

がれき処理コンソーシアム・第1期部会活動報告書

部会名	プレキャストコンクリート製品検討部会
幹事	昭和コンクリート工業株式会社
参画企業	東北大学、宮城大学、愛知製鋼㈱、(株)アベゼン、(株)氣工社、(株)北川鉄工所、共和コンクリート工業㈱、グレースケミカルズ㈱、昭和コンクリート工業㈱、新和コンクリート工業㈱、(株)錢高組、全国コンクリート製品協会、太平洋セメント㈱、太平洋プレコン工業㈱、大平洋金属㈱、竹本油脂㈱、電気化学工業㈱、東栄コンクリート工業㈱、(株)東北ヤマックス、(株)トッコン、土木地質㈱、日本製紙㈱、(一社)日本鋼構造協会、日本鋳業協会、ハレーサルト工業会、BASF ジャパン㈱、(株)ピーエス三菱、(株)復建技術コンサルタント、(株)フローリック、(株)ホクコン、前田製管㈱、丸栄コンクリート工業㈱、三井住友建設㈱、三菱マテリアル㈱、(株)ヤマウ、八溝マテリアル㈱、溶融スラグ石材研究会、(株)吉田セメント工業、(独)物質・材料研究機構、(独)国立環境研究所 40 機関
活動目的	がれき処理コンソーシアムにおけるプレキャストコンクリート製品部会の活動は、東日本大震災で発生した震災がれきの、①コンクリートがれき②津波堆積物土砂③がれき焼却残渣④ふるい下残渣が、コンクリート製品の材料として使用可能なのか、また、ここで開発・事業化された技術が、東北地方における未利用資源（スラグ、石炭灰、紙パルプ焼却灰など）をコンクリート製品の材料として使用できるようにすることにより、プレキャストコンクリート製品が東北地方における資源循環型社会の構築に貢献できることを目指し活動いたしました。
開催状況	<p>第1回部会会議 平成24年 7月12日</p> <p>第2回部会会議 平成24年 8月21日</p> <p>第3回部会会議 平成24年10月31日</p> <p>第4回部会会議 平成25年 2月14日</p> <p>第5回部会会議 平成25年 4月26日</p> <p>第6回部会会議 平成25年11月 7日</p> <p>第7回部会会議 平成25年 2月27日</p> <p>第8回部会会議 平成26年 5月21日</p>

- ・リサイクル認定制度を有効に活用した方がよい。使用者との対話が必要である。
- ・従来製品ではなく、新たな製品開発検討等を行う。
次回は、WG分けてなどを検討を行う。

■ 第3回部会会議 平成24年10月31日

1. 3WGの役割と主査について。

使用製品WG：自治体との対話、製品の開発などを担当。

受入WG：がれきや未利用資源の種類や性状などを担当。

配合WG：がれきや未利用資源を使用した配合を担当。

WG主査については、

使用WG：前田製品販売株式会社

受入WG：三菱マテリアル株式会社

配合WG：太平洋セメント株式会社

各社に依頼を要請する。

2. 部会等に方針活動を検討。

- ・骨材の不足が深刻化している。外部からの調達等を検討しているが、がれきを使用しないと残ってしまうし、他地域にも材料不足などの影響を及ぼす、トレーサビリティの確保などの課題が多いが、「がれき」「未利用資源」「低品質材料」などを有効活用するべきで、その役割がコンソーシアムの役割であることを再認識する。
- ・がれきを利用した場合に製品化することで、コストUPになるなど、発注者への提案等が必要。
- ・がれき使用が、最終処分費の低減にもつながるなど各自治体への説得、理解が必要。などの意見が出される。

■ 第4回部会会議 平成25年 2月14日

1. 各WG活動報告。

(1) 使用製品WG（主査：前田製管）

- ・各自治体のアンケートより、コンクリートがれきの現状について再確認し、再生骨材としての活用の可能性について検討する。
- ・コンソーシアムのパンフレット（全体用、部会用）を作成し、各自治体へのヒアリングする際に活用する。
- ・WG各社の保有製品で、がれき処理に有効と思われる製品を紹介する。

(2) 受入WG（主査：三菱マテリアル）

- ・震災廃棄物および産業副産物（東北地方未利用資源）の性状調査を行う（図4-1-2-1）。
- ・震災廃棄物は、焼却主灰およびふるい下残渣を対象とする（図4-1-2-2）。

次頁
あり

- ・産業副産物は、石炭灰および部会メンバーが所有する産業副産物を対象とする。対象物は、今後のWGで協議し決定する(図4-1-2-2)。
- ・試験項目および試験頻度等は、今後のWGで協議する。
- ・震災がれきの放射能濃度は、100Bq/kg以下とする。

受入WGの活動目的

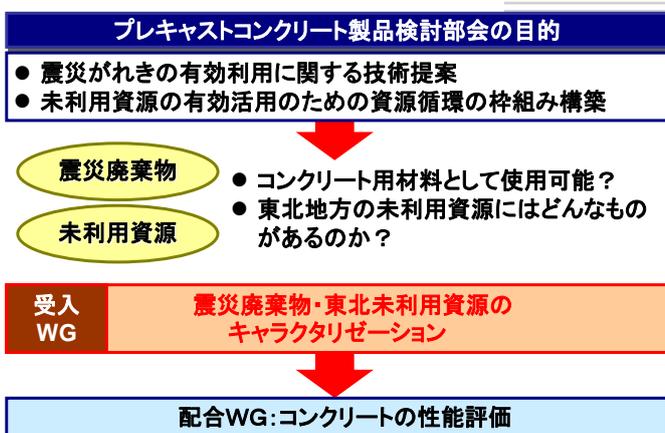


図 4-1-2-1 受入 WG の活動目的

受入WGの活動内容

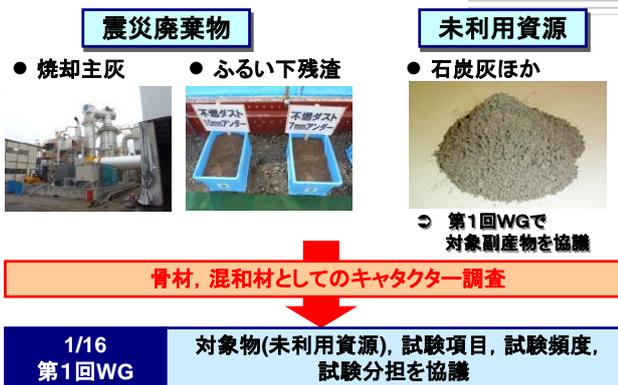


図 4-1-2-2 受入 WG の活動内容

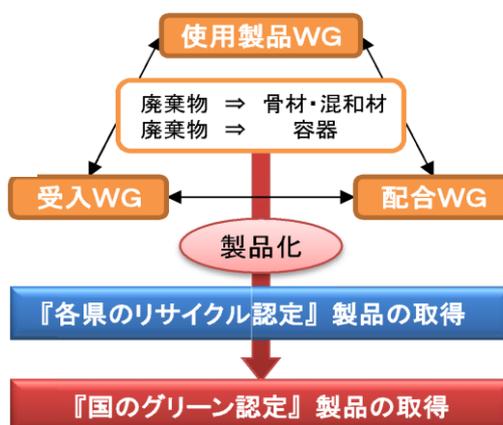
(3) 配合WG (主査：太平洋セメント株式会社)

- ・震災廃棄物および産業副産物を使用した場合のプレキャスト製品の配合を提案する目的とする。環境安全の評価は、地盤工学会による物性評価スキームをベースとした形式検査方法の調査、設定を行う。
- ・配合試験は、ステップ1としてモルタルによる基礎性状把握、ステップ2としてコンクリートによる性能評価を行う予定。
- ・グリーン購入法(環境省)を視野に入れて考えたら良いのではないかと。
- ・未利用資源の活用製品も提案して欲しい。
- ・放射線遮蔽容器の提案も必要である。性能毎にランク分けなど

次頁
あり

を考えた方がよい。などの意見が出される。

【イメージ図】



■ 第5回部会会議 平成25年 4月26日

1. 各WG報告

(1) 使用製品WG

- ・各自治体アンケート結果

プレキャストコンクリート製品へのがれきの再利用は、考えていない。また、がれきを再利用するプレキャストコンクリート製品の開発の要望などはなかった。

【震災がれき中詰重力擁壁(案)イメージ図】



(2) 受入WG (主査: 三菱マテリアル)

対象とする震災廃棄物および産業副産物(東北地方未利用資源)および試験内容について報告した。

【震災廃棄物】

- ・震災廃棄物は、宮城県災害廃棄物処理サイトのうち、①気仙沼処理ブロック、②石巻処理ブロック、③宮城東部処理ブロックおよび④亶理処理ブロックの4サイトを対象とする(図5-1-2-1)。
- ・ただし、亶理処理ブロックは、放射性セシウム濃度が500(Bq/kg)を超える場合があるため、対象から除外する(図5-1-2-1)。

次頁
あり

- ・焼却主灰(キルン灰, ストーカ灰)およびふるい下残渣は, 外観調査より粒径 20~5mm 程度のものが多く含まれているため, コンクリート用骨材としてのキャラクターを調査する。

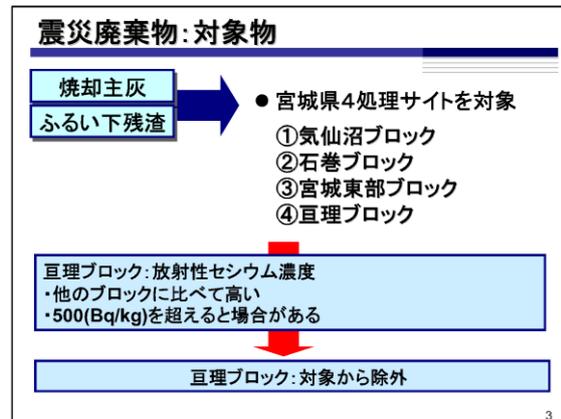


図 5-1-2-1 対象の震災廃棄物

【産業副産物(東北地方未利用資源)】

- ・産業副産物は, 石炭灰, フェロニッケルスラグ(太平洋金属社), 銅スラグ(三菱マテリアル社, 小名浜製錬社)とする。
- ・調査内容は, 今後の WG で協議する。



写真 5-1-2-1 銅スラグ

(3) 配合WG (主査: 太平洋セメント)

震災がれきおよび副産物材料のコンクリート材料としての適用判断を行うことを目的として、モルタル試験、コンクリート試験、PCa 製品試作を実施する計画について報告した。

表 5-3-1 使用検討材料

次頁
あり

資材種類	候補材料	手配状況
震災がれき	宮城県サイト	—
	岩手県サイト（太平洋セメント 大船渡工場処理品）	サンプル依頼中 （がれき A,B ふるい残渣、 C 津波土砂）
副産物資材	石炭灰	能代、酒田、勿来、新地
その他		

■ 第 6 回部会会議 平成 25 年 11 月 7 日

1. 各WG 報告

(1) 使用製品WG

震災がれき利用擁壁（案）の取組状況の説明

① 未利用資源をコンクリート新製品に使用と産地

- ・石炭灰：能代(秋田県)・勿来(福島県)新地(福島県)・酒田(山形県)
- ・日本製紙社石炭灰：石巻市（宮城県）
- ・スラグ骨材：銅スラグ細骨材（福島県）
- ・フェロニッケル粗骨材：(青森県)

② 震災がれきを新製品の中詰め材に使用

- ・震災がれき焼却主灰・津波堆積土砂ふるい下
- ・技術的課題は次のとおり
 - 有害物質の溶出の確認
 - 凍結融解への耐久性の確保
 - コストに影響の少ない混和剤の選定
 - 施工性の確保

③ 震災がれき利用擁壁案

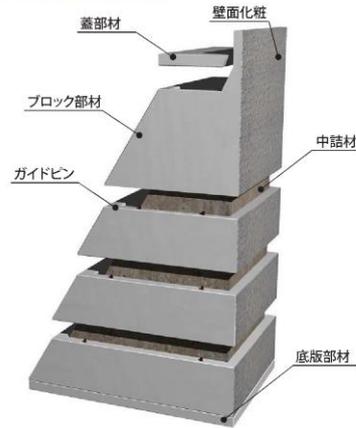
- ・仮名称がれき中詰型重力式擁壁
 - 「震災がれき」や「未利用資源」を中詰め材として有効利用する重力式擁壁を説明
- ・プレキャストコンクリート製品の分割式ブロック部材
- ・構造的には、内部に詰めた中詰め材の自重により土圧に抵抗
- ・構造計算の中詰め材は 15kN/m³で計算
- ・製品の壁高 H=3.0m、控幅 B=2.2m、製品長 L=1.5m
- ・中詰め材の処理能力→約 4.03 m³/延長 1.5m 当り
- ・擁壁天端部へ車両用防護柵基礎付きタイプを設置

【がれき中詰型重力式擁壁のイメージ】

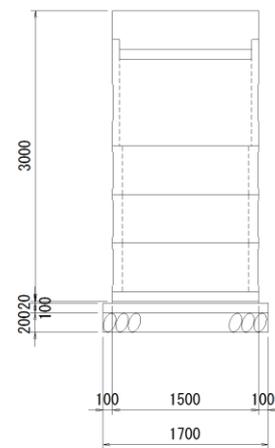
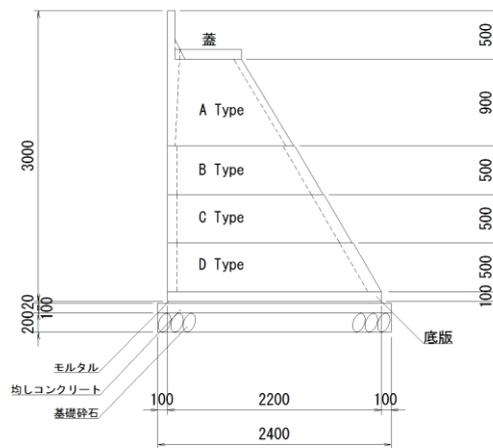
〔各部分割イメージ〕 〔車両用防護基礎製品イメージ〕

次頁
あり

各部分解イメージ



車両用防護柵基礎付製品イメージ



製品重量

名称	製品重量 (kg)	中詰め量 (m ³)
A Type	1040	1.06
B Type	738	0.80
C Type	830	0.99
D Type	921	1.18
蓋	255	
底板	824	
合計	4608	4.03

材料表

工種	名称	規格	単位	数量
擁壁工	がれき中詰型重力式擁壁	H3000×B2200	個	6.667
基礎工	敷モルタル	1:3配合	m ³	0.44
	均しコンクリート	18-8-25	m ³	2.40
	均しコンクリート型枠		m ²	2.00
	基礎砕石	C-40	m ²	24.00

④ 今後のがれき中詰型重力式擁壁の進め方

- ・ 計算書と図面を完成させる。
- ・ 久田代表と北辻副代表から宮城県へ推薦して頂き、施工実績を確立する。
- ・ 東北大学または宮城大学での特許取得。
- ・ 宮城県、岩手県、福島県のリサイクル認定製品の取得をする。
- ・ プレキャストコンクリート製品検討部会の会員社は製造することができる。
- ・ 会員社は製造に伴う販売手数料をがれき処理コンソーシアムへ支払うものとする。

(2) 受入WG (主査：三菱マテリアル)

- ・ 震災廃棄物(①可燃物焼却主灰, ②ふるい下がれき残渣)のコンクリート用骨材としてのキャラクター調査結果について報告した。

次頁
あり

＜調査した震災廃棄物＞表 6-1-2-1

宮城県災害廃棄物処理サイトのうち、①気仙沼処理ブロック、②石巻処理ブロックおよび③宮城東部処理ブロックの3サイトを調査した。

表 6-1-2-1 調査した震災廃棄物

震災廃棄物処理サイト	可燃物焼却主灰		ふるい下 がれき残渣	採取月
	キルン灰	ストーカ灰		
気仙沼ブロック 気仙沼処理区	○	○	○	2013年3月
石巻ブロック	○	○	○	2013年3月
宮城東部ブロック	○	×	○	2013年3月

＜震災廃棄物の放射線量率＞

調査した震災廃棄物の放射線量率(震災廃棄物の表面1cmで測定)を表6-1-2-2に示す。震災廃棄物の放射線量率は、いずれもバックグラウンド値とほとんど変わらなかった

表 6-1-2-2 震災廃棄物の放射線量率(μ Sv/h: 表面1cm)

震災廃棄物処理サイト	可燃物焼却主灰		ふるい下 がれき残渣
	キルン灰	ストーカ灰	
気仙沼ブロック気仙沼処理区	0.039	0.043	0.036
石巻ブロック	0.037	0.038	0.036
宮城東部ブロック	0.037	—	0.034
バックグラウンド値	0.032		

＜キルン灰＞

キルン灰の外観を写真6-1-2-1～3に示す。いずれのキルン灰も木の燃え殻、鉄くず、陶器くずおよびガラスくずなどの混入および不快な異臭が発生していることが確認された。また、写真6-1-2-4に示すように、水に黒いものが浮くことが確認された。キルン灰の骨材試験結果を表6-1-2-3に示す。いずれのキルン灰の絶乾密度および吸水率は、JIS A 5308「レディーミクストコンクリート」の規格値を満足してなかった。

次頁
あり



写真 6-1-2-1 キルン灰(気仙沼)の混入不純物



写真 6-1-2-2 キルン灰(石巻)の混入不純物

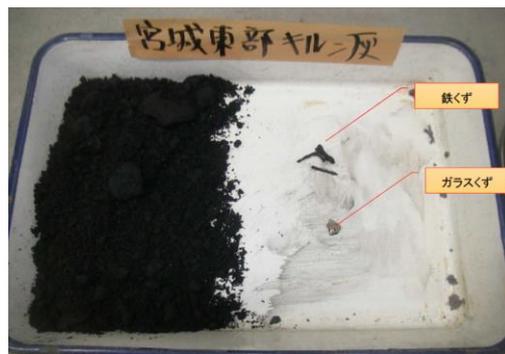


写真 6-1-2-3 キルン灰(宮城東部)の混入不純物



写真 6-1-2-4 キルン灰の黒色浮遊物

次頁
あり

表 6-1-2-3 キルン灰の骨材試験結果

試験項目	試験方法	震災廃棄物処理サイト			JIS A 5308 附属書 A 規格値
		気仙沼	石巻	宮城東部	
粗粒率	JIS A 1102 : 2006	3.36	—	—	—
絶乾密度(g/cm ³)	JIS A 1109 : 2006	1.73	1.82	—	2.5 以上
吸水率(%)	JIS A 1109 : 2006	16.9	13.3	—	3.5 以下
単位容積質量 (kg/L)	JIS A 1104 : 2006	1.10	0.95	1.04	—
実積率(%)	JIS A 1104 : 2006	63	52	—	—

<ストーカ灰>

ストーカ灰の外観を写真 6-1-2-5, 6 に示す。いずれのストーカ灰も、鉄くず、陶器くずなどの混入が確認された。



写真 6-1-2-5 ストーカ灰(気仙沼)の混入不純物



写真 6-1-2-6 ストーカ(石巻)の混入不純物

ストーカ灰の骨材試験結果を表 6-1-2-4 に示す。ストーカ灰は、キルン灰に比べて粒径 5mm 以上のものが多く含まれており、粗粒率が大きかった。よって、骨材試験では、粒径 5mm の網ふるいでふるい分

次頁
あり

けを行い、粒径 5mm の網ふるいに留まった試料および通過した試料についても試験を実施した。いずれのストーカ灰の絶乾密度および吸水率は、JIS A 5308「レディーミクストコンクリート」の規格値を満足してなかった。

表 6-1-2-4 ストーカ灰の骨材試験結果

試験項目	試験方法	震災廃棄物処理サイト						JIS A 5308 附属書 A 規格値
		気仙沼			石巻			
		全体	5mm 上	5mm 下	全体	5mm 上	5mm 下	
粗粒率	JIS A 1102 : 2006	4.63	6.67	2.77	—	—	—	—
絶乾密度 (g/cm ³)	JIS A 1109 : 2006 JIS A 1110 : 2006	1.81	1.70	1.78	—	1.71	1.92	2.5 以上
吸水率 (%)	JIS A 1109 : 2006	11.3	8.5	13.9	—	9.0	9.7	3.5 以下
単位容積質量 (kg/L)	JIS A 1104 : 2006 JIS A 1110 : 2006	1.11	—	—	1.21	—	—	—
実積率 (%)	JIS A 1104 : 2006	61	—	—	—	—	—	—

<ふるい下がれき残渣>

ふるい下がれき残渣の外観を写真 6-1-2-7~9 に示す。いずれのふるい下がれき残渣も、木くず、鉄くずおよび陶器くずなどの混入が確認された。特に、木くずが多く混入していた。



写真 6-1-2-7 ふるい下がれき残渣(気仙沼)の混入不純物

次頁
あり



写真 6-1-2-8 ふるい下がれき残渣(石巻)の混入不純



写真 6-1-2-9 ふるい下がれき残渣(宮城東部)の混入不純物

石巻処理サイトのふるい下がれき残渣を粒径 2.5mm, 1.2mm の網ふるいでふるい分けを行い、各粒度範囲にふるい分けた試料について外観観察を行った。各粒度範囲にふるい分けた試料の外観を写真 6-1-2-10 に示す。木くずは、特に粒度が細かい範囲に多く混入していることが確認された。



写真 9 ふるい下がれき残渣(宮城東部)の混入不純物

ふるい下がれき残渣の骨材試験結果を表 6-1-2-5 に示す。いずれのふるい下がれき残渣の絶乾密度および吸水率は、JIS A 5308「レディーミクストコンクリート」の規格値を満足してなかった。

次頁
あり

表 6.1-2-5 ふるい下がれき残渣の骨材試験結果

試験項目	試験方法	震災廃棄物処理サイト			JIS A 5308 附属書 A 規格値
		気仙沼	石巻	宮城東部	
粗粒率	JIS A 1102 : 2006	2.60	—	2.58	—
絶乾密度 (g/cm ³)	JIS A 1109 : 2006	1.40	—	1.76	2.5 以上
吸水率 (%)	JIS A 1109 : 2006	19.6	—	12.4	3.5 以下
単位容積質量 (kg/L)	JIS A 1104 : 2006	0.72	0.89	0.89	—
実積率 (%)	JIS A 1104 : 2006	51	—	51	—

<まとめ>

今回、宮城県の災害廃棄物処理サイトの震災がれきの外観調査などを実施した。可燃物焼却主灰は、木の燃え殻、鉄くず、陶器くずが混入しており、プレキャストコンクリート製品に適用する場合は、これら混入不純物を除去する必要がある。なお、可燃物焼却主灰のうちキルン灰は、不快な異臭および黒色の浮遊物発生の課題も明らかとなった。また、ふるい下がれき残渣は、木くずがかなり多く混入されており、可燃物焼却主灰と同様に、木くずを除去する必要がある。よって、震災がれきの①可燃物焼却主灰、②ふるい下がれき残渣は、このままではプレキャストコンクリート用細骨材として利用が難しいと判断した。

(3) 配合WG

未利用資源をコンクリート材料として用いた配合案を検討することを目的として実施した、第1回コンクリート試験結果について報告した。

<配合設計のコンセプト>

コンクリートの配合設計コンセプトとしては、要求性能を満足する範囲内にて未利用資源をできるだけ活用することにある。そのため、石炭灰はセメントの外割り添加、すなわち細骨材の一部を置換することによって大量使用を図っている。ただし、あくまでも石炭灰は結合材としての寄与は考慮せず、強度や耐久性の設計では基本的に水セメント比に基づいて行なうこととした。また、銅スラグ骨材は細骨材の全量に置換して用いることとした (図 6-1-3-1 参照)。

次頁
あり

普通コンクリート (W/C=50%、s/a=45%)

W:180	C:360	S:772	G:965	Air:4.5%	
W:180	C:360	CA:180	CuS:757	G:965	Air:4.5%

CDR検討コンクリート (W/C=50%、s/a=37.1%)

図 6-1-3-1 CDR 検討コンクリートの配合設計コンセプト

【第 1 回コンクリート試験－性状確認と強度特性の把握－】

<試験概要>

- (1) 日時：2013 年 10 月 24 日 (木) 11:00～17:00
- (2) 場所：太平洋セメント中央研究所試験室
- (3) 参加会社：昭和コンクリート工業、共和コンクリート工業、BASF ジャパン、竹本油脂、フローリック、太平洋セメント
- (4) コンクリートの要求性能：設計基準強度 40N/mm² (材齢 14 日)、耐凍害性

①使用材料

表 6-1-3-1 使用材料

種類	記号	摘要
水	W	水道水
セメント	C	太平洋セメント製普通ポルトランドセメント 密度 3.16 g/cm ³
石炭灰	CA1	相馬共同火力発電 新地発電所製 密度 2.28 g/cm ³ 、強熱減量 2.0%
	CA2	常磐共同火力発電 勿来発電所製 密度 2.20 g/cm ³ 、強熱減量 4.9%
	CA3	日本製紙石巻工場製 密度 2.89 (2.19)g/cm ³ 、強熱減量 2.0%
細骨材	S1	三菱マテリアル製銅スラグ細骨材 5.0-0.3 表乾密度 3.52g/cm ³ 、吸水率 0.34%、粗粒率 3.29
	S2	三菱マテリアル製銅スラグ細骨材 2.5-0 表乾密度 3.52g/cm ³ 、吸水率 0.38%、粗粒率 2.37
粗骨材	G1	茨城県産碎石 表乾密度 2.65g/cm ³ 、吸水率 0.83%、粗粒率 6.72
	G2	大平洋金属製フェロニッケルスラグ粗骨材
高性能減水剤	SP	BASF ジャパン製マスターグレニウム 8000S ポリカルボン酸エーテル系
AE 剤	AE	BASF ジャパン製マスターエア 785

②コンクリート配合

コンクリート配合水準を表 6-1-3-2 に示す。配合①～③では石炭灰をセメントの 100%外割り添加したときの強度と W/C の関係を明らかにし、④～⑥では 3 種類の石炭灰を 50%外割り添加した場合の石炭灰各々の影響を把握することを目的とした。

次頁
あり

表 6-1-3-2 コンクリート配合

配合	CA (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)					単質 (t/m ³)
				W	C	CA	S 1	G1	
①40-50-CA1	100	53.9	27.7	180	334	334	510	1002	2.360
②45-50-CA1		48.5	24.2	180	371	371	422	994	2.338
③50-50-CA1		44.1	20.6	180	408	408	338	983	2.317
④40-50-CA1	50	53.9	36.6	180	334	167	767	1002	2.450
⑤40-50-CA2		53.9	36.3	180	334	167	757	1002	2.440
⑥40-50-CA3		53.9	38.1	180	334	167	820	1002	2.503

③フレッシュコンクリートの性状

表 6-1-3-3 にフレッシュコンクリートの性状を示す。石炭灰をセメントの 100%添加した配合①～③の場合、水セメント比 55%とした配合①では良好なハンドリングを示したが、配合②、③では水セメント比の低減にしたがって粘性が増大し、ハンドリングが低下した。

石炭灰添加量をセメントの 50%とした配合④～⑥は、配合①～③よりも粘性が低下しハンドリングは改善した。しかしながら、灰の種類によってコンクリートの流動性が大きく異なり、CA1 は CA2 や CA3 よりも高性能減水剤添加量を低減させたにもかかわらず流動性が高く、粘性が低下してやや材料分離が確認された。

空気量については、いずれの配合についても AE 剤をセメントの 0.2%まで添加したにもかかわらず、空気の連行は確認されなかった。

表-6-1-3-3 フレッシュコンクリートの性状

配合	SP 量 (C×%)	AE 量 (C×%)	スランプフォー (mm)	空気量 (%)	単位容積質量(t/m ³)	コンクリート温度(℃)	ハンドリング
①	0.8	0.2	550	1.8	2.429	21.5	良好
②	1.0	0.2	520	2.4	2.395	22.3	粘性大
③	1.3	0.2	560	3.0	2.360	22.4	粘性極大
④	0.4	0.2	600	2.8	2.493	20.7	粘性小
⑤	0.8	0.2	590	2.6	2.509	21.6	良好
⑥	0.7	0.2	520	2.5	2.499	21.5	良好

④圧縮強度

表 6-1-3-4 にコンクリートの圧縮強度結果を、図 6-1-3-2 にセメント水比と圧縮強度の関係を示す。得られた関係式は石炭灰をセメントの 100%添加していることや空気量が目標よりも少ないことを考慮して、設計基準強度 40N/mm²に対する割増し係数をやや高めの 1.2 と仮定すると配合強度は 48N/mm² と設定される。このときの水セメント比は 48.1%と計算されるが、さらに石炭灰添加量や空気量を適正にした場合において、再度確認が必要である。

次頁
あり

表 6-1-3-4 コンクリートの圧縮強度 (() 内は静弾性係数)

配合	蒸気、気中養生			標準水中養生	
	1d	14d	28d	28d	91d
①	22.2	38.8(29.9)	45.1	56.6(34.5)	67.7
②	29.7	49.6(32.4)	58.1	67.2(34.5)	77.4
③	30.7	54.1(33.7)	60.5	77.1(35.5)	83.2
④	15.4	30.8(34.6)	33.9	47.6(35.8)	61.3
⑤	19.5	36.1(28.3)	39.4	51.0(35.7)	68.4
⑥	17.2	30.5(27.7)	36.8	46.8(35.5)	63.6

セメント水比と圧縮強度の関係(蒸気養生)

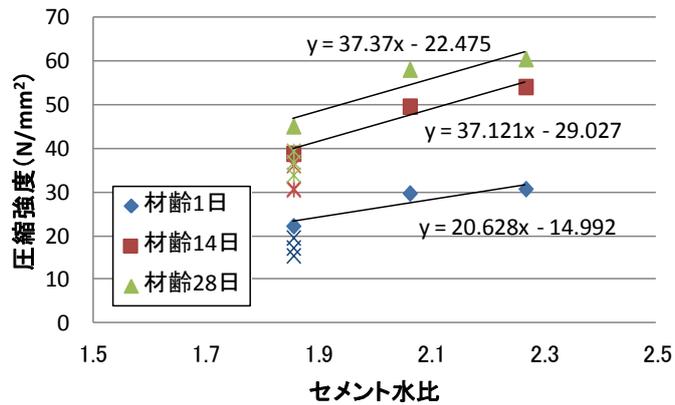


図 6-1-3-2 セメント水比と圧縮強度の関係

《参考資料》

汚染廃棄物仮置保管施設研究会で、プレキャスト製品メーカー 11 社が、設計基準強度 ($\sigma_{ck} = 35 \sim 40 \text{ N/mm}^2$) で幅 30 cm × 奥行き 30 cm × 厚さ 15 cm の供試体を製作して遮へい試験を実施した。その遮へい率とその他の関係を報告します。

【遮へい効果試験状況】

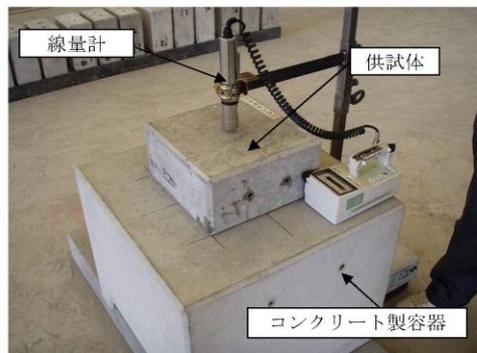


図 2.1 遮へい効果確認実験状況

【実験状況図】

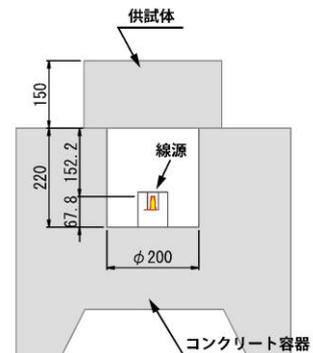
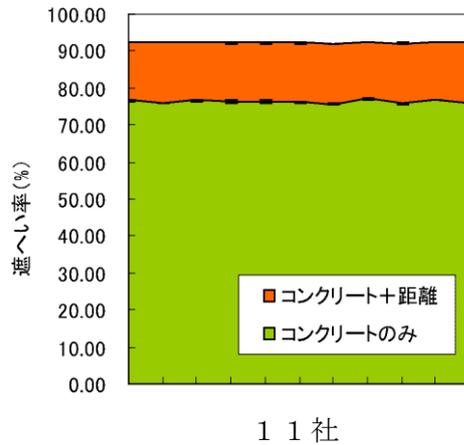


図 2.2 実験状況断面図

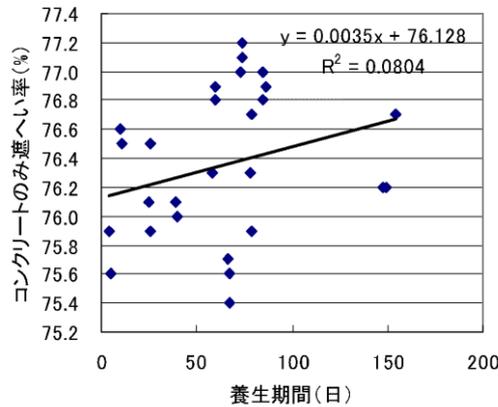
次頁
あり

【遮へい率と11社の関係】



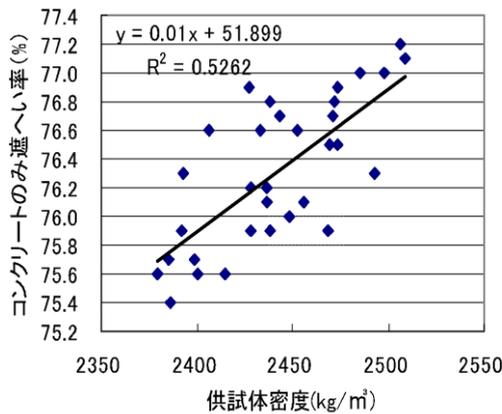
遮へい率は、11社でコンクリートでは、75.4%～77.2%ありコンクリートと距離15cmでは、92.0%～92.6%であった。

【養生期間と遮へい率】



各社の供試体の養生期間(日数)は最短で4日から154日ありましたが、養生期間との相関関係があるとは、考えられませんでした。

【密度と遮へい率】



各社の供試体の密度は最小で2379kg/m³から2509kg/m³と範囲は小さかったが図の様に若干の相関関係が確認できた。

■ 第7回部会会議 平成26年 2月27日

1. 各WG報告

(1) 使用製品WG

第1案:がれき中詰型重力式擁壁、第2案:プレキャストコンクリート擁壁、第3案:重力式擁壁の壁高H=1.5m, 2.0m, 3.0mについて擁壁構造比較表を作成した結果を各委員へ説明した。

次頁
あり

① 壁高 H=3.0m を例として概算工事費を説明

- ・第1案:がれき中詰型重力式擁壁→122,100 円/m
- ・第2案:プレキャストコンクリート擁壁→59,000 円/m
- ・第3案:重力式擁壁→125,650 円/m

② 中詰め材のがれき処理費を考慮した場合

第2案のプレキャストコンクリート擁壁が第1案のがれき中詰型重力式擁壁より大幅に安いので、がれき中詰型重力式擁壁に震災がれきを使用することでの廃棄物処理費 24,000 円/m³ を中詰型重力式擁壁工事費から差し引いたらどうか。

- ・中詰型重力式擁壁のがれきの処理費

延長 L=15.0m 中詰め量 4.03 m³/基×10 基=40.3 m³

がれき処理費 40.3 m³ ×24,000 円/m³=967,200 円

1 m 当り換算で 967,200 円/15m=64,480 円/m

第1案:がれき中詰型重力式擁壁

→122,100 円/m-64,480 円/m=57,620 円 < PCa 擁壁 59,000 円/m

試算結果として中詰めがれき処理費を含むと工事費が安くなった。

③ がれき処理費

- ・中詰め材の「焼却主灰」・「津波堆積土砂ふるい下」・その他の処理価格の正当な単価を廃棄物処理業者へ確認する。

④ がれき中詰型重力式擁壁の設計・施工マニュアルの作成

- ・6月9日の全体会議までに、設計・施工マニュアルの作成をするため各社メンバーを選抜し作成することになった。
- ・昭和コンクリート工業(株)、丸栄コンクリート工業(株)、東栄コンクリート工業(株)、共和コンクリート工業(株)、前田製管(株)の5社でマニュアル作成することになり、使用製品 WG の池田主査から各社へご協力のお願いをすることになった。

(2) 受入WG (主査:三菱マテリアル)

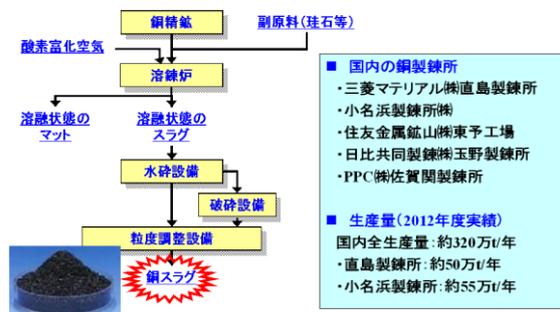
産業副産物(東北地区未利用資源)の調査活動の進捗報告

- ・石炭灰については、コンクリート用混和材としての利用の観点から、文献を調査し整理する。
- ・文献調査では、石炭灰の特性の中でも強熱減量に着目し、フレッシュコンクリートの性状に及ぼす影響を調査する。
- ・フェロニッケルスラグおよび銅スラグについては、製造メーカーへのヒアリングにより情報を収集・整理する。
- ・製造メーカーのヒアリングは、がれき処理コンソーシアム第4回全体会議において報告があった「銅スラグのコンクリート用細骨材への適用について(図 7-1-2-1)」を参考に纏める。

次頁
あり

銅スラグとは

- 銅を製錬する際に副次的に得られるスラグ
- 銅スラグの製造工程

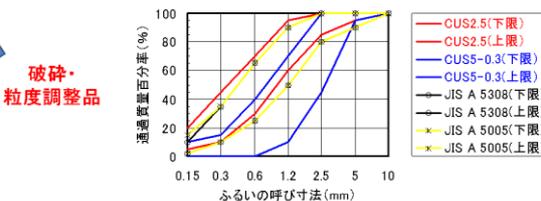


▲ MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION Cement Company Cement Research Institute

銅スラグ細骨材の種類(JIS規格)

- 銅スラグ細骨材の種類と粒度範囲(JIS A 5011-3)

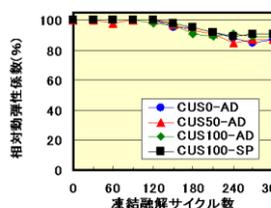
種類	ふるい呼び寸法 (mm)	ふるいを通過ものの質量百分率(%)						
		10	5	2.5	1.2	0.6	0.3	0.15
5mm銅スラグ細骨材	100	90~100	80~100	50~90	25~65	10~35	2~15	
2.5mm銅スラグ細骨材	100	95~100	85~100	60~95	30~70	10~45	5~20	
1.2mm銅スラグ細骨材	-	100	95~100	80~100	35~80	15~50	10~30	
0.3mm銅スラグ細骨材	100	95~100	45~100	10~70	0~40	0~15	0~10	



▲ MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION Cement Company Cement Research Institute

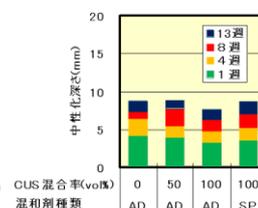
コンクリートの硬化性状

凍結融解抵抗性



銅スラグ単独使用(100vol%)
⇒山砂とほぼ同等

促進中性化



銅スラグ単独使用(100vol%)
⇒山砂とほぼ同等

▲ MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION Cement Company Cement Research Institute

次頁
あり

コンクリートの硬化性状

29

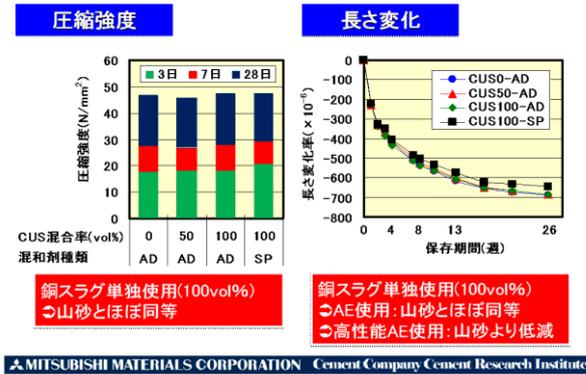


図 7-1-2-1 銅スラグ破碎・粒度調整品の参考資料の一例
(第 4 回全体会議より)

(3) 配合WG

第 1 回試験結果に基づき、石炭灰の種類によらない共通仕様の配合を検討し、耐凍害性、環境安全性の評価を行うことを目的として実施した第 2 回コンクリート試験結果について報告した。

【第 2 回コンクリート試験－性状確認と耐久性の評価－】

<試験概要>

- (1) 日時：2014 年 2 月 18 日（火）11：00～17：00
- (2) 場所：太平洋セメント中央研究所試験室
- (3) 参加会社：昭和コンクリート工業、三菱マテリアル、電気化学工業、BASF ジャパン、竹本油脂、太平洋セメント

①使用材料

表 7-1-3-1 使用材料

種類	記号	摘要
水	W	水道水
セメント	C	太平洋セメント製普通ポルトランドセメント 密度 3.16 g/cm ³
石炭灰	CA1	相馬共同火力発電 新地発電所製 密度 2.28 g/cm ³ 、強熱減量 2.0%
	CA2	常磐共同火力発電 勿来発電所製 密度 2.20 g/cm ³ 、強熱減量 4.9%
	CA3	日本製紙石巻工場製 密度 2.19g/cm ³ 、強熱減量 2.0%
細骨材	S1	三菱マテリアル製銅スラグ細骨材 5.0-0.3 表乾密度 3.52g/cm ³ 、吸水率 0.34%、粗粒率 3.29
	S2	三菱マテリアル製銅スラグ細骨材 2.5-0 表乾密度 3.52g/cm ³ 、吸水率 0.38%、粗粒率 2.37
粗骨材	G1	茨城県産碎石 表乾密度 2.64g/cm ³ 、吸水率 0.83%、粗粒率 6.72
高性能減水剤	SP	BASF ジャパン製マスターグレニウム 8000S ポリカルボン酸エーテル系
AE 剤	AE	BASF ジャパン製マスターエア 785
耐凍害向上材	F	電気化学工業製デンカ FTP

次頁
あり

②コンクリート配合

コンクリート配合水準を表 7-1-3-2 に示す。第 1 回試験によって得られた結果に基づいて、石炭灰添加量をセメントの 50%とし、水セメント比 48.1%、単位水量 170kg とした（前回 180kg から 10kg 減）。この配合条件下において配合①～③では水セメント比と強度特性の関係の把握、配合①④では灰の種類による流動性のコントロールの確認、配合⑤⑥では④に対して耐凍結融解性向上材（FTP）による効果を確認することを目的としており、配合⑦では S1 よりも粒度の細かい S2 の使用を検討した。

全配合において、石炭灰を多量に使用する本配合条件では空気量の調整は困難であるとの判断から、AE 剤添加による空気量の調整は行わなかった。なお、FTP は 3%の含水状態であるため、含水量分はあらかじめ練り混ぜ水量から差し引いて添加した。

表 7-1-3-2 コンクリート配合

配合	CA (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)					単質 (t/m ³)
				W	C	CA	S1	G1	
①40-50-CA1	50	48.1	40.3	170	353	177	845	937	2.482
②45-50-CA1		55.0	42.6	170	309	155	929	937	2.500
③35-50-CA1		40.0	35.9	170	425	213	700	937	2.445
④40-50-CA2		48.1	40.1	170	353	177	838	937	2.475
⑤40-50-CA2(F3.0)		48.1	40.1	170	353	177	838	937	2.475
⑥40-50-CA2(F4.5)		48.1	40.1	170	353	177	838	937	2.475
⑦40-50-CA2(F3.0)									

※配合⑤⑥は、それぞれ FTP を 3.0, 4.5kg/m³外割り添加。

③フレッシュコンクリートの性状

フレッシュコンクリートの性状を表 7-1-3-3 に示す。配合①および②～④において、高性能減水剤の添加量 0.7～1.2%としてスランプフロー 600m 程度確保したときに目標とするハンドリングの状態が得られた。これより、高性能減水剤の調整によって石炭灰の種類によらず共通の配合とすることが可能であることが確認された。

FTP を添加した配合⑤～⑦は無添加の④と比較して、質量法による空気量測定において 0.6～1.7%の空気量増加が確認され、流動性は同等かやや向上する傾向が見られた。

銅スラグ細骨材の粒度については、粒度の細かい S2 (2.5-0mm) を使用した場合には流動性の低下が確認されたため、今回石炭灰を多量使用する配合条件においては S1 (5-0.3mm) の使用が適切であると判断された。

次頁
あり

表 7-1-3-3 フレッシュコンクリートの性状

配合	SP量 (C×%)	FTP量 (kg/m ³)	スポンジフォー (mm)	空気量(%)		単位容積 質量(t/m ³)	コンクリート 温度(°C)	ハンド リング
				圧力	質量			
①	0.7	—	515	2.0	1.5	2.56	22	良好
②	0.7	—	600	4.8	4.2	2.51	21	粘性小
③	1.0	—	545	3.9	2.9	2.49	22	良好
④	0.95	—	340	1.8	1.4	2.56	23	粘性大
⑤	1.2	3.0	625	—	2.0	2.54	23	良好
⑥	1.0	4.5	505	—	3.0	2.51	23	良好
⑦	1.2	3.0	435	—	3.1	2.51	22	粘性大

④圧縮強度

コンクリートの圧縮強度試験結果を表 7-1-3-4 に、セメント水比と圧縮強度の関係を図 7-1-3-1 に示す。FTP を添加した場合、無添加の配合④と比較して 3.0kg 添加した配合⑤は 5.7%、4.5kg 添加した配合⑥は 9.8%それぞれ強度の低下が確認された。したがって、FTP を添加する場合の配合設計においては図 5.1 における無添加の関係式において、材齢 14 日における FTP を 3.0kg 添加したときの強度低下 6%(≒5.7%) を考慮して、 $\sigma = 26.821 \times C/W - 19.686$ (図 5.1 中の点線) と推定される。

表 7-1-3-4 圧縮強度の結果

配合	蒸気、気中養生		標準水中 養生
	1d	14d	28d
①	25.1	40.2	49.3
②	15.8	29.5	38.9
③	32.5	49.5	63.4
④	23.0	38.7	47.2
⑤	21.0	36.5	44.2
⑥	19.7	34.9	42.4
⑦	17.5	30.6	38.2

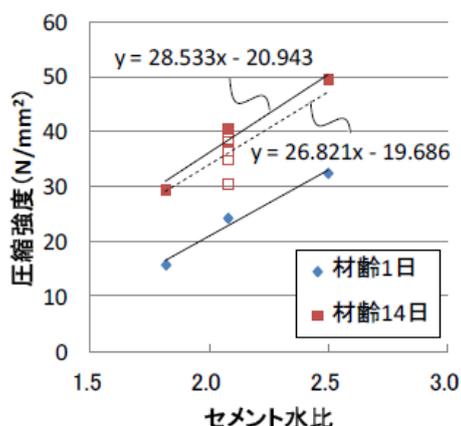


図 7-1-3-1 セメント水比と圧縮強度の関係

⑤凍結融解抵抗性

配合④～⑥における凍結融解試験結果として、現在 200 サイクル経過時点までの相対動弾性係数の推移を図 7-1-3-2 に、質量変化率の推移を図 7-1-3-3 に示す。プレーンの配合④が 60 サイクル程度の早期に劣化したのに対して、FTP を添加した配合⑤⑥は凍結融解 200 サイクルまでにおいて相対動弾性係数 90%以上を維持しており、耐凍結融解抵抗性の向上が確認される。質量変化率は、気中養生後に試験を行っていることから開始直後に供試体は吸水して 2%近くまで増加しているが、その後は徐々に減少している。供試体には一部スケーリングが生じている (写真 7-1-3-1 参照) ため、質量減少は 150 サイクル以降やや大きくなっている。工場製品と同様な養生条件であり十分に吸水

次頁
あり

されていなかったことから、スケーリングについては厳しい条件であったことが想定されるが、スケーリングは供試体の表層部分にとどまっていた。

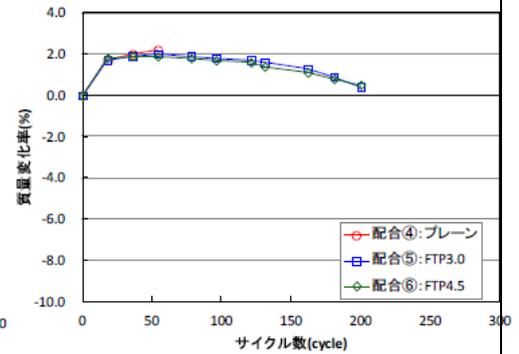
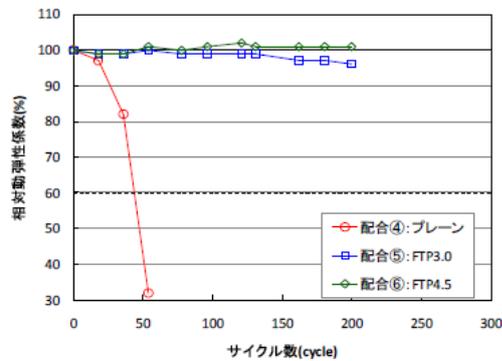
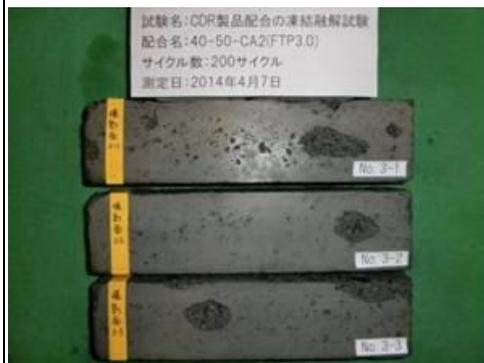
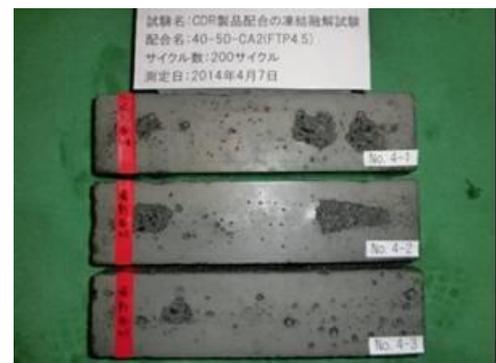


図 7-1-3-3 相対動弾性係数の推移

図 7-1-3-4 質量変化率の推移



配合⑤ 40-50-CA2(FTP3.0)



配合⑥ 40-50-CA2(FTP4.5)

写真 7-1-3-1 凍結融解 200 サイクル後の供試体状況

⑥環境安全性の評価

環境安全性の評価として、溶出量および含有量試験結果を表 7-1-3-5、7-1-3-6 にそれぞれ示す。試験は、形式検査としてコンクリート成形体にて行った。配合①および④において試験結果はいずれも環境基準値を下回っていたが、含有量試験では Pb が基準値に近づいている。

次頁
あり

表 7-1-3-5 溶出量試験結果(mg/L)

項目	Cd	Cr ⁶⁺	T-Hg	Se	Pb	As	F	B
配合①	<0.001	<0.005	<0.0005	<0.001	<0.001	<0.001	<0.08	<0.1
配合④	<0.001	<0.005	<0.0005	<0.001	<0.001	<0.001	<0.08	<0.1
環境基準	0.01	0.05	0.0005	0.01	0.01	0.01	0.8	1.0

表 7-1-3-6 含有量試験結果(mg/kg)

項目	Cd	Cr ⁶⁺	T-Hg	Se	Pb	As	F	B
配合①	<10	<10	<1	<10	150	44	180	<100
配合④	<10	<10	<1	<10	140	43	180	<100
環境基準	150	250	15	150	150	150	4000	4000

<コンクリート試験のまとめ>

(1) 3種類の石炭灰をセメントの50%外割りで添加し、高性能減水剤での調整範囲内において目標スランプフロー600mmとしたときに所定のワーカビリティおよび材料分離抵抗性が得られたことより、共通仕様となる配合を提案できることが確認された。

(2) 石炭灰使用時の耐凍害性対策としてFTPを用いた結果、以下に示すとおり添加量3.0kg/m³において十分な効果が確認された。

- ・3.0kg/m³添加したとき空気量約0.6~1.1%に相当し、良好なフレッシュ性状を示した。

- ・材齢14日において、3.0kg/m³使用時で圧縮強度の低下は約6%と把握された。

- ・凍結融解200サイクルまでにおいて相対動弾性係数の低下は見られず、耐凍害性が向上した。

(3) 銅スラグ細骨材は、S2(2.5-0mm)では粘性が高まり流動性が低下するため、S1(5-0.3mm)の使用が適当である。

(4) 環境安全性の評価において、形式検査に基づくコンクリート成形体による試験の結果、環境基準を満足することを確認した。

<まとめと今後の予定>

配合WGでは、未利用資源である石炭灰と銅スラグ細骨材を使用したがれき処理コンソーシアム提案製品の配合検討を行った。その結果、石炭灰の種類によらず共通仕様のモデル配合として、フレッシュ性状、強度特性、耐凍害性および環境安全性を確認し、バックデータを蓄積できた。

今後、凍結融解試験の最終結果を踏まえて、強度および耐久性を満足できる配合設計を提案し、実際のプラントでの製造性確認につなげたい。

次頁
あり

終わりに

がれき処理コンソーシアム・第 1 期におけるプレキャストコンクリート部会活動はこの第 1 期報告書により終了いたしますが、①使用製品WGでは、震災がれき中詰重力擁壁の設計施工マニュアル、擁壁実施、グリーン認定取得。②受け入れWGでは、未利用資源の調査、確認、実施。③配合WGでは、耐久性の確認。などの積み残しがあり、がれき処理コンソーシアム第 2 期においてもこの結果を別部会に引き継いをお願いして、活動を継続することを期待いたします。

次頁
なし