

高機能繊維シートによる腐食鋼板補強に及ぼす 下地処理の影響

1090472 富永温彦

高知工科大学工学部社会システム工学科

厚さ3.2mmの鋼材試験片に電食による腐食を施した後、下地処理と繊維シートの形状を変えてシート補強を行ない引張り試験を行った。引張り試験の結果、繊維シートの付着長を腐食部分の両側に長くとした場合、十分な補強効果が生じる。下地処理の影響は認められない。片側だけ付着長が短くなった場合は、下地処理の違いでシートの補強効果が異なる。ただし、処理の相違による降伏荷重の変化はあまり大きくない。腐食部分だけを接着した場合、繊維シートの効果はほとんど認められない。また、下地処理の違いによる変化も現れない。

Key Words : 電食, 腐食, 引張強度, 高機能繊維シート

1. はじめに

今日では耐震補強や腐食鋼板補強に、高機能繊維シートが用いられるようになってきている。また、耐震補強に関しては、補強工法に関するガイドラインがあり¹⁾、その中で、腐食鋼板の補強については、下地処理の手順が明記されている。下地処理では、ディスクサンダーやサンドブラストなどの使用が規定されており、大掛かりな作業となる。一方、腐食構造物を現地で補修する場合、このような処理のためには足場などの準備が必要であり、多くの時間や費用を要することになる。さらに、入念な準備をしたとしても作業環境は理想的なものとは限らないであろうから、工場内の作業のような高品質を期待できない場合もあるように思われる。このような状況を考え、本研究では、下地処理が不十分であった場合にシートによる補強効果がどの程度低下するかを実験的に明らかにすることを試みた。

2. 試験計画

実験を行うに先立って、繊維シートを貼る量や試験片の寸法などを設計した。

カーボンファイバー繊維シートのヤング率は $2.45 \times 10^5 \text{N/mm}^2$ と鋼の値と近い。従って、仮に鋼材と繊維シートの断面積がほぼ等しいとすれば、図1のように、荷重—ひずみ曲線の傾きが約2倍になり、鋼材が降伏した後は繊維シートが荷重に抵抗する形となる。そこで、シートによるヤング率の増加や、鋼材降伏などが明確に分かるように、鋼板の厚さと繊維シートの枚数と一枚当たりの厚さを決定した。繊維シートの強度は鋼材の8.5倍と極めて高いため、

シート貼付によって試験部の強度が過大となって、試験片がチャック部で破断する虞があった。このため、一般的な試験片に比べてチャック部を大きく取った図2の形の試験片とした。繊維シートは厚さ0.167mmのものを片面2層、両面で4層施すものとした。繊維シートの形状は、図3～5に示す3ケースとした。

ケース1では、ガイドラインにあるように腐食部分の両側に長く付着部を設けた。

ケース2では、片側だけ付着長を伸ばした形にした。ケース1では腐食部での接着強度の評価が困難と考えたため、ケース2を追加した。

ケース3は、完全に腐食部分だけの接着にした。

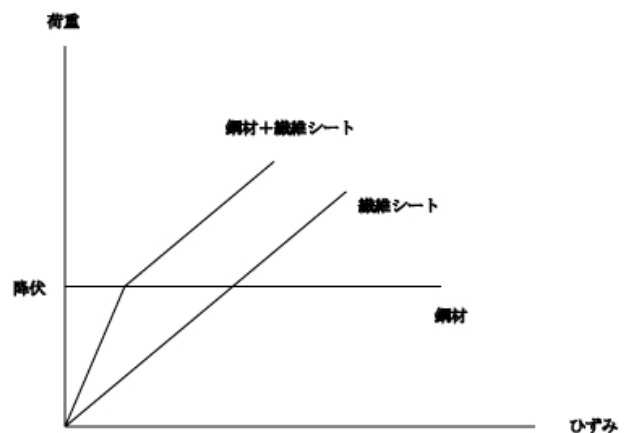


図1 予想される荷重—ひずみ曲線

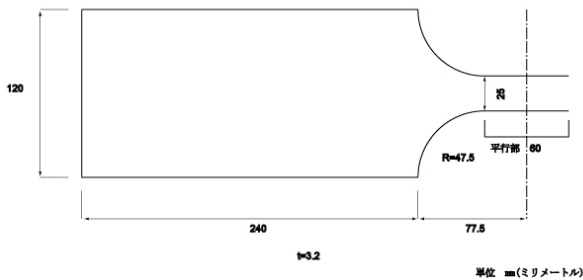


図2 試験片形状



図3 繊維シート形状 ケース1



図4 繊維シート形状 ケース2

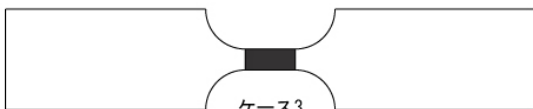


図5 繊維シート形状 ケース3

3. 試験方法

3.1 鋼板の腐食

鋼板を腐食させるにあたっては、電食を用いた。電食は腐食させたい物質を正極にとり、それよりもイオンになりにくいものを陰極にして電気を流すもので、電子は陰極に流れて正極の対象物が腐食する。

今回の電食では鋼板と銅板を使用して鋼板の中央部分を腐食させた。ただし、一様な腐食ではなく孔食を発生させるため、あらかじめ鋼板に錆止めスプレーを塗付した上でランダムに傷をつけ、そこから腐食が発生していくようにした。イオン化させるためには水分が必要なため、生け花用オアシスに5%の食塩水をしみ込ませて図6のように鋼板を挟み、その上に銅板を設けた。試験体1本あたり1Aの電流を流した。途中オアシスの交換をしながら約6時間腐食させた。

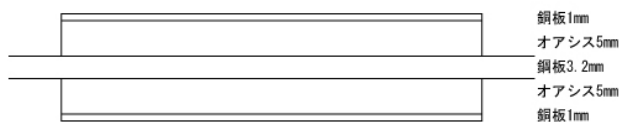


図6 電食概略図

3.2 下地処理・繊維シート貼り付け

次に腐食をさせた鋼板の、下地処理と炭素繊維シートの貼り方について述べる。

下地処理は

- (1) 電動のブラシで錆を落としてその上からプラ

イマーとパテを塗る

- (2) プライマーとパテを塗らないことのほかは(1)と同じ

- (3) ワイヤブラシだけの手動処理

この3種類を各々3本ずつ用意した。この他に腐食していないサンプルを1本用意した。よって1ケース10本、3ケースで合計30本試験片を用意した。

炭素繊維シートの貼り方は基本的にガイドラインに従った。まず鋼板の油分をアセトンで除く。次にエポキシ樹脂の接着剤で鋼板に下塗りして繊維シートを載せ、脱泡をした後上塗りをして、また脱泡をする。1が固まったら、下塗りからの工程を繰り返した上層を貼付する。

3.3 引張り試験

Material Test System を用いて、試験片の引張り試験を行った。鋼板の伸びとチャック部分の変位、および荷重を測定対象とした。鋼板の伸びの測定にはクリップゲージを使用した。チャック部分の変位と荷重は MTS のコントローラーから出力される電圧を用いて測定した。電圧、歪の測定には USB 経由の単チャンネル簡易ロガー (DBU-120A) 3 台を用いた。

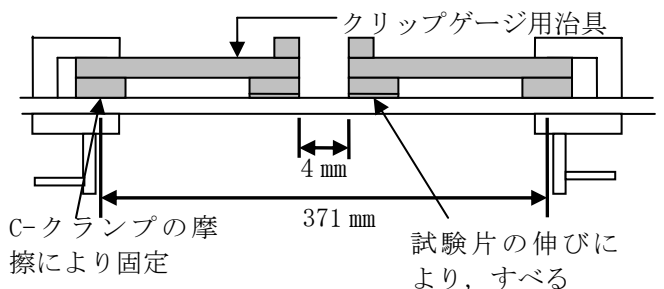


図6 試験片への取り付け



写真1 引張試験

写真1に引張試験機 (MTS) にクリップゲージを取り付けた試験片を固定した状況を示す。

4. 引張試験結果・考察

今回用いた試験片の降伏荷重は、約 26000N 程度である。

ケース 1 の結果

ケース 1 の試験結果を図 7~9 に示す。図から明らかなように、約 30000N 程度の荷重で曲線の勾配が急変しており、ここで鋼材が降伏しているものと思われる。この値はシートを貼付していない試験片の降伏荷重より 20%程度高い。シートが荷重に抵抗するため、鋼材の負担が減った結果と考えられる。最終荷重は 70000~80000N 程度となっている。破断後の繊維シートの状態を写真 2 に示す。写真 2 から分かるように、シート自身の破断は生じておらず、定着部での健全な鋼材とシートの接着部が剥離している。使用したシートの繊維は 1 方向であるため、繊維に平行な方向の剪断には全く抵抗せず、シートは荷重に平行に切断されている。従って、チャックのための拡幅部に貼付したシートは、ほとんど無意味であったと言える。降伏荷重に対する下地処理方法の影響はほとんど認められない。ケース 1 は、健全部に定着されたシートと鋼材が協働して引張に抵抗するような試験片であるため、腐食部への接着は降伏にも強度にもほとんど影響しなかったものと思われる。図 7~9 は、当初想定したもの（図 1）に近い挙動を示していると言える。

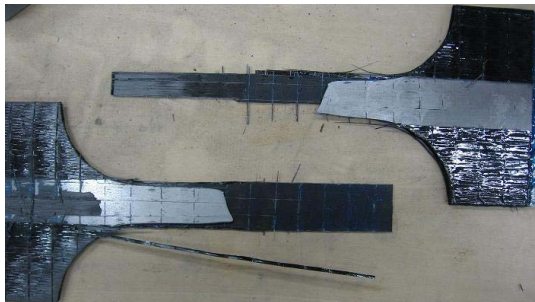


写真 2

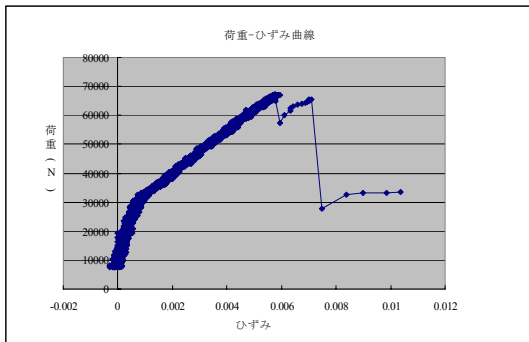


図 7 下地処理(1)

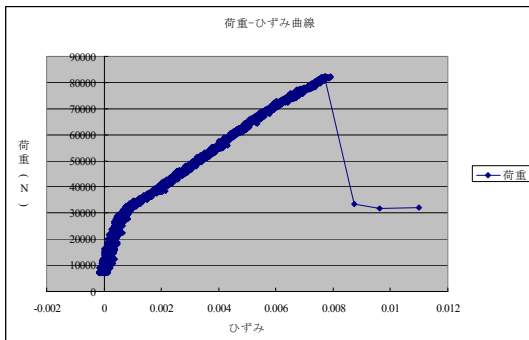


図 8 下地処理(2)

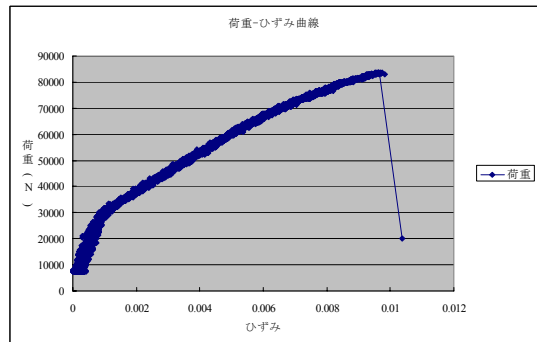


図 9 下地処理(3)

ケース 2 の結果

ケース 2 の結果を図 10~12 に示す。いずれの場合も、降伏荷重はシート貼付がない場合より僅かに増加している。このことは、腐食部に接着したシートが荷重に抵抗していること、すなわち補強効果が現れていることを意味するものである。下地処理方法の影響も現れており、プライマー・パテ仕上げしたものの降伏荷重が最も高く、手でワイヤブラシをかけたものの降伏荷重が最も低い。ただし、仕上げ方法による降伏荷重の差は、当初予想したものよりは小さいようにも思われる。特にプライマー・パテ仕上げの影響が小さく、この程度の差であれば電動ブラシで錆除去するだけで十分ではないかとも思われる。破壊形態としては、全試験片とも、鋼母材と接着された部分の剥離であった。



写真 3

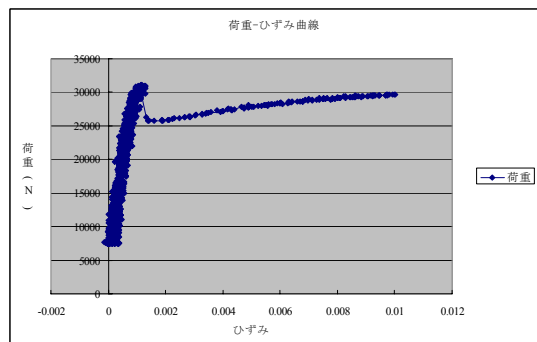


図 10 下地処理(1)

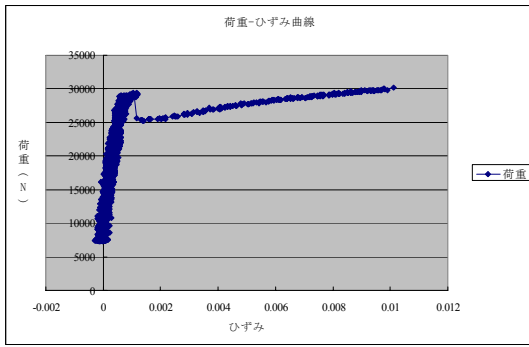


図 11 下地処理(2)

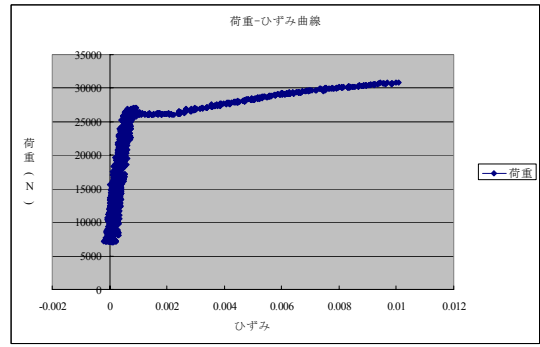


図 14 下地処理(2)

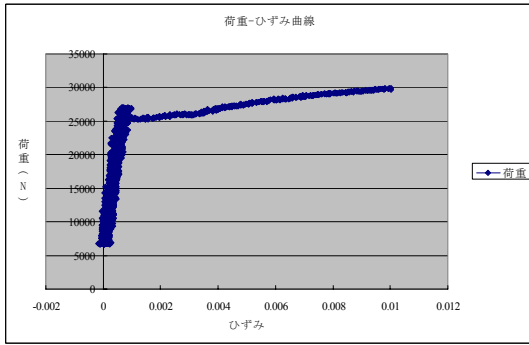


図 12 下地処理(3)

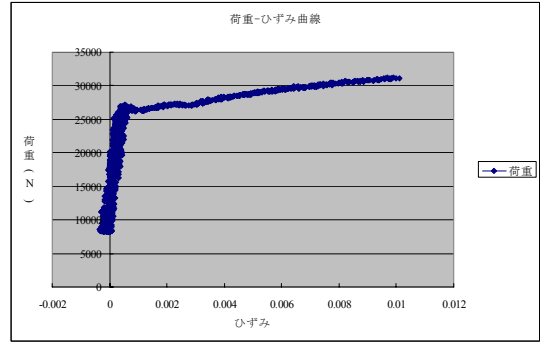


図 15 下地処理(3)

ケース 3 の結果

ケース 3 の結果を図 13~15 に示す。図から明らかのようにケース 3 では、ほとんど補強効果が認められず、従って下地処理方法の影響も判然としない。ケース 3 は、全面が腐食した鋼構造物に繊維シートを接着して補強する場合に最も近いことを考えると、この結果はシートによる補強の可能性を否定することにもなりかねない。写真 4 に示すように繊維シート張付け部分の板幅と貼っていない板幅が同じ部分があり、貼付けていない部分が破断した形になっている。ケース 3 については試験条件などを再考して、改めて評価する必要があるように思われる。

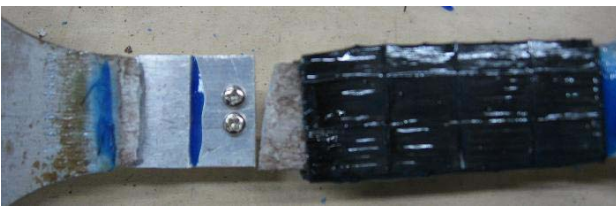


写真 4

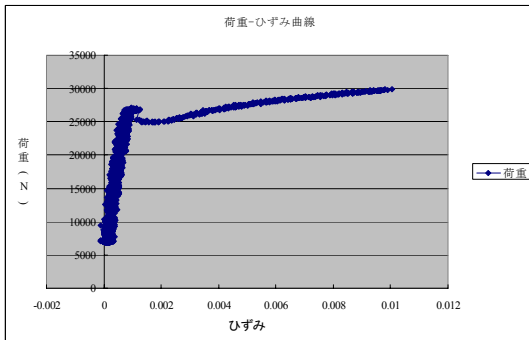


図 13 下地処理(1)

5. 結論

ケース 1 の結果は、シートと鋼材が協働して荷重に抵抗する場合の典型的な挙動を示した。健全部に定着したため、下地処理方法が降伏荷重に及ぼす影響はほとんど認められない。

ケース 2 では、僅かに補強効果が認められた。また、降伏荷重に対する下地処理方法の影響も現れており、よい仕上げほど降伏荷重が高くなるが、その差は当初予想したほど大きくない。

ケース 3 では、補強効果がほとんど認められず、補強していない部分からの破断が生じた。同じ現象はケース 2 でも生じる可能性があると考えられる。

接着部の強度を評価するためには、今後、シート形状や腐食部位などを再検討する必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 炭素繊維シートによる鋼製橋脚の耐震補強工法研究会報告書 炭素繊維シートによる鋼製橋脚の補強工法ガイドライン(案) 平成14年7月 財団法人土木研究センター