

構造物表面の腐食ひび割れ性状を入力値としたコンクリート内部の鋼材腐食の推定

コンクリート研究室 北園 大和

本研究では、約35年間塩害環境に晒され劣化したプレテンションPC桁橋の載荷試験結果を用いて、外観より得られる劣化情報である表面ひび割れの状況と、内部の鋼材の腐食状況との関係を検討した。その結果、外観調査より得られる腐食ひび割れ幅のデータからコンクリート内部の鋼材腐食量（平均値）を概ね把握できる可能性を示すことができた。さらに本研究では、実構造物で見られたひび割れ性状について、実験室内における腐食試験を実施し、鋼材腐食と腐食ひび割れの関係について検討した。それらの結果、隣接した鋼材が腐食したことにより発生した内部ひび割れが表面ひび割れ幅に影響を与えることを示唆する結果となった。

1. はじめに

近年、鋼材腐食が生じたコンクリート構造物の耐荷性能の低下を定量的に評価する研究が数多く行われている。実構造物では構造物内部の鋼材の腐食状況を詳細に知ることができないので、外観の劣化状況や限られた非破壊試験、微破壊試験などにより得られた情報から、内部の劣化状況を推定し、残存性能を評価しなければならない。

本研究では、約35年間塩害環境に晒され劣化したプレテンションPC桁橋（鱗崎橋）の載荷試験結果を用いて、表面ひび割れの状況と、内部の鋼材の腐食状況との関係を検討する。その結果に基づき、表面のひび割れ状況から内部の鋼材の腐食状況の推定方法について検討を行う。また、鱗崎橋で見られたひび割れ性状について、さらに検討を行うため実験室内における腐食試験を実施した。

2. PC桁の調査

(1) 対象橋梁

既報において、新潟県糸魚川市能生で供用されていた鱗崎橋の解体調査結果を報告している。鱗崎橋はプレテンションPC四主桁橋で、海岸から約15mの距離に位置していたため、塩害による鋼材腐食が進行していた。図1に試験体の断面図を示す。下フランジにはφ2.9の2本より線が32本、φ2.9の単線が2本、それぞれ配筋されていた。

(2) 腐食による表面ひび割れ性状と鋼材腐食の関係

下フランジにおいて腐食ひび割れは下面と側面およびハンチ部分のすべてまたはいずれかに発生していたため、軸方向の各区間におけるひび割れ幅の合計値を用いて検討する。

まず、図2に桁の軸方向500mmピッチの各区間における下フランジの最も下段に配置された鋼材の質量減少率の平均値と下面に発生した腐食ひび割れ幅の平均値の関係を示す。

このデータ整理ではばらつきが大きく両者に明瞭な関係は得られなかった。次に、図3に同じく桁の軸方向500mmピッチの各区間内の全鋼材の質量減少率の平均値と全腐食ひび割れ幅の平均値の関係を示す。ここで腐食ひび割れ幅は、下面と側面およびハンチ部分に発生した腐食ひび割れ幅の値を平均したものである。このデータ整理により、質量減少率と腐食ひび割れ幅の間に概ね線形関係がみられた。

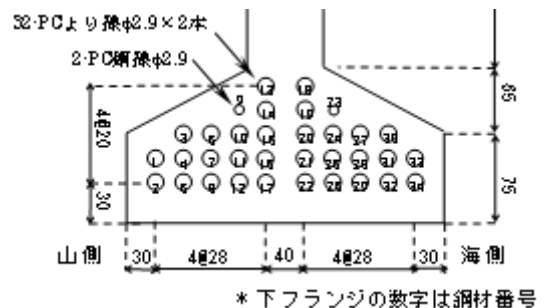


図1 主桁下フランジの断面配筋図

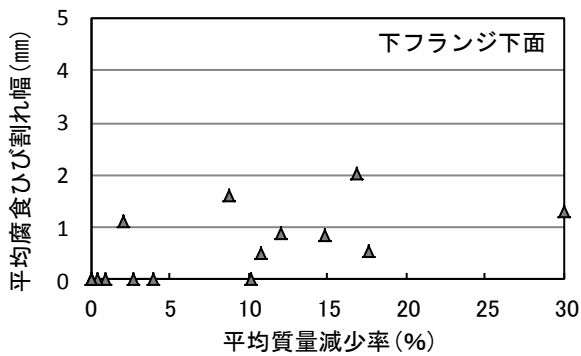


図2 質量減少率と腐食ひび割れ幅(下面のみ)

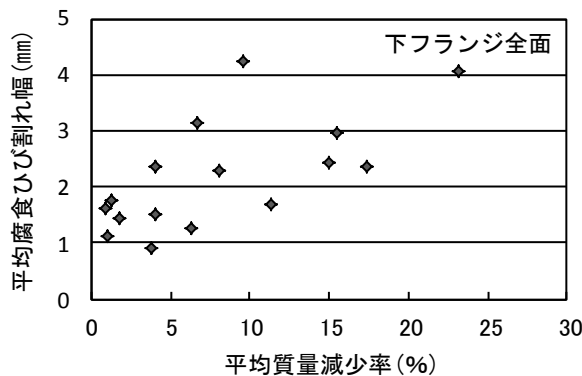


図3 質量減少率と腐食ひび割れ幅(500 mm区間)

これらの結果は、既往の研究において見出された領域の空間平均値を定量化の構成単位として考えることの有効性が、実橋梁(PC)においても適用可能であることを示している。

3. 細径の鋼材腐食による表面ひび割れに関する検討

前述の検討では、コンクリートの内部や表面の劣化状況については検討を行っていない。また、下フランジのハンチ部分において桁の広範囲にわたり、幅が10mmを超えるほどの大きなひび割れが確認された。

そこで、プレテンション方式PCで用いられるような細径の鋼材がコンクリート中で腐食した場合に、既報のようにひび割れが生じるのかを腐食試験によって検討した。

(1) 供試体概要

寸法100×100×400mmの角柱供試体を用いて、全5体を対象に実験を行った。表1に配置する鋼材の種類を示す。

(2) 電食試験

腐食の導入方法は、各供試体を塩水で満たした水槽内に設置し電食を行った。

表1 鋼材の種類

①	鋼材(細径)	φ2.2mm
②	鋼製シース	内径20mm, 厚さ0.25mm
③	鋼製シース(切断)	厚さ0.25mm
④	鋼製シース(空)	内径2mm, 厚さ0.25mm
⑤	シースと同じ径の鋼材	D19

(3) 実験結果

供試体①では、他の供試体と同様にひび割れが確認された。また、鋼製シースを配置した供試体に関しては、グラウトを充填した供試体②とシースを切断したものを配置した供試体③では、腐食によるひび割れが確認された。しかし、グラウト未充填の供試体④ではひび割れは確認されなかった。これは腐食による膨張圧がシース内部の空隙に吸収されたことが考えられる。

4. 鋼材腐食による内部ひび割れが表面ひび割れに与える影響

前述の検討で細径の鋼材でも腐食が進行すれば、コンクリート表面にひび割れをもたらすに十分であることが確認された。一方、実構造物においてはRCと比べ、細径の鋼材が断面内に多く配置されている。鋼材腐食が進行した実橋梁の調査では、鋼材同士をつなぐひび割れが確認され、コンクリート表面では幅の大きなひび割れが発生していた。

ここではこの内部ひび割れに着目し、隣接した鋼材が腐食した時に発生する内部ひび割れが表面ひび割れに及ぼす影響について実験室内における腐食試験によって検証した。

(1) 供試体概要

本実験では、図4のようにφ2.9の3本より線を6本配置した供試体を3体作製した。



図4 供試体形状・寸法（単位：mm）

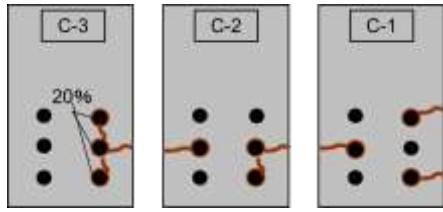


図5 腐食ケース

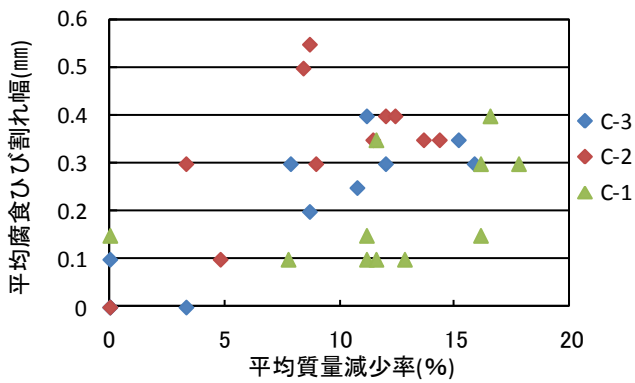


図6 質量減少率と腐食ひび割れ幅 (150 mm区間)

(2) 電食試験

本実験では各供試体において腐食箇所が異なる3本の鋼材の目標質量減少率を20%で統一し通電した(図5参照)。

(3) 腐食による表面ひび割れ性状と鋼材腐食の関係

図6に鋼材の質量減少率と腐食による表面ひび割れ幅の関係を示す。ここでは、150mm区間における平均ひび割れ幅、腐食した鋼材の平均質量減少率のデータを用いて検討した。

内部ひび割れありと内部ひび割れなしの結果を比較すると、平均腐食ひび割れ幅は前者の方が大きくなる結果となった。これは、同じ面でも腐食鋼材が隣接している場合、表面ひび割れの数は腐食鋼材が隣接していない場合と比較して少なくなる。そのため、同じ1本のひび割れ幅でもそれに寄与する腐食膨張圧は隣接している方が大きくなると考えられる。

5. まとめ

- ・実構造物のプレテンションPC桁における鋼材の腐食量と表面ひび割れ幅について、下フランジ下面のみを対象とするのではなく、全面の区間内における平均値を対象に定量化を行うことが有効である。
- ・内部ひび割れの発生した供試体と内部ひび割れの発生しなかった供試体では、平均腐食ひび割れ幅は内部ひび割れの発生した供試体の方が大きくなる傾向となった。
- ・室内実験においても領域平均の有効性が確認され、表面ひび割れのデータから鋼材腐食量を概ね把握できる可能性を示すことができた。