

# 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

1100429 濱田陽一

高知工科大学工学部社会システム工学科

厚さ6mmの鋼材試験片に電食による腐食を施した後、下地処理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、補強効果に下地処理の影響が認められた。ガイドラインどおりに下地処理をしたケースが最も大きな補強効果を得られた。次に補強効果が大きかったのは、電動ブラシで錆を落とすのみの下地処理を行ったケースであった。その次に補強効果が大きかったのは、ワイヤブラシで錆を落としプライマー・パテの処理を行ったケースであった。最も補強効果が小さかったのは、ワイヤブラシで錆を落とすのみの下地処理を行ったケースであった。

**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<sup>1)</sup>、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ため、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と考えられる。

このような状況を考え行われた研究<sup>2)</sup>がある。しかし下地処理の影響を考察するに至らなかった。そこで本研究では、文献<sup>2)</sup>を参考とし、実験方法を改善し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

### 2.1 予備実験

下地処理の影響を考察するためには、シートと鋼板の付着強度を直接に測定する必要がある。そのためには鋼板を中央で切断して、試験体を2つに分割してその上にシートを貼り付け実験する方法がある。しかし、この方法はシートの貼り付けが困難である。そこで、鋼板の中央に穴をあける方法と溝を切る方法を用いた。中央部の強度が低下するため、切断す

ることなく下地処理の影響を考察することができる。両方の加工を施した試験体を用意し、シートをガイドラインに従って貼り付け引張り試験をおこなった。両ケース共に、写真1のように鋼板とシートが剥離した状態で破壊した。



写真1

### 2.2 鋼板の形状

予備実験を踏まえて、穴あきの鋼板を用いた。予備実験では両ケース共に下地処理の影響を考察することが分かった。しかし、溝をつけた鋼板よりも加工がしやすいため穴あきの鋼板を用いた。

### 2.3 鋼板の寸法の設計

次に、実験を行うに先立ち、鋼板の寸法とシートの形状を設計した。鋼板の寸法は図1に示す。チャック部の長さを予備実験で用いた鋼板より長くした。クリップゲージを設置する際に、予備実験と同じ長さであると短すぎるためである。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。シートを片面1層、両面で2層施した場合、シートの引張強度は約28.4KNである。一方、鋼板の引張強度は約31.2KNである。従ってシートを両面で2層施した場合、先にシートが破壊する恐れが

あった。そこでシートは両面 4 層施した。繊維シートは、図 2 に示す形状とした。断面積の小さい平行部のみにシートを貼り付けた場合、シートの先端部がシートの補強効果を得られずに破壊してしまう恐れがある。この場合、下地処理の影響を考察することができない。そこで、図 2 のようにチャック部までシートを貼り付ける。

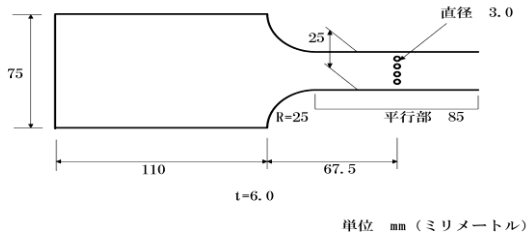


図 1 試験片形状

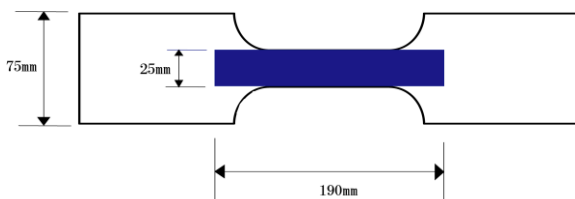


図 2 繊維シートの形状

### 3. 試験方法

#### 3.1 鋼板の腐食

鋼板の腐食には電食を用いた。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である。そこで、傷をつけた生け花用オアシスに 5% の食塩水をしみ込ませて図 3 のように鋼板の下に置き、その下に銅板を設けた。試験体 1 本あたり 4A の電流を流した。途中オアシスの交換と鋼板の向きを変えながら約 8 時間腐食させた。腐食させる範囲は、図 4 の通りである。

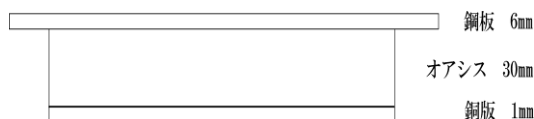


図 3 電食概略図

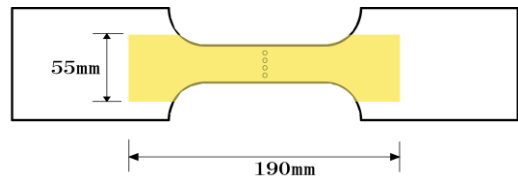


図 4 腐食範囲図

#### 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

ケース 1 電動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 (ガイドライン通り)

ケース 2 電動ブラシで錆を落とすのみ

ケース 3 ワイヤブラシで錆をおとしてその上からプライマーとパテを塗る

ケース 4 ワイヤブラシで錆を落とすのみ

この 4 種類を 3 本ずつ用意した。電動ブラシとワイヤブラシの処理をすることで、錆の落とし具合が補強効果に影響するかどうかを考察する。この他に腐食していない標準試験体にプライマーとパテを塗った鋼板を 3 本用意した。よって 1 ケース 3 本、5 ケースで合計 15 本の鋼板を用意した。

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。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。乾燥後、2 層目も同様に下塗りからの工程を繰り返して貼付する。

#### 3.3 引張り試験

引張試験機を用いて試験体の引張試験を行った。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引張試験機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 3 台を用いた。

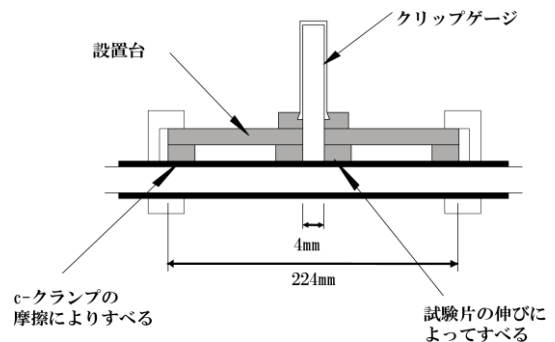


図 5 試験片への設置図

## 4. 引張試験結果・考察

### 4.1 評価用の基準荷重

補強効果の評価を行う上で必要な荷重を設定する。まず腐食させていない鋼板に、ガイドライン通りの下地処理を行った標準試験体 3 本の引張試験を行う。これらの平均最終荷重は約 55.6KN であった。ただし、腐食させた鋼板は断面積が減少している。腐食させた 12 本の鋼板の平均厚さは約 5.07mm であった。鋼板本来の厚さは 6.00mm である。そこで、断面積と平均最終荷重が 84.5% になったと仮定すると、期待される最大値は約 47.0KN となる。この荷重を 100% としてケース 1~4 の付着強度比の評価を行う。なお、今回用いた腐食鋼板の降伏荷重は約 20.0KN 程度である。

### 4.2 引張試験結果

#### ケース 1 の結果

ケース 1 の試験結果を図 6 に示す。図から明らかのように、約 21.0KN 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。最終荷重は約 34.0KN 程度となっている。付着強度比は 72.4% となった。破断後の繊維シートの状態を写真 2 に示す。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。写真 2 から、鋼板の腐食層とプライマー・パテ層の間が剥離していることが分かる。



写真 2

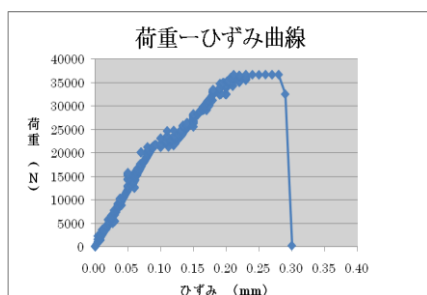


図 6 ケース 1

#### ケース 2 の結果

ケース 2 の結果を図 7 に示す。ケース 1 同様、鋼板とシートが剥離した。破断後の繊維シートの状態

を写真 3 に示す。プライマー・パテ処理を行っていないこのケースでは、鋼板の腐食層と接着剤の層の間が剥離している。また、降伏荷重も約 21.0KN とほぼケース 1 と同様になった。しかし、最終荷重は 30.1KN とケース 1 を下回った。プライマー・パテの処理を行わなかったため、付着強度比が低下したと考えられる。付着強度比は 64.3% であった。



写真 3

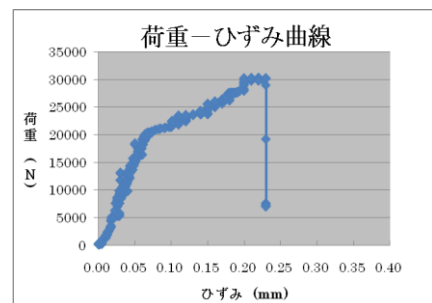


図 7 ケース 2

#### ケース 3 の結果

ケース 3 の結果を図 8 に示す。ケース 1・2 同様、鋼板とシートが剥離した。ケース 1 と同様に、鋼板の腐食層とプライマー・パテ層の間が剥離している。降伏荷重は約 18.0KN となり、ケース 1・2 を下回った。ケース 3 はケース 1・2 と比べ下地処理が悪く補強効果に乏しい。そのため、ケース 1・2 以上に鋼板の負担が増し、降伏荷重が低下したと推察される。最終荷重は約 28.9KN となりケース 1・2 を下回った。ワイヤブラシで処理を行ったため、付着強度比が低くなったと考えられる。付着強度比は 61.6% であった。

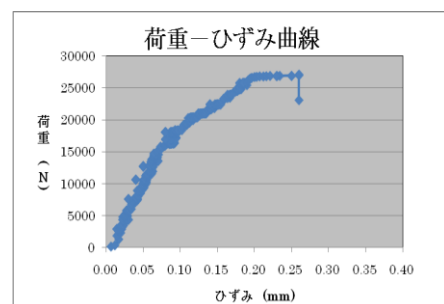


図 8 ケース 3

#### ケース 4 の結果

ケース 4 の結果を図 9 に示す。ケース 1~3 同様、鋼板とシートが剥離した。ケース 2 と同様に、鋼板

の腐食層と接着剤の層の間で剥離している。降伏荷重は約 18.0KN でケース 3 と同様の値となった。最終荷重は約 25.4KN で、4 ケースの中でもっとも低かった。ガイドライン通りの下地処理を行ったケース 1 と約 8.60KN の差がある。従って、錆の落とし具合とプライマーパテの処理が付着強度比に影響を与えると言える。付着強度比は 54.1%にとどまった。

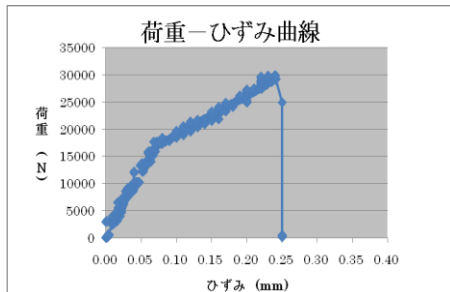


図 9 ケース 4

## 5. 結論

表 1 引張試験結果

試験体	下地処理		平均最終荷重 (KN)	付着強度比 (%)
	ブラシ	プライマー・パテ		
ケース1	電動	○	34.0	72.4
ケース2	電動	×	30.1	64.3
ケース3	ワイヤ	○	28.3	61.6
ケース4	ワイヤ	×	25.4	54.1

引張試験の結果を表 1 に示す。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。ガイドライン通りの下地処理を行うことで、十分な付着強度比を得ることが実証できた。

ケース 2 は、ケース 1 と同様の挙動を示した。ただし、プライマー・パテを塗らなかつたため、ケース 1 より小さな付着強度比に留まった。

ケース 3 は、ケース 1・2 とほぼ同様の挙動を示した。ケース 1 との付着強度比の差が大きくケース 2 より低い。従って錆の取り除き具合が付着強度比に大きな影響を与えると考えられる。

ケース 4 は付着強度比が最も低くなった。下地処理が付着強度比に影響することを確認できた。

電動ブラシで処理を行ったケース 1 とケース 2 の平均最終荷重の差は約 3.90KN である。ワイヤブラシで処理を行ったケース 3 とケース 4 の平均最終荷重の差は約 2.90KN である。一方、プライマー・パテの処理を行ったケース 1 とケース 3 の平均最終荷重の差は約 5.70KN である。プライマー・パテの処理を行わなかつたケース 2 とケース 4 の平均最終荷重の差は 4.70KN である。従ってプライマー・パテの処理よりも、錆の取り除き具合の方が付着強度比に与える影響が大きいといえる。また、写真 1 のよ

うにシートの剥離は腐食層とプライマー・パテ層との間で起きている。従って、錆をしっかりと取り除くことでシートの剥離が起き難く考えられる。

実際の現場で下地処理をしっかりと行うことは容易ではない。特に、プライマー・パテの処理は乾燥させる時間も必要となる。また、柱などにプライマーを塗ると、完全に乾くまでに塗料が下へと垂れてしまう。この場合、表面に凹凸ができ付着強度比が低くなるという懸念がある。従って、作業場所の環境に応じては、プライマー・パテの処理を省くことも検討すべきである。

## 参考文献

- 財団法人 土木研究センター：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
- 富永温彦, 藤澤伸光：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、土木学会四国支部 第15回技術研究発表会 講演概要集、2009年5月