

寒冷地におけるエポキシ樹脂塗装鉄筋の使用性に関する研究

東北大学 学生員 ○今井 滋

東北大学 正 員 三浦 尚

東北大学 学生員 大沢 健治

1 はじめに

近年 海洋環境下における鉄筋コンクリート構造物の建設の増加に伴い、構造物中の鉄筋の腐食の耐久性の低下が、重大な問題となっている。この問題に対する対策の一つとして、エポキシ樹脂用が考えられている。そこでエポキシ樹脂塗装鉄筋を北海道・東北等の寒冷地において使用する場合、低温時のエポキシ樹脂の性質の変化によるエポキシ樹脂塗装鉄筋の使用性の低下の可能性に關おくことが必要となる。したがって本研究では、エポキシ樹脂塗装鉄筋を冷間曲げ加工により生ずる張試験あるいは曲げ試験により発生させ、鉄筋の表面における欠陥の発生状態を観察すること及び乾燥及び海水中浸水の繰り返しを与える実験室内促進試験を行うことによる錆の発生状態を観察し、エポキシ樹脂塗装鉄筋の加工に関する使用性を検討した。

2. 実験概要

供試体として使用した鉄筋は、熱間圧延異形棒鋼(SD35)にエポキシ粉体を静電塗装して表面処理を行い、塗膜厚さを平均値200 μ 、最低値を150 μ とし、ピンホールを1 m 当り5個以下とした鉄筋である。実験は、(i)常温及び低温において鉄筋の直線部が許容応力度まで載荷を受けた場合の性状。(ii)鉄筋の冷間曲げ加工性。及び(iii)冷間曲げ加工を行った鉄筋が許容応力度まで載荷を受けた場合の性状。の三つに關して行った。(i)に關する実験は、常温の状態では引張試験機を用いて鉄筋を引張り、低温の状態では図-1に示す載荷装置により行った。(ii)に關する実験では、示方書に規定されている曲げ形状により、ラーメンの隅角部では4.8%、折曲鉄筋では9.1%、スターアップでは20.0%の残留歪が計算上では生じていることになっている。それに対応するように残留歪を与えることにより実験を行った。残留歪4.8%及び9.1%を与える方法としては引張試験機により鉄筋を引張る方法により、残留歪20.0%を与える方法としては実際に曲げることにより所定の残留歪を与えた。(iii)に關する実験は、(ii)において引張試験機を用いて引張ることにより所定の残留歪を生じさせた鉄筋に常温又は低温において許容応力度まで載荷し、載荷前後の表面の欠陥発生状態を比較した。又、表面の状態の観察方法は、(i)電解質の不凍液を用いる方法。(ii)ピンホール計を用いる方法。及び、(iii)目視による方法を用いた。電解質の不凍液を用いる方法とは図-2のように配線し、エポキシ樹脂の絶縁性の破壊を測定することにより塗装の状態を調べる方法である。なお、高温下で冷間加工により残留歪を与える方法としては、鉄筋を加熱槽に入れ温風を送風することにより、所定の温度を維持する方法を用いた。

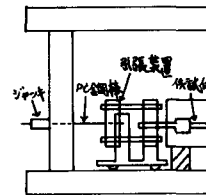


図-1 載荷装置

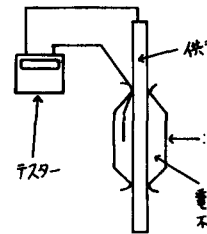


図-2 電解質の不凍液による

表-1 直線部の性状

試験温度	感知時の歪(a)	a/b	試験温度	感知時の歪(a)
常温 (+10℃ ~-15℃)	131×10 ⁻⁶	9.2	+40℃	100×10 ⁻⁶
	138×10 ⁻⁶	9.7		130×10 ⁻⁶
	150×10 ⁻⁶	10.5	0℃	175×10 ⁻⁶
	131×10 ⁻⁶	9.2		170×10 ⁻⁶
	152×10 ⁻⁶	10.6	-10℃	176×10 ⁻⁶
	169×10 ⁻⁶	11.8		120×10 ⁻⁶
	130×10 ⁻⁶	9.1	-30℃	170×10 ⁻⁶
	120×10 ⁻⁶	8.4		130×10 ⁻⁶
	100×10 ⁻⁶	7.0	-40℃	40×10 ⁻⁶
	130×10 ⁻⁶	9.1		
	175×10 ⁻⁶	12.2		
	170×10 ⁻⁶	11.9		

$$b = 2000 \times 15 / 2 \times 10^{-6} = 143 \times 10^{-6}$$

3 実験結果

- (i) 常温及び低温において樹脂塗装鉄筋直線部が許容応力度まで載荷を受けた場合の性状

電解質の不凍液を用いる方法により観察した。結果を表-1に示す。表中のAは各鉄筋の絶縁性の破壊を感知した時点における歪であり、又表中のBは地震時にS0.35が許容される歪である。%の値は-40℃で2.8と低下するものの、常温から-40℃の条件では直線部については問題ないと推察される。

- (ii) 樹脂塗装鉄筋の冷間曲げ加工性

この実験は樹脂塗装鉄筋に曲げ加工に対処する残留歪を生じさせ、電位差を1kVとしてピンホール計により調べた。鉄筋に対して乾燥及び海中で浸水の繰り返しを与えることによる錆発生を促進試験も行ったが、両方法ともに結果はほぼ同じ傾向を示すものの、電位差を1kVとしたピンホール計によるピンホール探知の方法が促進試験よりも安全側であることがわかった。電位差を1kVとしてピンホールを探知した結果を図-3に示す。図-3よりラウメンの隅角部では鉄筋を40℃以上に、折曲鉄筋では55℃以上に、スターアップの加工では70℃以上に加熱して曲げ加工する必要があることが推察される。

- (iii) 冷間曲げ加工した樹脂塗装鉄筋が常温及び低温において許容応力度まで載荷を受けた場合の性状

iii)において冷間曲げ加工時に必要な温度が推察されたので、ラウメン隅角部における曲げ内半径10φ(φ:鉄筋直径)に相当する残留歪5.0%程度の加工を行った鉄筋及び、折曲鉄筋における曲げ内半径5φに相当する残留歪10.0%程度の加工を行った鉄筋に対し、常温あるいは低温で載荷を行い、載荷前後でピンホール数の変化を比較した。載荷は、2700kg/cm²の引張応力度が発生するまで行った。結果を表-2に示す。表-2より加工時に40℃で5.0%程度の残留歪を生じさせた鉄筋では載荷時の温度によらず載荷後ピンホールが増加しているのに対し、50℃で5.0%程度の残留歪を生じさせた鉄筋では載荷時の温度が-30℃の時にのみピンホールが増加していること。及び60℃で10.0%程度の残留歪を生じさせた鉄筋では載荷時の温度が-30℃の時にのみピンホールが増加しているのに対し、80℃で10.0%程度の残留歪を生じさせた鉄筋では載荷時の温度によらず載荷後ピンホールの増加が認められないことが把握できる。

4. 考察

3-(i)よりエポキシ樹脂塗装鉄筋の直線部の使用性は、使用時の温度に関係なく十分に良いことが推察される。次に、冷間曲げ加工を行う場合であるが、3-(ii)で得られた結果より、著者は図-3のようにピンホールの発生を示す境界線が存在すると推察した。さらに3-(iii)で得られた結果を考察することにより、図-3に示した境界線より多少なりとも高い温度で冷間曲げ加工をすることにより、寒冷地でも問題のない使用性が確保されることが推察される。

4. 考察

3-(i)よりエポキシ樹脂塗装鉄筋の直線部の使用性は、使用時の温度に関係なく十分に良いことが推察される。次に、冷間曲げ加工を行う場合であるが、3-(ii)で得られた結果より、著者は図-3のようにピンホールの発生を示す境界線が存在すると推察した。さらに3-(iii)で得られた結果を考察することにより、図-3に示した境界線より多少なりとも高い温度で冷間曲げ加工をすることにより、寒冷地でも問題のない使用性が確保されることが推察される。

最後に、エポキシ樹脂塗装鉄筋の提供その他種々御協力頂いた佐友金属株式会社に謝意を表します。

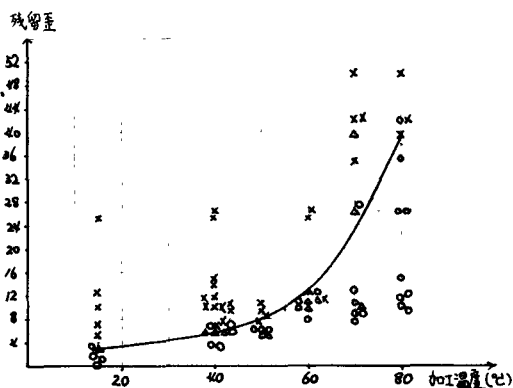


図-3 加工温度と残留歪の関係

- 鉄筋20cmにピンホール1個以下の供試体
△ 局所的(1個/6cm以上)にピンホールが発生したが、錆の発生は見られない供試体
× 一様(1個/6cm未満)にピンホールが発生し、錆の発生の可能性のある供試体

表-2 冷間加工を行った鉄筋の載荷前後のピンホール数の変化

加工温度	載荷温度	残留歪(%)	ピンホール数(1kV)	
			載荷前	載荷後
40℃	常温(40℃)	5.4	△(2/24)	×(5.5/20)
	0℃	5.4	○(0.1/20)	○(1.1/20)
	-30℃	5.8	○(0.1/20)	○(0.2/20)
	-30℃	3.9	○(1.0/20)	○(1.1/20)
	-30℃	3.6	○(0.0/20)	△(1.3/20)
50℃	常温(15℃)	5.8	○(1.0/17)	○(1.0/17)
	0℃	5.0	○(0.0/16)	○(0.0/16)
	-30℃	5.0	○(1.0/17)	○(0.0/16)
	-30℃	5.8	○(0.2/17)	△(1.3/17)
	-30℃	5.8	○(0.2/17)	△(1.3/17)
60℃	常温	10.0	△(2.2/23)	△(2.2/23)
	0℃	10.6	○(1.0/20)	○(1.0/20)
	-30℃	11.3	○(0.9/20)	△(1.2/20)
80℃	常温(15℃)	15.0	○(0.0/20)	○(0.0/20)
	0℃	11.7	○(0.0/20)	○(0.0/20)
	-30℃	12.1	○(0.0/20)	○(0.0/20)

* () 中の数字はピンホールの数を示し、分母は観察した範囲を7つの数で示す。270mmの間隔は1.2cmである