

(101) 新素材PC橋の実橋試験桁の載荷試験報告

石川県土木部道路建設課 神田 博行
 (株)ビー・エス 東京支店 木内 武夫
 同 北陸支店 ○松本 一昭

1. はじめに

能登半島の厳しい塩害環境下での橋梁建設にあたり、石川県は、鋼材腐食に対する根本的な対策として、昭和63年に新素材(カーボン繊維)を緊張材に用いた最初のPC橋「新宮橋」を建設した。「新宮橋」では、長期的な品質性能の確認を行うことを目的として、両地覆の外側に実寸法の試験桁を配置している。この試験桁は橋梁本体と横締めにより一体構造となっており、荷重分配がなされているので橋梁本体と同じ環境下になるように設置している。これまでに主桁の破壊試験、3年間にわたる実橋でのひずみ継続測定及び実橋での載荷試験を実施し、CFRP緊張材のプレテンションPC桁緊張材としての有効性、CFRP緊張材を用いたプレテンションPC桁の破壊特性及び破壊耐力、及びスラブ橋としての耐荷力を確認しており、現在、その外観においては、なんら問題は発生しておらず、使用時における橋梁構造物としては設計通りの性能を有しているものと考えられる。今回、施工後6年経過したこの試験桁を取り出し、主桁の載荷試験を実施することにより、主桁の力学的挙動の状態を調査し、あわせてCFRP緊張材本体の変化を調査することとした。

2. 試験概要

2-1 新宮橋の概要

新宮橋の一般図を図-1に、主桁断面図を図-2に示す。

取り出す試験桁は、図-1に示す試験桁の内、海側の試験桁とした。

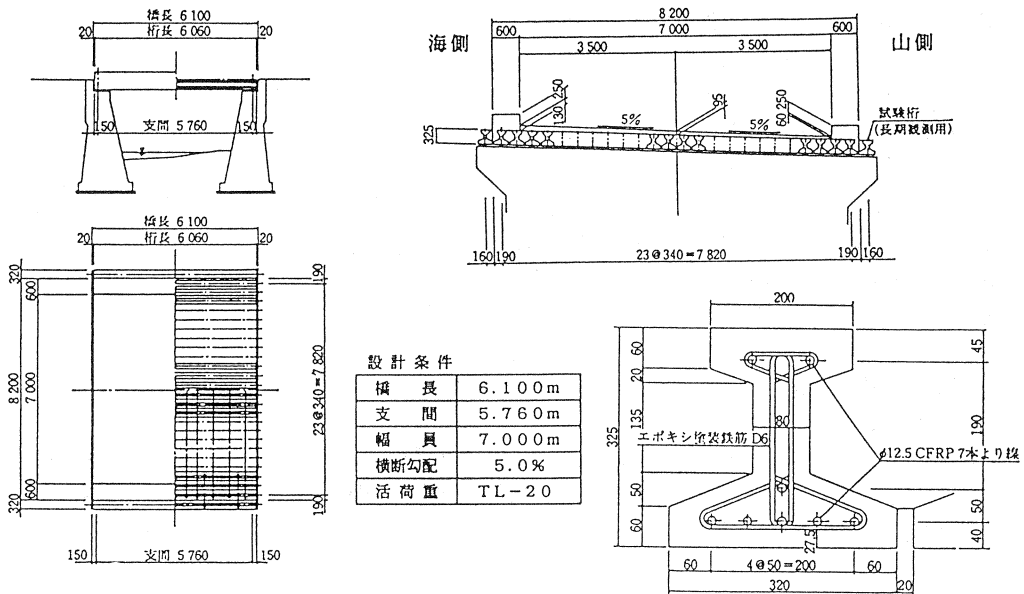


図-1 新宮橋一般図

図-2 主桁断面図

2-2 試験内容

試験は以下の項目について行った。

(1) 曲げ破壊試験

試験桁について曲げ破壊試験を実施して、主桁の終局時曲げ耐力を把握することにより、主桁制作時での曲げ破壊試験結果及び設計計算における曲げ破壊耐力値と比較し、施工後6年経過した場合の終局時における耐力を評価する。試験は図-3のように施工時に実施した時と同じ荷重方法で行った。

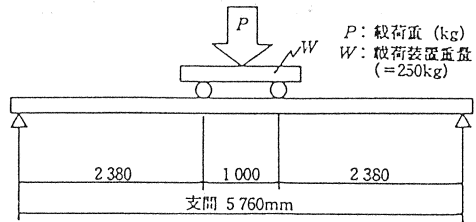


図-3 荷重方法

(2) 伝達長の確認試験(図-4)

プレテンションPC桁において最も重要な要素である緊張材の伝達長の変化状況を調査する。伝達長は緊張材であるCFCCとコンクリートの付着力に起因するものである。施工後6年経過した試験桁の緊張材の付着力が活荷重あるいは暴露環境等によって低下することにより、伝達長が当初設計時の長さ比べて変化しているかどうかを調べ、橋梁構造物としての健全性を考察する。曲げ荷重試験を実施した桁の片側半分を利用し、緊張材が配置されていない主桁腹部をコンクリートカッターで切断することにより、切断前後の腹部コンクリートのひずみ変化を測定し伝達長を把握する。

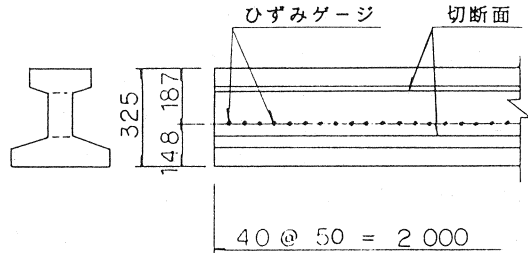


図-4 ひずみゲージ取付位置

(3) 含有塩分量の調査(図-5)

試験桁の破壊試験の後、桁の腹部からコア抜きをし、施工後6年経過した桁の腹部における表面からの含有塩分量の調査を実施した。

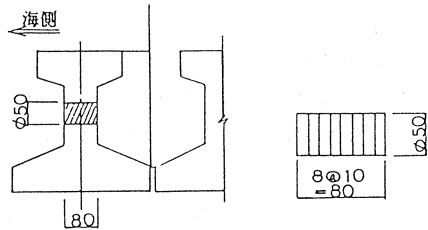


図-5 塩分量測定用コア

(4) 緊張材の引張試験・化学分析(表-1)

曲げ破壊試験を実施した試験桁からCFCCを取り出し、CFCC単体での引張試験を行うことにより、引張強度と弾性係数を測定し、かつ化学分析も実施し、耐久性に関するCFCCの信頼性を考察する。

調査項目	調査方法
形状・重量	直径、よりピッチ、重量、レジコンテントの測定
破断荷重・弾性係数	引張試験
外観	目視観察、FE-SEM(電子顕微鏡)観察
劣化度	Tg(ガラス転移点)測定、FT-IR分析
環境剤の侵入状況	EPM A面分析

表-1 調査項目

3. 試験結果及び考察

(1) 曲げ破壊試験

載荷手順は、最初に4.0t(設計荷重3.6t)まで載荷し、一旦0tに戻し、次にひびわれ荷重(前回の試験では7.2t)まで上げ、再度0tに戻し、最後に破壊荷重まであげた。図-6に荷重と変位の関係を施工時と対比して示す。

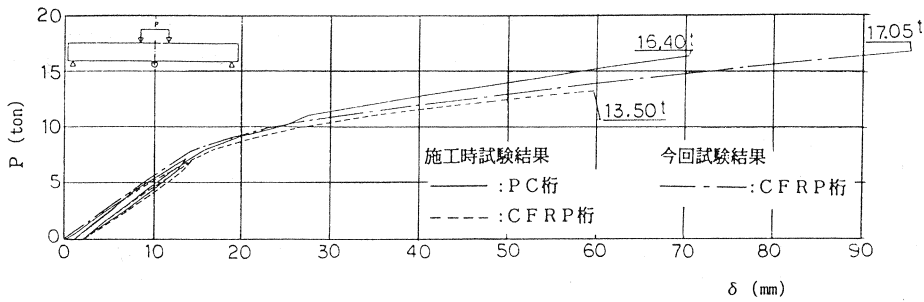


図-6 荷重と変位の関係 (施工時との対比)

今回の破壊荷重は17.05tであり、施工時試験結果 (13.5t) に比べて約26%の伸びを示している。また、その破壊形態は前回と同様のコンクリートの圧壊によって起こっている。図-6に示す通り、荷重と変位の関係は施工時試験のPC桁及びCFRP桁と同様の形状を示しており、破壊形態としては6年経過後の時点においても施工時とならば変化は無い。破壊荷重が大きく伸びていることについては、6年を経過し桁のコンクリート強度が大きく伸びた結果だと考えられる。以上の結果より、新宮橋で使用したCFRP桁は施工後6年を経過し繰り返し荷重を受けた現在でも十分な破壊耐力を有していると言える。

(2) 伝達長の確認試験

破壊試験終了後、桁の腹部を桁長方向に切断した。腹部に貼ったひずみゲージの測定は、切断前と片側切断後、両側切断後及び16時間後の4回測定を行った。腹部の切断前と切断後のひずみの変化は、プレストレスが入った状態からプレストレスが解放された状態への変化を示したものである。

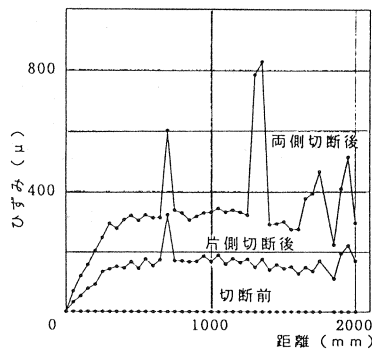


図-7 腹部コンクリート伝達長の変化

図-7より、伝達長はL=500mmと考えられ、これは理論値のL=812.5mmよりかなり小さな値を示している。このことはCFRP桁が長期供用や現地環境によりケーブルの付着力の低下を起こしていないことを意味しており、当初問題となったコンクリートとCFCCの線膨張係数の違いによる付着切れが起きていないことを示している。

(3) 含有塩分量の調査

試験桁の腹部における表面からの含有塩分量は図-9に示す通りである。表面から1.0cmの部分は桁表面の付着塩分のため大きな値を示している。この桁の鋼材のかぶり厚は2.5cmであり、その位置での含有塩分量は約0.4~0.5kgf/m³となっており、これは道路橋示方書に

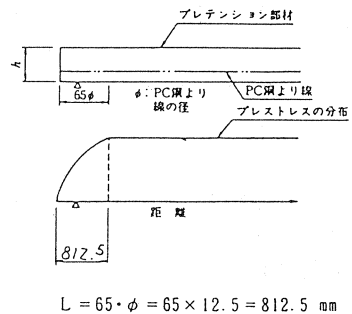


図-8 伝達長の理論値

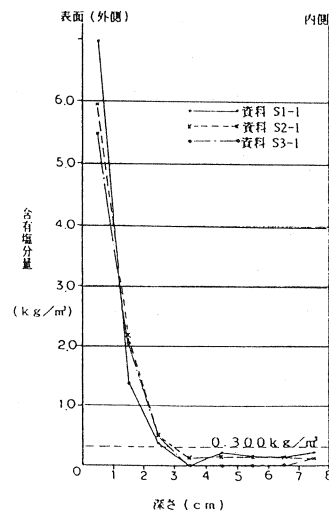


図-9 含有塩分量

規定された 0.3kgf/m^3 を越えている。施工後6年を経過した桁の含有塩分量が、この位であることは、この橋梁の置かれている環境が相当厳しい状況であると考えられ、このことは新宮橋にCFRP桁を採用したことが妥当であったことを示している。

(4) 緊張材の引張試験・化学分析

a) 形状・重量調査

直径、よりピッチ、重量及びレジンコンテンツ(Rc)を5本の試料について測定した結果の平均値を表-2に示す。比較値は、本試料と同一製造ロットのCFCCについて、製造時に同一方法で測定したデータである。両者の値に明確な差はなく、緊張材として使用状態での6年間暴露によるCFCCの形状や重量の変化は認められなかった。

	直径 (mm)	ピッチ (mm)	重量 (g/m)	Rc (%)
暴露6年後	13.0	157	161	36
製造時	13.1	157	162	36

表-2 形状・重量測定結果

b) 引張試験

引張試験を試料に定着具を施して行った。破断荷重と弾性係数の測定結果を表-3に示す。初期値は、試験桁の製作当時、同一製造ロットのCFCCについて行った試験結果である。破断荷重および弾性係数ともに、平均値の初期値との差は1~2%程度であり、引張試験の結果からは特性の変化は見られない。

	破断荷重 (kgf)				弾性係数 (kgf/mm ²)
	平均値	最大値	最小値	標準偏差	平均値
暴露6年後	15,900 ¹⁾ [0.99]	16,880	15,180	720	14,500 [1.02]
初期値	16,000 ²⁾ [1.00]	16,850	15,100	510	14,200 [1.00]

注) [] 内の数値は、初期値を1.0とした場合の比を示す。
¹⁾ n=5、²⁾ n=15

表-3 引張試験結果

c) 外観調査

表面状態、色、形状を目視およびFE-SEM

(電界放射型電子顕微鏡)により観察した結果、いずれの観察からも、CFCCの表面、内部、被覆繊維および炭素繊維の劣化と見られる外観の変化は見られなかった。

d) 劣化度調査

各試料の任意の1横断面における心ストランドおよび側ストランド3本(1本置き)のCFRP部分について、Tg(ガラス転移温度)測定およびFT-IR分析を行い、暴露していないCFCCと比較したが、何れの試料も比較材との差異が認められず、化学的な構造変化を伴う劣化は発生していないと推定される。

e) 環境剤の侵入状況調査

環境剤(Na, Cl, Ca, K)のCFCC内部への侵入状況を、EPMA(電子線マイクロアナライザー)による横断面の面分析によって調査した結果、環境剤が被覆繊維を浸食したり、コンジョットに侵入したりした形跡は見られなかった。

4. おわりに

新宮橋供用開始6年後に取り出した試験桁の試験結果より、実橋として繰り返し荷重を受けた新素材PC桁の力学的特性は健全であることが確認された。さらに、試験桁から採取したCFCCの試験結果からも、その特性を損なうと思われる変化はなく、劣化の兆候も見られなかった。したがって、CFRPを緊張材に用いた新宮橋は、建設後6年を経過しても、建設当時と同様、設計どおりの構造物としての健全性を保っていることが確認できた。