

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 渡邊 健治

擁壁構造物は鉄道・道路施設および宅地造成等において、山岳地帯や斜面、あるいは平地における用地縮減などの目的で多用されている。一方で、1995年の兵庫県南部地震と2004年の新潟県中越地震では、重力式擁壁などの従来型擁壁構造物が多大な被害を受けた。今後、重要構造物として擁壁を新設する場合、あるいは既存の擁壁の耐震補強を行う場合に、大きな地震荷重、すなわち大震度下での擁壁の挙動を合理的に評価できる手法を確立することが求められている。

これまでの低震度を想定した耐震設計では、擁壁に作用する土圧の評価に物部岡部式が多用されてきた。その際に、土の設計せん断強度は残留強度に相当する安全側の設定がなされていた。これらの結果として、兵庫県南部地震以前は特に問題は生じていなかった。

その後、兵庫県南部地震を経て、大震度を想定した耐震設計が重要構造物に対して導入された。大震度下での擁壁の耐震設計を行う際に、最大加速度から換算した水平震度をそのまま物部岡部式に用いると、計算ができない、すべり面が深くなりすぎるなどの不合理な点が生じるため、土のピーク強度とひずみ軟化・局所化挙動を考慮できる修正版が提案されて実務でも採り入れられてきている。

しかし、大震度において擁壁に実際に作用する土圧は、地震動の特性や擁壁の動的応答の影響を受けると考えられる。既往の関連研究において、物部岡部式とその修正版よりも小さな土圧しか作用しないという模型実験結果も得られているが、各種の条件の影響について詳細に検討した例は極めて限られている。

以上のような背景のもとで、本研究では、系統的な模型実験結果に基づいて大地震荷重下の擁壁に作用する土圧特性の詳細な分析を行い、その知見を反映させて合理的な耐震設計法を確立することを目指した検討を実施している。

第一章は序論であり、既往の関連研究をレビューするとともに研究の背景と目的を説明し、最後に論文の構成を記述している。

第二章では、本研究で実施した模型実験に関して、実験装置と実験方法および実験ケースの内訳について記述している。特に、模型側面の状況を高速度に撮影してその画像を解析するシステムを新たに構築してその精度検証を行い、加振中の地盤中の局所的ひずみ分布の変化状況やすべり面の形成過程などを定量的に評価する手法を確立している。

第三章では、擁壁の地震時安定性に着目して模型実験結果の分析を行っている。擁壁の形式に応じた地震時挙動の違いを明らかにするとともに、従来より耐震設計の実務において地震時土圧の算定に多用されている物部岡部式と実験値との間に大きな相違があることを示している。

第四章では、第三章における検討結果を受けて、特に地震時土圧の発現特性に着目して模型実験結果の詳細な分析を行っている。擁壁の固定度が土圧特性に及ぼす影響を実験的に明らかにするとともに、擁壁背面の裏込め地盤中で実際に観察されたすべり土塊、あるいはすべり面発生前でも仮想的に設定したすべり土塊に作用する力の釣りあいから算出される地震時土圧の計算値と実験値を比較することにより、すべり面の形成メカニズムとすべり面発生後の土圧の発現特性について検討している。その結果、擁壁に作用する外力と抵抗力が初めて釣り合った時点ですべり面の角度が決定され、その後は擁壁が発揮できる抵抗力以上の外力は作用せず、これらの条件から土圧の発現特性が決まることを見出している。

第五章では、第三章と第四章で得られた知見を整理して、大地震荷重下における擁壁の合理的な耐震設計法を提案している。すべり面形成後はNewmark法を適用することにより、比較的簡易に擁壁変位量の計算を行える点が特徴的である。さらに、条件を変えて実施したいくつかの模型実験結果を対象に、限界水平震度と地震時土圧、すべり面角度、擁壁の変位量などの各項目が統一的なパラメータで解釈できることを示して、提案手法の妥当性を確認している。

第六章では、結論と今後の課題を記述している。

以上を要約すると、本研究は、大地震荷重下における擁壁と背面地盤の挙動、特に地震時土圧の発現特性に着目して系統的な模型実験を実施して、背面地盤にすべり面が形成される条件とその後の土圧発現特性等を明らかにしている。また、これらの結果に基づいて擁壁の合理的な耐震設計法を提案し、その妥当性を検証しており、地盤工学の発展に貢献するところが大きい。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。