

機関番号：14501

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2008 ～ 2010

課題番号：20380135

研究課題名（和文） 環境に優しく安価で力学的に安定したため池コア用土ブレンド技術の確立と検証

研究課題名（英文） Confirmation and verification for blend technique for impermeable soil material of core zone with environmentally-friendly, low cost and mechanical stable

研究代表者

内田 一徳（UCHIDA KAZUNORI）

神戸大学・大学院農学研究科・教授

研究者番号：80111946

研究成果の概要（和文）：

環境に優しく安価で力学的に安定したため池コア用土のブレンド技術を確立するために、兵庫県内のため池の底泥土の成分調査とブレンド供試体の強度・透水特性を調査した。その結果、ため池底泥土を母材としたブレンド材料は、ため池のコア用土として使用できる可能性が高いことが明らかになった。さらに、地域の産業廃棄物を含めた、ブレンド材料の力学特性を詳細に検討した。最後に、現有の大型土質改良機を用いて、ため池の現場で混練試験を行い、その有効性を検証した。

研究成果の概要（英文）：

This study shows new blending techniques for producing impermeable soil material for core zone, using the muddy soil deposited in the bottom of irrigation ponds, the old banking material lacking fine-grain fraction, fly ash, and granulated blast furnace slag, cement, etc. Judging from the results of unconfined compression tests and permeability tests, it was found that the new blending material can be used for core zone material sufficiently. Additionally, in an actual irrigation embankment construction site, field tests were conducted using large soil mixing machines. It was found that these large machines were useful for getting impermeable core material.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	8,200,000	2,460,000	10,660,000
2009年度	3,600,000	1,080,000	4,680,000
2010年度	2,700,000	810,000	3,510,000
総計	14,500,000	4,350,000	18,850,000

研究分野：農学

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：ため池，環境負荷，リサイクル，コスト縮減，低泥土，一軸圧縮試験，透水係数，現場実験

## 1. 研究開始当初の背景

平成16年10月20日の台風23号による豪雨で、淡路島の181個のため池が決壊したことは記憶に新しい。この災害を受け当研究開始当初の背景は以下の通りである。

- (1)本来、洪水防止機能をもつため池が災害要因になったため池もあり、減災・防災が急務である。
- (2)全国で23万個、兵庫県で4万4千個あるため池の多くが老朽化しており、早急な改

修が必要である。

- (3)さらに、地球温暖化に伴い、集中豪雨や台風の影響は今後ますます増加する可能性が高い。
- (4)越流したが決壊しなかったため池を調査した結果、堅固なコア層と下流側に洗掘防止ランダム層（礫材または腰石など）が必須であることが判明した。
- (5)兵庫県、特に淡路島北部は、適切なコア用土が不足しており、高価な粘土質用土を購入して遠距離運搬しているのが現状である。よって、高い経費と運搬時の交通事故・騒音が強く懸念される。
- (6)ため池改修においても、地域環境や生態系への配慮が求められており、水質改善も強く求められている。
- (7)フライアッシュやスラグなど、比較的容易に入手可能な材料は、ポズラン潜在水硬性を有するため耐摩耗性に優れ、まさ土舗装などに利用実績をもつ。しかもゼオライトとしての脱リン効果による水質浄化機能を発揮できる特徴を有する。
- (8)砕石粉も容易かつ多量に入手でき、安定した細粒分として高流動化コンクリートなどに利用が検討されている。このような汎用性の高い材料の異様に関する検討の価値がある。
- (9) 池敷底泥土は、地球温暖化に強く影響するメタンを発生し、悪臭や水質悪化、生態系への悪影響をもたらしているため、環境負荷を低減するために改善・除去が急務である。

## 2. 研究の目的

1. で述べた研究開始当時の背景を受けて、環境に優しく安価で力学的に安定したため池用コア材料を確保するためのため池底泥土を主体としたコア用製造用ブレンド技術の研究開発ならびにその検証が、当課題における主目的である。

以下により具体的な個別目的を以下に示す。

- (1) 実際のため池底泥土を用いて、各種配合に際する含水比や強度など、取り扱いに関する問題点を把握し、改良可能方法を検討する。
- (2) 産業廃棄物と底泥土を主体とした混練時の物理・化学的問題点を把握し、効率的な混練装置を開発し、その改良土の各種試験の供する。
- (3) 現有の大型混練機械を使用する際の問題点を抽出し、混練回数と物理的諸数値との関連性を明らかにする。

## 3. 研究の方法

2008年度から2010年度までの各期間の研究の方法を以下に示す。

### (1)2008年度

- ①ブレンド材料確保と試験設備の整備、ブレンド試験を行う。締固めモールドから抜き出した供試体をそのまま試験できるように、現有の中空ねじり試験装置と大型三軸透水試験装置のペDESTALや載荷ラム・モータなどを大型化し、改良する。
- ②試作経験を基にして、瞬時水分計の設置位置やミキサーのブレード形状を工夫し、ブレード先端の多くの孔から空気や水を噴出させることによって、均質混合と最適水分量の調節可能なミキサーを試作する。
- ③対象とするため池は、兵庫県の協力を得て、3つ以上を選定する。なお、農業生産に支障が出ないように、池敷底泥土や堤体盛土材の採取時期を検討する。
- ④池敷底泥土の採取・分析、ミキサー試作、試験機改良、フライアッシュ・砕石粉などの最適ブレンド割合決定（締固め試験・一軸圧縮試験）、顕微鏡観察。
- ⑤中空ねじり試験・大型三軸透水試験による検証、透過水質分析（長期安定性・水質浄化機能の検証）、顕微鏡観測、実在ため池での現場検証試験、成果発表、まとめ

### (2)2009年度

- ①ため池による底泥土の成分のばらつきを考慮したブレンド技術の実験精度を高めるために、乾燥重量でブレンド比を制御する。
- ②兵庫県で代表的な皿池の底泥土をサンプリングし、各種実験を遂行する。
- ③兵庫県エコタウン推進協議会の協力を得て、地域産業廃棄物を農業水利事業分野への展開を念頭におき、ブレンド材料としての使用の可否を検討する。
- ④水質分析と同時に混合ブレンド材料の結合状態観測を高倍率顕微鏡で観測し、フライアッシュの潜在水硬性を検証する。
- ⑤大型三軸透水試験装置を用いて、変水位試験法により種々の動水勾配に対する透水係数を定量的に検討する。
- ⑥ため池改修に使用可能な最適ブレンド比の決定のため、一軸圧縮試験を実施する。

### (3)2010年度

- ①実際の現場規模での混練精度を確認するために、現有の大型土質改良機を用いて、現場配合試験を行う。
- ②一軸圧縮試験ならびに含水比、湿潤密度のバラツキから、現場混練機械性能を評価する。

## 4. 研究成果

2008年度から2010年度までの期間の研究成果概略を年度別に以下に示す。

(1)2008 年度

- ① 締固めモールドから抜き出した供試体をそのまま試験できるように、現有の中空ねじり試験装置を改良した。
- ② 試作経験を基にして、ミキサーのブレード形状を工夫し、ブレード先端の多くの孔から空気や水を噴出させることによって、均質混合と最適水分量の調節可能なミキサーを試作した。
- ③ 兵庫県ならびに兵庫土地改良連合会の協力を得て、三木市のため池から池敷底泥土および堤体盛土材を採取し、フライアッシュと碎石粉、まさ土などを確保した。
- ④ 各ブレンド材料の鉱物成分や物理特性、粒度分布を分析した。
- ⑤ 試作したミキサーを用いて、池敷底泥土および堤体盛土材の賦存量をもとに、なだらかで幅広い粒度分布曲線が得られるように、フライアッシュと碎石粉、まさ土などのブレンド材料割合を変えて混合した。
- ⑥ 一軸圧縮強度や含水比などから、ブレンド材料の最適混合割合を検討した。
- ⑦ 改良した中空ねじり試験装置や三軸透水試験装置を用いて、力学特性や透水特性を定量的に検討した。この結果、最適ブレンドコア用土は十分な透水性と力学的強度を有することが判明した。
- ⑧ フライアッシュの水辺利用時に問題となる溶出成分（ホウ素・フッ素・ヒ素・セレン）について、原子吸光法などの精密機器による定量分析を行った。
- ⑨ パックテストによる各種ブレンド材料の溶出成分の簡易分析を行い、精密機器分析との相関性を検討した。この結果、ややばらつきはあるものの、かなりの相関性があることがわかった。
- ⑩ 溶出成分分析の結果、セメントと石灰の混合により、上記成分の溶出を環境基準以下に抑制できることがわかった。セメントと石灰は高含水比の池敷底泥土の含水比低下にも有効であり、ブレンド材として好都合であることが明らかになった。

(2)2009 年度

2009 年度は、安定したコア用土を得るために、堤体盛土材や農業分野での利用拡大が望まれている高炉水砕スラグを母材とし、池敷底泥土、生石灰、フライアッシュをブレンド材とし、その適用性を検討した。また、各種ブレンド試料を対象に各々、最大乾燥密度かつ最適含水比でφ 50mm×h100mm の供試体を 3 本作製し、載荷速度 1.0mm/min で載荷した。トラフィカビリティを考慮し、 $q_u=65\text{kN/m}^2$  を基準として、ブレンド比を検討した。また、水硬性を有する供試体に対しては、3, 7, 28 日間養生した供試体を対象とし試験を実施した。

その結果、以下のことが明らかになった。

- ① 一軸圧縮強度を満たしていないまさ土やスラグに対して底泥土を添加することで、コア用土としての必要な強度が得られる。
- ② 生石灰や FA を添加することにより、さらに長期的で大きな強度増加がみられた。生石灰は、初期の強度発現に関与し、FA は長期強度発現に関与している。しかしながら、生石灰と FA の添加割合には注意が必要である。
- ③ まさ土とスラグの一軸圧縮強度の相違は、

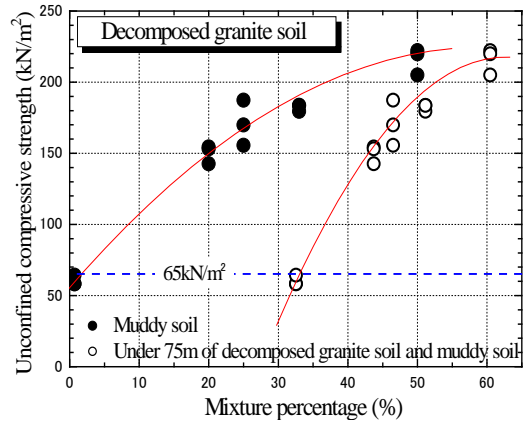


図 1. Unconfined compression test

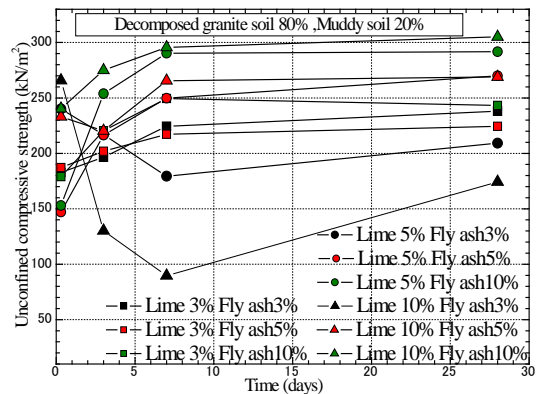


図 2. Unconfined compression test

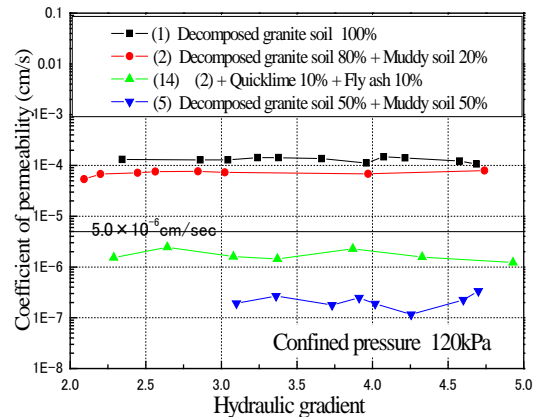


図-3. Permeability test

粘着力 $c$ ならびに表面吸水率が大きく関与している。また、スラグと底泥土を混合する際には、均一にブレンドできるような技術が必要である。

### (3)2010年度

当研究課題の成果は最終的に現場への適用が極めて重要であるため、2010年度後半には、実際に改修予定されているため池を対象に、そのコア用土への利活用に関して、特に自走式大型混練重機を用いたコア用土の作成に関して、作成される用土の品質のバラツキや作業効率などについて大規模な現場試験を遂行した。

その結果以下のことが明らかになった。

- ① 混練重機には、粘性土地盤を対象とした現行の日立建機(株)製 SR-G2000 を使用し、現場レベルでの混練精度の評価を行った。
- ② まさ土とスラグの一軸圧縮強度の相違は、粘着力 $c$ ならびに表面吸水率が大きく関与している。
- ③ また、スラグと底泥土を混合する際には、均一にブレンドできるような技術が必要である。
- ④ 具体的には、混練機への底泥土ならびに旧堤体土を1～10回混練装置を通過させ、それらの混合土から供試体を作成し、湿潤密度と含水比を測定し、混練のバラツキについて評価を行った。



写真1 大型混練機 (SR-G2000)

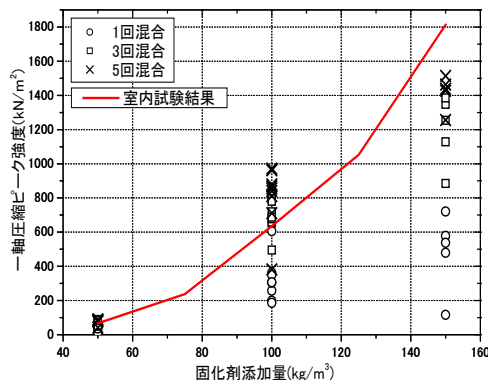


図4 固化剤添加量や混練回数によるピーク強度変化

- ⑤ 池敷底泥土、旧堤体盛土材に加えてセメント系固化材の3種を用いたブレンド材の強度試験を行い、セメント系固化剤を用いた場合の配合割合や含水比などを変化させた長期強度試験結果から判断し、十分現場で使用可能であることが明らかになった。

### 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4件)

- ① 内田一徳, 松田光平, 岩出郁美, 宮川智弘, 河端俊典, 井上一哉: ジオグリッドを用いた補強地盤の透水特性に関する実験的研究, ジオンセンセティックス論文集, 査読有, Vol.24, 2009, pp.49-54 (with English Abstract)
- ② Kawabata,T., Suzuki,M., Uchida,K. and Suzuki,T.: Mechanical behavior of blended geo-materials for impermeable core zone of small earth-fill dams using recycled materials, International Symposium on Deformation Characteristics of Geomaterials, 査読有, 2011, Seoul, Korea
- ③ Kawabata,T., Suzuki,M., Suzuki,T. and Uchida,K.: Creation of the Soil for Impermeable Core Zone for Earth-fill Dams, Proceedings of 20th International Offshore and Polar Engineering Conference, ISOPE2010, 査読有, 2010, Beijing, China
- ④ Uchida,K., Matsuda,K., Kawabata,K., Inoue,K., Iwade,I., Miyakawa,T. and Matsukawa,T.: Evaluation of Permeability for Reinforced Ground with Geogrid, Proceedings of 19th International Offshore and Polar Engineering Conference, ISOPE2009, 査読有, 2009, Osaka

[学会発表] (計9件)

- ① 鈴木麻里子, 河端俊典, 吉原正博, 常友永市, 内田一徳: ため池コア部への底泥土再利用に大型混練機を用いる検討, H23年度農業農村工学会大会講演会要旨集, 2011.09(九州大)
- ② 鈴木麻里子, 河端俊典, 吉原正博, 常友永市, 内田一徳: 大型混練機を用いたため池底泥土のコア材への適用に関する一考察, 46回地盤工学研究発表会論文集, 2011.07(神戸)
- ③ 内田一徳, 鈴木麻里子, 河端俊典: 環境に配慮したブレンドコア用土の力学挙動に関する検討, 45回地盤工学研究発表会論文集, 2010.08(松山)
- ④ 内田一徳, 中川慶, 河端俊典, 岩出郁美, 岩崎善之: ブレンドしたため池コア

用土の力学特性に関する検討，第44回地盤工学研究発表会論文集，2009.08（横浜）

- ⑤ 内田一徳，齊田洋之，河端俊典，岩出郁美，鈴木麻里子，鈴木武志：ブレンドしたため池コア用土の溶出成分特性に関する検討，第44回地盤工学研究発表会論文集，2009.08（横浜）
- ⑥ 内田一徳，河端俊典，松田光平，宮川智弘：底樋周辺におけるベントナイトの膨潤特性および遮水効果の検討，第44回地盤工学研究発表会論文集，2009.08（横浜）
- ⑦ 内田一徳，中川慶，岩出郁美，河端俊典，岩崎善之：産業廃棄物をブレンドしたコア用土の力学特性に関する実験的検討，H21年度農業農村工学会大会講演会要旨集，2009.08(筑波大)
- ⑧ 松田光平，内田一徳，河端俊典，宮川智弘：ベントナイトの膨潤特性および遮水効果によるプレキャスト底樋改修工法の検討，H21年度農業農村工学会大会講演会要旨集，2009.08(筑波大)
- ⑨ 内田一徳，岩出郁美，河端俊典，齊田洋之，鈴木麻里子：産業廃棄物をブレンドしたコア用土の水質特性に関する実験的検討，H21年度農業農村工学会大会講演会要旨集，2009.08(筑波大)

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.research.kobe-u.ac.jp/ans-soilenv/index.htm>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

内田 一徳 (UCHIDA KAZUNORI)  
神戸大学・大学院農学研究科・教授  
研究者番号：80111946

### (2) 研究分担者

河端 俊典 (KAWABATA TOSHINORI)  
神戸大学・大学院農学研究科・准教授  
研究者番号：20335425