

斜円柱の雨なし振動の発生原因の検討

東京理科大学大学院 学生会員 ○石井 誉大
 東京理科大学（研究当時） 非会員 柳原 哲也
 労働安全衛生総合研究所 正会員 大嶋 勝利

東京理科大学（研究当時） 非会員 佐藤 孝祐
 東京理科大学 フェロー 木村 吉郎

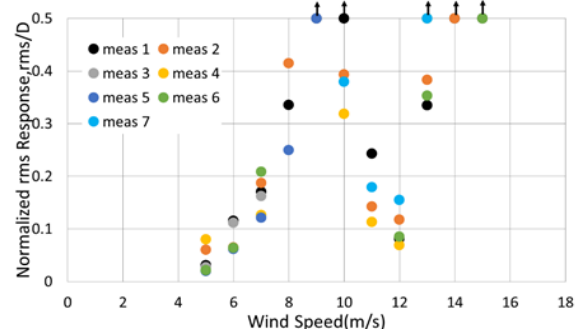
1. はじめに

斜張橋ケーブルに生じる空力振動の内、「雨なし振動」について振り子支持形式の斜円柱模型(図 1)を用いた風洞実験を行いある程度の再現性が得られ、応答特性は図 2 に示す通りとなった¹⁾。また、雨なし振動の内 Dry Inclined Cable Galloping は準定常空気力で説明できるとされている²⁾。そこで、この実験を対象に空気力係数を測定し準定常空気力等に基づく応答解析を行い、メカニズムの検討をした。

図 1 斜円柱模型¹⁾

2. 測定方法

実験は、労働安全衛生総合研究所所有の回流式風洞(測定部高さ 2.0m, 幅 2.3m, 長さ 17m)で行った。対象とする実験で用いた斜円柱模型は、アスペクト比は 5.9 の円柱模型の上下端部に半球カバーを被せた剛体模型である¹⁾。本実験では、その上半分と下半分に作用する空気力を図 3 の様に 6 分力計を用いてそれぞれ測定し、対応するケースでそれらを加えることで模型全体に作用する空気力を近似的に求めた。本実験の模型の外径は 216mm で偏角は 30° とし、風速の範囲は 7~23m/s である。

図 2 応答測定結果(偏角は 30°)¹⁾

3. 測定された空気力係数

図 4 に測定された抗力及び揚力係数を示す。迎角は-5° ~+5° の範囲とした。抗力係数は全てのケースで Re 数に対して同じ様な変化となった(図 4(a))。抗力係数の値は最大でも 0.7 未満と 2 次元円柱の値よりも小さいが、これは端部の半球や 3 次元性の影響であると考えられる。揚力係数は図 4(b)に示すように、Re 数に対してケースによって異なる変化が見られた。模型の形状が真円でないことや設置時の影響等の可能性もあるが原因は明らかではない。

4. 応答解析結果

図 4 の空気力係数に基づく準定常空気力を作用させた時刻歴応答解析を行った。振動の自由度は風向直角方向のみの 1 自由度で初期変位 0.1m を与えた。測定精度に疑問のある揚力係数の考慮の有無によらず、空力振動は解析を行った 16m/s まで発現しなかった。図 5(a)に揚力係数を考慮した場合の風速 15m/s の結果を示す。Dry Inclined Cable Galloping 時の空力減衰の MacDonald らによる定式化²⁾によると、空力減衰定数は模型軸-風向の平面と模型軸直交振動方向との成す角を α とした $\cos \alpha$ に比例するとされているが、対象としている主流直角方向のみに振動を許す場合は、 $\cos \alpha$ が常に 0 と

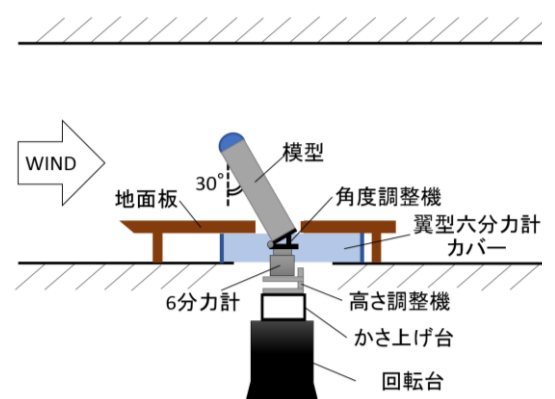


図 3 空気力測定概略図

キーワード 雨なし振動, Dry Inclined Cable Galloping, 風洞実験, 非定常空気力

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

り空力減衰も 0 となる。したがって、図 2 の応答は Dry Inclined Cable Galloping のメカニズムでは説明できないと考えられる³⁾。そこで、準定常空気力とは異なり「流れの遅れ効果」が生じた可能性を考慮し、解析した。風速 15m/s における結果の一例を図 5(b)に示す。風速 9, 10m/s では流れを 0.7s, 風速 11~15m/s では 0.6s 遅延させることにより空力振動が発生した。模型の振動数は 0.5Hz であり、0.6s は 0.6π の位相遅れに対応し、ここまで大きな流れの遅れ効果が生じていることはやや考え難い。また、偏角 30° での斜円柱の空力振動は空力負減衰の絶対値が大きいと考えられ⁴⁾、それもこうした流れの効果では説明できない。既に多くの研究によって議論されているような他のメカニズムの可能性も含めて、さらに検討する必要がある。

4. 結論

既往の実験を対象として測定された空気力係数を基に準定常空気力等を用いた時刻歴応答解析を試みたところ、大きな流れの遅れの効果があれば、斜円柱の空力振動を生じさせるものの、実際のメカニズムとしては考え難かった。実際のメカニズムの解明は今後の課題である。

参考文献

- 1) 木村 吉郎, 石井 誉大, 原尾 勇輝, 大幢 勝利, 「斜円柱に発生する大振幅空力振動の再現の試み」, 第 24 回風工学シンポジウム論文集, pp. 313-318, (2016)
- 2) Macdonald, J.H.G., and Larose G.L., “A unified approach to aerodynamic damping and drag/lift instabilities, and its application to dry inclined cable galloping”, J. Fluids and Structures, Vol. 22, pp. 229-252, (2006)
- 3) 木村 吉郎, 石井 誉大, 佐藤 孝祐, 柳原 哲也, 大幢 勝利, 「準定常空気力を用いた斜円柱の空力振動の解析について」, 日本風工学会誌, Vol.42, No.2 (No.151), (2017), 印刷中
- 4) Kichiro Kimura, Kusuo Kato, Yoshinobu Kubo, “Aeroelastic response of an inclined circular cylinder in smooth and turbulent flow”, International Colloquium on Bluff Body Aerodynamics and Applications (BBAA7) Shanghai, China, Proc. 7th, September 2-6, (2012)

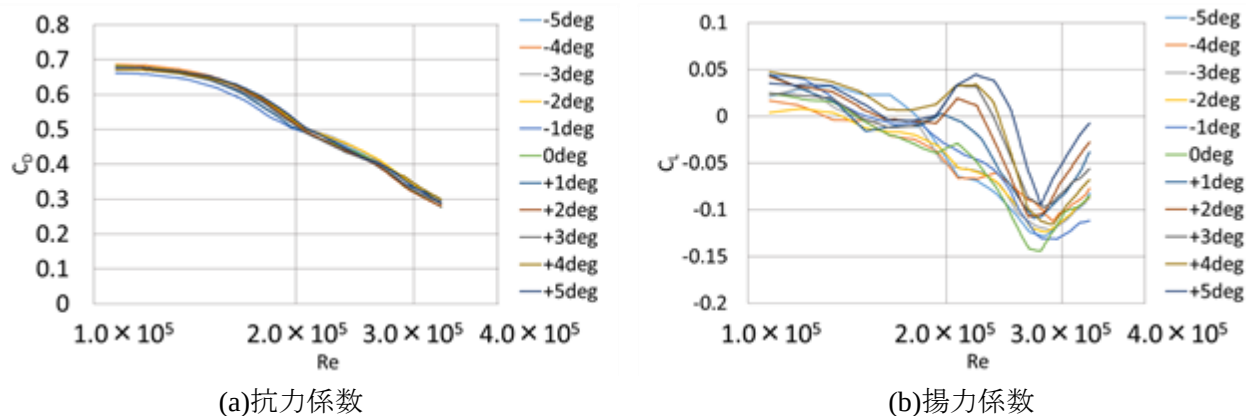


図 4 測定された空気力係数

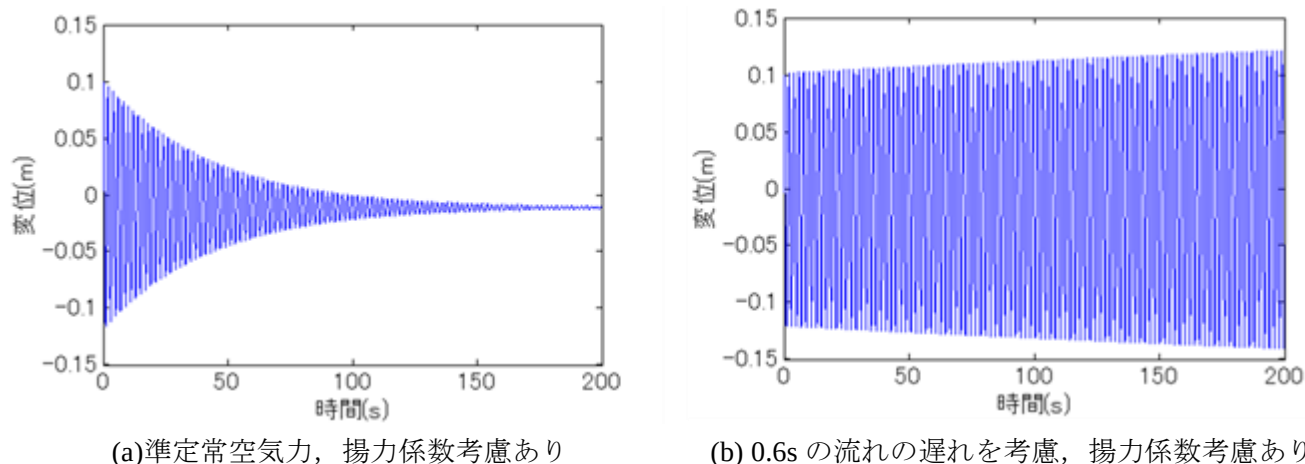


図 5 風速 15m/s における時刻歴応答解析結果