

# 斜円柱に発生する空力振動を再現するための風洞実験の試み

北海道大学大学院（研究当時 東京理科大学）学生会員 那須桃香  
 東京理科大学大学院（研究当時） 非会員 笹川一磨  
 東京理科大学 フェロー 木村吉郎  
 労働安全衛生総合研究所 正会員 大嶋勝利

## 1. はじめに

長大斜張橋ケーブルに生じる可能性のある「雨なし振動」は、その明確な発現原因は特定されておらず、風洞実験での再現性も良くない。そこで本研究では、簡易に弾性支持した斜円柱模型の風洞実験により、応答特性を明らかにすることを試みた。

## 2. 実験概要

実験では、独立行政法人労働安全衛生総合研究所所有の回流風洞（測定部高さ 2.0m、幅 2.3m）を使用した。風速は 0~25m/s で一様流を用いた。模型の主流直角方向への変位はレーザー変位計を用いて計測し、実験中は常に下流側からビデオカメラで動画を撮り、後の観察に用いた。またタフトによる模型周りの流れの可視化も行った。ビデオカメラで撮影し、風速は 10m/s とした。

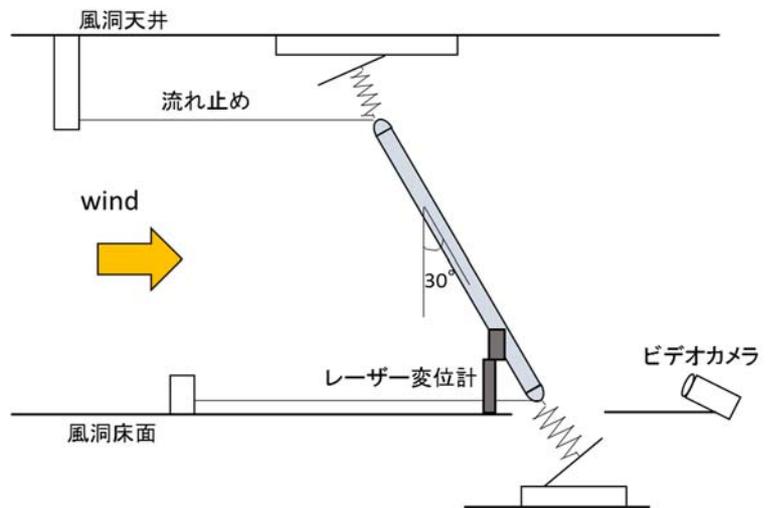


図1 実験の概要(側面図)

## 3. 実験模型

斜円柱模型は、アルミパイプ製で、外径 80mm、長さは 1.5m である。模型の両端にはアルミ製の半球カバーを取り付けた。流れ止め（長さ 5m）により、傾斜角は常に 30° となるようにした。模型質量は 10kg、主流直角方向の固有振動数は約 1.89Hz、構造減衰定数は 0.51% である。また、模型表面に 40 番のサンドペーパーを貼り付けて、表面粗度の影響も検討した。

## 4. 実験結果

### (1) 応答実験

測定された応答の主流直角方向変位の標準偏差を図2にまとめる。粗度の有無によらず、ほぼすべての実験ケースにおいて、大振幅応答は生じなかった。図2に示した主流直角方向への応答以外にも、ローリングやねじれ、また微小な上

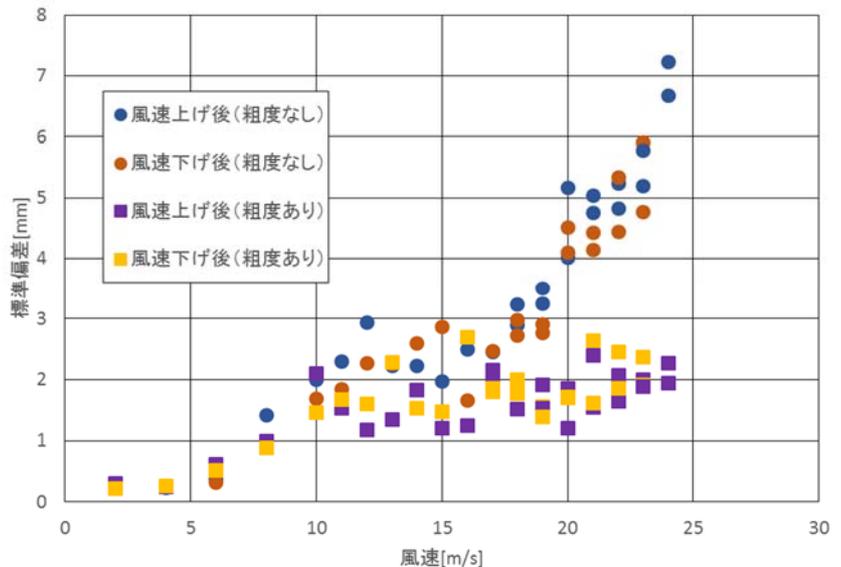


図2 主流直角方向の応答

キーワード 雨なし振動, 空力振動, 斜円柱, 風洞実験

連絡先 〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641 東京理科大学工学部土木工学科 TEL 04-7122-9611

下方向への振動が見られた。高風速域で強制的に約 15mm の初期変位を模型に与えることも試みたが、その振動はすぐに収まった。唯一、大振幅応答が発現したのは、粗度なしの模型に対して、風速を 19m/s から 20m/s に上げた直後で、徐々に振幅が大きくなり、振幅約 80mm の時に、模型の下側のコイルばねが破断した。しかし、同じ諸元のばねを新しく作り直し、後日同じ条件で実験を行ったときは、大振幅応答は発現しなかった。

この大振幅応答については、レーザー変位計では測定していなかったため、撮影した動画を用いて、ねじれの周期と主流直角振動の周期の時間変化を調べた

(図 3)。大振幅応答発生前は、どちらかが 0.53~0.57s の周期で振動するとき、一方はそれと離れた周期で振動し、ねじれの振動はほぼ見られなくなることもあった。また、それぞれの固有周期(ねじれ: 0.576s, 主流直角: 0.541s)とも異なる振動であった。しかし、時刻が 80s 以降では徐々に 2 つの周期が近づき、主流直角振動の固有周期に近づいていった。その中で、時刻 87s 以降で大振幅応答が発生したため、何らかの関連性がある可能性

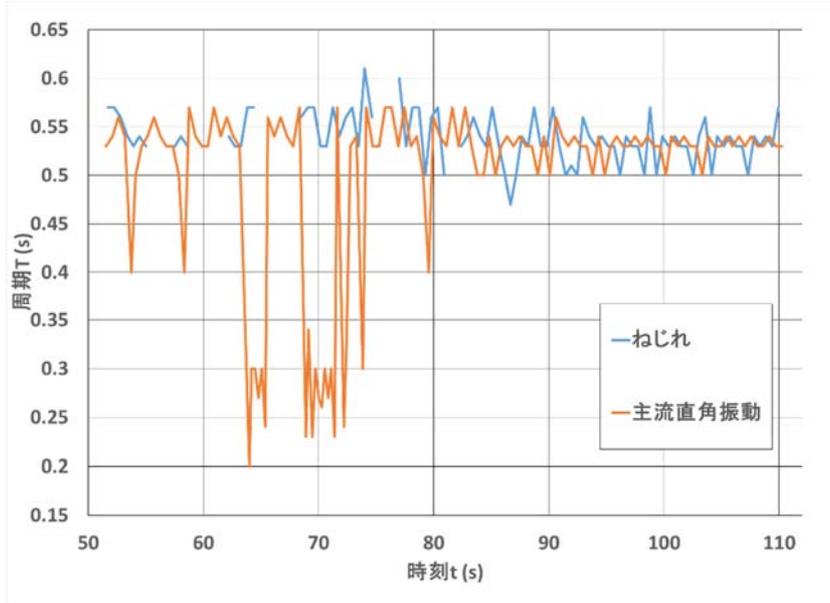


図 3 ねじれと主流直角振動の周期

が考えられる。しかし、模型の両端には半球カバーをつけてあるため、ねじれによる空気力への影響はないと考えられ、また、他に比較的大きな振幅で振動したときの動画を元に同様の検証をしても特に関連性は見られなかったため、さらなる検討が必要である。

粗度ありの状態では、一般に粗度なしの場合より振幅は小さかった。また、風速 16m/s 以上では、振動の中立位置が、概ねいつも片側にずれた形で振動していた(図 4)。これは流れの剥離が非対称に生じていたためと考えられる。

(2) タフトを用いての可視化実験

粗度なしの場合は、よどみ点から下流側に約 90°の位置で、粗度ありの場合は、約 100°の位置で、それぞれ流れが剥離しているように見えた。上記の応答特性と合わせて考えると、粗度ありでは、風速 2~15m/s では亜臨界域、風速 16~24m/s では臨界 Re 域であり、粗度なしでは風速 2~24m/s で亜臨界域であったと考えられる。

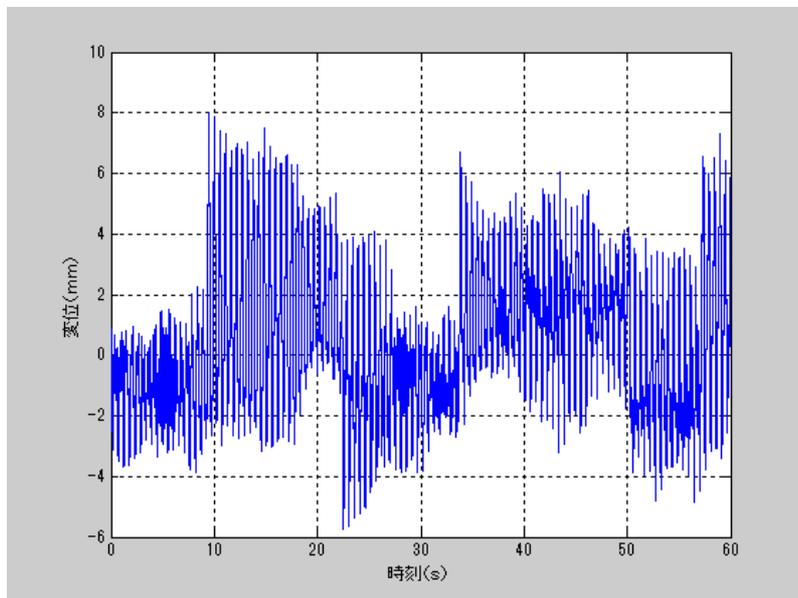


図 4 粗度あり、風速 24m/s の応答の時刻歴

5. 結論

唯一発現した大振幅応答時に、模型軸周りのねじれの周期と主流直角振動の周期が近づいていたが、詳細はさらなる検討が必要である。本実験では Re 数よりもアスペクト比を優先した模型としたことが考えられる原因の 1 つであるが、雨なし振動を再現することはできなかった。支持方法を再検討し、現象の再現と応答特性を明らかにすることを今後の課題としたい。