

2.4 塗装鉄筋の塗膜厚ばらつき調査

2.4.1 目的

2.2.3 では、塗装鉄筋の疲労試験を行った後、試験後の塗装鉄筋の塗膜厚を調べ、無試験の供試体と比較することで塗装鉄筋に疲労が発生しているかどうかを調べた。しかし、通常の塗装鉄筋塗膜厚さのばらつきを調べた試験結果等はないため、どの程度ばらつきがあるのかを把握しておらず、どの程度の塗膜厚減少があったかは定量的に示せていない。

そこで本調査は、同一に製作された塗装鉄筋の塗膜厚さを調査し、塗装鉄筋塗膜厚さのばらつきの程度を明らかにする。

2.4.2 調査方法

(1) 塗装鉄筋の種類

① 種類と本数

試験材を1ロット(D16の場合、1ロットは12本程度)から3本抜くことは困難であるため、テスト材として製作する。対象本数は、3本とし、Pr1～Pr3とした。

② 鉄筋径

疲労試験の対象としたD16とする。

(2) 塗膜厚測定位置

① 断面の測定位置

鉄筋の断面および平面の測定位置を図2.4.1に示す。なお、[b]および[d]は節とリブの交差部とし、その両側ではなく片側のみとする。

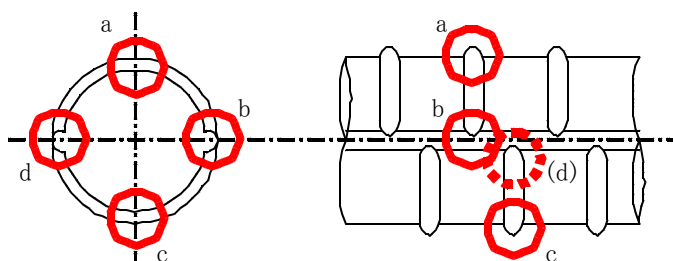


図 2.4.1 (a) 塗膜厚の測定位置(鉄筋の断面方向)

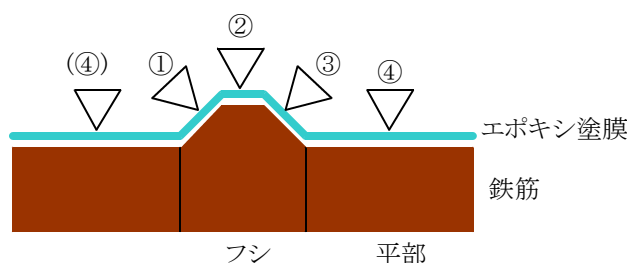


図 2.4.1 (b) 塗膜厚の測定位置(鉄筋の軸方向)

②軸方向の測定位置

軸方向の測定は、供試体の長さ 60cm とする。

(3)測定方法

塗膜厚測定機を用いて測定する。なお、供試体毎に測定位置を同位置にすることは困難であるため、前項の定めに従い大体の位置を決めた後、無作為に測定(厚い箇所や薄い箇所を選ばない)する。

2.4.3測定結果

図 2.4.2 に全測点の塗膜厚の累積頻度分布を示す。また表 2.4.1 に全測点の平均値、標準偏差、最大値、最小値を示す。

以上より同一ロットで製作された塗装鉄筋でも、塗膜厚の分布のばらつきが大きく、前節の疲労試験で減少した可能性のある 20 μm 程度の量は、製品のばらつきによって生じる程度の差であると考えられる。

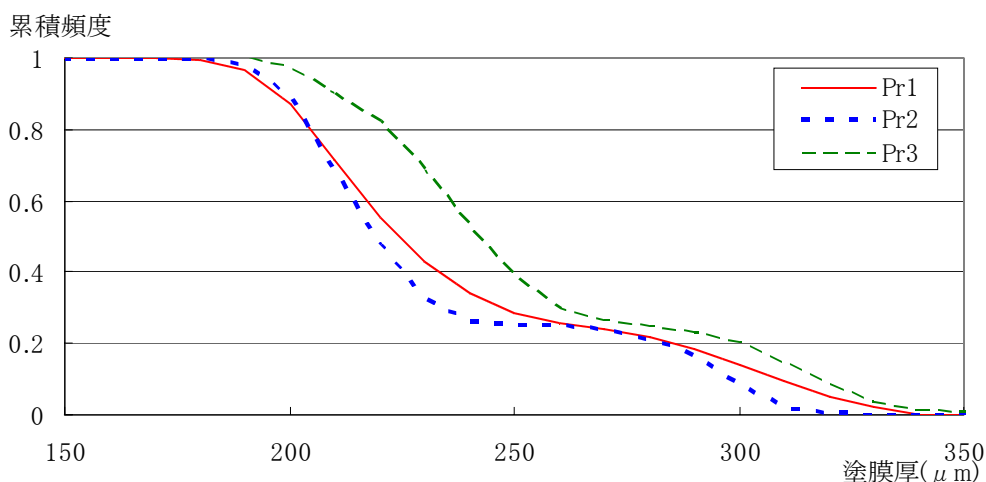


図 2.4.2 塗膜厚の累積頻度分布

表 2.4.1 塗膜厚の平均値、標準偏差、最大値、最小値 (μm)

| | Pr1 | Pr2 | Pr3 |
|------|-------|-------|-------|
| 平均値 | 239.0 | 234.1 | 253.3 |
| 標準偏差 | 41.4 | 37.2 | 39.0 |
| 最大値 | 351 | 331 | 359 |
| 最小値 | 178 | 182 | 183 |

2.5 まとめ

供試体解体の結果、図 2.5.1 に示す位置で、既往の文献²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾¹⁰⁾では報告されていない

ひびわれ付近のコンクリート面に塗膜のこすれの跡(エポキシ樹脂塗装の青い粉の付着)が見られた。

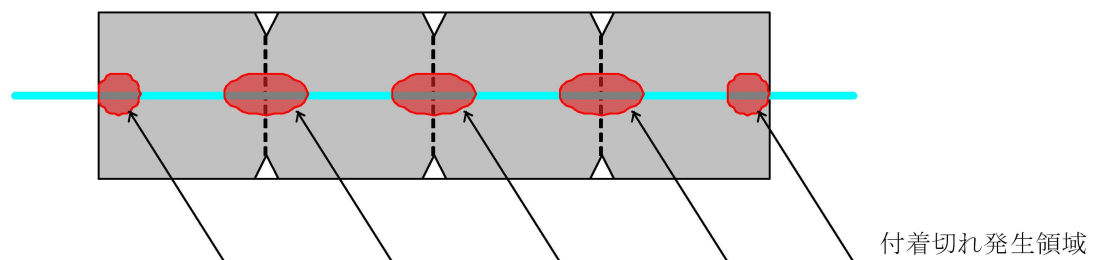


図 2.5.1 付着切れの発生した領域

既往の研究は、梁供試体による定点载荷であったり、両引き試験でも载荷回数が少ないなど、一概に比較はできない。しかし両引きで、200 万回～ 400 万回と鉄筋の疲労耐久性と同等以上の試験を実施した場合、ひびわれの影響により、塗膜とコンクリートとの間で変状が生じる結果となった。

塗膜が十分な強度で鉄筋に付着している場合、ひびわれ発生位置付近では塗膜に切れ等の変状が生じることが考えられる。一方、塗膜と鉄筋の付着が完全に切れて鉄筋が伸縮している状態では、塗膜はコンクリートと同じ動きをするため、コンクリート供試体に塗料粉体の付着は生じない。以上のことから、コンクリートに粉体塗料の付着が生じているということは、鉄筋と塗膜は適度に付着しており、コンクリートと鉄筋の相対変位の大きいところで塗膜がこすれていると考えられる。

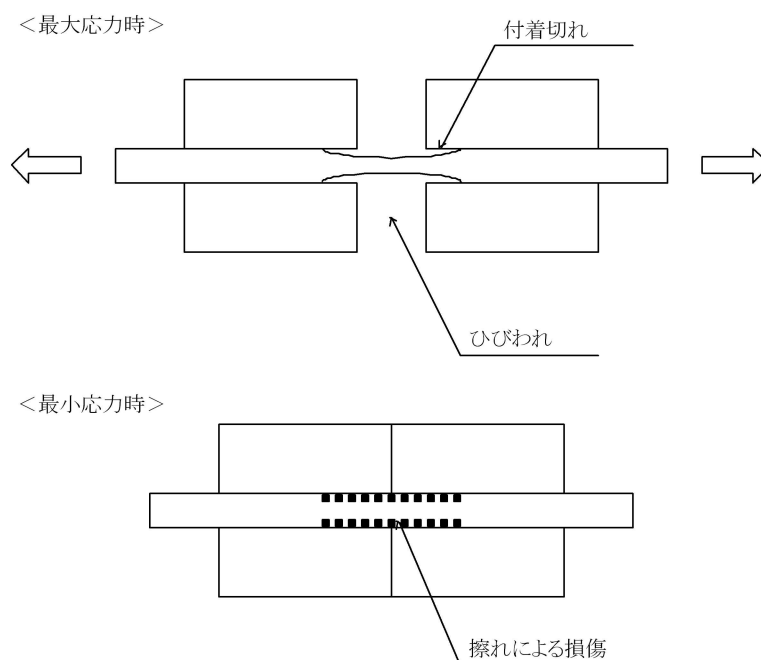


図 2.5.2 塗料付着メカニズムの模式図

ひびわれ部の粉体は、主としてひびわれから 5cm 程度と、コンクリート端部の塗装鉄筋フシ部付着している。写真 2.5.1 に解体後のコンクリート面への塗膜の付着状況の例を示す。これらは 2.2.3 で述べたように、ひびわれ貫通後に変位が大きくなったこと、鉄筋

の抜け出し量が増加する傾向にあったこと、コンタクトゲージの計測値が大きくなる傾向にあったことから、ひびわれ部やコンクリート端部で付着切れが発生し、相対変位が大きくなっていることが推測できる。

一方、写真 2.5.2 に示すように、鉄筋の塗膜自体は、相対変位量の違い等によると考えられる擦れ跡は見られたが、鉄筋素地の広範囲にわたる露出等の著しい損傷はなかった。

これらについて、以下のように考えられる。ひびわれ付近が付着切れした塗装鉄筋供試体に繰返し荷重が作用すると、図 2.5.2 に示すように、ひびわれ部が最大応力時に開き、最小応力時に閉じる状態が繰り返される。すなわち、鉄筋に大きい引張力が作用した場合には、図 2.5.3 に示すように、塗膜とコンクリート間のわずかな摩擦力と、節部の支圧力により引張力に抵抗することになる。この場合、ほぼ引張力に相当する支圧力が節部に作用し、摩擦による分担がないものと仮定すると、節部の塗膜及びコンクリートには、最大で 600N/mm^2 にも達する支圧応力が発生する。その結果、表面の塗膜表面、及びコンクリートの表面に局所的な破壊が進行することによって鉄筋の全長方向への荷重分担が進むと予想される。



写真 2.5.1(a) 解体後の塗膜の付着状況の例



写真 2.5.1(b) 解体後の塗膜の付着状況の例



写真 2.5.2 解体後の塗膜の損傷の例

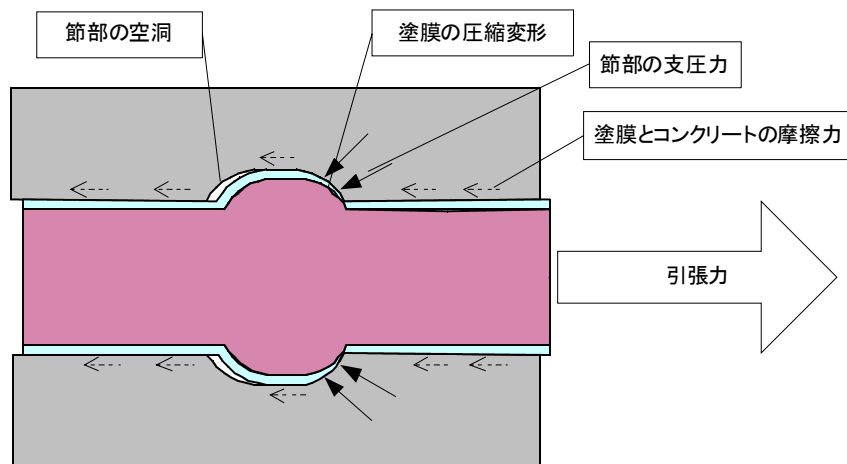


図 2.5.3 フシ部の付着切れ

付着力以上の力で繰返し荷重が作用した場合には、平坦な部分はこすれが繰返され、塗膜及びコンクリート表面のすり減りが発生し、解体後すり減りによって生じた塗膜及びコンクリートの粉末が確認できたものと想定される。また膜厚測定の結果、著しく膜厚が減少している箇所は、いずれもひびわれ発生位置付近であり、コンクリートに塗料粉体の付着が見られる。これらはコンクリートと鉄筋の相対変位の大きさによると考えられるが、今回の実験では鉄筋とコンクリートの相対変位は計測できておらず、分析することはできなかった。一方で、今回疲労試験を行った供試体に対し耐食性試験を実施した結果、すべて平均発錆面積率が 0.5%以内であり、これらは新設で用いる塗装鉄筋としての土木学会基準⁹⁾を満足している。したがって今回の条件では塗装鉄筋は疲労により塗膜に損傷を受けるが、塗膜厚の減少による防錆効果の低下は、耐久性上問題にはならない程度であると考えられる。

なお、D16-4 については、ひずみゲージの計測値、コンタクトゲージによる計測値、クランクスケールによる計測値から、曲げ等による影響が疑われた。しかし、塗膜厚の減少や耐久性試験における錆の発生に違いは見られなかった。

塗膜厚の減少量については、同一ロットで製作された塗装鉄筋でも、20 μm 程度の差が生じており、今回の試験結果から定量的に表現することはできなかった。

鉄筋コンクリート供試体における両引き試験では、上限値を $180\text{N}/\text{mm}^2$ として疲労载荷を行ってもひびわれの著しい進展が見られなかった。曲げ等による影響が疑われる供試体もあったが、結果に著しい差異は認められなかった。塗膜の疲労性状の確認試験としては、鉄筋の疲労試験として必要な回数の 200 万回载荷試験とその倍の 400 万回载荷試験でも塗膜厚の分布に差はなく、塗膜の疲労試験としては 200 万回载荷程度で十分と考えられる。

参考文献

- 1) 阪神高速道路公団，阪神高速道路管理技術センター：道路橋 RC 床版のひびわれ損傷と耐久性，1991.12.
- 2) 武若耕司，伊藤利治，小林一輔：エポキシ樹脂被覆鉄筋を使用した RC 梁の曲げ性状，コンクリート工学年次論文報告集 2，1980.

- 3) 小林茂敏, 片脇清士, 他: 樹脂塗装鉄筋に関する調査及び試験(2), 土木研究所資料第 2041 号, 1984.3.
- 4) 小林茂敏, 丹野弘, 他: 樹脂塗装鉄筋に関する調査及び試験(3), 土木研究所資料第 2211 号, 1985.3.
- 5) 太田利隆, 服部健作, 福井晃: エポキシ樹脂被覆鉄筋の継手に関する疲労試験, 土木学会年次学術講演会講演概要集第 5 部 Vol39, pp.71-72,1984.
- 6) 坂本信義, 岩崎訓明: 低温下におけるエポキシ樹脂塗装鉄筋の塗膜の耐疲労性について, 土木学会年次学術講演会講演概要集第 5 部 Vol41, pp.323-324,1986.
- 7) 守分敦郎, 辻清: 厚膜型エポキシ樹脂塗装鉄筋を用いた供試体の疲労特性について, 土木学会年次学術講演会講演概要集第 5 部 Vol43,pp.586-587,1988.
- 8) 石本陽一, 島弘: 定着鉄筋の伸び出し量に対する荷重速度の影響, コンクリート工学年次論文報告集, Vol16,No.2,1994.
- 9) 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, 2003.11.
- 10) 小林茂敏, 片脇清士, 他: 樹脂塗装鉄筋に関する調査および試験(1), 土木研究所資料第 1819 号, 1982.3.