

鉄けたダイヤフラム面外振動調査

東海旅客鉄道(株)正会員 赤堀 浩史 正会員 今井 賢一

1. はじめに

上路プレートガーダーBOX断面(図-1)のダイヤフラムと縦リブ交点に発生した変状に対して行った、2種類のアンクル補強について、今回、速度と面外振動の関係並びに二型、井型の補強効果について調査分析したので報告する。

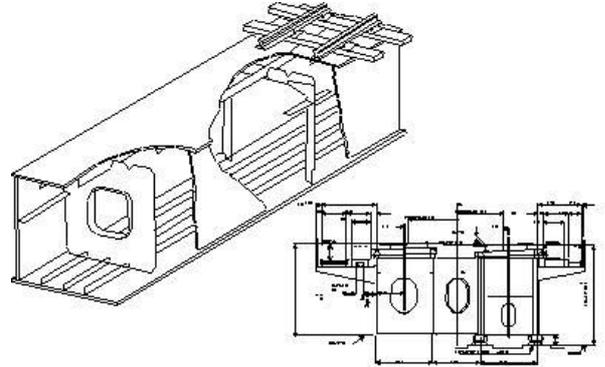


図-1 上路プレートガーダー(BOX断面)

2. 調査概要

・橋りょう構造

3径間連続上路プレートガーダー(BOX断面)

・測定項目

振動加速度測定、ひずみゲージによる応力測定

・補強方法(図-2)

二型補強(Aタイプ)

山形鋼 L-100×150×9 をダイヤフラムのマンホール上下を水平にダイヤフラム両面から挟み込むタイプ

井型補強(Bタイプ)

山形鋼 L-100×150×9 を Aタイプと同様に片面に行い、反対面をマンホール左右を垂直に取り付けたタイプ

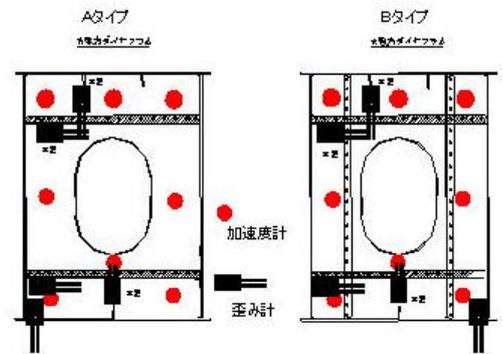


図-2 補強タイプ&測定ゲージ取付箇所

3. 調査結果及び考察

(1)ダイヤフラム面外振動

ダイヤフラム面外振動値の測定結果を表-1に示す。表-1は補強材無しの上段左側をA、Bタイプとも1として、その割合を示したものである。

- ・Aタイプでは、マンホール左右を除き、振動を抑制する効果がある。
- ・Bタイプでは、上段中央及び中段左右において40%程度振動が増加し逆効果となっている。
- ・補強の有無に係わらず、上段中央及び中段左右の振動が相対的に大きい。

(2)発生応力

応力測定の結果を表-2に示す。表-2は測定応力範囲を、補強材無しのリブ端面上フランジをA、Bタイプとも1としてその割合を示したものである。

- ・補強材無しの場合は、縦リブ止端側の実測応力範囲より、ダイヤフラム止端側の方が大きくなっているが、補強材有りの場合には、全体的に面外振動が抑制され、ダイヤフラム止端側の方が小さな傾向となった。

表-1 ダイヤフラム面外振動比較値

補強材無し	Aタイプ			Bタイプ		
	上段	中段	下段	上段	中段	下段
	1.00	1.15	1.05	1.00	1.19	0.89
	1.20	マンホール	1.16	1.10	マンホール	1.08
		0.88			1.02	
	0.98		0.98	1.04		1.07
補強材有り	Aタイプ			Bタイプ		
	0.72	0.80	0.63	0.85	1.73	0.81
	1.26	マンホール	1.25	1.55	マンホール	1.43
		0.56			1.09	
	0.41		0.41	0.52		0.61

表-2 十字継手部の応力比較値

補強材無し	Aタイプ		Bタイプ	
	リブ端面	ダイヤフラム	リブ端面	ダイヤフラム
	1.00	1.30	1.00	1.93
	1.14	1.47	1.03	1.94
	-	0.82	-	0.59
	1.56	2.21	0.93	1.34
補強材有り	Aタイプ		Bタイプ	
	1.07	0.69	0.99	0.91
	1.14	0.75	1.04	1.01
	-	0.51	-	0.25
	1.63	1.11	0.94	1.50

キーワード：上路プレートガーダー ダイヤフラム 面外振動 疲労

連絡先：〒420-0851 静岡県静岡市黒金町29番地 : 054-282-8116 fax : 054-285-0388

- ・補強の有無によらず、リブ端応力は同程度であったが、ダイヤフラム側では、Bタイプの下段を除き4～6割減少しており、補強の効果が確認された。

(3)ダイヤフラム振動特性(図-3)

列車通過後の変位波形からダイヤフラムの固有振動数を求めた。

- ・ダイヤフラムの自由振動は、1次の面外振動である全面同位相に加え、より高次の上下逆位相及び左右逆位相の振動もほぼ同等以上に優勢である。

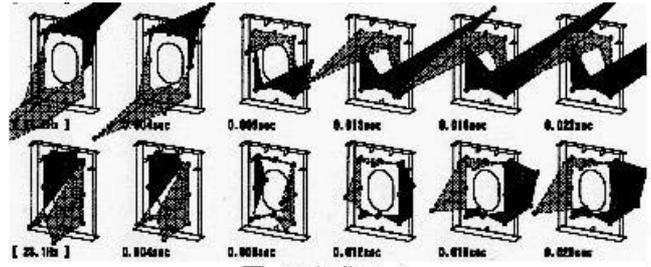


図-3 振動モード

これはマンホールフランジの剛性により1次の面外振動が抑制され、水平中心線及び鉛直中心線を回転軸とした面外振動が発生しやすいためと考えられる。

- ・補強材の無い場合は、上下逆位相や左右逆位相のダイヤフラムの固有振動が現れやすく、部位による振動に相違が大きい。補強材有りの場合は、部位による振動の相違が現れにくく、全面同位相のモードが卓越する。

(4)速度向上に伴うダイヤフラムの挙動

最大応力範囲の列車速度依存性を示す回帰モデルを設定した。(図-4)

- ・A B両タイプとも補強材有りの場合、上フランジと縦リブ交点において、270km/h走行時の応力レベルは補強材無しの場合の200km/h走行時の応力レベル以下であった。
- ・Bタイプ補強材有りの場合、下フランジと縦リブ交点の止端側において、補強材なしの場合の応力レベルとほぼ同程度であり、あまり補強効果が見られない。

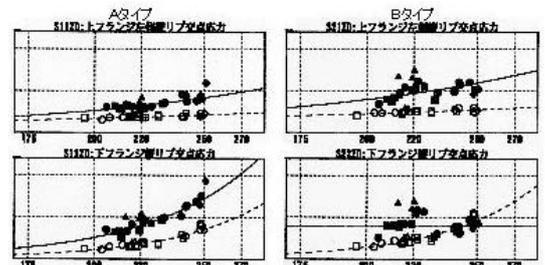


図-4 速度別応力分布

4. 得られた成果

(1)速度向上による影響

- ・A B両タイプとも補強材無しの場合、下フランジと縦リブ交点において100系の220km/h走行時の応力レベルは、補強材有りの場合の700・300系の270km/h走行程度であり、100系の減少より速度向上による応力増大の影響の方が強いと推定される。
- ・250、220、200km/hにおける列車通過時のスペクトル(図-5)を比べると補強材無しの場合、220km/hでの17Hzのピークレベルは他の列車速度の10倍近くであり、共振現象の現れと推定される。補強材有りの場合は、速度の違いによるスペクトルのレベルに大きな相違は見られず、共振を抑える効果がある。

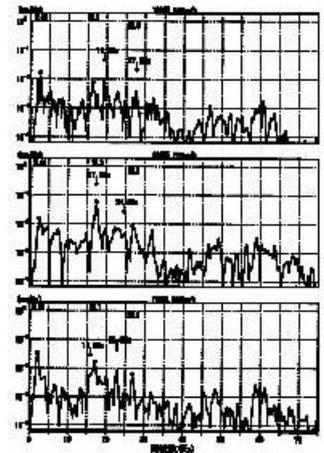


図-5 振動変位スペクトル

(2)補強効果の確認

- ・Aタイプでは、補強材とフランジ間の面外振動を70%に抑え、発生応力も50%に減少した。Bタイプでは、面外振動が返って増大し、一部で応力も増加した。これより、面外振動を抑制するためには、両面挟み込みの補強が有効である。

5. おわりに

面外振動に対しては、亀裂発生後その部位の応力は開放され、それ以上の亀裂進展の可能性は小さいことから、ストップホールを最終的な対策とする考えもある。今回の調査は、山形鋼により剛性を高めたことがどのような効果を及ぼすかを確認したものである。また、測定結果より面外振動により応力が増大することが分かった。その応力レベルは、疲労限を超えるものではなかったが、引き続き今後も、検査の着眼点としていきたい。