

斜円柱の空力振動発現メカニズムの解明

東京理科大学大学院 学生会員 ○杜 丘世豪 東京理科大学 フェロー 木村 吉郎
 東京理科大学大学院 (研究当時) 学生会員 馬場 久昌 非会員 西村 宏昭
 東京理科大学 (研究当時) 非会員 板谷 海帆 労働安全衛生総合研究所 正会員 大幢 勝利

1. はじめに

長大斜張橋のケーブルには、風による大振幅の空力振動が生じる可能性がある。その発現メカニズムの解明を目指し、空力弾性振動時の斜円柱模型に作用する圧力の測定と、その特性の検討を行った結果について報告する。

2. 実験概要

実験は、労働安全衛生総合研究所の回流式風洞(測定部の大きさは高さ 2m, 幅 2.3m, 長さ 17m)で行った(図 1)。斜円柱模型は、本体が塩ビ管(外径:267mm, 長さ 1583mm)の上下端部にアルミ製の半球カバーを被せた剛体模型で、内部に 9 軸加速度センサを搭載した M5stack と圧力センサを取り付けた。

圧力の測定位置は模型下部の円柱端部から 400mm の位置に、1 断面あたり 32 点、サンプリングは約 200Hz で行った。模型外部にはレーザー変位計を設置し、円柱の上側端・下側端から 50mm の位置の変位



図 1 斜円柱模型設置状況

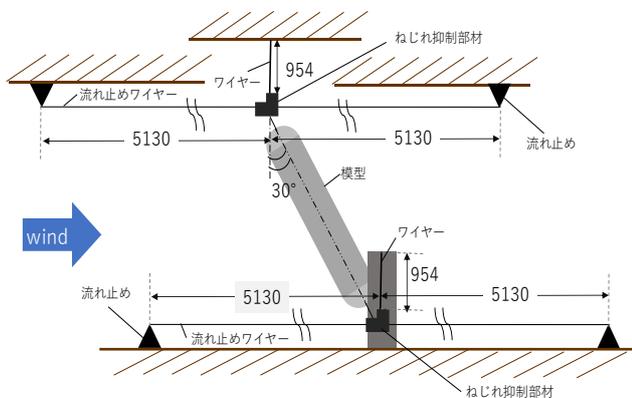


図 2 模型設置概略図(単位 mm)

を 500Hz で測定した。なお、模型の傾きは 30° で、風向直角方向のみに振動するようにした(図 2)。

計測機器類は、風洞外から Wi-Fi ルーターを介してノート PC で遠隔操作をした。圧力センサとレーザー変位計の出力は別々となるため、加速度および変位のデータを用いて時刻同期を行った。圧力測定は風速 8~18m/s の範囲で 1m/s ごとに行い、3 分間の測定を 1 風速あたり 3 回ずつ行った。

3. 空気力, 応答振幅の位相平均

本稿では、過去の実験¹⁾とほぼ同様の風速である、比較的大きな応答が生じた風速 9m/s と 14m/s における風圧の振動方向成分を積分して求めた空気力と風圧係数分布を検討する。図 3 に、空気力と振幅を 1 周期間で 100 分割し、各位相の平均を取って示

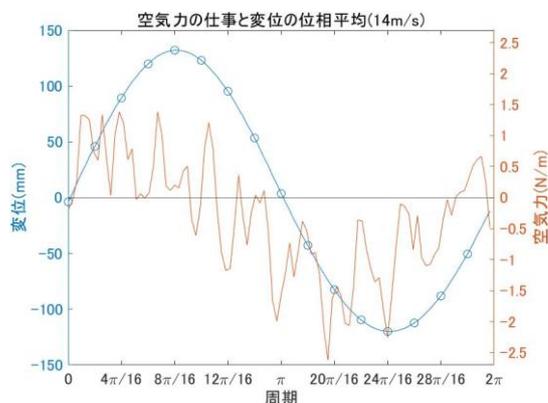
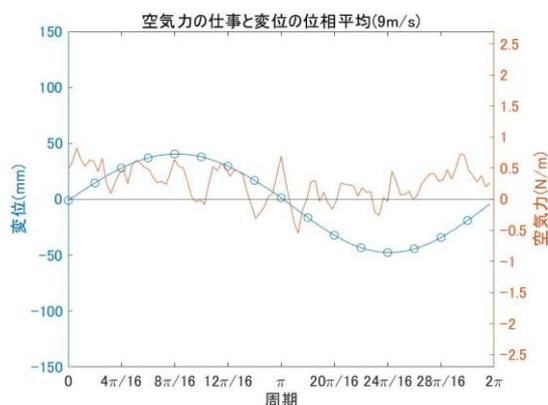


図 3 空気力と変位の位相平均

キーワード 風洞実験, 斜円柱模型, 圧力分布, 位相平均

連絡先 〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641 東京理科大学土木工学科橋梁研究室 TEL04-7124-1501

す。また、図3の変位にある○記号は、風圧係数分布の位相平均を取った位置を示している。後に示す風圧係数は瞬間値ではなく、○記号の前後を $\pi/16$ ずつ、計 $2\pi/16$ 範囲のデータの平均値を用いている。

2つの風速にて、変位と空気力の正負関係についてみると、空気力の増加につれ変位の増加が見られ、逆の場合にも同様な傾向が見られ、励振力となっている。実際1周期あたりの模型単位長さあたりの仕事量は9, 14m/sで、それぞれ0.0251J, 0.3038Jと算出された。また、全体的に空気力は振動に伴って変化しているが、より高周波数の変動成分もみられる。位相平均を80~92周期分しか行っておらず、渦放出等に伴う空気力の変動成分が十分平均化されていないと考えられる。

4. 風圧係数分布の位相平均

図4に、風圧係数分布の時間平均を示す。円グラフ周りの数字は圧力孔の番号で、風向は図の左側から右側であり、17番が風上側、25番が変位の正側となっている（以下の円グラフはすべて同様）。

図5と図6に、16位相のうち、比較的特徴が顕著な位相における風圧係数の平均値(図4)からの差を示す。差を示すことにより、位相ごとの違いを検討した。

図3と図5の比較を行うと、 $4\pi/16$ では、円柱の振幅の増加に伴って、風圧係数分布も、円グラフ上部分に負圧が大きく出ていることがわかる。逆位相である $20\pi/16$ では、逆に円グラフの下部分が大きい分布を示していることがわかる。14m/sの結果を比較すると、9m/sと似たような結果となっていることがわかるが、分布の形状が異なっており、9m/sと14m/s付近の応答のメカニズムが異なっていることを示唆している。 $12\pi/16$, $28\pi/16$ では、ほぼ平均的な風圧係数を示しており、準定常的に考えると17番側から風が作用した状態に対応することから、空気力は変位と位相が約 $\pi/4$ ずれて作用し、励振力となっていることを確認できた。

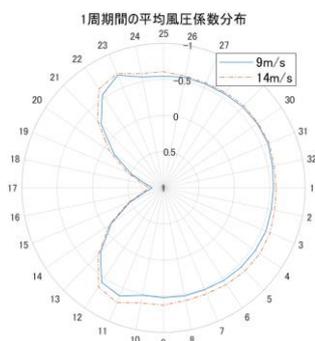


図4 平均風圧係数分布

5. 今後の課題

本稿以外の風速でも検討し、特性を把握していく必要があると考えている。

参考文献

- 1) 木村吉郎, 馬場久昌, 石井誉大, 西村宏昭, 大幡勝利, 空力振動時に斜円柱模型に作用する変動圧力の測定, 第25回風工学シンポジウム論文集, 2018, pp.379-384

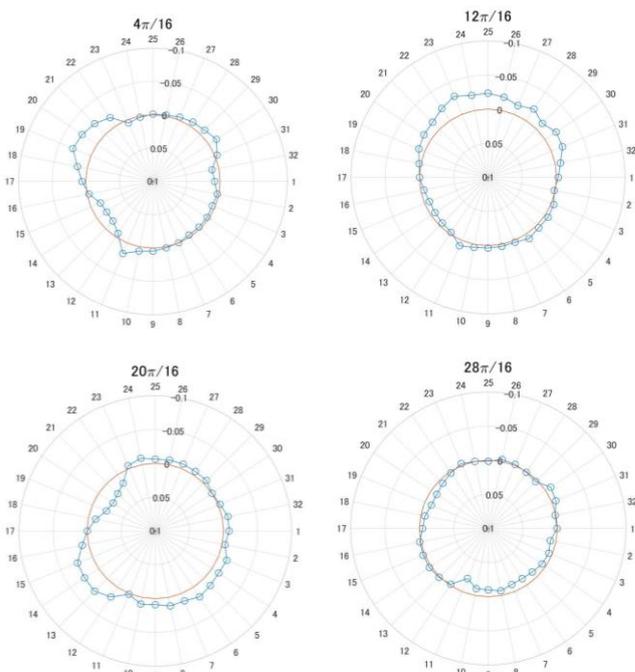


図5 各位相での風圧係数分布(差分値, 9m/s)

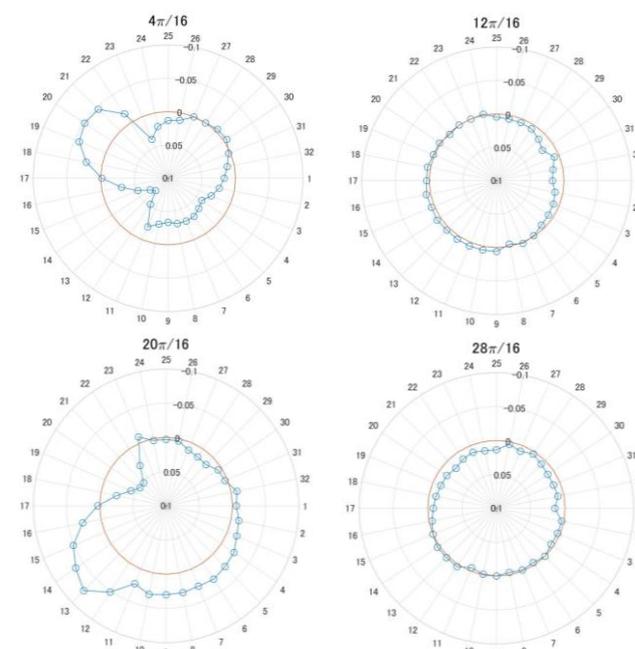


図6 各位相での風圧係数分布(差分値, 14m/s)