

京都大学	博士 (農 学)	氏名	前田 真宏
論文題目	ため池における法面保護工による堤体安定性向上効果に関する研究		
(論文内容の要旨)			
<p>南海トラフ巨大地震が想定される中、ため池堤体の地震時安定性確保は喫緊の課題である。既存の地震対策工法は工費負担が大きく、数多くのため池の対策を実施するには多大なコストと時間を要する課題があるため、低コストによる安定対策のニーズが高くなっている。</p> <p>本論文では、通常は波浪による侵食防止の目的で設置される法面保護工に着目し、これを堤体安定性向上目的で用いる場合の材料や敷設方法について検証した。法面保護工は構造部材ではないため、施設設計において堤体の安定計算には考慮することはなく、既往研究でも法面保護工による堤体への影響に関するものは見られない。法面保護工を堤体の安定計算に考慮することができる材料や敷設方法を見出せば、安定性対策のコストを縮減でき全国に存在するため池の減災に貢献することが期待される。</p> <p>本論文では、ため池法面保護工に用いられる張ブロック工、ブロックマット工、布製型枠保護工について、遠心模型実験により変状メカニズムを検証し、補強効果の高い材料および設置方法を選定した。さらに、遠心模型実験結果を動的応答解析で再現し、法面保護工のより効果的な設置範囲および材料特性を提案した。法面保護工が堤体の安定計算に考慮されなかったのは、法面上に保護工を置くだけという設置方法では摩擦抵抗で保護工そのものがすべり落ちないようにしているだけであり、堤体に与える影響が期待できないことによる。そこで、ジオテキスタイルによる軟弱地盤上の補強盛土を参考にして、ブロックマット工や布製型枠保護工といった一体成型型の法面保護工について、上下端部を土中に定着させることで安定計算において保護工による引張剛性が期待されることを明らかにした。その効果を力のつり合い式により説明するとともに、土中への定着を考慮したモデルにより動的応答解析を行い検証した。</p> <p>本論文は全7章で構成される。第1章では研究背景と目的を記述した。第2章ではため池改修において用いられる法面保護工の種類と特徴、設計手法を整理し、既往研究のレビューを記述し、本研究で取り組む課題をまとめた。第3および4章では遠心模型実験を実施し、上下端部を固定した一体成型型の保護工の堤体安定性に与える影響を確認するとともに、力のつり合い式からメカニズムを説明し、その有効性を検証した。第5章では、遠心模型実験結果を動的応答解析により再現することを試み、モデル化手法を整理した。第6章では、動的応答解析において材料パラメータや端部の固定寸法を変更した場合を実施し、それぞれの条件が堤体安定性に与える影響を明らかにした。第7章では研究全体の結論と今後の課題を述べた。本論文に記される研究結果を要約すると、以下のものである。</p>			

第3および4章では、遠心模型実験による法面保護工による堤体安定性向上効果について次の知見を得た。

1. 保護工の端部を土中に定着させると固定部の引抜き抵抗力により法面保護工の引張剛性による引張抵抗力が働き、堤体法面の変形が抑制される。
2. 引抜き抵抗力が同じであれば、保護工の引張剛性が大きいほど堤体の変形抑制効果が高く、実験を行った材料では保護工の強度が大きい布製型枠保護工が最もその効果が高い。
3. 堤体の安定を円弧すべりと想定し、土塊の滑動モーメントに抵抗する力としてジオテキスタイルによる軟弱地盤上の盛土補強工法の計算式を参考に、端部の固定による引抜き抵抗力を定式化した安全率の計算式で算出される限界水平震度が、実験結果とほぼ合致する。

以上のように本論文で提案した法面保護工の設置方法を採用することで、堤体の地震時安定性を向上させる効果があることが分かった。

次に第5および6章において、動的応答解析により効果的な設置方法および材料について得られた知見を以下にまとめる。

1. 土中の定着部には、保護工と土との間の不連続面をモデル化するためにインターフェース要素を設定した。保護工は弾完全塑性体モデルとし、降伏関数にMohr-Coulombモデルを適用し引張剛性をせん断強度と見なして粘着力を与えてモデル化することにより、せん断ひずみが7%程度までの規模の地震では再現性が高い解析が可能であることを示した。この解析では実験と同様に、ブロックマット工に比べて布製型枠保護工の方が高い堤体安定性向上効果を有する結果となった。
2. 下部の根入れ深度を深くすることがより効果的な設置方法である。また、布製型枠布材の引張強度を大きくし、その強度が発揮される際の布材のひずみを小さくすることがより効果的な材料特性である。

以上のように、本論文では法面保護工の端部を土中に定着させるという新たな設置方法を提案し、その堤体安定性向上効果を遠心模型実験と動的応答解析により実証した。すなわち、端部を固定していない通常の設置方法と提案法を比較すると、堤体安定性に明確な影響の差があることを明らかにし、そのメカニズムの定式化にも成功した。動的挙動の再現では法面保護工を設置することにより沈下量の低減効果を明らかにした。提案した設置方法はため池の安定対策の実設計にも利用可能であり、より安定性向上効果の高い材料の開発にもつながるほか、今後のため池堤体においてコスト縮減への寄与が期待される。

注) 論文内容の要旨と論文審査の結果の要旨は1頁を38字×36行で作成し、合わせて、3,000字を標準とすること。

論文内容の要旨を英語で記入する場合は、400～1,100 wordsで作成し
審査結果の要旨は日本語500～2,000字程度で作成すること。

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、大地震に対するため池の安定性確保が喫緊の課題である現状に鑑み、法面保護工によって安定性を高める工法とそれに対する設計論を提案するものである。我が国で16万箇所にも及ぶため池に対して、ダムと同様の地震対策を施すことは時間とコストの面から困難がある。本論文が提案する工法は、堤体斜面に施す法面保護工によって、ため池堤体の安定性を向上させる実行性の高いものであり、評価に値する成果として以下の点が挙げられる。

1. 主な法面保護工として、張ブロック工、ブロックマット工、布製型枠保護工を取り上げ、実物大の応力レベルを再現できる精緻な遠心模型実験を通じて、布製型枠保護工を利用した補強法が、最も斜面の安定性向上に寄与できることを見出した。実施された遠心模型実験では、堤体及びの法面保護工の相似則が慎重に議論されており、同方面の実験においてベンチマークとなる実験結果を有する。
2. 模型実験結果で明らかとなった布製型枠保護工を利用した斜面補強工法の効果について、ジオテキスタイル分野の知見を取り入れた力学的考察により、斜面安定効果の評価式を提案した。この評価式が算出する結果は実験結果と合致し、同式は当該工法の設計に非常に有用となる。
3. 動的応答解析を通じて、地震に対する法面保護工による堤体の補強効果を評価した。その結果は模型実験結果と同様に、布製型枠保護工による補強工法が最もため池堤体の安定性向上に寄与するものである。これらにより、実験・力学的考察・数値解析の3つの観点から当該工法の有用性を示した。

以上のように、本論文の成果は、地震に対するため池の安定性を向上させる実用的な工法を提案し、その効果を学術的な観点から裏付けたものである。土構造物の地震時安全性を確保するための有用な成果であり、施設機能工学並びに水利施設の設計、管理・保全の発展に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、令和3年2月16日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。

注) 論文内容の要旨、審査の結果の要旨及び学位論文は、本学学術情報リポジトリに掲載し、公表とする。

ただし、特許申請、雑誌掲載等の関係により、要旨を学位授与後即日公表することに支障がある場合は、以下に公表可能とする日付を記入すること。

要旨公開可能日： 年 月 日以降 (学位授与日から3ヶ月以内)