

平成 23 年 1 月 25 日現在

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2006～2009

課題番号：18580243

研究課題名（和文）リサイクル材を用いたポーラスセメント複合材の開発に関する研究

研究課題名（英文） Development of porous cement composite using recycled materials

研究代表者

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

研究成果の概要（和文）：

種々のリサイクル材例えば、使用済み骨材、煉瓦、歴、木材チップ、再生コンクリート、貝殻及びヤシ油燃料灰等を用いてポーラスセメント複合材パネルを作成し、曲げ試験、圧縮試験、耐久試験、せん断引き抜き摩擦試験等を行った。実験結果に基づき、亀裂応力および限界モーメントを求める新たな式を提案した。短期的及び長期的実験研究の結果、ポーラスセメント複合材パネルはコンクリートや土構造物における構成要素として十分適用可能な能力を有していることが判明した。

研究成果の概要（英文）：

Porus cement composite panel with different sizes and thickness were made using various recycled materials such as used aggregate, bricks, stone, wood chips, recycled concrete, shell husk and palm oil fuel ash etc. A series of experiments such as bending tests, compression tests, durability tests, and shear and pullout tests were performed with different boundary conditions. New equations of cracking stress and ultimate bending moment were developed based on the analytical equations. Results of short term and long term studies showed that the porus cement composite panel can be used as the component of concrete and soil structures.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2006 年度	1,300,000	0	1,300,000
2007 年度	700,000	210,000	910,000
2008 年度	800,000	240,000	1,040,000
2009 年度	600,000	180,000	780,000
年度			
総計	3,400,000	630,000	4,030,000

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：ポーラスセメント複合材、リサイクル材、煉瓦、歴、木材チップ、再生コンクリート、貝殻、ヤシ油燃料灰

1. 研究開始当初の背景

種々のリサイクル材を用いたポーラスセ

メント複合材の力学的諸性状を研究することによってそれらが農業施設物の構築材料

とするに十分な材質であることを明確にすることが喫緊の課題である。さらには力学的諸性状のみならず環境保全データを蓄積することは農産業に対する安定的な生態バランスを保ちつつ高度の生産性を維持することができる技術の創出につなげることができる特色を有する。工業や農業から排出される廃棄物、すなわち、使用済みコンクリート、レキ、煉瓦、木材チップ等の有効利用はただ単に環境保全のためだけではなく、低コスト化、省力化を念頭においた緑化推進に有効であるとともに、農用施設物に適した強度、透水性を有する新素材の確立につながる。得られる結果は施設構造物の設計・施工の面でも革新的な役割を果たすことが期待されその意義は大きいと思われる。

2. 研究の目的

本申請課題では、以下の研究項目を通して環境保全、防災保全を考慮したリサイクル材によるポーラスセメント複合材等の性状を研究し、それらが構造物を構成する材料として利用できるような技術の創成を目的としている。

1. 種々のリサイクル材を用いたポーラスセメント複合材の強度性状に関する研究
2. 建設廃棄物を利用したポーラスセメント複合材の透水性及びクリープ試験に関する研究
3. リサイクル材を用いた各種構造物に対する設計手法の確立
4. セメント複合材の最適設計及び有効利用法の確立

3. 研究の方法

・情報収集による研究

近畿、東海地方の農業試験場あるいは研究所からリサイクル骨材を用いたポーラスセメント複合材とそれに適用する様々な種類の土壌に関する情報を収集して、地域性に依存する環境対策の違いについて比較検討した。

・実験による研究

階段状農地付近で産出する利用可能な骨材用素材と土をサンプリングして、三重大学生物資源学部内で必要な力学試験、物理試験等の室内実験を行った。骨材セメント比、水セメント比を系統的に変化させながらサンドイッチ状パネルの大きさと厚さによる相違を調べた。基本的な試験法に関しては JIS と ASTM の基準に沿って行った。

供試体の準備：モールドとして桁形木箱を用いる。それは硬化した供試体が容易に取り出せるように側板と底板が取り外し可能となった。リサイクル骨材のタイプを試料にマークし、打ち込みの日時を記録しておいた。必

要量の乾燥砂とセメントをバット内で混合しながら適量の水を少しずつ加えていった。モールドの側板には供試体の脱着を容易にするために打ち込み前にグリースを塗布した。ふるい (No. 8, 網目の大きさ 2.38mm) を通過した細粒率 2.33 の川砂と普通ポルトランドセメントを使用した。すべての供試体に対して水/セメント比は 0.5, セメント/砂比は 0.5, 0.25, 0.125 (いずれも重量比) とした。正方形ワイヤーメッシュと六角形ワイヤーメッシュ (チキンメッシュ) を適当な大きさのサイズに切りそろえた。モールドの底に砂セメントモルタルを敷き広げ、その上に一枚目のメッシュを置きさらにモルタルを重ねた。このようにして作成した供試体を 24 時間空気乾燥させたのち水中養生を行った。

透水試験法：水平方向の水流に対してポーラスなセメント複合材の透水係数を測定した。水の出入口を除いて供試体の外側表面をエポキシで止水してから透水試験器内に供試体を設置した。次いで、受圧プレート、パーティションプレート、ゴム製ガasket を、また、供試体に 1 Mpa の圧力与える受圧プレートの先端に空気圧ボックスを取り付けた。供試体内における水量を求めるためにマンメーターをセットしたが、マンメーター内の水面は大気圧に接しているのでマンメーターと圧力室内の水は 0.69MPa の圧力を受けることになった。

4. 研究成果

メッシュで補強した穴なし「コントロール」セメント複合材は図 1 に示す。このセメント複合材のせん断試験結果は図 2 に示す。

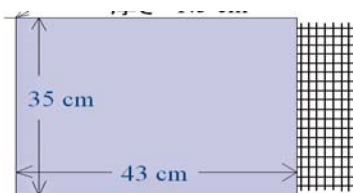


図 1. コントロールセメント複合材(35cm×43cm=1505 cm²)

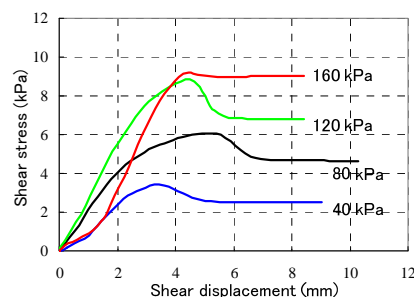


図 2. コントロールセメント複合材のせん断変位～応力関係

ポーラスセメント複合材「穴1」のパネルを図3に示す。このセメント複合材のせん断試験結果は図4に示す。

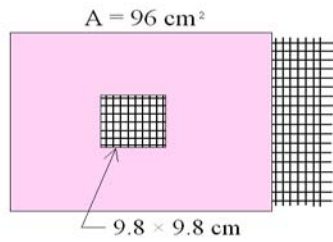


図3. ポーラスセメント複合材「穴1」のパネル (hole size, 9.8×9.8cm=96 cm²)

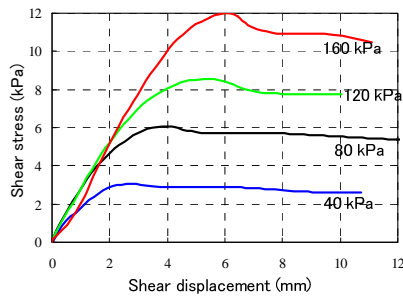


図4. ポーラスセメント複合材「穴1」のせん断変位～応力関係

ポーラスセメント複合材「穴6」のパネルを図5に示す。このセメント複合材のせん断試験結果は図6に示す。

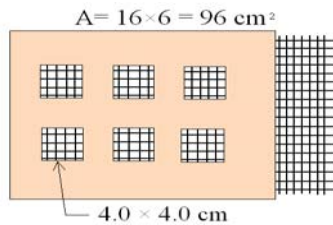


図5. ポーラスセメント複合材「穴6」のパネル (hole size, 16×6cm=96 cm²)

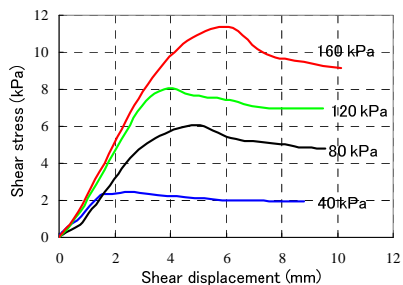


図6. ポーラスセメント複合材「穴6」のせん断変位～応力関係

ポーラスセメント複合材「穴24」のパネル

を図7に示す。このセメント複合材のせん断試験結果は図8に示す。

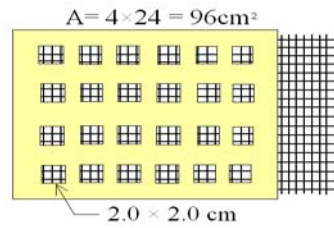


図7. ポーラスセメント複合材「穴24」のパネル (hole size, 4×24cm=96 cm²)

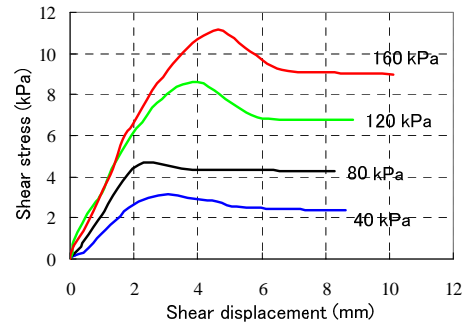


図8. ポーラスセメント複合材「穴24」のせん断変位～応力関係

ポーラスセメント複合材はコントロールパネルより大きい表面摩擦抵抗を發揮していることが確認した「図9」。

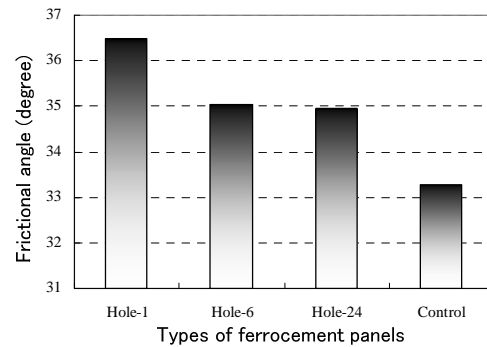


図9. 表面摩擦抵抗の比較

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 23 件)

1. Hossain, M.Z. and Islam, M.P.: Cracking Stress and Bending Moment in Flexural Ferrocement Elements, Int. Journal of Characterization and Development of Novel Materials, Nova Science Publishers, Inc.,

- New York. USA, ISSN: 1937-7975, 2010, Vol.1, No.4, pp.1-16. 査読有
2. Hossain, M.Z.: A Study on Thin Cementitious Composite (TCC) Materials For Soil Reinforcement Applications, Australian Journal of Agricultural Engineering, Southern Cross Publisher, Australia, ISSN:1836-9448, 1(4): 153-159, 2010. 査読有
 3. Hossain, M.Z. and Awal, A.S.M.A.: Flexural Response of Hybrid Carbon Fiber Thin Cement Composites, Construction & Building Materials, Elsevier Science, 25(2), ISSN: 0950-0618, 2010, pp.670-677. 査読有
 4. Hossain M.Z. and Islam, M.Z. Embankments Failure in Bangladesh: Causes and Recommendations, Indian Journal of Power and River Valley Development, Vol.60, No.10, Oct. 2010, pp. 166-171, ISSN: 0019-5537, 査読有
 5. Rokonuzzaman 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, Transactions of JSIDRE, No.265, pp.9-16, 2010. ISSN: 387-2335, 査読有
 6. Rokonuzzaman 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. ISSN : 0289-7806, Japan Society of Civil Engineers. 査読有
 7. Hossain, M.Z. Pullout Response of Ferrocement Members Embedded in Soil, *ACI Material Journal*, Vol.105, No.2, pp.115-124, 2008. ISSN: 0889325. 査読有
 8. Hossain, M.Z., Islam, M.T., Sakai, T. and Ishida, M: Impact of Tropical Cyclones on Rural Infrastructures in Bangladesh, *Agricultural Engineering International, CIGRE Journal*, Vol.10, No.2, 2008, pp.1-13. ISSN: 1682-1130, 査読有
 9. Hossain, M.Z.: A Potential Composite Material for Possible Applications in Earth Reinforcement, *Agricultural Engineering International, CIGRE Journal*, Vol.10, No.36, 2008, pp.1-18. ISSN: 1682-1130, 査読有
 10. Hossain, M.Z., and Sakai, T.: Severity of Flood Embankments in Bangladesh and Its Remedial Approach, *Agricultural Engineering International, CIGRE Journal*, Vol.10, No.37, 2008, pp.1-11. ISSN: 1682-1130, 査読有
 11. Imai, D., Dabwan, A.H.A., Kaneco, S., Katsumata, H., Suzuki, T., Hossain, M.Z., Nakashima, K., Kato, T. and Ohta, K. Disposal of Sea Bottom Sediments by Use as Raw Material for Concrete Elements, *Agricultural Engineering International, CIGRE Journal*, Vol.10. No.52, 2008, pp.1-15. ISSN: 1682-1130, 査読有
 12. Islam, M.P., Hussain, M.D., Chhetri, A.B., Islam, M.R. and Hossain, M.Z. Waste Water Discharge and Its Management for Reuse in a Periurban Area of Bangladesh, *Journal of Natural Science and Sustainable Technology*, Vol.3, No.2, pp.1-19, 2008. Nova Science Publishers, Inc., New York. ISSN: 1933-0324, 査読有
 13. Hossain, M.Z. and Sakai, T.: The Effectiveness of Nominal Dosage of Ordinary Cement on Strength and Permeability of Clayey Soil, *Journal of Soil Physics*, Vol.110, pp.1-13, 2008, ISSN: 0387-6012. 査読有
 14. Islam, M.P., Bhuiyan, M.K.H. and Hossain, M.Z.: Vetiver Grass as a Potential Resource for Rural Development in Bangladesh, *Agr. Eng. Int., J.*, Vol.10, pp.1-18, 2008. 査読有
 15. Hossain, M.Z. and Sakai, T.: Influence of Water Content on the Behavior of Soil-Reinforcement Interaction, *Technology Updates Journal, Angels University*, Vol.3, pp.61-73, 2008 ISSN: 1656-1112. 査読無
 16. Hossain, M.Z. A Comparative Study on Pullout Behavior of Reinforcements for Effective Design of Reinforced Soil Structures, *International Agricultural Engineering Journal*, 2007, Vol.16, No.3, pp.123-138. ISSN: 0858-2114. 査読有
 17. Hossain, M.Z. and Inoue, S.: Determinate Method for Slope Stability Analysis of Earthen Structures, *International Agricultural Engineering Journal*, 2007, Vol.16, No.1, pp.15-24. ISSN: 0858-2114. 査読有
 18. 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, No.89, 2007, pp.1-15. ISSN: 1682-1130, 査読有
 19. Hossain M.Z. and Awal A.S.M.A.: Role of Ashes From Oil-Palm Waste in Concrete, *Transactions of JSIDRE*, No. 252, pp.17-24, 2007, ISSN: 387-2335. 査読有
 20. 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*, 5 (2), pp.116-126,

2007. ISSN: 1810-1860. 査読有
21. Hossain, M.Z. and Tsukioka, T.: Development of Design Equations for Flexural Young's Modulus of Thin Cementitious composites Reinforced with Different Types of Meshes, *Journal of Ferrocement*, Vol.36, No.3, 2006, pp.849-860, ISSN: 0125-1759. 査読有
 22. Hossain, M.Z., Narioka, H. and Sakai, T.: Effect of Ordinary Portland-Cement on Properties of Clayey Soil in Mie Prefecture, *Journal of Soil Physics*, Vol.103, pp.31-38, 2006, ISSN: 0387-6012. 査読有
 23. Hossain, M.Z., Sakai, T and Paramasivam, P.: Bearing Capacity of Thin Cementitious composites Reinforced with Different Types of Meshes, *Journal of Ferrocement*, Vol.36, No.3, 2006, pp.833-848, ISSN: 0125-1759. 査読有

[学会発表] (計 25 件)

1. Hossain M.Z. Improvement of Akogi Volcanic Soil Applying Nominal Dosage of Ordinary Portland Cement, *Proc. of 3rd International Conference on Problematic Soils*, April 7-9, 2010, Adelaide, Australia, pp.163-170. ISBN: 978-981-08-5197-2
2. Hossain M.Z. A Study On Composite Technology For Earth Slope Protection, *Proc. of 7th International Conference on Ground Improvement Techniques*, June 23-25, 2010, Seoul, Korea, pp.199-208. ISBN: 978-981-08-5201-6
3. Hossain, M.Z. Development of A Small-Scale Universal Apparatus For Evaluating Soil-Structure Interaction, IAEC 2010 International Agricultural Engineering Conference, Shanghai, China, Sept. 17-20, 2010, pp.143-155.
4. Hossain, M.Z. Development of New Technology for Flood Disaster Mitigation In Bangladesh, Proceedings of the Int. Conf. on Prediction and Simulation Methods for Geohazard Mitigation, IS-Kyoto 2009, May 25-27, pp.445-450. ISBN: 978-0-415-80482-0
5. Islam, T, Hossain, M.Z. Ishida, M. Effect Of Tropical Cyclones On Agriculture And Socio-Economic Conditions Of Rural People In Bangladesh, Proc. of the First International Conference on Indian Ocean Tropical Cyclones and Climate Change, Muscat, Sultanate of Oman, 8-11 March, 2009, pp.82-87.
6. Hossain M.Z. Shear Behavior of Porous Ferrocement Panels, Proc. of Int. Conf. on Ferrocement and Thin Reinforced Cement Composites, Ferro-9, Bali, Indonesia, May 18-19, 2009, pp.387-398. ISBN: 978-0-415-80482-0
7. Hossain M.Z. Development of Ferrocement Technology for Earths Slope Protection, Proc. of Int. Conf. on Ferrocement and Thin Reinforced Cement Composites, Ferro-9, Bali, Indonesia, May 18-19, 2009, pp.443-454. ISBN: 978-0-415-80482-0
8. Takahashi, N. and Hossain M.Z. A Study on the Utilization of Waste Materials for Environmental Conservation, Proc. Of the 16th Tri-University International Joint Seminar and Symposium, Mie University, Japan, Oct. 19-22, 2009., sl.18, pp:1-4.
9. Hossain, M.Z.: Landslides in Hilly Areas of Bangladesh: Causes and Recommendations, *Proc. of 5th International Conference on Landslides, Slope Stability and the Safety of Infrastructures*, Keynote Speaker, Kuala Lumpur, Malaysia, July 23-27, 2008, pp. 101-106, ISBN: 978-981-08-0410-7.
10. Hossain, M.Z., Islam, M.Z. and 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 D.C. Aug. 11-16, 2008, No.2.23, ISBN:1-887009-14-0.
11. Hossain, M.Z.: Recent Case Studies on Devastating Landslides in Chittagong, Bangladesh, Proc. of Int. conf. on Management of Landslide Hazard in the Asia-Pacific Region, Japan Landslide Society, Tsuchitai Campus, Tohoku-Gakuin University, Sendai, Miyagi, Japan, Nov.11-15, 2008.
12. Hossain, M.Z. and Sakai, T.: Properties and Scanning Electron Micrographs of Ashes From Oil Palm Wastes, *Proc. of the National Conference of the Japanese Society of Irrigation, Drainage and Reclamation Engineering*, JSIDRE, Shimane, pp.786-787, Aug. 28-30, 2007.
13. Hossain, M.Z., Sakai, T. and Awal A.S.M.A.: SEM images and chemical analyses of palm oil fuel ashes for their likely pozzolanic properties in concrete, *Proc. of 1st International Conference on Recent Advances on Concrete Technology*,

- Arlington, VA, Washington D.C. USA. 19-21, Sept., 2007, pp.95-100.
14. 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*, 3-6 Dec., Bangkok, 2007, IAEC Rec.370, p.23,7 pages, printed in CD ROM. ISBN: 974-93752-6-2.
 15. Hossain, M.Z.: A Potential Material for Earth Reinforcement, *Proc. of the 13th Asian Regional Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*, Kolkata, INDIA, 10-14th Dec., 2007.
 16. Hossain, M.Z. and Rokonuzzaman, M.: Durability Test of Ferrocement Elements in Cyclic Heating Condition for Observation of Crack-Stress Variation, *Proc. of the International Conference on Ferrocement and Laminated Composites*, 6-8 Feb., Bangkok, 2006, pp.473-484. ISBN:974-93905-1
 17. Hossain, M.Z., and Tsukioka, S.: Development of Design Equations for Flexural Young's Modulus of Thin Cement Composites Reinforced with Different Types of Wire Meshes, *Proc. of the International Conference on Ferrocement and Laminated Composites*, 6-8 Feb., Bangkok, 2006, pp.53-64. ISBN:974-93905-1
 18. Hossain, M.Z. and Kajisa T.: Development of Ferrocement Elements for Soil Reinforcement Applications, *Proc. of the International Conference on Ferrocement and Laminated Composites*, 6-8 Feb., Bangkok, 2006, pp.377-388. ISBN:974-93905-1
 19. Hossain, M.Z., Sakai, T. and Narioka, H.: Design Equations of Steel and Hybrid Mesh Reinforced Cement Composites in Flexure, *Proc. of the International Conference on Steel, Space and Composite Structures*, 15-17 May, Kuala Lumpur, 2006, pp.105-113. ISBN: 981-05-5559-8
 20. Hossain, M.Z., Sakai, T. and Narioka, H. Comparison of Pullout Resistances of Reinforcements for Reinforced Soil Structures, *Proc. of the 16th International Offshore and Polar Engineering Conference and Exhibition*, 28 May- 2 Jun, San Francisco, USA, 2006, Vol.2, pp.400-407. ISBN: 1-880653-66-4
 21. Rokonuzzaman, M., Hossain, M.Z., Kajisa T. and Z. Gürdal, Z.: Optimization of laminate stacking sequence for buckling load of thin-walled laminated composite beam using genetic algorithm and finite element analysis, *Prof. of Int. Conf. on Steel, Space and Composite Structures*, 15-17 May, Kuala Lumpur, 2006, pp.519-526. ISBN: 981-05-5559-8
 22. Rokonuzzaman, M., Hossain, M.Z., Kajisa T. and Z. Gürdal, Z.: Weight minimization of ferrocement-laminated plate using genetic algorithm, *Proc. of Int. Conf. on Steel, Space and Composite Structures*, 15-17 May, Kuala Lumpur, 2006, pp.511-517. ISBN: 981-05-5559-8
 23. Hossain, M.Z., Sakai, T.: Flexural Behavior of Carbon Fiber Cement Composites, *Proc. of 6th Asia Pacific Structural Engineering and Construction Conference*, 5-6 Sept. Kuala Lumpur, pp.1-15, 2006.
 24. Hossain, M.Z., Sakai, T.: The Usefulness of Nominal Cement on Bearing Capacity and Modulus of Deformation of Clayey Soil, *Proc. of 2nd International Conference on Problematic Soils*, 4-5 Dec. Kuala Lumpur, pp.171-177, 2006, ISBN: 981-05-5561-4.
 25. Hossain, M.Z. and Sakai, T.: Design of Ferrocement Elements for Soil Reinforcement, *Proc. of the National Conference of the Japanese Society of Irrigation, Drainage and Reclamation Engineering*, JSIDRE, Utsunomiya, pp.586-587, Aug. 8-11, 2006.
- [図書] (計2件)
1. Hossain, M.Z.: 英語で学ぶフェロセメントとセメント複合材: 解析、設計と応用、I S B N : 978-4-88361-677-0 C3040, 株式会社 三恵社、名古屋, 2009, 総ページ数 218.
 2. Hossain, M.Z.: Environment-Friendly Cement Composite (EFCC) for Soil Reinforcement and Earth Slope Protection, Nova Science Publishers, Inc. New York, USA, pp.1-156, 2010. ISBN: 978-1-60741-956-3.
6. 研究組織
 (1)研究代表者
 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