

10 年間の追跡調査結果による耐候性橋梁のさび安定化評価手法の比較考察

阪神高速技術(株) 正会員 ○岡本 亮二 正会員 塚本 成昭 非会員 大田 典裕
阪神高速道路(株) 正会員 青木 康素 非会員 高井 由喜

1. はじめに 平成 15 年に供用を開始した阪神高速道路 7 号北神戸線東延伸部および 31 号神戸山手線では、建設の計画段階で①海岸部から比較的遠く飛来塩分が少なく腐食環境面において有利であること、②塗装塗り替えが不要なことから LCC 縮減が期待できると考え、多くの鋼橋に耐候性鋼材が採用された。これらの橋梁が計画時に期待した効果を発揮するためには、緻密で安定した保護性さびが鋼材表面に形成されることが不可欠である。

そこで、供用翌年から現在まで 10 年間にわたり外観調査、および定量的評価手法による追跡調査を実施してきた。本稿では、調査結果よりこれらの橋梁におけるさび状態の評価、さらに今後の維持管理のための定量的評価手法について考察する。

2. 調査対象 調査対象は、阪神高速道路 7 号北神戸線東延伸部および 31 号神戸山手線に位置する耐候性橋梁とした。東延伸部は海岸から約 12km、神戸山手線は海岸から約 5km 離れた山間部に位置している。追跡調査の対象橋梁は、当該区間から桁形式や日照条件などを考慮し選定した(図-1)。

本追跡調査は接近調査を基本とするため、橋脚上より調査可能な箇所を選定した。また、様々な条件で調査することを目的に、可能な限り端支点と中間支点を選定し、部位は主桁や端横桁などを選定した。

3. 調査方法 追跡点検の調査項目を表-1 の通り計画し、実施した。

4. 調査結果 10 年間にわたる追跡調査結果を表-2 に示す。調査毎に結果をまとめる。



図-1 調査対象橋梁位置

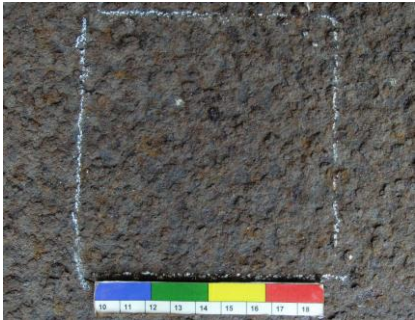


図-2 外観評点 2 の一例

【外観調査】

- (1) 供用後 1 年では初期さびが目立ち明確な外観評点は現れておらず、4 年から変化が現れはじめ、6 年以降の外観評点は落ち着く傾向にあった。
- (2) 例えば、白川 JCT 姫路出路 G5 桁外側 LFlg(上)のように、下フランジ上面に外観評点 2(図-2)が供用後 4 年で発生した場合、その後改善することは殆ど無かった。これは、端支点上付近は桁の縦断勾配の影響や風通しが悪く湿潤状態が長期間持続すること、凍結防止剤の影響を受けやすいことから、評点 3 への改善が起こりにくい環境になっていると考えられる。

- (3) 中野高架橋ではさび安定化処理剤が施されているため、既往の文献²⁾にある目視外観評価基準に則り評価した。

【電位測定】

H21 年度(供用後 6 年)と H25 年度(供用後 10 年)のさび厚と電位の変化量および方向を、文献³⁾を参考に電位ベクトル図にして図-3 に示す。

表-1 調査項目一覧および実績

路線	調査項目			調査年度									
	調査項目	詳細項目	調査内容・方法	供用後経過年数									
				H16年	H17年	H18年	H19年	H20年	H21年	H22年	H23年	H24年	H25年
北神戸山手線(東延伸部)	外観調査	全体観察・接写	デジタルカメラを使用し、ほぼ等倍の接写撮影により、さび外観評点とさびの状態 ¹⁾ に準拠して、5段階評価を行った。	●					●	●	●	●	●
	さび状態の定量的調査	電位測定	さび層を一部除去し地鉄の導通をとり、電解液を介してプローブをさび層へ一定時間押し当て、参照電極との電位差を測定した。							●			●
		X線定量分析	現地構造物より100×100mmの範囲で資料を採取し、X線回折法により分析した。							●			●
	環境調査	付着塩分(さび分析)	鋼材表面から100×100mmの範囲で資料を採取し、イオンクロマトグラフ分析装置を使用し、水可溶性塩分濃度として0.001wt%Cl ⁻ まで算出した。							●			●
調査計画				10年計画									

キーワード 耐候性橋梁, 耐候性鋼材, 追跡調査, さび状態, 定量的評価

連絡先 〒550-0005 大阪市西区西本町 1-4-1 オリックス本町ビル 阪神高速技術株式会社 TEL 06-6110-7200

- (1) 変化が微小か上向きを示しているベクトルを良好さびと考えた。良好さびは外観評点 4 が支配的であり、E-4 領域に存在している。
- (2) 右下がりまたは右向きを示しているベクトルを不良さびと考えた。不良さびは外観評点 2 が支配的であり、E-2 領域へと進展している。
- (3) 上記以外の挙動を示し E-2 と E-4 間で変動しているベクトルを不安定さびと考えた。不安定さびは外観評点 3 が支配的であり、良・不良どちらにも変化するが今後が注目される。
- (4) 供用後 6 年では、外観評点 2, 3 にも関わらず E-4 に収まる測点が多く、外観調査結果と一致しない場合があったが、供用後 10 年ではばらつきが小さくなり、外観評点 4, 2 では外観評点・判定領域の対応は良いと考える。

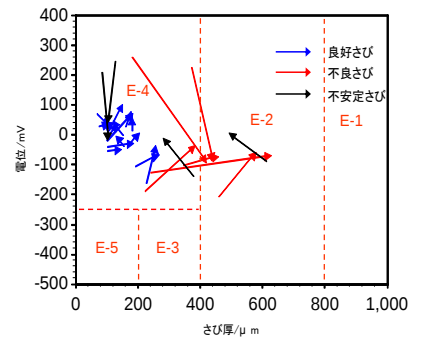


図-3 電位の経年変化

【X線定量分析】

- (1) X線定量分析の結果、ウェブは供用後 6 年からほぼ全ての測点が保護性域と考えられ、供用後 10 年においても大きな変化は見られない。供用後 6 年には殆どの測点が安定さびとして存在していたと考えられる。
- (2) トラス橋である護摩谷橋やさび安定化処理剤が施されている中野高架橋を除く、多くの下フランジが供用後 6 年で活性域に存在し、供用後 10 年でも大きな変化は見られない。外観調査でも述べたように、端支点上付近は湿潤状態になりやすく、乾燥しにくいいため、保護性さびの生成は困難であると考えられる。

【付着塩分（さび中塩分）調査】

- (1) 平常期の付着塩分量がおおよそ 0.15%を上回る(表-2 黄着色部)と外観評点 2 が出現する割合が増加する。
- (2) 平常期の付着塩分量がおおよそ 0.1%以下であるさび層は評点 4 を示し、良好な外観を示す。よって付着塩分量 0.1%以下の状況を継続させることが、さび安定化に適した環境と考える。

表-2 追跡調査結果総括表

箇所	路線名	形式	測定位置	桁	部材	管理No.	外観評点					さび厚/μm				電位/mV		XRD評価		付着塩分(さび中塩分)			
							H16	H19	H21	H23	H25	H19	H21	H23	H25	H21	H25	H21	H25	H21平常期	H21凍結期	H25平常期	H25凍結期
西宮 JCT 東	JCT入路 西行本線より	板桁	端支点上 (P1起点側)	ST1外側 桁板	Web(下)	I-9	5	5	5	4	4	101	75	120	107	25	36	保護性	不活性	0.028	0.025	0.033	0.026
					LFlg(上)	I-10	5	4	3	4	4	124	162	172	179	25	76	活性	活性	0.058	0.183	0.043	0.085
					G5外側	Web(下)	I-11	5	5	5	5	88	111	89	93	-8	54	保護性	不活性	0.031	0.027	0.051	0.024
		箱桁	中間支点上 P3(終点側)	G1L外側	LFlg(上)	I-12	5	3	3	3	2	222	242	365	630	-128	-69	活性	活性	0.458	0.406	0.257	0.238
					Web(下)	I-17	5	4	4	4	4	85	126	92	103	244	39	保護性	保護性	0.040	0.032	0.063	0.035
					LFlg(上)	I-18	5	3	3	3	3	198	371	359	438	226	-85	活性	活性	0.371	0.368	0.292	0.188
中野高架橋	東行本線	波型鋼板	P1(起点側)	G1外側	Web(下)	I-27	B	B	B	B	B	81	243	175	286	-151	61	保護性	保護性	0.075	0.062	0.047	0.034
					LFlg(上)	I-31	B	B	B	B	B	113	72	76	75	235	146	保護性	保護性	0.024	0.024	0.024	0.024
					G1外側	Web(下)	I-31	B	B	B	B	75	60	73	64	0	140	保護性	保護性	0.101	0.036	0.043	0.041
		波型鋼板	P9(終点側)	G2外側	Web(下)	I-33	B	B	B	B	B	92	90	93	96	43	215	保護性	保護性	0.070	0.058	0.053	0.062
					LFlg(上)	I-36	B	B	B	B	B	94	100	100	208	-20	-95	活性	活性	0.529	0.535	0.225	0.227
					G2外側	Web(下)	I-20	5	4	3	3	153	182	250	419	260	-95	活性	活性	0.075	0.062	0.047	0.034
白川 JCT	三田出路	板桁	端支点上 (P1起点側)	G1外側	Web(下)	I-39	5	3	4	4	4	106	70	87	111	68	22	保護性	保護性	0.022	0.018	0.016	0.012
					LFlg(上)	I-40	3	3	2	2	2	234	347	473	458	-105	-73	活性	活性	0.291	0.183	0.075	0.079
					G5外側	Web(下)	I-57	5	4	4	4	118	180	152	181	14	56	保護性	保護性	0.028	0.034	0.011	0.017
	姫路出路	板桁	端支点上 (P6終点側)	G5外側	LFlg(上)	I-58	5	2	2	2	2	548	463	569	579	-207	-59	活性	活性	0.276	0.246	0.105	0.206
					Web(下)	I-61	5	4	4	4	4	133	114	117	134	4	34	保護性	保護性	0.031	0.035	0.033	0.021
					LFlg(上)	I-62	5	2	2	2	2	459	612	501	492	-87	5	活性	活性	0.293	0.232	0.125	0.106
白川南ランプ	姫路入路	板桁	端支点上 (P1起点側)	G5外側	Web(下)	I-63	5	4	4	4	4	161	109	125	152	12	100	保護性	保護性	0.019	0.020	0.009	0.010
					LFlg(上)	I-64	5	2	2	2	3	456	379	167	280	-138	-13	活性	活性	0.172	0.099	0.064	0.098
					G5外側	Web(下)	I-77	3	3	3	3	147	101	133	189	-43	-29	活性	保護性	0.093	0.085	0.075	0.055
	北行入路	箱桁	中間支点上 P4(終点側)	G1R外側	LFlg(上)	I-78	3	2	2	3	3	184	194	202	269	-110	-68	保護性	保護性	0.291	0.267	0.210	0.168
					Web(下)	I-83	3	4	4	4	4	197	104	121	148	-57	-49	保護性	保護性	0.043	0.050	0.044	0.030
					LFlg(上)	I-84	5	2	2	2	3	335	224	333	384	-192	-35	活性	活性	0.363	0.357	0.156	0.136
護摩谷橋	南行(上り)	下路板桁	端支点上 (P1起点側)	ST6側	Web(下)	I-101	4	4	4	4	4	97	102	112	184	-22	72	保護性	保護性	0.025	0.045	0.029	0.028
					LFlg(上)	I-102	4	4	4	4	4	151	169	157	205	-41	6	保護性	保護性	0.038	0.097	0.032	0.075
					G2外側	Web(下)	I-126	4	4	4	4	101	105	94	94	33	43	保護性	保護性	0.026	0.025	0.021	0.024
	北行(下り)	下路板桁	端支点上 (P2終点側)	ST1側	LFlg(上)	I-127	4	4	4	4	4	172	153	156	119	-3	45	保護性	保護性	0.047	0.071	0.038	0.054
					Web(下)	I-127	4	4	4	4	4	172	153	156	119	-3	45	保護性	保護性	0.047	0.071	0.038	0.054
					LFlg(上)	I-127	4	4	4	4	4	172	153	156	119	-3	45	保護性	保護性	0.047	0.071	0.038	0.054

5. おわりに 10 年の追跡調査から、評点 2 かつ活性領域のようなさび箇所が一部存在しているが、大半の部材ではさびが安定化してきていることを把握した。また、定量的評価手法の結果が外観調査結果と一致してきていることから、外観調査によって、定量的評価ができる可能性がある。よって、今後も長期的なデータ蓄積を行い、耐候性橋梁の状態変化を評価していきたいと考えている。

参考文献 1) 社団法人日本道路協会：鋼道路橋塗装・防食便覧，平成 17 年 12 月 2) 社団法人日本鋼構造協会 鋼橋性能向上研究委員会：耐候性鋼橋梁の可能性と新しい技術，JSSC テクニカルレポート No.73(2006) 3) 紀平 寛，塩谷和彦，幸 英昭，中山武典，竹村誠洋，渡辺祐一：耐候性鋼さび安定化評価方法の体系化，土木学会論文集 No745/ I -65, P77-87, 2003. 10