

平成 22 年 5 月 24 日現在

研究種目：基盤研究 B

研究期間：2007～2009

課題番号：19310123

研究課題名（和文） 地盤の併用型補強技術を活かした災害に強い
斜面安定化システムに関する研究研究課題名（英文） Research on sustainable slope stability system by combined earth
reinforcement technology against mainly infiltration of rainfall研究代表者 安福 規之 (YASUFUKU NORIYUKI)
九州大学 大学院工学研究院・教授

研究者番号：20166523

研究成果の概要（和文）：

本研究では、主に災害外力として降雨浸透を対象として、地盤改良と締固め技術を組み合わせた斜面の侵食抵抗に関する基礎的なデータを得るとともに、地盤補強において締固めを効果的に行うことで、降雨浸透に対する抵抗力が大きく改善することを実験的に明らかにしました。また、簡単に斜面の表層の健全度を非破壊の状態で評価するための診断装置を開発するとともに、原位置での適用性を明確にしました。

研究成果の概要（英文）：

In this study, experimental and numerical pullout are carried out in order to investigate the influence of infiltration on the interaction between soil-geogrid paying attention to the compaction effect and confining effect, together with a series of erosion protecting tests of soil chemical improved ground due to rainfall. The compaction could enhance the pullout strength of embedded geogrid efficiently, and the chemical improved ground with proper compaction could give a proper resistance against erosion. However, the compaction could not mitigate the influence of infiltration on the pullout strength. In addition, the falling weight deformation apparatus (FWD) which has been developed at geotechnical engineering laboratory of Kyushu University was improved to evaluate the degree of slope soundness. The apparatus has a light weight and has also an advantage as a non destructive way for slopes. It is instrumented with a drop-weight machine to measure the deformation modulus. The effectiveness of the improved FWD was verified by measuring the surface deformation modulus of model and actual slope due to rainfall, paying attention to the degree of compaction.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 度	8,700,000	2,610,000	11,310,000
2008 度	4,700,000	1,410,000	6,110,000
2009 度	1,900,000	570,000	2,470,000
年度			
年度			
総計	15,300,000	4,590,000	19,890,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学・自然災害科学

キーワード：地盤災害、斜面安定、モニタリング、非破壊健全度診断、地盤補強、地盤改良
防災システム、併用型補強

科学研究費補助金研究成果報告書

1. 研究開始当初の背景

本研究では、土中に様々な異物を混入・挿入して補強する地盤補強技術、地盤を化学的・物理的に改良する地盤改良技術、斜面表層に植生を行う技術など、複数の技術を組み合わせて用いる技術を含めて「併用型地盤補強技術」と呼ぶこととした。個々の技術の併用により相乗効果の創出が期待される。

この数年来、想定を越える局地的集中豪雨により、人命にかかわる甚大な斜面災害が発生している。IPCC(気候変動に関する政府間パネル)の報告によると、このような気象状況、特に降雨変動の不規則性の増大は、今後も継続すると考えられている。このため、道路や堤防などライフラインの安全性と利便性の確保を目的として、斜面の防災・監視機能のより一層の強化が重要な課題とされている。また、一方、予算制約の中で、斜面の安定性の向上とともに、高い環境負荷低減性や景観特性、経済性、施工性、補修性の向上など、要求される機能が多様化してきており、従来の個々に対応してきた知識を利用・統合化した新たな技術の創造が求められている。

2. 研究の目的

本研究は、地盤の補強技術、しらす地盤やまさ土地盤における豪雨災害および非破壊診断装置に関して申請者が有している豊富な知識と経験を活かして、取り組まれたものである。特に地盤補強、地盤改良、植生工を組み合わせた相乗効果の期待できる併用型地盤補強による斜面表層の侵食抵抗強化技術の提案、水理・力学指標の計測可能な非破壊表層斜面健全度診断装置の開発、「だれでも」、「どこでも」設置が可能な簡易な斜面監視装置の開発を進めるとともに、計測結果と連動した実用的な危険度予測・監視システムの確立を主要な目的として実施した。

3. 研究の方法

本研究は、目標として、図1、図2に示すような研究の流れと研究者の役割に沿って研究を実施した。

4. 研究成果

(1) 平成19年度の研究成果は、次の通りである。

① 現地発生土を活かした耐侵食性、安定性、補修性に優れた補強土層の開発のための基礎実験の成果として、

1) 対象とする補強土層の構成の選択と耐侵食性に与える併用型補強効果の明確化

地域性を考慮して、しらすを母材として締固め、石灰系の安定処理を併用した補強土層を対象とした実験を行った。耐侵食性に及ぼ

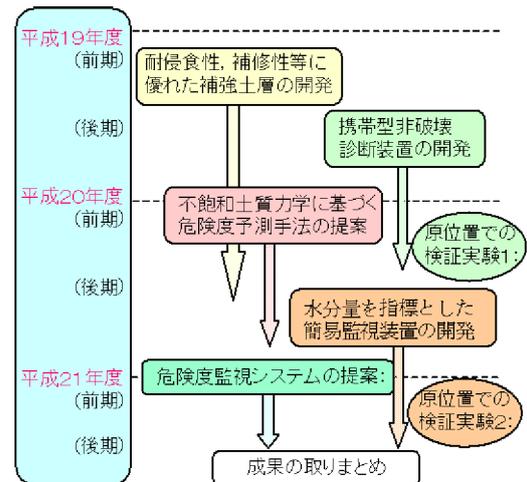


図1 研究の時系列的な流れ

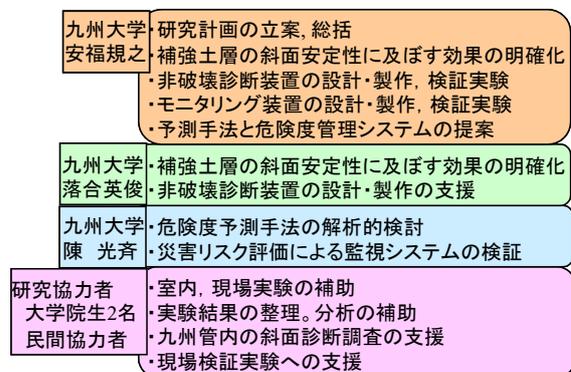


図2 研究代表者・分担者・協力者の役割

す各補強効果の影響を明確にするために、系統立てた侵食模型実験を実施し、安定処理を行う上でも締固めが侵食抵抗に大きく影響することを明らかにするための模型実験装置を改良試作した(写真1参照)。

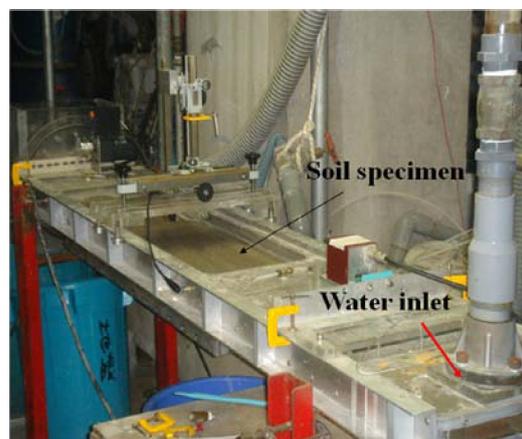


写真1 改良試作した侵食度測定模型実験

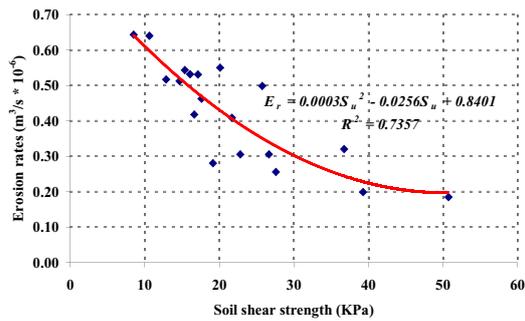


図3 侵食速度とせん断強さの関係

2) 耐侵食性に与える締固め度と生石灰、消石灰の混合効果の把握

締固め度および消石灰の混合と生石灰の混合の違いを指標にして系統立てた2種類の侵食実験を実施した。その結果として、しらすを母材とした補強土層の場合、良く締固めるほど耐侵食性が増すこと、また、消石灰を混合し締固めることで、さらに侵食抵抗が増すことを明らかにした。また、侵食抵抗と補強土層のもつせん断強さとの関連性を示した(図3参照)。

② 変形特性を計測可能な携帯型非破壊斜面診断装置の開発と室内および現場での適用

水分センサー機能を有する携帯型の水分計測装置を試作するとともに、斜面の点検に利用できる新たな非破壊斜面健全度診断装置を開発し、室内および原位置にて適用性を検証した。重要な改善点は、ロッド先端と載荷プレートを斜面上でも適用できるように工夫したこと、および低コストの小型の水分センサーをいくつかの測定深さに設置できるよう工夫したことのみである。試作した装置は、図4に示す。

(2) 平成20年度の研究成果は、次の通りである。

① 耐侵食性に与える併用型補強効果の明確化と一般性のある評価指標の抽出

耐侵食性に及ぼす補強効果の影響を次の条件を設定し侵食模型実験を通して検討した。A:自然含水比のしらすのみを補強土層としたケース、B:しらす(締固め度90-95%) + 石灰系の安定処理のケース。実験的な検討を踏まえ、消石灰と生石灰によって人工的に粘着力を付与した火山灰砂質土の侵食抵抗を評価する指標として一軸圧縮強さが有効であることを明確にした上で、一軸圧縮強さを指標とした侵食抵抗とその限界流速の評価法について重要な知見を得た。このことにより、侵食を受けやすい火山灰砂質土の効果的な改善方法について言及した。

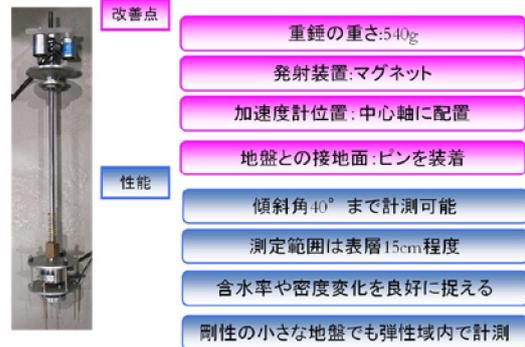


図4 改良型簡易斜面診断装置システム

② 斜面の表層を対象とした低コストで簡易な携帯型非破壊診断装置の開発と原位置地盤への適用

昨年度開発した装置の精度と適用限界を明確にするために、締固め度の異なる不飽和状態の斜面地盤を作成し、その変形係数と水分量(保水量)の測定精度を確認した。また、安定的なデータ得るための計測回数を明確にし、さらに、斜面上で安定的な結果を得るための装置の改良も行った。

③ 斜面全体の安定性に与える併用型の表層補強土層の効果の明確化と危険度評価指標の抽出

降雨による斜面の危険度評価を行うための模型斜面実験装置を試作した。降雨装置と地下水位置を変動でき、また傾斜を変動できる機能を備えたものとなっている。これにより、表層の補強土層の斜面安定に与える効果を検証することが可能となる。

(3) 平成21年度の研究成果は、次の通りである。

① 斜面の表層を対象とした低コストで簡易な携帯型非破壊診断装置の開発と原位置地盤への適用

この2年間で開発し、改良を加えて来た装置の精度と適用限界を明確にするために、昨年度実施ができなかった大学キャンパス内の斜面への適用と防災ドクターとして踏査するいくつかの斜面を対象として、本装置の適用を試みた。その成果は、研究概要として取りまとめた。

② 地盤内水分量とサクシオン値の変動を多点で同時計測可能な簡易モニタリング技術の開発

表層だけでなく、地下水面程度までの地盤内の水分保持特性が現地にて計測できる水分

センサーを取り付けたモイスターコーンの精度を検証し、砂質土に有効な校正式を提示するとともに、サクシオン値を深さ方向に多点で計測できるサクシオンコーンを試作した。

③ 斜面全体の安定性に与える併用型の表層補強土層の効果の明確化と危険度評価指標の抽出

併用型補強を活かした補強土層を表層に有する模型斜面を各種作成し、降雨による斜面の危険度評価を昨年度試作した模型斜面実験装置を用いて系統立てて実施し、表層の補強土層の斜面安定に与える効果を検証した。その中で、斜面内の含水状態の変化、サクシオン値の変化、また地下水位の変化などを注意深く計測し、それらの計測結果に基づいて、危険度評価のための要因分析を行った。

④ 降雨履歴と診断結果を併用した斜面の危険度監視システムの提案

1) モニタリングシステムの常時活用に向けての基礎データの収集

模型斜面に水分センサーとテンションメータを複数設置し、降雨実験を行い、水分量特性の経時変化のデータを収集し、締め固めの違いが、地盤内水分の浸透・蒸発特性に与える影響を明確にした。

2) 診断およびモニタリング結果を反映した降雨特性に基づく危険度評価手法の考え方の提案

平成 21 年 7 月の九州北部を襲った豪雨による土砂災害の事例をベースに今後検討することとした。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 7 件)

1. J. Zhang and N. YASUFUKU
Evaluation of Rainfall Infiltration and Compaction Effect on Soil-Geogrid Interaction Behavior, Geosynthetics Engineering Journal, 査読有, Vol. 24, 69-74, 2009.
2. Q. Liu, N. Yasufuku and K. Omine
Comparison of A Semi-physical Model and Typical Empirical van Genuchten Model for Soil Water Retention Curve, Proc. of the International Joint Symposium on Geodisaster Prevention and Geoenvironment in Asia, 査読有, Vol.1, 111-116, 2009.
3. I. Awad and N. Yasufuku
Chemical compounds effects on critical shear stress and erodibility of volcanic ash soils (CD-version), 4th Int. Conf.

on Scour and Erosion, 査読有, Vol.1, 474-479, 2008.

4. 二宮・安福・大嶺・小林
併用型補強技術による災害に強い斜面安定化システムの開発, 平成 20 年度不飽和土研究会研究発表論文集, 査読無, Vol.9, 5-8, 2008.
5. J.Zhang and N.Yasufuku
Soil-geogrid interaction behavior under wet condition, Geosynthetics Engineering Journal, 査読有, Vol.23, 31-36, 2008.
6. A.Islam and N. Yasufuku
Erosion Rates of Soils Improved by Chemical Additives for Protection against Overland Flow, Memoirs of the Faculty of Engineering, Kyushu University, 査読有, Vol.67(4), 153-164, 2007.

[学会発表] (計 8 件)

1. 安福
九州北部の土砂災害から考えたこと, 九州地区国立大学連携事業, 平成 22 年 3 月 19 日, 九州大学医学部 100 年講堂
2. 新開・安福・大嶺・小林
土中水分量計測のためのプロファイル水分計の測定精度の評価, 土木学会西部支部研究発表会, 平成 22 年 3 月 6 日, 崇城大学
3. 劉 強・安福・大嶺・小林
Developing of Automatic Soil Water Retention Test System, 土木学会西部支部研究発表会, 平成 22 年 3 月 6 日, 崇城大学
4. 岸本・安福・大嶺・小林
平成 21 年 7 月の九州北部豪雨による土砂災害地域の地盤特性について, 土木学会西部支部研究発表会, 平成 22 年 3 月 6 日, 崇城大学
5. 二宮・安福・大嶺・小林
締め固め度に着目した降雨浸透における斜面の健全度評価に関する基礎的研究, 第 44 回地盤工学会研究発表会, 平成 22 年 3 月 6 日, 崇城大学
6. 二宮・安福・大嶺・小林
非破壊・携帯型の斜面健全度診断装置の開発及びその適用方法, 土木学会西部支部研究発表会, 平成 21 年 8 月 19 日, 関東学院大学

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称 :
発明者 :
権利者 :
種類 :
番号 :

出願年月日：
国内外の別：

○取得状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

[その他]
ホームページ等
<http://hyoka.ofc.kyushu-u.ac.jp/search/details/K000543>
<http://www7.civil.kyushu-u.ac.jp/geotech/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

安福 規之 (YASUFUKU NORIYUKI)
九州大学・大学院工学研究院・教授
研究者番号：20166523

(2) 研究分担者

陳 光齊 (CHEN GUANGQI)
九州大学・大学院工学研究院・准教授
研究者番号：50293882
大嶺 聖 (OMINE KIYOSHI)
九州大学・大学院工学研究院・准教授
研究者番号：60248474
小林 泰三 (KOBAYASHI TAIZO)
九州大学・大学院工学研究院・助教
研究者番号：10380578

(3) 連携研究者

なし