

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 19 日現在

機関番号：34315

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23404012

研究課題名(和文) ベトナム・サイゴン川河岸崩壊現象の解明と対策工提案のための調査研究

研究課題名(英文) Reserch on clarification of river bank erosion of Saigon River and proposal of its countermeasure

研究代表者

深川 良一 (Fukagawa, Ryoichi)

立命館大学・理工学部・教授

研究者番号：20127129

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,000,000円、(間接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：サイゴン川河岸の崩壊現象を解明するために、まず試験フィールドを選定し、標準貫入試験、土試料サンプリング、室内実験等を実施し、地盤プロフィールおよび土の基本的変形強度特性を明らかにした。次に、ADCPという超音波を利用した計測機器により、河川の水位、流速分布、河床形状等を明らかにした。

河岸の崩壊現象を防止するための研究として、まず現地発生土、材料を用いた改良土の作成方法について調査した。次に具体的な河岸の補強に関して、室内実験等により得られた土質パラメータに基づく数値シミュレーションを実施し、効果的な補強対策について検討した。以上の研究成果を日越で共有するための合同セミナーを毎年1回開催した。

研究成果の概要(英文)：This project was carried out to make clear the bank erosion of Saigon River. At first some test fields were set and the SPT, soil sampling and a series of laboratory tests were conducted to clarify the ground profile and the basic mechanical properties of soils at the fields. Then the water level, the distribution of the flow velocities and the cross section shape of the river bed were observed by use of ADCP, a measurement device using ultrasonic wave.

Reserch on countermeasure for prevention of river bank erosion was also carried out. Firstly some conditions to make good improved soil were investigated by using common materials in Vietnam. Next some numerical simulations were conducted to investigate the effective reinforcement countermeasure. The Japan/Vietnam joint-seminars were held four times to share the above reserch results each other.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：地盤工学

キーワード：国際研究者交流 水工水理学 地盤工学 土砂災害 自然現象観測・予測

### 1 . 研究開始当初の背景

ベトナムでは、経済の著しい発展および人口増加につれて、国民の社会基盤整備に対する期待がますます増大しつつある。しかしながら、熱帯モンスーン気候に代表されるような高温多雨の気候であり、毎年のように洪水および河岸侵食による被害に悩まされている。

これらの河岸崩壊現象を解明するためには、地盤工学および水工学分野の研究者の共同研究が必要となるが、両分野の研究者がフィールド調査から解析、数値計算までを共同で行うことはまれであり、本研究は先駆的な試みである。また、現地の研究体制は十分ではなく、サイゴン川流域での河岸崩壊現象解明や対策工提案に必要な調査はほとんど行われていないのが現状である。本研究は、日本とベトナムの研究者が共同で実施する国際的かつ総合的な学術調査である。

### 2 . 研究の目的

本研究は、ベトナム・ホーチミン市のサイゴン川流域における河岸の大規模崩壊現象に焦点を当て、現象解明および対策工提案を行う上で重要となる地盤特性、河川流特性などに関する総合的な学術調査を実施し、将来的な防災対策樹立のための基礎資料を作成（収集）することを目的とする。なお、サイゴン川河岸は一部補強されており、そこは河川堤防と呼べるレベルではあるが、全体としては補強が十分でないため、本報告書では「河岸」崩壊現象という表現を使用する。

### 3 . 研究の方法

本研究における調査項目および手法を以下に示す。

(1) 現地における河岸構成地盤材料の基本的物理・力学特性：標準貫入試験、土質資料サンプリング、各種室内試験の実施。

(2) 河岸斜面内の地下水位および水分量変動

特性：地下水位、河川水位変動調査。

(3) 河川の水位、横断面および縦断面方向の流速分布、河床形状などの時間的変化：主として ADCP (後述) による調査。

(4) 将来の河岸斜面補強を念頭においた現地土の改良特性および実行可能性の検討：現地発生材を利用した改良土の力学特性調査。

(5) 数値シミュレーションの入力パラメータや妥当性検証に必要なデータの取得および数値シミュレーションの実行可能性：原位置および室内試験より得られた土質パラメータに基づく数値シミュレーションの実施。

(6) 国際的研究連携の有効性について検証：主として日越合同セミナーの実施による連携強化。

### 4 . 研究成果

3 . の各項目ごとに得られた主要な成果について述べる。

(1) 現地における河岸構成地盤材料の基本的物理・力学特性

ホーチミン市内の河岸侵食現象の顕著な地域（タンダ半島）においてフィールドを設定し、ホーチミン市工大の協力を得ながら、数箇所において標準貫入試験を実施し、地盤のプロファイルを明らかにした。代表的な地層構造を以下の図 1 に示す。表層に非常に軟弱な有機質土（ ）が厚く堆積していることが分かった。

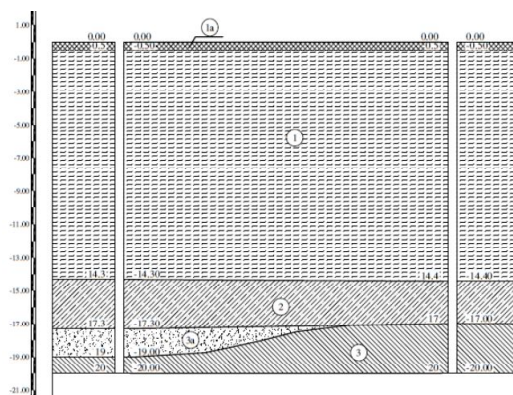


図 1 現地河岸地盤プロフィール

一部のフィールドではサンプリングも実

施し，得られたサンプルに対して三軸試験，物理試験等の一連の室内試験を実施し，地層各層の土質パラメータを明らかにした。

#### (2) 河岸斜面内の地下水位および水分量変動特性

設定されたフィールドにおいて河岸斜面内地下水位変動特性およびそれらに及ぼすサイゴン川水位変動の影響を明らかにした。地下水位変動は河川水変動の影響を受け，周期的に変動していることが明らかになった。

#### (3) 河川の水位，横断面および縦断面方向の流速分布，河床形状などの時間的変化

ADCP( Acoustic Doppler Current Profiler ) と呼ばれる超音波を利用した流速分布，河床形状の評価計測装置を用いて数度の観測を実施した。代表的な結果を図2に示す。

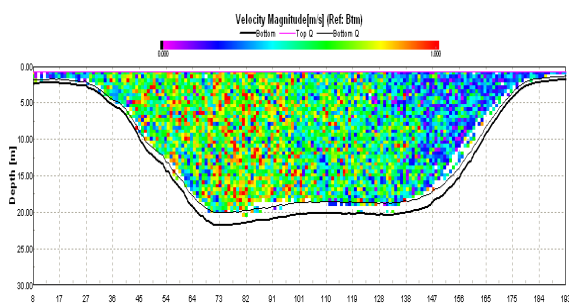


図2 ADCPによる河岸断面と流速分布

#### (4) 将来の河岸斜面補強を念頭においた現地土の改良特性および実行可能性の検討

河岸崩壊現象を阻止することは地元の関連公的機関にとって最重要課題の一つであった。本研究においては，東北大・高橋教授のグループが中心になって現地発生材の改良性等に関する調査を行った。その結果，現地土の改良のためには現地に豊富に存在する稲わらを利用することが効果的であることが分かった。稲わらを混入させることにより，軟弱土中の水分が減少すると同時に破壊靱性の強化につながる事が判明した。

#### (5) 数値シミュレーションの入力パラメータや妥当性検証に必要なデータの取得および数値シミュレーションの実行可能性

現地調査によって得られた土質パラメー

タを利用して，不飽和飽和浸透解析，河岸斜面の安定解析等を実施し，破壊に及ぼす河川水位変動の影響等を明らかにした。

#### (6) 国際的研究連携の有効性について検証

今回の研究は日本とベトナムの研究連携を基本としたものであったので，当初より両者の円滑な意思疎通に気を配った。そのため，平均して年2回関係者がベトナムあるいは日本で会う機会を作り，円滑な研究推進のための協力の場を設けた。さらに，共同研究の成果をお互い共有するために，毎年1回日越合同セミナーを開催することとした。科研開始の前年度より始められたため，2013年度までに合計4回の日越合同セミナーを開催することができた。これらのセミナーでは2011年：11件，2012年：16件，2013年：14件，2014年：22件の口頭発表および論文提出がなされ，いずれも活発な研究交流が実現した。この合同セミナーは2014年度以降も実施することで日越双方が合意している。ベトナム側では当初よりハノイのベトナム科学技術アカデミー・力学研究所のメンバーが積極的に参加しており，研究連携の主要メンバーとして参加してくれることになったことも特筆すべき成果である。2015年度の日越合同セミナーはハノイ・力学研究所において開催予定である。ちなみに2014年度は立命館大学において開催予定である。

#### 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(査読有)](計：23件)

- 1) 檀上徹，酒匂一成，岩佐直人，Nghiem Minh Quang，酒井直樹，深川良一，新たな地盤変位計測に向けたネイリングセンサの設置効果の検証，地盤工学ジャーナル，pp.15-28, 2014.
- 2) Tuy N. M. P., J. C. Wells, Y. Uchiyama, S. Ishii, J. S. Bonner, M. S. Islam, W..D. Kirkey,

Principal Component Analysis on Horizontal Acoustic Doppler Current Profilers Measurement in a Tidal River, Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B1 (Hydraulics Engineering), Vol.70, No.4, I\_73-I\_78, 2014.

3) C. T. Nguyen, H. H. Bui, and R. Fukagawa, Numerical prediction of the post failure behaviour of box shape retaining wall system, Journal of GEOMATE, Vol.5, No.1, pp. 647-652, 2013.

4) N. Hiraoka, T. Kurohara, S. Nakano, K. Tanaka, M. Fujimoto, R. Fukagawa, and A. Togari, Permeability test in single borehole using ultrasonic wave, Proc. of the 8th Int. Symp. on Advanced Science and Technology in Experimental Mechanics, Paper No.038. 2013.

5) T. Danjo, K. Sako, M. Fujimoto, N. Iwasa, N. Sakai and R. Fukagawa, The Full Scale Rainfall Experimental Study of Fusion Technology with Monitoring and Reinforcement Method on Slope, Proc. of the 8th Int. Symp. on Advanced Science and Technology in Experimental Mechanics, Paper No.036. 2013.

6) 大矢綾香・平岡伸隆・Bui Hong Ha・藤本将光・深川良一, 水位変動を考慮したサイゴン川河岸崩壊現象のシミュレーション, Kansai Geo-Symposium 2013 論文集, pp.11-16, 2013.

7) 植田謙三・深川良一, 変位法を応用した斜面上の段差フーチング剛体基礎の設置圧分布・変位計算法, 土木学会論文集 C (地圏工学), Vol.69, No.3, pp. 350-366, 2013.

8) M. Fujimoto, N. Banba, K. Kosugi, M. Tani, R. Fukagawa, Evaluation of bedrock groundwater movement using tracer methods in a weathered granite hillslope, Int. symp. on sediment disasters under the influence of climate change and tectonic activity(3rd), 2013.

9) 檀上徹・赤澤文顕・田中七裕・藤本将光・豊田祐輔・谷口仁士・深川良一・里深好文, タ

イ・アユタヤの文化遺産防災に向けた現地調査と洪水解析, 歴史都市防災論文集(7 巻), pp.73-80, 2013.

10) T. Danjo, K. Sako, N. Iwasa, R. Fukagawa, Examination of Strain Measurement in the Ground using Soil Tank Test for Practical Realization of NNS, 18th Southeast Asian Geotechnical & Inaugural AGSSEA Conf., pp.537-542, 2013.

11) 高橋 弘, 熊谷 翔太, 里見 知昭, 津波堆積物を用いて作成した放射能汚染土覆土材の耐侵食性に関する研究, 実験力学, Vol.13, No.4, pp.339-345, 2013.

12) 里見 知昭, 白井 雄介, 山崎 凌一郎, 高橋 弘, 津波堆積物を用いた繊維質固化処理土の降雨に対する耐侵食性および浸透挙動に関する屋外試験, 実験力学, Vol.13, No.4, pp.346-352, 2013.

13) N. Harada, F. Akazawa, S. Hayami and Y. Satofuka, Numerical simulation of landslide dam deformation caused by erosion Advances in River Sediment Research, Fukuoka et al. (eds), Taylor & Francis Group, London, pp.1107-1116, 2013.

14) Y. Nishiguchi, T. Uchida, T. Ishizuka, Y. Satofuka and K. Nakatani, Numerical simulation of debris flows induced by deep-seated catastrophic landslides, Advances in River Sediment Research, Fukuoka et al. (eds), Taylor & Francis Group, London, pp.119-127, 2013.

15) 速見智, 大塚亮介, 里深好文, 清水寺地域における集中豪雨時の土石流氾濫解析, 歴史都市防災論文集, 第7巻, pp.67-72, 2013.

16) 檀上徹, 酒匂一成, 深川良一, 酒井直樹, 岩佐直人, Nghiem Minh Quang, 降雨量, 不飽和浸透挙動, 変位量の観測結果に基づく降雨時表層すべり型崩壊過程の検証, 土木学会論文集, Vol.68, pp.508-525, 2012.

17) 大村佳正, 檀上徹, 岩佐直人, 酒匂一成, 深川良一, NNS(ネイリングセンサネットワーク

クシステム)の実用化に向けた模型降雨実験による一検討, 地盤の環境・計測技術に関するシンポジウム2012, Vol.1, pp.53-58, 2012.

18) H. Takahashi, H. Kuribara, T. Satomi and M. Mori, Development of Ground Materials by Recycling the Wasted Wood and Tsunami Sludge, Proc. of the 7th Int. Symp. on Advanced Science and Technology in Experimental Mechanics, Paper B104, USB, B104-1-8, 2012.

19) 酒匂一成, 梅田和明, 的場洋平, 深川良二, 北村良介, 無線センサネットワークを利用した長期斜面モニタリングに関する課題と改善, 第6回土砂災害に関するシンポジウム論文集, Vol.1, pp.107-112, 2012.

20) H. H. Bui, R. Fukagawa, K. Sako, Slope stability analysis and discontinuous slope failure simulation by elasto-plastic smoothed particle hydrodynamics (SPH), Géotechnique, Vol.61, pp.565-574, 2011. (DOI:10.1680/geot.9.P.046)

21) H. H. Bui, K. Sako, R. Fukagawa, and C.T. Nguyen, An investigation of riverbank failure due to water level change using two-phase flow SPH model, Proc. of 1st Computational Advances in Numerical and Analytical Methods, Direct and Inverse Problems, Practical Applications, IACMAG2011, pp.116-123, 2011.

22) 的場洋平, 酒匂一成, 梅田和明, 檀上徹, 深川良一, 無線通信技術を利用した斜面モニタリング結果の妥当性評価, 地盤の環境・計測技術に関するシンポジウム 2011 論文集, pp.15-18, 2011.

23) 三品健, 平岡伸隆, 田中克彦, 酒匂一成, 深川良一, 外狩麻子, 森島啓行, 島村誠, 土中水分水位測定のための埋設型超音波検出器の小型化に関する検討, 地盤の環境・計測技術に関するシンポジウム 2011 論文集, pp.11-14, 2011.

[雑誌論文(査読無)](計:43件)

1) T. H. Nguyen, D. T. Tran and T. S. Huynh,

Some first results of numerical modelling for flow and sediment transport in the Soai Rap River, Proc. of the 4th Vietnam/ Japan Joint Seminar on Geohazards and Environmental Issues, Vol.4, No.S1-9-1 ~ 7, 2014.

2) N. T. Vo, Q. T. Vo and T. S. Huynh, Numerical prediction of flood wave transmission and inundation for Ho Chi Minh City due to Dau Tieng dambreak, Proc. of the 4th Vietnam/ Japan Joint Seminar on Geohazards and Environmental Issues, Vol.4, No.S1-10-1 ~ 8, 2014.

3) A.Oya, N. Hiraoka, R. Okumoto, M. Fujimoto and R. Fukagawa, Geotechnical characteristics of sites along the Saigon River, south Vietnam, Proc. of the 4th Vietnam/ Japan Joint Seminar on Geohazards and Environmental Issues, Vol.4, No.S2-1-1 ~ 8, 2014.

4) N. Hiraoka, T. Kurohara, S. Nakano, K. Tanaka, M. Fujimoto and R. Fukagawa, Fundamental study on monitoring of soil moisture and groundwater level using ultrasonic waves, Proc. of the 4th Vietnam/ Japan Joint Seminar on Geohazards and Environmental Issues, Vol.4, No.S2-3-1 ~ 8, 2014.

5) R. Hirano, A. Oya, M. Fujimoto and R. Fukagawa, Experimental and analytical study on Saigon River-bank erosion, Proc. of the 3rd Vietnam/Japan Joint Seminar on Geohazards and Environmental Issues, Vol.3, No.S1-4-1 ~ 8, 2013.

6) A.Oya, H.H. Bui, R. Hirano, N. Hiraoka, M. Fujimoto and R. Fukagawa, Numerical study of riverbank failure induced by water level fluctuations in Saigon River, Proc. of the 3rd Vietnam/Japan Joint Seminar on Geohazards and Environmental Issues, Vol.3, No.S2-1-1 ~ 8, 2013.

7) H. H. Bui, C.T. Nguyen and R. Fukagawa, Coupled DEM-SPH modelling of two phase fluid solid mixture : A potential approach for study

riverbank erosion at the grain scale, Proc. of the 3rd Vietnam/Japan Joint Seminar on Geohazards and Environmental Issues, Vol.3, No.S2-4-1 ~ 8, 2013.

8) S. Takeda , J. C. Wells and S. Endoh, Near-Bank Turbulent Structure Measured by H-ADCP, Proc. of the 2nd Vietnam/Japan Joint Seminar on Geohazards and Environmental Issues, S1-4-1 ~ 8, 2012.

9) R. Nakanishi and Y. Satofuka, Two-dimensional Numerical Simulation for Unsaturated Seepage Flow in River Bank of Saigon River, Proceedings of the 2nd Vietnam/Japan Joint Seminar on Geohazards and Environmental Issues, S1-5-1 ~ 10, 2012.

10) T. Ishikawa, R. Hirano, K. Sako, H. H. Bui and R. Fukagawa, Geotechnical Investigations at a River Side Area of Saigon River, Proc. of the 2nd Vietnam/Japan Joint Seminar on Geohazards and Environmental Issues, S2-2-1 ~ 6, 2012.

11) H. H. Bui, J. Kodikara, C. T. Nguyen, K. Sako and R. Fukagawa, An Improvement of SPH to Correctly Predict Riverbank Failure, Proc. of the 2nd Vietnam/Japan Joint Seminar on Geohazards and Environmental Issues, S2-3-1 ~ 8, 2012.

12) H. Takahashi, N. N. Anh, M. Mori and L. X. Loc, Study on Strength and Durability of Fiber-Cement-Stabilized Soils by Using Rive Straw, Proc. of the 2nd Vietnam/Japan Joint Seminar on Geohazards and Environmental Issues, S3-5-1 ~ 12, 2012.

等

〔学会発表〕(計 16 件)

省略

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等：特に設定せず

## 6 . 研究組織

### (1)研究代表者

深川 良一 (FUKAGAWA Ryoichi)

立命館大学・理工学部・教授

研究者番号：20127129

### (2)研究分担者

高橋 弘 (TAKAHASHI Hiroshi)

東北大学・大学院・教授

研究者番号：90188045

### (3)連携研究者

里深 好文 (SATOFUKA Yoshifumi)

立命館大学・理工学部・教授

研究者番号：20215875

J. C. Wells (John Craig WELLS)

立命館大学・理工学部・教授

研究者番号：60301644

藤本 将光 (FUJIMOTO Masamitsu)

立命館大学・理工学部・助教

研究者番号：60511508

酒匂 一成 (SAKO Kazunari)

鹿児島大学・大学院・准教授

研究者番号：20388143

### (4)研究協力者

BUI, Ha Hong

Senior Lecturer, Monash University

(Australia)

LUU Xuan Loc

Lecturer, Ho Chi Minh City University of Technology

HUYNH Thanh Son

Associate Prof., Ho Chi Minh City University of Technology