

氏名	佐藤 誠
学位の種類	工学博士
学位記番号	論工博第2255号
学位授与の日付	平成元年7月24日
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
学位論文題目	動光弾性実験の地盤内の波動挙動解析への適用性に関する基礎的研究

論文調査委員 (主査) 教授 小林昭一 教授 山田善一 教授 渡邊英一

### 論文内容の要旨

本論文は、地盤内の波動の挙動を究明することを目的として、波動現象を直接的に視覚化できかつ的確な面的測定が容易である動光弾性実験法を導入し、改良発展させるとともに、同実験法の有効性と適用性を詳細に検討したものであって、序論・結論を含め6章からなっている。

第1章は序論であって、まず地震の多発地帯に位置する我が国における社会基盤施設の設計および防災上の観点から、また各種の地盤振動軽減対策の面からも、地盤内の波動の挙動を解明することの意義を強調している。次いで波動現象の研究の歴史およびその研究手段としての動光弾性実験法の発展の歴史を概観するとともに、論文の意図および構成の概要を述べている。

第2章では、最初に自由境界ならびに異質弾性体が結合された境界面での平面波の反射、屈折の挙動を整理して述べ、それをもとに、特に鉛直方向に偏向した平面せん断波（平面SV波）が入射した場合に発生する反射波と表面波の特性、入射臨界角と表面波の関係および平面波の透過と反射の関係を詳しく検討している。次いで地震あるいは振動時の地盤の挙動の解析として最も重要である平行多層地盤内の波動の挙動を、平面縦波、平面SV波および水平方向に偏向した平面せん断波（平面SH波）が層に対して斜め方向から入射した場合について多数の実地盤例を用いて詳細に調べ、振動数と応答関数の関係を詳しく評価している。

第3章は、動光弾性実験法とそれを地盤内の波動伝播の解析に適用するための具体的な方法ならびに視覚化された典型的な挙動とその特徴を検討したものである。この章には、実験システムを完成する過程で得られた数多くの改良や光弾性模型材料の特性に関する知見ならびにカラーの等色縮写真を解読するための技術が述べられている。

第4章では、地盤模型に対して動光弾性実験により得られたカラーの等色縮写真から、波動の挙動を解析する方法、手順ならびに結果が述べられている。地盤模型としては、直線、曲線ならびに折線の自由境界を持つ均質弾性板、および非均質弾性板、スリットあるいは偏平状の介在物を含む弾性板などが検討され、それぞれについて等色縮写真が解析されて、これらの模型地盤内の波動の挙動に関する数多くの知見

が得られている。

第5章では、動光弾性実験によって明らかとなった波動の挙動と、それを異なった視点から確認し補足する目的で行った差分法による数値シミュレーション解析結果とを比較検討している。後者により求めた等色縞模様は、凹隅角部の近傍を除いて、動光弾性等色縞写真とよく一致すること、数値シミュレーション解析より求めた粒子運動の情報は等色縞模様を解釈する上で有用な補助情報となることなどが明らかとなった。また、局所的に発生する Rayleigh 波の特性も詳しく調べられている。

第6章では、本研究の結論をまとめ、あわせて本研究に関連した実験システムならびに実験結果を解釈する上での問題点と動光弾性実験法の波動問題への適用性と今後の展望を述べている。

## 論文審査の結果の要旨

地盤内の波動の挙動を解明することは、耐震工学的な見地から、また地盤振動軽減の面からも極めて重要な課題であり、数多くの研究が行われている。しかし、波動の伝播過程を検証するような研究は未だ多くはない。

本論文は、地盤内の波動の挙動を解明することを目的として、波動現象を直接的に視覚化できるばかりでなく面的な測定が容易に行える動光弾性実験法を導入し、改良、発展させるとともに、同実験法の有効性と適用性を詳細に検討したものであり、得られた主な成果は次のとおりである。

1. 動光弾性実験システムとして、高速駒撮り法および光シャッターを用いた繰返し撮影法を改良し、露光時間が1マイクロ秒以下、撮影速度が10万駒/秒程度の連続駒撮りおよび繰返しカラー撮影を可能とする一方、光弾性材料について動特性を詳細に調べ、動光弾性実験に適した模型材料として、エポキシ樹脂を主剤とする3種類の材料を選定し、動光弾性実験法を可能とした。

2. 光弾性模型材料中を伝播している波動のカラー等色縞写真について、その色と縞次数および主応力差との関係を明らかにするとともに、縦波、横波、表面波などを識別する方法を提案し、カラー等色縞写真から波動の定性的な挙動のみならず定量的な評価が行えるようにした。

3. 境界形状が直線、曲線あるいは折れ線であるような均質および非均質地盤模型38例についてカラー等色縞写真を撮影し、波動の伝播挙動を詳細に調べ、入射平面縦波および横波によって発生する自由境界ならびに隅角部での波動の現象および表面波の挙動を明らかにし、動光弾性実験法の有効性を示した。

4. 平行多層地盤に調和な平面縦波および横波が入射する場合について、層を挟む両境界上の粒子速度と応力成分に関する伝達行列を用いて一般化した表現を示すとともに、放射条件、自由境界および滑動条件に対する表現式を得た。それらをもとに、代表的な16種類の多層平行地盤モデルについて地盤内の波動の挙動を考察する一方、地表の振動数変位応答関数ならびに最大応答比を求め、地盤の応答が層構造によっては容易に増幅されること、また波の入射角にも大きく左右されることを示した。

5. 動光弾性実験の模型に対応した数ケースについて、差分法を用いた数値シミュレーション解析より等色縞模様を求め、実験より得たものと比較したところ、凹な隅角部近傍を除いて、それらはよく一致することが確かめられ、同時に動光弾性実験法の精度とその適用性が検証された。

以上要するに、本論文は複雑な形状と構成の均質ならびに非均質地盤内の波動の挙動を実験的に研究す

る有力な手段として、動光弾性法を実用化し、それを数多くの地盤模型に適用して波動の挙動を明らかにするとともに、その有効性を示したものであって、学術上、實際上寄与するところは少なくない。よって本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。

また、平成元年4月18日、論文内容とそれに関連する事項について試問を行った結果、合格と認めた。