

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 篠田 昌弘

盛土内にジオテキスタイル（建設用繊維材）などの補強材を水平に敷設して盛土を引張り補強して鉛直壁面を持つ擁壁を建設する工法は、その経済性と高い安定性から最近では標準的な擁壁工法として広く採用されている。しかし、許容変位量が小さく高い耐震性が要求される橋台・橋脚や重量建築物の基礎構造物等の永久重要構造物への適用は非常に限定されている。その理由は、土構造物に対する一般的な低い信頼感に加えて、鉄筋コンクリート構造物と比較して、交通荷重等による即時及び残留変形が許容値以下である保証と、1995年兵庫県南部地震での激震地での地震動レベル（いわゆるレベルⅡ地震動）に対する耐震性の保証が確認できていないからである。

上記の問題の解決法として、補強されていることにより盛土の鉛直荷重に対する終局耐力が極めて大きくなったことを利用して、供用開始後の作用荷重よりもかなり大きな鉛直荷重をプレロードとして加えて盛土に塑性的な圧縮変形を生じさせた後に、プレロードの半分程度のプレストレスを保持したまま供用を開始する工法が提案されている。この工法により建設された補強土構造物の長期荷重に対する変形性と耐震安定性の研究が殆どなかったことが、本工法の普及にとって障害となっていた。本研究は上記の背景で行われたものであり、本研究によりプレローディッド・プレストレス補強土構造物は非常に高い耐震安定性を有するように設計できることが示された。

第1章は序論であり、引張り補強土工法のメカニズムとプレローディッド・プレストレス工法の原理、及び上記に示すような研究の背景と目的が纏められている。

第3章以降で説明している模型試験では、貧配合の細砂（豊浦砂）と、現場で用いられる配合の礫質土を模型盛土材料として用いているが、第2章は、この二種類の盛土材料の繰返し载荷に対する剛性と残留変形特性を、繰返し三軸試験を行うことにより検討した結果を纏めたものである。即ち、同一の締固め度でも良配合礫質土の方が剛性が高く残留ひずみ量が小さいこと、補強土構造物に対するプレロードとプレストレスの効果は、砂礫の基本的な変形強度特性により説明できることを示している。

第3章は、橋脚あるいは橋台の一部を模した断面積 35 cm x 35 cm, 高さ 55 cm のジオテキスタイル補強土構造物模型を多数作成し、異なる組み合わせでプレロードとプレストレスを与えてから交通荷重を模した繰返し鉛直荷重を与えることにより、プレロードとプレストレスの効果を定量的に調べた結果を纏めている。即ち、十分に大きなプレロードを加えても、それを全て除荷すると盛土は鉛直方向に膨潤してしまい、繰返し载荷に対する残留変形は許容できるほど小さくはならないこと、プレロードを加えたまま繰返し载荷を受けると盛土の降伏が進み、小さくない残留ひずみが進行することを示している。しかし、プレロードを約 1/2 まで除荷してプレストレスとして加えておき、プレロードとプレストレスの差が繰返し载荷の荷重振幅よりも十分に大きいようにプレ

ロードを設定すれば、残留ひずみは非常に小さくなることを示している。上記の方法でプレロードとプレストレスが与えられた補強土構造物の鉄道橋の実橋脚は、長期に亘る交通荷重に対して極めて小さな即時変形と残留変形を示したことが述べられている。

第4章は、模型振動台実験の纏めである。即ち、上記の模型を多数用意して相似則を考慮した上で様々なプレロードとプレストレスを与え、異なる振動数を持つ正弦波を用いて行った振動台実験の結果をとり纏めたものである。当該構造物がレベルⅡの設計地震動にも崩壊から遠い状態にあることを目標にして、振動台入力加速度振幅は700ガルと非常に高い値にしている。それぞれの実験で測定された応答倍率と位相差の時刻歴を用いて、近似法として構造物を一自由度系に置き換えて、構造物の固有振動数と減衰率の時刻歴を求めている。その結果、地震時の応答値が小さくなるように、構造物の初期固有周期が設計地震動の卓越振動数よりも高くなるように盛土にプレストレスを与えても、高レベル地震動によって盛土が非線形挙動を示しかつ盛土が揺り込み沈下してタイロッド張力が減少してプレストレスが減少すると盛土の剛性が著しく低下し、その結果固有振動数が低下して構造物が共振して、盛土が大変形するようになることを示している。しかし、プレストレスが維持されていてかつ曲げ変形モードが拘束されていれば、十分高い固有周期を維持できて、構造物は共振に至らないことが示されている。その具体的方法として、「盛土が圧縮する場合はタイロッド張力が低下せず、盛土が膨張する場合は変位しないようにできるラチェット装置」を用いてタイロッドを盛土天端に固定する方法を示し、そのメカニズムを解明するとともに有効性を実証している。

第7章では、プレローディッド・プレストレス補強土構造物単体の固有周期を、盛土を一様線形弾性体と仮定して理論的に求めている。また、盛土の剛性を高い値に維持することに加えて、ラチェット機構を用いることによりタイロッドが盛土の曲げ変形を拘束出来れば構造物の固有振動数を高い値に維持できることを理論的に示している。構造物模型の推定された非定常固有振動数を上記理論に適用することにより盛土のせん断剛性率を逆算し、それと測定された盛土の平均せん断ひずみ振幅と盛土の鉛直応力の相関を求めることにより、ラチェット機構の機能を明らかにしている。

第6章は、上記の実物大のプレローディッド・プレストレスされたジオテキスタイル補強土の鉄道橋脚の固有振動数を、現場衝撃試験を行うことにより実測した結果をとり纏めている。即ち、盛土はプレストレスを加えられているために非常に剛性が高いため剛体的に挙動しており地盤の変形の影響が非常に大きいこと、構造物地盤系の動特性の解析を今後行う必要があることを指摘している。

第7章は、結論である。

以上要するに、系統的な室内材料実験・模型振動台実験・理論的検討を行い、補強土構造物の交通荷重による残留変形が極小になるようなプレロードとプレストレスの与え方と、当該構造物の動的挙動とその耐震性を非常に高いレベルに引き上げる具体的方法を提示して、本構造物が永久重要構造物として使用できる可能性を示し、今後の本研究分野の発展及び実務設計の改善に寄与する新しい知見を与えている。これらは、土質工学に分野において貢献することが大である。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。