

水平荷重作用時の鋼製高欄の荷重分担特性に関する検討

阪神高速道路（株） 正会員 ◯青木康素 正会員 徳増健
阪神高速技術（株） 正会員 宇都宮光治 正会員 高村義行

1．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、軽量かつ施工時間短縮を利点として、一部で鋼製の防護柵（以下、鋼製高欄）を採用している。高欄は雨水が直接かかると共に、高欄位置は車道の横断勾配下流側にあることが多いことから、直近に路肩や縁石があるものの、路面排水の水分（凍結防止剤塩分を含む）に直接接することが多い。このため、漏水・滞水を原因とした鋼製高欄内部の腐食損傷が少しずつ顕在化してきている（図-1 参照）。



図-1 鋼製高欄内部の滞水・腐食状況

鋼製高欄は設計上、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。支柱断面が腐食減肉した場合、設計許容力を超過し耐力上の安全性に影響を及ぼすことが懸念されるが、実際、高欄は橋軸方向に構造体として連続しているため、橋軸方向荷重分担特性を考慮した健全性評価が現実的だと言える。本稿では、鋼製高欄の構造特性に着目し、FEM 解析によるケーススタディを実施し、荷重分担特性について考察する。

2．FEM 解析条件

モデル化範囲は図-2 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 を用いた。鋼床版を想定し、デッキプレートは剛体要素とし、デッキプレートと支柱ベースプレートはアンカーボルト位置（4 本/1 支柱）でバネ要素（表-1）により接合した。その他は 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）。橋軸方向の鉛直板と側板は、固定と接触の 2 パターンとした。支柱近傍の解析モデルを図-3 に示す。

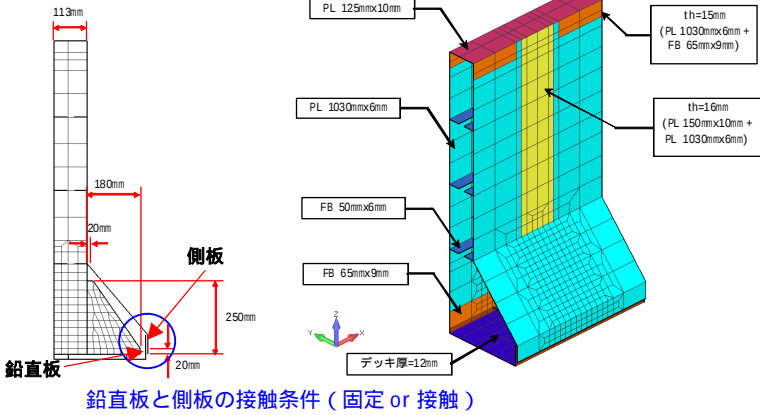


図-3 支柱近傍の解析モデル図

荷重は、総重量 25 t の車両が 60km/h の速度かつ 15 度の角度で高欄に衝突した場合の値¹⁾とし、集中荷重 236.2kN（柱直角方向に 61.2kN）として考慮した。なお、荷重載荷位置は、支柱位置載荷及び 2 支柱間中央載荷の 2 パターンとした。

表-1 アンカーボルトのバネ値（FEM 入力）

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

軸バネ： $K=EA/L$
せん断バネ： $K=GA/L$

表-2 鋼材の材料特性（FEM 入力）

弾性係数 E (N/mm ²)	ポアソン比 ν	せん断剛性 G (N/mm ²)	降伏応力 σ _y (N/mm ²)	二次剛性 E' (N/mm ²)
2.0E+05	0.3	7.7E+04	235	E/100

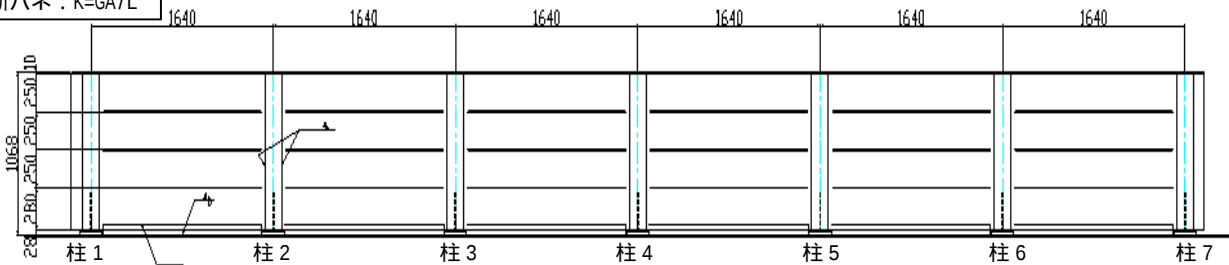


図-2 鋼製高欄のモデル化範囲

キーワード 鋼製高欄，荷重分担，アンカーボルト，FEM 解析

連絡先 〒552-0006 大阪市港区石田 3-1-25 阪神高速道路（株）大阪管理部 TEL：06-6576-3881

3. 解析結果と考察

図-4より、支柱位置載荷の場合でも、橋軸方向にある程度の広がり荷重抵抗範囲があり、支柱複数本で荷重分担し変形していることが分かる。各支柱の曲げモーメントとせん断力分担を、支柱アンカーボルト断面力で評価すると例えば表-3のとおりである。全支柱の軸力総和に対する当該支柱断面力の比率を見ると、最大値を示す中央柱で42%であり、荷重に対して5本の支柱で抵抗しており、1支柱の分担は最大約40%程度となることが分かる。

図-5より、解析全ケースでの鋼製高欄各部の発生応力を見ると、載荷位置の違いによる最大応力の発生状況に大きな差異は認められず、全てのモデル範囲で降伏応力には達していない。しかし、デッキプレートに固定する橋軸方向の鉛直板と側板の接触条件の違いによって、支柱リブおよび支柱ベースプレートに生じる最大応力は異なり、本線側の側板を固定した場合の値は、接触とした場合の1/2～1/4の範囲となった。

表-3 アンカーボルト分担力の整理 (Case1)

柱の名前	場所	断面力 (kN)				応力 (N/mm ²)	
		軸力	小計	せん断	小計	軸力	せん断
柱1 (左側柱)	後	左	0.4	-15.9	0.9	1.4	2.8
		右	-8.0		1.5	-26.3	4.9
	前	左	-2.5		0.8	-8.1	2.5
		右	-5.9		2.8	-19.6	9.3
柱2	後	左	10.8	20.9	2.1	35.5	6.9
		右	-0.1		1.0	-0.4	3.2
	前	左	7.4	5%	3.5	24.5	11.6
		右	2.9		0.8	9.4	2.7
柱3	後	左	26.4	88.6	3.9	87.0	13.0
		右	15.2		0.7	50.3	2.4
	前	左	26.3	20%	10.8	86.7	35.6
		右	20.7		7.5	68.3	24.9
柱4 (中央柱)	後	左	43.5	186.0	3.8	143.7	12.4
		右	38.9		2.7	128.5	8.7
	前	左	52.8	42%	21.2	174.2	69.8
		右	50.7		20.1	167.5	66.5
柱5	後	左	23.4	102.8	2.3	77.2	7.7
		右	22.8		2.2	75.1	7.2
	前	左	28.4	24%	11.3	93.6	37.4
		右	28.4		11.0	93.6	36.4
柱6	後	左	7.7	37.7	0.8	25.3	2.6
		右	11.6		1.7	38.3	5.8
	前	左	8.3	9%	3.4	27.4	11.1
		右	10.1		4.3	33.4	14.3
柱7 (右側柱)	後	左	-2.4	-2.5	0.5	-7.8	1.8
		右	0.8		0.5	2.7	1.6
	前	左	-1.2		0.6	-4.0	2.1
		右	0.2		0.2	0.7	0.6

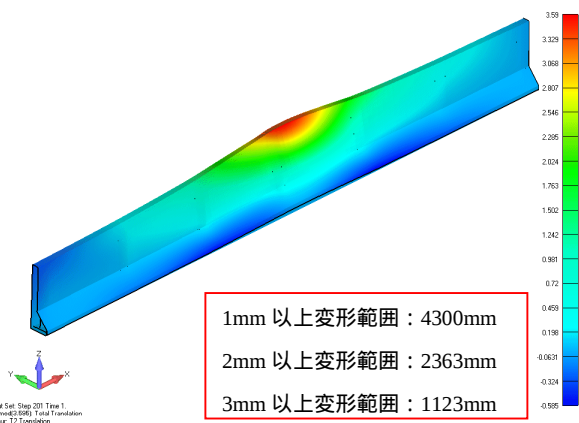


図-4 面外方向の変形図 (Case1)

項目	(DK-FB) 側板	載荷位置	柱No	概要図	支柱ワッシ		側板		Rib		Base		変位量 (mm)	1mm以上 変形範囲 (mm)
					単位	N/mm ²	単位	N/mm ²	単位	N/mm ²	単位	N/mm ²		
解析 モデル1	接触	[case1] 支柱に 集中載荷	3		許容応力	140	許容応力	140	許容応力	140	許容応力	140	1.2	4300
			4		降伏応力	235	降伏応力	235	降伏応力	235	降伏応力	235		
			5		最大強度	400	最大強度	400	最大強度	400	最大強度	400		
			3		外面	100.8	内面	89.5	外面	18.1	内面	16.5		
			4		外面	120.1	内面	90.7	外面	174.7	内面	160.6		
			5		外面	65.6	内面	57.2	外面	27.6	内面	21.0		
		[case2] 支柱間 中央載荷	3		-X側	99.4	+X側	102.3	上面	92.2	下面	85.1	2.4	4360
			3-4		-	-	198.1	165.2	-	-	-	-		
			4		外面	121.4	内面	90.7	外面	52.4	内面	40.6		
			5		外面	58.9	内面	51.3	外面	10.5	内面	10.0		
			3		-X側	116.4	+X側	137.7	上面	129.8	下面	118.6		
			4		外面	121.4	内面	90.7	外面	52.4	内面	40.6		
解析 モデル2	固定	[case1] 支柱に 集中載荷	3		許容応力	70.3	許容応力	41.1	許容応力	20.3	許容応力	18.9	0.8	3052
			4		降伏応力	149.5	降伏応力	45.7	降伏応力	167.3	降伏応力	154.2		
			5		最大強度	63.4	最大強度	25.8	最大強度	29.4	最大強度	23.3		
			3		-X側	109.0	+X側	72.5	上面	63.3	下面	76.4		
			4		外面	120.6	内面	37.3	外面	56.5	内面	44.6		
			5		外面	43.1	内面	22.6	外面	8.9	内面	7.9		
		[case2] 支柱間 中央載荷	3		-	-	195.3	161.2	-	-	-	-	3.7	2970
			3-4		-	-	195.3	161.2	-	-	-	-		
			4		外面	120.6	内面	37.3	外面	56.5	内面	44.6		
			5		外面	43.1	内面	22.6	外面	8.9	内面	7.9		
			3		-X側	109.0	+X側	72.5	上面	63.3	下面	76.4		
			4		外面	120.6	内面	37.3	外面	56.5	内面	44.6		

図-5 鋼製高欄各部の応力性状

4. まとめ

鋼製高欄の荷重分担特性について、FEM解析によるケーススタディを実施した結果、橋軸方向に5本の支柱で抵抗しており、最大分担率は40%程度であった。今後、本検討結果を用いて、実橋での構造緒元データを基に、腐食減肉を考慮した鋼製高欄の健全性評価方法を検討する予定である。

参考文献 1) (社) 日本道路協会：車両用防護柵標準仕様・同解説，平成16年3月。