

塩害により損傷を受けた RC 桁の鉄筋の機械的性質

構造工学研究室 辻 翔平

1. はじめに

本研究は、膨大な飛来塩分、高温・多湿という鋼材腐食にとって厳しい環境である亜熱帯島嶼環境の沖縄において、塩害環境下に約 40 年曝され、鉄筋腐食によるコンクリートのはく落、内部鉄筋の断面欠損、および破断などの損傷により撤去された鉄筋コンクリート T 桁橋（以下：撤去橋¹⁾）を研究対象とし、各種調査・試験から実塩害橋梁の劣化状況を分析し、今後の適切な維持管理手法への技術資料の提供を目的としている。

本稿では、撤去橋から作成した大型試験体において静的・疲労载荷試験を実施した後、塩害腐食した主鉄筋を切り出し試験体とし、腐食量調査、引張・疲労強度試験を行った結果を報告する。

2. 試験体概要

図 - 1 に载荷試験後の大型試験体 2 体の損傷状況を示す。なお、図中の赤線は鉄筋を示しており、試験体は露出している 5 本の主鉄筋のうち、図に示す黒色を引張強度、青色を疲労強度試験体として切り出し製作した。なお、試験体長さは 600mm とした。

3. 調査内容

1) 鉄筋腐食量調査

写真 - 1 に撤去橋から切り出した腐食試験体を示す。鉄筋は全体的に腐食が進行し、異形鉄筋のリップが削られ丸くなっている状況であった。鉄筋腐食量調査は、計測箇所の錆を落とし、外径測定による方法で行った。ここで、外径測定の際には、節、リップを避け 5cm ごとに直交する 2 方向で計測を行い、2 方向の平均を断面とする真円の面積と表 - 1 に示す公称断面積を比較することで、断面減少率を算出した。

2) 引張強度試験

表 - 2 に引張強度試験に使用した鉄筋の状況について示す。引張強度試験は、JIS Z 2241 に準拠して行った。鉄筋中央にひずみゲージの貼り付け、ひずみを測定した。また、変位計を設置し、変位の測定を行った。

3) 疲労強度試験

写真 - 2 に疲労強度試験で使用した試験体を示す。試験体には、試験機とつかみ部との関係で鋼板とのすみ肉溶接を行った。表 - 3 に疲労強度条件を示す。振幅は、鉄筋中央に貼り付けを行ったひずみゲージのひずみでコントロールした。

4. 調査結果

1) 鉄筋腐食量調査

図 - 2 と図 - 3 に鉄筋腐食量調査で得られた結果を示す。断面減少率（計測断面の中で最小断面積）と平均断面減少率（全計測断面の平均）の関係を

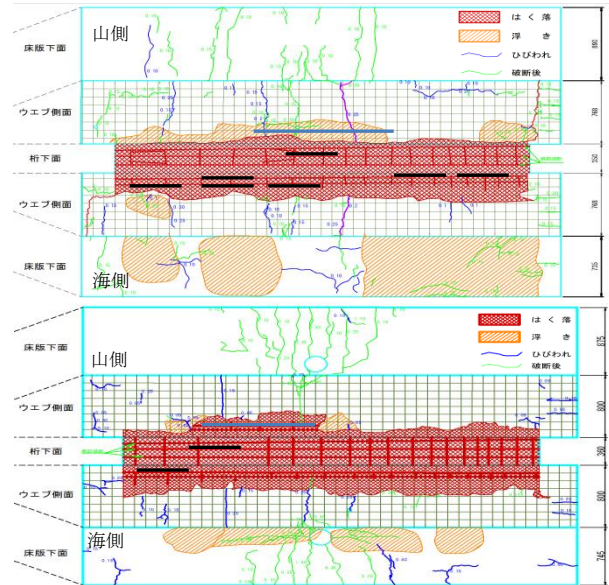


図 - 1. 大型試験体損傷状況（破断後）



写真 - 1. 腐食した鉄筋（引張強度試験体）

表 - 1. 鉄筋規格

呼び名	単位重量	公称直径	公称断面積
SS39	kg/m	mm	mm ²
D32	6.22	31.8	792

表 - 2. 引張強度試験体状況

試験体名	引張試験内容					鉄筋位置
	全断面積	最小断面積	腐食率	腐食状態	mm	
1	700	635	15.9	健全	桁下面	
2	673	623	18.4	健全	海側1段目	
3	692	647	15.7	健全	海側1段目	
4	691	640	16.2	健全	海側1段目	
5	608	647	16.4	健全	海側2段目	
6	610	581	25	腐食	海側2段目	
7	649	575	22.9	腐食	海側2段目	
8	698	654	14.9	健全	桁下面	
9	653	579	22.4	腐食	海側1段目	

表 - 3. 疲労強度条件

試験体名	疲労強度条件					
	振幅	速度Hz	全断面mm ²	最小断面mm ²	腐食率	腐食状態
1	700	5	729	703	9.57	腐食
2	700	5	732	715	8.63	腐食
3	350	10	742	712	8.13	健全
4	350	10	745	719	7.49	健全



写真 - 2. 疲労強度試験体

示す。図に示すように、引張強度試験の試験体 9 本を、健全に近いもの（青）と腐食の進んだもの（赤）の 2 種類に分類した。疲労強度試験用の試験体に関しては、断面減少率が低いため分類は、行わなかった。

2) 引張強度試験結果

写真 - 3 に引張強度試験の破断断面を示す。断面から、伸びが見られるような断面となっている。図 - 4 に、健全に近い試験体（青）と腐食した試験体（赤）の応力 - ひずみ関係を示す。腐食した試験体には、あまりばらつきは見られず、健全に近い試験体では、ある程度のばらつきが見られた。健全に近い試験体の 2 体に関しては、腐食した鉄筋と同じような傾向を示した。

3) 疲労強度試験結果

写真 - 4 に疲労破断した試験体断面の写真を示す。写真のマークした部分よりひびが入り、そこから一気に破断に至る傾向が見られた。図 - 5 に、今回の試験で得られた結果、S-N 線図を示す。X 軸は、繰り返し回数を示し Y 軸は、破断時の応力振幅を示す。A~E は、JSSC 疲労設計指針での継手等級分類である。グラフより試験体数の少なから疲労破断による傾向は掴むのが難しい結果となった。

5.まとめ

1) 塩害による損傷として、露出した主鉄筋の断面減少を確認し、断面減少率を示した。

2) 腐食した試験体よりも、健全な試験体の方が、降伏強度、引張強度は、ともに大きくなる傾向であった。

3) 腐食した試験体は降伏後緩やかな放物線を示しているが、健全な試験体は降伏後急な放物線を示している。この原因については、今後、調査が必要である。

4) 鉄筋の疲労による破断形状を確認することができた。疲労に関しては、試験体数が少ないため腐食と健全の傾向は見つけることができなかった。

参考文献：

1) 本田博幸, 下里哲弘, 有住康則, 砂川章次：塩害により損傷を受けた鉄筋コンクリート桁の劣化度分析と非破壊試験の適用, 構造工学論文集, Vol.59A, pp898 - 907, 2013.4

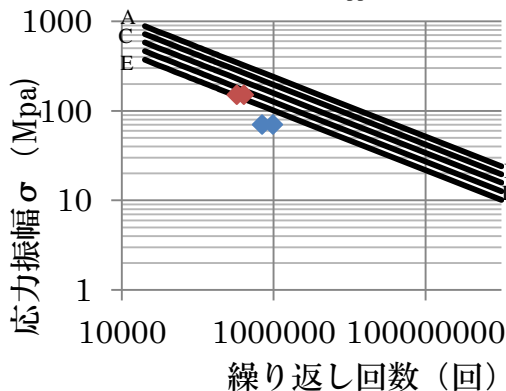


図 - 5. S-N 線図

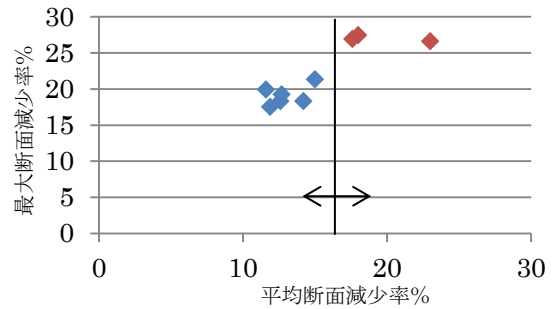


図 - 2. 試験体断面減少率（引張強度試験体）

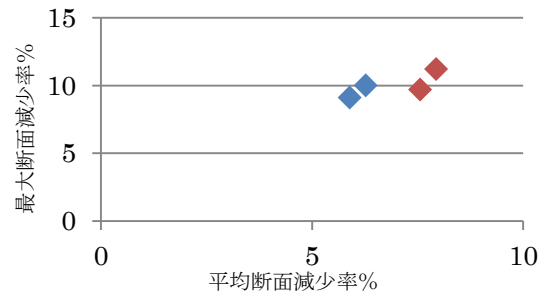


図 - 3. 試験体断面減少率（疲労強度試験体）

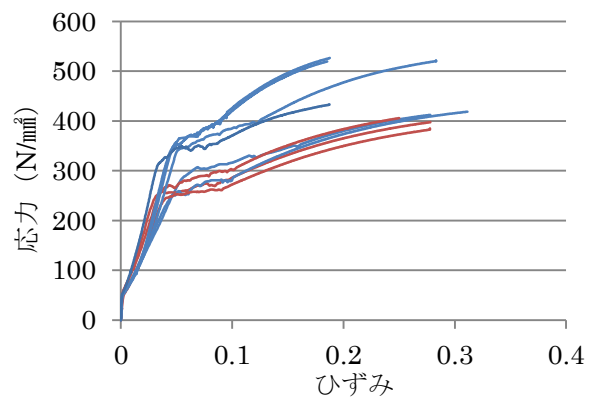


図 - 4. 応力 - ひずみ曲線



写真 - 3. 試験体破断面（引張強度試験）

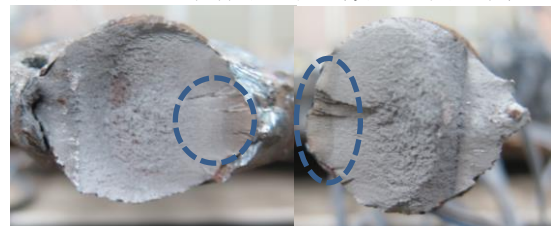


写真 - 4. 試験体破断面（疲労強度試験）