

北海道大学工学部 正員 佐伯 昇
 北海道大学工学部 正員 高田 宣之
 北海道大学工学部 中津川 汪

1. まえがき

コンクリート構造物の耐久性が注目され始めた一つの理由は、コンクリート構造物において劣化が生じるような供用年数に達したものが多くなった事、あるいはそれに伴って調査・実験が集中し、損傷の発見が多くなった事などが挙げられる。しかし根本的な理由としては荷重の増加、海洋環境への進出、骨材資源の減少に伴う海砂の使用あるいは低品質骨材の使用など考えられる。本研究ではコンクリート中に含まれる塩分による鉄筋の発錆について、コンクリートの練り混ぜ時において強制的に塩分を混入した供試体を用いて、水セメント比・ひびわれ幅・応力・持続・除荷などによる腐食の挙動および発錆する限界の塩分量について検討したものである。

2. 供試体および実験方法

(1)材料および供試体 セメントは普通ポルトランドセメントを用い、細骨材は鶴川産の砂(比重2.64、吸水率2.4%、単位容積重量 1769 kg/m^3)を用いた。配合は水セメント比45、50、55、60%、砂セメント比2のモルタルとした。NaCl量はセメント重量の0、0.2、0.3、0.4、0.5および1.0%とした。供試体は図1で示すように両引き試験用のものを用い、かぶり厚は3cmとした。鉄筋の表面を一定にするため、10%塩酸溶液に10分間つけ、ブラシで磨き、水洗して10%NaOH溶液につけ、水洗した後、ワイヤブラシで光沢が出るまで磨いた。型枠に鉄筋をセットし、所定の配合のモルタルを打込んだ後、1日湿潤養生し、脱型した。その後群令28日まで20℃の水中養生を行った。鉄筋の露出部はコーティングを施した。

(2)実験方法 供試体は乾燥器(50~60℃)で2日間乾燥し、写真1に示すようにフレームにカフラーで供試体を3個連結し、ナットによって0、1000、2000 kg/cm^2 の応力をかけた。また載荷後、直ちに除荷した供試体も作成した。載荷および除荷後において、顕微鏡によりひびわれ幅の測定を行った。腐食の発生を促進させるために供試体を恒温・恒湿室(25℃、R.H.80%)に1週間放置した。その間毎日自然電位を測定した。測定法は照合電極として飽和塩化銀電極を用い、コンクリート表面と電極の接触は水を含ませた海綿を用いた。測定箇所はひびわれ部を含む5カ所とした。硬化モルタル中の可溶性の塩分を測定するため、ドリル(直径8.5mm)でサンプルを採取し、

110℃で24時間乾燥し、そのサンプルを5g計量して100mlの水に溶かし、15分間スターで攪拌した後、濾過し、50mlを取り出し、指示薬として5%クロム酸カリウム1mlを加え、0.1N硝酸銀溶液で滴定して可溶性の塩分量を求めた。腐食面積の測定は、供試体を割裂して鉄筋を取り出し、鉄筋表面に半透明のメンディングテープを貼りつけ、鉛筆で直接錆を書き、方眼紙によって錆面積を求めた。

3. 実験結果および考察

(1)水セメント比による発錆の差異 腐食はすべて、供試体の打設下面の鉄筋の部分に起っていた。鉄筋応力1000 kg/cm^2 と2000 kg/cm^2 の腐食面積の差があまりないので、その平均値を用い、また1000および2000 kg/cm^2 から0に降荷した場合もその平均値を用い、各塩分混合%による腐食率(対象と

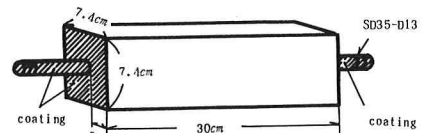


図-1 供試体

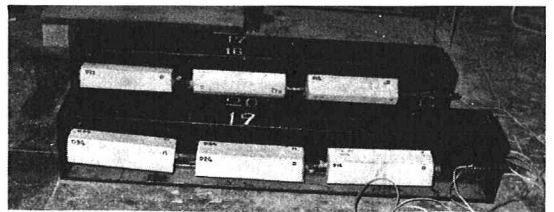


写真-1 載荷方法

する鉄筋全面積に対する腐食面積の率)を各水セメント比に対して求めたのが図-2である。水セメント比45~60%において腐食率の水セメント比による影響は少ないことがわかる。

(2)ひびわれ幅による発錆の影響 各試体の最大ひびわれ幅に対する発錆率を塩分混合%によってプロットしたのが図-3である。水セメント比は45~65%のすべてを含んでいる。塩分混合%が0.5%以下ではひびわれ幅が0から0.1mm程度まで大きくなっても腐食率はあまり変化しない。1%の場合にはひびわれ幅が大きくなると腐食率が大きくなる傾向を示している。

(3)コンクリート中の鉄筋が腐食する塩分の限界値
水セメント比0.45~0.6および鉄筋応力0.1000、2000Kg/cm²および応力載荷後除荷の全供試体について、練り混ぜ時の塩分量(塩分混合%に水から入ってきたものがNaCl/Cに換算して0.037%、砂からのものが0.005を加えたもの)に対してプロットしたものが図-4である。練り混ぜ時の塩分量がNaCl/Cに換算して0.22%になると発錆が起ることがわかる。図-5は硬化モルタル中の塩分量を基にして、腐食率との関係を求めたもので、硬化中に固定された塩分、可溶されない塩分などのため、練り混ぜ時より塩分量は約半分に減少している。発錆の限界量は0.08%であることがわかった。図-6は自然電位を調べたもので塩分混合1%は-200mV程度で低く、0.2%と0%とはほぼ同じで、腐食が起らない状態にあることを示している。

4. まとめ コンクリートの練り混ぜ時の塩分量がNaClに換算してセメント重量の0.22%以上になると鉄筋が発錆すること、各国の塩分規制の厳しい方に入ること、硬化モルタル中の塩分量の測定によると、発錆の限界量は0.08%であること、コンクリート中の塩分による腐食率はひびわれ幅、水セメント比にあまり影響されないことなどがわかった。

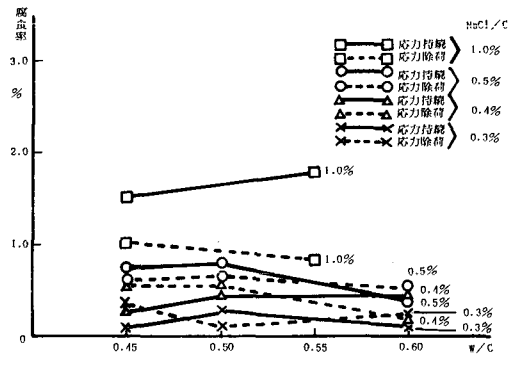


図-2 水セメント比による発錆

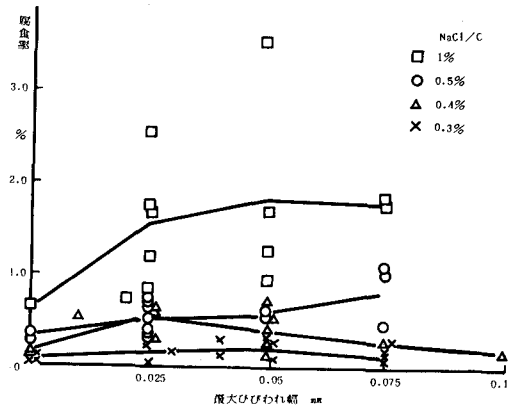


図-3 最大ひびわれ幅と腐食率

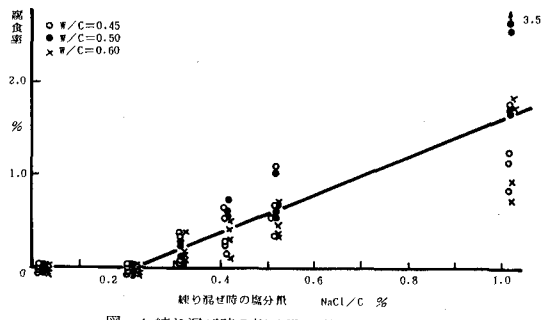


図-4 練り混ぜ時の塩分量と腐食率

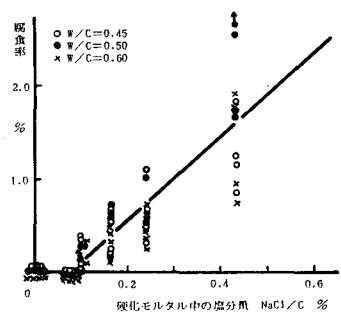


図-5 硬化モルタル中の塩分量と腐食率

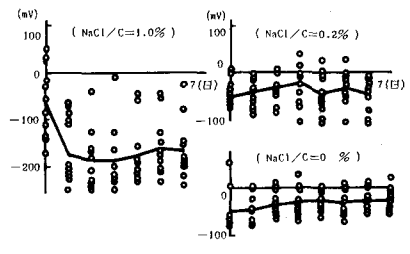


図-6 自然電位