

機関番号：14101

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2007～2010

課題番号：19405036

研究課題名（和文）バングラデシュにおける河川堤防の機能と保全に関する調査研究

研究課題名（英文） Performance and Maintenance of River Embankments in Bangladesh

研究代表者

酒井 俊典（Sakai Toshinori）

三重大学・大学院生物資源学研究科・教授

研究者番号：90215591

研究成果の概要（和文）：

バングラデシュのシラジホンジュ市、マニクゴンジュ市、ラジシャヒ市の道路堤防、ジャムナ川、パッダ川、マヌ川の河川堤防を訪問の際には堤防破壊に関する現地調査、情報収集と共に、現場から土を採取し、基本的物理性試験および締固め試験、透水試験、一軸圧縮試験、三軸圧縮試験等のせん断試験などによって土質性状を求めた。解析によって各地区におけるパラメータ特性の評価を行った。ラジシャヒ市ゴダガリ地区の盛土堤防法面保護における実証実験を行い、現地に適した経済的に安価で土砂災害に強い盛土堤防を作り上げる新工法を提案した。

研究成果の概要（英文）：

Performance and maintenance of road embankments in Sirajgonj district, Manikgonj district, Rajshahi district, Jamuna river embankment, Padma river embankment and Manu river embankment were studied. Soil samples from the failure locations were collected during field visit. Soil properties were determined by laboratory tests such as compaction tests, unconfined compression tests, triaxial tests and direct shear tests etc. Analytical investigations were performed to evaluate the soil parameters of the damaged areas. Field experiments for slope protection at Godagari Upazilla in Rajshahi district were carried out by using a new composite technology. Results of field tests, laboratory tests and analyses indicated that the new composite technology is not only economical and strong for slope protection but also viable and appropriate in Bangladesh.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	3,100,000	930,000	4,030,000
2008年度	2,700,000	810,000	3,510,000
2009年度	2,500,000	750,000	3,250,000
2010年度	1,800,000	540,000	2,340,000
年度			
総計	10,100,000	3,030,000	13,130,000

研究分野：土資源工学

科研費の分科・細目：農業工学・農業土木学・農村計画学

キーワード：バングラデシュ、道路堤防、ジャムナ川、パッダ川、マヌ川、河川堤防、現地調査、土質性状

1. 研究開始当初の背景

東南アジアではモンスーンによる毎年の

洪水に悩まされている地域が多い。特にバングラデシュでは、雨期に80%の降雨が集中し、さらにこの時期にヒマラヤ山脈南方斜面からの融雪を伴う大量の雨水が大規模に流下することで、集水域内での洪水、土の流亡など深刻で危険な状態をしばしば起こし、毎年のように耕作期の農地のほぼ20%から40%が毎年甚大な被害を受けている。この洪水被害から人命、農作物を守るために、堤防の建設が進められている。しかし、現地での施設は十分精査した設計・施工に基づいたものが少なく管理も十分ではないため、毎年部分的な破損や、場合によっては完全な崩壊が数多く発生している(写真参照)。Master Plan Organization(MPO)や United Nations Development Program(UNDP)によって示された、バングラデシュでの堤防破壊調査結果では、断面の設計において安全率が不足していることが明らかであるとしている。また破壊原因としては、不適切な設計法および材料で建設され、堤防のすべり破壊に対する安全性評価の欠落、締固め不足、使用材料の低品質などが起因すると述べている。さらに、Bangladesh Water Development Board(BWDB)による報告では、堤防崩壊の原因として1) 洪水期の水理的設計パラメータが過大であること、2) 波浪とその作用による上流側斜面の浸食、3) 不十分な断面規模と管理基準を下まわる施工、4) 通年の組織的維持管理の欠如と隣接構造物の影響に対する検討の不十分さ、などを上げている。また、バングラデシュにおける堤防破壊の幾つかのケースについての調査結果を報告しているものの、破壊を防止する効果的な解決策は示していない。このように現在まで堤防の破壊に関し、多くの調査が実施されているものの、毎年のように社会経済的に多大のダメージを与える決壊が発生しているのは、途上国では現在までの事例を経験として積み重ねたことがないため、設計、施工時に生かされず、失策が修正されることなく新たな建設を進めていくことを繰り返しているためであるといえる。また、熱帯地域特有の土壤に起因した問題も考えられ、洪水期の土粒子の移動による水理的破壊に対する抵抗力の低下も上げられる。

## 2. 研究の目的

- ・破壊した堤防、フィルダムの土質力学性状、

土壌特性を調べる。

- ・堤防の破壊に対する社会的経済的側面の情報収集。
- ・河川流域の水理学的パラメータ、および地域の流出特性を調べる。
- ・現地調査、並びに浸透、流出、安定解析により破壊原因を究明してその対策法を提案する。
- ・生態系及び環境保全を考慮に入れた、破壊を抑止できる経済的かつ現地で使えるリサイクル材料を用いた補強工法の検討を行う。
- ・斜面における土壌浸食のメカニズムを解明して、環境を考慮した盛土の保全方法を確立する。

## 3. 研究の方法

バングラデシュにおける全地区の堤防の材料として最も良く使用されているシルト系土について、現在まで十分な土質力学特性の検討が行われてきていなかったため、現地訪問の際に堤防破壊に関する現地調査、情報収集と共に、現場から土を採取し、基本的物理性試験および締固め試験、透水試験、一軸圧縮試験、三軸圧縮試験等のせん断試験などによって解析に使用する土質性状を求めるとともに、各地区におけるパラメータ特性の評価を行った。有限要素解析を代表とする、浸透解析を含めたより実際の地盤に対応した斜面安定評価に関する解析を行った。全地区の堤防に用いる材料のより詳細な土質力学特性の把握を行った。調査後のデータ整理等は三重大学で実施した。盛土堤防の法面保護に関する現地実験を実施した。具体的には以下の5つ研究を実施した。

1. 破壊した堤防の土質力学性状に関する研究
2. 堤防の破壊に対する社会的経済的側面の情報収集と分析
3. 河川流域の水理学的パラメータ及び地域の流出特性の把握
4. 河川の浸透、流出特性の把握
5. 生態系及び環境保全を考慮に入れたリサイクル材料を用いた補強工法の検討
6. 熱帯地域の土壌浸食のメカニズムの解明と盛土の安全方法の確立

## 4. 研究成果

バングラデシュのシラジホンジュ市、マニクゴンジュ市、ラジシャヒ市の道路堤防、ジャムナ川、パッダ川、マヌ川の河川堤防を図1

に示す。ラジシャヒ市ゴダガリ地区の盛土堤防の崩壊例は図2に示す。



図1. バングラデシュの全地区



図2. ゴダガリ地区の盛土堤防の崩壊

パッダ川の河川堤防と土質特性は表1に示す。

表1. パッダ川の河川堤防と土質特性

Particle	2.676g.cm <sup>-3</sup>
Liquid limit	32%
Plastic limit	27%
Maximum	850μm
Sand	6%
Silt	69%
Clay	25%
Soil type	ML

ダ川の河川堤防の圧す区強度、透水性、乾燥密度は図3に示す。

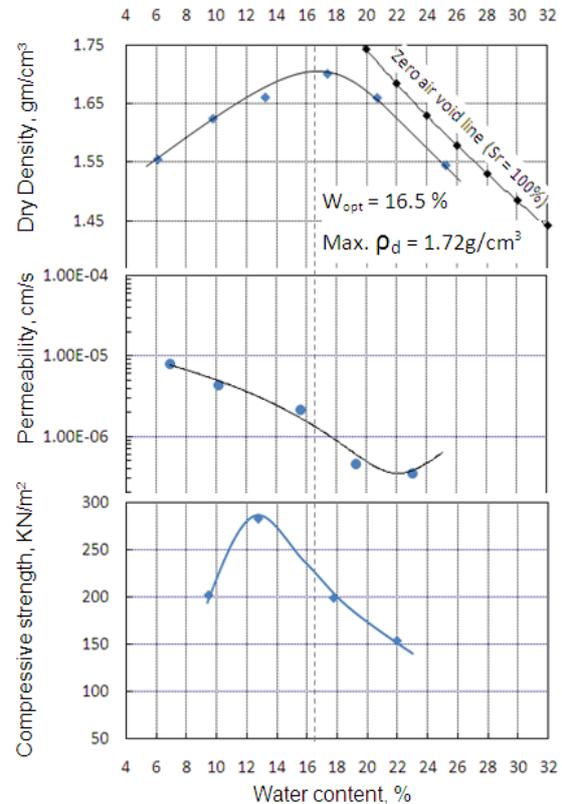


図3. パッダ川の河川堤防と土質特性

モウロビバザル市マヌ川堤防における浸透解析を行い、マヌ河川堤防の安全率を求めた。その結果、堤防の安全率は22-30%程度上回り施工であったことが分かった。今後の課題として、河川堤防の安定的な設計を求めるために自由飽和線の選択が重要であることが明らかとなった。マヌ川河川堤防の自由飽和線の選択とその安定解析結果は図4と表2に示す。

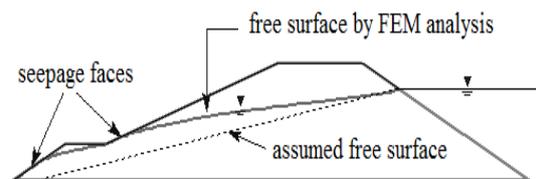


図4. 自由飽和線の選択

表 2。マヌ川河川堤防安定解析結果

Methods	Minimum Factor of safety (FS)		Deviation (%)
	Assumed saturation line	Predicted free surface	
Bishop simplified	2.011	1.622	23.98
Janbu simplified	1.880	1.541	21.99
Spencer	2.012	1.622	24.04
Crop of eng#1	2.043	1.648	23.96
GLE/Morganstern-price	2.011	1.622	23.98

ジャムナ川堤防とパッタ川河川堤防の透水性と圧縮強度は図 4 と図 5 に示す。

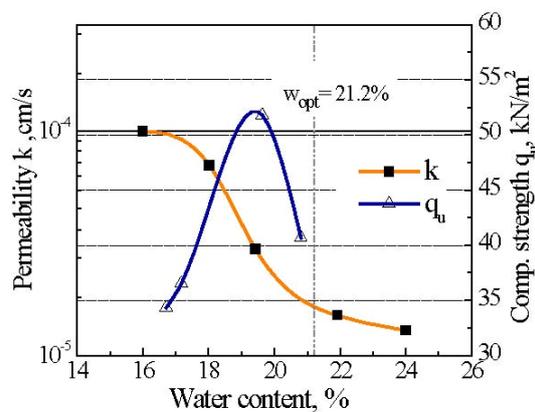


図 4。ジャムナ川堤防の透水性と圧縮強度

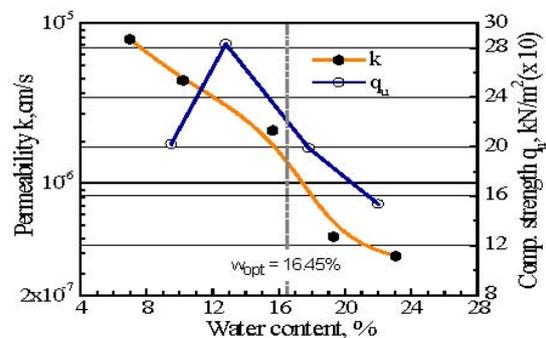


図 5。パッタ川河川堤防の透水性と圧縮強度

ラジシャヒ市ゴダガリ地区における盛土堤防に関する法面保護の実施例は図 6 に示す。図 6 には土法面保護のため新工法で用いる材料「メッシュとモルタル」が土中に埋設するように土を掘っている様子を示す。



図 6。ゴダガリでの法面保護の実施例

新工法で用いる材料「メッシュとモルタル」を土中に設置した状況は図 7 に示す。



図 7。新工法で用いる材料「メッシュとモルタル」

初めの複合材は設置した後第 2 回目、その後第 3 回目の順で法面の下から上埋設して行く「図 8」。



図 8。第 2 回目の掘る様子

全ての法面にメッシュを埋設した後、法面に設置するモルタルは上から下へ設置して行く「図9」。



図9。法面にモルタルの設置

新工法で完成した堤防法面保護の実施例は図10に示す。



図10。堤防法面保護完了の例

#### 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9件)

1. Rokonzaman M. Sakai, T. Nahas, A. Tanaka, T. and Hossain, M.Z. Experimental Validation of a Numerical Model for the Dip-Slip Normal Fault Rupture Propagation Through Sand Deposits, 農業農村工学会論文集, 巻 265, pp.9-16, 2010, 査読有り
2. 31. Rokonzaman M. Sakai, T. Nahas, A. Tanaka, T. and Hossain, M.Z.: Experimental Validation of a Numerical Model: Reverse Fault Rupture Propagation Through Sand,

Doboku Gakkai Rombunshu, Vol.65, No.1, pp.151-161, 2009, 査読有り

3. Hossain, M. Z., Sakai, T.: "Severity of Flood Embankments in Bangladesh and Its Remedial Approach" Agricultural Engineering International, CIGRE Journal 10(37). 1-11 (2008), 査読有り
4. Hossain, M. Z., Sakai, T.: "The Effectiveness of Nominal Dosage of Ordinary Cement on strength and Permeability of Clayey Soil" 土壤物理学会 110. 1-11 (2008), 査読有り
5. Hossain, M. Z. Islam, M. T., Sakai, T., Ishida, M: "Impact of Tropical Cyclones on Rural Infrastructures in Bangladesh" Agricultural Engineering International, CIGRE Journal 10(2). 1-13 (2008), 査読有り
6. Hossain, M. Z. and Sakai, T.: "A Study on Pullout Behavior of Reinforcement Due to Variation of Water Content of Soil" Agricultural Engineering International, CIGRE Journal Vol.9. 1-15 (2007), 査読有り
7. Hossain, M. Z. and Inoue, S.: "Determinate Method for Slope Stability Analysis of Earthen Structures" International Agricultural Engineering Journal Vol.16, No.1. 15-24 (2007), 査読有り
8. Islam, M. S., Hossain, M. Z. and Khair, A.: "Design and Development of Pedal Pump for Low-lift Irrigation" Journal of Agriculture and Rural Development Vol.5, No.1&2. 116-126 (2007), 査読有り
9. Kajisa, T., Kimoto, Y. and Hossain, M. Z.: "Measurements of the Floating/Fixed Situation of Shingu-Isawa Ukishima Island" Bulletin of the Graduate School of Bioresources No.34. 47-53 (2007), 査読有り

[学会発表] (計10件)

1. Hossain, M.B., Sakai, T. and Hossain, M.Z. River embankment and bank failure in Bangladesh: A Study on Geotechnical characteristics and stability analysis, International Conference on Environmental Aspects of Bangladesh (ICEAB), 北九州大学、福岡、平成22年9月4日

2. Hossain, M.B., Sakai, T. and Hossain, M.Z.  
Seepage and stability analysis of Manu river  
embankment of Bangladesh: A case study,  
農業農村工学会, 神戸大学, 平成22年  
9月2日
3. Hossain, M.B., Sakai, T. and Hossain, M.Z.  
Properties of Jamuna and Padma River  
Embankment Materials and Its Failure  
Mechanism, 農業農村工学会, 茨城大学,  
Aug.4-6, 2009
4. Hossain, M.Z. Development of New  
Technology for Flood Disaster Mitigation In  
Bangladesh, Proc. of the Int. Conf. of  
Geotechnical Engineering, 京都国際会館,  
May 25-27, 2009
5. Hossain, M. Z., Islam, M. Z., Sakai, T.: "An  
Investigation on Failure of Embankments in  
Bangladesh" Proc. of the 6th International  
Conference on Case Histories in  
Geotechnical Engineering. Arlington, VA,  
Washington DC, USA, Aug.11-16, 2008
6. Hossain, M. Z., Sakai, T.: "Performance and  
Maintenance of River Embankments in  
Bangladesh" 農業農村工学会講演要旨集.  
秋田県立大学秋田キャンパス, Aug.26-28,  
2008
7. Hossain, M. B., Sakai, T., Hossain, M. Z.:  
"Characteristics of Jamuna River  
Embankment Material and The Use of  
Sandbag" 農業農村工学会講演要旨集.  
秋田県立大学秋田キャンパス, Aug.26-28,  
2008
8. Hossain, M. Z., Sakai, T. and Kajisa, T.:  
"Present Status of Embankments in  
Bangladesh: Case Studies in 2007" Proc. of  
the International Agricultural Engineering  
Conference. Bangkok, Thailand, Dec.3-6,  
2007
9. Hossain, M. Z.: "A Potential Material for  
Earth Reinforcement" Proc. of the 13th  
Asian Regional Conference on Soil  
Mechanical and Geotechnical Engineering.  
Kolkata, India, Dec.10-14, 2007
10. Hossain, M. Z. and Sakai, T.: "Properties  
and Scanning Electron Micrographs of  
Ashes From Oil Palm Wastes" 農業農村工  
学会. Shimane, Japan, Aug.28-30, 2007

〔図書〕 (計2件)

1. Sakai, T., Tatsuyama, K., Hossain, M.Z. and  
Pyrak-Nolte, L. 英語で学ぶ土質力学 (I)  
— 基礎的性質, 株式会社 コロナ 社,  
1-161, 2010
  2. Sakai, T., Tatsuyama, K., Hossain, M.Z. and  
Pyrak-Nolte, L. 英語で学ぶ土質力学 (I)  
— 力学的性質, 株式会社 コロナ 社,  
1-160, 2010
6. 研究組織
- (1)研究代表者  
酒井 俊典 (Sakai Toshinori)  
三重大学・大学院生物資源学研究科・教授  
研究者番号: 90215591
- (2)研究分担者  
保世院 座狩屋 (Hossain Zakaria)  
三重大学・大学院生物資源学研究科・准教  
授  
研究者番号: 10314139
- (3)研究分担者  
成岡 市 (Narioka Hajime)  
三重大学・大学院生物資源学研究科・教授  
研究者番号: 70211448
- (4)研究分担者  
加治佐 隆光 (Kajisa Takamitsu)  
三重大学・大学院生物資源学研究科・教授  
研究者番号: 60177376
- (5)研究分担者  
石井 敦 (Ishii Atsushi)  
三重大学・大学院生物資源学研究科・准教  
授  
研究者番号: 90222926
- (6)研究分担者  
近藤 雅秋 (Kondo Masaaki)  
三重大学・大学院生物資源学研究科・助教  
研究者番号: 10273351