

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

株式会社アルス製作所 ○富永温彦

(研究当時高知工科大学 学生会員)

高知工科大学 フェロー 藤澤伸光

1. はじめに 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。腐食構造物を現地で補修する場合、処理のために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検討した。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、鋼材が降伏した後はみかけのヤング率が半減することになる。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 1 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 層貼付するものとした。

繊維シートの形状は、図 2~4 に示す 3 ケースとした。ケース 1 は、シート補強した場合の強度増加の最大値を把握するために、健全部に長い定着部を設けた。ケース 2 は、片側だけ接着長を伸ばし、反対側は平行部の端で切断して腐食部への接着部分の剪断で荷重に抵抗する形とした。このケースから、強度に対する下地処理の影響を評価することにした。実際の補修では、腐食した鋼板表面にシートを貼付するだけで、健全部に定着することが不可能なことも多いであろうと考えて、ケース 3 では腐食部分だけに接着した。

3. 試験方法 鋼板を短時間で腐食させるため、今回は電食を用いた。鋼板の中央部だけを腐食させるために、5%の食塩水をしみ込ませた生け花用オアシスでイオン化に必要な水分を補給した。陰極には銅板を用い、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。なお、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、そこから腐食を発生させた。

下地処理は、(1) 電動のブラシで完全に錆を落とし、その上からプライマーとパテを塗る、(2) 電動のブラシで完全に錆を落とすが、プライマーとパテは省略する、(3) 手動のワイヤーブラシで錆を落とすだけとするの 3 種類とした。各処理を行なった試験片を各々 3 本ずつ用意した。この他に腐食していない試験片を 1 本用意したので、1 ケース 10 本、3 ケースで合計 30 本の試験片となる。

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て脱泡をした後、上塗りをして再度脱泡をする。1 層が固化した後、下塗りからの工程を繰り返して上層を貼付する。

引張り試験では、鋼板の伸びと試験機のチャック部分の変位、および荷重を測定した。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試験機のコントローラーから出力される信号を用いて測定した。電圧、歪の測定には USB 経由の単チャンネル簡易ロガー 3 台を用いた。

4. 引張試験結果 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 の試験結果を図 5~7 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。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破断した。従っ

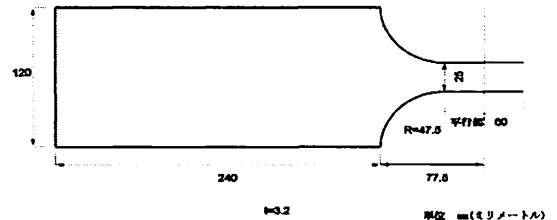


図 1 試験片形状



図 2 繊維シート形状 ケース 1



図 3 繊維シート形状 ケース 2



図 4 繊維シート形状 ケース 3

て、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。

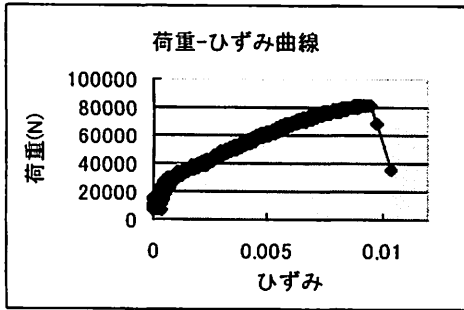


図5 下地処理(1)

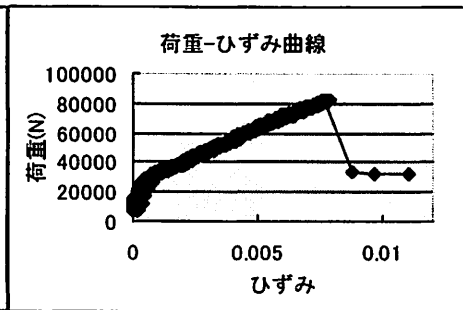


図6 下地処理(2)

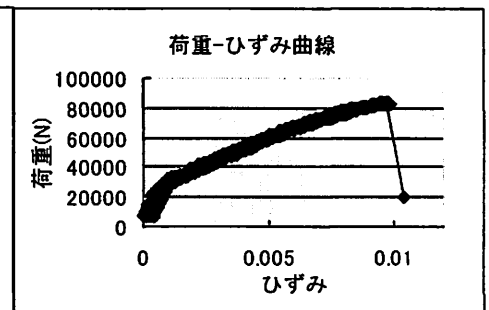


図7 下地処理(3)

ケース2の結果を図8～10に示す。いずれの場合も、降伏荷重は約30000Nであり、ケース1の降伏荷重に近い。当然ながら、シート貼付がない場合より増加している。このことから、腐食部に接着したシートが荷重に抵抗しており、補強効果が現れていると言える。ケース1と大きく異なるのは、降伏した直後に終局状態となることである。ケース1では拡幅部の応力が低い部分で定着しているのに対して、ケース2では腐食部での接着で荷重に抵抗しているから、腐食部が降伏して歪が急増すると接着部が破壊されて、その後の荷重には抵抗できないものと考えられる。破断は試験片中央部で生じており、シートは母材から剥離した状態であった。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、手でワイヤー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。

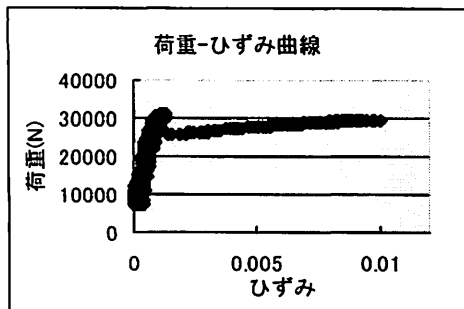


図8 下地処理(1)

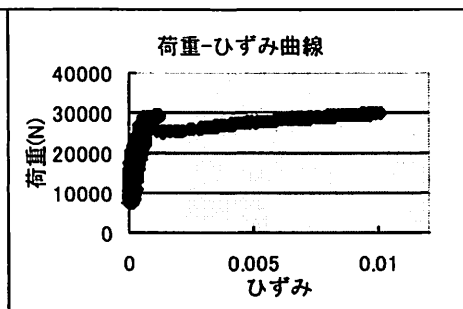


図9 下地処理(2)

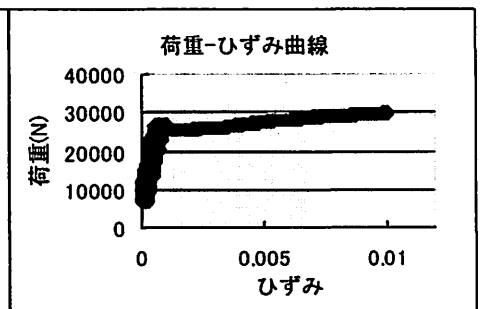


図10 下地処理(3)

ケース3の結果は省略するが、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かった。繊維シート貼付部の端部では、板幅がほとんど同じでシートが貼付されていない部分があり、ここで破断した試験片が多い。ケース2でも板幅の小さい部分でシートを切断しているのので、同様にシート端部付近で破断する可能性がある。今回の試験で、そのような破断が生じなかったのは偶然とも言えよう。下地処理の影響を評価するためには、試験片形状やシート貼付法などを再考する必要があるように思われる。

5. 結論 ケース1では、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、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。接着部が降伏すると、大歪のために接着部が破壊されるため、降伏直後に終局状態となる。

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。

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