

氏名	ALBANO ACACIO AJUDA
博士の専攻分野の名称	博士（学術）
学位記号番号	博理工甲第 1210 号
学位授与年月日	令和 3 年 3 月 25 日
学位授与の条件	学位規則第 4 条第 1 項該当
学位論文題目	Seismic deformation behavior of several types of multi-tier reinforced soil retaining walls (数種類の多層擁壁の地震変形挙動)
論文審査委員	委員長 教授 桑野 二郎 委員 教授 長田 昌彦 委員 教授 内村 太郎 委員 教授 齊藤 正人

論文の内容の要旨

This paper presents results from a series of 1g shaking table test on earthquake-induced deformation of hybrid retaining walls. The hybrid walls were constructed in two-tiers, the first using soil nailed wall and the second using MSE wall. During the experimental program, digital image analysis technique was employed to capture the sand movement and shear strains. The experimental results confirm the applicability of the modified Monono-Okabe theory for retaining walls systems. It was found that the deformation of the hybrid model walls was due to compaction of the backfill and shear deformation. The failure surface consisted of a planar geometry extending from the toe of the soil nail wall propagating upwards towards the backfill surface, passing behind geogrid reinforcement layers. The critical acceleration and development of the active wedge of failure was found at 5% of the hybrid wall height, and a few seconds later of seismic shaking, intense strain-softening within the active wedge of failure appeared from the heel of the wall towards the backfill surface at a changing angle towards the critical state intersecting the active failure wedge. The deformation of the hybrid walls is conditioned by the nail lengths rather than the geogrid reinforcement lengths.

In addition, a series of shaking table test on seismic deformation behaviour of model two-tier reinforced soil wall with focus on the deformation of the lower tier. During the experimental program, facing displacement and deformation of the sand was monitored using digital image analysis technique. The failure mechanism of the model walls consisted in a two-part failure wedge, extending from the toe of the lower tier towards the backfill surface passing behind reinforcement layers of the upper tier towards the backfill surface. The maximum horizontal displacements of reinforced soil wall decrease with increase in offset length of tiered wall. By observing the sand deformation, two deformation zones—shear deformation zone

near the facing of the lower tier and compaction zone below the upper tier soil block, the compaction zone of lower tier decreased with increase in offset length. It was found that by increasing the offset distance of the upper tier lesser amount of lateral deformation in both tiers. Increasing the reinforcement while maintaining the same offset distance also reduce the amount of lateral displacement. A critical offset distance is defined as a distance by which the upper and lower tier does not rotates to the outward direction as a rigid body.

論文の審査結果の要旨

ジオグリッドや帯鋼材と剛な壁面材を用いた補強土壁は、過去の地震において高い耐震性を有することが示され、道路や鉄道の建設において広く用いられるようになってきている。しかし、ジオグリッドの十分な敷設長を確保するため地山の掘削量が増える、良質な砂質材料を裏込め材として用いることが原則となっているなどのため、建設費が多くかかる場合があることが問題となっている。本論文では、地山の掘削量を減らし、裏込め材の使用量も減らすことができるよう、補強土壁の下部にソイルネイルを、上部にジオグリッドを補強材として使用する複合補強土壁の耐震性を、振動台実験により検討している。

本論文は、研究成果を以下の各章に分けて記述している。

第1章では、本研究の背景となる、補強土構造により傾斜の急な法面を有する土構造が構築できるようになったこと、特に剛な壁面を有する補強土壁は過去の地震において高い耐震性を示したこと、そのため適用事例が増えていることなどがまず述べられている。そのような補強土壁の模型実験を通じた耐震性の検討に関する既往の研究を概観している。一方で、ジオグリッドによる補強の場合、十分な敷設長を確保するため、場合によっては地山を過剰に掘削する必要があり、特に既存の道路の拡幅の場合、この掘削に伴い既存の道路の使用を建設中に制限する必要がある場合も出てくるため、建設費や道路サービスの点で問題となることがある。そこで、下部の地山部分はソイルネイルで補強し、上部はジオグリッドで補強する複合補強土壁が提案されているが、その耐震性については十分に検討されていないことを述べ、複合補強土壁の地震時変形挙動と耐震性を検討する本研究の必要性を述べている。

第2章では、補強土壁模型の構築や振動台実験などの模型実験の詳細を、実験手順とともに示し、さらに実験に用いた砂のひずみ軟化せん断特性や用いたソイルネイルの詳細についても述べている。補強土壁模型には黒点のターゲットを格子状に配置し、各黒点の動きを画像解析を用いて追跡することで、振動に伴う補強土壁の変形を追跡している。上段のジオグリッド、下段のソイルネイルの長さを変えて振動台実験を実施し、壁面の傾斜や裏込め材のひずみ分布を計測したところ、ジオグリッド補強土壁の場合と異なり、補強土壁の下端から下段のソイルネイル部を通る直線状の主働滑りが生じた。裏込め材に使用した砂のピーク強度に対応する第一の滑り線がまず観察され、さらに加速度を増加させると第二の滑り線が見られた。これは裏込め材のせん断によるピーク後のひずみ軟化挙動に伴うもので、修正物部岡部法の考えに対応している。

第3章では、犬走り（セットバック）を有する二段補強土壁の地震時挙動を検討している。一段補強土壁の場合と同様、下部補強土領域の背面付近の垂直な滑り線をはさんで、壁面パネル下端から補強材の間を通る角度の小さな滑り線とその奥の角度の大きい滑り線からなる2つの楔で構成される滑り土塊による崩壊を示した。セットバックを増やすことで、また下部の補強材を長くすることで、二段補強土壁の耐震性が向上することが示された。

第4章では、伸び剛性が異なる2種類のジオグリッドを用いた補強土壁について、全ての高さで剛なジオグリッドを用いた場合と、上半分に柔なジオグリッドを用いた場合、下半分に柔なジオグリッドを用いた場合、剛と柔なジオグリッドを交互に配置した場合について振動台実験を行い、耐震性を比較検討した。その結果、全て剛なジオグリッドと柔と剛なジオグリッドを交互に配置した場合は、壁面パネルは直線形を保って徐々に傾斜が増加し、約3%の壁面傾斜で崩壊に至るなど類似の挙動を示した。しかし上部または下部に柔なジオグリッドを集中して配置した場合は、その部分での壁面傾斜と裏込め部の変形が大きくなり、耐震性は低下した。従って、安価な柔なジオグリッドは剛なジオグリッドと交互に配置することで高い耐震性を確保したうえで建設費を縮減できる工法となる可能性があることが示唆された。

最後に、本研究により得られた結論を総括して述べるとともに、今後の展望を述べている。