

主塔付近における横風特性の把握と防風柵の効果の検討

東京理科大学	学生会員	○今野 秀哉
労働安全衛生総合研究所	正会員	金 惠英
東京理科大学	フェロー	木村 吉郎
横浜国立大学	フェロー	勝地 弘

1. 背景と目的

海上の長大橋では風を遮る障害物が少ないため、橋梁上において強い横風が作用しやすい。例えば 2018 年の台風 20 号、21 号では、関西地方で橋梁上と駐車場などで約 43 件の車両横転事故が発生している。また車両が吊形式橋梁の主塔付近を通過する際に、主塔前後で急激に変化する横風を受けることが原因で、横転事故が発生している。このような事故を防ぐために、遮風効果のある防風柵を主塔付近に設置することは効果的であると考えられる。そこで本研究では、防風柵の設置の有無が走行車両に作用する空気力におよぼす影響を風洞実験により計測し、橋梁上の走行車両への安全対策としての防風柵の効果に関して検討した。

2. 実験方法

本研究では図 1 で示した 1/50 の縮尺の橋梁模型、車両模型を用いて風洞実験を行う。車両は走行装置(図 2)を用いてレール上を走行させる。車両模型の中には六分力計を搭載しており、横風の中で走行する車両に作用する六分力(横力、抗力、揚力、ローリングモーメント、ピッチングモーメント、ヨーイングモーメント)をサンプリング周波数 1000Hz で計測する。橋桁の路面に車両走行用のレールを設置するため、対象としているトラス桁の橋桁模型を、既往研究¹⁾²⁾を参考に橋桁端部から剥離したせん断流の高さなどを同様に再現した矩形断面で箱桁模型を製作し実験を行う。主塔は隅切り断面を持っており、横風の影響を受けやすい風上側のみ設置している。対象橋梁の主塔付近の横風分布を調査した既往研究³⁾を参考に、防風柵は図 4 で示したように A~C の三種類で作成した。防風柵の形状は、車両が主塔の風下に入る場合、もしくは出る場合に受ける横風の変化を緩やかにするために斜角を付けた直角台形とした。

次に車両の走行速度と横風の風速に関して考える。本来であれば時間尺度を考慮して風速と車速を考える必要があるが、車両模型の走行速度に制限があり実スケールでの強風時の車両速度の再現が難しいため車速と風速の成す相対角度(表 1)を基準として組み合わせを考えた。模型の走行速度を 800mm/s, 風洞内の風速を 3.5m/s, 4.0m/s, 5m/s, 5.5m/s として実験を行い表 1 で示した実際の車速と風速の組み合わせを 4 つのパターンで再現した。

車線(4 車線)、防風柵の種類、風速をパラメーターとして計測を行う。各ケースごとに車両に作用する空気力を測定する。その中でも特に車両の不安定性に影響を与えるローリングモーメントとヨーイングモーメントに着目し考察を行う。



図 1 主塔-橋桁-走行車両モデル

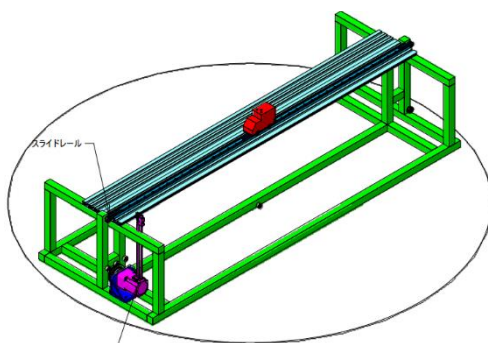


図 2 車両走行装置

図 3 車両模型 (a)バス模型とレール(左)
(b)車両内部(6 分力計, ミニコン搭載)(右)

キーワード 風洞実験, 走行車両, 主塔, 横転事故, 防風柵
連絡先 〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641 TEL 04-7124-1501

3. 実験結果

各ケースで計測したヨーイングモーメントの結果、風速が最も高いパターンで変化が顕著に表れたため、ここでは風速 5.5m/s の車線 1 と車線 4 での空気力を比較して考察する。

車線 1 と車線 4 における防風柵なし、A、B、C でのヨーイングモーメントを図 5 に示す。車線 1 では、防風柵がない場合、計測ステップが約 400～1000 の間でヨーイングモーメントが変化している。その間におけるヨーイングモーメントの変化は大きく、その差は 0.0265N・m であった（最大値 0.0134，最小値-0.0131）。一方で防風柵を設置した場合では設置していない場合と比べて、ヨーイングモーメントが変化する範囲を明確に示すことが出来なかった。これは、急激な変化を抑えるために工夫した防風柵の形状の効果の影響であるといえる。また、ヨーイングモーメントの最大値、最小値も防風柵を設置していない場合と比べて小さな値となっており防風柵の効果が表れているといえる。

車線 4 では車線 1 と比較し全体的に乱れが多いという特徴があった。防風柵なしの場合ではヨーイングモーメントが変化する範囲を明確に示すことが難しいが、防風柵を設置した後では最大値、最小値が減少しているため防風柵の効果が十分に表れているといえる。また、防風柵を設置した場合では計測範囲内でのヨーイングモーメントの変化が小さくなっていることがグラフから読み取れる。ここで、防風柵なしの場合の最大値は 0.0120，最小値は-0.0136 であった。また、車線 1 と車線 4 における、防風柵ごとの最大値、最小値と防風柵なしの最大値、最小値との比で比較した割合を表 2 に示す。

4. 結論

これらの結果から今回設置した防風柵の模型はどれも効果があるということが示された。特に防風柵 B、C は A と比べて防風効果が高いことも証明された。特に車線 1 では防風柵を設置することで受けるヨーイングモーメントが減少している。また、車線 4 ではヨーイングモーメントの減少率は低いが生計測範囲内での大きな変動がなくなりドライバーが横風に対して対応しやすくなったと言える。

謝辞

本研究は、JSPS 科研費 22H01574 (基盤研究(B)代表者：勝地 弘)と大成財団の助成を受けたものです。ここに、謝意を表します。

参考文献

[1] 金恵英, 勝地弘, 強風時の車両走行安全性検討のためのトラス桁橋上の横風特性, J-BEC レポート, vol. 16, pp9-14, 2020
[2] 金恵英, 長大橋のトラス桁-主塔まわりの横風特性, 高速道路と自動車, vol. 65, pp. 41-44, 2022. 10
[3] 今野秀哉他, トラス桁-主塔-走行車両の相互干渉を考慮した車両の空気力の実験による評価, 土木学会年次学術講演会講演概要集, 2022

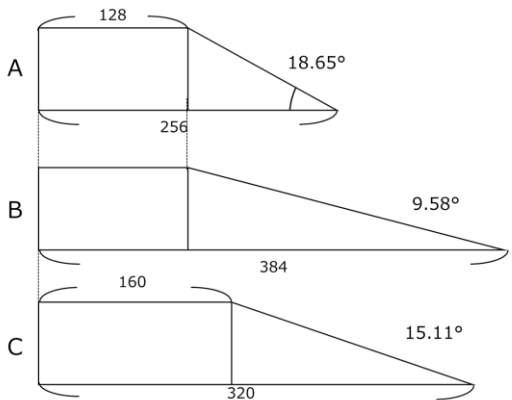


図 4 防風柵 A,B,C (mm)

表 1 横風—车速の相対角度

横風—车速の 相対角度		風速(m/s)：実スケール		
		20	25	30
车速(km/h)	15	11.75	9.45	7.89
実スケール	30	-	-	15.62

表 2 防風柵なしの場合 (N) とのヨーイングモーメントの比 (%)

防風柵	車線 1		車線 4	
	最大値	最小値	最大値	最小値
A/N	83	68	83	68
B/N	59	73	81	97
C/N	60	60	72	87

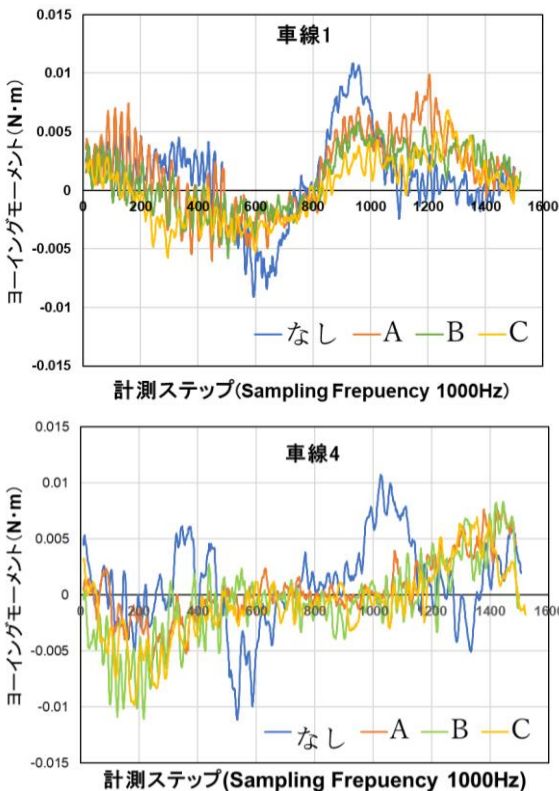


図 5 ヨーイングモーメント比較