

## コンクリート廃材からの環境負荷低減型セメントの開発

### 目的

加熱すりもみ法により副産した微粉特性である、吸水性と水硬性を把握し、活性度の高い微粒分を得ることができる分級設備を開発する。

環境負荷低減型セメントの実用試験を行い、その有効性を評価する。

### 実施期間

平成13年8月～平成15年3月末

三菱マテリアル株式会社

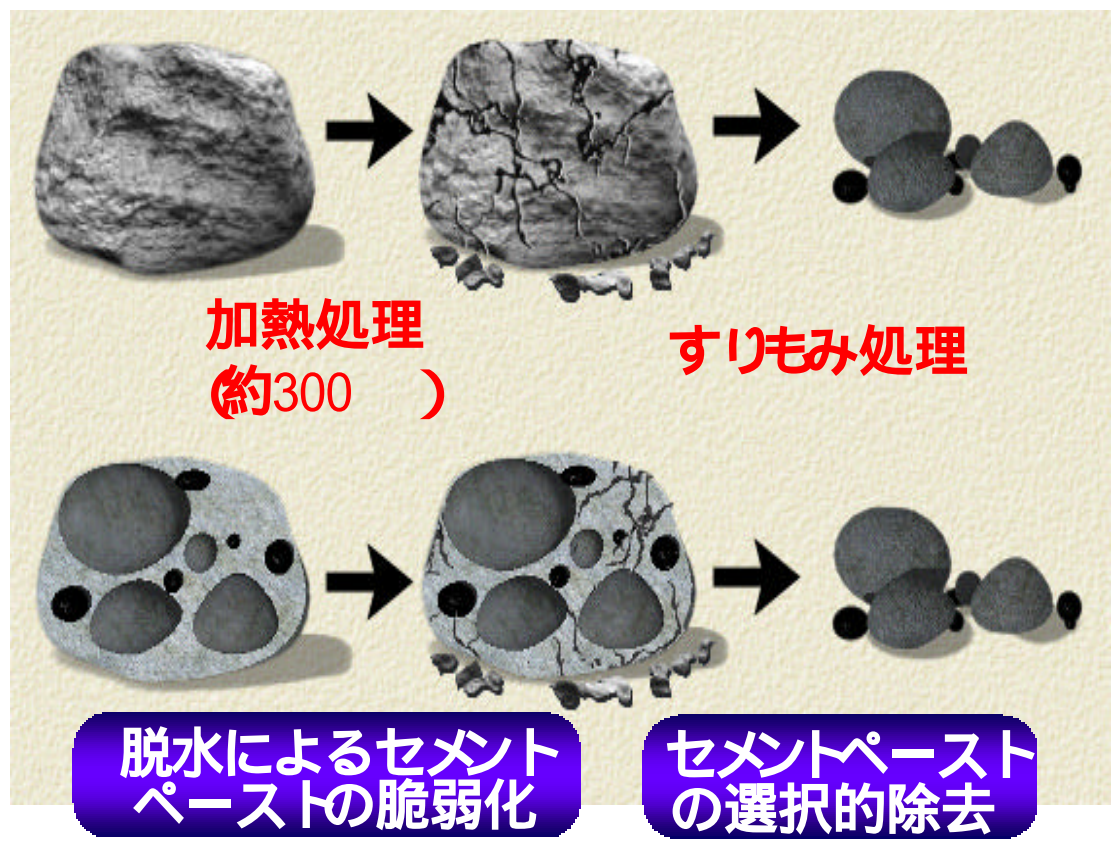
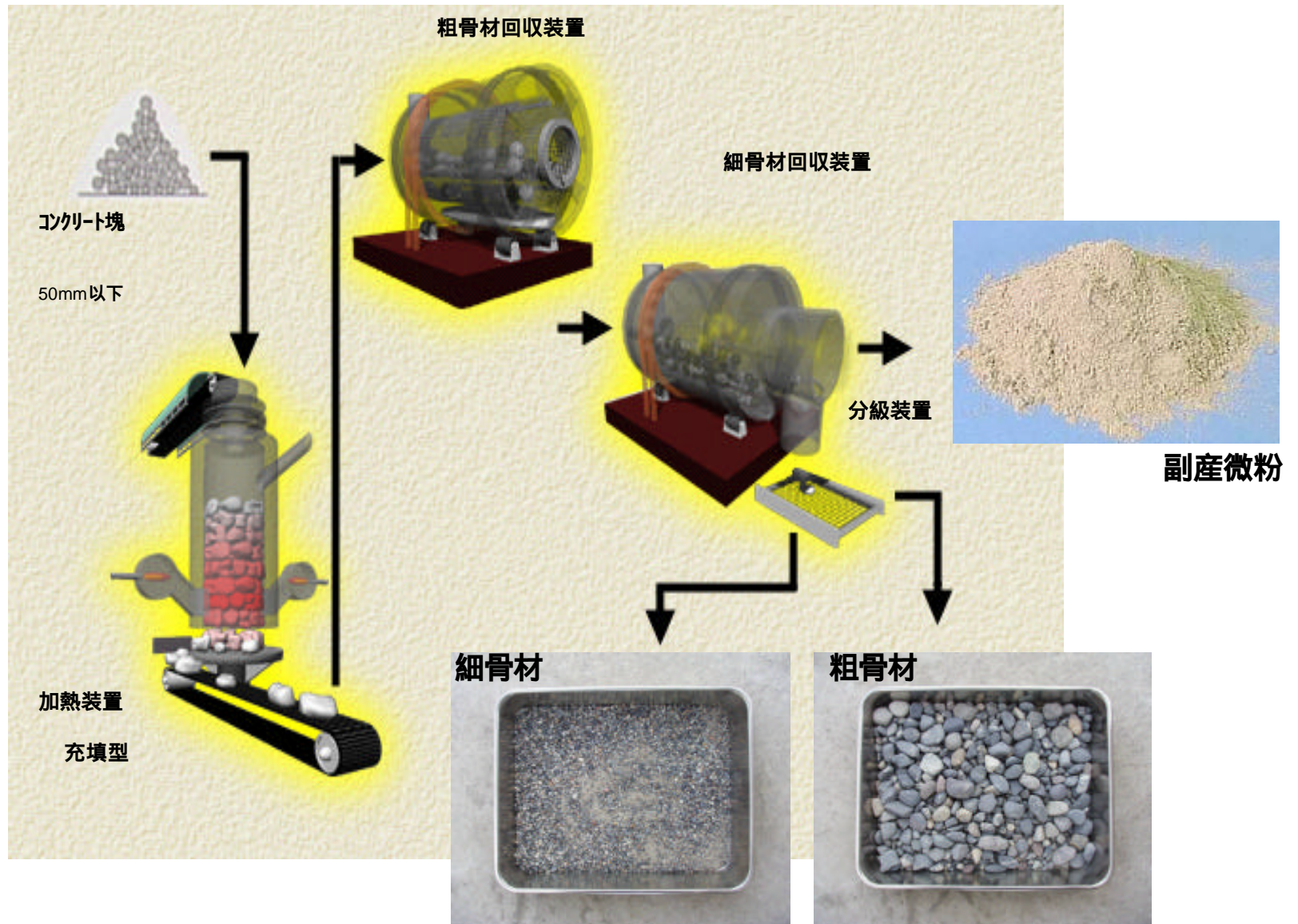


図 加熱すりもみ法のメカニズム



JASS5-2003 (日本建築学会 標準仕様書)

JCI (日本コンクリート工学協会)でのJIS化検討

## 環境負荷低減型セメントの実用化開発

副産微粉の粒度分布、化学組成、水硬性等の基礎物性を測定し、処理プロセスを設定する。  
環境負荷低減型セメント・固化材の特性を調査し、配合条件等、製造方法を確立する。

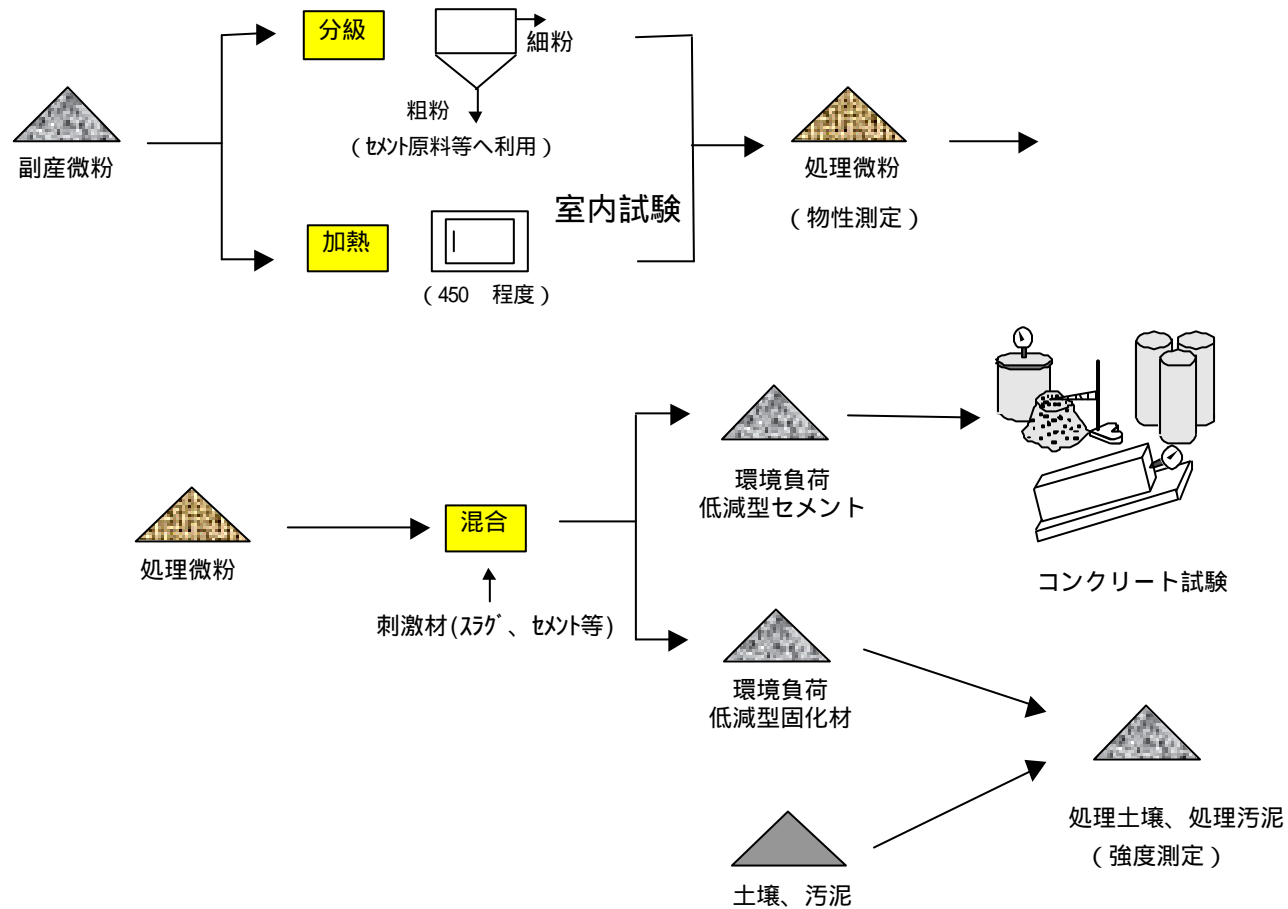


図 環境負荷低減型セメントの開発フロー

## 副産微粉の分級処理設備の実用化開発

10～90 μm程度で安定した粒度の副産微粉を得るための分級処理設備の設計製作。  
分級性能と目標分級点での運転条件の把握。

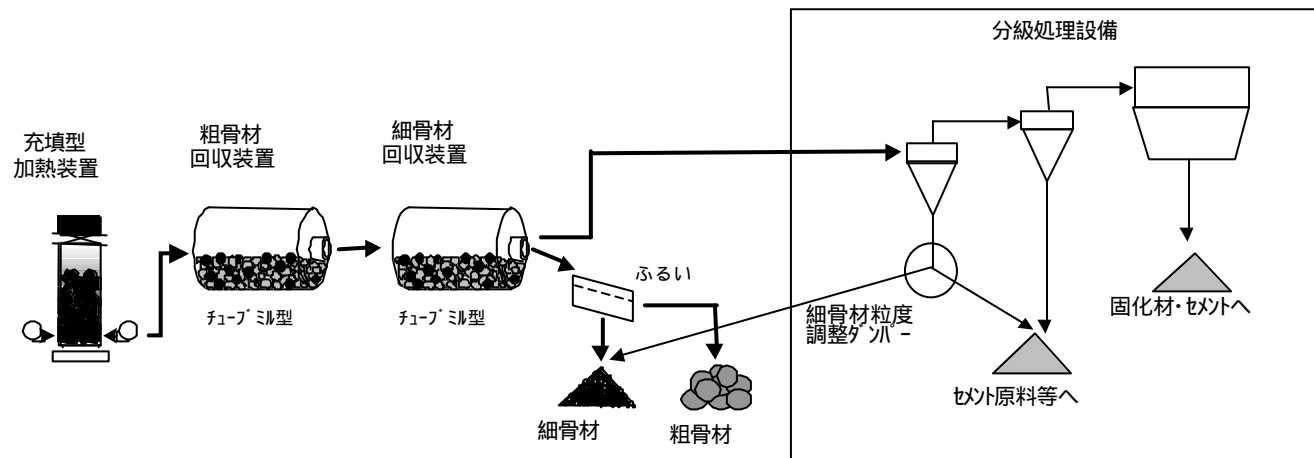


図 副産微粉分級処理設備の概念図

## コンクリートリサイクル実証試験

- ・実解体コンクリートから、高品質再生骨材及び微粉を回収し、微粉から環境負荷低減型固化材及び環境負荷低減型セメントを製造する。
- ・環境負荷低減型固化材を用いた土壌改良、再生骨材及び環境負荷低減型セメントを用いたレディーミクストコンクリートの製造を行い、循環型コンクリートサイクルの実証を行う。

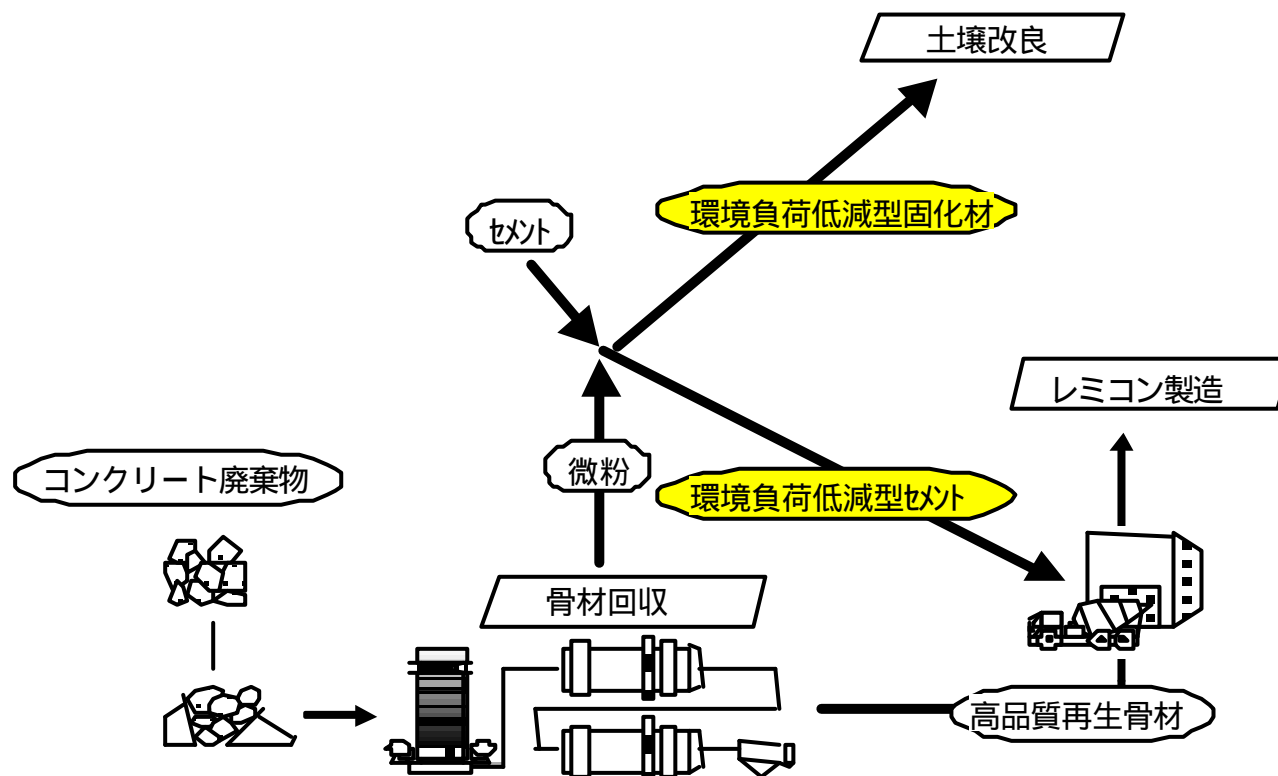


図 コンクリートリサイクル実証試験



# 環境負荷低減型セメントの実用化開発

## (1)分級微粉の物性

表 分級微粉の諸性状 (1)

微粉	目標分級点 (μm)	分級点 (μm)	ig.loss	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	insol.	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	比表面積 (cm <sup>2</sup> /g)
C-10	10	7	16.65	37.96	8.81	3.30	27.83	45.65	2.47	14,670
C-30	30	32	14.17	41.41	8.73	3.59	25.71	51.69	2.47	9,160
C-90	90	96	13.70	42.84	8.90	3.67	24.99	58.30	2.48	8,140
C	原微粉	-	12.36	45.90	9.89	3.86	22.18	48.85	2.51	6,750
D-10	10	9	11.13	47.12	9.67	3.35	22.99	35.03	2.50	15,320
D-30	30	28	9.89	51.56	9.55	3.41	20.73	41.39	2.50	9,100
D-90	90	98	8.06	55.40	9.34	3.49	18.84	43.72	2.50	5,880
D	原微粉相当	-	9.73	53.38	8.91	3.61	18.90	55.77	2.47	4,780

表 分級微粉の諸性状 (2)

微粉	Ca(OH) <sub>2</sub> (%)	CaCO <sub>3</sub> (%)	水和発熱量(W/P=200%) (J/g)		六価クロム溶出値 (mg/kg)
			1h	24h	
C-10	2.63	16.62	8.7	9.9	0.01
C-30	2.43	14.03	5.8	6.4	0.01
C-90	2.43	13.58	4.9	5.0	0.01
C	2.10	11.76	7.0	8.1	0.01
D-10	2.06	10.71	17.1	18.4	0.01
D-30	1.69	8.39	12.1	12.9	0.01
D-90	1.56	7.37	6.1	6.2	<0.01
D	1.85	8.80	8.5	9.5	0.02

C :実解体コンクリートからの副産微粉

D:大規模住宅の解体コンクリートからの副産微粉

## (2)環境負荷低減型固化材の開発

表 固化対象土等の物性

	含水比 (%)	湿潤密度 (g/cm <sup>3</sup> )	土粒子の密度 (g/cm <sup>3</sup> )	粒度 (%)		
				細粒分	砂	礫
砂質土	19.1	2.053	2.627	25.4	73.3	1.3
シルト	51.5	1.688	2.647	95.7	4.3	0.0
関東ローム	103.4	1.385	2.747	78.0	22.0	0.0
含水比調整砂質土	29.5	1.927				
含水比調整シルト	41.9	1.733				
含水比調整関東ローム	72.0	1.220				
建設汚泥	203.4	1.277	2.662	99.6	0.4	0.0

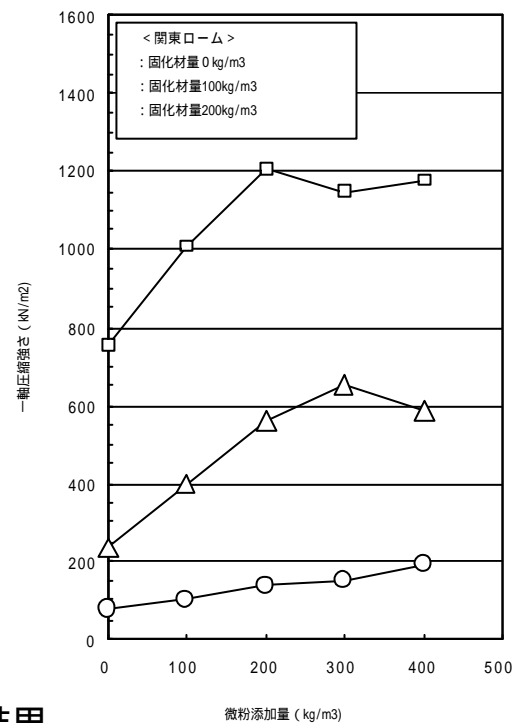
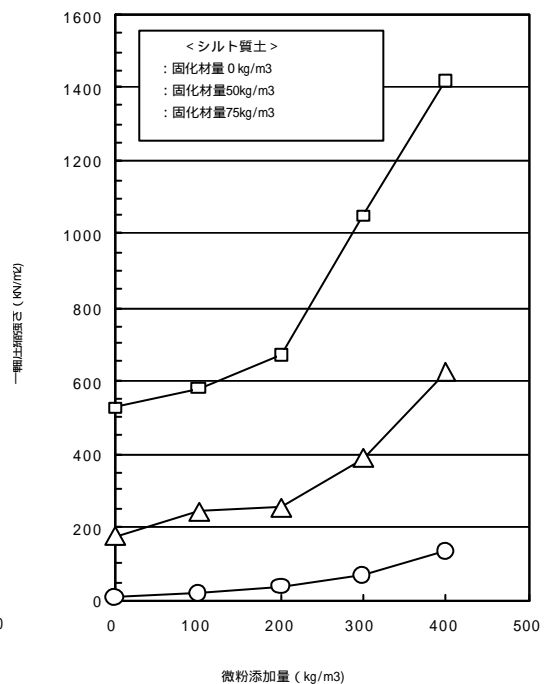
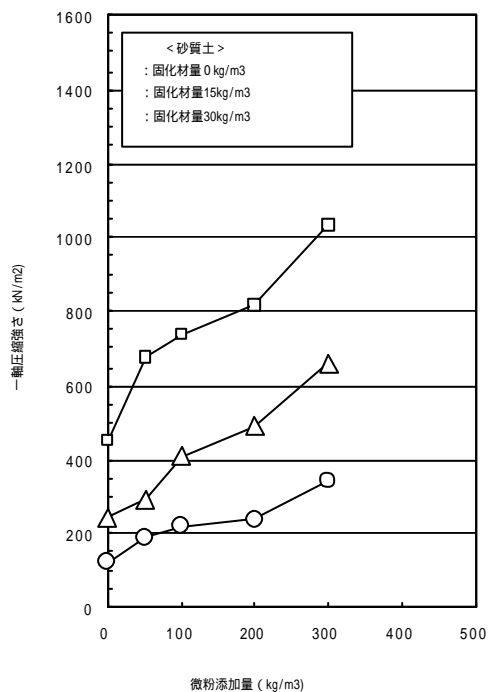
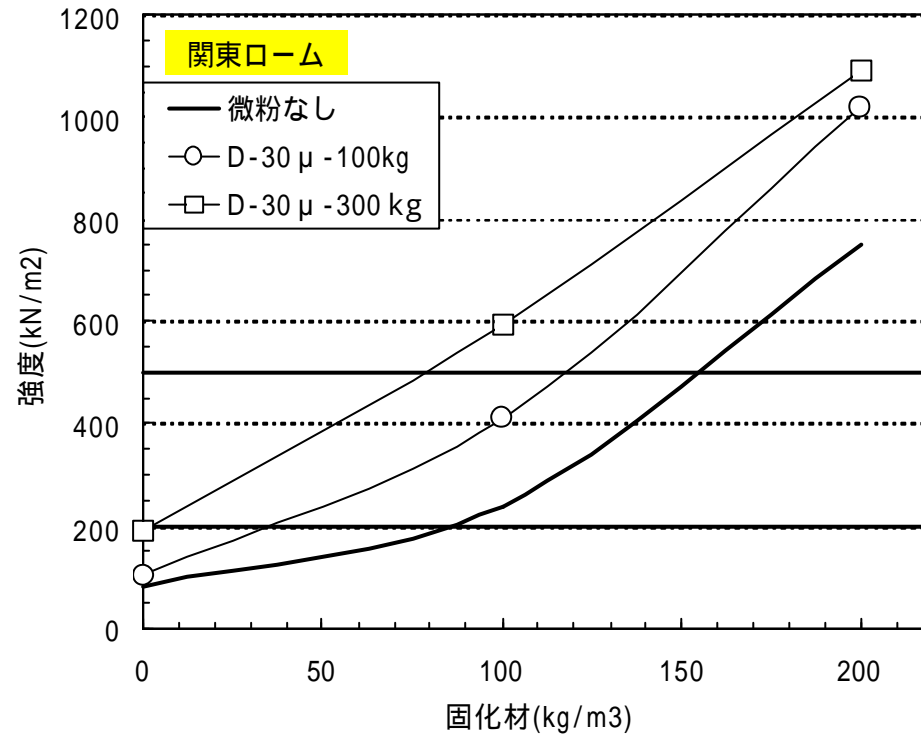


図 微粉の効果確認試験結果



関東ローム



目標強度 500 kN/m²

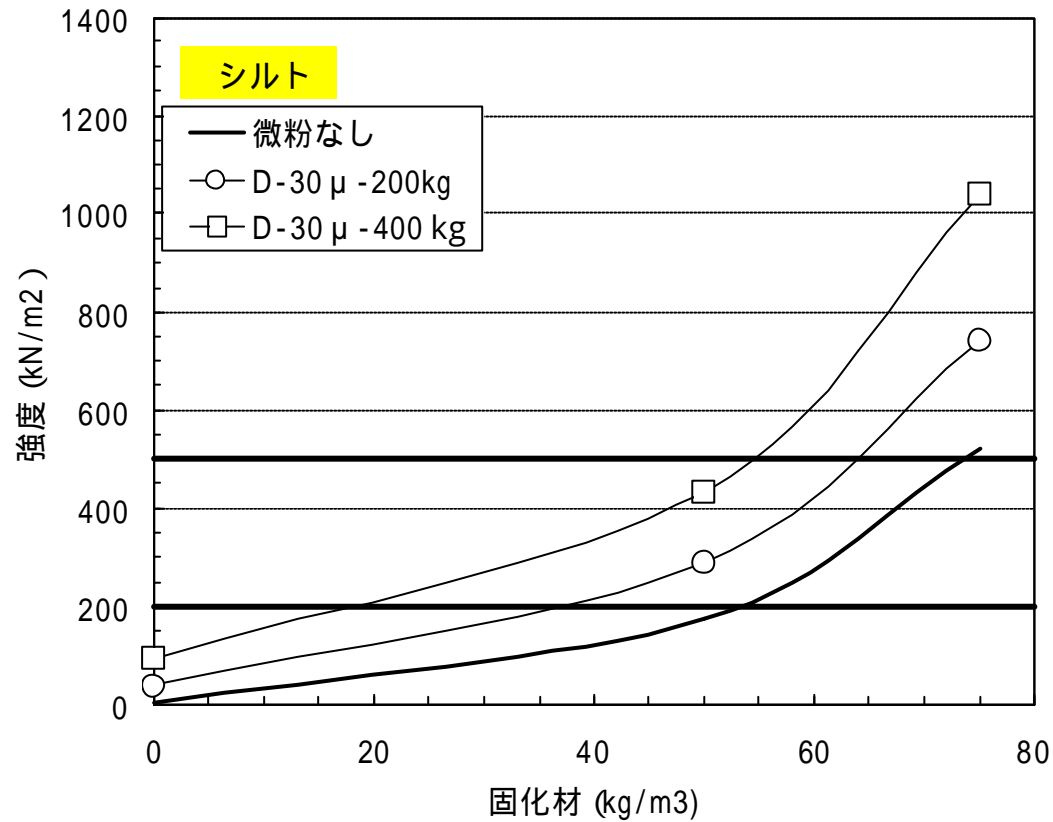
固化材添加量 (kg/m³)	155	117	78
微粉添加量 (kg/m³)	0	100	300
固化材節約量 (kg/m³)	-	38	77
品質係数 ( / )	-	0.38	0.26

目標強度 200 kN/m²

固化材添加量 (kg/m³)	87	36	2
微粉添加量 (kg/m³)	0	100	300
固化材節約量 (kg/m³)	-	51	85
品質係数 ( / )	-	0.51	0.28

微粉の効果確認試験結果 (関東ローム)

シルト



目標強度 500 kN/m<sup>2</sup>

固化材添加量 (kg/m <sup>3</sup> )	74	64	55
微粉添加量 (kg/m <sup>3</sup> )	0	200	400
固化材節約量 (kg/m <sup>3</sup> )	-	10	19
品質係数 ( / )	-	0.05	0.05

目標強度 200 kN/m<sup>2</sup>

固化材添加量 (kg/m <sup>3</sup> )	53	37	19
微粉添加量 (kg/m <sup>3</sup> )	0	200	400
固化材節約量 (kg/m <sup>3</sup> )	-	37	55
品質係数 ( / )	-	0.19	0.14

微粉の効果確認試験結果 (シルト)

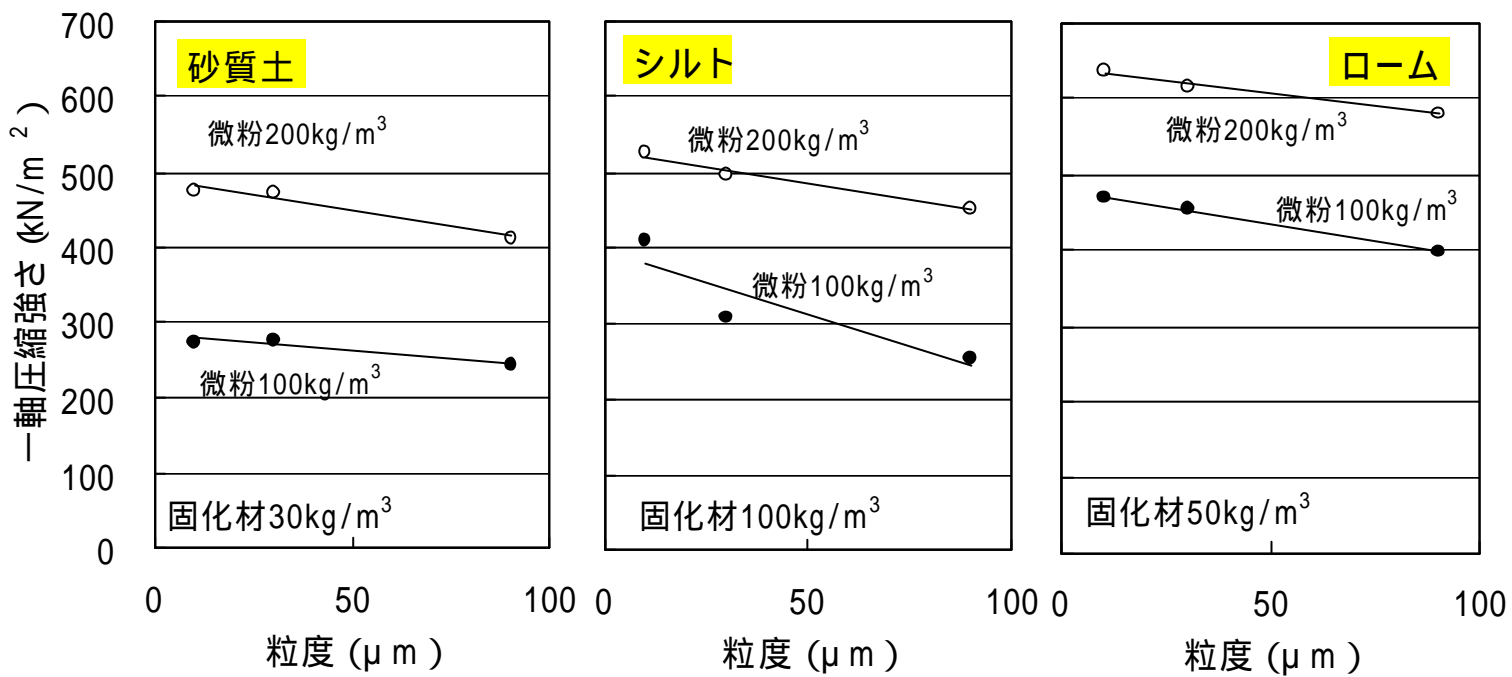


図 微粉の粒度が異なる时候の一軸圧縮強さ (材齡7日)

### (3)環境負荷低減型セメントの開発

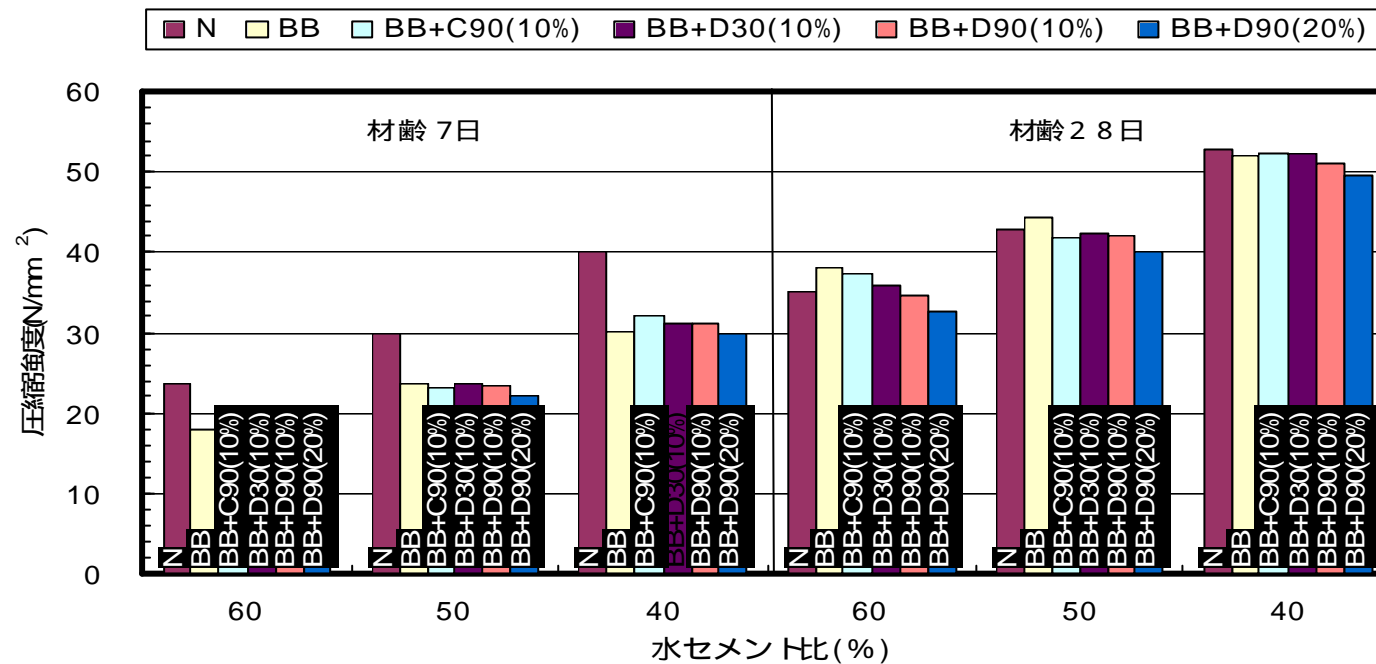


図 強度発現性

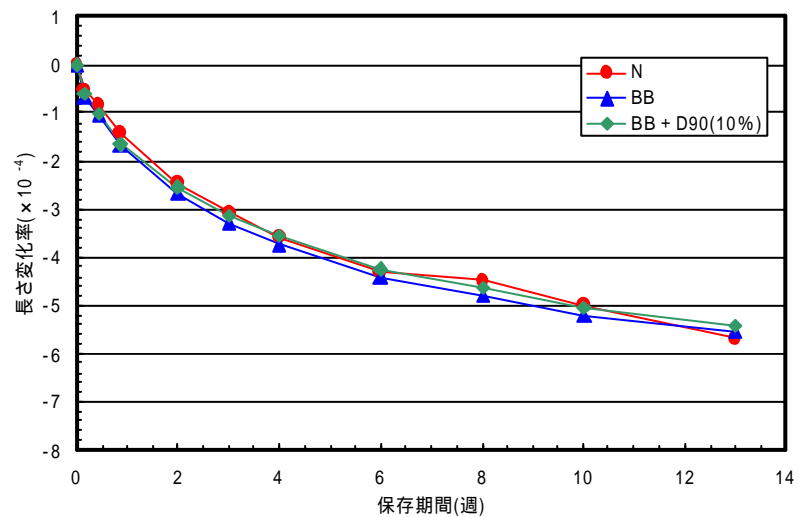


図 乾燥収縮

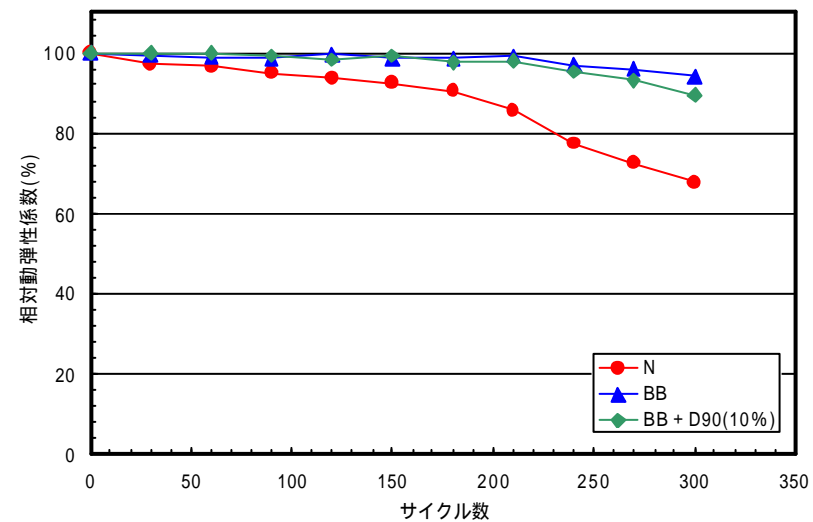


図 凍結融解抵抗性

## 2. 副産微粉の分級処理設備の実用化開発 (1) 設備

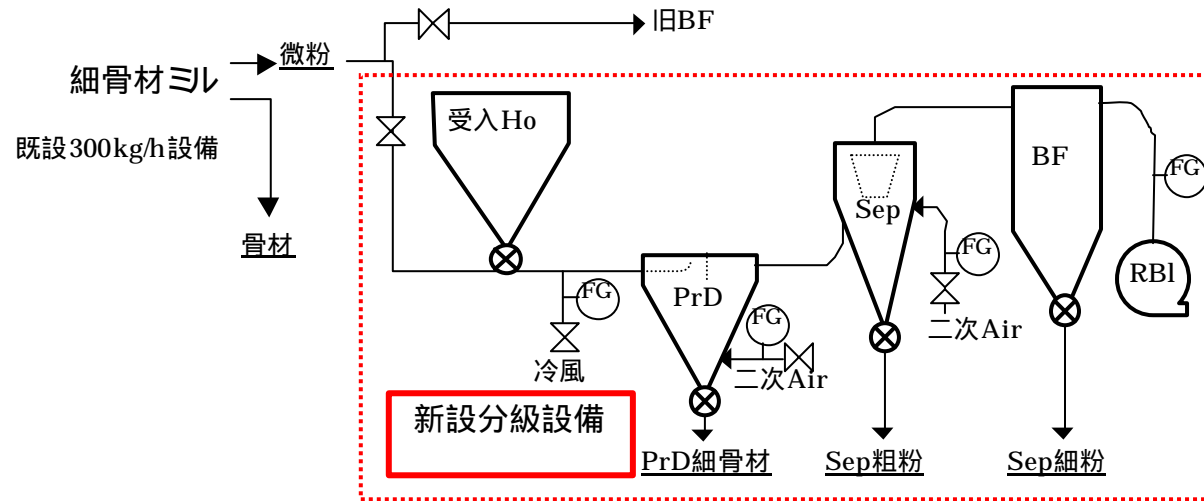


図 分級処理設備のプロセスフロー

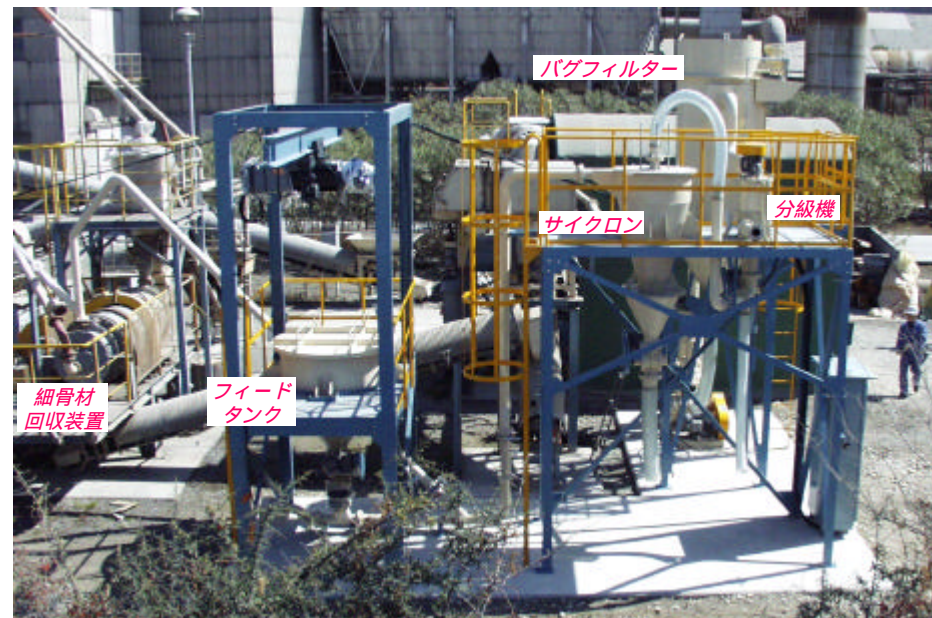


写真 分級処理設備の概観

## (2)分級設備の性能と運転条件

表 分級設備における回収率のバランス

目標 分級点 ( $\mu\text{m}$ )	$\Omega$ - $\tau$ 回転数 (rpm)	回収率(%)			
		PrD 細骨材	Sep 粗粉	Sep 細粉	計
90	500	1.3	17.2	81.6	100
30	1067	1.1	50.4	48.5	100
10	1433	2.0	79.4	18.6	100

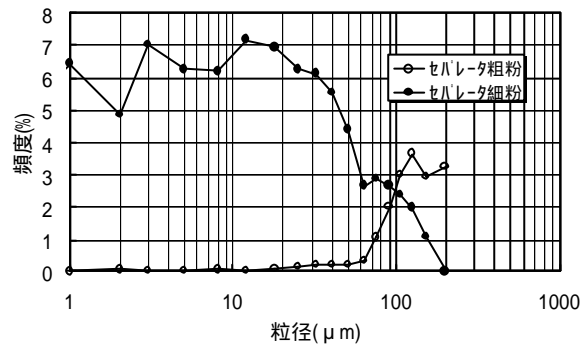


図 セハレータ粗粉 細粉の粒度分布(90  $\mu\text{m}$ )

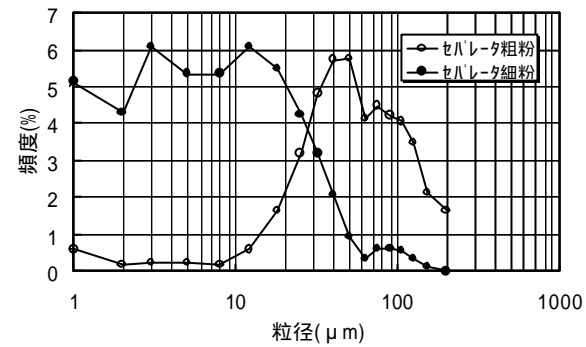


図 セハレータ粗粉 細粉の粒度分布(30  $\mu\text{m}$ )

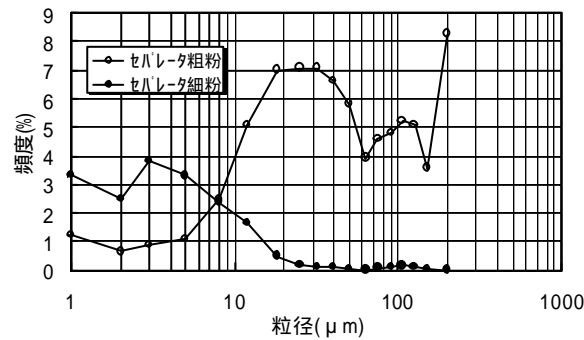


図 セハレータ粗粉 細粉の粒度分布(10  $\mu\text{m}$ )

### 3. コンクリートリサイクル実証試験

#### (1) 土壌改良

- ・ 試験土の種類 シルト質土（山砂採取時の残さ分）
- ・ 使用固化材 ユースタビラーUS10  
（宇部三菱セメント製）
- ・ 環境負荷低減型固化材混合率  
微粉：固化材 = 3：1
- ・ 固化材添加量  
固化材US10：40kg/m<sup>3</sup>  
環境負荷低減型固化材：118kg/m<sup>3</sup>

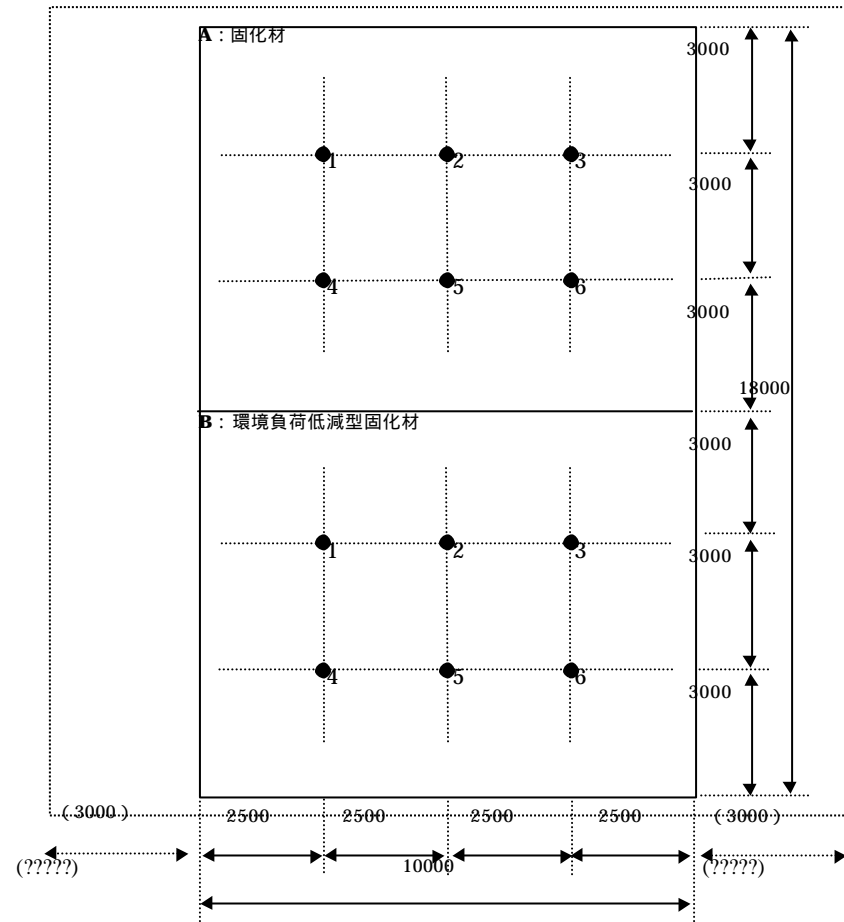


図4 - 19 施工ヤード寸法、及び測点配置





写真 試験土撒き出しの様子



写真 試験土敷き均し後の様子



写真 固化材散布の様子



写真 固化材の攪拌・混合の様子

表 コーン貫入試験値

qc (kgf/cm<sup>2</sup>)

測定深度0.10m	貫入抵抗qc (改良前)	貫入抵抗qc (改良後)	貫入抵抗qc (改良7日後)
Aヤード(固化材US10)	4.7	16.9	(測定不能)
Bヤード(環境負荷固化材)	4.9	19.0	(測定不能)

表 簡易動的コーン貫入試験値

Nd (打撃回数/貫入量 × 10)

測定深度0.10m	Nd (改良前)	Nd (改良後)	Nd (改良7日後)
Aヤード(固化材US10)	2.1	3.8	22.5
Bヤード(環境負荷固化材)	1.3	4.7	54.2

## (2) レディミクストコンクリート

表 実機製造試験の調合

W/C (%)	s/a (%)	1m <sup>3</sup> 当たりの所要量								単位粗骨材 かさ容積 (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )
			空気	混和剤	結合材		水	細骨材	粗骨材	
					セメント	フライ アッシュ				
55	42.7	kg	-	C×0.25% (0A)	270	30	165	767	1023	0.62
		L	45		89	12	165	294	395	

表 フレッシュコンクリート性状

スランプ (cm)	空気量 (%)	コンクリート温度 ( )	気温 ( )
19.0	4.0	10.0	10.0

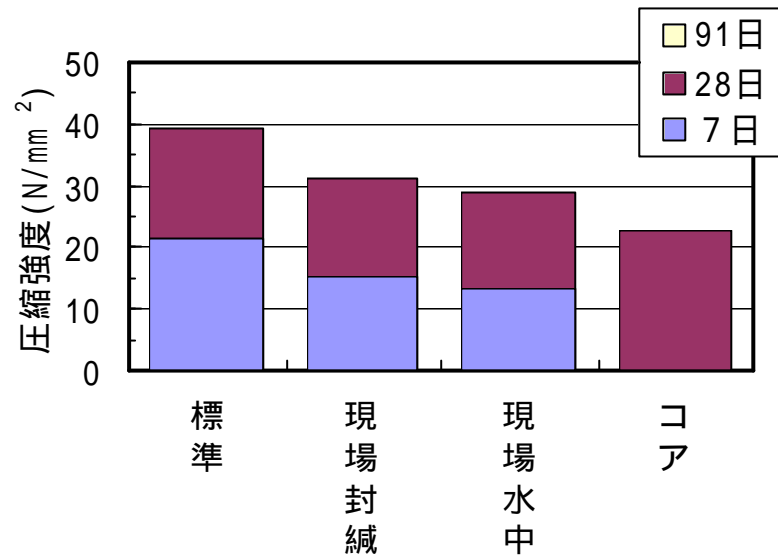


図 圧縮強度試験結果



写真 フルッシュコンクリート性状



写真 コンクリートのコア用型枠への打設



写真 コア用型枠 (打設済み)

## 4. 評価

### 4.1 物性評価

#### (1) 環境負荷低減型セメントの実用化開発

地盤改良材への適用性は、微粉を固化材外割り添加で効果的。

微粉の作用は、主として処理対象土の実質含水比を低下。

微粉による固化材使用量の低減効果は、関東ロームで顕著 (品質係数で0.2 ~ 0.3)。

コンクリート用セメントへの適用性は、高炉スラグセメントとの混合で効果的。

微粉中の水酸化カルシウムがアルカリ刺激剤として作用。

10%の微粉混入率で、普通セメントと同様の特性発揮。

#### (2) 副産微粉の分級処理設備の実用化開発

プレダスター、セパレータ、バグフィルターを組み合わせ、10 ~ 90  $\mu$  mの分級点で効

率よく微粉処理する設備を開発。

ロータ回転数を調整することで、任意の分級点で製造可能。

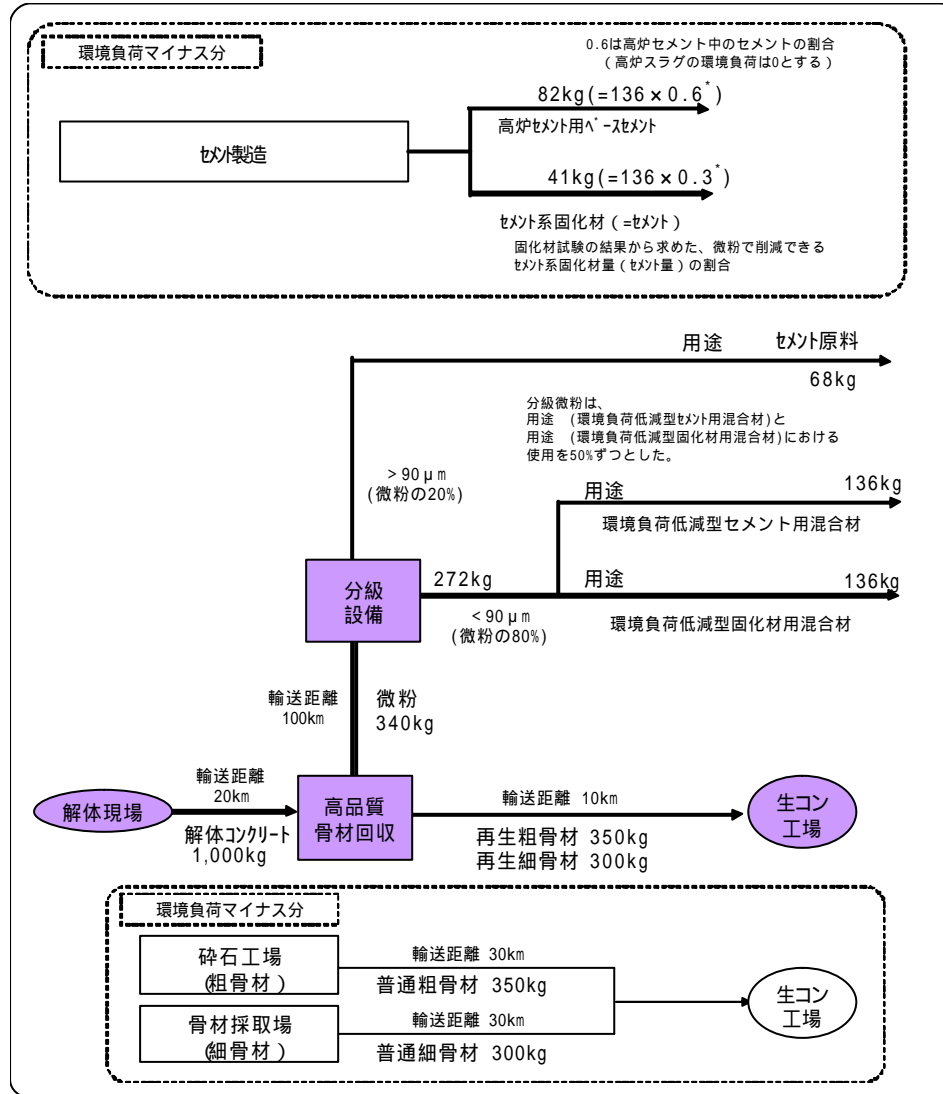
#### (3) コンクリートリサイクルの実証試験

環境負荷低減型固化材は、既存の固化材と同等以上の改良能を確認。

環境負荷低減型セメントは、高炉スラグセメントと同様の施工管理で、普通コンクリート同等の性能を確認。

# 4.評価

## 4.2 環境評価



環境負荷低減型セメントの仕様 :高炉セメントに微粉を10%混合 (セメントクリンカー使用量60%)

環境負荷低減型固化材の仕様 :微粉の約3~4割にあたるセメントの節約

当該システム境界における、セメント削減量 123kg (82kg+41kg)

LCCO<sub>2</sub>では、-53 (kg/廃コン t)のCO<sub>2</sub>削減。  
LCエネルギーでは、削減効果は認められない。

表 LCCO<sub>2</sub>、LCエネルギー

LCCO <sub>2</sub> kg/t-コンクリート塊	LCエネルギー Mcal/t-コンクリート塊
-53	50

図 コンクリートリサイクル実証試験のシステム境界