

1. まえがき、 本研究はコンクリート中に埋込まれた鉄筋の錆によるコンクリートのひび割れ発生現象と把握するため、ひび割れ発生までのマトリックスの条件の変化による鉄筋の発錆現象、ひび割れ時の錆による鉄筋の付着特性および、ひび割れ圧力の推定などをモルタル供試体の定電流電食試験で実験的に調べた結果と、電食による錆発生に対する防錆剤の使用効果についての結果を報告する。

2. 実験概要、 鉄筋を埋込むマトリックスはモルタルとし、寸法は $\phi 10 \times 10 \text{ cm}$ とした。モルタルは普通ポルトランドセメントと川砂を用い、水セメント比 $=60\%$ 、フロー値 $=210 \pm 10$ で、市販の塩化カルシウムとセメント重量に対し2.0, 0.5, 2.0および4.0%添加し配合を用いた。また一部水セメント比 $=45\%$ および75%の配合も用いた。鉄筋は $\phi 9 \text{ mm}$, $\phi 19 \text{ mm}$, および $\phi 32 \text{ mm}$ の3種類とし、おがくち鋼筋を用いた。鉄筋は打設前にフロウ酸2アンモニウム10%溶液に150ppmのメルカプトベンゾチアゾールを加えた溶液に60分間浸漬し、十分に水洗したのち、アセトンで表面を拭き重量を計量した。供試体は同一バッチから鉄筋を埋設したものを本と割裂引張試験用の鉄筋を埋設しないものの3本を作成し、20℃水中養生した。そのうちの鉄筋埋設供試体3本と通電供試体1本あり、それぞれ7日で通電し、他の供試体は通電供試体のひび割れ発生まで養生した。電食試験は図-1に示すように、モルタルの中心に埋設した鉄筋を陽極、銅板を陰極とし、電解液(水道水)を介して、自動電圧に電源による定電流(20, 40および80mA)で行った。供試体に通電後、端子電圧の測定とテスターで行なり、ひび割れ発生と同時に通電を停止し、次の測定および試験を行った。

①、ひび割れ幅の測定：フラップ幅測定器で3ヶ所測定した。②、割裂引張強度試験：JIS A 1113に従った。③、付着強度試験：通電、未通電供試体の鉄筋の押し抜きによる付着強度(T_2 , T_1)を測定した。④、錆量の測定：供試体から鉄筋を取り出し、錆を除去後、鉄筋の重量減で求めた。⑤、錆面積の測定：鉄筋の錆状況をセフションペーパーで写し展開図を作り、面積を計算した。

3. 実験結果、 図-2はモルタル表面にひび割れが生じた(ひび割れ幅0.05~0.10mm)とき、埋設鉄筋表面に発生した錆の分布図の一例を示した。図-3~図-5はひび割れ発生時間 t_{cr} まで、錆面積 A_{corr} の錆

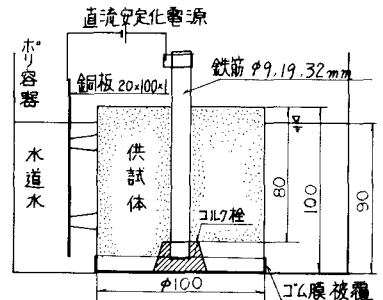


図-1 供試体および電解装置

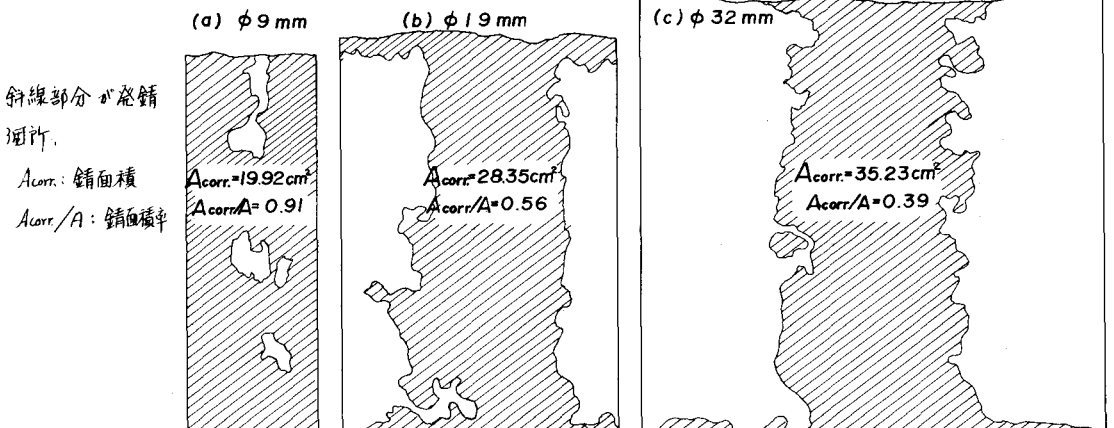


図-2 ひび割れ発生時の鉄筋表面の錆の分布図の一例 (印加電流: 20mA, 水セメント比: 60%, 水セメント比: 45%)

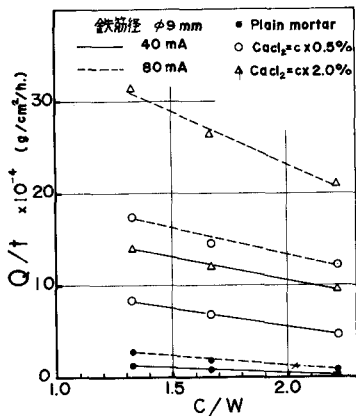


図-3 水セメント比と錆発生速度の関係

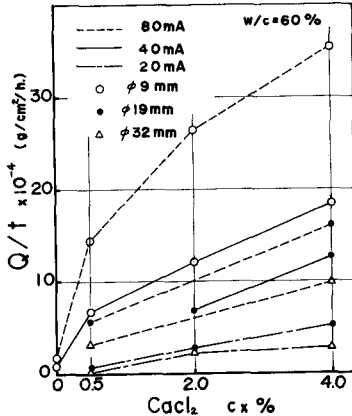


図-4 塩化カルシウム添加量と錆発生速度の関係

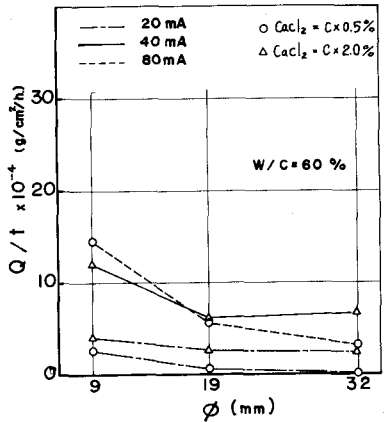


図-5 鉄筋径と錆発生速度の関係

量 Q (g/cm^2) が比例的に増加すると求めた錆発生速度 (Q/t) とモルタルの水セメント比、塩化カルシウムの添加量および鉄筋径の関係を示した。図-6 はモルタルの引張時の応力-ひずみ曲線は破壊時まで弾性的であると、厚肉円筒の弾性理論を適用し、(内径表面に生ずる引張応力と円柱

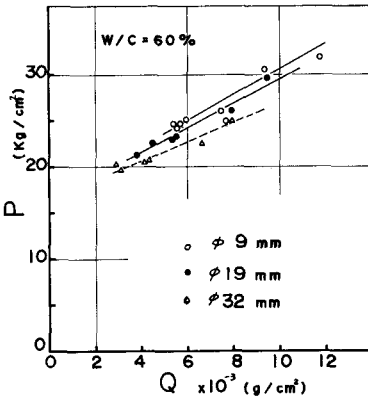


図-6 ひび割れ時に鉄筋表面に生ずる推定圧力と錆量の関係

試体の割裂引張強度は等しいと仮定)計算で求めたひび割れ時の鉄筋表面に生ずる推定圧力と鉄筋の錆量の関係を示した。図-7 はひび割れ時(ひび割れ幅 $0.05 \sim 0.10 mm$)の錆による付着強度の増加率と未通電試体の付着強度の関係を示した。また電食による錆発生に対する防錆剤の効果を見よるために重硝酸ソーダとセメント重量に対し、0.5, 1.0, および 1.5% 添加した実験結果を表-1 に示した。

4. まとめ 本研究で得られた結果をまとめると次のようになる。(1)、ひび割れは鉄筋の局部的腐蝕で生ずる。(2)、鉄筋の錆発生速度はモルタルの水セメント比、塩化カルシウム量の増大に比例して大きくなる傾向がある。(3)、ひび割れ時に鉄筋表面に生ずる圧力は錆量に比例する。(4)、ひび割れが生じても鉄筋に生ずる錆はかぶり厚が大きい

ければ、鉄筋の付着強度に有利に作用する。しかし、ひび割れ後、鉄筋の錆が促進されるものと思われる。

前、本研究に対し、昭和51年度科学研究費補助金が交付されました。また、研究に対し、指導していただいた神戸大学村田教授、実験に協力していただいた、本学コンクリート研究室の皆様と謝意を表します。

鉄筋径 mm	CaCl ₂ 添加 量 cx %	NaNO ₃ 添 加量 cx %	ひび割れ発生 までの時間	通電直後の 流す電圧 V	ひび割れ幅 mm
9	0	0	98'00"	13.6	0.003~0.02
	2.0	0	7'00"	16.5	0.08~0.09
	"	0.5	19'55" X	13.9	0.42~0.57
	"	1.0	19'55" X	13.0	0.67~0.77
	"	1.5	19'55" X	13.0	0.67~0.75
19	"	0	8'43"	16.0	0.02~0.05
	"	0.5	10'00"	11.5	0.05~0.06
	"	1.5	10'00"	11.0	0.08~0.13
32	"	0	9'44"	15.5	0.01~0.03
	"	0.5	11'38"	10.5	0.02
	"	1.0	10'00~14'50"	11.5	0.37~0.43
	"	1.5	9'40"	11.8	0.03~0.43

表-1 錆発生に対する防錆剤使用効果に関する実験結果

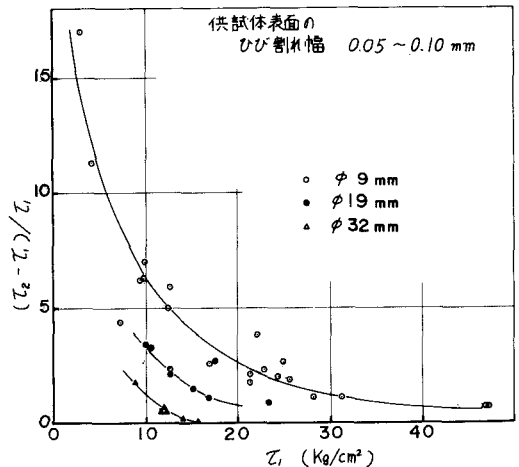


図-7 ひび割れ時の錆による付着強度の増加率と未通電試体の付着強度の関係