エココンクリート製品の開発と地球環境対策効果の実験と考察

北見工業大学工学部　正員　桜井　宏　岡田包儀
北見工業大学大学院　学生員　佐々木真澄
（株）イワクラ　高橋賢孝　清原征裕
会澤高圧コンクリート（株）栃谷民男　日下祐司　山本一哉
苫小牧高専　正員　廣川一巳　奥田弥生

1. はじめに

1.1　背景　現在，我が国は，大量生産，大量消費，大量廃棄という一方通行的な流れの社会から，廃棄物の発生を限りなくゼロにした“ゼロエミッション”の実現による持続可能な社会「循環型社会」に移行しようとしている．社会全体で「モノ」を捨てることなく有効に利用し，貴重な地球環境と有限な天然資源を守るため，技術の開発と実践に努める必要がある．天然資源やエネルギーを大量に消費して製品をつくる製品の製造・販売・消費のプロセスから，資源を節約さらには廃棄物を減少し CO_2 をはじめとする排出物質を削減するプロセスへの転換とそのエフィシエンシー（効率）を高める技術の速やかな開発が求められている．

1.2　目的　本研究ではその方法の一つの例として，本来，焼却処分されていた木材片の焼却灰をコンクリートの材料として使用したコンクリート製品を開発し品質を評価することを目的とする．また廃棄物（焼却灰）の再利用により，骨材などの資源及びエネルギーの節約，二酸化炭素排出量の抑制を計ることを目的とした．

2. 製品開発の概要

2.1 使用材料　早強ポルトランドセメント，陸砂，砕石，高性能 AE 減水剤，木材（廃材）片を焼却した灰を使用した。焼却灰を，セメント及び骨材と置換する．ここでセメント・焼却灰の化学成分を表 2.1.1 に示す．ポルトランドセメントに比べ，CaO の割合が約 40 %少ない．

表2.1.1 化 学 成 分 比 率 (%)

成 分	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3
セメント	21.1 ～23.2	4.5 ～6.2	2.6 ～3.6	63.5 ～65.4	0.9 ～2.6	1.0 ～2.1
焼却灰	35.3	11.5	9.2	18.1	3.0	0

2.2　配合設計条件　コンクリート製品（パイル）の設計基準強度は 40N/mm^2（材齢 7 日）とする．配合は水セメント比 35%，単位セメント量は 500kg　/mm^2，細骨材率 53.4 %とした．供試体は焼却灰をセメントと置換したもの（セメントに対して内割配合），及び骨材（細骨材）と置換したもの（セメントに対して外割配合）を作成した．置換割合はセメントと置換したものはセメントに対して 25%・50%，骨材と置換したものは骨材に対して 5%・25%とした．また，比較を行うために焼却灰を混ぜないものも作成した．また、曲げ耐力を測定するために寸法 6 m載荷スパン長 4 mの PC パイルを作成した．

2.2　試験方法　試験項目は圧縮強度試験、乾燥収縮試験（ダイヤルゲージ方法）及び PC パイルの曲げ耐力試験を行った．

3. 試験結果及び考察

3.1 各種試験結果

（1）圧縮強度試験結果　焼却灰をセメントと置換したものを図 3.1.1 に，骨材（細骨材）と置換したものを図 3.1.2 に示す．当然ながら，焼却灰をセメントと置換したものは置換割合が多いほど圧縮強度が小さい傾向を示し，骨材と置換したものは逆に置換割合が多いほど圧縮強度が大きい傾向を示している．材齢 28 日で置換割合 25%の場合，0%に比べて約 20N/mm^2、50%の場合は約 30N/mm^2 小さくなった．骨材と置換した場合 0%に比べて 25%で約 10N/mm^2 大きくなった．

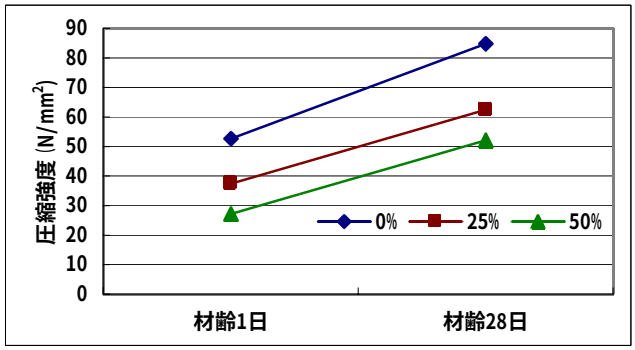

図 3.1.1　圧縮強度（セメントと置換）

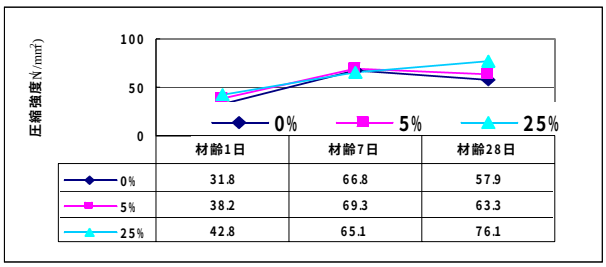

図3.1.2　圧縮強度（骨材と置換）

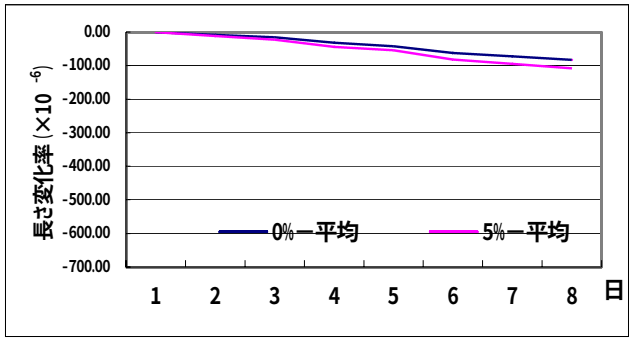

図 3.1.4 長さ変化率（骨材と置換）

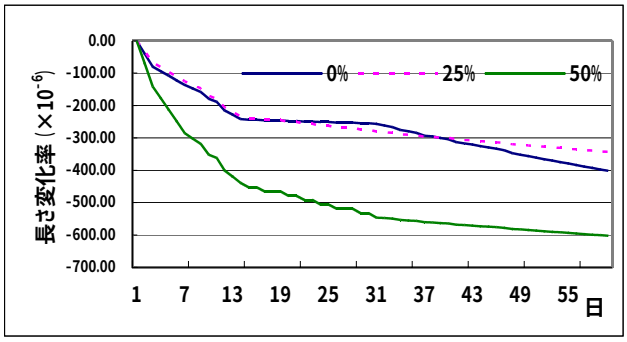

図 3.1.3　長さ変化率（セメントと置換）

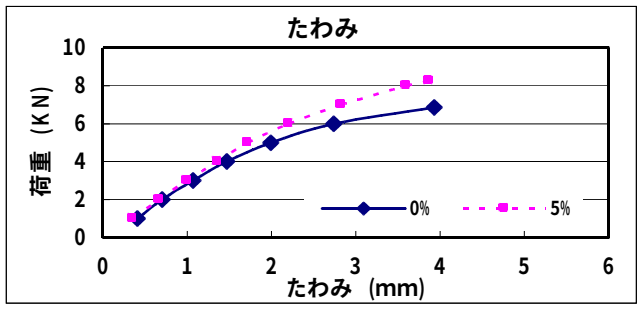

図 3.1.5 曲げ耐力試験

（2）乾燥収縮試験結果　焼却灰をセメントと置換したものを図 3.1.3 に，骨材（細骨材）と置換したものを図 3.1.3 に示す．セメントと置換した場合 0%と 25%は，ほぼ同程度の変化率だが 50%は 14 日までに著しく収縮し，その後は 0%，25%と同程度に推移している．骨材と置換した場合はまだ大きな変化は現れていない．

（3）　PC パイルの曲げ耐力試験　材齢7日における PC パイルの曲げ耐力試験結果を図 3.1.5 に示す．曲げ耐力試験には焼却灰を骨材に対して，セメントの外割で骨材を 0%と 5%で置換したもので試験を行った．その結果，5%焼却灰を置換した場合の方が曲げ耐力が増加した．

3.2　考察　焼却灰をセメントと置換（セメントに対して内割）した場合，置換率が大きい圧縮強度が，小さくなり材齢28日時点で置換率0%に比べて25%で26%、置換率50%で 40%だけ小さくなっているが，逆に骨材と置換した場合は置換割合が大きいほど圧縮強度は大きくなったいる．従ってポゾラン反応等が期待できる．表2.1.1の焼却灰の化学成分比率からポルトランドセメントより CaO の割合が少なく，当然，焼却灰にセメントのような強度発現性は少ないが，今後，成分や処理の調整で改善の可能性がある．

焼却灰をセメントと置換した場合 0%，25%は，ほぼ同じ変化率だが50%は極端に大きくほぼ倍の収縮率になった。これは，コンクリート中の焼却灰の多くが水と反応しきれずに残っているためと考えられる．骨材と置換した場合は置換割合が少ないこと及び日数が短いため，まだ大きな変化は現れていない．

図 3.1.4 より、焼却灰を骨材と置換した場合，焼却灰を混ぜなかったものに対して曲げ耐力が増加し，これは焼却灰に多く含まれているシリカ分によりポゾラン反応が寄与しているものと考えられる．木材焼却灰は成分や処理の調整により，今後，建設材料としての有効な応用が十分期待できる．

4.　結論　エココンクリート製品の開発と地球環境対策効果の実験と考察の結果以下の結果を得た．①焼却灰をセメントと置換した場合、置換割合が多いほど圧縮強度は小さくなった。逆に骨材と置換した場合、置換割合が多いほど圧縮強度が大きくなった。②焼却灰の混合率を高めるため，強度の向上，長さ変化率抑制，環境対策等の効果をIS014000等の各種基準から評価をもとにさらに付加価値の向上を検討する必要ある。③セメントと焼却灰の成分を比較するとCa0が不足しているため，水和反応が起こり難いと推定され酸化カルシウムの混合も必要と思われる。

謝辞　本研究は(株)イワクラ，會澤高圧コンクリート(株)，苫小牧高専共同研究で，関係各位と北見工大土木開発工学科コンクリート基礎学研究室の上延君，水野君の御貢献と御協力に感謝する．