

第3章 塗膜の密着性が劣る塗装鉄筋塗膜の 疲労耐久性に関する検討

3.1 概要

第2章では、現在、土木学会「エポキシ樹脂塗装鉄筋を用いる鉄筋コンクリートの設計施工指針¹⁾」に基づいて使用されるエポキシ樹脂塗装鉄筋としては、塗膜が十分密着している場合、一般的なRC床版の状況を想定した応力変動下において、樹脂塗膜の擦れに対する疲労の観点から耐久性に問題が少ないことを示した。一方で塗装鉄筋の場合、下地処理や予熱・熱硬化の温度管理など、製品の性能に影響することが考えられる施工品質について、一見してもピンホールの発生が明らかなもの以外は不明である。例えば下地処理の不良は鉄素地との密着性低下、温度管理の不良は塗膜本来の伸び率を含む性能が発揮できない(ガラス転移点測定によって判定可能)ということになる。さらに、曲げ加工性がかろうじて合格するレベル(試験温度に依存する)でも密着不良や温度管理不足は長期の耐食性に影響する。塗膜の密着性が劣る場合、疲労試験では2章で述べた擦れによる損傷ではなく、剥がれ等による損傷が発生する可能性も排除できない。また現在の品質規定は、必ずしも疲労耐久性を保証する観点から提示されたものでない。

以上より本研究では、塗装鉄筋塗膜の疲労耐久性に影響を生じさせることが懸念される項目として、塗膜の密着性が劣る塗装鉄筋について規準どおりの塗膜厚を塗装し、疲労耐久性が確保できるか確認した。

3.2 塗膜の密着性が劣る塗装鉄筋の検討

3.2.1 塗膜の密着性が劣る塗装鉄筋

本試験では塗装鉄筋の耐久性を低下させる要因として、下地処理の程度と塗装時の予熱温度に着目することとした。

①下地処理(ブラスト)の研掃密度を通常の6割程度に低下させた場合

②塗装時の予熱温度を塗料の使用で定められた温度の9割程度にした場合

として試験材を製作した後、ピンホール試験を行った。結果を表3.2.1に示す。パラメータ①+②では土木学会基準(5個/m)を上回った。

表 3.2.1 ブラスト、予熱温度を変化させた塗装鉄筋のピンホール試験の結果

	正規の温度	やや低い温度
正規のブラスト	0.3 個/m	3.7 個/m
ブラストやや不良	4.3 個/m	7.3 個/m

※土木学会合格基準¹⁾は5個/m以下

以上より、ブラスト処理、予熱温度のパラメータそれぞれが、ピンホール試験の結果に影響を与えることが伺える。またブラスト処理と予熱温度の両方を低下させた場合は、相乗的な影響がある。したがってこれら試験対象として塗装鉄筋を製作することとした。試験対象とした供試体を表3.2.2に示す。

表 3.2.2 試験対象とした供試体

		予熱温度	
		正規	やや低い
ブラスト	正規	N(2)	B(2)
	やや不良	A(2)	AB(3)

()内は供試体製作数を示す。

試験対象とする塗装鉄筋に対して、土木学会「エポキシ樹脂塗装鉄筋を用いる鉄筋コンクリートの設計施工指針¹⁾」に基づき、エポキシ樹脂塗装鉄筋の品質規準により表 3.2.3 に示す項目の試験を行った。

表 3.2.3 試験項目

試験の名称	基準	内 容
外観	JSCE-E 521-2003	目視観察
ピンホール	JSCE-E 512-2003	乾式・1000V
塗膜厚	JSCE-E 513-2003	平部にて表裏で 98 点を測定
耐衝撃性	JSCE-E 514-2003	1.8kg, タップ先φ9の円柱を17cm上から落錘
曲げ加工性	JSCE-E 515-2003	20℃×φ1.5r×180°
硬化性	JSCE-E 519-2003	硬度Fの鉛筆で引っかく

3.2.2 材料試験結果

1) 外観・ピンホール・塗膜厚

付表 3.2.4 塗装鉄筋の外観、膜厚、ピンホール試験結果

No	長さ (mm)	外観	ピンホール		塗膜厚(μm)			判定
			発生数	発生数/長さ	平均	標準偏差	範囲外頻度 (%)	
A1	2000	塗膜が均一でたれ、突起、異物付着を認めない	6 個	3.0 個/m	206	21.0	4	合格
A2	〃	同上	7 個	3.5 個/m	212	26.3	10	合格
B1	〃	同上	5 個	2.5 個/m	205	20.4	7	合格
B2	〃	同上	3 個	1.5 個/m	212	23.5	9	合格
AB1	〃	同上	12 個	6.0 個/m	211	19.5	4	不合格
AB2	〃	同上	19 個	9.5 個/m	232	21.2	8	不合格
AB3	〃	同上	13 個	6.5 個/m	210	20.1	6	不合格
N1	〃	同上	0 個	0 個/m	217	27.0	4	合格
N2	〃	同上	1 個	0.5 個/m	221	29.8	10	合格

(適用) 1.ピンホール … 5 個/m 以下

2.塗膜厚 … 塗膜厚が 220 ± 20 μm の範囲で、かつ測定値の 90%が範囲内にあること
測定点は表裏で各 98 点ずつ測定した

試験結果を表 3.2.4 に示す。外観と塗膜厚は規準の範囲内で合格した。ピンホールは AB1、2、3 の 3 本で基準値の範囲外であった。その他は範囲内で合格していた。

2) 耐衝撃性

試験結果を表 3.2.5 に示す。試験では各塗装条件 1 種類につき 1 本の鉄筋で 5 ヶ所の打刻を行った。すべての試験材で耐衝撃性は規準を満足していた。

表 3.2.5 耐衝撃性試験結果

塗装条件	基準					判定
	1	2	3	4	5	
A	○	○	○	○	○	合格
B	○	○	○	○	○	合格
AB	○	○	○	○	○	合格
N	○	○	○	○	○	合格

(摘要)○…打刻部に塗膜のわれは認められなかった。

3) 曲げ加工性

試験結果を表 3.2.6 に示す。試験では各塗装条件 1 種類につき 5 本の鉄筋を 20 °C × 1.5r で曲げ加工した。塗装条件 A ではクラック発生率が規準値の 20% を超えた。その他は規準値を満たしていた。

表 3.2.6 曲げ加工性試験結果

塗装条件	基準					クラック発生率	判定
	1	2	3	4	5		
A	D12	D1	D1	D4	D3	60 (%)	不合格
B	○	○	○	○	○	0	合格
AB	○	○	○	○	○	0	合格
N	D1	○	○	○	○	0	合格

(摘要)1.クラック発生数にはクラックのタイプ(A,B,C,D,E)およびその発生数を脇に添えて示した。

2.クラック発生率 20%以下であること

4) 硬化性

試験結果を表 3.2.7 に示す。試験では各塗装条件 1 種類につき 5 本の鉄筋を硬度 F の鉛筆で引っかいた。すべての試験材で耐衝撃性は規準を満足していた。

表 3.2.7 硬化性試験結果

塗装条件	基準					判定
	1	2	3	4	5	
A	○	○	○	○	○	合格
B	○	○	○	○	○	合格
AB	○	○	○	○	○	合格
N	○	○	○	○	○	合格

(摘要)○…鉛筆 F で塗膜に傷が付かない

5) まとめ

試験結果一覧を表 3.2.8 に示す。実構造物に塗装鉄筋を適用する場合、ブラストをやや不良とした A は曲げ加工性試験で、ブラストと予熱温度をやや不良とした AB はピンホール試験で除外できることとなった。次節の疲労試験では、塗装鉄筋単体の試験結果が合格となった B については 2 本とも、A、AB については 1 本ずつ疲労試験を実施し、塗膜の密着性が劣る塗装鉄筋の疲労耐久性を確認する。また比較のため N についても 1 本疲労試験を実施する。

表 3.2.8 試験結果一覧

塗装条件	試験項目					総合判定
	ピンホール	塗膜厚	耐衝撃性	曲げ加工性	硬化性	
A	○	○	○	×	○	不合格
B	○	○	○	○	○	合格
AB	×	○	○	○	○	不合格
N	○	○	○	○	○	合格

(摘要)○…各試験で合格

×…各試験で不合格

試験に先立って、塗膜厚さを測定した。図 3.2.9 に塗膜厚の測定位置を示す。一断面で 4 点測定することとし、[b]および[d]は節とリブの交差部の片側のみとする。なお、試験に供する塗装鉄筋のうち、各タイプ毎に 1 本は全長に渡って測定することとし、その他はひびわれ発生部付近についてのみ測定することとした。