

鋼製高欄の支柱耐荷力評価に基づく診断基準の提案

阪神高速技術(株) 工事部阿倍野事業所 宇都宮 光 治
阪神高速道路(株) 大阪管理部保全技術課 徳 増 健
阪神高速道路(株) 大阪管理部保全技術課 青 木 康 素
阪神高速技術(株) 技術部調査点検課 高 村 義 行

要 旨

阪神高速道路における鋼道路橋の車両用防護柵について、上部工死荷重の低減や工期短縮などを利点として鋼製高欄を採用している。鋼製高欄は床版にボルトまたは溶接にて接合された支柱とその支柱を囲む側板で構成され、設計上は密閉構造である。しかし、側板継手部や縁石境界部などから雨水や路面排水が浸入し、支柱などの腐食損傷が報告されている。鋼製高欄は車両衝突荷重に対して支柱単体で抵抗する設計となっているため、支柱が腐食減肉した場合、耐荷力上の安全性に影響を及ぼすことが懸念される。しかし、これまで腐食減肉を考慮した支柱の評価基準は明確に無く、維持管理を行う上で整備が必要と考えた。そこで本稿は FEM 解析により、鋼製高欄に車両が衝突した場合の応力性状などを把握し、その結果を反映した応力照査により、腐食減肉した支柱の耐荷力評価に基づく診断基準を検討した。

キーワード: 鋼製高欄, 腐食, FEM 解析, 評価, 診断

はじめに

阪神高速道路における鋼道路橋の車両用防護柵について、上部工死荷重の低減や工期短縮などを利点として、鋼製の防護柵（以下、鋼製高欄）を採用している。鋼製高欄は床版にボルトまたは溶接にて接合された支柱とその支柱を囲む側板で構成され、設計上は密閉構造である。しかし、側板継手部や縁石境界部などから雨水や路面排水が浸入し、支柱などの腐食損傷が報告されている。

鋼製高欄は車両衝突荷重に対して支柱単体で抵抗する設計となっている。このため、支柱が腐食減肉した場合、設計許容力を超過し耐荷力上の安全性に影響を及ぼすことが懸念される。

しかし、これまで腐食減肉した支柱の評価や診断基準は明確に無く、維持管理を行う上で整備が必要と考えた。そこで本検討では、FEM 解析により、鋼製高欄へ車両が衝突した場合に生じる応力性状や、支柱単体へ作用する応力を調査した。また、これらの結果を反映した応力照査により、腐食減肉した支柱の耐荷力評価に基づく診断基準を検討した。

本稿は、まず、阪神高速道路における鋼製高欄の概要や損傷事例および対策事例を紹介する。次に阪神高速道路において実在する鋼製高欄をモデル化した FEM 解析や応力照査により、鋼製高欄支柱の耐荷力評価を行い、最後に診断基準について提案する。

1. 鋼製高欄の概要

鋼製高欄の構造を図-1 に示す。鋼製高欄は、床版に橋軸方向へ 1m 程度の間隔で設置された支柱とその支柱を囲む側板で構成されている。床版と支柱の接合方法は、ボルトまたは溶接であるが、阪神高速道路においては、設備数量の約 70%がボルト接合である。

支柱のウェブやフランジなどの板厚は一様ではないが、建設時期で大別すると 1960 年代～1980 年代の仕様 ($t=6\sim 8$) と 1990 年以降の仕様 ($t=10\sim 12$) に分類される。この板厚の違いは、1980 年代から報告され始めた鋼製高欄の腐食事例に対して、1990 年以降、対策を講じているためである。

側板の形状や板厚については、建設工区や建設時期が異なっても大きな違いはなく、側板の形状は支柱を囲む \square 状であり、板厚 6mm のプレートに L 材などの補剛材を配置したものを採用している。

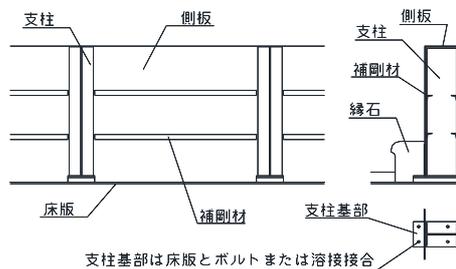


図-1 鋼製高欄の構造

2. 損傷事例と対策事例

2-1 損傷事例

鋼製高欄の損傷事例を写真-1 に示す。これは鋼製高欄の内面を撮影（平成 24 年撮影）したものである。当該鋼製高欄は、平成 10 年に防食を目的とした塗装を実施しているが、水（雨水や路面排水）の浸入により再劣化（腐食）が生じている。このように補修した箇所についても、腐食の要因となる水の進入を防止しない限り、再劣化が生じることもあり、有効な補修方法もしくは、取替えなどの根本的な対策が必要となっている。

2-2 腐食因子の浸入

鋼製高欄の腐食の要因となる水の浸入ルートは、以下の部位などが考えられる。

(1) 側板継手部

鋼製高欄の側板は、5～6m 程度の間隔で溶接継手部（I 形グループ溶接）が存在する。当該継手部が、橋梁のたわみ変形や車両との接触などにより写真-2 のように損傷することがあり、水の浸入ルートとなっている。

(2) 縁石境界部

縁石境界部からの水の浸入ルートは、鋼製高欄と縁石境界部、舗装と縁石境界部がある（図-2 参照）。また、冬期においては本線上に塩分を含む凍結防止材を散布していることから、舗装と縁石の境界部からは塩分を含む水が浸入し、鋼製高欄内部の腐食を加速させていると推察される。



写真-1 鋼製高欄の損傷事例



写真-2 側板継手部の損傷事例

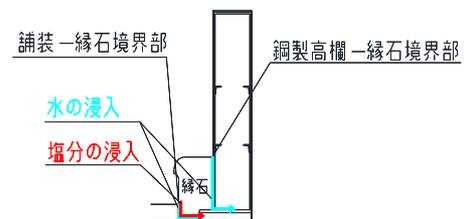


図-2 腐食因子の浸入

2-3 対策事例

阪神高速道路における過去の対策事例を、補修と補強に分けて以下に示す。

(1) 補修

補修工法は、腐食の進行抑制に着目して選定している。これまで採用してきた工法は、無収縮モルタル充填工法、不乾性防錆材吹付工法、電気防食工法（亜鉛コットン）、電気防食工法（亜鉛粉末入り充填防食材）である。この4工法の中で、写真-3 に示す電気防食工法（亜鉛粉末入り充填防食材）は、過去の追跡点検で高い防食効果が確認されていることから、近年、補修工法として採用している。



写真-3 電気防食工法（亜鉛粉末入り充填防食材）

(2) 補強

支柱の腐食が著しい場合は、支柱の補強としてあて板などを実施している。本工法は、図-3 のとおり、腐食減肉した支柱のフランジやウェブの耐力向上を目的に、支柱とあて板を高力ボルトで接合するものである。また、腐食により既設部材の表面に凹凸が生じているため、あて板と既設部材の間に不陸調整を目的としたエポキシ樹脂を塗布している。

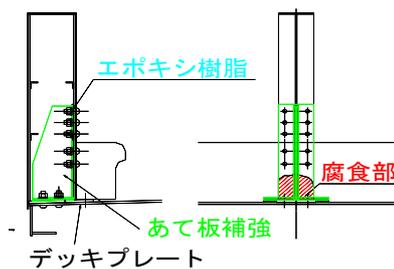


図-3 鋼製高欄の支柱補強例

3. 検討課題

第2章において述べたとおり、水の浸入に起因する鋼製高欄支柱の腐食損傷が確認されている。この状況は点検により把握し、適宜、対策を講じているが、近年、供用年数の増加に伴い、耐荷力

的に補修（防食）のみでは補えないと考えられる支柱の腐食減肉が確認され始めている。

しかし、これまで腐食減肉した支柱の耐荷力上の評価や診断基準は明確に無く、補修や補強などの判定に苦慮する実情があった。そこで、腐食減肉した支柱の診断基準を整備することを目的に4章で示す検討を実施した。

4. 検討方法

4-1 検討概要

鋼製高欄は、車両衝突荷重に対して支柱単体で抵抗する設計となっている。設計上、支柱が腐食減肉した場合、設計許容力を超過し耐荷力上の安全性が懸念される。一方、実際の鋼製高欄は側板を介して橋軸方向に連続した構造体となっている。このため、車両衝突荷重が作用した場合、側板を介して複数の支柱が荷重を分担すること（以下、荷重分担特性）が想定される。しかし、支柱単体へ作用する応力などは不明確であった。

そこで本検討では、まずFEM解析により鋼製高欄の荷重分担特性を調査した。更に、解析結果を反映した応力照査により、腐食減肉した支柱の耐荷力評価に基づく診断基準を検討した。本検討フローを図-4に示す。

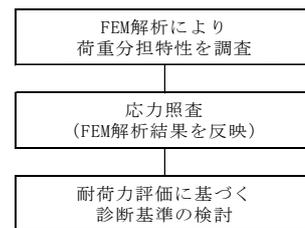


図-4 検討フロー

4-2 FEM解析の概要

(1) 解析モデル

解析モデルについては、阪神高速道路において実在する鋼製高欄より選定した。選定条件は、後に評価基準を検討することに鑑み、支柱の構造諸元や設置間隔などが、解析や応力照査を実施する上で安全側の判定となるように考慮した。選定結果として、本解析に適用する支柱は断面係数

152cm³, 設置間隔 1640mm である。支柱の組立構造を図-5 に示す。

解析モデルの範囲は、図-6 に示す鋼製高欄 6 パネル分とし、弾塑性有限変位解析を実施した。解析ソルバーは汎用有限要素法解析プログラム LS-DYNA (米国 LSTC 社) を用いた。鋼床版を想定し、デッキプレートは剛体要素、デッキプレートと支柱のベースプレートは 1 支柱 4 本あるボルト位置でバネ要素により接合した (表-1, 図-7 参照)。鋼製高欄の支柱や側板などについては、4 節点厚板シェル要素とし、要素サイズは 20~100mm 程度とした (表-2, 図-8 参照)。また、鋼製高欄の側板下部とデッキプレートに溶接された橋軸方向の鉛直板については、実構造物において、両部材を溶接により「固定」している場合と溶接を行わず「接触」としている場合があったため、両条件とも解析を実施した (図-9 参照)。

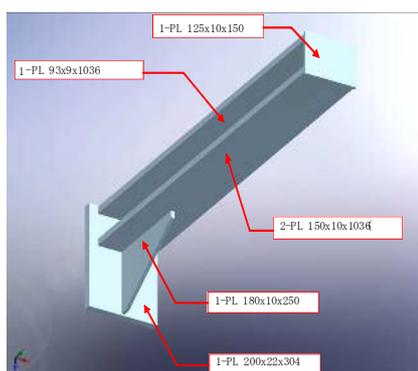


図-5 支柱の組立構造



図-6 鋼製高欄 解析基本構造図

表-1 ボルトのバネ値 (FEM 入力)

軸バネ (kN/m)	せん断バネ (kN/m)
3.57×10^6	1.37×10^6

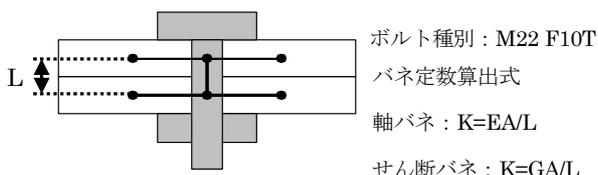


図-7 アンカーボルトのモデル化

表-2 鋼材の材料特性 (FEM 入力)

(N/mm ²) 弾性係数 (E)	(N/mm ²) ポアソン比 (ν)	(N/mm ²) せん断剛性 (G)	(N/mm ²) 降伏応力 (σ _y)	(N/mm ²) 二次剛性 (E')
2.00E+05	0.3	7.70E+04	235	E/100

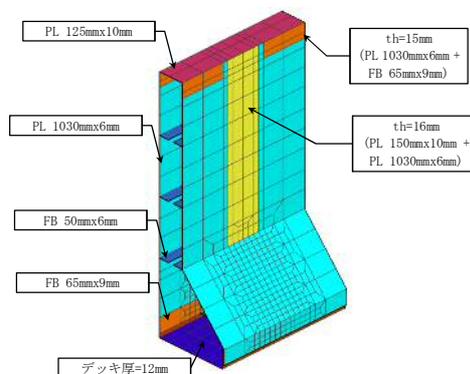


図-8 鋼製高欄 支柱・側板の解析モデル

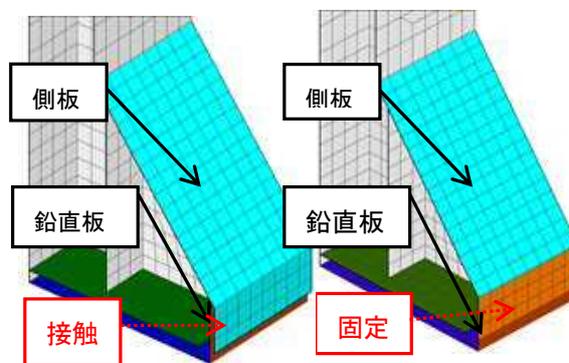


図-9 側板下部の固定条件

(2) 荷重条件

荷重は、総重量 25t の車両が 60km/h の速度かつ 15 度の角度で高欄に衝突することを想定した。衝突荷重は、先ず式(1)により衝撃度を算出し、その結果を用いて式(2)により算出した。衝突荷重の算出結果は、集中荷重 236.2kN (支柱直角方向に 61.2kN) であった。なお、荷重の載荷位置は支柱への集中載荷と支柱間中央載荷の 2 通りで実施した。

$$I_s = 1/2 \cdot m \cdot (V/3.6 \cdot \sin\theta)^2 \quad \text{式(1)}$$

I_s : 衝撃度(kJ) m : 車両質量(t)
 V : 衝突速度(km/h) θ : 衝突角度(度)

$$F = kf \frac{2 \cdot (1+ev)}{Lw \cdot \sin\theta} \times \left(\frac{W}{W_r} \right)^2 \times I_s \times a \quad \text{式(2)}$$

F : 衝突荷重 kf : 補正比例係数 I_s : 衝撃度 (kJ)
 θ : 衝突角度 (=15度) g : 重力加速度 (m/s²)
 Lw : 車軸間隔 (前後輪間隔: m)
 W : 車両重量 (kN) W_r : 後輪軸重量 (kN)
 ev : 車両の反発係数 a : 斜面低減係数

4-3 FEM 解析の結果（支柱および側板）

支柱および側板の解析結果を、図-10 に示すケース毎に分類し記述する。

(1) 変形状

荷重作用時における高欄外側への変位を図-11 に示す。何れのケースにおいても、概ね荷重作用位置で変位量のピークを示している。高欄外側への最大変位は、側板下部の条件に着目すると、固定としている Case1,2 より接触としている Case3,4 の方が高く、荷重位置に着目すると支柱集中荷重としている Case1,3 より支柱間中央荷重としている Case2,4 の方が高くなる傾向であった。

図-11 に示す変形範囲の結果より、橋軸方向の変形範囲は、側板下部を固定としている Case1,2 より接触としている Case3,4 の方が広い。荷重位置に着目すると、側板下部の条件を同じとした場合、荷重位置の違いによる影響は低く、高欄外側へ 1mm 以上変形する範囲は、固定条件の場合 3.0m 程度、接触条件の場合 4.3m 程度であった。

(2) 応力性状

各解析ケースの Mises 応力コンター図を図-12 に示す。各ケースの応力の発生状況に大きな差異は認められない。また、局所的に許容応力 (140N/mm²) を超過する部位 (荷重作用位置近傍の側板や支柱基部など) があるものの、全ケースとも降伏応力 (235N/mm²) に達した部位はなかった。

支柱基部のフランジにおいて荷重条件の違いに着目すると、支柱集中荷重の場合は、荷重荷重支柱において最大応力を示し、両隣の支柱にもある程度の応力 (荷重荷重支柱における最大応力の 1/2 程度) が生じている。当該事象の例として、

No	側板下部	概要図
Case1	固定	支柱集中荷重
Case2	固定	支柱間中央荷重
Case3	接触	支柱集中荷重
Case4	接触	支柱間中央荷重

図-10 FEM解析ケース

Case1 の支柱 No. 3, 4, 5 の基部の Mises 応力コンター図を図-13 に示す。なお、同じ支柱集中荷重である Case3 でも、同様の傾向を確認している。

一方、支柱間中央荷重の場合は、荷重荷重位置の両側の支柱 (支柱 No. 3, 4) において、ほぼ同値の応力を示し、支柱 No. 5 においては、支柱 No. 3, 4 における最大応力値の 1/2~1/3 程度の応力が生じている。当該事象の例として、Case2 の支柱 No. 3, 4, 5 の基部の Mises 応力コンター図を図-14 に示す。なお、同じ支柱間中央荷重である Case4 においても、同様の傾向を確認している。

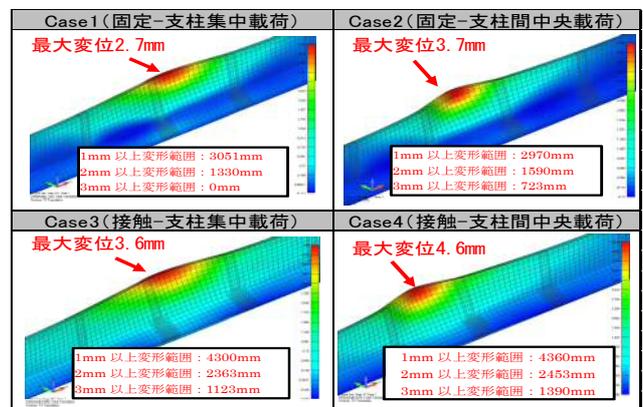


図-11 高欄外側への変形図

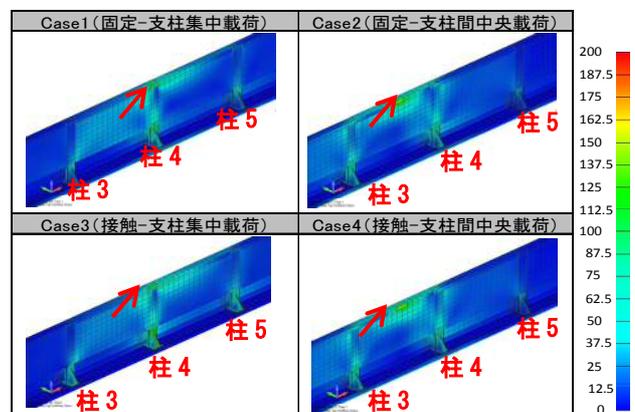


図-12 Mises 応力コンター図

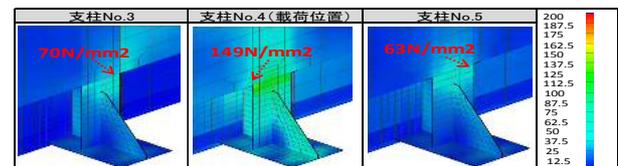


図-13 Case1 支柱 No. 3, 4, 5 Mises 応力コンター図

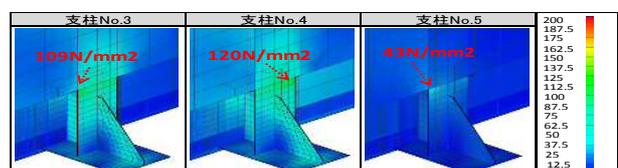


図-14 Case2 支柱 No. 3, 4, 5 Mises 応力コンター図

4-4 FEM 解析の結果（アンカーボルト）

車両衝突時の力の流れを考えると、高欄に作用した荷重は、側板や支柱を伝わり最終的にはアンカーボルトを介し床板に伝達される。そこで、鋼製高欄の荷重分担特性について、支柱のアンカーボルト断面力で評価することを考える。支柱のアンカーボルトに生じる解析結果を表-3(Case3)と表-4(Case4)に示す。軸力の応力度は、Case3の一部のボルトで許容応力の超過が認められたが、全ボルトにおいて降伏応力以下の値であった。せん断力では、許容応力の超過は認められなかった。

支柱番号 2~6（本数 5 本）の支柱単位におけるボルト軸力合計は、荷重載荷に伴い引張側に作用している。一方、両端の支柱については圧縮側に作用している。このことから、引張側すなわち、支柱が高欄外側へ回転することを示した支柱 5 本が荷重分担していると考えられる。また、支柱単位における軸力合計の最大は Case3 の 185kN、同様にせん断力 47kN であった。これは、アンカーボルトに生じる引張側軸力総和の 42%、同様にせん断力総和に対して 39%であった。

4-5 荷重分担特性

FEM 解析により、荷重が鋼製高欄に作用した場合の変形や応力性状を確認した。変形性状では、支柱下部の条件により変形範囲は異なるが、橋軸方向にある程度の広がり抵抗範囲があることを確認した。また、応力性状の結果から荷重載荷位置近傍の支柱複数本で荷重を分担していることを確認した。その程度は、支柱アンカーボルトの解析結果より、支柱 5 本程度で分担していること、更に、支柱 1 本あたりの最大分担比率は約 40%と考えられた。

5. 腐食減肉した支柱の耐荷力評価

5-1 評価方針

(1) 評価方針

腐食減肉した鋼製高欄支柱の耐荷力を評価する方法として、残存板厚による評価を提案する。阪

表-3 アンカーボルト軸力（Case3）

支柱番号	ボルト位置		断面力(kN)				応力度(N/mm ²)	
			軸力	軸力合計	せん断	せん断合計	軸力	
							許容応力(160)降伏応力(273)	許容応力(160)降伏応力(273)
No.1 (最左)	前面	左	0.4	-16.0	0.9	6 (5%)	1.4	2.8
		右	-8.0				1.5	-26.3
	(内側)	左	-2.5		0.8		-8.1	2.5
		右	-5.9		2.8		-19.6	9.3
No.2	前面	左	10.8	21 (5%)	2.1	7.4 (6%)	35.5	6.9
		右	-0.1				1.0	-0.4
	(内側)	左	7.4		3.5		24.5	11.6
		右	2.9		0.8		9.4	2.7
No.3	前面	左	26.4	88.6 (20%)	3.9	22.9 (19%)	87.0	13.0
		右	15.2				0.7	50.3
	(内側)	左	26.3		10.8		86.7	35.6
		右	20.7		7.5		68.3	24.9
No.4 (中央)	前面	左	43.5	185.9 (42%)	2.7	47.8 (39%)	143.7	12.4
		右	38.9				2.7	128.5
	(内側)	左	52.8		21.2		174.2	69.8
		右	50.7		20.1		167.5	66.5
No.5	前面	左	23.4	103 (24%)	2.3	26.8 (22%)	77.2	7.7
		右	22.8				2.2	75.1
	(内側)	左	28.4		11.3		93.6	37.4
		右	28.4		11.0		93.6	36.4
No.6	前面	左	7.7	37.7 (9%)	0.9	10.2 (8%)	25.3	2.6
		右	11.6				1.7	38.3
	(内側)	左	8.3		3.4		27.4	11.1
		右	10.1		4.3		33.4	14.3
No.7 (最右)	前面	左	-2.4	-2.6	0.5	1.8 (1%)	-7.8	1.8
		右	0.8				0.5	2.7
	(内側)	左	-1.2		0.6		-4.0	2.1
		右	0.2		0.2		0.7	0.6

表-4 アンカーボルト軸力（Case4）

支柱番号	ボルト位置		断面力(kN)				応力度(N/mm ²)	
			軸力	軸力合計	せん断	せん断合計	軸力	
							許容応力(160)降伏応力(273)	許容応力(160)降伏応力(273)
No.1 (最左)	前面	左	2.7	-13.7	1.4	6.4 (5%)	1.4	2.8
		右	-9.1				1.9	-26.3
	(内側)	左	-1.2		0.1		-8.1	2.5
		右	-6.1		3.0		-19.6	9.3
No.2	前面	左	21.4	54 (12%)	3.7	15.2 (12%)	35.5	6.9
		右	6.5				0.6	-0.4
	(内側)	左	16.2		7.3		24.5	11.6
		右	9.9		3.6		9.4	2.7
No.3	前面	左	37.3	145.5 (33%)	4.3	37.6 (30%)	87.0	13.0
		右	28.7				1.9	50.3
	(内側)	左	41.8		16.8		86.7	35.6
		右	37.7		14.6		68.3	24.9
No.4 (中央)	前面	左	36.5	155 (35%)	3.3	40 (32%)	143.7	12.4
		右	31.1				1.8	128.5
	(内側)	左	44.9		18.3		174.2	69.8
		右	42.5		16.6		167.5	66.5
No.5	前面	左	13.7	65.1 (15%)	1.4	17.2 (14%)	77.2	7.7
		右	13.5				2.2	75.1
	(内側)	左	16.6		6.4		93.6	37.4
		右	18.3		7.2		93.6	36.4
No.6	前面	左	2.7	17.5 (4%)	0.3	5 (4%)	25.3	2.6
		右	6.1				1.0	38.3
	(内側)	左	3.6		1.4		27.4	11.1
		右	5.1		2.3		33.4	14.3
No.7 (最右)	前面	左	-2.8	-5.8	0.5	2 (2%)	-7.8	1.8
		右	-0.2				0.3	2.7
	(内側)	左	-2.0		0.9		-4.0	2.1
		右	-0.8		0.3		0.7	0.6

神高速道路の鋼製高欄は、第 1 章において記述したとおり支柱各部位（支柱フランジ、ウェブ）の板厚は一樣でない。したがって、支柱各部位の設計板厚が異なれば同値の減肉量でも耐荷力上の残存耐力は異なるため、個別の鋼製高欄について耐力余裕を考慮して残存板厚に対する評価をすることも考えられる。しかし、点検時における点検員の判断や診断する際の煩雑さを考慮し、一義的に残存板厚により評価および診断する手法を検討した。

(1) 検討方法

鋼製高欄の支柱は床版とのみ接合されており、比較的シンプルな構造形式である。したがって、支柱の片持梁計算で十分な精度が得られると判断し、支柱基部において曲げモーメントに対する応力照査を行った。荷重については、第 4 章で記述した FEM 解析の結果を反映し、衝突荷重（支柱直角方向に 61.2kN）の 40%を支柱単体に載荷した。

5-2 応力照査

(1) 照査応力

照査応力は、道示Ⅱに規定される許容応力、降伏応力、更に断面の全塑性強度とした。

(2) 断面諸元

応力照査の対象とした支柱の断面諸元は、阪神高速道路において実在する鋼製高欄より選定した。選定条件は、補修または補強などの対策が未実施である区間の中から、断面係数が最も小さい鋼製高欄とした。結果的に、応力照査の対象となった支柱の断面係数は 284cm³ である（表-5 参照）。なお、本数値は、阪神高速道路における支柱の断面係数平均値 319cm³ より約 10%低い値である。

(3) 照査方法

鋼製高欄支柱のフランジとウェブの設計板厚は同じであることが多く、同程度の腐食環境でもあることから、両部位の残存板厚は同じになるものと仮定した。具体的な照査方法は、表-5 に示した支柱構造を基本として、支柱フランジおよびウェブの板厚を 1mm ずつ減少させて行き、照査応力を満足する残存板厚を確認した。

(4) 照査結果

照査結果を表-6 に示す。許容応力を満足する状態は、全断面有効から残存板厚 5mm（減肉量 3mm）の状態までであった。降伏応力を満足する限界は、残存板厚 3mm（減肉量 5mm）であり、全塑性強度と同等の板厚であった。これは照査方法の便宜上、1mm ずつ板厚を減少させているためであり、衝突荷重作用時のモーメント（24.5kN）に対する全塑性モーメント（27.5kN）の余裕度は 10%程度であった。したがって、断面降伏から全塑性までの状態移行に余裕はほとんどないと言える。

表-5 応力照査対象の支柱断面諸元

フランジ幅	180mm	ウェブ長	172mm
フランジ厚	8mm	ウェブ厚	8mm
断面積	42.56cm ²	断面係数	284cm ³

6. 診断基準の提案

6-1 診断基準の提案

診断基準の考え方は、構造物としての安全性の

評価から、「許容応力を満足する」「許容応力を超過する」「降伏応力を超過する」の 3 段階で基準を設けた。3 段階に設定する上記の基準と、第 5 章にて示した照査応力を満足する残存板厚の結果を対応させた「支柱の耐荷力評価に基づく診断基準」を表-7 のとおり提案する。

6-2 点検および診断時の留意点など

(1) 点検および診断時の留意点

1) 点検の方法

鋼製高欄の支柱は、外側に側板が設置されているため、外観目視で行う点検では支柱を見ることできない。このため阪神高速道路では、側板に点検窓を設けて支柱基部のウェブやフランジの点検を実施している。また、板厚測定などを実施する支柱は、鋼製高欄や縁石の外観変状の有無や、水勾配などを考慮して選定している。

2) 板厚計測

支柱フランジやウェブの板厚計測は、鋼製高欄内の狭隘部における作業となることから、ノギスなどによる計測は困難である。最も適用性が高い手法は、超音波厚さ計による測定と考えられる。また、計測点については、腐食範囲の中から最大減肉量とみなされる単点を複数選出し、計測値については平均化することを提案する。

3) 腐食形態および腐食速度

腐食には全面腐食と局部腐食があるが、鋼製高

表-6 照査結果一覧ケース

項目	SM400材相当 有効断面 (mm)			
	フランジ幅	フランジ厚	ウェブ長	ウェブ厚
全断面有効	180	8	172	8
許容応力を満足する支柱部材の最小板厚	180	5	172	5
降伏応力を満足する支柱部材の最小板厚	180	3	172	3
全塑性モーメントに対応する支柱部材の最小板厚	180	3	172	3

表-7 支柱の耐荷力評価に基づく診断基準

評価	評価の状態 支柱フランジ、ウェブの残存板厚	診断
許容応力を満足	母材の腐食減肉が確認されるが、残存板厚は5mmを超えている	経過観察
許容応力を超過	母材の腐食減肉が確認され、残存板厚は3mmを超え5mm以下である	防食に着目した補修
降伏応力を超過	母材の腐食減肉が確認され、残存板厚は3mm以下である	耐荷力向上を目的とした補強

欄支柱の腐食は、水の浸入に起因した局部腐食になることが想定される。一般に、局部腐食は全面腐食よりも進行速度が速いと言われている。このため、鋼製高欄支柱の診断結果が、表-7 に示す経過観察の場合であっても、前回点検結果と比較し腐食速度を算出するなど留意が必要である。万一、腐食の進行速度が速まっているなどその後の劣化進行が懸念される場合は、経過観察中においても予防保全的に防食を行うことが望ましい。

(2) 他部材の診断基準

本稿では、鋼製高欄の支柱に着目した診断基準を提案したが、鋼製高欄との接合部材である床版の点検および診断についても重要である。阪神高速道路における床版の診断基準は、母材板厚に対し10%以上の減肉で要補修としている。

この他、高欄と縁石の界面についても、剥離や錆汁の有無などについて点検し対策をとることが望ましい。

おわりに

構造物の高齢化が進む中、鋼製高欄では腐食損傷が徐々に顕在化している。構造物の延命化などの観点から今後の維持管理が重要である。本稿は今後の維持管理を見据え、鋼製高欄の支柱耐荷力評価に基づく診断基準を提案した。今後、本基準を運用していくためには、点検頻度や板厚計測の要領詳細についても検討を進める必要がある。

参考文献

- 1) 杉岡弘一：鋼製高欄防食工法の検討，土木学会年次学術講演会講演概要集，平成17年9月
- 2) (社)日本道路協会：車両用防護柵標準仕様・同解説，平成20年1月
- 3) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説鋼橋編，平成24年3月
- 4) 土木学会：座屈設計ガイドライン【2005年版】，平成17年10月
- 5) 青木康素，徳増健，宇都宮光治，高村義行：水平荷重作用時の鋼製高欄荷重分担特性に関する検討，土木学会第67回年次学術講演会，平成24年9月

PROPOSED DIAGNOSTIC CRITERIA FOR STEEL BRIDGE RAILING BASED ON EVALUATION OF LOAD CARRYING CAPACITY OF RAILING POSTS

Koji UTSUNOMIYA, Ken TOKUMASU, Yasutomo AOKI and Yoshiyuki TAKAMURA

Steel railing is used for protective fences on steel bridges of the Hanshin Expressway due to the benefits of reduced dead load of the superstructure and shortened construction period. The steel railing has a watertight design, consisting of posts bolted or welded to the bridge deck and side plates enclosing the posts. However, there have been reports of corrosive damage in the posts and other parts attributable to rain water or drain water from the road surfaces penetrating through damaged joints of the side plates or the edges of the curbs. Corrosion thinning of the posts can possibly affect the safety with respect to load carrying capacity because the steel railing is designed so that the posts alone resist vehicle collision load. Since no definite criteria are available for evaluating the posts with corrosion thinning taken into account, some standards need to be established for proper maintenance of the steel bridge railing. The authors investigated stress behavior during vehicle collision on the steel railing and other major factors by FEM analysis, carried out stress assessment using the findings, and developed diagnostic criteria which were based on evaluation of the load carrying capacity of the railing posts affected by corrosion thinning.

宇都宮 光治



阪神高速技術株式会社
工事部 阿倍野事業所
Koji Utsunomiya

徳増 健



阪神高速道路株式会社
大阪管理部 保全技術課
Ken Tokumasu

青木 康素



阪神高速道路株式会社
大阪管理部 保全技術課
Yasutomo Aoki

高村 義行



阪神高速技術株式会社
技報部 調査点検課
Yoshiyuki Takamura