災害廃棄物の焼却主灰を活用した流動化処理土

鹿島建設株式会社　正会員○岡本　道孝　伊藤　健人　新川　隆夫
株式会社ティ・アイ・シー　正会員　小林　学

１．目　的

東日本大震災で発生した大量の災害廃棄物から生まれる再生資材の利用促進に向け，実効性のある多様な活用方法を検討する必要がある．本報では，室内配合検討と試験施工によって，災害廃棄物の焼却主灰を流動化処理土の原料として再生利用する可能性を検討した結果を報告する．

２．焼却主灰

本検討には，宮城県石巻ブロックの災害廃棄物処理業務[1)]でロータリーキルンから生成された焼却主灰を使用した．主灰の物理試験結果の一例を表１に，粒径加積曲線を図１に示す．No.1 が室内配合検討に，No.2 が試験施工に使用した主灰の結果である．主灰が 40%もの含水比を示すのは，焼却設備からの排出前に水によって冷却されるためである．一方，No.2 の含水比（全粒径）は 28%と No.1 よりも小さい．こちらは生成から時間を経ており，その間の乾燥の影響と考えられる．細粒分は飛灰として炉内で別回収されるため，シルト・粘土分の含有率はいずれも 10%以下と小さい．石巻ブロックの焼却主灰は，鉛，六価クロム，ヒ素，フッ素，ホウ素の溶出変動が大きいことが報告されているが[2)]，当検討で使用した灰の溶出量は，いずれも土壌環境基準を下回った．

表１　物理的性質（焼却主灰：ロータリーキルン）

		No.1	No.2
9.5mm 以上	積比重　G_b	1.91	1.68
	吸水率　Q　(%)	11.3	22.0
9.5mm 以下	土粒子密度　ρ_s　(g/cm^3)	2.609	2.649
	自然含水比　w_n　(%)	43.6	—
粒度	礫分 (%)	48.2	43.8
	砂分 (%)	45.7	47.0
	シルト分 (%)	6.1	9.2
	粘土分 (%)		
	最大粒径　D_{max}　(mm)	37.5	53.0
	均等係数　U_c	18	35
分類		GS-Cs	SG-Cs

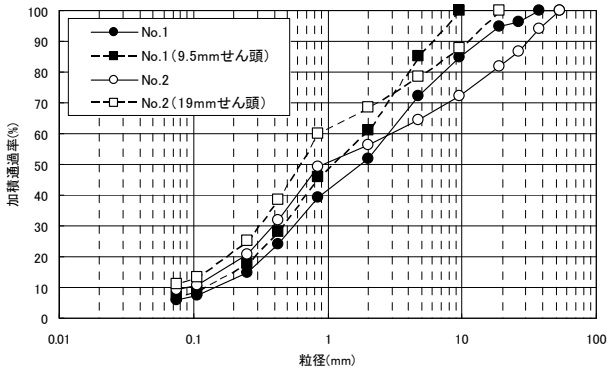

図１　粒度分布（焼却主灰：ロータリーキルン）

３．室内配合検討

表２に配合検討結果を示す．ここでは，図１に示す 9.5mm せん頭粒度の材料を用いた．表中の主灰の配合量は主灰が保持する水分を含んだ値である．また，同表中の添加材は，細粒分補給による材料分離抵抗性の確保を目的としたものだが，当検討以外の幅広い主灰を想定すると有害物質の溶出に対する配慮が必要と考え，鉛と六価クロムの不溶化機能を付与したものを用いた．一連の試験では，水やセメントを加える前に主灰単体を２分間撹拌した．主灰を単体で撹拌した際，主灰表面への水分の浮き出しが観察され，これを行うことで練上り時の品質が安定するためである．表２に示すように，室内配合検討で確認した単位体積重量，フロー値，ブリーディング率は，流動化処理土の一般要求品質[3)]を満足した．また，一般的な改良土と同様に材齢経過・セメント量の増加に伴い，一軸圧縮強さは大きくなった．当検討ではセメント量を 80～300kg/m^3 で設定したが，材齢 28 日で 500～5,000kN/m^2 の一軸圧縮強さが得られ，流動化処理土の多様な用途[3)]に対応可能なことが確認できた．

表２　室内配合検討結果

配合量(kg/m3)				単位体積重量	フロー値	ブリーディング率	一軸圧縮強さqu(kN/m2)	
主灰	セメント(BB)	加水	添加材	ρt(g/cm3)	(mm×mm)	(%)	材齢7日	材齢28日
1245	80	234	80	1.662	185×185	0.5	193	528
1255	150	214	60	1.701	178×178	0.2	473	1151
1267	200	192	60	1.721	170×170	0.0	1009	2555
1271	304	202	56	1.782	180×175	0.5	2326	5282

キーワード　災害廃棄物，焼却主灰，再資源化，流動化処理土
連絡先　〒182-0036　東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設株式会社　技術研究所　ＴＥＬ042-485-1111

４．試験施工

（1）概　要

試験施工は石巻災害廃棄物処理業務敷地内[4]で実施し，表２中のセメント量 150kg/m³ の流動化処理土を可搬式設備（写真１）で製造した．19mm の振動スクリーンで分級し，磁力選別機で金属屑を除去した主灰をベルトコンベアによって２軸ミキサーに投入した．主灰の事前撹拌を行った後，水，セメント，添加材で製造した泥水と主灰を混合し，１バッチあたり 1.0m³ として，計 28m³ の処理土を製造した．使用主灰の含水比は室内検討時よりも小さかったが，表２と同一加水量で製造を開始した．製造した処理土を製造設備から打設位置まで配管内をポンプ圧送し，配管筒先から打設箇所に直接投入した（写真２）．約３バッチごとに配管筒先から試料を採取し，単位体積重量，フロー値，ブリーディング率の計測，一軸圧縮試験供試体の作製を行った．

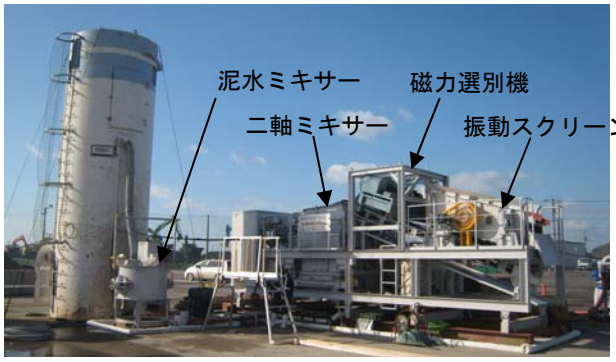

写真１　流動化処理土製造設備

写真２　流動化処理土打設状況

（２）品質の推移

流動化処理土の品質の推移を図２に示す．試験施工での単位体積重量（1.5～1.6g/cm³）は室内検討結果(1.7g/cm³)より小さい。これは図１に示すように試験施工で使用した主灰の粒度(No.2：19mm せん頭)が室内検討での使用材料より細粒側に位置することが影響した可能性がある．前述のように使用主灰の含水比は室内検討時よりも小さかったが，室内検討と同一加水量でも所定の流動性が得られた．また材料分離抵抗性，一軸圧縮強さについて極端な変動は認められず，特に後者の変動係数（標本数 28～30）は材齢７，28 日ともに 10%を下回った．処理土の流動性を一定に維持するため，途中で加水量を低減したが，結果としてこれが品質の安定に寄与したと推察される．一方で，試験施工で得られた一軸圧縮強さは，施工全体を通じて室内検討結果を上回った．図１に示した粒度から推定される使用材料の使用材料の 9.5mm 以下分の含水比は室内検討時より約 10%小さい 33%であり，これが単位水量低減効果として強度に影響した可能性がある．含水比を初めとする主灰の性状が処理土の流動性や強度に及ぼす影響についての検討が必要である．

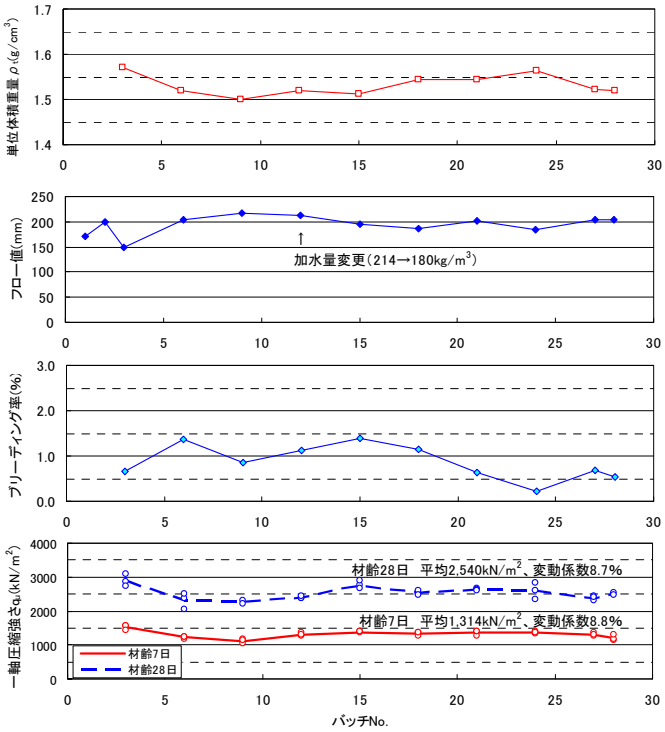

図２　流動化処理土の品質の推移

５．まとめ

実用化に向けては，焼却主灰の性状が流動化処理土の品質に及ぼす影響の定量化が必要だが，災害廃棄物焼却主灰の流動化処理土への活用は充分に可能と考えられる．なお，試験施工の実施に当たっては，宮城県，太平産業株式会社，大容基功工業株式会社の各位に多大なご協力を頂いた．記して謝意を表する．

【参考文献】1)佐々木正充:災害廃棄物処理の状況（宮城県石巻ブロック）,土木施工,Vol.53,No.9,pp.48-51,2012 2)佐々他:災害廃棄物の焼却主灰再資源化の報告,土木学会第 68 回年次学術講演会,2013(投稿中) 3)土木研究所他:流動化処理土利用技術マニュアル,2008 4)藤崎他:災害廃棄物から再生した洗浄砂・礫を用いたセメント改良土の実証施工,土木学会第 68 回年次学術講演会，2013(投稿中)