

工場発電施設から発生する各種灰を用いた再生砕石の基本特性の把握

福岡大学工学部

福岡大学工学部

株式会社福岡建設合材

学生会員 長田 早生 椿 貴裕

正会員 佐藤 研一 藤川 拓朗 古賀 千佳嗣

福岡 大造 今國 宏則

1. はじめに 日本では、2050年のカーボンニュートラルを実現する為に全国的にバイオマスを用いた発電施設の建設¹⁾が加速している。それに伴い発電所から産業廃棄物の「燃え殻・ばいじん」が排出され、その発生量は年々増加傾向である。一方、「燃え殻・ばいじん」の一つである石炭灰は、石炭灰混合材料のガイドラインや指針²⁾が整備され、材料の品質管理や環境安全性の基準のもと路盤材や盛土材として有効利用が進んでいる。しかしながら、バイオマス発電や各種工場の発電施設から排出されるバイオマス灰・タイヤ灰等の「燃え殻・ばいじん」については金属等の有害な物質を含んでいること、灰の性状のばらつき、ガイドラインの未整備などが要因となり、有効利用が進んでいるとは言えない。そこで、本研究では工場発電施設から排出される3種類の灰を再生砕石として土木資材化による有効利用を目的に①初期固化処理材の強度特性、②粒度調整された再生砕石の締固め特性、③締固めた再生砕石の強度特性と灰排出時期の影響について検討した結果を報告する。

2. 実験概要

2-1 実験に用いた灰 本研究で用いた灰は写真-1に示す九州各地の工場発電施設より発生する(a)石炭灰、(b)タイヤ灰、(c)バイオマス灰の3種類を用いた。ここで、タイヤ灰は車のタイヤの廃材と微量のバイオマスが焼却された灰であり、バイオマス灰は、石炭と木材との混焼の灰である。また、本研究では工場排出時期の異なる2種類(2シーズン:以下、シーズン1、2とする)の各灰を用い、再生砕石の性状に及ぼす影響について検討を行った。

2-2 再生砕石の作製方法 実験に用いた再生砕石は、まず各灰に固化材、添加剤、薬剤と水を所定の配合条件(表-1)により混練し、再生砕石の基材となる初期固化処理材の作製を行う。次に、この処理材を2週間養生後、破碎・粒度調整し、再生砕石を作製している。ここで、再生砕石の配合条件は、主材となる灰由来の重金属類の溶出抑制と強度発現を目的に表-1に示す各種添加剤、薬剤を用いており、いずれも工場生産時と同じ配合条件としている。また、石炭灰は、空練り前に添加剤を混合し、タイヤ灰では、水による混練後に、所定の2種類の薬剤を加え、混練を行った。ここで、添加剤は硫酸カルシウムを主成分とするものを使用している。また、2種類の薬剤はセメントの急結材と凝集剤の役割を有するものを使用している。再生砕石作製にあたっては、初期固化処理材を雨風の当たらない屋内にて2週間の養生を行うことを基本としている。また、養生1週間後には材料の大まかな破碎を行い、乾燥を防ぐ目的から養生1週間目では散水も行う。そして、2週間の養生終了後に再破碎を行い、図-1に示す再生路盤材の粒度分布の中央値をとる値にて粒度調整を行い、実験に用いた再生砕石とした。ここで、図-2に示すように、初期固化処理材の養生日数(2週間)をtbとし、粒度調整された再生砕石の養生日数をtと定義し、評価を行った。



(a) 石炭灰 (b) タイヤ灰 (c) バイオマス灰
写真-1 各種灰の外観

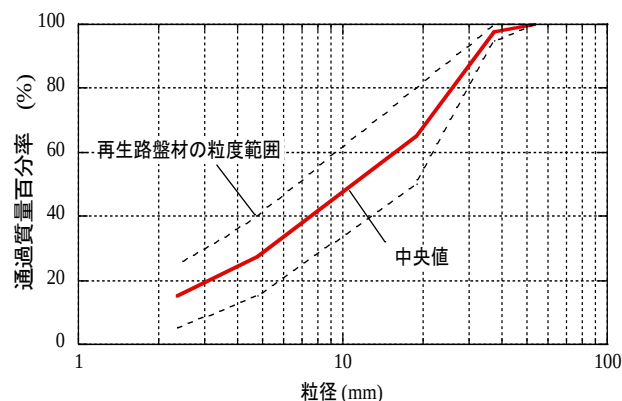


図-1 再生路盤材の粒度調整に用いた粒径加積曲線

表-1 再生砕石の配合条件

	灰 (wt%)	固化材 (wt%)	添加剤 (wt%)	薬剤1 (wt%)	薬剤2 (wt%)	水 (%)
石炭灰	100	10	10	0		60
タイヤ灰	100	35		3	1	65
バイオマス灰	100	40				65

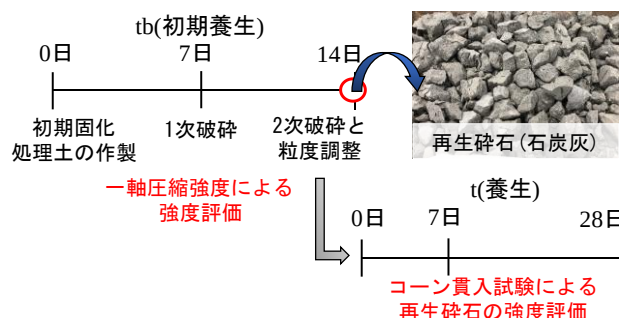


図-2 養生日数の定義

3. 実験結果及び考察

3-1 初期固化強度に及ぼす灰種の影響 図-3 にシーズン 1 の 3 種類の灰による養生 (a) $t_b=7$ 日と (b) $t_b=14$ 日における初期固化処理材の一軸圧縮試験結果、図-4 に一軸圧縮強さに及ぼす養生日数の影響を示す。いずれの灰種の処理材も養生による強度発現が確認できる。特にタイヤ灰では養生により著しく強度発現していることが分かる。また、灰の排出時期 (シーズン) による結果の違いに着目すると、いずれの灰種においても初期固化処理材の一軸圧縮強さの強度発現に差は見られず、灰排出時期による影響は見られないことが分かる。

3-2 粒度調整後における再生砕石の基本特性の把握 図-5 にシーズン 1 の灰を用いた再生砕石の締固め試験結果を示す。いずれの灰による再生砕石も最適含水比は、50%程度と一般の土に比べると非常に高い。最大乾燥密度は主原料が灰であることから $0.8 \sim 1.0 \text{ Mg/m}^3$ と小さいと言える。特に

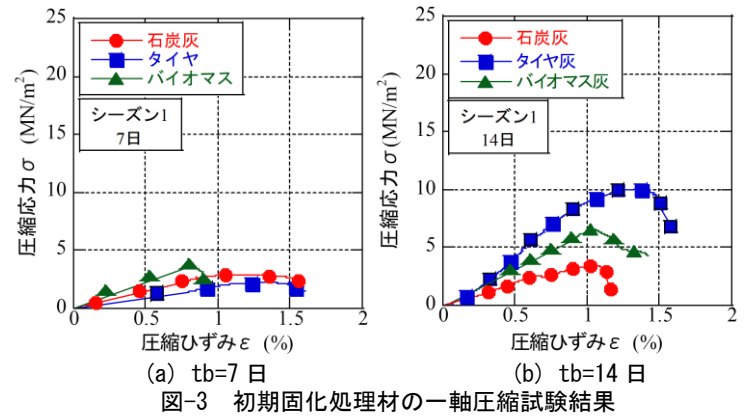


図-3 初期固化処理材の一軸圧縮試験結果

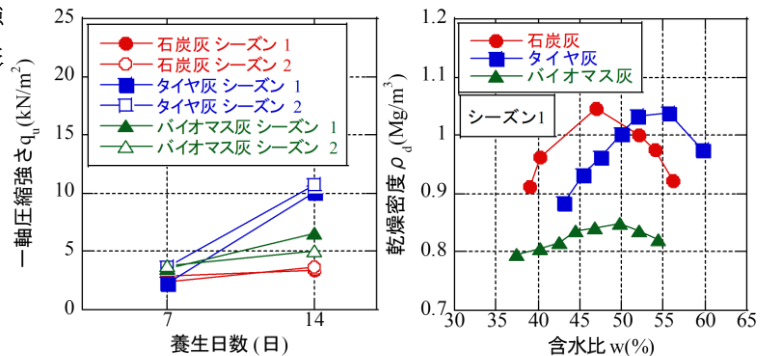


図-4 初期固化処理材の一軸圧縮強さに及ぼす養生日数の影響

図-5 締固め曲線

バイオマス灰は他の 2 種類と比較すると含水比の変化に伴う密度変化がなく、最大乾燥密度も最も小さい再生砕石であることが分かる。

3-3 締固めた再生砕石の強度特性と灰排出時期 (シーズン)

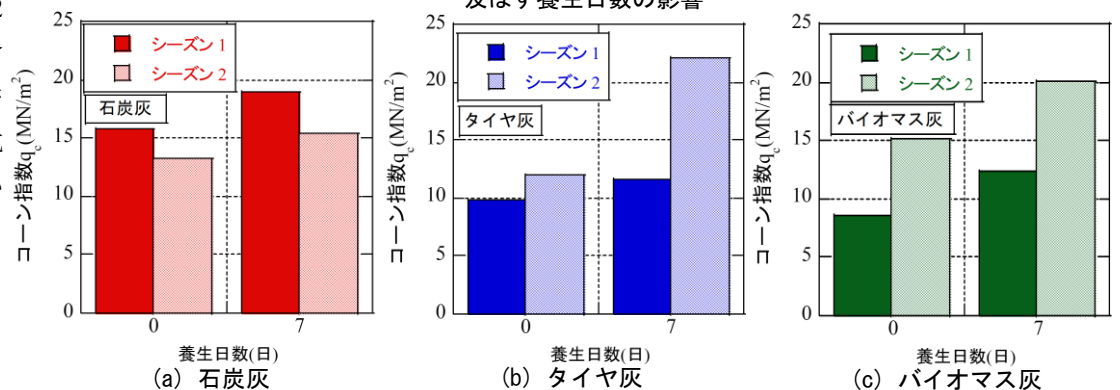


図-6 締固めた再生砕石の強度

ン)の影響 図-6 (a) ~ (c) に 3 種類の灰の 2 シーズン分による締固めた再生砕石の養生 $t=0, 7$ 日のコーン貫入試験結果を示す。ここで、実験に用いた供試体は図-5 の結果より得られた最大乾燥密度と最適含水比にて締固めて作製している。締固められた各再生砕石のコーン強度は、灰の排出時期に関わらず養生日数の経過により強度発現していることが確認できる。また、初期固化処理材の強度に差が見られなかったタイヤ灰とバイオマス灰においてシーズンの違いにより、コーン指数が大きく異なっている。これは、粒度調整後に締固められた再生砕石の強度特性がシーズンの影響を受けることを示唆している。

4. まとめ

- 1) 再生砕石の材料となる養生 14 日後の初期固化処理材の強度は、灰の種類に関係なく、養生に伴って強度増加し、シーズンの違いは見られないことが示された。
- 2) 締固められた再生砕石のコーン強度は、灰種の違いによる影響を受けることが示された。また、養生により強度増加することも明らかとなった。
- 3) 締固められた再生砕石のコーン強度は、灰種によって排出時期 (シーズン) の影響を受けることが示された。今後、灰の成分分析等からその評価を行っていく予定である。

【参考文献】 1) 一般社団法人 RE アクション推進協会 HP : <https://re-action.jp/2021/09/24/biomass-situation-challenges/>
2) 土木学会, コンクリート委員会 石炭灰混合材料の設計施工および環境安全性評価に関する研究小委員会 : 石炭灰混合材料を地盤・土構造物に利用するための技術指針 (案)