

東北大学 正会員 板橋洋房
東北大学 正会員 三浦 尚
住友金属工業(株) 山崎 章

1. まえがき

海岸線にある我国の重要な構造物の多くは、海洋の影響を受けやすく外部から浸透する海水中の塩化物や凍結防止剤として使用される塩化物などによるコンクリート構造物中の鉄筋腐食が問題となっている。その対策の一つとして、エポキシ樹脂塗装鉄筋が開発され、実用化されている。ところが、エポキシ樹脂塗装鉄筋は、静電粉体塗装不良による初期ピンホールや、曲げ加工および組立てなど、鉄筋取扱い中に塗膜に損傷が発生してしまう。

その損傷をどの程度まで許容できるかということが未だ明らかにされていない。また、同じ大きさの損傷であっても、その発生原因や発生密度によって許容できる値は異なってくると思われる。そこで、本研究は、以上の点を明らかにするため、塗膜に様々な損傷を与えた鉄筋をコンクリート中に埋込んで供試体を作製し、空中乾燥・海水中浸漬の繰返しを与える実験室内腐食促進試験を行なって鉄筋に発生する腐食状態について調べたものである。

2. 使用材料

鉄筋に塗装したエポキシ樹脂塗料は3種類で、これらの塗料は現在比較的良好と判断されているものである。鉄筋は、公称直径22mmの異形鉄筋(SD30、横フシ型)にエポキシ樹脂塗料を静電粉体塗装したものであり、塗膜厚は平均で180 μ m程度である。セメントは、普通ポルトランドセメントを使用し、水セメント比は50%とし、細骨材は川砂(比重:2.56)、粗骨材は碎石(比重:2.86、最大寸法25mm)で、混和剤は空気連行性減水剤を使用した。また、数十年後に海水中の塩分が鉄筋表面(かぶり2.9cm)まで浸透することを考慮して、コンクリート重量に対して0.8%の食塩を混入した。

3. 実験概要

エポキシ樹脂塗膜に損傷を与える方法としては、引張・圧縮による方法と、鉄筋曲げ機(ベンダー)を用いて曲げる方法の2種とした。鉄筋の曲げ内半径は鉄筋直径の2倍で、リブを結ぶ線を軸として、外側および内側の塗膜に疵がつかないように、ウレタンライニングを施したローラーを用いて、180°まで曲げた。エポキシ樹脂は温度により性質が変化することを考慮して、損傷の程度を変えるため、数種の温度条件下で行なった。エポキシ樹脂塗膜の損傷状況を把握するため、載荷前と載荷後にピンホール探知器(放電電圧1kV)と目視により測定を行なった。このようにして得た鉄筋を用いて図-1に示すようなかぶりを2.9cmとした鉄筋コンクリート供試体を作製した。コンクリート中の鉄筋は、樹脂塗膜全体に損傷が発生しているものと、損傷の一部だけを除いて損傷が少なくなるように補修したものの2種類について調べた。

補修を行なった鉄筋においては、塗膜に発生した損傷1つだけを残すように1フシ分だけあげた。その損傷部分は、供試体に載荷した時、コンクリートにひびわれが発生するノッチ部と一致するように配置し、検査14日で

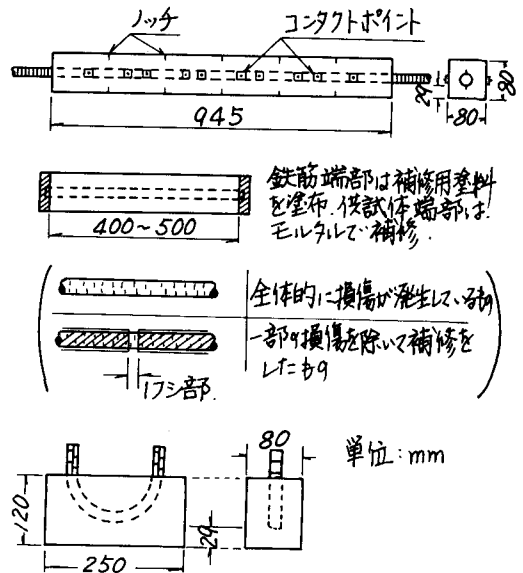


図-1 供試体形状寸法

試験に供した。供試体は、鉄筋の応力度が2000 kg/cm²となるように更に引張載荷して、コンクリートにひびわれを生じさせたままの供試体とひびわれを生じない供試体について、室温約50℃の恒温室内の容器で1日2サイクルの空気中乾燥-海水中浸漬の繰返しを28日間、一部の供試体については3ヶ月間続行した。また直接海水に接する露出鉄筋表面にも補修用塗料で補修した。所定の繰返しを終えた後に鉄筋を取り出して塗膜の損傷状況や塗膜内部の鉄筋の腐食状態について調べた。

4. 実験結果

図-2は、バンダーを用いて塗膜に損傷を与えた時の損傷個数と温度の関係を示したものである。この図からもわかるように鉄筋の温度を上げて曲げ加工することにより、損傷を少なくすることができる。また、ウレタニングしたローラーを用いることで鉄筋の外および内側の塗膜に、ローラーによる疵をつけずに加工ができる。塗料Cにおいては、かなりの低温時でも曲げ加工が十分に可能であると思われる。図中の数値は、塗膜のひびわれ幅 mm (腐食面積 mm²) の代表的なものを示す。

図-3は、塗膜に発生したひびわれ幅と腐食面積との関係を示したものであるが、今回の実験では、明確な関係は得られなかった。

図-4は、塗膜のひびわれ幅とその内部に腐食が発生した割合を示したものである。塗膜に発生したひびわれ幅は、0.02~0.2 mm 程度のものが多かった。また、0.01 mm の小さな塗膜ひびわれであっても内部の鉄筋に腐食が発生するということがわかった。表-1は、コンクリートのひびわれ部における損傷1フシあたりの腐食面積の結果である。損傷が全体的に発生しているA、Bに比べると、1フシ分のみ除いて補修した④⑤の方が小さな腐食面積となっている。この値は、コンクリートひびわれ部において、一番ひどく錆びているもので比較した値であり、その部分の塗膜のひびわれ幅は0.15~0.2 mm 程度であった。また、() 内の数値は期間3ヶ月の値である。表-2は、コンクリートにひびわれを生じさせた供試体の結果である。同程度の塗膜ひびわれ幅であってもBよりAの方が大きく腐食している。この理由としては、Bに比べてAの方が鉄筋と塗膜との付着が悪く、剝離した面積が広がったためと思われる。この結果においても1フシあたりで対応させ、一番ひどく錆びている腐食面積で比較した値であり、() 内の数値は期間3ヶ月の値である。それぞれ同じ温度における値を比べても損傷を1フシ分だけ除いて補修した鉄筋の方が全体的に損傷が発生しているものよりも小さな腐食面積となっている。このことからわかるように、損傷がひどい場合でも一応錆が発生するが、損傷の少ないものに比べて腐食おさくなるものと思われる。また、3ヶ月の値が28日間の値よりも小さくなっている。これは、塗膜損傷部にある程度の錆が発生したが、それ以上の進行がほとんどなかったためと思われる。謝辞：この実験に際し、御協力頂いた卒業生の高村恭彦氏に深く感謝致します。

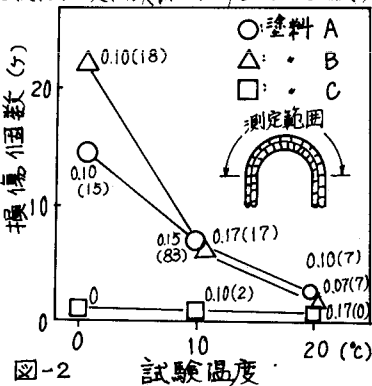


図-2 試験温度

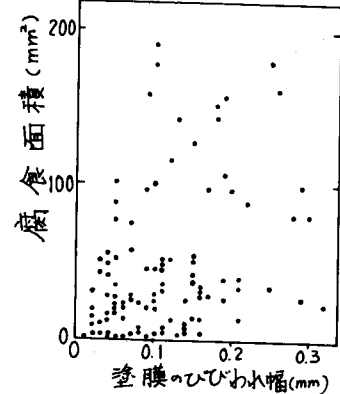


図-3 腐食面積と塗膜ひびわれ幅の関係

表-1 載荷した供試体の結果

コンクリートのひびわれ幅 (mm)	1フシあたりの腐食面積 (cm²)
A	14.1 4.31 (4.75)
④	1.18 0.68 (8.70)
B	17.1 9.60 (7.73)
⑤	1.57 8.08 (0.20)

○印は1フシ分のみ除いて補修。

表-2 コンクリートにひびわれの供試体の試験結果

温度 (℃)	塗膜のひびわれ幅 (mm)	1フシあたりの腐食面積 (cm²)	補修後の腐食面積 (cm²)
A	5	0.16 4.60 (0.14-0.12)	0.13 2.71
	10	— 7.73 (0.17-0.05)	④ 0.15 1.09
	15	0.15 4.60 (0.1+3.1)	0.16 4.60
B	5	0.16 5.59 (0.2-1.24)	0.11 3.73
	10	0.10 2.46 (0.11+0.16)	⑤ 0.11 0.32
	15	0.18 1.62 (0.20-1.32)	— 0
C	2	0.22 0.89 (0.11+0.18)	③ 0.19 0.35

この結果においても1フシあたりで対応させ、一番ひどく錆びている腐食面積で比較した値であり、() 内の数値は期間3ヶ月の値である。それぞれ同じ温度における値を比べても損傷を1フシ分だけ除いて補修した鉄筋の方が全体的に損傷が発生しているものよりも小さな腐食面積となっている。このことからわかるように、損傷がひどい場合でも一応錆が発生するが、損傷の少ないものに比べて腐食おさくなるものと思われる。また、3ヶ月の値が28日間の値よりも小さくなっている。これは、塗膜損傷部にある程度の錆が発生したが、それ以上の進行がほとんどなかったためと思われる。謝辞：この実験に際し、御協力頂いた卒業生の高村恭彦氏に深く感謝致します。