

審査の結果の要旨

論文提出者氏名

Peckley, Daniel Jr. Castaneda

構造物の合理的な設計手法として、性能照査設計が様々な種類の構造物に導入されている。その中で、構造物の変形・変位量は、主要な要求性能の一つである。本論文では、堆積軟岩層を基礎地盤に持つ構造物の性能照査設計を念頭に、地震時の残留変形を見積もるために必要な軟岩の変形特性の評価法について、材料試験に基づいた検討を行っている。

本論文の第1章、第2章では、既往の研究を参照しながら、上記の問題を提起し、研究の方針を示している。

第3章では、実験材料と試験方法について述べている。本研究では、フィリピン・マニラで採取した天然の堆積軟岩、および豊浦砂、セメント、ベントナイトを混合した人工軟岩の三軸供試体に対して、クリープ載荷、大振幅の繰返し載荷試験を行い、残留変形を精密に測定している。

第4章では、様々な応力レベル、応力振幅、載荷周期の、応力振幅一定の正弦波繰返し載荷試験で測定された残留変形量について比較検討している。地震時の変形特性を評価するために一般的に行われている材料試験では、実験精度や試験装置の制約から、周期10分間程度の繰返し応力を載荷しているが、これは実際の地震波の周期よりもかなり遅い。本研究では、油圧サーボシステムを用いた載荷装置を試用して、実際の地震に近い周期1 Hz程度の繰返し応力を載荷したときの残留変形量を測定した。その結果、繰返し載荷のサイクル数が同じ場合、載荷周期が短くなるほど残留変形が小さくなることを発見した。これは、従来のゆっくりした繰返し載荷試験では地盤の残留変形を過大に見積もってしまうことを意味する。さらに、載荷周期と残留変形量を両対数でプロットしたときに、ばらつきはあるがある程度の直線的な相関関係が見いだされた。これは、従来のゆっくりした繰返し載荷で得られた残留変形量から、実際の地震に近い高速な繰返し載荷時の残留変形量を、推定しうることを示唆している。

第5章では、繰返し載荷時の応力ひずみ関係を、New Isotach モデルを用いて数値的に追跡し、残留変形量を見積もる方法を試みている。比較的高い応力レベルでの残留変形を表現するために、従来提案されている New Isotach モデルのリファレンスカーブを、一定値に収束する単調増加関数に置き換えて改良し、単調載荷試験での測定値への良好なフィッティングが得られている。しかし、このモデルには材料のクリープ変形のモデルは組み込まれているが、応

力が繰り返し変化することによる残留変形量は考慮されていないため、繰り返し載荷時の残留変形量に適用しようとする、実験値と計算値との間に差が生じる。この差を、応力が繰り返し変化することによる残留変形量と見なして、複数の実験について計算し比較したところ、この差の成分は、繰り返し載荷の載荷周期によらず一定となった。従って、第4章で示した載荷周期による残留変形量の差は、載荷中に生じるクリープ変形の差によって生じていることが分かった。

第6章～第8章では、不規則な応力履歴の載荷による残留変形量を見積もる手法について検討している。まず、様々な値の一定の応力振幅の正弦波載荷で残留変形量を計測した結果から、1サイクルあたりの残留変形の増加量を算出した。これを用いて、材料の不規則応力による疲労現象の解析に用いられる累積損傷理論を応用して、不規則波の1サイクルごとの応力振幅に応じた残留変形の増加量を求め、線形加算することで、最終的な残留変形量を計算した。しかし、その結果は、実験で不規則載荷したときの測定値を下回っていた。詳細に分析すると、比較的大きな振幅の載荷があると、次のサイクルで残留変形が大きく増加することが分かった。そこで、各載荷サイクルでのひずみ増加量に影響する要因を探した結果、各サイクルでの残留変形の増加量と、直前のサイクルでの残留変形の増加量には一定の相関が見いだされた。これを利用して、この効果を考慮しながら残留変形を見積もる新たな手法を提案した。

第9章は、これらの研究の総括である。

以上、堆積軟岩で構成される構造物基礎地盤の地震時の残留変形を見積もる手法について、系統的な材料試験に基づいた検討を行った。その結果、異なる載荷周期の繰り返し載荷、および不規則波の載荷による残留変形について、新しいモデルと計算手法を提案した。これにより、従来行われている堆積軟岩基礎の性能照査設計をより精密化することができ、今後の技術開発に貢献することが期待される。

以上より、本論文は、博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。