

木質灰を混和したコンクリートの性状に関する研究

香川大学 学生会員 ○上野沢斗, 谷中彩寧, 正会員 岡崎慎一郎, フェロー 吉田秀典

1. はじめに

産業革命以降, 世界の平均気温が既に約 1°C上昇したとされており, 今後, 更なる気温上昇に伴う気象災害の深刻化が予想されている. わが国では, 地球温暖化の解決に向け, 2050 年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロにするカーボンニュートラルを目指すことを宣言しており, その手段として, 近年, 木質バイオマス発電への関心が集まっている. 2022 年度から FIP 制度の導入により, 今後も木質バイオマス発電導入量の拡大が予想されるが, 他方で, その副産物として木質灰が大量に排出される可能性がある. 木質灰の有効活用の方法として, モルタル等の建設用資材への利用が検討されているものの, 実用化には至っていない. 木質灰をコンクリート材料として再資源化することが可能となれば, 大規模かつ有効な木質灰の活用が実現される. また, セメントと置換することにより, セメントの生産にともなう二酸化炭素の発生量を抑制することが可能となる. そこで本研究では, 木質バイオマス発電所から排出される木質灰を混和したコンクリートの基本的な特性であるフレッシュ性状ならびに硬化性状について把握し, 木質灰の混和の可否を検討することを目的とした.

2. 試験概要

木質バイオマス発電所から排出される灰は, 焼却炉の火床部で燃え殻として発生する主灰と, 燃焼によって舞い上がり, フィルター等で回収される飛灰に分類される. 本研究では, 木質灰無混和コンクリート (以下, Blank) ならびに焼却炉内で発生した主灰を混和したコンクリート (以下, WBA) に対して, スランプ試験, 空気量試験, 圧縮強度試験ならびに長さ変化試験を実施した. なお, 混和材である木質灰の置換率は, セメント質量に対して 10%とした. また, スランプ値として $12\pm 2.5\text{cm}$ を, 空気量として $4.5\pm 1.5\%$ を目標値として設定し, これらの範囲内に収まるように配合設計を行った. 表 1 に各種コンクリートにおける配合を示す. 本配合ではコンクリートの流動性を確保するために AE 減水剤を, Blank へはセメント質量に対し 1%を, WBA へは 1.8%を添加した. また, 圧縮強度試験用として直径 100mm, 高さ 200mm の円柱供試体を, 長さ変化試験用として $100\times 100\times 400\text{mm}$ の角柱供試体をそれぞれ 3 本ずつ作製した. 打設後は, 圧縮強度試験用供試体には 28 日間の, 長さ変化試験用供試体には 7 日間の水中養生を行った. 圧縮強度試験では材齢 28 日の供試体を用いて実施し, 3 本の平均値を圧縮強度として採用した. 長さ変化試験における測定条件および手順は, JISA 1129 のコンタクトゲージ法を参考とした. 供試体の材齢が 7 日となった時点で, 基長が 100mm となるようにコンタクトチップを貼付して基長測定を行い, その後, 温度 20°Cの室内にて保存し, 1 週間ごとに長さ変化を測定した. 長さ変化の測定は供試体 1 本あたり 2 箇所として, 全供試体の平均値を長さ変化率とした.

3. 試験結果

3-1. スランプ試験・空気量試験結果

表 2 にスランプ試験ならびに空気量試験の結果を示す. スランプ試験の結果, WBA は Blank より AE 減水剤の添加量をセメント質量に対し 0.8%分多く添加させることで, Blank と同程度の流動性を得られることが判明した. また, WBA の練混ぜを行った際, フレッシュコンクリートの粘性が増加する等の状態変化は見られなかった. 空気量試験では, いずれのコンクリートも目標範囲内に収まる結果となった.

表 1 配合表

供試体	W/C	s/a	単位量 (kg/m ³)					
			水	セメント	主灰	細骨材	粗骨材	AE減水剤
Blank	55	43	175	318	0	734	992	3.18
WBA			175	286	32	731	988	5.73

3-2. 圧縮強度試験

図1にBlankならびにWBAの平均圧縮強度をそれぞれ示す。WBAの圧縮強度はBlankよりも低下する結果となった。これは、木質灰をセメントと置換したことにより、骨材どうしを接合する力が低下したためであると考えられる。他方、いずれのコンクリートも、JASS5に規定されている標準の耐久設計基準強度である 24N/mm^2 を上回っており、木質灰を混和した場合においても、コンクリート構造物に求められる強度を確保できる可能性がある。

3-3. 長さ変化試験結果

図2にBlankならびにWBAに対する長さ変化試験結果を示す。WBAの収縮量はBlankよりわずかに小さくなる結果となった。これは、木質灰がコンクリート中の水分を吸収することによって単位水量が低下したためであると考えられる。このことから、木質灰を用いた場合、乾燥収縮によるコンクリートのひび割れが抑制される可能性があるが、水和反応に必要な水分を失っている可能性もある。

4. まとめ

スランブ試験ならびに空気量試験の結果、WBAはBlankよりAE減水剤をセメント質量に対し0.8%分多く添加することで、Blankと同程度の流動性を得られており、AE減水剤を適量加えることで、木質灰を混ぜても流動性は確保できることが判明した。また、圧縮強度試験の結果、WBAの圧縮強度はBlankより低下するものの、コンクリート構造物に求められる強度を有していることが判明した。さらに、長さ変化試験の結果、WBAの収縮量はBlankよりわずかに小さくなることから、WBAは乾燥収縮によるコンクリートのひび割れを抑制しつつ、通常のコンクリートと同様の用途として使用できる可能性があることが確認できた。一方、本研究における圧縮強度試験ならびに長さ変化試験の実施期間はともに材齢28日までの供試体を用いて行っており、長期材齢の供試体を用いた試験は実施していない。また、長さ変化試験において、木質灰がコンクリート中の水分を吸収することにより、乾燥収縮量が抑制される可能性があることが確認できたが、他方で、水和反応に必要な水分を失っている可能性もあることから、長期材齢の供試体を用いた圧縮強度試験ならびに長さ変化試験を実施し、WBAの長期強度発現性ならびに長さ変化率を把握する必要がある。

参考文献

- 池美乃里ら：国内のFIT認定木質バイオマス発電施設における燃焼灰発生量推計，廃棄物資源循環学会論文誌，Vol. 31，pp. 169-178，2020
- 前川明弘ら：木質バイオマス焼却灰を混入したモルタル硬化体の各種特性に関する基礎的研究，第29回廃棄物資源循環学会研究発表会 講演原稿 2018，B3-2，pp. 209-210

表2 スランブ試験・空気量試験結果

	スランブ値 (cm) 目標値： $12\pm 2.5\text{cm}$	空気量 (%) 目標値： $4.5\pm 1.5\%$
Blank	12.5	5.5
WBA	14.0	5.5

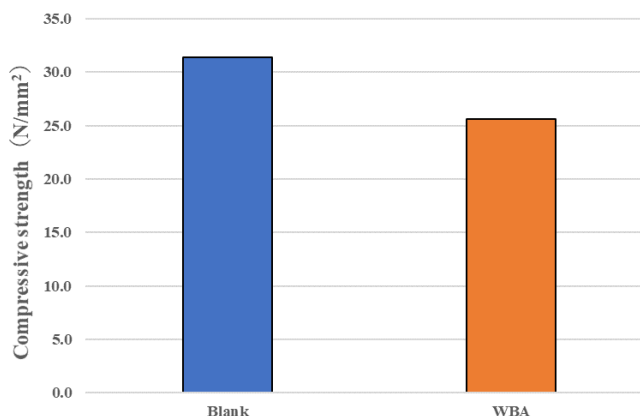


図1 各供試体の平均圧縮強度

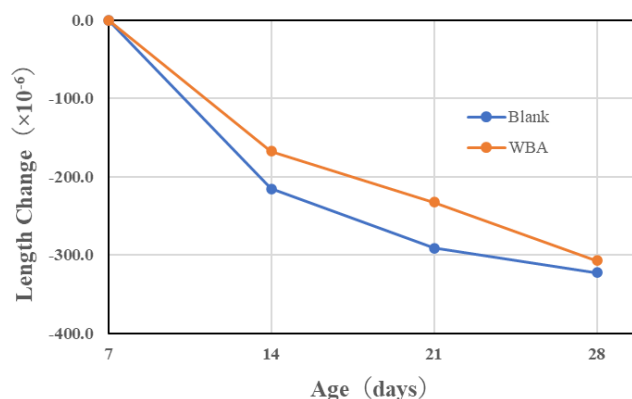


図2 長さ変化試験結果