

審査の結果の要旨

氏名 内村 太郎

擁壁、橋台等の盛土を支える形式の構造物は、従来は殆ど鉄筋コンクリート構造物で建設されてきた。この場合、盛土で集中荷重を受ける構造形式とはしていない。橋脚のような独立構造物は、従来例外無しに鉄筋コンクリートや鉄骨等の構造物であり、盛土で建設されることはなかった。これは、盛土が自立せず、また盛土上に集中荷重が加わると過大な即時変形が生じ、また長期的には許容できない大きさの残留変形が生じる可能性が高いからである。一方、建設材料としての土は本来大量に存在する。特に、トンネル工事や地山掘削が伴う場合、鉄道・道路等の関連工事で掘削土を用いないで鉄筋コンクリート構造物等を建設すると、掘削土を遠方まで搬出したり谷間等に埋め立てることになる。このような工法は、経済性と環境問題から特に近年はできるだけ避けることが必要になってきた。このような背景から、出来るだけ盛土を建設して盛土が集中荷重を支持できるような土木構造物を建設する工法の開発が必要とされてきた。本論文は、盛土をジオテキスタイル等の補強材の層を一定の鉛直間隔で水平に配置することで補強して、その上で盛土に鉛直方向にプレロードとプレストレスを与えることにより盛土の鉛直方向の剛性を飛躍的に向上させ、更に長期に亘る残留変形を抜本的に減少させて工法を提案し、その原理を解明した上で実用化させた過程をまとめたものである。

第1章では、上記のプレローディッド・プレストレス補強盛土工法が必要となった背景、工法の概要と原理、技術的課題、これまでの本技術の応用例、今後応用できる分野の考察と提案についてまとめている。特に、土の剛性を飛躍的に向上させて持続荷重によるクリープ載荷と繰返し載荷による残留変形を抜本的に減少させる目的から見て、本工法は土の変形強度特性の原理に沿っていることを説明している。

第2章では、東京大学生産技術研究所千葉実験所に建設した実物大のプレローディッド・プレストレスジオテキスタイル補強盛土の概要について述べている。試験盛土の建設法、土圧・変位・ジオテキスタイルのひずみ・プレロードとプレストレス用タイロッドの張力等の計測法、単調載荷・繰返し載荷・クリープ載荷・プレロードプレストレス載荷方法、500日以上長期応力緩和試験によるプレストレスの持続性に関する長期観測の方法と計測結果をまとめている。プレロードとプレストレスは、盛土を鉛直に貫くタイロッドに張力を与えることによって実現している。その結果、盛土はジオテキスタイルで補強されているため無補強の場合での破壊荷重を遙かに越える鉛直荷重をプレロードとして盛土に加えることができること、長期にプレロードを加えてクリープ変形を十分に加えておけば、プレストレス応力状態でタイロッド張力を長期に維持できることを実証した。

第2章で説明した実物大模型実験の結果に基づいて、JR九州篠栗線における馬出橋梁の橋脚が本工法によって建設された。第3章では、論文提出者が直接関与した上記橋脚の設計、建設、

プレロードとプレストレスの施工、盛土変形・土圧・タイロッド張力・ジオテキスタイルひずみ等の計測、盛土の平板載荷試験、建設後 1,800 日に亘る実挙動の連続記録、橋梁供用終了後に行った原位置大型鉛直・水平載荷試験の方法と結果をとりまとめている。この工事では、プレロードとプレストレスの差を設計活荷重よりもある程度大きくし、プレストレスをプレロードの約 1/2 にしている。馬出橋梁では、プレロードとプレストレスを加えていないジオテキスタイル補強土の橋台も建設している。プレロードとプレストレスを加えたジオテキスタイル盛土からなる橋脚のプレロードとプレストレスの施工中・長期供用時・供用終了後の載荷実験における挙動と橋台の挙動を比較することにより、後者の挙動が前者の挙動よりも飛躍的に優れていたことを示し、補強盛土の剛性を飛躍的に増加させ残留変形を抜本的に減少させる工法としてプレローディッド・プレストレスト工法が有効性であることを実証している。特に、橋脚の盛土高さ約 2.5m に対して列車荷重に対する即時変形は 0.02 mm 程度と極めて小さく、建設後約 5 年後の残留沈下が僅かに 1 mm 程度であった。

上記本工事でのプレロードとプレストレスの設定法の妥当性を検証し、プレロードとプレストレスの影響についての一般的法則性を明らかにするために室内小型模型実験を行っている。第 4 章では、模型の製作・計測法・載荷法と一連の載荷試験の結果を纏めている。この室内模型実験の結果、馬出橋梁の橋脚でのプレロードとプレストレスの設定法は極めて妥当であること、仮にプレストレスをゼロにすると盛土は膨潤しかつ剛性は低下するため、プレロード載荷の効果は著しく失われて繰返し載荷による残留変形は増加することを示している。また、補強材の間隔を必要以上に小さくしても、その効果は小さいことを示している。

また、盛土材料としての礫のクリープ変形・応力緩和等の粘性特性とそれに対するプレロードや繰返し載荷履歴の影響を大型三軸試験によって系統的に調べた結果をまとめている。特に、プレロード後の除荷応力状態では盛土材のクリープ変形と繰返し載荷による残留変形が著しく減少することを示し、このことからプレローディッド・プレストレスト工法は原理的に妥当であると説明している。

第 5 章では、馬出橋梁のプレローディッド・プレストレストジオテキスタイル補強土橋脚でのプレロード載荷過程で観察されたクリープ変形特性を非線形三要素レオロジーモデルで解析している。また、そのモデルの粘性に関するパラメータを三軸試験によって測定している。その結果、上記モデルで実構造物の粘性変形挙動を説明できることを示している。

第 6 章では、以上の成果を要約するとともに、今後の課題について述べている。

以上、要するに、本研究はプレローディッド・プレストレスト工法によってジオテキスタイル等で補強された盛土の剛性は著しく向上し残留変形特性は抜本的に改善されることを、大型試験盛土実験・材料実験・小型室内模型実験によって原理から解明した上で実用化し、実際の鉄道橋梁の橋脚の建設に応用して、本工法の有効性を実証したものである。本研究によって、土構造物の新しい分野が展開できることが示され、地盤工学に今後の発展に貢献している。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。