

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 17 日現在

機関番号：14501

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2014

課題番号：25660190

研究課題名(和文) 生分解性機能を有した環境配慮型高剛性土木材料開発への挑戦

研究課題名(英文) A challenge to development a new construction materials with biodegradability under environmental consideration

研究代表者

河端 俊典 (KAWABATA, TOSHINORI)

神戸大学・(連合)農学研究科(研究院)・教授

研究者番号：20335425

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、微生物によって分解可能な樹脂コンクリートを土中埋設した場合の分解影響を明らかにし、新たな建設材料として活用への可能性を探るものである。

生分解性樹脂コンクリート供試体を異なる環境下に配置し、成分再生樹脂コンクリート供試体の曲げ・圧縮強度の経時変化を明らかにするとともに、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。

さらに、生分解性樹脂コンクリートパイプを作製し、管軸方向圧縮試験、円周方向圧縮試験を実施した。その結果、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。

研究成果の概要(英文)：The mechanical properties are very different from commonly-used cement concrete. The strength or stiffness of biodegradable resin concrete degrade over time. Especially, the flexural strength decrease remarkably for a period of six months after exposure. This strength reduction will not be caused microorganism. The remarkable strength reduction may be caused from water. The bond strength reduction between resin and aggregates.

And the estimation models of degradation were created using Weibull distribution. It was clarified that it would be quite a long time before the strength of biodegradable resin concrete become zero from the present estimation model. However, biodegradable resin concrete will not be a obstacle to the land development because it is expected to reduce strength adequately. And making biodegradable resin pipe and the mechanical tests are conducted. As the result, the biodegradable resin concrete pipe has enough strength for pipeline construction.

研究分野：農業農村工学

キーワード：生分解性樹脂 コンクリート 環境負荷 リサイクル 建設材料

### 1. 研究開始当初の背景

近年、老朽管渠の廃材処理として、耕作地や道路等の公共用地であれば、開削による撤去や安価な充填材により閉塞残置する方法が採用されている。しかしながら、都市化により管渠上に住宅施設等が残存しているケースが多く、撤去作業が困難になっている。さらに、管渠だけでなく、土木工事において使用された杭材、矢板等の仮設資材は、周辺地盤への影響が考えられる。しかしながら、仮設資材を残置した土地については、土地再開発時に産業廃棄物の発生や転売等の問題が生じ、土地流動化の阻害要因となっている。さらに、耐用年数を超えた管渠や土木資材を地中に残存させることは、将来の基礎地盤の沈下原因となり、陥没事故などを引き起こす可能性がある。

一方、地盤中には1gあたり107~109の微生物が生存しており、近年、これら微生物の働きを利用した各種研究が推進されている。そこで、上記の社会的背景を受け、不要となった管渠の撤去に際して必要な置換管や土木工事における仮設資材を地盤中に残存しても、自然界に還元できないか？ すなわち、高い初期剛性を有するものの、経年変化により強度が低下し、最終的には自然地盤へと帰するよう、斬新な建設材料が開発できないだろうか？ と考え、強度が低下していくコンクリートというものを考え、その挙動特性の解明を目指すものである。

### 2. 研究の目的

仮設材料として使用されるコンクリート材料など強度部材を埋設残置することは、将来の土地流動化の阻害要因や基礎地盤の不安定化の主要因となる。そこで、本研究は、微生物によって分解可能な樹脂コンクリート（生分解性樹脂コンクリート）を土中埋設した場合の分解影響を、板厚、樹脂混合比、養生土を要因として、曲げ・圧縮強度の経時変化を明らかにし、分解速度の制御を図り、環境に優しく、循環型社会確立の一端を担う、新しい高剛性資材の研究開発を目的とする。すなわち、強度劣化特性を有する新しい建設材料の研究開発への挑戦であり、社会への貢献度も極めて高く、各方面への展開が可能となる。

### 3. 研究の方法

当研究は、挑戦的課題であるため、H25年度は、研究方針の策定、資料収集整理などを遂行した後、小型供試体を用いた配合試験ならびに促進試験を推進する。

その後、中型サイズのパネル供試体を大量に作製し、2年間の養生環境の異なる地盤中に暴露し、その劣化進行状況を曲げ試験並びに重量計測、目視などから総合的に判断する

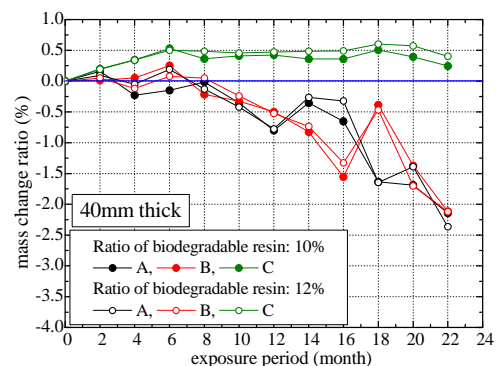
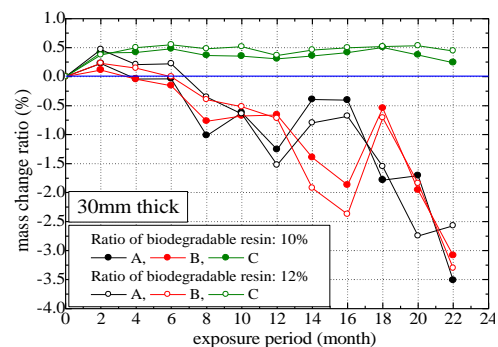
ものである。

2年目には、初年度1年間の暴露試験結果から、実用化に向けた新材料の配合を検討し、パイプ形状モデルを試作し、2点荷重試験、管体曲げ試験を遂行し、実用化に向けて問題点抽出を行った。

### 4. 研究成果

H25年度は最初に、研究に用いる生分解性レジン（樹脂）や、温度、湿度ならびに埋設条件（腐葉土、微生物を考慮）を数種類選定し、その後、3号ケイ砂とS5~S10程度の骨材を用い、生分解性樹脂との配合割合を種々変化させ、テストピース用型枠（40mm×40mm×160mm）を用いて供試体を作製した。その際、骨材の粒径を変化させ、ワーカビリティの観点から、施工に即した必要強度を有した配合割合を決定した。また、パネル用型枠（30mm×100mm×500mm×3連型枠）を設計・製作し、レジンコンクリート（パネル型供試体）を大量に作製し、テストピース用型枠を用いて作製した大量の供試体を対象に、異なる環境条件か土中に埋設放置した。

その後、埋設養生中の供試体を経時的に掘り出し、曲げ試験、圧縮強度試験ならびに割裂引張強度試験などを遂行し、生分解性レジンの種類や骨材の粒径が、供試体強度に与える影響について、検討した。さらに、自然分解（加水分解）での樹脂の分解性能を把握するため、予備試料を対象に、浸漬加水分解試験を並行して推進した。



生分解性樹脂 劣化状況

その結果、生分解性樹脂コンクリートは、養生するに従って強度低下を示し、曲げ強度と養生期間は、ポーラスコンクリートの圧縮強度空隙率関係に類似していることが明らかとなった。

また、多孔質構造に着目し微生物の繁殖促進を期待して混合した竹炭は、自身の持つ抗菌抑制作用によって微生物の繁殖が抑制される結果が得られ、埋設土とし適当でないことが明らかとなった。

H26年度には、生分解性樹脂コンクリートの曲げ試験並びに圧縮試験後の破断面の詳細な観察を行ったところ、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推定された。

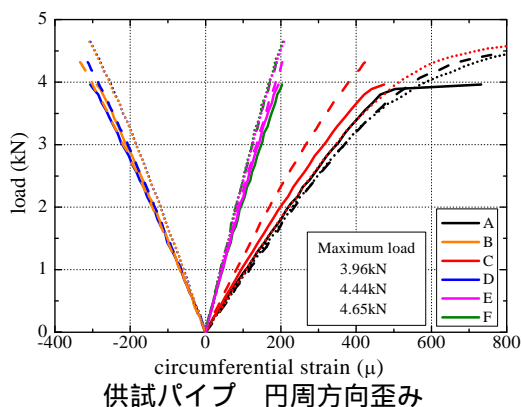
よって、このような様々な外的劣化要因を包括できる劣化モデル式を作成するために、ワイブル分布を用いた統計的劣化推定モデルを作成し、長期的な劣化予測を試み、予測推定式を確立した。

さらに、最終目標である生分解性樹脂コンクリートの実用化にむけて、生分解性樹脂コンクリートパイプを試作した。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。

そこで、試作したパイプを対象に、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



生分解性樹脂で試作したパイプ



供試パイプ 円周方向歪み

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への挑戦において、ある程度の力学挙動の解明が進んだが、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。今後、さらに微生物や水による分解について考察を深めることにより、強度発現をコントロールできるようになれば、大きな社会貢献が期待できる新しい土木材料であることが、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5件)

鈴木 麻里子, 久保 京子, 河端 俊典, 推進工法適用へ向けた生分解性樹脂コンクリート管の力学的検討, 農業農村工学会論文集, 査読有, No.296, 2015, -5-6

Suzuki, M., Kubo, K., Suzuki, T., Sawada, Y. and Kawabata, T., Effect of Different Exposure Conditions on Degradation Characteristics of Biodegradable Resin Mortar, 農業農村工学会論文集, 査読有, No.296, 2015, -9-17

Suzuki, M., Kubo, K., Sawada, Y. and Kawabata, T., Mechanical Characteristics of Environmentally-friendly Biodegradable Resin Concrete, Proceedings of Concrete Innovation Conference, Oslo, Norway, 査読有, 2015, pp.1-9

鈴木 麻里子, 久保 京子, 澤田 豊, 河端 俊典, 環境に配慮した生分解性樹脂コンクリートの力学的アプローチによる一考察, コンクリート工学論文集, 査読有, Vol.25, 2014, 119-124

鈴木 麻里子, 河端 俊典, 内田 一徳, ため池コア材への旧堤体土・底泥土再利用に関する一考察 兵庫県下における老朽化ため池を事例として, 農業農村工学会論文集, 査読有, No.284, 2013, pp.57-62

[学会発表](計5件)

鈴木 麻里子, 久保 京子, 秦 栄三, 中村 誠, 吉村 睦, 鈴木 武志, 河端 俊典, 水分量の異なる環境下における生分解性樹脂コンクリートの曲げ強度変化, H26年度農業農村工学会大会, 2014.08.24, 朱

## 鷺メッセ（新潟県）

鈴木 麻里子, 久保 京子, 秦 栄三, 中村 誠, 吉村 睦, 河端 俊典: 生分解性樹脂コンクリートの劣化進度に関する一考察 - 分子量および樹脂含有率の影響 -, 第 49 回地盤工学研究発表会, 2014.07., 北九州国際会議場（福岡県）

鈴木 麻里子, 久保 京子, 秦 栄三, 中村 誠, 吉村 睦, 鈴木 武志, 河端 俊典, 生分解性コンクリートの劣化による圧縮強度変化および加水分解性に関する一考察, -4 ヶ月土中養生-, H25 年度農業農村工学会, 2013.09.04, 東京農業大学（東京都）

鈴木 麻里子, 久保 京子, 鈴木 武志, 河端 俊典, 秦 栄三, 中村 誠, 吉村 睦, 生分解性コンクリートの劣化による圧縮強度変化および加水分解性に関する一考察, H25 年度農業農村工学会, 2013.09.04, 東京農業大学（東京都）

鈴木 麻里子, 久保 京子, 秦 栄三, 中村 誠, 吉村 睦, 河端 俊典, 分解性樹脂コンクリートの力学的アプローチによる劣化進度評価-4 ヶ月土中養生-, 第 48 回地盤工学会, 2013.07.23, 富山県民ホール（富山県）

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

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