4	0.5	0.496
柱5	1	12.1	0.880	柱10	1	100	0.694
	2	11.6	0.437		2	100	0.408
	3	1.2	0.127		3	100	0.583
	4	3.1	0.168		4	100	0.647

#### 4. 結び

暴露構造物を設置してから3年半が経過し、これまでの実験から次のようなことが明らかになってきた。

- (1) クラックの発生は有塩の柱について著しい。しかし、無塩の柱及び有塩有塗膜の場合にはその発生は今回確認されなかった。
- (2) 自然電位の経時的变化は無塩の柱について明らかであるが、有塩で腐食の著しい場合、その値は卑で絶対値が大きく環境条件の影響で大きく変動する。柱の四面についてみると、海に面した面が、卑に移行する傾向を示す。
- (3) 塩分量の分布状況から外部塩分量の浸入量は著しく大きく、海洋環境下での鉄筋コンクリート劣化の防止の為には特殊な防食施工が必要である。
- (4) 有塩有塗膜の場合には腐食面積率が低く、塗膜の保護効果が明らかに出ている。

#### 参考文献

- (1) 大城武、谷川伸、永井健太郎：鉄筋コンクリート構造物の暴露実験について、第8回コンクリート工学年次講演会論文集、1986、PP.193～196.
- (2) 大城武、堀園義昭、谷川伸、永井健太郎：コンクリート中への塩素イオンの浸透に関する実験的及び解析的研究、コンクリート工学年次論文報告集第9巻第1号、1987、PP.369～374.
- (3) 日本コンクリート工学協会：コンクリート構造物の腐食防食に関する試験方法のJCI基準について、コンクリート工学Vol.22、No.12、1984.
- (4) ASTM C876-80: Half Cell Potentials of Reinforcing Steel In Concrete.