

## 火害を受けた高架橋の補修

プレストレスト・コンクリート建設業協会 正会員 ○石田 邦洋  
 正会員 藤岡 靖  
 正会員 竹本 博明  
 正会員 久門 正和

### 1. はじめに

平成13年11月、供用開始前の高架橋下で仮置きされていたダイボリンプレスト管(φ1800×5m×3本)が延焼し、橋梁の一部が被害を受けた。特に、火災元近傍の橋脚や、その直上の上部工下面には、広範囲にわたるコンクリートのひび割れ、浮き、剥落、鉄筋露出などの損傷が生じており、被害が耐荷力や耐久性に及んでいる可能性も考えられた。

本報告は、火害を受けた上部工、下部工及び支承のうち、上部工の損傷状況調査、材料試験、実橋載荷試験及び補修設計について述べる。

### 2. 高架橋の概要

高架橋の概要は次のとおりである。

- ・橋 長：124.000m (74.400m + 49.600m)
- ・構造形式：上部工：PC3径間連続中空床版橋 + PC2径間連続中空床版橋 (上下線分離構造)
- ・スパン割：(24.420m + 24.800m + 24.420m) , (24.420m + 24.375m)

図-1に A1～P3径間の上部工 L ラインの概要図を示すが、火災元は、図に示すように P2橋脚の P3橋脚側である。火害後、煤を洗浄した後の上部工下面の損傷状況を写真-1に示す。写真に示すように、火害によりコンクリートのひび割れ、浮き、剥落、鉄筋露出などの損傷が生じていた。なお、調査後の補修対象範囲は、P1～P3径間の L ライン及び R ラインの両方であった。

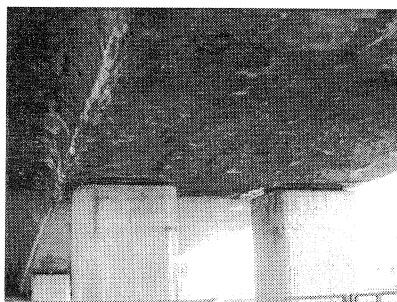
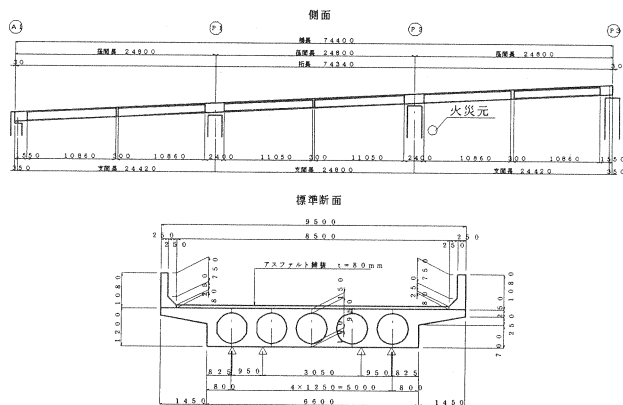


写真-1 P2橋脚付近損傷状況

図-1 高架橋概要図 (A1～P3径間 L ライン)

### 3. 現地調査

現地調査は、表-1に示す項目について行った。

表-1 調査項目

一次調査	外観損傷状況調査
二次調査	コア抜きによる圧縮強度、静弾性係数測定
	シュミットハンマーによる反発硬度測定
	受熱温度測定
	鉄筋片による引張強度試験
	フェノールフタレインによる中性化深さ測定

#### 3.1 外観損傷状況調査結果

P1～P2径間及びP2～P3径間のLライン及びRラインの両車線ともに、床版下面及び側面、張出し床版下面、高欄外面の一部に、コンクリートのひび割れ、浮き、剥落、鉄筋露出などの損傷が生じていた。各部位の剥落の厚みは約40mm程度であるが、床版下縁の一部では、最大80mm程度の厚みで隅角部が欠け落ちていた。図-2に剥落状況概要を示す。

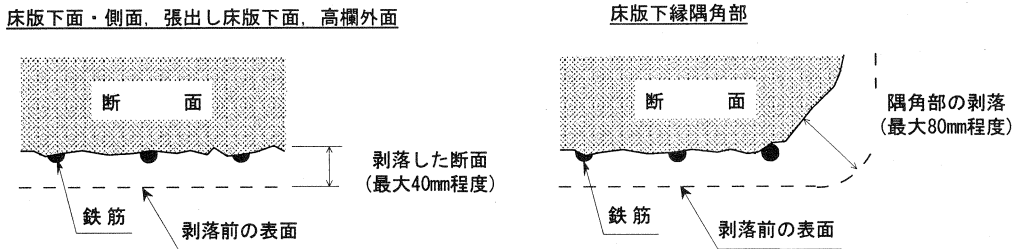


図-2 上部工の剥落状況概要

#### 3.2 コア抜きによる圧縮強度、静弾性係数の測定結果

圧縮強度等を確認するために、コア抜きを健全部で3箇所、外観上損傷を受けている部分で8箇所行い供試体採取した。表-2に圧縮強度試験結果を示す。表に示すように損傷部の圧縮強度は、健全部の8～9割程度となっているが、いずれも設計基準強度以上であるので、強度的には全く問題はないと判断した。

表-2 圧縮強度試験結果

設計基準強度	供試体試験による圧縮強度		
	健全部の平均	損傷部	
		平均	最小値
34.3 N/mm <sup>2</sup> (350kgf/cm <sup>2</sup> )	50.2 N/mm <sup>2</sup>	44.0 N/mm <sup>2</sup>	40.9 N/mm <sup>2</sup>

静弾性係数は、健全部の平均値が25,500N/mm<sup>2</sup>、損傷部で最小値が20,300N/mm<sup>2</sup>となっており、低下していることがわかった。

#### 3.3 シュミットハンマーによる反発硬度測定結果

損傷範囲を特定するために、P1～P2径間及びP2～P3径間の床版や張出し部について58点の表面反発硬度をシュミットハンマーを用いて測定した。

その結果、P1～P2径間及びP2～P3径間の外観損傷が見られない部分については、55以上の反発硬度を示していたので、当橋梁の場合は、健全であれば55以上の値を示すものと考えた。

これに対して、剥落の生じている箇所測定した反発硬度は、いずれも45以下であり、最も小さな値は、28.5の値を示していた。反発硬度試験は、表面の状態がその結果に影響するので、一概には、結論付けるこ

とができないが、これらの結果を補修範囲決定の参考にすることとした。

### 3.4 受熱温度測定結果

上部工はPC構造であり、PC鋼材位置の断面温度が300℃になると2割程度のプレストレスが損失すると考えられる。<sup>1)2)3)</sup>よって、耐荷性能が低下していることが考えられるため、受熱温度の測定を行った。

受熱温度の推定を行うために、コア抜きを健全部で1箇所、外観損傷を受けている部分で3箇所行い供試体を採取した。その結果、外観損傷が顕著であったP2橋脚付近の受熱温度は表面から70mmの位置で約200℃であり、PC鋼材が下縁近くにあるP2橋脚から8.55m離れた付近では、表面から70mmの位置で受熱温度は150℃未満であることが推定され、プレストレスの損失は少ないと考えられた。なお、P2橋脚+8.57mの位置でPC鋼材(φ65のシースの中心)は、表面から深さ100mmの位置にある。

### 3.5 鉄筋片による引張強度試験結果

引張強度試験は、火害により露出した組み立て鉄筋の中から5本を採取し行った。上部工に使用している鉄筋(SD295A)は降伏点強度で295N/mm<sup>2</sup>以上である。現地で採取した鉄筋の降伏点強度は、床版下面で採取した試料で354N/mm<sup>2</sup>、張り出し床版の水切り部で358N/mm<sup>2</sup>、引張り強さはそれぞれ517N/mm<sup>2</sup>、528N/mm<sup>2</sup>であり、強度的には問題ないことがわかった。

### 3.6 フェノールフタレインによる中性化深さ測定結果

中性化深さ測定は、圧縮強度試験用及び受熱温度用の供試体の採取後の孔で行った。外観損傷が生じておらず健全と思われる位置の中性化深さはP1～P2径間のRラインで最大6mmであった。しかしながら、コンクリート標準示方書維持管理編(土木学会、2001年制定)に示される中性化の進行予測の理論式を用いた場合は、本橋梁が平成9年度に竣工していることから、火害を受けなければ中性化深さは1mm未満であると考えられる。ここで、コンクリートは500℃～580℃以上で中性化することから、外観損傷がない部分についても、6mm程度の深さまで500℃以上受熱していたと考えることができる。

## 4. 耐荷力照査

受熱温度測定結果から、PC鋼材が上縁から下縁におりてくるP2橋脚+8.55mの断面で、表面からの深さが70mmの位置では、受熱温度は、150℃未満であることが推定された。

検討は、受熱温度を150℃と仮定した場合と、受熱温度の推定誤差を考慮して、受熱温度を250℃と仮定した場合の下記の2ケースについて検討を行った。

CASE-1: 火災による断面欠損を下縁5cm、受熱温度を150℃と仮定して、損傷した断面のプレストレス量を3%減少させたもの

CASE-2: 火災による断面欠損を下縁5cm、受熱温度を250℃と仮定して、損傷した断面のプレストレス量を11%減少させたもの

検討の結果、上部工は許容応力度内に収まっていることがわかった。

## 5. 実橋載荷試験

現地調査や採取試料による試験・分析及びそれらを基に行った設計照査の結果から、今回の火害による損傷が、耐荷力に影響を与えるものではないことが確認できた。しかしながら、現時点において、上部工で採用した定量分析法でも、受熱温度を正確に推定することができないこと、PC鋼材は低い受熱によってもプレストレスが減少することから、上部工については、実橋で載荷試験を実施することとした。



写真-2 載荷試験状況

### 5.1 載荷方法

載荷試験は、総重量を約20トンに調整した大型ダンプトラック4台を試験車とし、P1～P2径間あるいはP

2～P3径間の支間中央に載荷した。写真-2に載荷試験状況を示す。

## 5. 2 試験結果

載荷試験の結果、各ケースで多少のばらつきはあるものの、各径間のたわみの実測値は、解析値の30～35%程度、ひずみは40～50%程度であり、いずれも解析値よりもかなり小さく、耐荷性能を十分に保持していることが確認された。

## 6. 補修設計

各調査・検討及び試験の結果から、コンクリート、鉄筋及びPC鋼材いずれも大きな強度低下は認められず、耐荷性能に問題はないことが確認された。

よって、今回の火害復旧の対策工としては、損傷した脆弱部をはつり取り、断面修復工を行うこととした。断面修復は、剥落した面積が広範囲であることや、床版下面などは天井面への施工であること、P2～P3径間の下を横断する道路への補修材の剥落を将来にわたって未然に防ぐ必要があることを考えて、材料に付着力や変形への追従性に優れた補強繊維入りポリマーセメントモルタルを使用することとした。

更に既設コンクリートと補修材の付着切れが発生しても補修材が剥落しないように、図-3に示すようにFRP格子筋を補強材として埋設することとした。なお、脆弱部の除去及び断面調整のはつり工はコンクリートブレーカーを用いた手はつり法で、断面修復工は湿式吹付け工法で施工することとした。

また、P1～P3径間のコンクリートの剥落等がない部分のコンクリート表面には、微細なひび割れが生じていたので、中性化の進行を防止するために表面保護工を施すこととした。

図-3に断面修復の概要図を示す。断面修復工は、P1～P3径間のコンクリートが剥落等している部分に、表面保護工は、P1～P2径間及びP2～P3径間の床版及び張出し床版の下面、高欄外面の全面について実施することとした。

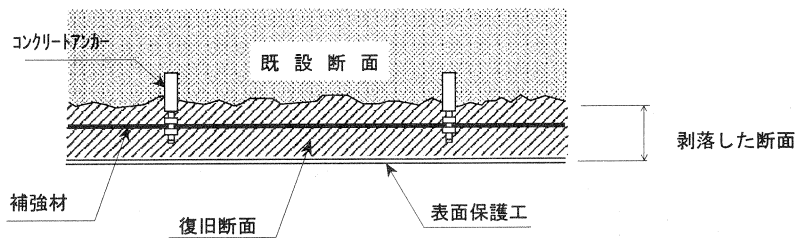


図-3 断面修復工

## 7. おわりに

供用前の橋梁が火災に遭うというまれな損傷であったが、調査及び各種試験の結果、当所想定していたよりも、橋梁への影響が少なかった。本報告が、増大しつつある補修工事の役に立てれば幸いと考える。写真-3には、補修工事完了後の写真を示す。

### 謝辞

本報告は、調査及び補修設計の一部を抜粋し、報告したものである。火害の調査及び補修設計を行うにあたっては、貴重な助言とご指導を、岡山大学阪田教授に頂きました。この場をお借りして関係各位に深く感謝の意を表します。

### 参考文献

- 1) プレストレストコンクリート設計施工基準・同解説 (日本建築学会 1998改訂)
- 2) 泉ら: プレストレストコンクリートの耐火性 (1), プレストレストコンクリート, Vol.12, No.5
- 3) 田村: 被火災 PC 桁の検査および補修 (その1), プレストレストコンクリート, Vol.20, No.2

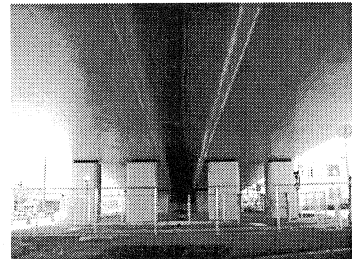


写真-3 工事完了後