

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

コンクリート構造物中の鉄筋の防食対策の一つとして、エポキシ樹脂塗装鉄筋が注目され実用化されつつある。このエポキシ樹脂塗装鉄筋を用いて曲げ加工した場合には、樹脂塗膜にひびわれやピンホールなどの損傷をひき起こすことがある。ところが、曲げ加工によって損傷が発生した場合であっても、その程度によっては鉄筋がコンクリート中に埋込まれている時には耐久性において特に問題はないことがあると考えられる。そこで本研究は国産および外国産の塗料1種類ずつを用いて塗装した鉄筋を使用し、曲げ加工などによって損傷を与えた鉄筋とその鉄筋をコンクリート中に埋込んだ供試体について、実験室内での空中乾燥-海水中浸漬の繰返しを与える腐食促進試験を行なって、エポキシ樹脂塗装鉄筋の腐食状態を調べ比較検討した。

2. 使用材料

使用したエポキシ樹脂塗装鉄筋は、公称直径22mmの異形鉄筋(SD30、横フシ形)にエポキシ樹脂と静電粉体塗装したもので塗膜厚は200 μ m程度である。また、比較のため黒皮を取り除いた裸材も使用した。セメントは普通ポルトランドセメントを使用し、細骨材は川砂(比重2.51)、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用いた。コンクリートの配合および強度を表-1に示す。このコンクリートには、数十年後に海水中の塩分が鉄筋表面まで浸透することを考慮して、あらかじめコンクリート重量に対して0.8%の食塩を混入した。

3. 実験概要および供試体

実験は、ⅠとⅡに分けて行なった。その内容を表-2に示す。二つの実験を始める前にエポキシ樹脂塗膜の損傷状況を把握するため、予備実験を行なった。10~16%の残留歪は鉄筋を引張載荷することにより与え、20%の残留歪は曲げ載荷して与えた。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、加工温度を常温(10~15℃)、40℃、60℃の3種とした。加工温度が40℃および60℃で鉄筋に載荷する場合は、保温箱に入れたままの状態でも風によって鉄筋を暖めて鉄筋に取り付けた熱電対で温度を測定しながら行なった。エポキシ樹脂塗装鉄筋の塗膜損傷の測定は、載荷前と載荷後にピンホール探知器(放電電圧1kVで測定)と目視により行なった。実験Ⅰでは、予備実験で残留歪を与えたエポキシ樹脂塗装鉄筋を直接海水中に浸して塗膜の損傷部分に腐食が発生するかどうかを調べるために、室温約50℃の恒温槽の容器内で1日2サイクルの乾燥-海水中浸漬の繰返しを与えた。これらの鉄筋の中には、損傷発生後の防食対策としてエポキシ樹脂を損傷部分に塗布した鉄筋も含んでいる。試験期間は7日間とした。実験Ⅱでは、実験Ⅰと同じ鉄筋と裸材の鉄筋を埋込んで、かぶり高が2.9cmとなるようなコンクリート供試体を作製した。供試体の形状寸法を図-1に示す。供試体は、材令14日で試験に供した。鉄筋底力度が2000 kg/cm^2 (最大ひびわれ幅が0.2mm程度)となるように引張載荷して、コンクリートのノッチ部に

表-1 コンクリートの配合および強度

W/C (%)	S/a (%)	単位量(kg/m ³)					圧縮強度(kg/cm ²)	引張強度(kg/cm ²)
		W	C	S	G	混和剤量(cc)		
50	40	170	340	690	178	3400	39.0	29.0
スランプ:10±1cm,空気量:4±1%								

表-2 実験の内容

	材料	残留歪 (%)	加工温度 (°C)			供試体引張載荷	
			常温	40	60	有	無
			○	○	○	○	○
実験Ⅰ	国産	10	○	○	—	/	/
		16	○	○	○		
		20	○	○	○		
	外国産	11	○	○	—		
		16	○	○	○		
		20	○	○	○		
実験Ⅱ	国産	10	○	—	—	○	○
		16	○	—	—	○	○
		20	○	○	○	—	○
	外国産	11	○	—	—	○	○
		16	○	—	—	○	○
		20	○	○	○	—	○
	裸材	—	—	—	—	○	—

ひびわれを発生させたままの状態を保持した供試体とコンクリートにひびわれを発生させない供試体に1日2サイクルの乾燥-海水中浸漬の繰返しを28日間与えた。所定の試験期間後、鉄筋を取り出してエポキシ樹脂塗膜の損傷状況と鉄筋の腐食状態およびコンクリート中の塩分含有量などを調べた。

4. 実験結果

残留歪と加工温度との関係を図-2に示す。エポキシ樹脂塗膜の損傷は、どの加工温度においても鉄筋が降伏応力度以上に載荷されてから発生した。常温で載荷した場合は、どちらの塗料とも損傷の発生限度は残留歪が5%付近であると思われる。また、加工温度を高くすることにより、損傷の発生限度をもう少し大きな値まで許容できると思われる。常温下において、国産の塗料では、残留歪が増加するにつれてフシの立上り部分の塗膜に幅0.2mm程度のひびわれが発生していた。それに比べて外国産の塗料では、フシに挟まれた部分にピンホールが数多く発生していた。

実験Ⅰの結果を図-3に示す。常温加工した鉄筋では、損傷部分に錆が発生しているものが多かった。また、加工温度を上げることにより損傷や錆の発生割合が小さくなる傾向を示した。常温加工で損傷を与えた鉄筋を同一塗料で補修したものでは、錆の発生は見られなかった。このことより、損傷発生後の補修は防食に対して効果があると思われる。次に、実験Ⅱの結果を図-4に示す。コンクリートひびわれ部において、比較的用いた裸材の腐食面積は約10cm²であり、それに比べてエポキシ樹脂塗装鉄筋では、損傷部分に小さな錆が発生しているだけだった。このことよりエポキシ樹脂塗装鉄筋は裸材に比べてかなり腐食速度が

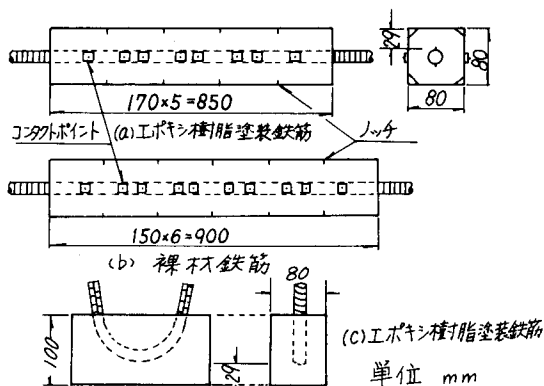


図-1 供試体の形状寸法

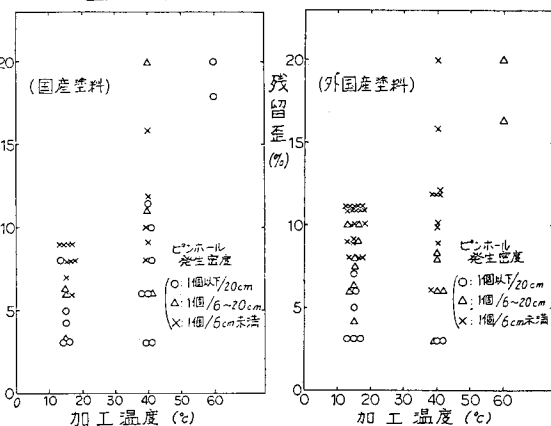


図-2 残留歪と加工温度の関係

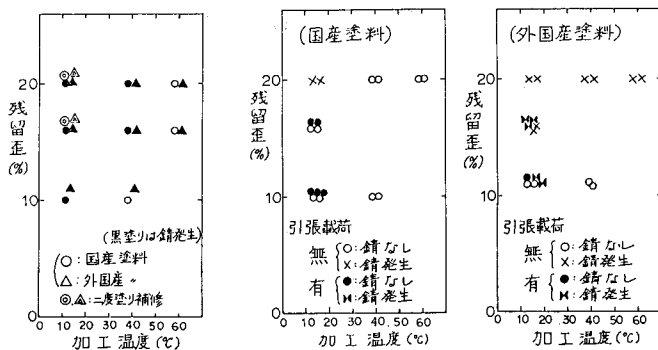


図-3 実験Ⅰの結果

図-4 実験Ⅱの結果

表-3 実測塩分量

円柱供試体の塩分量	林令14日後	0.82%
	腐食試験後	1.17%
両引供試体の塩分量	ひびわれ部以外	1.28%
	ひびわれ部分	1.36%

おそいと思われる。また、残留歪が10%程度以下の鉄筋がコンクリート中にある場合には錆の発生はないと思われる。表-3には、コンクリート中の塩分量を硝酸銀滴定法により求めた結果を示す。塩分量はコンクリート重量に対する百分率で表わした。促進試験前の値は0.82%であり、打設時の塩分量と同程度であった。また、海水の影響を受けるコンクリート部分では、かなり海水が浸透していることがわかった。最後に、本研究で使用したエポキシ樹脂塗装鉄筋は実験を始める段階で比較的良いと判断された樹脂を塗布したものであり、現在では、さらに樹脂の改善がなされていることを付け加える。謝辞：この実験に際し、御協力頂いた元4年生の榎原昇君に深く感謝致します。