

1. まえがき

鉄筋コンクリートに交流電流が作用した場合には劣化は起こらないと云われており、商用周波数（周波数 50Hz）で実験した結果では、交流電流がペースト、あるいはモルタルに作用しても鉄筋の腐食、およびペースト、あるいは軟化は起こらないようである。しかし、我が国の交流電気鉄道で使用されている周波数は、商用周波数（50Hz）だけであるが、諸外国（北アメリカ、あるいはスイス等）では、低周波数（25、16.7、15Hz）の交流電流が使用されているところもある。そこで、本研究では、商用周波数よりも低周波数の交流電流の作用による鉄筋コンクリート中の鉄筋、および周辺のセメントペーストの物理・化学的变化、および鉄筋とセメントペースト、およびモルタルとの付着強度の変化を、モデル供試体で実験的に検討した。

2. 実験の概要

本実験は、表 1 に示した各要因、および水準で実験計画を立て実施した。鉄筋は、図 1 に示したように、JIS に準じて加工したみがき異形棒鋼で、呼び径 16mm（フシ高さ 0.72mm）のものを用了。電解供試体は、図 2 に示したように、内径が 10.5cm、高さが 12cm の一般構造用炭素鋼鋼管中にセメントペースト、およびモルタル（普通ポルトランドセメント $R_20=0.66\sim0.69\%$ ）、および豊浦標準砂使用）を打込み、その中心、高さ方向に鉄筋を埋設する形状とした。鋼管は、電解試験時には電極として使用すると共に、付着強度試験時には供試体の割裂を押さえるために用いた。電解供試体は各要因、および水準ごとに 3 個を一組とし、6 個、あるいは 12 個を一まとめにして作成した。実験に用いたセメントペースト、およびモルタルの配合は、それぞれ $W/C=0.45$ 、および $W/C=0.45$ ($S/C=0.6$) を主とした。

表 1 実験の要因と水準

要 因	水 準
(1)電解供試体	ペースト ($W/C=0.45$) モルタル ($W/C=0.40, 0.50, 0.6, 0.7$)
(2)交流（電流） （周波数）	80mA（一部40mA） 10, 15, 25, 35, 40, 50Hz
(3)電解時間	0, 168, 336, 504, 672h.

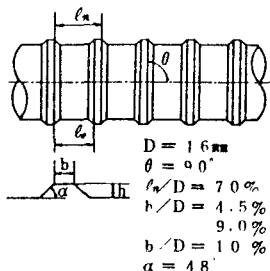


図 1 鉄筋の形状

電解試験は、供試体作成後 28 日間、 $20\pm 3^{\circ}\text{C}$ で水中養生してから実施した。試験は、電解液として水道水を用いた電解槽中に、電解供試体を約 11.5cm の深さまで浸漬し（湿潤状態）、10、15、25、35、40、および 50Hz の各周波数にした 80mA（一部 40mA）の一定交流電流を接続して実施した。電源は、精密電力増幅器（最大出力電圧 200V、周波数範囲 DC ～ 20kHz）を用い、周波数変換には発振器（発振周波数範囲 5～500 Hz 正弦波）を用いた。電解は供試体数個を直列に接続して行い、電解時間 168、336、504、および 672 時間で終了した。

電解終了後に次の各種試験、および測定を行った。

- (1) 付着強度試験：JCI 試験方法（案）に従う引き抜きによる試験。
- (2) 炎光分析試験：偏光ゼーマン原子吸光光度計による Na イオン、および K イオンの炎光分析試験を行った。試料は供試体の鉄筋周辺約 2mm 以内のセメントペースト、およびモルタルを削り取って採取した。
- (3) その他の試験：鉄筋の腐食状態、およびペーストの軟化状態の目視観察。

3. 実験結果および考察

図 3、および図 4 は 50Hz 以下の各種周波数の交流電流が作用したときの鉄筋の付着強度試験の一例として、それぞれペースト、および標準砂モルタル

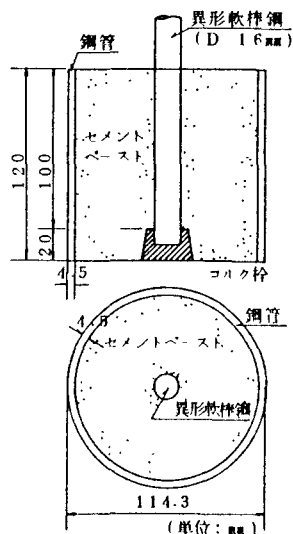
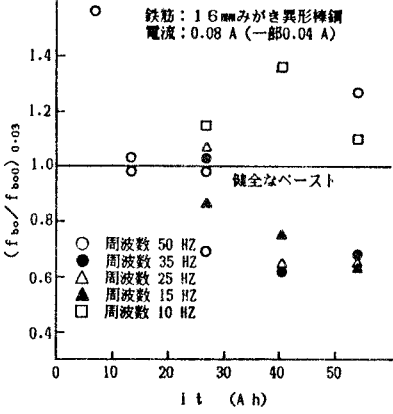


図 2 電解供試体の形状

の場合の初期付着強度 $[(f_{bo}/f_{bo0})_{0.03}]$ の変化 (健全なペースト、およびモルタルの付着強度を 1.0 としたときの自由端すべり量が鉄筋径の 0.2 % の場合の強度比) を示した。図より、鉄筋とペースト、およびモルタルの初期付着強度は、周波数によって異なる変化が見受けられる。ペースト



の場合、周波数が 35Hz 以下のときに積算電流量の

増加に伴って付着強度が若干低下し、53.76 A h のとき 40% 程度の低下が見られる。モルタルの場合も同様に、周波数が 15Hz 以下のときに、付着強度が若干低下する傾向が認められる。また、鉄筋が引き抜けたときの最大付着強度 $[(f_{bo}/f_{bo0})_{max}]$ もペースト、およびモルタルいずれの場合とも、低周波数の領域 (それぞれ 35Hz および 15Hz 以下) で、30~40% 程度の強度低下が認められる。図 5、および図 6 は 50Hz 以下の各種周波数の交流電流が作用したときの鉄筋周辺 2mm 以内のペースト、およびモルタル中のアルカリ金属イオンの時間変化を周波数別に示した。周波数を変えた交流電流を積算電流量 53.76 A h まで作用させても、鉄筋周辺のペースト、およびモルタル中のアルカリ金属イオンの変化量は -20mg~30mg の範囲であり、特に低周波数の交流が作用してもアルカリ金属イオンの移動はほとんどないと考えてよいようである。なお、健全なペースト、およびモルタル中の Na イオン量、および K イオン量は、ペーストの場合がそれぞれ 53~100mg、66~96mg で、モルタルの場合がそれぞれ 17~45mg、33~41mg である。実験後に電解供試体を割裂して、鉄筋周辺を目視観察したが、電流作用後のペースト、およびモルタルに直流のときのような軟化状態は特に認められなかった。以上より、ペースト、およびモルタルに交流電流が作用する場合、現象面からアルカリ金属イオンの集積によるペーストの軟化は認められないが、低周波数領域では少なからずイオン移動によって、ペーストの微細構造の変化を引き起こしていると推察され、そのために付着強度の低下が起こるものと考えられる。今後は、15~25Hz 以下の周波数領域の交流電流作用のときの鉄筋周辺のペーストの微細構造変化やアルカリ金属イオンの分布を他の方法で分析して調べ、総合的に低周波数領域の交流電流の硬化ペーストへの影響を判断する必要があると考えている。

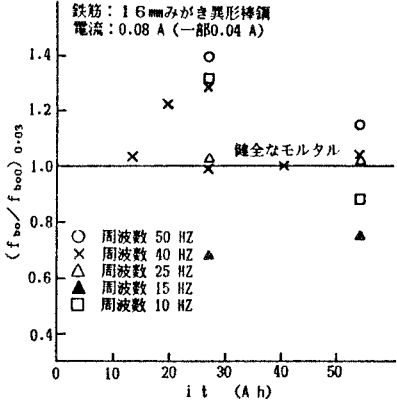


図 4 積算電流量と初期付着強度比との関係 (モルタル)

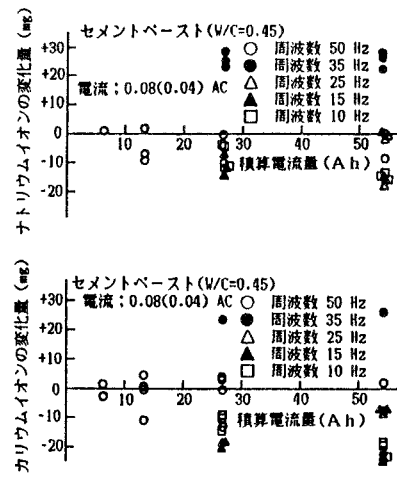


図 5 積算電流量とイオン変化量との関係 (ペースト)

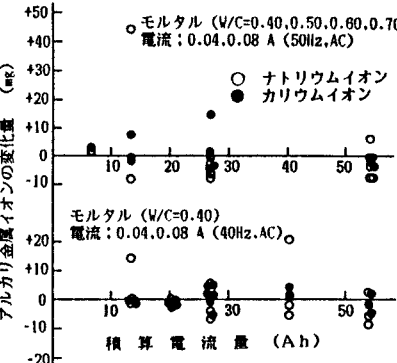


図 6 積算電流量とイオン変化量との関係 (モルタル)