

# V-268 一定ひびわれ幅を有する鉄筋コンクリート暴露供試体中の鉄筋の腐食

首都高速道路公団 正員 植木 博 正員 佐々木一哉 正員○井野勝彦  
住友建設技術研究所 正員 山内博司

## 1. まえがき

鉄筋コンクリート部材の設計計算では、部材引張り部のコンクリートを無視して計算が行なわれているため、部材引張り部のコンクリートにひびわれが生じて、耐力上何ら問題はないとされている。しかし、ひびわれ幅が過大となると、内部の鉄筋が腐食しやすくなり、時間の経過とともに構造物の耐力の低下をまねくことが予測される。コンクリート標準示方書では許容ひびわれ幅を規定しているが、鋼材の腐食が進行し、構造物の耐力が低下する危険性が生じるようなひびわれ幅の限界値については、まだ解明されていない。

本研究は、鉄筋コンクリート部材に所定のひびわれ幅を生じさせた状態で一定期間屋外に放置した後、コンクリート部材の耐力に影響をおよぼす鉄筋の腐食状態およびコンクリートの中性化深さを調査したものである。

## 2. 供試体

ひびわれの生じた鉄筋コンクリート部材が暴露によって耐力低下におよぼす要因としては、①暴露期間 ②ひびわれ幅 ③かぶり ④鋼材比 ⑤環境条件 ⑥コンクリートの品質が考えられる。④⑤⑥については一定とし、表-2.1に示す供試体を作成した。

ここで、タイプAは標準型としてかぶり3cmの一段配筋であり発生させたひびわれ幅は0.1m/m(A<sub>0.1</sub>)、0.2m/m(A<sub>0.2</sub>)、0.3m/m(A<sub>0.3</sub>)の三種類とした。タイプA<sub>EPX</sub>はタイプAに0.3m/mのひびわれを発生させてそこにエポキシ樹脂を注入したものである。タイプCはかぶりを標準型(タイプA)の2倍の6cmとしている。タイプKは、かぶりを1cm(K1)と5cm(K5)と大きく変化させたものである。図-2.1に各供試体の配筋および寸法を示す。また、コンクリートの配合表を表-2.2に示す。

## 3. 暴露状態

### 1) 暴露状態

図-3.1に示すように2体の供試体を1組としてコロを介してPC鋼棒で緊張することにより、所定のひびわれ幅を暴露期間中保持するようにした。また、供試体の暴露時の状態は、三寸角のまくら木の上に平面的に並べた。

### 2) 暴露場所

暴露場所は、昭和47年度から昭和63年度まで17年間は大田区羽田、平成元年度から平成5年度の5年間は市川市行徳である。大気調査(二酸化イオウ、飛来塩分)の結果、羽田は都庁前(昭和57年当時)の交差点付近と類似しており相当厳しい環境といえ、また、行徳は羽田より若干良い環境にあるが羽田よりも海に近いいため塩分が若干多いと思われる。

表-2.1 供試体一覧表

| タイプ              | ひびわれ幅 (mm) | 製作年度        | 暴露年数             | 備考             |
|------------------|------------|-------------|------------------|----------------|
| A <sub>0.1</sub> | 0.1        | 48年         | 0 10 20          | 標準型<br>かぶり 3cm |
| A <sub>0.2</sub> | 0.2        | 47" 48" 49" | 0 1.2 5 10 15 20 |                |
| A <sub>0.3</sub> | 0.3        | 47" 48" 49" | 0 1.2 5 10 15 20 |                |
| A <sub>EPX</sub> | 0.3        | 49"         | 0 5 15           | エポキシ注入         |
| C                | 0.3        | 48" 50"     | 0 1 7 10 15      | かぶり 6cm        |
| K1               | 0.3        | 51"         | 0 6 10           | かぶり 1cm        |
| K5               | 0.3        | 51"         | 0 6 10           | かぶり 5cm        |

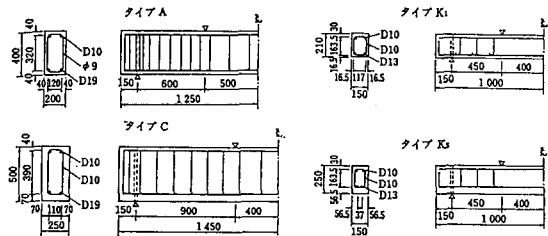


図-4.1 供試体の配筋および寸法

表-2.2 コンクリートの配合表

| 目標強度       | G max (mm) | スラブ (mm) | W/C (%) | S/a (%) | 単位重量 (kg/m³) |     |     |      |
|------------|------------|----------|---------|---------|--------------|-----|-----|------|
|            |            |          |         |         | W            | C   | S   | G    |
| 280kgf/cm² | 25         | 11       | 59      | 43.1    | 179          | 303 | 805 | 1097 |

※ セメント：普通ポルトランドセメント  
※ 混和材：未使用

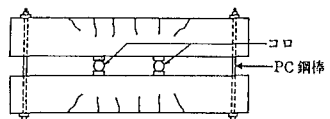


図-3.1 暴露中の供試体の状態

## 4. ひびわれ部分および鉄筋周辺の中性化深さ

コンクリートの中性化は空気中の  $\text{CO}_2$  によって生ずるため、ひびわれ部分にも空気の流入により、ひびわれ周辺で中性化が進行するか調査をしたが、生じていなかった。これはひびわれ内に堆積物が生じ、外部から  $\text{CO}_2$  の侵入が妨げられているためと考えられる。

## 5. 鉄筋の腐食

## 1) 鉄筋が発錆する暴露年数

ひびわれの生じている鉄筋コンクリート部材中の鉄筋が発錆する要因として、暴露年数、ひびわれ幅、かぶり、環境条件等が考えられる。鉄筋の腐食要因を考慮した供試体から、本実験の環境下における鉄筋が発錆する暴露年数とひびわれ幅の関係を表-5.1に示す。

表-5.1 鉄筋の発錆時期

| 暴露年数 | 発錆した鉄筋のかぶりおよびひびわれ幅      |            |
|------|-------------------------|------------|
| 1 年  | ひびわれ幅 0.3m/m、かぶり 2cmが発錆 |            |
| 2 年  | " 0.3m/m、               | " 3cmが "   |
| 5 年  | " 0.3m/m、               | " 6.5cmが " |
|      | " 0.2m/m、               | " 3cmが "   |
| 10 年 | " 0.1m/m、               | " 3cmが "   |

表-5.1より、同一のひびわれ幅ならばかぶりが大きい程鉄筋の発錆が遅くなり、同一のかぶりでもひびわれ幅が小さい程発錆が遅くなることが確認できた。ただし、これらの錆の状態は暴露期間が20年であってもすべて浮き錆程度であった。

## 2) 鉄筋の腐食度合いの定量的検討

鉄筋の腐食度合いを定量的に示す方法として、建設省1851号（昭和57年7月）に示されている腐食長さ率（鉄筋の全長に対する鉄筋の腐食している部分の長さの合計の比）がある。表-5.2

表-5.2 各供試体の腐食長さ率

| 供試体  | 暴露年数 | ひび幅    | かぶり | 腐食長さ率 | 10年時の腐食長さ率 |
|------|------|--------|-----|-------|------------|
| A    | 20年  | 0.1m/m | 3cm | 5.8%  | 4.7%       |
|      |      | 0.2m/m |     | 18.6% | 11.4%      |
|      |      | 0.3m/m |     | 19.7% | 12.3%      |
| AEXP | 15年  | 樹脂注入   | 3cm | 0%    | 0%         |
| C    | 15年  | 0.3m/m | 6cm | 10.6% | 10.6%      |
| K1   | 10年  | 0.3m/m | 1cm | 75.5% | 75.5%      |
| K5   | 10年  | 0.3m/m | 5cm | 10.5% | 10.5%      |

は最長暴露期間の経過した時点と暴露期間10年での各供試体腐食長さ率を示す。

図-5.1にひびわれ幅0.3m/mで暴露期間10年におけるかぶりと腐食長さ率の関係を示す。これより、かぶりが1cmでは腐食長さ率が75%にも達しているが3cm以上では10~15%と激減しているのがわかる。

図-5.2にはかぶりが3cmにおけるひびわれ幅0.1, 0.2, 0.3m/mの場合の腐食長さ率と暴露年数の関係を示す。これより、①ひびわれ幅が大きくなる程腐食長さ率が增大しているが、ひびわれ幅が0.2m/m以上では大きな差はみられない。これは静的な暴露であるため、コンクリートの中性化が鉄筋まで達していないかぎりひびわれ内に堆積物が生じ、外部から遮断されるため鉄筋の腐食が進行しないと考えられる。②暴露年数の増加にともない腐食長さ率も増大しており、ひびわれ幅が0.2, 0.3m/mの場合は顕著である。なお、0.2, 0.3m/mの場合、暴露年数15年と20年で腐食長さ率が大きく増加しているのは暴露場所を海に近い場所に移動したためでひびわれの生じている鉄筋コンクリート部材の鉄筋の発錆に対しては塩分の影響はひびわれのない場合よりも大きいと考えられる。その他、タイプAEXPは、ひびわれに樹脂注入を施してあるため暴露期間15年までは全く錆が発錆しておらず、樹脂注入が鉄筋の腐食防止に有効であることが確認できた。

## 6. おわりに

コンクリートのひびわれ幅の影響を受けて耐力の低下に影響する鋼材の腐食が生じている。これは、かぶりが小さく、ひびわれ幅が大きいと顕著である。したがって、適切なかぶりをとり、鋼材の引張り応力を適切に設定することにより、耐久性のある鉄筋コンクリート部材ができると考えられる。

本報告は、20年間の調査結果をまとめたものであり、当初計画された方々を初めとして貴重な御意見、御協力を頂いた方々に厚く感謝いたします。

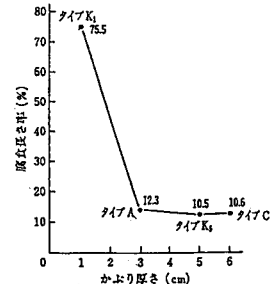


図-5.1 かぶりと腐食長さ率の関係（暴露10年、ひび幅0.3m/m）

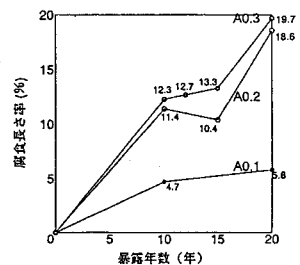


図-5.2 暴露年数と腐食長さ率の関係（かぶり3cm、ひび幅0.1, 0.2, 0.3m/m）