

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 5 月 7 日現在

機関番号：82723

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2009～2011

課題番号：21360229

研究課題名（和文）土構造物の長寿命化のための地盤補強技術の高度化

研究課題名（英文）Advanced soil reinforcement technology for geo-structure with long service lifetime

研究代表者

宮田 喜壽 (Miyata Yoshihisa)

防衛大学校・システム工学群・准教授

研究者番号：20532790

研究成果の概要（和文）：補強土壁を対象に、現状の設計モデルの精度を評価し、部分安全係数を用いる設計手法のフレームワークを構築した。地震リスクを考慮するライフサイクルコストの算定法を確立した。施工時の損傷、土中環境が高分子補強材の長期安定性に及ぼす影響を調べるための実験手法を開発し、HDPE ジオグリッドの長期材料強度特性を明らかにした。実構造物のデータを用いたライフサイクルマネージメントを可能にする ICT（情報通信技術）ベースのモニタリング手法を確立した。これら地盤補強技術の高度化に関する成果は、道路、鉄道、宅地整備などで構築される土構造物の長寿命化に貢献する。

研究成果の概要（英文）：For reinforced soil walls, the accuracy of the current design model was evaluated, and the basic concepts of a design method for the load resistance factors were framed. A lifecycle cost estimation method that took into account the risk of seismic disasters was established. Furthermore, a laboratory test was developed to evaluate the long-term performance of the polymeric reinforcing material, and the performance of the high-density polyethylene (HDPE) geogrid was investigated in detail. An information and communications technology (ICT)-based monitoring system was developed for lifecycle management with actual structural data. These research results will contribute toward the construction and management of geo-structures with long service lifetimes.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	5,900,000	0	5,900,000
2010年度	6,100,000	0	6,100,000
2011年度	1,800,000	0	1,800,000
年度			
年度			
総計	13,800,000	0	13,800,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・地盤工学

キーワード：土構造物、長寿命化、限界状態設計法、信頼性、耐久性、促進試験、ジオグリッド、データベース

1. 研究開始当初の背景

社会資本の形成に重要な役割を果たす道路や鉄道、各種プロジェクトの敷地造成工事では、盛土や抗土圧構造物などの各種土構造

物が構築される。土構造物は、供用期間中、雨水の浸透や地下水の変動、交通荷重や地震動など様々な作用を受け、のり面のはらみだしやすさ、天端の不同沈下などの変状が問

題になるケースがある。社会資本の長寿命化が各方面で検討されているが、土構造物においても、長寿命化のための技術の高度化が必要である。

金属や高分子補強材（ジオシンセティックス）を用いる地盤補強技術は、1980年代に入って急速に発展し、種々の地盤工学的課題の解決に大きく貢献した。この技術の基本的概念は、土構造物の長寿命化にも有効であるといえるが、長期安定性に関する設計法や、補強材の長期性能の評価法は不十分な状況にある。長寿命化のための技術を高度化する必要がある。

2. 研究の目的

土構造物を長寿命化するための補強土壁技術の高度化を目的とし、以下の研究を行った。

- (1) 現行の設計モデルの精度評価と改善
- (2) 信頼性設計法の構築
- (3) 高分子補強材の長期性能評価法の開発
- (4) リスクベースのLCC評価法の開発
- (5) ICTモニタリング手法の開発

3. 研究の方法

研究の方法を、2. 研究の目的で示した研究項目ごとに示せば以下のとおりとなる。

(1)設計モデル：帯鋼補強土壁、ジオグリッド補強土壁、多数アンカー補強土壁を対象に、実大構造物の荷重モニタリング結果、原位置・室内引抜き試験結果を既往の文献などからデータベース化し、荷重側・抵抗側について現行設計モデルの精度評価を行う。さらに、確率論的アプローチより新しい設計モデルを構築する。

(2)信頼性設計法：許容破壊確率、設計モデルのバイアス（=実測値/推定値）特性、現行の設計法で考慮している安全性レベルを考慮して部分安全係数を算定できる信頼性解析法を開発する。実データに基づき部分安全係数の試算を行う。

(3)補強材の長期性能：高分子補強材を対象に、促進クリープ試験装置を開発し、長期クリープ変形予測への適用性を検討する。施工時の損傷が引張強度・クリープ特性に及ぼす影響を明らかにする。力学的条件(作用引張力)と化学的条件(pH)の複合環境条件下におけるクリープ性能を調べることができる試験装置を新しく開発し、複合環境の影響を明らかにする。

(4)LCC評価法：補強土壁の冗長性を考慮した地震時破壊確率の解析法を確立し、維持管理費と地震リスク（復旧費）を考慮したライフサイクルコストの算定法を構築する。補強土壁の無補強盛土、L型擁壁に対するLCCの観点からみた優位性について検討する。

表1 本研究の成果一覧（文献番号は5. 主な発表論文等の番号を参照のこと、論=雑誌論文、発=学会発表）

研究項目	雑誌論文と学会発表
(1)設計モデル	帯鋼補強土壁：論②④ ジオグリッド補強土壁：論①②⑩, 発② 多数アンカー補強土壁：論⑥⑨, 発⑫
(2)信頼性設計法	論⑤⑭⑮⑯⑰⑱⑳, 発①③⑦⑨
(3)補強材の長期性能	論⑧⑬⑲, 発②④⑥⑪⑫⑭⑮⑯⑰
(4)LCC評価法	論⑦⑩⑪⑫, 発⑧⑩
(5)ICTモニタリング	論③, 発⑤⑬

(5)ICTモニタリング：補強土壁の長期安定性と信頼性設計のためのデータ取得を容易にするためのICTモニタリング手法を開発し、実構造物に対する長期計測を行い、システムの実際問題への適用性を検証する。

4. 研究成果

一連の研究成果を、2. 研究の目的で示した研究項目ごとに示せば以下のとおりとなる。

(1)設計モデル：現行の設計法は、設計モデルにバイアスがあるために、破壊に対する余裕度を幅広い設計条件に対して均等に確保できないことを明らかにした。帯鋼補強土壁、ジオグリッド補強土壁、多数アンカー補強土壁の荷重・抵抗モデルに対して、修正設計モデルを構築し、その有効性を明らかにした。

(2)信頼性設計法：信頼性解析法を確立し、多数アンカー補強土壁を対象に部分安全係数の試算を行った。ここで確立した方法は他の補強土壁にも適用可能であり、複合作用条件を考慮した場合の部分安全係数の算定など今後の発展が大いに期待できる成果が得られた。

(3)補強材の長期性能：図1と図2に示す装置を開発し、動作確認、HDPEジオグリッドに関する既往の研究のデータとの比較により、これらの装置の有効性を検証した。短時間で、複合環境条件における高分子補強材の長期性能を評価でき、今後実験データを重ねることで、新しい設計モデルの構築や、高い長期性能を有する材料開発が可能になった。

(4)LCC評価法：1層の補強材が破断すると他の層の補強材がその荷重を分担し、破壊が進展するという破壊モードを仮定し、地震時破壊確率計算法を構築した。それをベースにユーザフレンドリーなLCC解析ツールを開発した。無補強盛土、L型擁壁は構築する構造物の高さに応じてLCCが高くなるが、補強土壁は、壁高に関わらず、LCCが他の技術に比べ格段に小さくできることを明らかにした。

(5)ICTモニタリング：ICTベースの新しいモニタリング手法を開発し、実際の多数アンカー補強土壁の計測に適用した。2年間の計測

- ⑳ 宮田喜壽, 中根 淳: 補強土壁の信頼性設計法—信頼性による性能評価と諸外国の動向—, 土木技術資料, 51-11, pp.58-61, 2009 [査読無].
<http://www.pwrc.or.jp/mokuji21.html#011>
- ㉑ 宮田喜壽, Bathurst, R.J.: ジオシンセティックス補強土壁の補強材力推定法—K-stiffness methodの概要と計算例—, ジオシンセティックス技術情報, 25-2, pp.12-19, 2009 [査読無].
<http://www.jcigs.org/te/2009/TE0907.htm>
- [学会発表] (計 18 件)
- ① Miyata, Y., Bathurst, R.J., Konami, T.: Influence of model accuracy on load and resistance factor, 3rd International Symposium on Geotechnical Safety and Risk (Munich, Germany), 2011.6.2.
- ② 鈴木智弘, 宮田喜壽, 平川大貴: ジオグリッドの設計クリープ強度の評価法, 第39回土木学会関東支部技術研究発表会(関東学院大学, 神奈川), 2012.3.13.
- ③ 宮田喜壽, Bathurst R.J., 小浪岳治: 多数アンカー補強土壁の引抜き破壊モードに対する LRFD キャリブレーション, 土木学会第 66 回年次学術講演会(愛媛大学, 愛媛), 2011.9.9.
- ④ 松野 剛, 宮田喜壽, 平川大貴: ジオグリッドの促進クリープ試験における時間換算則に関する検討, 土木学会第 66 回年次学術講演会(愛媛大学, 愛媛), 2011.9.9.
- ⑤ 宮田喜壽, 平川大貴, 小浪岳治, Bathurst R.J.: 補強土壁の LRFD キャリブレーションのための ICT 現場観測システム, 第 46 回地盤工学研究発表会(神戸国際会議場, 兵庫), 2011.7.5.
- ⑥ 松野 剛, 宮田喜壽, 平川大貴: 施工時の損傷がジオグリッドの引張り強度特性に及ぼす影響の評価法, 第 46 回地盤工学研究発表会(神戸国際会議場, 兵庫), 2011.7.6.
- ⑦ Bathurst, R.J., Miyata, Y., Allen, T.M.: Facing displacements in geosynthetic reinforced soil walls (Invited keynote paper), 3rd Earth Retention Conference (Bellevue, USA), 2010.8.4.
- ⑧ Miyata, Y. and Hirakawa, D.: FE Analysis implemented with particle discretization for reinforced stabilized soil with geogrid, 9th International Symposium on Geosynthetics (Guaraja, Brazil), 2010.5.24.
- ⑨ 宮田喜壽, R.J. Bathurst, 小浪岳治: 多数アンカー補強土壁の設計における荷重・抵抗モデルの不確定性, 第 9 回地盤改良シンポジウム(福井県県民ホール, 福井), 2010.11.19.
- ⑩ Ishizuka, M., Shinoda, M., Miyata, Y.: Reliability-based performance evaluation for

reinforced railway embankments in the static loading condition, 2nd International Symposium on Geotechnical Safety and Risk (Gifu, Japan), 2009.6.12.

- ⑪ 平川大貴, 宮田喜壽, Lecaillon, J.B., 池水俊二: 促進試験による高分子補強材の長期クリープ変形量の予測, 第 44 回地盤工学研究発表会(関東学院大学, 神奈川), 2009.8.20.
- ⑫ 宮田喜壽, 小浪岳治, Bathurst, R.J.: 水際多数アンカー補強土壁における補強材力, 第 6 回地盤工学会関東支部発表会(宇都宮大学, 栃木), 2009.11.12
- ⑬ 高村真史, 宮田喜壽, 平川大貴: 施工時の損傷が高分子補強材の力学特性に及ぼす影響, 第 38 回土木学会関東支部技術研究発表会(法政大学, 東京), 2011.3.11.
- ⑭ 山本慶士, 松野 剛, 宮田喜壽, 平川大貴: 施工時の損傷が HDPE 1 軸延伸ジオグリッドの引張り強度特性に及ぼす影響, 第 38 回土木学会関東支部技術研究発表会(法政大学, 東京), 2011.3.11.
- ⑮ 松野 剛, 山本慶士, 宮田喜壽, 平川大貴: 施工時の損傷が PP 2 軸延伸ジオグリッドの引張り強度特性に及ぼす影響, 第 38 回土木学会関東支部技術研究発表会(法政大学, 東京), 2011.3.11.
- ⑯ 平川大貴, 宮田喜壽: 損傷を受けた高分子補強材の変形強度特性, 土木学会第 65 回年次学術講演会(北海道大学, 北海道), 2010.9.1.
- ⑰ 宮田喜壽, 平川大貴, 松野 剛: ジオグリッドの長期クリープ変形量の予測における促進試験の適用性の検討, 土木学会第 65 回年次学術講演会(北海道大学, 北海道), 2010.9.1.
- ⑱ 宮田喜壽, 平川大貴, 多田 毅, 小浪岳治, 小林悟史: ICT を応用した補強土壁のモニタリングシステムの開発と現場への適用, 第 45 回地盤工学研究発表会(愛媛大学, 愛媛), 2010.8.19.

[その他]
 ホームページ等
<http://www.nda.ac.jp/cc/users/miyamiya/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

宮田 喜壽 (Miyata Yoshihisa)
 防衛大学校・システム工学群・准教授
 研究者番号: 20532790

(2) 研究分担者

平川 大貴 (Hirakawa Daiki)
 防衛大学校・システム工学群・助教
 研究者番号: 40372990