

V-271 コンクリート中の塩分による鉄筋の腐食

北海道大学工学部 正 員 高田 宣之

" " 佐伯 昇

" " 藤田 嘉夫

1. まえがき 近年鉄筋コンクリート構造物の塩害による鉄筋の腐食が大きな問題として取り上げられており、多くの研究者によって調査、研究がなされ報告されている。筆者らも昭和59年度より、塩分を加えた両引試験用のモルタル供試体を作成し、鉄筋に応力をかけ、高湿度の実験室での鉄筋腐食の促進実験を行ない、水セメント比、かぶり厚、ひびわれ幅、鉄筋応力等との相関性について検討を行ない、報告してきた。本研究はこれらの研究の一環であり、粗骨材を加えたコンクリートの塩分による鉄筋の腐食について実験を行なったものである。

2. 材料および供試体 普通ポルトランドセメント、鶴川海岸砂、静内川砂利を用い、細骨材率0.45で水セメント比が0.45, 0.50, 0.60でセメントおよび砂利の単位量は、それぞれの水セメント比に対して、344, 310, 258 kg/m^3 および1140, 1159, 1185 kg/m^3 のAEコンクリートで、空気量は5%とした。混入したNaCl量はセメント重量の0, 0.1, 0.2, 0.35, 0.5 および1.0%とした。供試体形状および寸法は図-1(a)に示すように断面が、7.4×7.4 cmで長さが30cmのコンクリートで、断面中央に両端にねじを切ったD13（かぶり3cm）の異形鉄筋を配したものである。鉄筋の表面は10%HC溶液に10分間浸し、ナイロンブラシで磨き、水洗し、10%NaOH溶液に30秒浸したのち水洗をしてワイヤブラシで磨き、用いた全ての鉄筋表面が定常の状態になるようにした。

3. 実験方法 供試体打設に先立ち、使用各材料に含まれるNaCl量を中和滴定法により測定した。また練り混ぜ直後のフレッシュコンクリートを1kg採取し、これに水1kgを加え15分間攪拌したのち上澄み液200mlを採取し、これを濾過した液100mlを抽出し50mlずつ2度の中和滴定によってNaCl量の測定を行なった。腐食の促進試験は28日間20℃の水中養生ののち、2日間50℃の乾燥器で乾燥後図-1(b)に示すようにH型鋼にセットし、ねじを締めて加力し、鉄筋に所定の応力を与え、発生したひびわれ幅の測定を行なったのち一部供試体は除荷し、これら供試体をH型フレームごと室温25℃で湿度80~90%の実験室に一週間設置し、その間毎日各供試体表面のひびわれ部分を含む5ヵ所の自然電位を、飽和塩化銀電極を用いて測定を行なった。腐食量の測定は、これら一週間の促進試験ののち、コンクリートを割裂し、鉄筋を取り出し、発生した腐食部分の面積を測定し、測定対象の全面積に対する割合で示した。

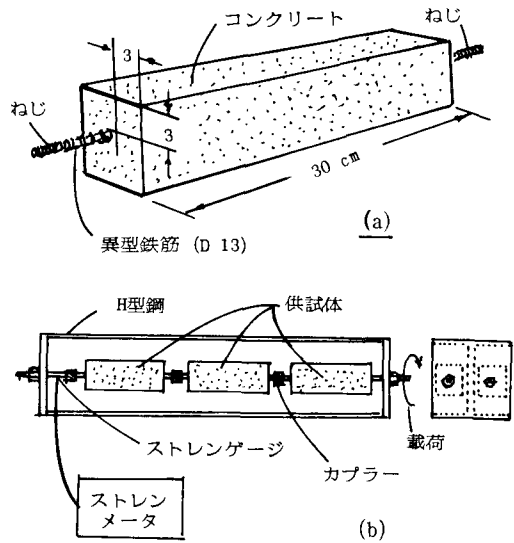


図-1 供試体および載荷方法

各材料の塩分含有率 (%)

水	セメント	砂	砂利	混和剤
0.0059	0.0116	0.0410	0.0082	0.0409

コンクリートの塩分含有率 (%)
(セメント量に対して)

配合したNaCl	0.00	0.10	(0.25)	0.50	1.00	(1.50)
全NaCl	0.15	0.25	0.40	0.65	1.15	1.65
フレッシュコンクリートのNaCl	0.068	0.145	0.272	0.526	0.961	1.344

表-1 材料およびコンクリートの塩分含有率

4. 実験結果および考察 表-1に前述した各材料のNaCl含有率および打設時に混入したNaCl, 各材料中のNaClを含めた全NaCl, 練り混ぜ直後のフレッシュコンクリート中に含まれる水溶性のNaCl等のセメント重量に対する含有率を示す。これらよりフレッシュコンクリートの水溶性NaClの含有率は全NaCl含有率0.15~1.65%に対して45~81%の値を示しており, セメントの水和反応がまだ進んでいない段階からすでにNaClの固定化などが始まっているものと思われる。図-2はこれら全NaCl/Cとフレッシュコンクリートで検出された水溶性NaCl/Cとの関係をプロットしたものである。図-3は促進試験中に測定した自然電位の分布状態を示したものであり, 含有するNaCl量の増加に従って, 表われる電位の分布も-100, -200mVと負電位に移行しており, 鉄筋の腐食が含有NaCl量の増加に伴って増大しているものと考えられる。図-4は各供試体の全NaCl含有率に対する腐食率の関係をプロットしたものである。これより全NaCl含有率が0.15, 0.25の供試体では腐食の発生は認められず, 0.39%を越えると腐食の発生が始まり, NaCl含有率の増加に伴って大となり, 図-3の自然電位の分布の推移とよい対応を示している。図-5に水セメント比と腐食率の関係を示す。全NaCl含有率が1.15%のものでは水セメント比の増加に伴って腐食率も増大するが, 含有率が0.65%以下の供試体においては, 腐食率は水セメント比の影響を殆んど受けていない。図-6は最大ひびわれ幅と腐食率が1%を越える供試体が出る確率につき描いたグラフであり, 本実験においてはひびわれ幅が小でも腐食の発生が認められ, 全体として腐食に対する最大ひびわれ幅の影響はあまり認められない。図-7に応力と腐食率の相関につきプロットしたものであるが, 最大ひびわれ幅との関係同様, 相関性は認められない。

5. まとめ 本実験において, 鉄筋の腐食は, 水セメント比, 最大ひびわれ幅, 鉄筋応力等の大きさにあまり影響されず, 混入される全塩分量との相関が非常に大でありセメント重量の0.39%で腐食が起り始めることがわかる。

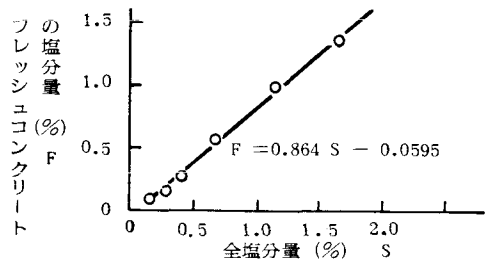


図-2 コンクリートの塩分量

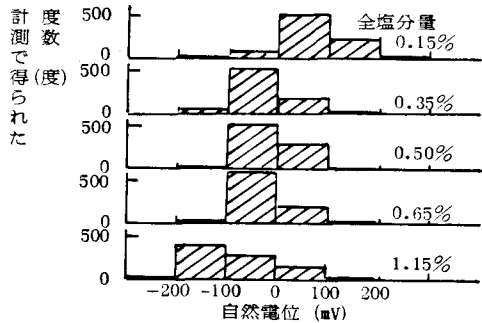


図-3 自然電位の分布図

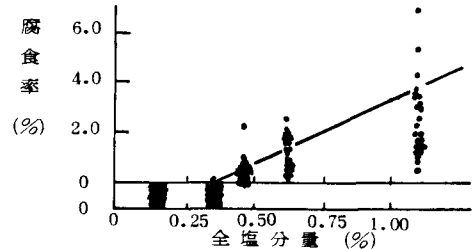


図-4 全塩分量と腐食率

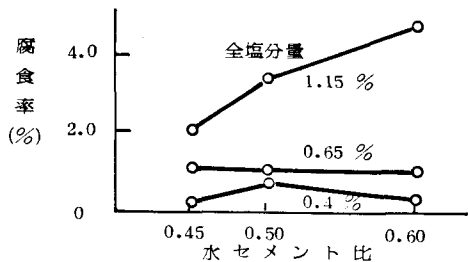


図-5 水セメント比と腐食率

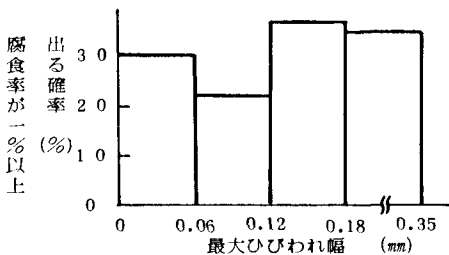


図-6 最大ひびわれ幅と腐食率

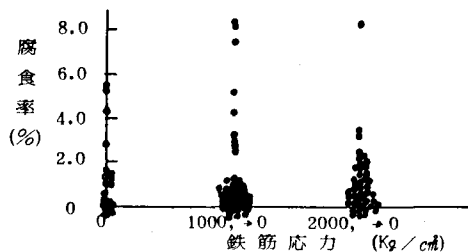


図-7 鉄筋応力と腐食率