

# 35 品質管理

## 炭素繊維巻き立てにおける品質管理の工夫

岡山県土木施工管理技士会

峰谷工業株式会社

杉田 康太朗

### 1. はじめに

本工事は、第一西藤橋及び第二西藤橋の橋脚が道路橋示方書（平成29年）により照査すると地震時保有水準耐力が不足するため耐震補強を行うものである。橋脚の耐震補強工法には、RC巻き立て、連続繊維補強等があるが、本工事は高橋脚であるため、補強対策による荷重増加が少ない連続繊維補強工法（炭素繊維）が選定された。第二西藤橋上下線P1、下り線P3ではライナー坑内部（図-2）また、第一西藤橋上下線P1では池内での施工であったため、その際の品質管理方法について述べる。

#### 工事概要

(1) 工事名：山陽自動車道

第二西藤橋他1橋耐震補強工事

(2) 発注者：西日本高速道路株式会社

中国支社 福山高速道路事務所

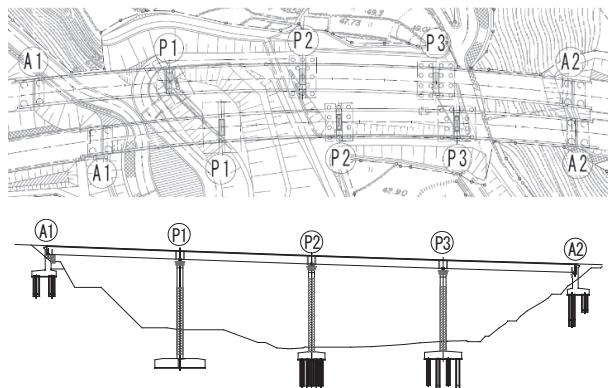


図-1-① 第二西藤橋 平面図

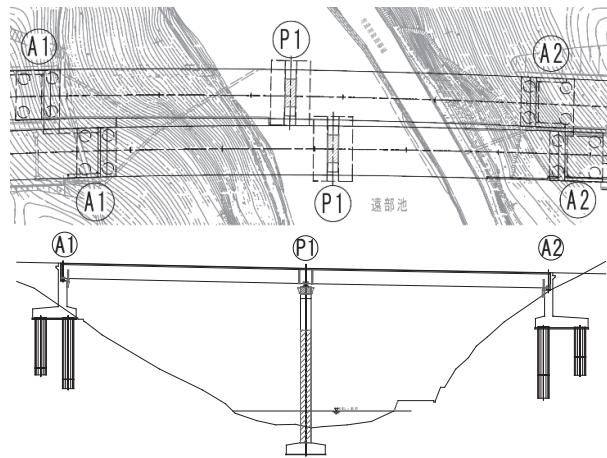


図-1-② 第一西藤橋 平面図

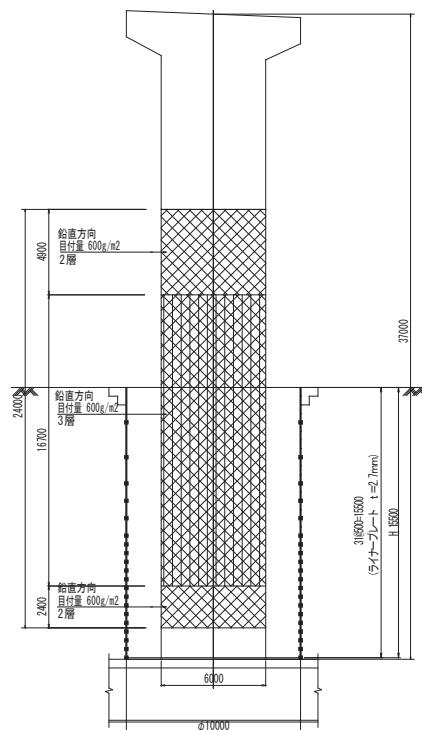


図-2 第二西藤橋P1橋脚（上り線）

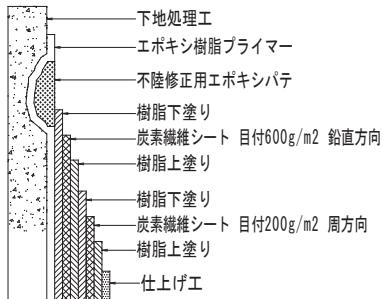


図-3 炭素繊維補強標準図

- (3) 工事場所：自) 広島県福山市東村町  
至) 広島県尾道市美ノ郷町本郷
- (4) 工事数量：炭素繊維巻き立て工…8基  
その他…一式
- (5) 工期：自) 令和3年3月20日  
至) 令和6年3月3日

炭素繊維シート補強工法とは、計量・耐久性に優れた特徴を持つ炭素繊維シートを、施工用のエポキシ樹脂等で、既存鉄筋コンクリート構造物の躯体表面に巻き付けCFRP化することにより鉄筋量を補い、せん断、曲げ耐力向上やクラック発生の抑制にも効果が期待できるものである。

## 2. 現場における課題・問題点

### 2-1 多湿・低温箇所での施工不良

第二西藤橋上下線P1及び下り線P3はライナー坑内部で湧水が発生する箇所であり、年間を通して高湿度であった。また、第一西藤橋の施工は池内で且つ出水期は施工できなかった。出水期が明け炭素繊維シートの貼付までには作業ヤードの整備、足場組立てを行う必要があり、施工開始が1月中旬となり、低温であった。プライマー及びエポキシ樹脂については、湿度85%以上では空気中の水分に反応して白化現象を起こし接着性が確保できなくなり、温度5°C以下では硬化速度が著しく低下し硬化、含浸不良発生が予想された。

### 2-2 暗部施工

ライナー坑内はH=15mと深く、照度が低いため作業員のヘッドライトのみでは一部しか照らすことができない。また、足場上での作業となることから移動及び炭素繊維貼付作業がやりづらく、

墜落、落下等の危険性が増してしまった。さらに施工不良箇所を見落としやすく、施工品質低下の原因となることが予想された。このため、坑内の照度を確保する対策が必要となった。

### 2-3 炭素繊維シート貼付時のヒューマンエラー

本工事で使用する炭素繊維シートは設計目付量が200,300,400,600g/m<sup>2</sup>と4種類であった。各橋脚で目付量が変わる為、貼間違いが起きてしまう可能性があり、一度間違えると炭素繊維シートの撤去にはかなりの期間が必要となるため、多大な工程の遅延が考えられた。作業中貼り付ける炭素繊維シートの種類間違いをどうすれば防ぐことができるか対策が必要となった。

### 2-4 1橋脚において連続施工ができない端部処理

第二西藤橋下り線P1橋脚の構造物掘削を行う箇所については、埋戻しを行う必要がある為、埋戻し部を第1期施工、埋戻し後の残りを第2期施工とした。その際、第1期と第2期の施工間隔は短い場所では4ヶ月、長い箇所では1年以上が開くところもあり、その間最終工程の塗装未施工部が剥き出し状態となる。炭素繊維シートを張り付ける際塗布するエポキシ樹脂は紫外線に弱く、直接日光に当たると白化現象を起こし、表面が少しずつ崩れしていく。このため施工間隔が空く際の対応が必要となった。また、第1期施工、第2期施工の炭素繊維シートを各層でラップさせる必要があったため、対応が必要となった。

## 3. 対応策・工夫・改善点と適用結果

### 3-1 送風機及びジェットヒーターの設置

ライナー坑内部の湿度を低下させる目的として、送風機を設置した。設置箇所については、孔内の外部から内部への送り風用で2機、内部から外部への空気抜き用として2機設置した。同時に湧水が常時発生しているため、水中ポンプにて排水を常時行った。設置後坑内の湿度を計測した結果、元々95%以上だったものが80%を下回る結果となり施工可能湿度を確保することができた。

また、橋脚面の結露の除去も同時に行うことができた。

第一西藤橋の施工時にはジェットヒーターを設置し、足場内全体に温風が行きわたるよう穴あき耐熱ポリダクトを足場内に設置した。結果、5℃以上の温度を確保することができた。降雨時で気温、湿度が条件を満たしている際、最上段の橋脚面に面木をシール材にて固定し、橋脚面から雨水が施工箇所に進入しないよう工夫をした。結果、施工中の材料への影響を抑えることができた。

### 3-2 照明設備の増設

ライナー坑内の照度を上げるために、テープ式ライトの設置を行った。テープ式ライトは特に照度の低い、最下層から10m上部へ足場内の4隅に設置した。設置したことにより足場内全体の照度を確保することができた。橋脚面ははっきりと見やすくなり、エポキシ樹脂未塗布箇所、シート貼付後の未含浸部分などが分かり、作業員への指示・指導を行うことができ、施工不良箇所を全て補修した。また坑内が明るくなったこともあり、移動、作業する際足場等で体を打ち付けることなく、安全に作業を進めることができた。



図-4 テープ式ライト(LED) 設置状況

### 3-3 炭素繊維シートの縦糸色分け

各目付量ごとに炭素繊維シートの縦糸に着色を下表のように行った。これを行うことにより炭素繊維シートの貼り間違いを防止することができ手戻り等の工程遅延を防ぐことができた。

-表- 炭素繊維シート識別一覧

目付量	縦糸色
200g/m <sup>2</sup>	赤色
300g/m <sup>2</sup>	白
400g/m <sup>2</sup>	黄
600g/m <sup>2</sup>	青

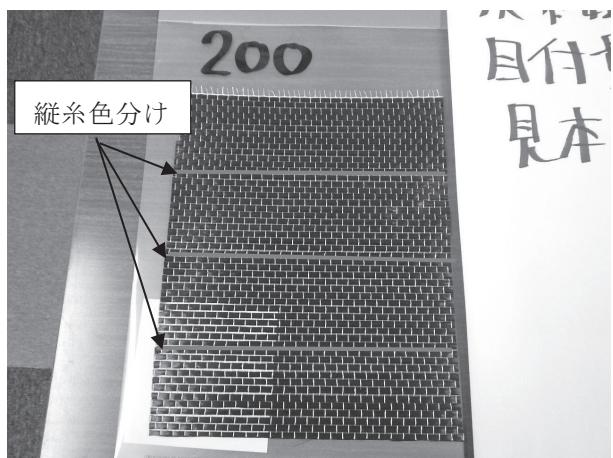


図-5 炭素繊維シート縦糸色分け

### 3-4 施工日数が空く際の養生及び第1期施工端部の処理

#### 3-4-1 ブルーシート+ロープでの養生

第1期施工範囲が終了した後、構造物掘削坑内に組み上げた足場を一度解体した。その際、第1期施工部の端部は炭素繊維シートが剥き出し状態となるため図-5のように、直接日光等による紫外線の影響を抑えるため、ブルーシートで覆い飛散防止としてロープで固定を行った。また、シートが上下で位置ずれしないようブルーシート上部



図-6 紫外線対策状況

はサン木で固定し、橋脚上部の検査路からロープで引っ張り上げ補強した。この結果、第2期施工を行う前に表面の確認を行ったが、紫外線の影響で白化現象が起きることなく、施工前に表面の埃を少々ふき取る程度だった。

#### 3-4-2 第1期施工端部の工夫

第1期施工端部は（図-7）のようなジグザグに処理を行った。（図-7）は第二西藤橋上り線P1橋脚で炭素繊維シートの貼付は設計で、鉛直方向4層（長手方向）、5層（短手方向）、周方向1層であった。炭素繊維シート貼り付ける際、ラップを行う時は $L=20\text{cm}$ 以上、ラップする位置が同一面に集中しないようずらす必要があったためジグザグに仕上げた。結果、各層の貼付始まりが分かりやすくなり貼付間違いの防止ができたとともに、各層の管理を容易に行うことができた。



図-7 第1期施工終了後状況

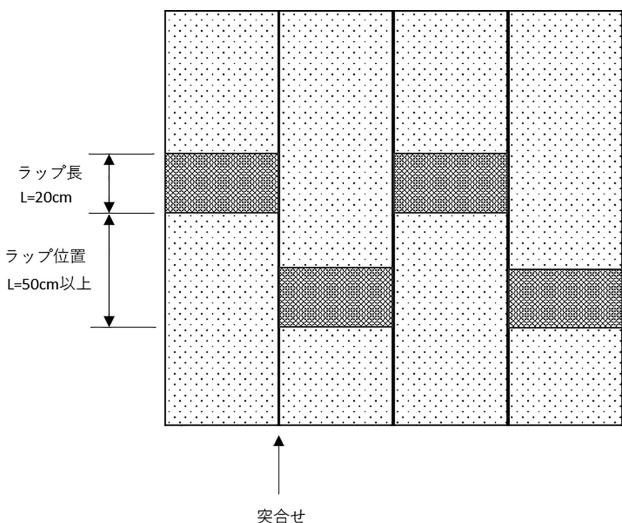


図-8 炭素繊維シート貼付管理（鉛直方向）



図-9 完成

#### 4. おわりに

本工事における炭素繊維シート巻立て工の作業は環境に左右されることが多く、橋脚自体が高かったため、かなりの日数が掛かると予想していたが、発注者様並びに協力会社意見交換等、現場での工夫を行ったことで、作業をスムーズに進めることができた。今後の留意点とすれば、降雨翌日はどうしても湿度が高く施工可能湿度を下回ることが難しいため、除湿をよりよい方法で行わなければならないと感じた。

最後に本工事の施工にあたり多大なご指導を頂いた、西日本高速道路株式会社 中国支社 福山高速道路事務所の関係各位をはじめ、工事に関係された協力会社の方々に心より感謝の意を表します。