

令和5年度 大成学術財団 研究成果発表会

強風時の橋梁上の車両走行の安全性確保と合理的な規制方法に関する研究

：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

労働安全衛生総合研究所 金 恵英
横浜国立大学 勝地 弘
東京理科大学 木村 吉

研究背景と目的

研究背景



図 南備讃瀬戸大橋での主塔付近における横転事故 H30,9,4

現在、強風時における橋梁上では、一律に風速に基づく通行規制が行われている
しかしながら、国内および海外で横転事故が数多く発生している

特に、**主塔付近**では**主塔から剥離したせん断流の影響**で急激に変化する横風を受け**横転事故**や**横滑り**が発生

目的 **横風が急激に変化する箇所**を対象に

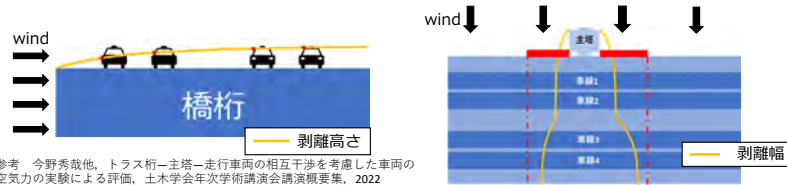
防風柵を設置して**走行車両の安全対策**を考える

➡ **横風特性の把握**と**防風柵の効果の検証**

対象橋梁 南備讃瀬戸大橋

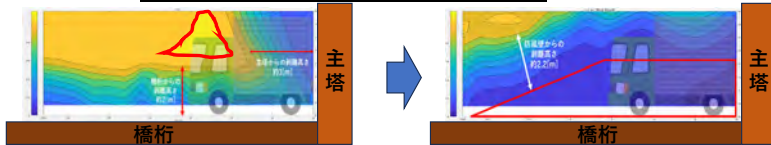
研究の流れ、研究方法

STEP1 主塔付近の風の剥離幅、剥離高さを把握



参考 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

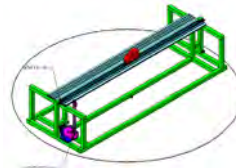
STEP2 防風柵設置による遮風効果の確認



参考 安田拓未 今野秀哉他, トラス補剛桁-主塔周りにおける防風柵設置時の横風特性の評価, 風工学論文集, 2022

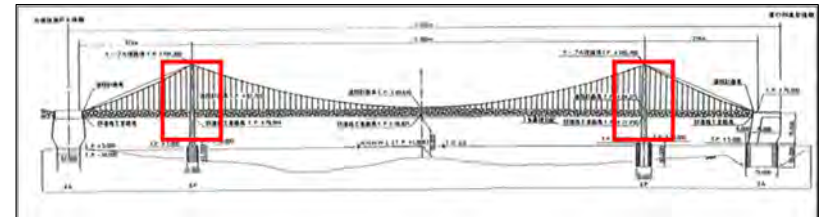
STEP3 車両に作用する空気力の変化を確認

車両走行実験により走行車両に作用する横力とヨーイングモーメントを測定し複数の形状の**防風柵の効果を検証**



実験概要

風洞実験で対象とする場所

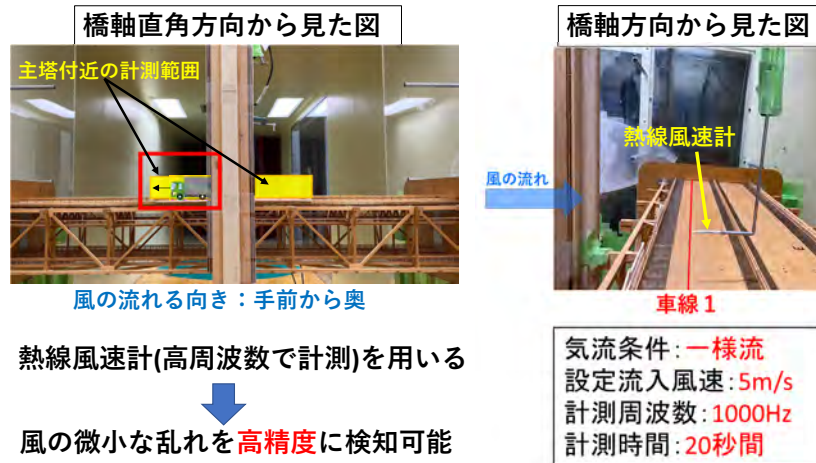


南備讃瀬戸大橋の一般図

主塔付近(赤枠で囲った場所)を取り出しこの場所を対象に風洞実験を行う

実験概要

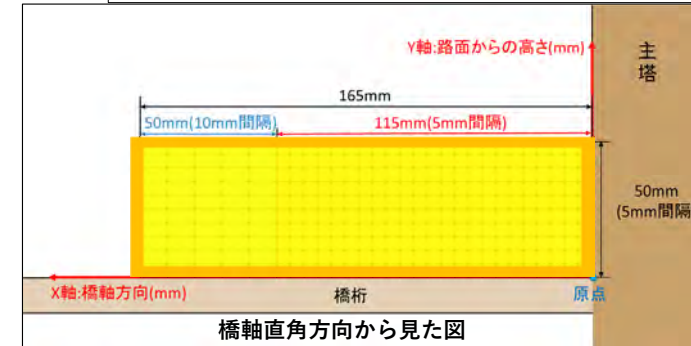
風洞実験の様子



実験概要

計測範囲

- 主塔付近に縦50mm、横165mmの計測範囲
- 計測点を格子状に設置し1点ずつ計測(10行×29列=290個)



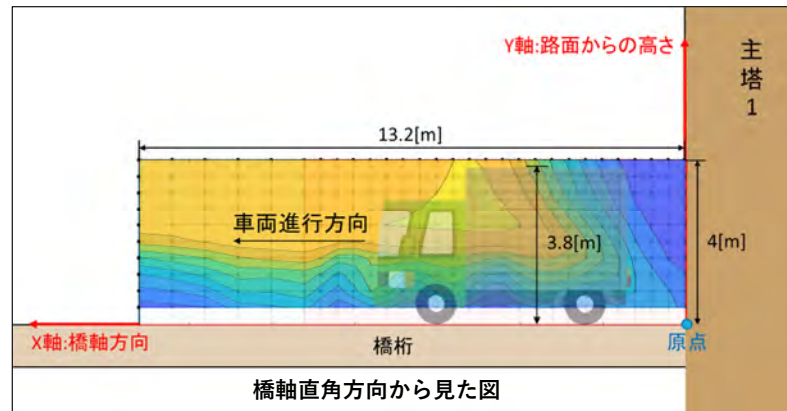
- 各点について風速比を求める
- 各点で与えられた値(風速比)をコンター図として可視化

実験概要

$$\text{風速比} = \text{計測風速} / \text{設定流入風速}$$

例) 流入風速5m/sで、計測風速が6m/sの時、風速比は1.2

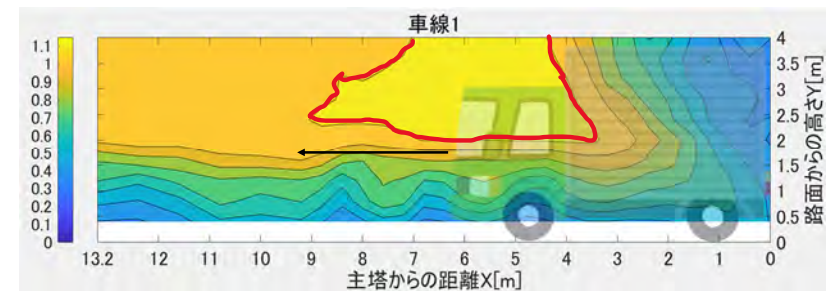
コンター図の見方 風速比 > 1 : 加速 風速比 < 1 : 減速



主塔周りの横風の流れ場

計測結果

- 最大瞬間風速の風速比で評価した場合の図
- 横転事故が実際に発生した車線 1 (最も風上側)の結果

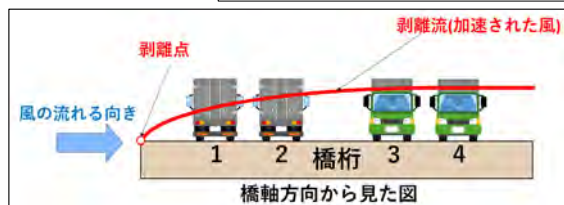


- 車両(トラック)の荷台上部の位置に加速風領域(剥離流)が存在
- 車両進行方向に風速比は急激に増加

走行車両(トラック)は荷台上部で横風を突発的に受ける

防風柵の作製

防風柵の効果 ①加速風(剥離流)領域を車両より上に逃がす



加速風が車両に当たってしまう

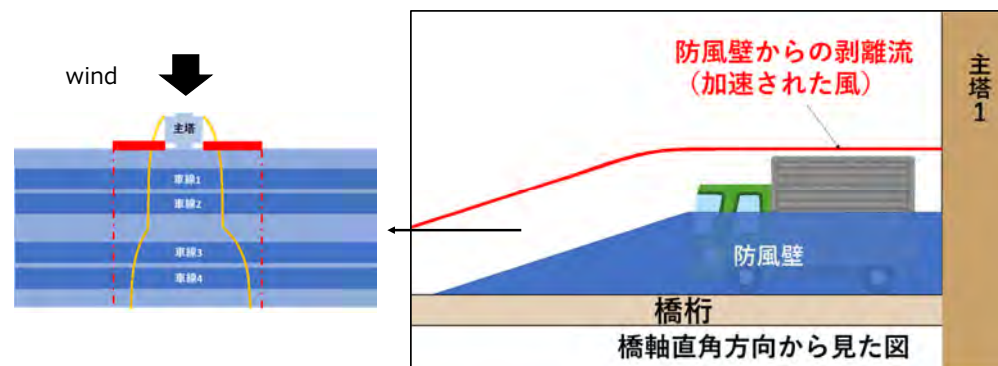
防風壁設置後



加速風は存在するが車両には当たらない

防風柵の作製

防風柵の効果 ②車両が緩やかに加速風を受けようとする



防風壁の形状に傾斜をつけることで車両は進行方向に剥離流を緩やかに受ける

防風柵の作製

作製した防風柵

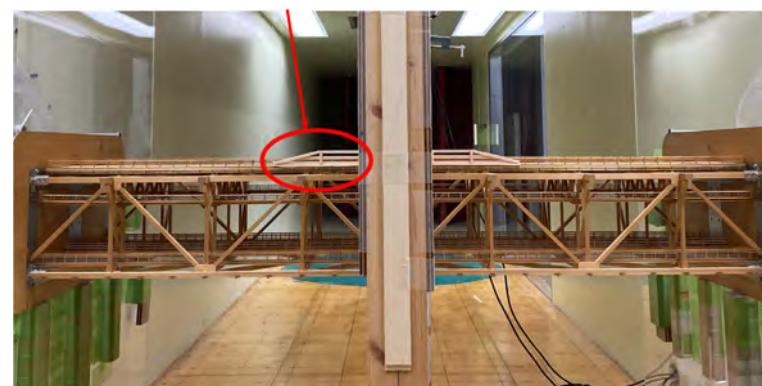


形状	寸法(模型)	寸法(実スケール)	開口率
直角台形	上底：80mm 下底：160mm 高さ：27mm	上底：6.4m 下底：12.8m 高さ：2.16m	30.1%

①, ②の効果を満たす最低限の幅・高さになるように設計

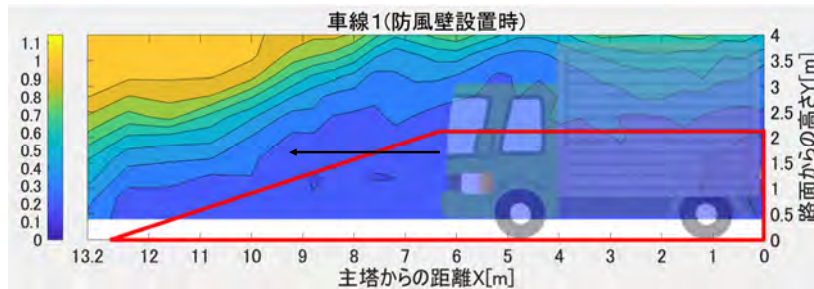
防風柵の作製

模型実験にて設置した様子



防風柵設置時の主塔周りの横風の流れ場

計測結果



- 全体的に風速は減少しており、**加速風領域を車両より上に逃がすことができた**
- 車両は走行方向に**緩やかに剥離流**を受けている

➡ 計測範囲において、防風柵の効果はみられた

実験概要：STEP3(車両に作用する空気力の変化を確認)

走行実験

- 横浜国立大学の風洞を用いて車両に働く**横力・ヨーイングモーメント**の測定を行う
- 風洞に制作した**橋桁・主塔**を設置 (下左図)
 - **6分力計**を搭載した**移動可能な車両模型**で測定 (下右図)
 - **防風柵設置前後**での横風による走行車両の空気力を比較

詳細概要

- 模型スケール:1/50
- レイノルズ数:約4.2万以上 (主塔幅を基準)
- 気流:一様流

模型をレールで走行

←既存のトラスではレールが設置できない

➡ 剥離高さが同程度の**箱桁断面**を使用

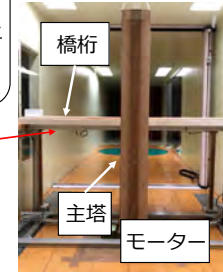


図 矩形断面の橋梁模型

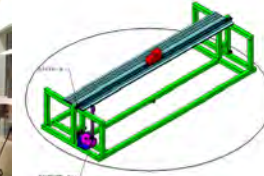


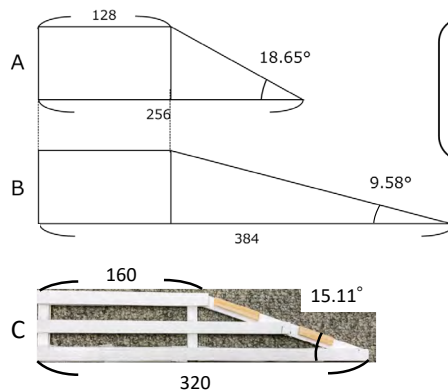
図 車両模型カバーとレールの様子



6分力計搭載
図 6分力計搭 載車両模型

動的実験防風柵

防風柵 単位 (mm) ・ スケール 1/50



- A: 基本形
- B: 下底の長さを1.5倍 斜角を緩やかに
- C: 上下底の長さをAより長く 斜角をAより緩やかに

○ 開口率を50%を目標に作成
耐風性、渦励振、フラッターへの影響が少ないため

➡ 形状を柵状に設計
実際には開口率約30%

図 実験用防風柵

計測条件、ケース

計測条件

- 風速 (3.5, 4.0, 5.0, 5.5 m/s)
- 車線 (L1~L4)
- ※車速は一定 (800mm/s)

車速、風速の組み合わせは**相対角度を考慮した**

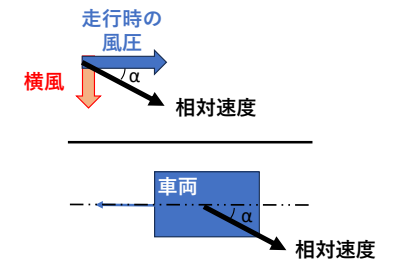


表 風速と車速の相対角度 (rad)

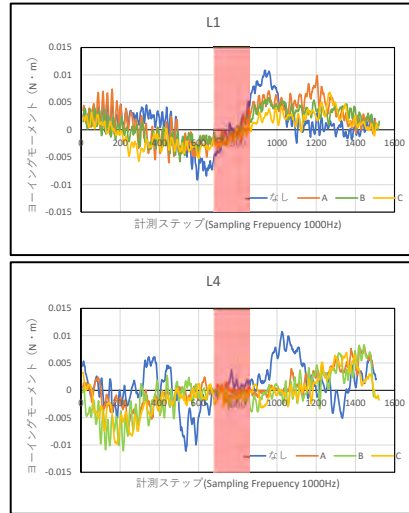
車速 (mm/s)	風速 (m/s)							
	3.5	4.0	5.0	5.5	5.5	5.0	4.0	3.5
800	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1600	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2400	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4800	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5600	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6400	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

$$\frac{T_{model}}{T_{full}} = \left(\frac{B}{V}\right)_{model} = \frac{B_{model}}{B_{full}} \frac{V_{model}}{V_{full}}$$

T:時間 B:模型の幅 model:模型 full:実物

1/50 長さスケール
1/6 速度スケール
1/10 (0.1) 時間スケール

実験結果比較 (L1,4 ヨーイングモーメント)



風速5.5m/sでの結果が最も顕著にみられた

⇒ 風速5.5m/sにおける
ヨーイングモーメントを比較

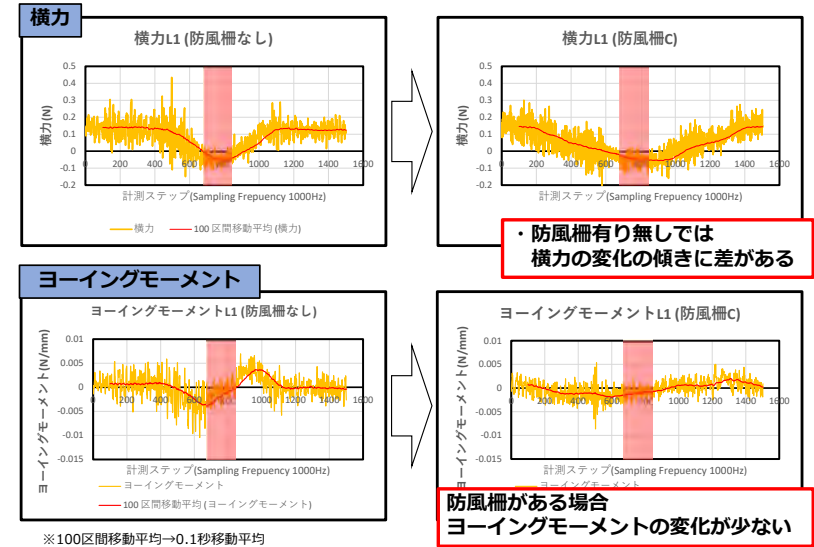
表 L1,4における防風柵非設置時の
ヨーイングモーメントの比較 (%)

防風柵	L1		L4	
	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

ヨーイングモーメント

- ・防風柵Cが最も効果あり
- ・L1では最大最小ともに**40%減少**
- ・L4では最大最小ともに**減少傾向**

実験結果比較 (L1 なし、防風柵C 比較)



※100区間移動平均→0.1秒移動平均

まとめ

9/9

STEP1 主塔付近の風の流れ場を把握

車両に対して危険な箇所が確認できた

STEP2 防風柵による流れ場の変化を確認

危険な箇所を対象に防風柵をし、流れを制御した

防風柵の形状を決定

STEP3 車両に作用する空気力の変化を確認

動的実験により車両模型を走行させ横力とヨーイングモーメントを測定し複数の形状の防風柵の効果を検証した

横力、ヨーイングモーメントの変化が少なくなる

⇒ ドライバーのハンドル操作が簡単になり
事故防止につながる

ご清聴ありがとうございました