

## 博士論文要旨

### 論文題名：ばね懸架機構による吸盤の負圧保持の研究

立命館大学大学院理工学研究科  
機械システム専攻博士課程後期課程

マツノ タカヒロ  
松野 孝博

建築物の外壁作業現場では、これまでゴンドラやロープを用いて作業員を屋上から吊るす方法が採られてきた。これらの方法は足場を必要としない一方で、強風時に作業効率や安全性が著しく低下する。対策として、作業員やゴンドラを壁面上に固定することが行われており、現在様々な固定方法が研究されている。現代の建築物にはガラスや平らな壁面が多く用いられているため、外壁作業の固定器具として吸盤の活用が期待できる。しかし、吸盤は内部の負圧が減衰すると吸着力が低下するため、外壁作業においては負圧を長時間保持し続ける必要がある。現在までに開発されている壁面作業用の吸盤は、ポンプを用いて吸盤内部の空気を外部へ排気し続けることによって負圧を保持している。しかし、駆動用の電源や制御装置が必要になるため、大型のゴンドラのみ利用が限定されている。そこで本研究では、より多くの作業環境に吸盤を導入するために、ポンプなどの能動的な排気装置を一切用いずに吸盤の負圧保持を実現する。

受動的に負圧の保持を実現するために、吸盤の要素と負圧変化の関係を理論的に明らかにし、吸盤への空気流入量、吸盤の体積、及び吸盤に加わる懸架力が吸盤の負圧保持に関係することを確認した。柔らかい吸盤材質の使用、吸盤と壁面の間への液体充填、吸盤体積を増やすことで負圧保持が可能であることを確認したものの、柔軟素材使用による吸盤強度の低下、清掃作業の増加の問題点及び吸盤体積を増やすことの欠点を指摘し、本研究では既存研究で検証されていない吸盤に加わる懸架力について着目した。

既存の受動吸盤に用いられているカムによる懸架、本研究で新たに提案する各種ばねによる吸盤の懸架を検証し、負圧保持に適した懸架方法の選択を行った。まず、各懸架方法を用いた時の吸盤負圧、必要な入力エネルギーを導出し、各懸架機構による吸盤の負圧保持性能を評価した。負圧保持性能の評価として、単位入力エネルギー当たりの負圧積分値、指定負圧に対する保持時間、負圧変化量の最大値の比較を行い、比較結果より、定力のばね懸架を行うことで負圧の保持性能が向上する事を確認した。

最後にばね懸架機構を用いた吸盤の構造全体を提案し，本研究で提案したばね懸架機構による吸盤の懸架の負圧保持性能について実機検証を行った．提案したばね懸架機構を用いることで吸盤の負圧が保持されることを，理論及び実験の双方から確認した．

# Abstract of Doctoral Thesis

## **Title: Study on Keeping Inner Pressure of a Suction Cup with Spring Suspended Mechanism**

Doctoral Program in Advanced Mechanical Engineering and Robotics  
Graduate School of Science and Engineering  
Ritsumeikan University

マツノ タカヒロ  
MATSUNO Takahiro

Work on building's walls has been performed by several methods including gondolas or ropes. Safety of those works can be improved by attaching workers or the gondolas to the wall's surface. Attachment by negative pressure of a suction cup is one of the attaching methods which is expected by researchers to improve this problem. The reason is that, the current wall of buildings is usually made from glass or is a flat painted surface. It is possible for a suction cup to attach strongly to flat walls. However, when the negative pressure of the suction cup decreases, the attachment force decreases too and it stops functioning as an attachment.

A design for a lighter and smaller suction cup mechanism is necessary for small gondola and worker on the wall. In this research, a new method to keep suction cup's negative pressure by using only passively mechanism is studied. From the theoretical results, attention is paid to the suspension force as a method of passively keeping the negative pressure.

The current passively suction cups use a cam suspended mechanism, however, this research proposes spring suspended mechanism of suction cup. The temporal changes of negative pressure when various suspension mechanisms are used are analyzed and compared. The new evaluation methods which are using input energy, integral value of inner pressure, and negative pressure decrement speed are defined in this paper. With these evaluation methods, it is shown that the proposed design using a spring suspended mechanism has better performance over current designs.

A prototype of the suction cup with proposed spring suspended mechanism is developed and the actual inner pressure keeping is verified with experiments. Based on the results of experiment, the superiority of keeping inner pressure of spring suspended is discussed and future tasks of this research are discussed.