

[49] 鉄筋コンクリート構造物の暴露試験について

正会員 ○大城 武 (琉球大学工学部)
 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

近年、塩害による鉄筋コンクリート構造物の老朽化が重大な社会問題となっている。この主原因として、海砂に伴って初期混入される塩分と飛来海塩粒子の内部浸透によることが考えられる。これらの塩化物を含むコンクリート中での鉄筋の腐食はまだ説明すべき点が多い。

本研究は、海岸に設置した暴露構造物について、その劣化の過程を説明することを目的としている。初期混入塩分の分布形状、外部からの浸透塩分量の定量的分析、鉄筋の腐食量、自然電位測定による鉄筋腐食の推定、塗膜による塩分浸透の阻止効果等の説明を目的としている。さらに、塩水噴霧による乾湿繰り返し促進試験を行ない、塩分の浸透及び鉄筋の腐食機構についての基礎的データの収集を行なっている。

2 実験概要

2.1 実験計画及び実験方法

沖縄県本部町備瀬崎に暴露構造物を設置している(写真-1, 図-1)。この位置は沖縄本島北部の本部半島の最先端にあり、三面を海に囲まれ、常時潮風の作用を受け、波しぶきを直接受けることもある。さらに、亜熱帯性気候の高温多湿の気象条件は、きびしい外的要因となっている。

本構造物は、初期混入塩分を0% (無塩とよぶ) と、コンクリート重量に対して0.5% (有塩とよぶ) の2水準を定めている。コンクリートの水セメント比は60%、スランブ18cmと定め、かぶり厚は柱及びスラブに対して、各々40mm、30mmを用いている。一部の柱は、初期の段階で電食により劣化させている。コンクリート表面の処理としては、打ち放しの場合と、一部についてはアクリルゴム系の塗膜を施工している。

本実験の目的を大別すると次の通りである。

- (1) コンクリート中への塩分の浸透過程、分布状況、及び鉄筋腐食との相関性を定量的に説明する。
- (2) アクリルゴム系塗膜による塩分浸透の阻止、及び鉄筋保護の効果の説明を行なう。
- (3) 一部の柱について電食を行ない、腐食電流の変化、及びクラックの発生の過程を調査する。
- (4) 初期塩分混入のある建物について、その劣化の状況の把握を行ない、塩分混入の無い場合との比較検討を行なう。
- (5) 鉄筋腐食判定法として用いられている自然電位の測定を長期的に行ない、塩分環境下における自然電位の変化の過程を観察する。さらに、鉄筋をはり出し、鉄筋腐食量との相関性を説明する。
- (6) 塩水噴霧による乾湿繰り返し促進試験を室内で行ない、塩分の浸透深さ、塩分量及び鉄筋の腐食についての基礎的データの収集を行なう。

暴露構造物について、年数1年、3年、5年、7年経過後に外観調査、非破壊試験として自然電位の測定、鉄筋腐食面積の測定、及び塩分の定量分析等を行なう。さらに、同時に製作した供試体(15cm×15cm×25cm)についても毎年上記の試験を行なう。本論文は、第1年目と建築時の測定結果について考察を行っている。

2.2 実験結果及び考察

外観調査として、コンクリート表面におけるクラック発生の有無及びその幅の測定を行なっている。無塩の部分にはクラック



写真-1 暴露構造物の外観

クの発生はないが、有塩の柱については、すべての面に幅0.04~2.3mmの範囲で主筋に沿って発生している。床より60~180cmの部分にその発生率が特に高い。クラック幅の分布状況の一例を図-2に示している。

塗膜部のクラックの有無は角出し柱で塗膜を除去して調査を行なっているが、その発生を目視では確認できなかった。

自然電位の測定には硫酸銅電極(CSE)を用い、電位差計は最小目盛り0.1mV、入力インピーダンス1000MΩのものを使用した。測定には、コンクリート打設時、あらかじめ鉄筋に結線しておいたリード線を用いている。柱の測定結果を図-3に、角出し柱については図-4に示している。

図-3に示されているように、無塩の柱については、-200mV~-250mVの範囲にあるが、有塩の柱については、-400mV~-550mVにある。これらの値は、塩分の有無による鉄筋腐食の環境の相違を明かに表わしている。第1年目と建築直後の測定値との差を図-3中の下部に破線で表わしている。いずれの測点においても、0~-130mVの範囲で卑に変化している。このことは、有塩及び無塩の柱ともに、経時的に鉄筋腐食が進行しているものと推定される。

自然電位測定結果(図-3)とクラック分布形状(図-2)とを比較すると、その相関性が明らかになる。即ち、最大ひびわれ幅を示している位置において、自然電位は最卑値を示している。

角出し柱の測定結果を図-4に示している。これら角出し柱はいずれも電食した柱である。このうち、図-1に示している様に、NO.1及びNO.5はアクリルゴム系の塗膜を行っている。

図-4(A)に示されているように、建築当初の電食直後に-600mV~-700mVの値を示していたが、1年後では-250mV~-460mVの範囲になっており、貴に移行していることを示している。即ち、電食による鉄筋表面の強制的腐食活性状態が、時間の経過に伴って鈍化してきたものと推定される。有塩の角出し柱の測定結果を図-4(B)に示している。建築当初の電食直後に-600mV前後の値を示していたが、塗膜された柱では、本年度は貴に移行し、-400mV前後の値になっている。無塗膜の柱については初年度とほとんど変化していない。このことは、塗膜による保護の効果の有無が、自然電位に影響を与えることを示している。

コンクリート中の塩分量の

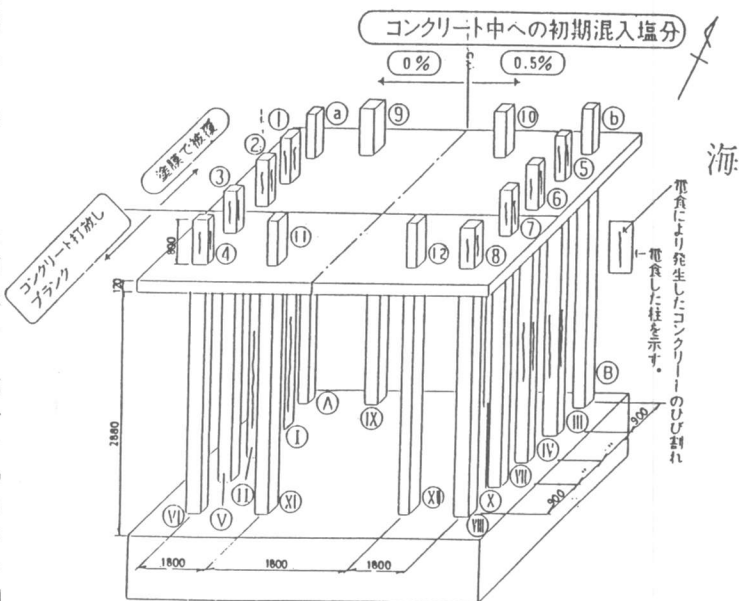


図-1 寸法及び諸元

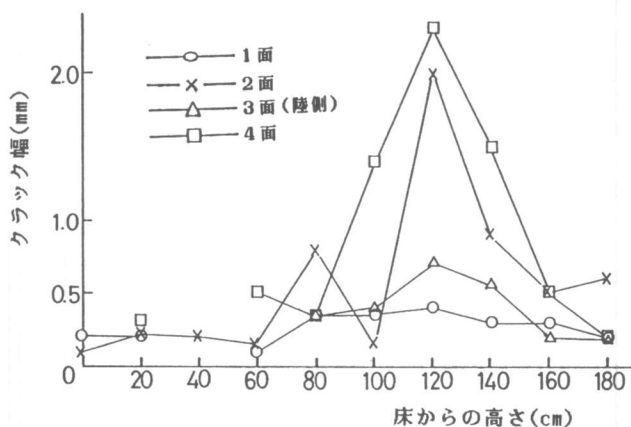


図-2 クラック幅分布図

測定は、可溶性塩分定量について、銀電極を用いた電位差測定法により行なっている。その測定結果を図-5に示している。

無塩で塗膜を有する角出し柱部 NO.a も、表面は0.1%と高い値を示している。これは、コンクリート打設から塗膜施工の2カ月間に塩分が浸透したためである。

この値に対して、無塗膜の手すりNO.1（北側）、NO.2（西側）は、表面近くでの塩分量が内部に比して著しく高い。また、有塩で無塗膜の手すりNO.4（東側）については、表面近くで約0.57%、内部では約0.4%を示しているが、塗膜のあるNO.3（北側）の手すりは内外部ともに平均的に0.33%を示している。上記の手すりは、海に面した北、東、西側面にあり、北側の状況が写真-1に示されている2・3促進試験結果及び考察

促進試験は、塩水噴霧と乾湿を繰り返して、塩分の浸透及び鉄筋の腐食を促進させるものである。ここでは、塩分の浸透量及び鉄筋の腐食量等の基礎的なデータを得ることを目的としているが、本論文では、塩分の浸透量について記述している。

温度30℃、3%塩水噴霧を12時間、次に、50℃強制乾燥を12時間行なうことを1サイクルとし、10サイクル毎に供試体の解体を行なっている。供試体のサイズは15cm×15cm×30cmで、細骨材には異なった塩分濃度をもつ海砂を用いている。その濃度は、コンクリート重量に換算して0.0086%（除塩した砂、A）、0.16%（陸揚げ直後の海砂、B）、0.42%（塩分の濃縮を1回行なった砂、C）、0.5%（暴露構造物に対応した濃度、D）等である。供試体には2本の鉄筋Φ-16を埋め込み、かぶりを3cm、4cmにとっている。

塩分の分布は10サイクル毎に測定している。その結果によると、10サイクルで4、5cmに至るまで塩分の浸透がみられ、特に1cmまでの量は著しい。その後20、30サイクルに増加すると、塩分浸透量も増加する傾向を示している。図-6は、各供試体について20サイクル時の塩分分布を表わしている。この図に示されているように、表面から1cmの所では、0.5%～0.6%の濃度に収束してきて

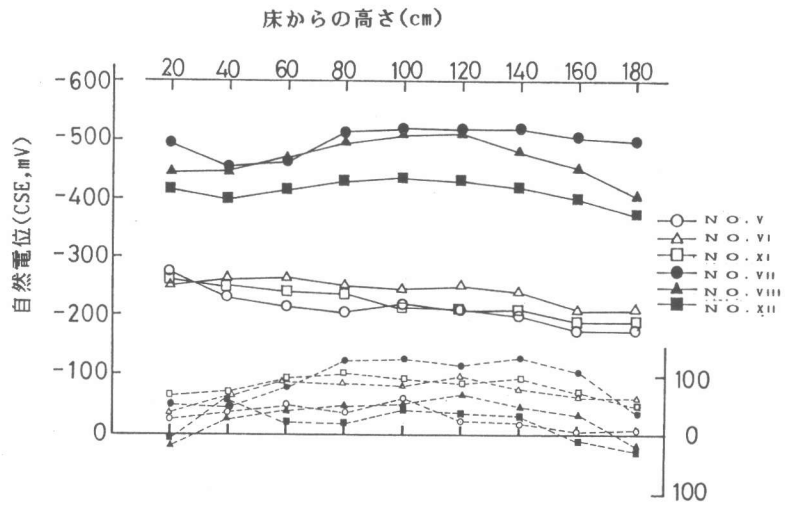
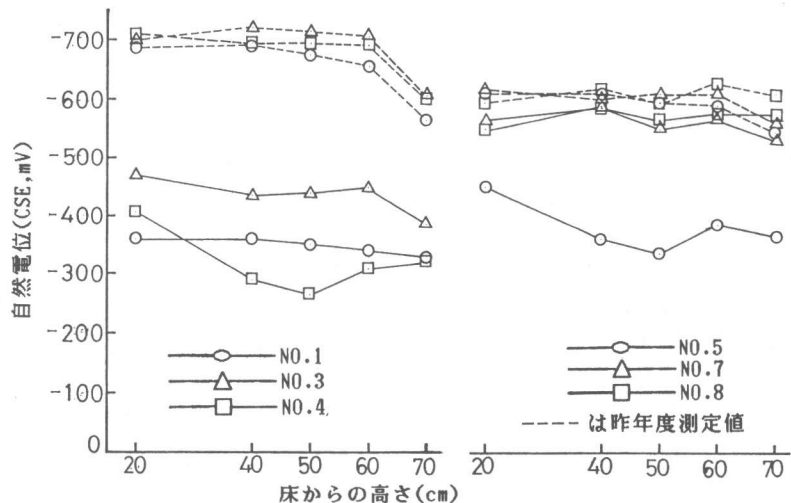


図-3 柱の自然電位測定結果



(A) 無塩部

(B) 有塩部

図-4 角出し柱の自然電位測定結果

いる。また、塗膜を有する供試体の塩分の浸透状態も示されているが、表面近くでわずかに浸透した形跡がみられる。

しかし、その量は無塗膜の場合に比較するとはるかに小さい。

3 まとめ

自然電位測定結果と、外観調査のクラック発生状況とを対

応させることによりその相関性を確認することができる。また、厳しい環境下における本暴露構造物には、外部からの塩分の浸透が著しく大きいことがわかる。塩水噴霧の促進試験は、図-6に示されている様に、塩分の浸透を短期間に行なわせることができる。

暴露構造物の本調査は第1年目にあたり、今後、経時変化を調査することにより、RC構造物の劣化の過程を解明することができる。また、促進試験を継続し、データの収集を行う必要がある。これらのデータから、将来、暴露試験との相関を解明することができると思われる。

自然電位の測定には、コンクリート表面の乾湿の度合いにより測定のはらつきが見られるが、鉄筋腐食の推定に有効な手段であると思われる

参考文献

1. 大城 武、谷川 伸：RC構造物の塩害対策暴露実験について（実験計画及び初期実験）、日本建築学会大会学術講演梗概集（東海） 昭和60年10月
2. 宮川 豊章、片脇 清：コンクリート中鋼材の塩化物腐食調査及び試験方法、コンクリート工学、VOL.19, NO.3
3. 日本コンクリート工学協会腐食防食研究委員会：硬化コンクリート中に含まれる塩分の分析方法（案） コンクリート工学、Vol.22, NO.12, 1984, 12
4. ASTM C876-80: Half Cell Potentials of Reinforcing Steel in Concrete.

謝辞：本実験センターの暴露構造物の建築に際しては、（株）ヒルター工業、（株）東邦に多大な協力をいただいた。実験に当っては、琉球大学工学部建設工学科技官、成底佐一郎氏及び構造研究室の学生に協力をいただいた。ここに深く謝意を表わします。

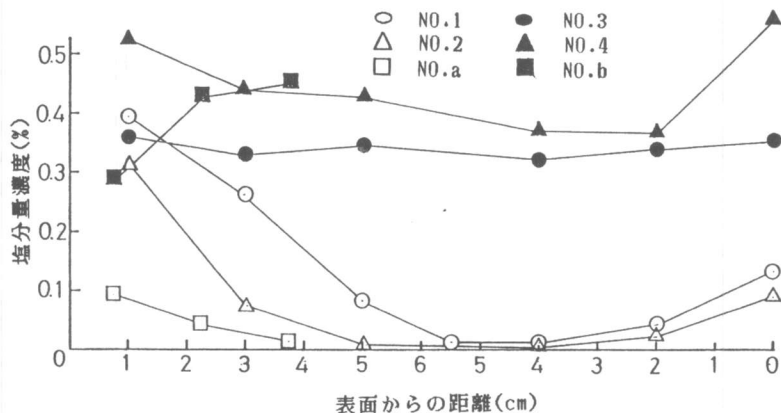


図-5 塩分量分布図

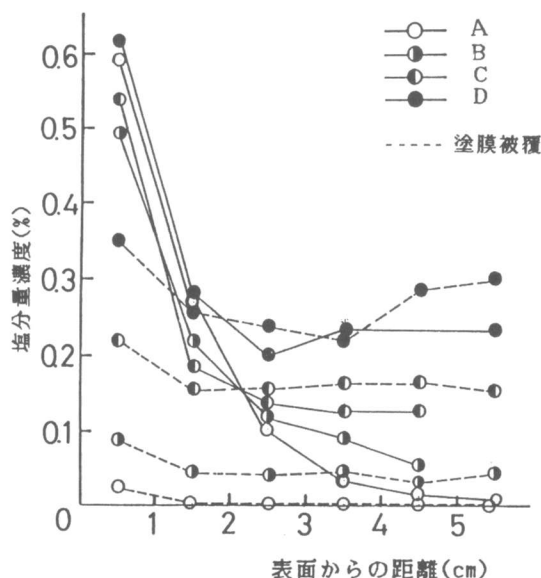


図-6 塩分量分布図（20サイクル促進試験）