

ヒステリシスを有するコンタクトレンズに運動物体が 衝突する問題の FEM 動的応答解析

山口 誉夫 藤井 雄作 田北 啓洋 丸山 真一 五十嵐 航太 ○周東 裕之
(群馬大学) (群馬大学) (群馬大学) (群馬大学) (群馬大学院) (群馬大学院)

FEM dynamic response analysis of problems that moving object collides with contact lenses having hysteresis

Takao Yamaguchi Yusaku Fujii Akihiro Takita Shinichi MARUYAMA Kota IGARASHI Hiroyuki SHUTO
(Gunma Univ.) (Gunma Univ.) (Gunma Univ.) (Gunma Univ.) (Gunma Univ.) (Gunma Univ.)

コンタクトレンズは、比較的大きな衝撃荷重では非線形の復元力を持ち、動的特性の中に非線形のヒステリシスを示すことがある。そこで本論では、非線形の減衰を復元力に与えた非線形集中ばねの圧縮変形が増大するにつれて減衰が増大する非線形減衰モデルを用いて、衝撃荷重がコンタクトレンズに作用した場合の動的応答を解析した。

Key words : ヒステリシス, 動的応答, 浮上質量法 (LMM), FEM, 非線形復元力

1. 緒言

今後、介護用機械などのロボットが増え、生体と接触する機会が増えてくると予想される。中でも目は光の情報を受容する感覚器であり、ヒトにとって重要な感覚器の一つである。そのため、何らかの原因で視力が低下してしまったときに補正するためにコンタクトレンズを用いることがある。そのコンタクトレンズは機械的強度に関する研究が行われている⁽¹⁾。研究では、コンタクトレンズを水平に配置し、左右どちらか一方から圧縮方向に一定速度で滑らかに移動させ、もう一方に作用する応力とその時のコンタクトレンズの変形率を共に記録し、応力-変形率曲線によってその機械的強度試験を行う⁽¹⁾。さらに、一定変形時または一定荷重時より即座に応力を0にして荷重を解放後、レンズの元の状態への回復、つまり復元性を試験する実験が行われている⁽¹⁾。このような研究が行われているものの、コンタクトレンズの衝撃力に対する応答については研究されていない。従って、衝撃力に対するコンタクトレンズの動的特性を知ることは重要である。

コンタクトレンズには復元性があり、また復元力は非線形のヒステリシスを示すことがある⁽²⁾。

そこで、Yamaguchi が提案した高速有限要素法を用いてコンタクトレンズの衝撃応答の数値計算を行う⁽³⁾。衝撃力はFujiiが提案したLevitation Mass Methodを用いて計測されている⁽²⁾。本報告では、コンタクトレンズを非線形複素集中ばねとしてモデル化し、それに衝撃荷重を加えることにより過渡応答の数値解析をする。その解析では、著者らが提案してきたヒステリシスを有する非線形集中ばねと構造物が接合された系の応答解析法^{(3)~(7)}を拡張して用いる。

非線形集中ばねを含む系の振動特性の研究は、従来からなされてきている。例えばFeenyらは、非線形集中ばねと集中質量を組み合わせた系についてProper Orthogonal Model (POM)を同定している⁽⁸⁾。非線形集中ばねで支持されたはりの振動特性を解析した報告も見られる。近藤らは非線形支持されたはりが複数連結された構造の強制振動について、安定判別法を高速に実施する方法を提案している⁽⁹⁾。Shawらは両端を単純支持したビームの中央を非線形集中ばねで支持された系についてNonlinear Model Analysisを行っている⁽¹⁰⁾。著者らは構造物を、線形有限要素を用いて弾性体でモデル化し、それを非線形集中ばねで支持した系の連成振動の解析を行ってきた^{(4)~(7)}。これらの解