

## 火災を受けた鋼箱桁橋の安全性評価

阪神高速道路(株) 正会員 ○丹波 寛夫  
 阪神高速道路(株) 梅木 和徳  
 高田機工(株) 正会員 宝角 正明

### 1. はじめに

阪神高速道路の波除出口は、大阪市港区波除2丁目付近に位置する16号大阪港線の大阪市内向きの出口である。その波除出口の路下において火災が発生し、橋脚P-5～P-6間の主桁が被災損傷した。そこで、被災当日と翌日に、落橋や走行障害や2次災害などの問題がないかを確認するため緊急現地調査を実施し、引き続き詳細調査による安全性・健全性の評価を行なったので、その概要を報告するものである。

### 2. 対象橋梁の概要

主要鋼材 SM50YA, SM50YB, S10T

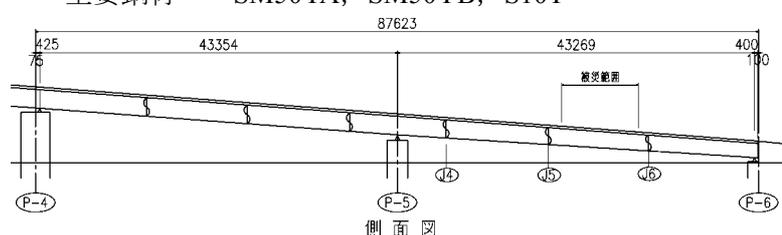


図-1 一般図と被災範囲

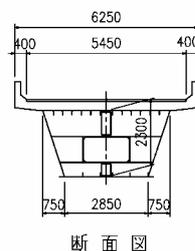


写真-1 被災損傷状況

### 3. 緊急現地調査（1次調査）

調査は、被災当日と翌日に目視試験(VT)と手のひらによる触感とスティールテープおよびカメラによる撮影により行なった。写真-1に示す塗装の劣化状況、箱桁の変形などの被災損傷状況および床版の損傷状況を確認した結果、緊急的応急処置（出口の通行止め、主桁の仮受けなど）の必要性は無いと判断した。

### 4. 詳細調査（2次調査）

#### (1)受熱温度の推定

##### a)塗膜の損傷状況による推定

損傷が激しい箇所は塗膜が炭化しており、文献1)より400℃以上の受熱温度であったと推定できる。

##### b)高力ボルトの機械試験による推定<sup>2)3)</sup>

一般鋼材は、500℃程度の熱履歴を受けても常温に戻ると、ほぼ元の機械的性質に戻る<sup>4)</sup>が、高力ボルトは焼き入れなどの熱処理が施されているため、焼戻し温度(約400℃～500℃)以上の熱履歴を受けると降伏点や引張り強さが低下し、またボルト・ナット・座金の硬度も低下する。本試験では、被災部のボルト5本と健全部のボルト3本を実橋から取り出し、その差異を検証するとともに受熱温度を推定する。

①ボルトの引張試験：JIS Z 2241により行ない、耐力・引張り強度を確認する。

②ボルト・ナット・座金の硬さ試験：JIS Z 2245により行ない、それぞれのロックウェル硬さを確認する。

座金の硬さ試験結果を代表として表-1に示すが、被災部と健全部でほとんど差異がなかった。これらの結果より、ボルトを抜き取った継手部の受熱温度は最高でも500℃程度か、それ以上の受熱温度になったが放水と閉断面箱桁ゆえに焼き戻しと同様状態となり、機械的性質の変化が微小であったと考えられる。

表-1 座金の硬さ試験結果  
規格値：35～45HRC

被災部(HRC)					健全部(HRC)						
No.	*1	*2	*3	平均	No.	*1	*2	*3	平均		
1	41	42	41	41.3	1	43	42	42	42.3		
2	42	41	42	41.7	2	42	42	42	42.0		
3	42	42	42	42.0	3	43	43	43	43.0		
4	42	42	42	42.0	-						
5	42	41	42	41.7	-						
				平均	41.7					平均	42.4

キーワード 火災, 鋼箱桁, 安全性評価, 補修

連絡先 〒552-0023 大阪市港区港晴2-11-12 阪神高速道路(株)大阪管理部保全工事グループ TEL:06-6576-6111

## (2)安全性・健全性の評価

## a) 構造物の変形・損傷による耐荷力の低下

①桁変形量の確認：変形の大きな下フランジと腹板において計測することとし、その平坦度は道路橋示方書・同解説<sup>4)</sup>II-17.3.2に示す部材精度の規定値（板の平面度  $w/150$ ）を満足していれば補修不要と評価することとした。測定の結果、変形量は最大 15mm であり、規定値 8mm を超過していたため桁矯正を行うこととした。

②主桁すみ肉溶接部の非破壊試験：塗膜が剥離している箇所において、目視試験(VT)と浸透探傷試験(PT)を行った。試験の結果、溶接部の健全性は確保されていることが確認された。

## b) 熱影響による鋼材の変質に伴う耐荷力の低下

下フランジの縦とじ連結板の抜き取り試験を行い、鋼材の変質を確認することとした。なお機械試験は以下の項目について実施し、健全性の評価を行った。

①鋼材の引張試験：JIS Z 2241 により行ない、降伏点（耐力）と引張強さを確認する。

②シャルピー衝撃試験：JIS Z 2242 により行ない、吸収エネルギーを確認する。

③硬さ試験：JIS Z 2244 により行ない、ビッカース硬さを確認する。

④マイクロ組成観察試験：JIS G 0551 により行ない、フェライト結晶粒度を観察する。

表-2~5 に機械試験の結果を示す。表-2、表-4 および表-5 より、被災部と健全部との差異は僅かであり、また規格値を満足していることが分かった。また、表-3 より、被災部は健全部に対し吸収エネルギーの低下が認められるものの、SM490YA には規格値がないこと、および参考とした SM490YB の規格値を満足していることから特に問題ないものと考えられる。以上のことから、受熱温度の推定による間接的評価と機械試験による直接的評価の双方により鋼材の健全性は確保されていると判断した。

表-2 引張試験結果

採取場所	試験片形状	試験片寸法			耐力		引張強さ		伸び (%)
		厚さ (mm)	幅 (mm)	断面積 (mm <sup>2</sup> )	荷重 (N)	換算値 (N/mm <sup>2</sup> )	荷重 (KN)	換算値 (N/mm <sup>2</sup> )	
被災部	JISZ2201 5号	9.08	25.01	227.1	91750	404	128.0	564	34
健全部	JISZ2201 5号	9.03	25.00	225.8	87500	388	124.3	550	35
規格値(SM490YA)					—	365以上	—	490~610	15以上

表-3 シャルピー衝撃試験結果

採取場所	番号	試験片寸法(mm)		試験温度(°C)	吸収エネルギー(J)	脆性破面率(%)
		ノッチ下	幅			
被災部	1	8.00	7.49	0	104	99
	2	8.00	7.50		109	100
	3	8.00	7.50		111	99
平均値					108	99
健全部	1	7.99	7.49	0	221	99
	2	7.99	7.50		301	99
	3	7.98	7.50		228	99
平均値					250	99
参考値(SM490YBの規格値)					0	27以上

## 5. おわりに

表-4 硬さ試験結果

火災で被災損傷した本橋梁は、逆台形箱桁橋で実例も非常に少なく I 桁橋のような開断面構造と火災による熱伝導などかなり様相が異なると思われる。従来から行われている受熱温度の推定を目視試験や高力ボルトの材料変化などの間接的な評価のみでなく、被災損傷した鋼材や高力ボルトの供試体の採取が可能であり、直接的な評価との双方により評価した。

## 参考文献

- 1) 首都高速道路公団東京保全部：鋼橋の火災時点検マニュアル(案)，平成 7 年 3 月。
- 2) 脇山広三，巽昭夫：火災をうけた鋼構造物の熱履歴温度の推定法に関する研究—その 1 高力ボルト座金の硬さによる方法—，日本建築学会論文報告集第 310 号，pp.32-42，昭和 56 年 12 月。
- 3) 酒井利忠，三輪浩二他：火災を受けた橋梁の健全度評価と補修，橋梁と基礎，pp.41-48，平成 15 年 4 月。
- 4) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説，平成 14 年 3 月。

表-5 ミクロ組成観察

採取場所	測定位置	番号	硬さ Hv5	引張強さ換算	試験結果		
					採取場所	測定位置	平均粒度
被災部	1/2t	1	165	525 (N/mm <sup>2</sup> )	被災部	外面	10.0
		2	162			1/2	9.4
		3	162			内面	9.7
		平均値	163				
健全部	1/2t	1	160	520 (N/mm <sup>2</sup> )	健全部	外面	9.7
		2	162			1/2	9.3
		3	160			内面	9.7
		平均値	161				