



A Study on Mechanical Properties of New Environmentally-friendly Construction Materials

Suzuki, Mariko

(Degree)

博士 (農学)

(Date of Degree)

2015-03-25

(Date of Publication)

2016-03-01

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

甲第6341号

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D1006341>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



別紙様式3 (博士論文審査等内規第2条関係)

博士論文内容の要旨

氏 名 鈴木 麻里子

専攻・講座 食料共生システム学専攻 生産環境工学講座

論文題目 (外国語の場合は、その和訳を併記すること。)

A Study on Mechanical Properties of New Environmentally-friendly Construction Materials

(環境に配慮した新しい建設材料の力学特性に関する研究)

指導教員 河端 俊典

農業と環境には強い結びつきがあり、生産性を高めるために技術革新が行なわれる一方で、環境に負荷を与えていた。1980年代後半から環境問題に対する意識が高まり、近年、農業分野でも‘持続可能な農業’という考えに注目が集まっている。

本研究では、環境に配慮した新しい土木材料の力学特性に関する研究と題し、農業工学分野における環境問題へのアプローチを試みた。本論文は二部構成(全6章)になっており、第一部(2章、3章)では、ため池汚泥を再利用した改良土に関する研究、第二部(4章、5章)では、生分解性樹脂コンクリートに関する研究について述べる。

1. ため池汚泥を用いた改良土に関する研究

ため池は食糧供給において重要な役割を担っており、古くから多く構築され、現在、全国に約21万個ため池が存在している。特に、兵庫県下では、全国で最も多い、約4万4千個のため池がある。これら多くのため池が老朽化という問題を抱えており、地震や台風などによって大きな被害を受けている。そこで早急な改修が必要であるが、ため池改修を実施する上で、適切なコア用土の確保が課題として存在する。また、築造年代が古く老朽化したため池には、底泥土が堆積しており、悪臭や貯水量低下の原因となっている。

このようなため池を取り巻く負の環境を解決するために、本研究では、環境に優しく安価で力学的に安定した改良土の創出を目標に、現場発生土である底泥土と旧堤体盛土材の再利用を検討した。

① 室内試験(2章)

底泥土と旧堤体盛土材の適切なブレンド割合を明らかにするために、様々な割合で作製された改良土に対して一軸圧縮試験や透水試験などを実施するとともに、生石灰や産業廃棄物であるフライアッシュの混和材としての有用性を検討した。また、SEMによって改良土の構造を微細に観察した。

各試験の結果、底泥土と旧堤体盛土材の改良土がため池コア用土として十分な強度と遮水性を有するためには、適切な細粒分の割合を有し、最適な含水比で均質に混合されることが必要であることがわかった。また、生石灰やフライアッシュを混合するとケイ酸カルシウム水和物が生成され緻密構造になり、更に大きな強度が発現されることがSEMにより明らかとなった。

② 現場試験(3章)

実施工を考慮し、均質材料が必要なコア用土作製に、大型混練機を用い現場作製した混合土のバラツキを評価し現場への適用性を検討した。その結果、混練回数を増加させることによって、一軸圧縮強度増加が見られた。また、バラツキが小さくなることも明らかとなった。よって、均質な試料が必要なため池コア用土作製に、大型混練機を用いる場合、1回混練ではなく3回以上混練することが不可欠であることがわかった。

2. 生分解性樹脂コンクリートに関する研究 (4章, 5章)

施工時に使用された矢板などの仮設資材は、通常、施工完了後に引抜き撤去されるが、撤去時に近接構造物への影響が懸念される場合など、安全性を考慮して残置されるケースが増加している。しかしながら、地中に残存された不要構造物は、再開発時に障害物や廃棄物となり、土地の有効利用上の阻害要因に繋がる可能性がある。このような社会的背景を受け、骨材と微生物によって分解可能な樹脂からなる生分解性樹脂コンクリートを矢板や杭材などの仮設資材に適用することを考案した。

本論文では、生分解性樹脂コンクリートの力学特性に関する基礎的研究の先駆けとして、生分解性樹脂コンクリートの強度変化とそのメカニズムを解明することを目的に、樹脂の種類、板厚、樹脂混合率、分子量や埋設土の種類などを変化させ、三点曲げ試験や圧縮試験、微生物量測定などを実施した。その結果、暴露期間の経過にともない生分解性樹脂コンクリートの曲げ強度と圧縮強度が低下することが明らかとなった。強度低下傾向と微生物量には相関関係がなかったことや、空気中では劣化しなかったことから、強度低下を引き起こす最大の原因は水であると結論付けた。また、強度試験後の破断面の詳細な観察より、樹脂部からの骨材の剥離が確認され、骨材と樹脂の付着力の低下が強度低下に繋がることが示唆された。しかしながら、表面劣化や質量変化傾向と微生物量には相関性が見られたため、生分解性樹脂コンクリートの劣化には様々な外的要因が関係していることが考えられた。このような様々な外的劣化要因を包括できる劣化モデル式を作成するために、本論文では、ワイブル分布を用いた統計的劣化推定モデルを作成し、長期的な劣化予測も試みた。

本研究の最終目標は、生分解性樹脂コンクリートを仮設資材へ適用することである。そこで、生分解性樹脂コンクリートの実用化にむけて、本研究では生分解性樹脂コンクリートパイプを作製した。生分解性樹脂コンクリートパイプの実現により、非開削推進工法への貢献が期待できる。本論文では、管軸方向圧縮試験、円周方向圧縮試験を実施した。その結果、生分解性樹脂コンクリートパイプは、十分な初期強度を発現し、暴露後には、再開発に支障をきたさないほどの強度低下が見込めることが明らかとなった。

生分解性樹脂コンクリートに関する本研究は、スタートしてから2年ほどしか経過しておらず、温度や光、紫外線など他の劣化要因から受ける影響に関しては未解明なままである。しかしながら、本論文では、微生物や水による分解について考察を深め、十分な強度低下が得られることが明らかとなった。よって、生分解性樹脂コンクリートは、今後の更なる研究により、大きな貢献が期待できる新しい土木材料である。

氏名	鈴木麻里子		
論文 題目	A Study on Mechanical Properties of New Environmentally-friendly Construction Materials (環境に配慮した新しい建設材料の力学特性に関する研究)		
審査委員	区分	職名	氏名
	主査	教授	河端 俊典
	副査	教授	田中 勉
	副査	准教授	井上 一哉
	副査	理事	内田 一徳
副査			

印

要 旨

環境に関する多くの課題が、社会問題として具体的に取られるようになって四半世紀近くになるが、道路・鉄道・ダム・空港などの社会基盤に関わる建設事業ばかりではなく、営農の基盤である農業水利施設の維持管理に関する多くの課題に対しても、低環境負荷すなわち材料の再利用やコスト縮減などを推進する必要があることは言うまでもない。

当研究論文は、地域環境工学分野で取り扱う施設構造物のうち、近年老朽化の進展ならびに豪雨や地震などによるため池堤体の改修に対して、ため池底泥土の有効利用に関する研究、ならびに近年各分野で採用が増加している生分解性樹脂を建設材料としての利用が可能であるかという点から果敢にその力学挙動特性の解明に取り組んだ基礎研究を対象とし、循環型社会構築へ向けた新土木材料の力学特性に関する基礎的研究と題しとりまとめられたものである。

本文は、第1章から第6章で構成されているが、上記の通り、第一部では、ため池汚泥を再利用した改良土に関する研究、第二部では、生分解性樹脂コンクリートに関する研究について、その成果が詳述されている。本論文の各章ごとの内容は以下のとおりである。

第1章は、現在の農業水利施設構造物の機能保全に関わる研究背景と、その他環境条件から設定された研究目的ならびに本論文の構成について述べられている。なお、第2章以降は、各研究課題ごとに第1部と第2部に分けた構成になっている。

第1部は、ため池堤泥土を用いた改良土に関する研究である。ため池は動植物の育成に不可欠な農業用水の確保ならびに現在では防災面からも有益な農業水利施設として重要な役割を担っており、大飯狭山池や満濃池に代表されるように、古くから建造され、現在、全国に約20万個を超えるため池が存在している。特に、兵庫県下では、全国で最も多い、約4万4千個のため池がある。さらにこれら多くのため池が老朽化という問題を抱えており、地震や台風などによって大きな被害を受けている。そこで早急な改修が必要であるが、ため池改修を実施する上で、適切なコア用土の確保が課題として存在する。また、築造年代が古く老朽化したため池には、底泥土が堆積しており、悪臭や貯水量低下の原因となっている。

このようなため池を取り巻く環境を解決するために、本研究では、環境に優しく安価で力学的に安定した改良土の創出を目的とし、現場発生土である底泥土と旧堤体盛土材の再利用に関する研究を遂行した。

第2章において、底泥土と旧堤体盛土材の適切なブレンド割合を明らかにするために、様々な割合で作製された改良土に対して一軸圧縮試験や透水試験などを実施するとともに、生石灰や産業廃棄物であるフライアッシュの混和材としての有用性を研究した。また、SEMを用いて改良土の構造を微細に観察した。その結果、各試験の結果、底泥土と旧堤体盛土材の改良土がため池コア用土として十分な強度と遮水性を有するためには、適切な細粒分の割合を有し、最適な含水比で均質に混合されることが必要であることがわかった。また、生石灰やフライアッシュを混合するとケイ酸カルシウム水和物が生成され緻密構造になり、更に大きな強度が発現されることがSEMにより明らかとなった。

氏名	鈴木麻里子
<p>第3章において、第2章の室内における研究成果を基に、実際のため池において、均質材料が必要なコア用土作製に、大型混練機を用い現場作製した混合土のバラツキを評価し現場への適用性について研究を行った。</p> <p>その結果、混練回数を増加させることによって、一軸圧縮強度増加が得られるとともに、強度のバラツキが低下することが明らかとなった。すなわち、透水性の低い均質な材料が求められる、ため池コア用土作製に、自走式大型混練機を用いる場合、3回以上の混練回数が不可欠であることが明らかになった。これらのことは、本研究成果を実際のため池に適用するに際して、極めて重要な成果であると考えられる。</p> <p>第2部は、生分解性樹脂コンクリートに関する研究について述べられている。現在では、生分解性樹脂は微生物により分解消滅する環境に優しい新材料として日常生活用品として定着しつつあるところであるが、建設材料関係に使用されている前例は皆無であると考えられる。通常土木材料は必要強度を基に、構造物や仮設材料として使用されるが、強度が経時低下してくると言う、本論文で取り扱う生分解性樹脂をコンクリートとして使用することは、まさに逆転の発想の新材料であると考えられる。</p> <p>第4章において、生分解性樹脂コンクリートの力学特性に関する基礎的研究の先駆けとして、生分解性樹脂コンクリートの強度変化とそのメカニズムを解明することを目的に、樹脂の種類、供試体板厚、樹脂混合率、分子量や埋設土の種類などを変化させ、三点曲げ試験や圧縮試験、微生物量測定などを実施し、その強度変化特性に関して研究を遂行した。その結果、暴露期間の経過にともない生分解性樹脂コンクリートの曲げ強度と圧縮強度が低下することが明らかとなった。また、強度低下傾向と微生物量には相関関係が無いこと、空気中では劣化しないことより、強度低下を引き起こす最大要因は水であると結論付けた。</p> <p>さらに、強度試験後の破断面の詳細な観察より、樹脂部からの骨材の剥離が確認され、骨材と樹脂の付着力の低下が強度低下に繋がることを明らかにした。なお、当課題を遂行するに当たって、2年間にわたる長期養生期間が必要であったため、当研究成果は、PBSA樹脂用供試体3500本、PLA樹脂用供試体1800本という極めて大量かつ長時間を要した貴重な成果である。</p> <p>また、第4章後半部においては、将来の生分解性樹脂コンクリートの実用化にむけた取り組みの一つとして、生分解性樹脂コンクリート模型パイプを作製し、管軸方向圧縮試験、円周方向圧縮試験を実施した。</p> <p>その結果、生分解性樹脂コンクリートパイプは、現状の非開削技術の中心である“推進管”として必要な初期強度を発現することが明らかになった。当研究成果によって、生分解性樹脂コンクリートを用いた推進管が実用化の可能性が高いことを明らかにしたものである。よって、今後は、生分解性樹脂コンクリートパイプの実現により、非開削推進工法への貢献が大いに期待できるものと推察され、社会貢献度が極めて高い新しい土木材料であるといえる。</p> <p>第5章において、生分解性樹脂コンクリートの劣化特性から、様々な外的劣化要因を包括できる劣化モデル式を作成するために、ワイブル分布を用いた統計的劣化推定モデルを作成した。その結果、生分解性樹脂コンクリートを実際の建設仮設資材に適用する際に不可欠となる長期的強度低下予測や、強度保持期間を推定することが可能となった。当提案推定式は、生分解性樹脂コンクリートの実用化に大きな一歩を示したことは明らかである。</p> <p>第6章において、第1章から第5章まで得られた成果をとりまとめている。</p> <p>上記のとおり、本研究は、環境に優しい新建設材料として、農業農村工学分野における解明急務課題である土構造物の老朽ため池の改修に関するものであり、底泥土と旧堤体材料のブレンド技術に関する極めて有益な研究成果を得た。また、当研究成果はフィルダム等の大規模水利施設構造物に対しても対応することができる汎用性の高い研究成果である。さらに、建設仮設新材料として、“逆転の発想”のもと、生分解性樹脂を利用したコンクリートを考案し、その時間とともに強度低下する固有の力学挙動を解明した。また、環境問題解決策として、農業用パイプラインを対象とし、生分解性樹脂コンクリート製推進管としての、基本性能照査までを遂行するとともに、長期強度劣化予測式を考案し、将来の実用化展開までの見通しを立てたものである。</p> <p>本研究は、幅広い観点から環境配慮をキーワードに、斬新な土木材料の力学挙動特性について研究したものであり、その長期力学挙動特性解明について重要な知見を得たものとして価値ある集積であると認める。よって、学位申請者鈴木麻里子は、博士(農学)の学位を得る資格があると認める。</p>	