

高風速下でのインデントケーブルの抗力特性
 Characteristics of Drag Force on Indented Cables at High Wind Speed

○森田透生¹, 長谷部寛²
 Touki Morita¹, Hiroshi Hasebe²

Abstract: In response to the increasing length and size of bridges, indented cables with high aerodynamic stability and low drag forces above the critical Reynolds number have been developed. However, due to recent climate change and other factors, the characteristics of drag force on indented cables under the high wind speed exceed the design wind speed have been required. This study aims to measure the drag force on indented cables at high wind speed. The result indicates that the drag coefficient approaches a value of around 0.55 to 0.56 over the Reynolds number of 600,000.

1. 研究の背景と目的

近年橋梁の長大化に伴い、空力安定性が高く臨界レイノルズ数以上の抗力が低く安定するインデントケーブルが開発された[1]。しかし近年の気候変動などにより、設計風速以上の風速が作用した際の抗力特性の需要が生じている。本研究室では、これまで、円柱を対象に風速 55m/s までの抗力を計測している[2]。本研究では、その知見を活かし、風速 60m/s を超える条件でのインデントケーブルの抗力を計測したので報告する。

2. 実験条件

本実験では、船橋校舎空気力学研究センターの大型低速風洞を使用した。風洞の形式は、水平式閉鎖回流型であり、断面は幅 2m、高さ 1m の正方形である。最大風速が 50m/s まであり、高レイノルズ数の実験を実施するのに適した風洞である。今回、より高いレイノルズ数の計測を行うため、風洞を開放型で使用し、かつ吹き出し口に幅 1m、高さ 2m の 2 次縮流部を接続した。また、Figure 1 に示すように上流側と下流側の間に長さ 185cm、高さ 243cm の導流壁を設置し、中央に円柱供試体を設置した。Figure 2 に全体の配置状況を示す。また、Figure 3 に模型の設置状況を示す。を供試体の両端には三分力ロードセル(日章電機, LMC-3505-300N)を取り付け空気力測定した。また、実験条件を Table 1 に示す。

Table 1. Parameters of the Wind Tunnel Test

供試体	円柱直径 22.5mm, 長さ 1100mm
風速	3m/s~65m/s
測定時間	30s
測定回数	3 回
サンプリング周波数	1000Hz

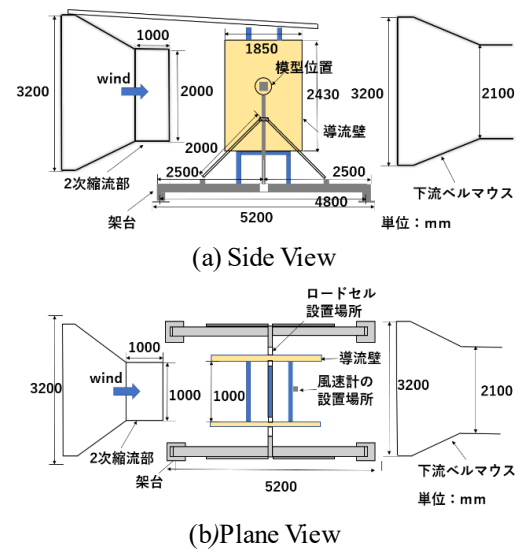


Figure 1. Overview of the Wind Tunnel Test

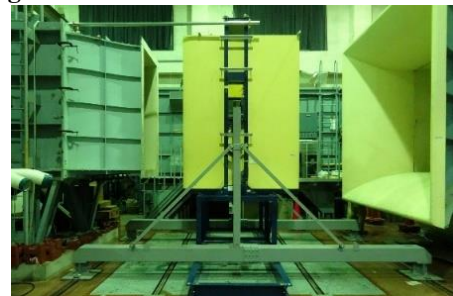


Figure 2. Snapshot of the Experiment



Figure 3. Indented Cable Models and Pitot Tube Anemometer.

1 : 日大理工・学部・土木 2 : 日大理工・教員・土木

3. 風速測定

高レイノルズ数の実験を行うため、風洞吹き出し口に2次縮流部を接続したことから、本来の風洞の風速（設計風速）よりも風速は高くなる。そこで、まず始めに設計風速と実際の風速との関係を調べた。風速はピトー管を用いて測定した。設置位置は模型中心から下方50cm、下流側50cmの位置である。

Figure 4に風速の測定結果を示す。ピトー管で測定した風速は、おおむね設計風速の1.3倍であり、最高風速約64m/sを計測した。

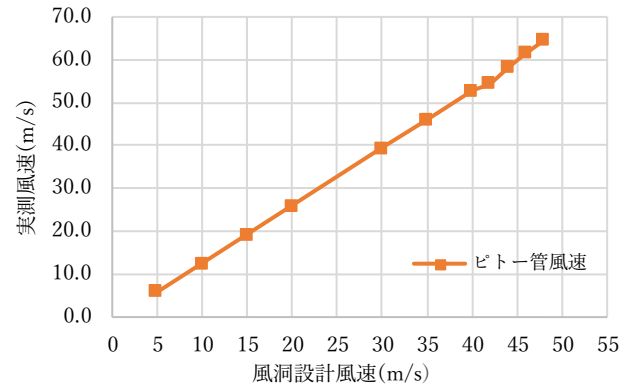


Figure 4. Designed Wind Speed and Measured Result

4. 抗力測定

抗力係数の結果を Figure 5 に示す。レイノルズ数 10～20 万の範囲で、“drag crisis”と呼ばれる抗力の急激な低下が見られた。それ以降、抗力は徐々に増加するものの、case1は、レイノルズ数 60 万以上のときに値の低下が見られた。模型固定方法を Figure 6 に示す。Case1では、模型の芯材である単管パイプの直径と、天秤の固定部の直径の差を 3D プリンターで制作した樹脂製のスペーサーで埋めていたが、高風速になるとスペーサーが変形し、その結果模型自体が導流壁に当たり反力が発生し抗力が減少する結果となった。そこで、case2では模型の芯材である単管パイプの直径と、天秤の固定部の直径の差を無くす模型治具を制作、取り付け、抗力測定を行った。その結果、抗力係数は、レイノルズ数約 60 万を超えると 0.55 から 0.56 の値に収束し正常な値を測定することができた。

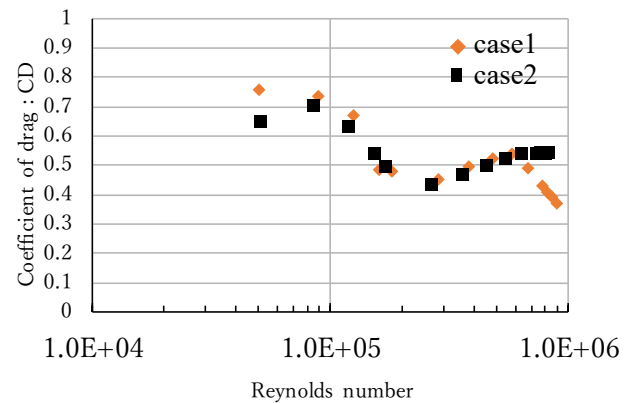


Figure 5. Drag Coefficient

5. まとめ

本研究では、60m/sを超える風速下でのインデントケーブル模型の抗力測定を行った。その結果、レイノルズ数約 60 万を超えると抗力係数が 0.55 から 0.56 の値に収束した。今後はこれらの結果を橋梁の設計に活用することが求められる。

謝辞

本研究で使用したインデントケーブル模型は矢島卓様（東京製綱株式会社）よりご提供いただいた。心より感謝申し上げます。また、風洞の使用に際し、ご協力いただいた関谷直樹先生（機械工学科）、菊池崇将先生（航空宇宙工学科）、今村永希様（空気力学研究センター）にも深く感謝いたします。

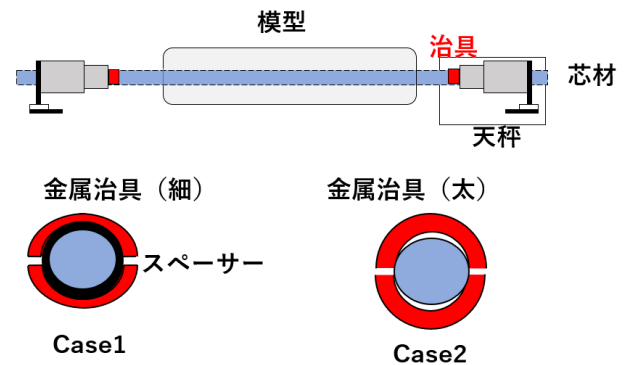


Figure 6. Apparatus for Fixing Model and Loadcell

参考文献

- [1] 北条哲男：「インデントケーブルの特性」，日本風工学会誌，Vol. 37, No.4, pp.276-283, 2012.
- [2] 春木隆友，加藤貴郎：「粗度と気流性状が円柱の空気力に及ぼす影響の検討」，日本大学卒業論文，2018.