

北海道大学工学部 正会員 佐伯 昇

高田 宣之

藤田 嘉夫

1. まえがき

コンクリートが厳しく環境条件に使用されるにつれて、コンクリート構造物の設計は耐久性から求められる部分が多くなってきている。鉄筋の腐食に対する考慮もその一つで、防食も確保するための設計法あるいは維持管理方法が整理されている。コンクリート中の鉄筋の腐食は長年月を経て徐々に進行し、長期的な観察も必要とし、また実験での再現が難しいなど困難な点はあるが、徐々に資料の蓄積が行われている。本研究は中性化と塩分作用を受ける鉄筋コンクリート部材を対象として、両引き試験用の供試体を用いて、鉄筋に応力を載荷し、そのまゝの状態を炭酸化あるいは塩分濃度の促進を行い、恒温温室に設置して、腐食を観察し、鉄筋応力、ひびわれ、かぶりなどによる腐食の影響について検討したものである。

2. 実験方法

(1) 供試体 供試体は図-1に示すように、両引き試験用供試体を用い、かぶり厚さ(C)は2, 3, 5 cmの3通りで、使用した鉄筋はSD35のD13である。材料はセメントに普通ポルトランドセメントを用い、砂は錦岡海岸砂(比重2.75, 吸水率1.12%, 塩分量は絶乾重量に対してNaClに換算して0.016%)を用いた。配合は水セメント比50%, 砂セメント比2のモルタルである。一部の供試体にNaClをセメント重量に対して0.4, 1.5, 3.0%混入した。鉄筋の表面を一定にするため、10% HClに10分間浸漬→水洗い後、錆を除去→10% NaOHにつけ、水洗い→ワイヤブラシで黒皮を除去する処理を行った。打込み後1日ほど湿潤養生し、その後秋分28日まで水中養生(20℃)を行った。

(2) 腐食の促進試験 促進試験の予備は、秋分後供試体を定重量に乾燥(50℃, 2日間)し、図-2に示すフレームを用いて、供試体を3連につなげて固定し、ナットで加力して所定の応力(0.500, 1000, 1500, 2000 kg/cm²を標準)を鉄筋に与えた。ひびわれ幅は測微鏡で測定し、供試体端面、鉄筋露出部をコーティングした。その後真空タンクに入れて抜気(2~3 Torr, 24h)し、炭酸ガス(100%, 19.2日間)、または海水(4日間)を注入し放置した。その後恒温温室(25℃, RH 80~90%)に移し、一週間後PH, 塩分濃度および腐食状態の測定を行った。

炭酸化および塩分濃度の測定は、モルタル表面から1cmほどにひびわれ発生部分および発生していない部分から試料をドリルで採取し、炭酸化の測定は各位置ごとの粉末試料2gを取り、500ccの水に入れ、10分間攪拌し、上澄水をPHメータで測定した。又Ca(OH)₂の重量を、試料の重量(N)で表わすと、

$$N = 9.25 \times 10^{\text{PH}-14} \times 100 \dots \dots (1)$$

となる。塩分濃度は上述と同様に採取した試料を110℃で1晩乾燥し、5gを計量して、純水1000ccに入れ、15分間攪拌し濾過した50ccを0.1N硝酸銀溶液で滴定して求めた。

3. 実験結果及び考察

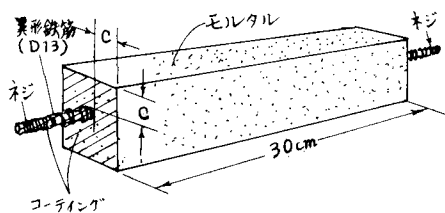


図-1 供試体

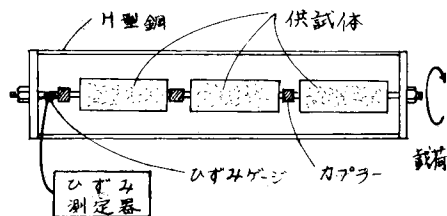


図-2 載荷フレーム

図-3は塩分濃度の促進状態を調べたもので、4.5年間海水に曝露した試験体の厚さ方向の塩分濃度と比較すると、促進試験での塩分濃度の分布はほぼ1年程度であることがわかった。なお試験体はひびわれなしの部分であり、混合時にNaClは入っていない場合である。図-4は炭酸化の促進を調べたもので、上述と同じように、CO₂ガス中に2日間放置したものは約4.5年間曝露したものに相当していることがわかった。またひびわれ部の促進はかなり大きい。図-5は鉄筋近傍のNaCl(海水の浸漬によるものと、混合時に添加したものによるもの)を加えらる(2)の測定によって求めたもの(ひびわれが発生した部分に対してはその部分)と腐食面積率との関係を示したもので、塩分が0.4%未満では、高応力でひびわれが入っている場合でも腐食が生じなく、0.4%を越える程度から腐食が発生し、塩分量が多くなるに従って、腐食率も大きくなる。また0.8%を越えたと応力が0でも腐食が生じていた。これらの場合のPHは12.0程度であった。図-6は中性化による腐食状況を調べたもので、各がぶりとも最大ひびわれ幅と腐食との関係はあまりないのに対し、がぶりが大きくなるにつれて、腐食はかなり減少する傾向がみられる。図-7は鉄筋応力による腐食面積率を示したもので、がぶり2.3cmと、鉄筋応力とよく相関性を示している。がぶり5cmの場合に強制的にひびわれを入れた後、鉄筋を引張ったものであすが、ほとんど腐食は生じていない。図-8は鉄筋近傍のPH(ひびわれが発生している場合はその部分)による腐食発生を調べたもので、がぶり2.3cmでPH=11.5以上あれば腐食の発生がほぼ傾向を示した。

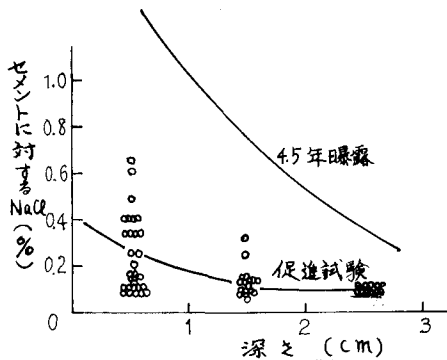


図-3 促進試験におよぶ塩分濃度

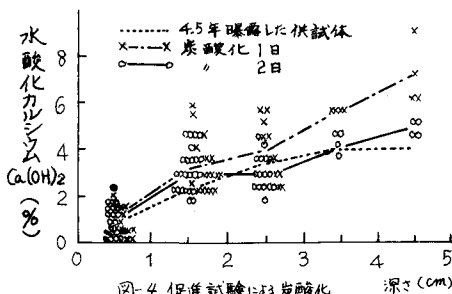


図-4 促進試験におよぶ炭酸化

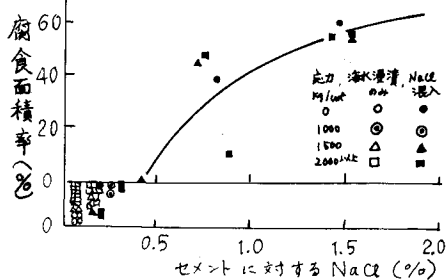


図-5 塩分による腐食

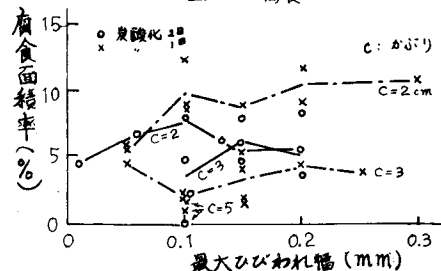


図-6 ひびわれ幅と腐食(中性化促進)

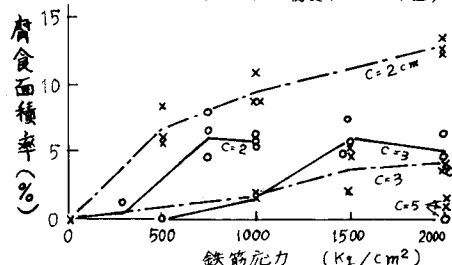


図-7 鉄筋応力と腐食(中性化促進)

4. 結論

(1) 換気装置による炭酸化および海水の促進試験はさらに検討が必要であるが、短期間に結果がでることから、有効な試験法である。

(2) 促進試験によると、中性化が起っていない場合で、セメント重量の0.4%以上NaClが含まれると腐食が発生し、塩分が低い場合でPH=11.5以下になると中性化によって腐食が起る。

(3) 腐食はひ

びわれ幅より鉄筋応力の方が相関性がよい、又がぶりの影響は大きい。

参考文献

(1) JCI, 1984年

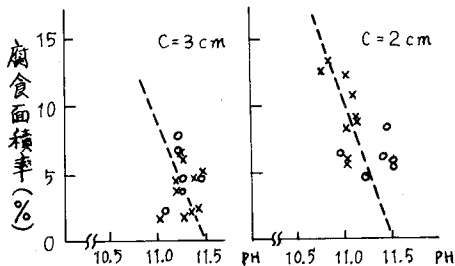


図-8 中性化による腐食(NaCl=0)