



技術

沿岸レポート

施工後20年経過したCFRP床版の健全性調査報告

一般財団法人沿岸技術研究センター
港湾 PC 構造物研究会

はじめに

岸壁、防波堤、棧橋などのコンクリート港湾施設は、塩分雰囲気があり、外部からの塩分浸透によって内部鋼材が腐食するなど、非常に厳しい環境に置かれている。また、高度経済成長期に集中的に整備された構造物が多く、劣化の進行による安全性の低下や補修補強費用の増大が懸念され、耐久性に優れた構造物の開発が切望された。このような背景の中、平成4年度の旧運輸省第四港湾建設局管轄の北九州港葛葉地区における岸壁改良工事の一部において、緊張材に炭素繊維を用いたプレキャストPC床版(以下、CFRP床版と略す。)が試験的に採用された。このCFRP床版は、写真1に示す炭素繊維緊張材を用いてプレテンション方式で製作された3枚のCFRP版を、現場において、炭素繊維緊張材を用いたポストテンション方式で連結し、場所打ちコンクリートと一体化して合成床版構造としたものである。また、この床版は、施工から5年経過した時点で、目視による外観調査を行い、施工から10年を迎えた時点においては、目視および赤外線カメラによる外観調査を行っているが、ひび割れ



写真1 炭素繊維緊張材

等の変状は確認されていない。今回は、施工から20年が経過したため、目視調査に加え、載荷試験および有効プレストレス量の調査によって、健全性について確認した。

建設20年後の改良工事について

北九州港葛葉地区棧橋は、昭和40年から41年にかけて直杭式横棧橋構造で施工されたものである。棧橋は、海洋沿岸域の非常に厳しい環境に位置するため、特に塩分の浸透に伴う鋼材の腐食は通常の構造物に比べて著しく早かった。昭和59年度の港湾構造物の腐食調査において、梁および床版のコンクリートのひび割れ、鉄筋腐食および鋼管杭の腐食が判明し、早急に補修が必要とされた。

この結果を受けて、平成2年度から4年度にかけて改良工事が行われ、既設床版は、切り出して撤去し、梁については断面修復を行った。梁の補修を行った後に、新規に製作したプレキャストRC床版を架設して、間隙部に場所打ちコンクリートを打設することで一体化を図った。一方、先に述べたように、改良工事の一区画において、CFRP床版が試験的に採用された。このCFRP床版に用いた炭素繊維緊張材は、炭素繊維を多数束ね、それを樹脂により結合させ棒状に成形した複合材料である。高張力、高耐久性、軽量等の優れた性能を有しており、腐食環境の厳しい場所に建設されるコンクリート構造物の補強材として適している。

CFRP版は工場で作製され、1方向をプレテンション方式によりプレストレスが導入されている。コンクリートは設計基準強度500kgf/cm²であり、割裂防止用のスパイラル筋や支圧補強のグリッド筋も耐塩害性に配慮して炭素繊維製の補強材を使用した。現地

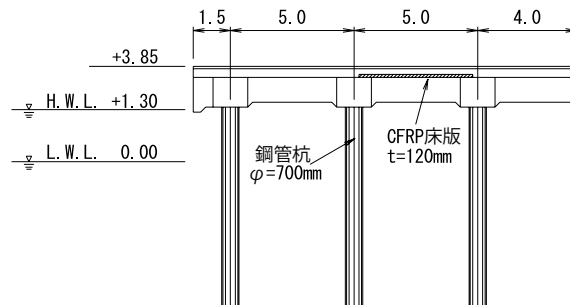


図1 棧橋の構造図

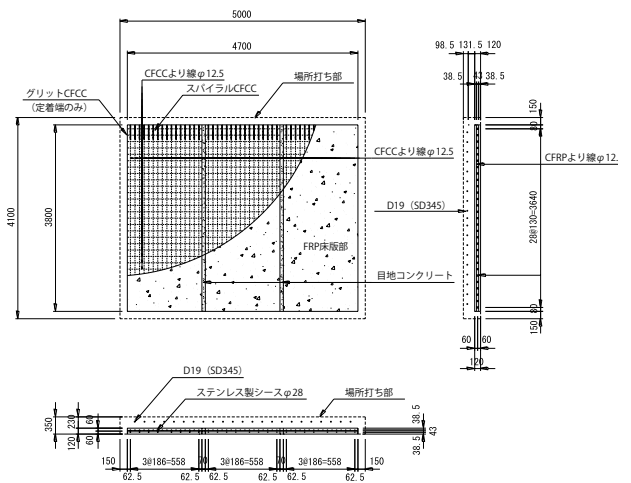


図2 CFRP床版配筋図



写真2 吊り足場からの近接目視調査

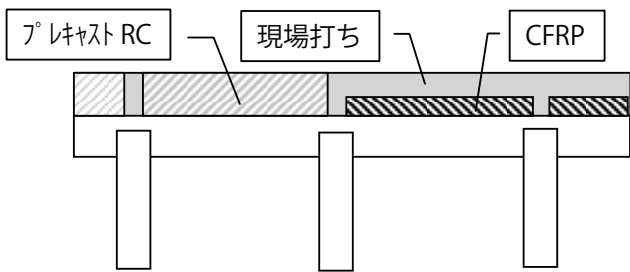


図3 床版の構造概要図

ヤードにおいて工場製作したCFRP版を3枚敷き並べ、目地コンクリートを打設後、炭素繊維緊張材をポストテンション方式により緊張定着して3枚の版を一体化した。金属製の定着具が構造物内に残らないように、グラウト強度発現後に定着部を切断して、緊張材とグラウトの付着により定着する方法(以下、グラウト定着)が採用された。なお、シーすにはステンレス製のものが使用されている。

図1に栈橋の構造図を、図2にCFRP床版の配筋図を、図3に床版の構造概要図を示す。

調査概要と結果

目視調査

(1) 調査概要

平成4年度の改良工事から10年後の平成15年(10年前)に、前回のCFRP床版劣化調査が行われた。今回の調査は、改修工事から20年が経過して、前回調査時と同程度の健全性を保っているか、あるいは変状が生じているかを比較検証することが目的である。写真2に示すようにCFRP床版の1区画に、簡易吊り足場を設置して近接目視を行った。

(2) 調査結果

施工から20年後のCFRP床版の下面の状況は、写真3のように、10年前と同様、ひび割れの発生や錆汁の滲出等はなかった。建設

から20年が経過しても健全であった。

有効プレストレスの推定

(1) 調査概要

CFRP床版の長期健全度を検証する上では、有効プレストレスの定量的な調査が必要と考えられた。これは炭

素繊維緊張材が長期的に一般のPC鋼材と同等に機能しているか、またグラウト定着によるポストテンション材の緊張力は確保されているか、といった観点からである。そこで、潮位の関係から短時間で作業を終えることができ、また特殊な調査機材を必要としないことから、コア応力解放法によるプレストレス量の推定を実施した。調査方法は、コンクリート表面にクロスゲージを貼り、コアドリルによる切り込み前後の解放ひずみを測定した。調査対象は2方向にプレストレスが導入されており、計測したひずみから2方向それぞれのプレストレスのひずみ成分を抽出し、これにコンクリートの弾性係数(33,000N/mm²)を乗じることで推定有効プレストレスとした。コア応力解放法の概要を図4に示す。



写真3 CFRP床版下面の状況

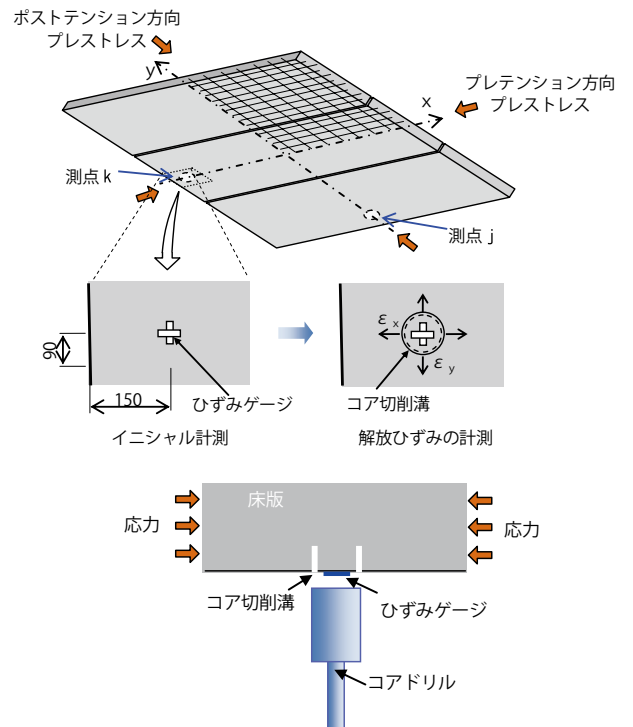


図4 コア応力解放の概要図

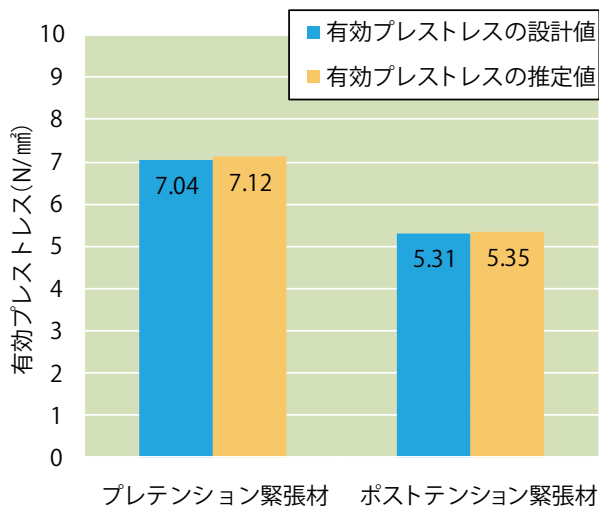


図5 有効プレストレスの推定結果

(2) 調査結果

計測結果から評価した推定有効プレストレスは、プレテンション方向が7.12N/mm²、ポストテンション方向が5.35N/mm²であった。設計値と推定有効プレストレスの比較を図5に示す。いずれも設計に対して101%とほぼ設計値と同等のプレストレス量が確保されていると想定され、CFRP床版の長期プレストレス安定性が確認できた。

荷重試験

(1) 調査概要

本荷重試験は、車輛荷重の荷重による実構造物の変位やひずみを計測し、解析値と比較することで、CFRP床版の内部ひび割れや場所打ち床版との剥離などの内部劣化を、間接的に推定することが目的である。図6のようにCFRP床版の中央部にアウトリガーが位置するようクレーンを据付け、アウトリガーと敷鉄板の間にロードセルを設置して荷重荷重を管理した。また、変位計測は床版下面に高感度変位計を設置し、ひずみの計測はひずみゲージとπ型ゲージを設置して、荷重の除荷・再荷重を数回繰返し、床版中央の

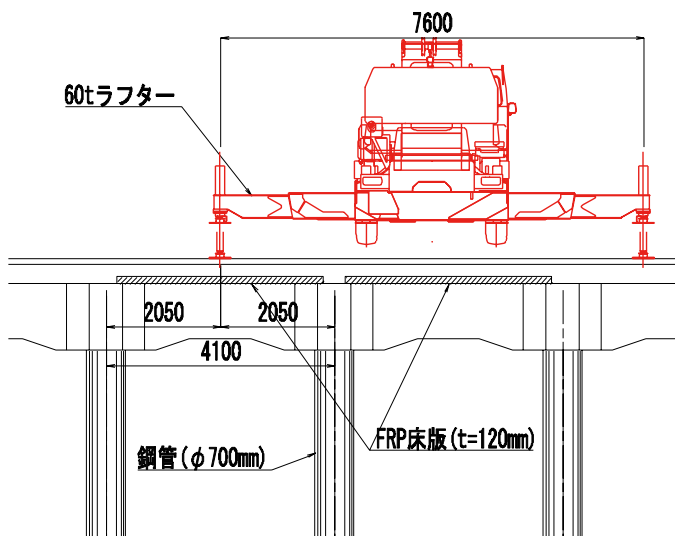


図6 荷重要領図

鉛直変位およびひずみ値の履歴を記録した。なお、アウトリガーから得られる最大反力は、190kNである。

事前解析では、載荷荷重190kNにおける床版中央の鉛直変位は0.20mmであり、床版下縁の引張応力度は、長手方向で1.59N/mm²、短手方向で1.49N/mm²であった。

(2) 調査結果

CFRP床版の中央部で計測した荷重—変位履歴図を図7に示す。試験で得られた測定値は、鉛直変位が平均で0.23mm、ひずみが短手方向、長手方向ともに55μ程度、応力度換算で1.8N/mm²であった。また、履歴曲線も概ね線形の挙動を示した。

今回、荷重試験結果と解析値に大きな離れはなく、CFRP床版の内部ひび割れや場所打ち床版との剥離などの内部劣化は生じていないと判断できる。

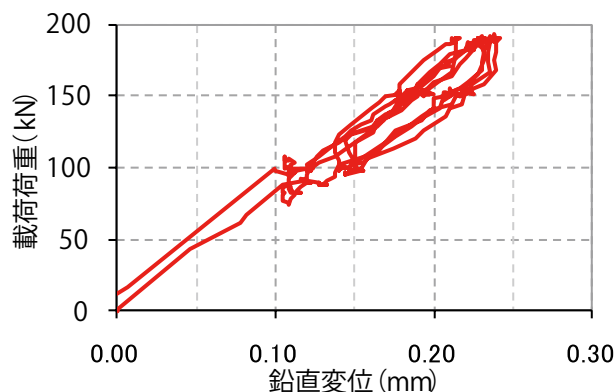


図7 荷重と変位の履歴

おわりに

北九州港葛葉地区棧橋は、昭和40年から41年にかけて直杭式横棧橋構造で施工され、昭和59年度の港湾構造物の腐食調査において、早急に補修が必要とされたことから、平成2年度から4年度にかけて改良工事が行われた。今回の調査では、改良工事後20年が経過したCFRP床版の目視調査、荷重試験、有効プレストレス量の確認等を行った。目視調査では、CFRP床版本体の下面にはひび割れ等の変状は無く、荷重試験においては、CFRP床版の剛性低下は確認されなかった。また、有効プレストレス量の調査においては設計で想定したプレストレスが導入されていることが確認できた。

以上より、緊張材に炭素繊維を用いたプレキャストPC床版の長期にわたる有用性を確認することができたと考える。

謝辞

本調査は、(一財)沿岸技術研究センターと港湾PC構造物研究会の共同研究として実施したものである。調査の実施にあたり助言を頂いた、東京工業大学の大即信明教授、西田孝助助教に心より御礼申し上げます。また、調査にご協力を頂いた、国土交通省九州地方整備局北九州港湾・空港整備事務所、北九州市港湾空港局港営部港湾事務所、(独)港湾空港技術研究所および施設周辺の企業の方々にも厚く御礼申し上げます。