

石炭灰を利用した人工地盤材料  
がんじょうどはさいざい  
**頑丈土破碎材**

「頑丈土破碎材」は、石炭火力発電所で発生する石炭灰に水と数種類の添加剤、セメントを混合して製造する「頑丈土」を締め固めて固化、養生した後に掘削・破碎して製造する人工地盤材料です。土砂など通常の土質材料と同等の強度特性、軽量性、施工性をもつ環境に安全な人工地盤材料です。路床、路体（盛土）、土地造成、構造物の裏込めや埋め戻し、河川築堤等の用途に対し、土砂など通常の土質材料と同様に設計・施工することができます。

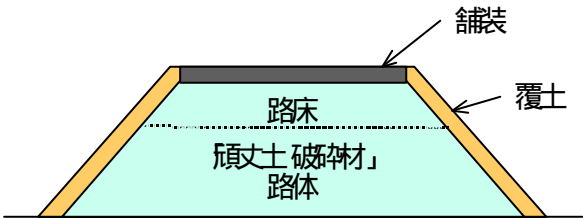


写真「頑丈土破碎材」

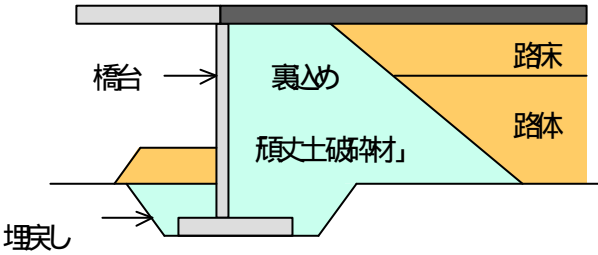
1. 技術（工法）のポイント
  - 1) 砂質土代替材として使用
  - 2) 軽量・高強度材料
  - 3) 土圧・盛土荷重の低減から地盤改良の削減

項目	性能
湿潤密度	1.0～1.6g/cm <sup>3</sup>
せん断抵抗角	25°以上
粘着力	30kN/m <sup>2</sup> 以上
C B R	10%以上
一軸圧縮強さ	1,000kN/m <sup>2</sup> 以下
コーン貫入抵抗	1,200kN/m <sup>2</sup> 以上
透水係数	6.5 × 10 <sup>-5</sup> ～2.4 × 10 <sup>-4</sup>
膨張比	1%以下

2. 技術（工法）の適用、用途



1) 路床、路体（盛土）、土地造成



2) 構造物の裏込め、埋め戻し

3. 施工実績

- 1) 沖縄電力 具志川火力頑丈土破碎材実証盛土工事その1（実証試験）H.12.5
- 2) 沖縄電力 具志川火力頑丈土破碎材実証盛土工事その2（実証試験）H.12.10

4. 公的認知

財団法人 土木研究センターより技術  
 審査証明を取得

（資料提供：沖縄電力）

軽量盛土材  
- コアソイル Q -



Sタイプ



Gタイプ

「特徴」

- ・リサイクルによる自然環境の保全  
石炭灰を土工材料としてリサイクル使用できるため、資源の有効利用を図ることができます。また、土砂の採取や処分場建設に伴う環境破壊を抑制できます。
- ・大量供給が可能  
需要に応じて製造できるため、一時期にまとまった量を供給することができます。
- ・取り扱いが良好  
粉塵の発生が少なく、通常の土質材料と同様に施工を行うことができます。
- ・強度特性  
砂質土と同等以上の強度を有し、道路路床や盛土に適用可能な強度を有しています。

コアソイルQの配合

区分	項目	内容	標準配合 (乾燥質量比：%)
原 材	石炭灰	フライアッシュ	100
		クリンカアッシュ	0～30
	セメント	高炉セメントB種 (JIS R 5211)	3～7
		水	清浄な水 (上水または工業用水等)
添加剤	重金属安定剤	0～0.5	

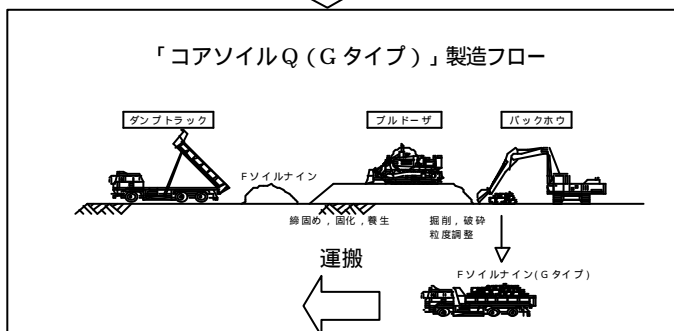
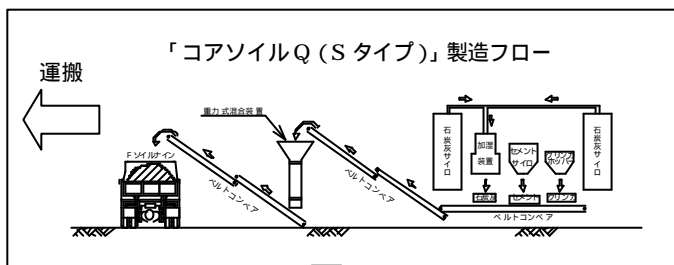
「コアソイル Q(Sタイプ)」:石炭灰に水とセメント及び数種類の添加剤を混合して製造した湿潤粉体状の人工地盤材料

「コアソイル Q(Gタイプ)」:「コアソイル Q(Sタイプ)」を破碎して製造した粒状体の人工地盤材料

コアソイルQの性能

材 料	Sタイプ	Gタイプ
せん断抵抗角	25°以上	30°以上
粘着力	30kN/m <sup>2</sup> 以上	5kN/m <sup>2</sup> 以上
CBR	20%以上	同 左
膨張比	1%以下(良好な状態)	同 左
長期強度	1,000kN/m <sup>2</sup> 程度で 過大には大きくならない	同 左
極限支持力	2,000kN/m <sup>2</sup> 以上	1,300kN/m <sup>2</sup> 以上
コーン貫入抵抗	1,200kN/m <sup>2</sup> 以上	同 左
湿潤密度	1.65g/cm <sup>3</sup> 以下 (乾燥密度1.1～1.3g/cm <sup>3</sup> )	1.55g/cm <sup>3</sup> 以下 (乾燥密度1.0～1.2g/cm <sup>3</sup> )
粒度	シルト(ML)	細粒分まじり砂質土 (GS-F) (利用用途に応じて 粒度調整できる)
透水係数	1×10 <sup>-5</sup> ～1×10 <sup>-3</sup> cm/s 程度で微細砂と同等	1×10 <sup>-5</sup> ～1×10 <sup>-3</sup> cm/s 程度で微細砂と同等

石炭灰を利用した人工地盤材料  
「コアソイル Q」  
土木系材料技術審査証明 申請中



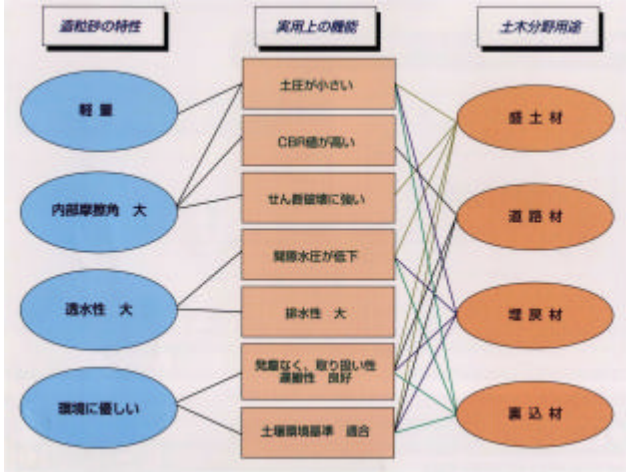
# ゼットサンド

ゼットサンドとは、フライアッシュ、セメント、水等の原料をもとに5mm以下に造粒された人工地盤材料です。盛土材、道路材、埋戻し材、裏込め材等幅広い用途に適用できます。



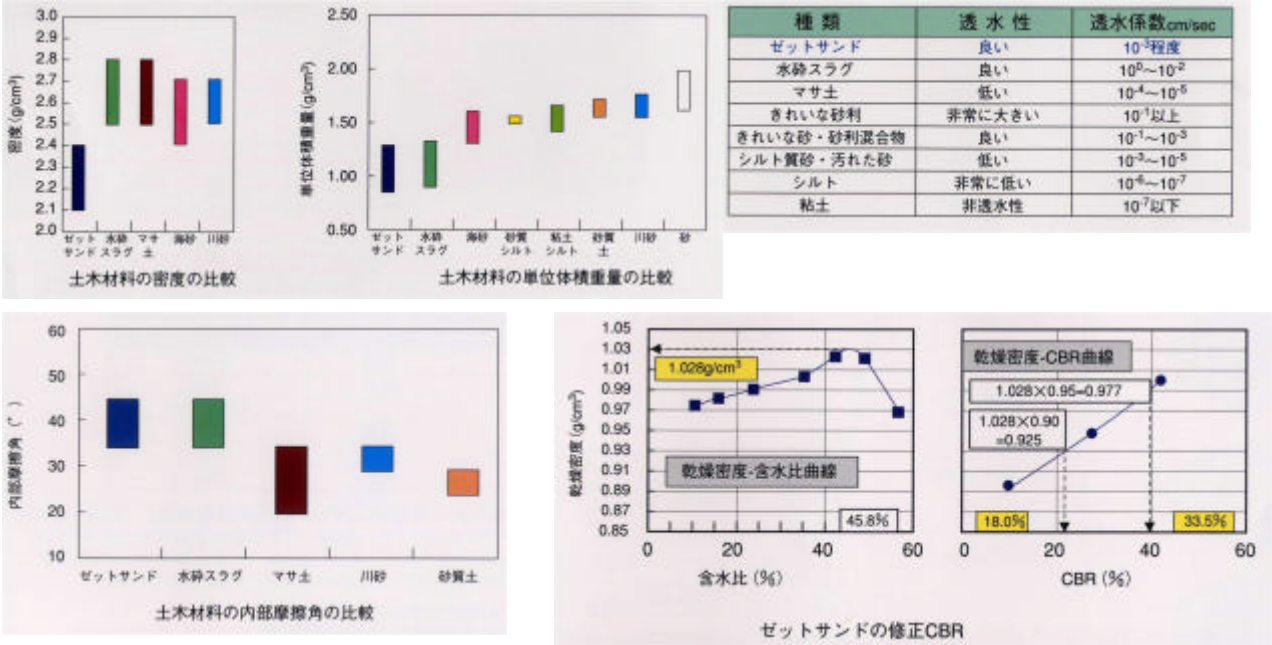
ゼットサンド

## 特徴



ゼットサンドの土木分野用途

1. 単位体積重量が0.8～1.3t/m<sup>3</sup>と軽量な材料です。
2. 透水係数が10<sup>-3</sup>cmであり、透水性が砂に近いです。
3. 内部摩擦角が35～45度であり、内部摩擦角が大きいです。
4. 90%修正 CBR が18%、95%修正 CBR が33%と、CBRが高いです。
5. 土質環境基準に適合しています。



試験方法	重金属成分	単位	ゼットサンドの溶出濃度	土壌環境基準
溶出試験 【環境庁告示46号】	カドミウム Cd	mg/l	ND	0.01以下
	鉛 Pb	mg/l	0.004	0.01以下
	六価クロム Cr <sup>6+</sup>	mg/l	ND	0.05以下
	砒素 As	mg/l	0.001	0.01以下
	総水銀 T-Hg	mg/l	ND	0.0005以下
	セレン Se	mg/l	0.002	0.01以下

(資料提供：J-power)

## 建設汚泥再生工法

## 特 徴

- ・フライアッシュは一般の土質材料に比べて最適含水比が高く、また含水比がゼロの乾燥状態であることから、少ない添加量で汚泥の再生利用が出来ます。
- ・一般的に行われる産業廃棄物処理費と比較して、約 20% 程度コストダウンが期待できます。

## 用 途

- ・建設工事などから発生する建設汚泥にフライアッシュを攪拌混合することで、敷地造成材料に再生利用できます。

## 工 法

- ・施工場所で発生した建設汚泥は、攪拌混合施設においてフライアッシュと混合され、運搬・転圧可能な材料へ再生されます。

## 再生材の所要条件

北海道生活環境部の対応で以下の所要条件が出されました。

- ・強度：コーン指数 0.2N/mm<sup>2</sup>または一軸圧縮強度 0.05N/mm<sup>2</sup>
- ・重金属の溶出：土壌の汚染に係る環境基準値を満足する。
- ・水素イオン濃度：5.0 pH 9.0、ただし条件に適合しない場合には、その状況が一過性のもので生活環境保全上の支障がないと判断される場合。

## 配 合 例

ケース	工法	汚泥含水比 (%)	汚泥の内訳 (kg/m <sup>3</sup> )				フライアッシュ添加率
			土砂 (湿潤)	セメント	ベントナイト	水	
1	地中連壁	60	1258	188	6	215	30～60
2	高圧噴射	60	867	472	0	352	30～50
3	高圧噴射	80	716	390	0	465	60～80
4	高圧噴射	100	609	332	0	544	60～90

表中の柱列式地中連壁工法または高圧噴射攪拌工法とは、土留め工法であり建設汚泥発生元の工法

## 施 工 実 績

- ・苫東厚真発電所 4 号機増設工事 建設汚泥発生量 19,000m<sup>3</sup>、フライアッシュ利用量 21,000t



発生した建設汚泥



再生された汚泥

(資料提供：北海道電力)



特 徴

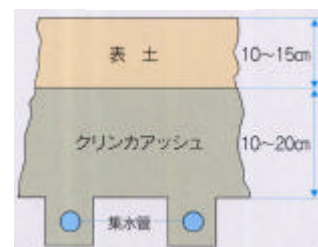
クリンカアッシュは、石炭火力発電所から発生する石炭灰の一種で、粒子の表面には1～20μmの無数の孔があいており大きな表面積を持っていることから、透水性・保水性が高く、土壌改良材、排水改良材、下層路盤材等に使用できます。

- ・ 締固めに対する安定した支持力  
砂と比較して最適含水比が高く、最大乾燥密度が低くて空隙率の高い締固め特性を持っているため、踏圧に対する抵抗性が強く固い土壌になりにくい。
- ・ 保水性・保肥性向上  
無数の細孔があり、水分を多く保有することができる。また、肥料を与えた場合、肥料の効果を永続できます。
- ・ 排水性向上  
透水係数が真砂土，シラスと比べて非常に優れており、洗浄な砂・砂礫と同程度であることから、排水性に優れています。

用 途

- ・ 排水材（グラウンド，農場等）
- ・ 保水材（ゴルフ場等）
- ・ 埋戻し材（下水道等）
- ・ 道路路盤材（下層路盤）
- ・ 土壌改良材
- ・ 道路盛土材 等

断面図(例)



屋内グラウンドの保水性向上



グラウンドの排水性の向上



ゴルフ場等の芝生への排水性と保水性の向上および土壌改良



水田の暗渠排水に利用

(資料提供：北陸電力)

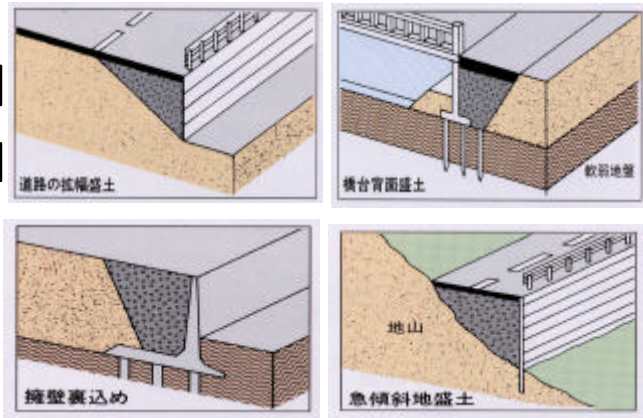
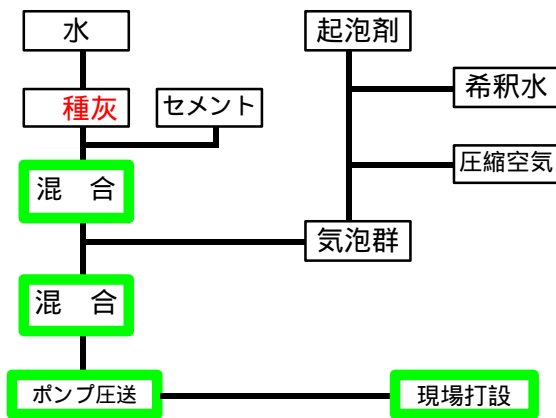
特 徴

- ・石炭火力発電所から発生する石炭灰をリサイクル資源として有効利用しています。
- ・日本道路公団「気泡混合軽量土を用いた軽量盛土工法（FCB工法：Foamed Cement Banking Method）」の原料土（購入砂、砂質系の現地発生土等）を、JIS種フライアッシュ（エコアッシュ）に全量置き換えたものです。
- ・気泡混合軽量土は、セメント・エコアッシュと水をミキサーで練り混ぜたものと、起泡剤と希釈水を発泡機で練り混ぜたものを混合し、ポンプにより圧送打設します。
- ・密度は、 $0.6 \text{ g/cm}^3 \sim 1.1 \text{ g/cm}^3$ 程度の範囲において、用途に応じて自由に選択できます。
- ・エコアッシュは、原料土に比べて球形・微粒子であるため、ポンプ圧送時の材料分離抵抗性に優れており、均質な施工を可能にいたします。
- ・有害物質の溶出は、環境基本法に示す土壌の基準値を満足しています。

用 途

FCB工法と同様、荷重軽減や土圧軽減等を目的とした、道路、橋梁、構造物等の盛土や裏込め、急傾斜地の盛土等に適用できます。

混合方法および適用例



施 工 実 績

- ・軽量盛土：ダム付替道路工事（愛媛）
- ・擁壁裏込め：海岸環境整備工事（徳島）

施工状況及びプラント状況

～ 施工状況 ～



～ プラント ～



特許番号または出願番号等

出願特許：軽量盛土材（特願：2000-398135）  
 国交省新技術活用促進システム(NETIS)登録件名  
 ：石炭灰気泡混合軽量土（登録番号：SK-020003）

（資料提供：沖縄電力）

## 水中盛土材

### 特 徴

- ・フライアッシュは水中不分離性や強度増進に効果的です。
- ・従来工法（雑割石などの材料を盛土して遮水シートにより築堤）と比較して、浚渫土砂およびフライアッシュを使用することにより約 30%程度のコストダウンになりました。

### 用 途

- ・埋立護岸に遮蔽されている土砂処分場内において、ポンプ浚渫時に水質汚濁防止のための沈殿地の中仕切り堤として施工しました。

### 工 法

- ・連続混合システムにて、所定量の浚渫土砂、フライアッシュ、セメントおよび海水を混練りし、ダンプトラックにて、運搬後、改良土を直接バックホウにて海中に投入して、翌日、硬化した築堤の上にバックホウが乗り、投入を繰り返しながら前方に進んでいくという工法です。施工に先立ち、築堤の法尻確保と堤体の品質確保のために透水性のシートで囲む補助工法を採用しています。

### 盛土材の所要条件

- ・投入時に水中で分離して、水質汚濁や強度低下が発生しないこと
- ・投入後の密実性（各投入毎の材料が一体化する）が得られること
- ・所定の材令で強度発現すること（材令 1 日  $0.06\text{N/mm}^2$  材令 6 日  $0.21\text{N/mm}^2$ ）  
設計基準強度は、施工時の円形すべり計算によって、材令 1 日は  $1\text{m}^3$  級バックホウ荷重、材令 6 日は  $10\text{t}$  ダンプトラック荷重から設定しました。

### 配 合 例

配合は、改良土（浚渫土砂 + フライアッシュ + セメント + 水） $1\text{m}^3$  当たり  $300\text{kg}$  のフライアッシュを混合し、ミニスランプ ( $h=15\text{cm}$ ) 試験でスランプが  $2.5 \pm 1.0\text{cm}$  の味噌状（超固練りスラリー）となるように含水比を調整して決定します。

土砂 (乾燥)	フライアッシュ	セメント	海水
1170	300	80	430

単位は、 $\text{kg/m}^3$

### 施 工 実 績

- ・ 開発局苫小牧港区土砂処分場建設工事 フライアッシュ使用量  $15,000\text{t}$ 、築堤施工量  $3,9000\text{m}^3$



施工状況

（資料提供：北海道電力）



特 徴

- ・浚渫土にフライアッシュとセメントを加えて混練し、流動性の低い水中不分離性のある固化改良土として有効利用しています。
- ・水中不分離性が高く、耐侵食性能に優れています。
- ・海中投入時の密実性が得られます。
- ・フライアッシュを利用すれば、市販の水中不分離剤を添加した場合と同等の効果があり、経済性が向上します。
- ・この土質改良材は、盛土材、裏込め材等にも活用できます。

配 合 例

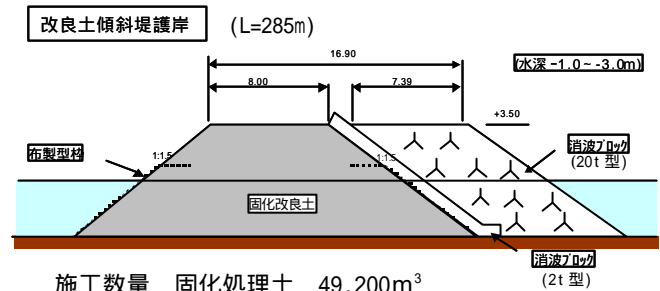
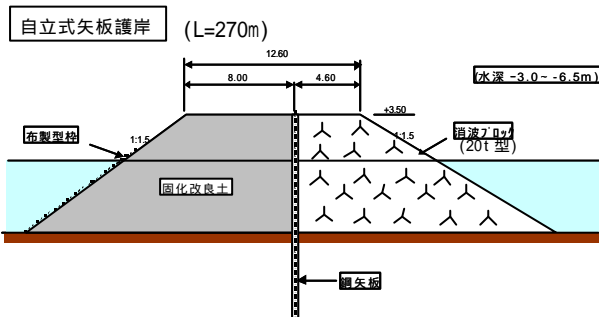
土砂混入比 = 砂質土 : 粘性土 = 2 : 1 (含水比調整)  
 フライアッシュ添加量 = 300kg/m<sup>3</sup>  
 (混合土砂 1m<sup>3</sup> あたりに対する添加量)  
 セメント添加率 = 7.0% (高炉セメント B 種)  
 原泥 + フライアッシュの乾燥重量に対する重量比  
 (固化改良土 1m<sup>3</sup> あたりの配合)

固化改良土 1m<sup>3</sup> あたりの配合

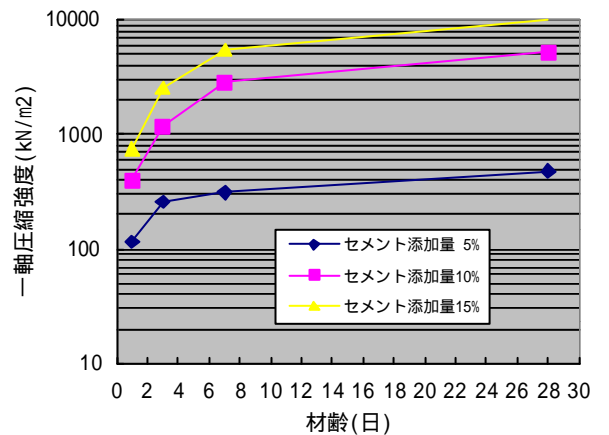
土砂 (混合土)	フライアッシュ	セメント
1,525 kg	256 kg	92 kg

施 工 例

金沢港港湾環境整備(埋立護岸)工事において、金沢港航路維持浚渫工事で発生する高含水比粘性土を改良し、金石地区の中仕切堤の築堤材料にしました。浚渫土排砂地がある大浜地区に改良プラントを設置し、石炭灰とセメントを加えて固化改良土として、金石地区にある中仕切堤設置箇所へダンプトラックで運搬し(運搬距離約9km)、バックホウにより海中に投入して、硬化後にバックホウが繰り返し投入を繰り返しながら進んでいきます。



		石炭灰	砂質土	粘性土	混合土 (2:1)
一 般	土粒子の密度(g/cm <sup>2</sup> )	2.175	2.639	2.646	2.644
	自然含水比 (%)	0.1	10.9	80.0	30.2
粒度特性	礫分 2~75mm (%)	0	0	0	0
	砂分 75μm~2mm (%)	5	99	23	77
	細粒分 75μm以下 (%)	95	1	77	23
	シルト分 5~75μm (%)	73	1	46	12
	粘土分 5μm未満	22		31	11
	均等係数 U <sub>c</sub>	5.16	1.84	-	66.6
コンシステンシー特性	液性限界 WL (%)	NP	NP	69.1	NP
	塑性限界 WP (%)	NP	NP	25.1	NP
	塑性指数 IP	NP	NP	44	NP
分 類	分類名	砂まじり粘土	分級された砂	砂質粘土 (高液性限界)	シル質砂
	分類記号	CL-S	SP	CHS	SM



特 許



出願特許：水中土工材およびその製造方法（特願：平 12-311031）

（資料提供：北陸電力）



## F ドライ

## 特 徴

- ・フライアッシュと固化材の硬化作用により、地盤強度を増大します。
- ・環境面では、「土壌の汚染に係る環境基準」により安全性を確認しています。
- ・プレミックスなので現場での混合手間がなく、さらにフライアッシュサイロが不要となり、大幅な経費の削減が可能です。
- ・完全に乾燥しています。
- ・フライアッシュが土の余剰水を急速に吸収するので、施工直後からトラフィカビリティの改善効果が得られます。

## 用 途

- ・不良土改良や埋め戻しにご利用いただけます。

## 運搬方法

- ・製品は乾燥状態であるため、ジェットバック車において運搬可能です。



ジェットバック車

製品状態

## 利用例

## Fドライの利用例



高含水比不良土などの軟弱地盤に軟弱地盤改良材として「Fドライ」を利用できます。



改良土は土木材料として活用できます。



ジェットバック車で運ばれた「Fドライ」と高含水比不良土が混合されて改良土となります。

## Fソイル

## 特 徴

- ・フライアッシュと固化材の硬化作用により、地盤強度を増大します。
- ・環境面では、「土壌の汚染に係る環境基準」により安全性を確認しています。
- ・プレミックスなので現場での混合手間がなく、さらにフライアッシュサイロが不要となり、大幅な経費の削減が可能です。
- ・「セメント+フライアッシュ」に加水し、土状にした製品です。土より軽く、低価格で高強度が得られます。
- ・含水比の調整により、最適な施工性が確保できます。

## 用 途

- ・道路路盤や埋め戻しにご利用いただけます。

## 運搬方法

- ・製品は湿潤状態であるため、ダンプトラックにおいて運搬可能です。

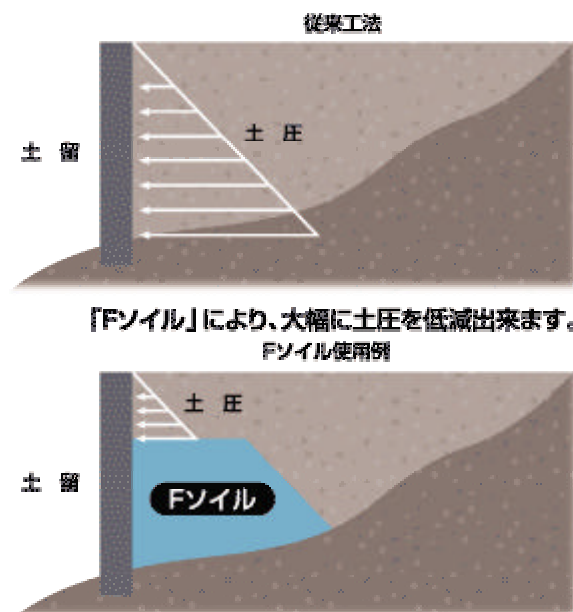


ダンプトラック

製品状態

## 設計条件

- ・下記の様に土留め壁背面の埋戻しに使用する場合、従来工法と比較して大幅に土圧を軽減することができます。



(資料提供：北海道電力)

## F スラリー

### 特 徴

- ・「セメント+フライアッシュ」に加水し、スラリー状（液状）にした製品です。
- ・プレミックスなので現場での混合手間がなく、さらにフライアッシュサイロが不要となり、大幅な経費の削減が可能です。
- ・環境面では、「土壌の汚染に係る環境基準」により安全性を確認しています。

### 用 途

- ・狭い部分やパイプ、機器周辺等の埋戻しや CDM 工法に適しています。

### 運搬方法

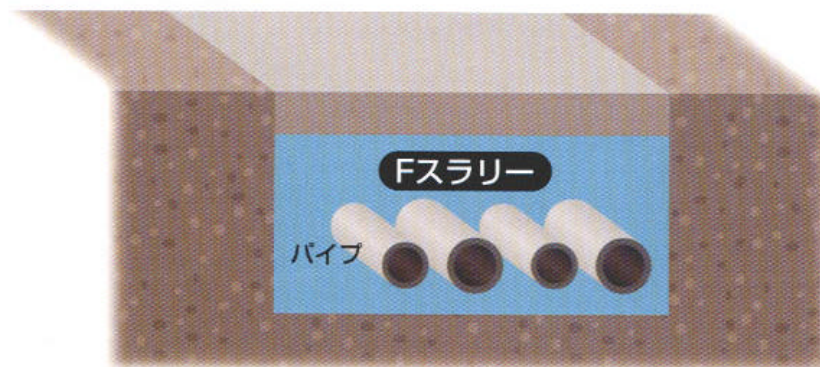
- ・製品はスラリー状であるため、ミキサー車において運搬可能です。



製品状態

### 設計条件

- ・下記のように、パイプの埋戻しなどに利用できます。



FC スラリー

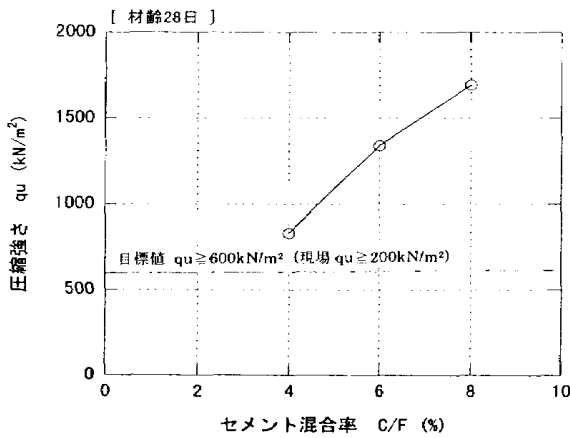
「特徴」

- ・ 充填性が良く、水中施工が可能です。
- ・ 流動性や粘着性が高く、材料分離が少ない材料です。
- ・ 単位容積質量が軽く、また  $1,000\text{kN/m}^2$  以上の一軸圧縮強さが期待できるため、土圧を軽減できるとともに、沈下の少ない材料です。

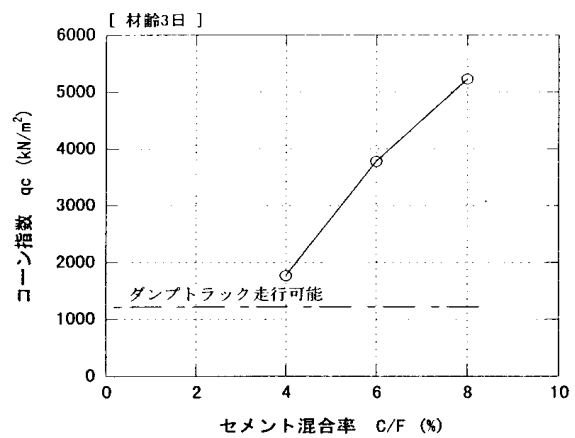
室内配合試験結果

配合表

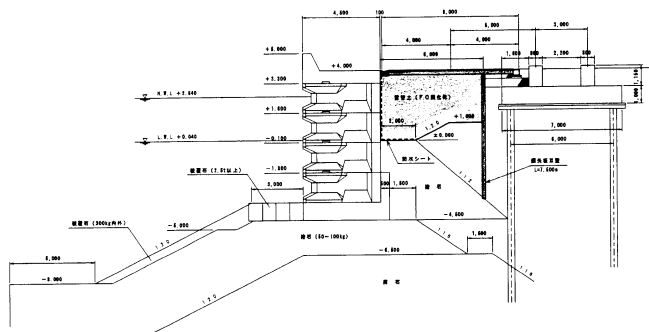
配合量(kg/m <sup>3</sup> )			セメント混合率 C/F (%)	水粉体比 W/(F+C)	シリンダー- 管理値 (mm)
石炭灰 (F)	セメント (C)	水 (W)			
955	57	557	6.0	55	250 ± 30



セメント混合率に比例し、一軸圧縮強さは大きくなります。



セメント混合率に比例し、コーン指数は大きくなります。セメント混合率 4% 以上でダンプトラックの走行に必要なコーン指数を確保できます。



断面図



施工状況

「施工実績」

松浦発電所用地護岸工事：2,580m<sup>3</sup>

(資料提供：九州電力)



## エアモルタル

### 特 徴

・フライアッシュのポゾラン効果を活かし、セメントの一部置換利用を行うことにより、材料費の低減が可能になります。

### 用 途

・セメントの30%をフライアッシュで置換し、低コストな軽量盛土材、狭隘個所の裏込め材等として利用いただけます。

### 工 法

・狩場トンネルの施工では、日打設量（最大830m<sup>3</sup>/日）に対応するため、エアミルク製造プラントを現場に2基（80m<sup>3</sup>/h、30m<sup>3</sup>/h）設置して、打設を行いました。エアミルクの打設にあたっては、地山からの水の浸入を防止するため、事前に排水管設置による水替えを行いました。また、エアミルクの打設高さは、材料分離防止のため1m/回以下としました。

### 配 合 例

単位量 (kg/m <sup>3</sup> )				空気量(%)
セメント	フライアッシュ	水	起泡剤	
200	110	236	1.1	65

### 設 計 条 件

- ・湿潤密度：0.56g/cm<sup>3</sup>
- ・フロー値：180±20mm
- ・空気量：64±5%
- ・現場一軸圧縮強さ：500kN/m<sup>2</sup>

### 施 工 実 績

- ・開発局狩場トンネル坑口保護盛土工事 フライアッシュ使用量 4000t



施工中状況



施工後状況

（資料提供：北海道電力）

## エアモルタル - フライアッシュ・クリンカ併用 -

地中線管路工事では図 - 1 に示すとおり、地中に推進管を布設し、その中に電線管を配管します。管路充填材とは推進管と電線管との空隙部分を充填する材料のことで、電線管の固定や保護を目的としています。

通常、管路充填材にはエアモルタル（モルタルに起泡剤を添加・混合して得られる軽量モルタル）が使用されていますが、今回、石炭灰高配合モルタルを開発しました。

### 特 徴

図 2 に示す配合条件のとおり、従来のエアモルタルと比較して砂が無くなる代わりに石炭灰（フライアッシュ、クリンカアッシュ）が配合されています。

また、石炭灰が  $1,000\text{kg/m}^3$  以上と大量に配合されていること、フライアッシュには JIS 規格外品を使用していることが特徴です。

### 性 状

フレッシュ性状は写真 1 に示すとおりスラリー状で高い流動性を有します。28日強度は推進管が十分な強度を有するため、土砂と同程度の強度 ( $0.5\text{N/mm}^2$  程度) に設定し、セメント量の低減（＝コスト低減）を図っています。

### 施 工

コンクリートポンプ車で推進管内に配管した圧送管にエアモルタルが圧送可能です。

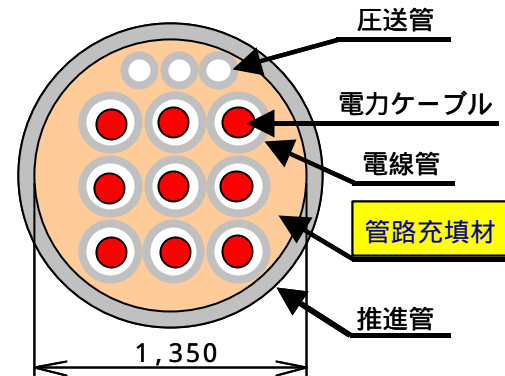
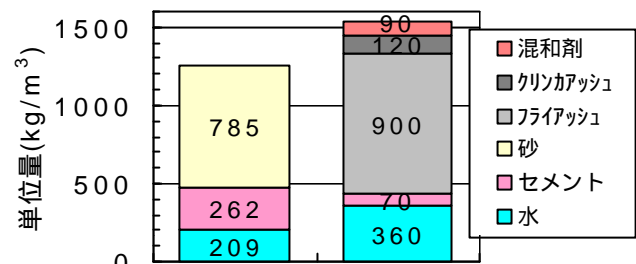


図 - 1 推進管断面図



エアモルタル 石炭灰高配合モルタル

図 - 2 配合条件

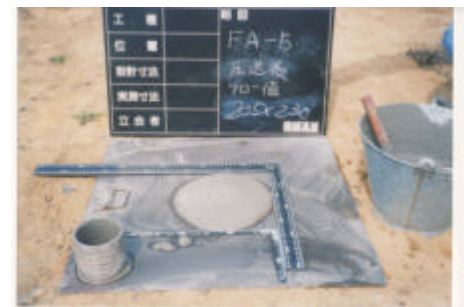


写真 - 1 エアモルタル



写真 2 コンクリートポンプ車投入



写真 3 圧送状況 1

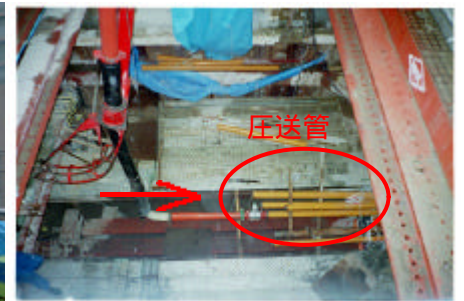


写真 4 圧送状況 2

9. 充填材  
- エアモルタル砂代替材 -

「特徴」

- ・ 石炭灰の持つ流動性に着目し、砂の代替に石炭灰を活用します。
- ・ 球形粒子の石炭灰を用いると流動性が大きくなり、長距離圧送が向上します。
- ・ ポズラン反応により長期強度が増加します。

エアモルタル実施配合

配合名称	配合 1 m 3 当り					フレッシュ性状および品質			
	セメント	砂	石炭灰	水	気泡剤	IT-量 (%)	比重	強度 28	フロー
砂モルタル	210kg	630kg	-	189kg	1.13 L	45	1.06 ± 0.05kg/L	1 N/mm <sup>2</sup>	180 ± 30mm
石炭灰配合	320kg	-	320kg	400L	0.90 L	30			200 ± 20mm
石炭灰配合	200kg	-	550kg	320L	0.80 L	30			200 ± 20mm

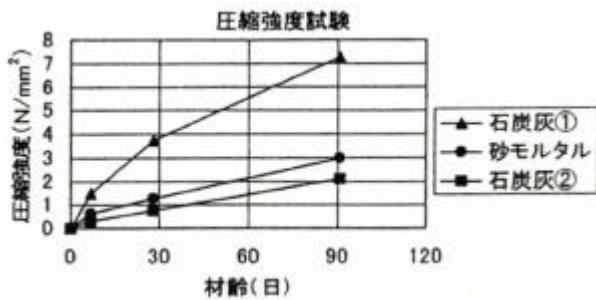
配合 はセメント量最小

試験結果（現場）

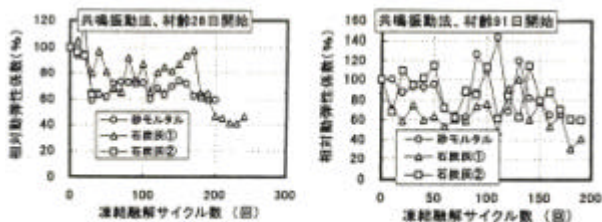
ポンプ圧送性能

	粗度係数	
砂モルタル	0.08 ~ 0.10	1,000m
石炭灰配合	0.043	2,534m

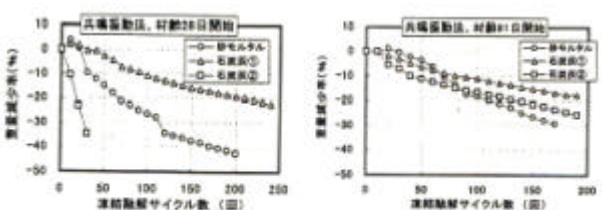
石炭灰エアモルタルでは粗度係数が小さくなり、ポンプ圧送可能距離は砂モルタルの3倍となっている。  
プラント移設回数が減り、コスト低減につながる。



材令と圧縮強度の関係



凍結融解サイクル数と相対動弾性係数の関係



凍結融解サイクル数と重量減少率の関係

石炭灰のポズラン反応により、石炭灰の配合は材令 2 8 日以降も強度が伸びている。

材令 9 1 日から試験を開始したものの耐久性（凍結融解）は砂モルタルと遜色のないものとなっている。

「施工実績」

太平山ガス管トンネル充填工事	: 1, 1 0 0 t
黒木第 1 改良工事	: 9 5 0 t
国道 315 号災害防除工事	: 8 8 0 t
奥津第 2 軽量盛土工事	: 5 0 0 t 他
合計	: 7, 0 0 0 t

(資料提供 :



## エアミルク

## 特 徴

- ・エアミルクは、セメント・フライアッシュと水をミキサーで練り混ぜたものと、起泡剤・希釈水を発泡機で練り混ぜたものを混合し、ポンプにより圧送打設します。
- ・湿潤密度は水と同程度の $1.0\text{g}/\text{m}^3$ 、圧縮強度は土と同程度の $0.5\text{N}/\text{mm}^2$ （28日圧縮強度）であり、二重管の中詰め材や管内充填に適しています。
- ・ポンプ圧送距離が1 km程度と長い場合はJ I S 種フライアッシュ（ファイナッシュ）を、ポンプ圧送距離が通常の場合はJ I S 種フライアッシュ（エコアッシュ）を混和材として使用いたします。
- ・有害物質の溶出は、環境基本法に示す土壌の基準値を満足しています。

## 用 途

下水道や電話線・通信線等の地中化に伴う二重管の中詰めや管内充填にご利用頂けます

## 配 合 例

## J I S 種フライアッシュ（ファイナッシュ）の配合例

配合No.	空気量 (%)	単用量( $\text{kg}/\text{m}^3$ )					湿潤密度 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	28日圧縮強度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	フロー値 (mm)
		セメント	種灰	粘土鉱物	起泡剤	水			
F35-200	35	200	200	10	0.56	498	0.91	0.4	400
F35-300	35	200	300	10	0.56	455	0.97	0.58	340
F35-400	35	200	400	10	0.56	413	1.02	0.8	300
F35-400'	35	200	400	0	0.56	417	1.02	0.8	326

## J I S 種フライアッシュ（エコアッシュ）の配合例

配合No.	空気量 (%)	単用量( $\text{kg}/\text{m}^3$ )				湿潤密度 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	28日圧縮強度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	フロー値 (mm)
		セメント	種灰	起泡剤	水			
S35-450	35	200	450	0.56	383	1.06	1.2	274
S35-500	35	200	500	0.56	360	1.06	1.3	230
S40-350	40	200	350	0.64	378	0.98	0.7	302
S40-400	40	200	400	0.64	356	0.98	1.1	263
S40-450	40	200	450	0.64	333	0.98	1.3	210
S45-350	45	200	350	0.72	328	0.88	0.7	240

## 施 工 例

通常のエアミルクで用いる工法により施工できます。

エアミルク施工例（旧下水管の管内充填）



プラント全景  
 ・セメントサイロ：30t  
 ・フライアッシュサイロ：30t



配管敷設状況  
 ・（配管：50×250m）



エアミルクの注入状況  
 （旧マンホールからの注入）

（資料提供：四国電力）

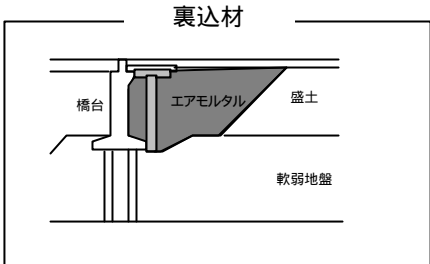
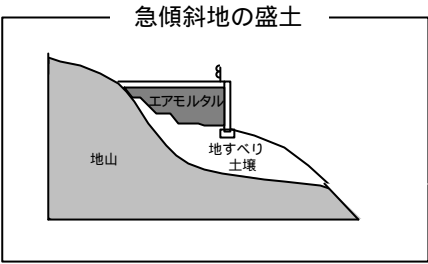
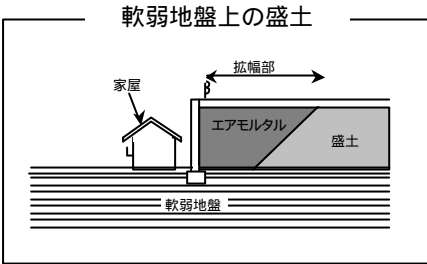


エアモルタル

「特徴」  
 ・砂を用いたエアモルタルと比較し，同一強度，同一密度を確保するためのセメント量を低減できます。  
 ・石炭灰は粒子形状が球形であり，流動性が向上し，施工性が改善できます。  
 ・砂等の天然資源の消費抑制に貢献できます。

用 途

エアモルタルは，軟弱地盤や急傾斜地等における盛土や裏込材として利用されます。

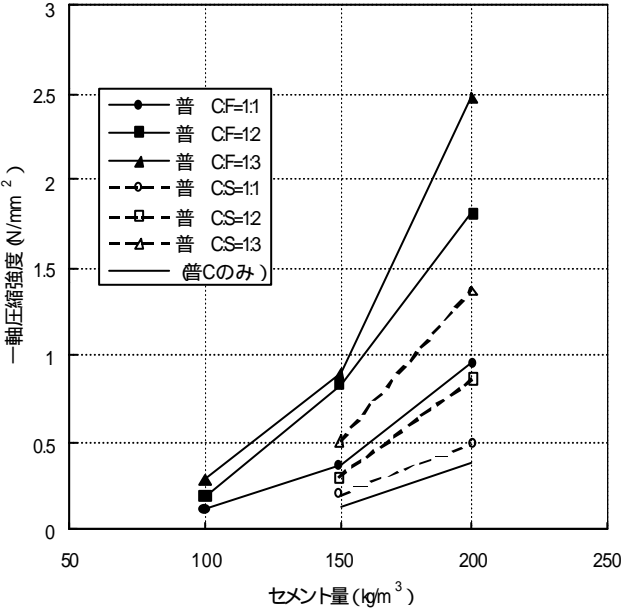


室内配合試験結果

エアモルタル配合例

湿潤密度 (g/cm <sup>3</sup> )	一軸圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )					
		セメント C	フライッシュ F	砂 S	C:F (C:S)	単位水量	空気量 (%)
0.6	0.5	125	255	-	1:2	219	631
		178	-	265	1:1.5	166	674
0.8	1.0	150	400	-	1:2.7	248	532
		210	-	420	1:2	175	596

目標一軸圧縮強度及び湿潤密度を得るためのセメント量及び気泡量を低減できることから，材料費の削減が可能となります。



落石防護工施工状況 (使用実績 150t)

石炭灰を混合した方が砂を用いた場合よりも一軸圧縮強度は大きくなります。

(資料提供：九州電力)

## FC 硬化体

FC 硬化体とは、通常のコンクリートの骨材の代わりにフライアッシュを用い、セメントと水により硬化させた硬化体です。

### 特 徴

FC 硬化体は、コンクリートよりも流動性に優れ、かつ材料分離しにくいなどの特徴があり、狭隘な場所での作業に有利です。

特に、水圧管路などの裏込め材として使用する場合には、以下のような特徴があります。

#### 裏込め材としてのFC 硬化体およびコンクリートの比較

FC 硬化体	コンクリート
材料分離や閉塞が起こりにくいいため、打設配管のサイズ決定に制約がない。	打設配管は、下り勾配の打設において、分離、閉塞が起こらないようサイズを決定する。
流動性が良くパイプレータ等の作業が不要なため、狭い場所での作業に有利である。しかし、型枠を必要とする場合は、型枠の水密がFC 硬化体の比重が1.6と通常のコンクリートよりも小さいため、管への浮力を考慮すると、1回の打設量を多くできる。	打設時は、パイプレータ、敷均し作業を要する。型枠等を要する管端部施工に適している。
FC 硬化体の比重が1.6と通常のコンクリートよりも小さいため、管への浮力を考慮すると、1回の打設量を多くできる。	コンクリートは FC 硬化体より比重が大きいので、管への浮力を考慮すると、1回の打設量が少なくなる。
打設時の仮設が簡易である。	打設時の仮設に足場等の設備を必要とする。
打設と管帯据付の同時作業が可能であり、据付サイクルがコンクリートに比べ短くでき	足場等の設置で、打設と据付の同時作業が不可能なので、据付サイクルはFC 硬化体より

### 施工事例

沖縄海水揚水建設工事において、FRP水圧鉄管裏込め材としてFC 硬化体を施工しました。

FC 硬化体は材令 28 日強度で  $24\text{N/mm}^2$  として配合を決定し、フロー値  $260 \pm 10\text{mm}$  をもって品質管理をしました。

施工数量：FC 硬化体約  $4,000\text{m}^3$ 、フライアッシュ使用量 3,000t

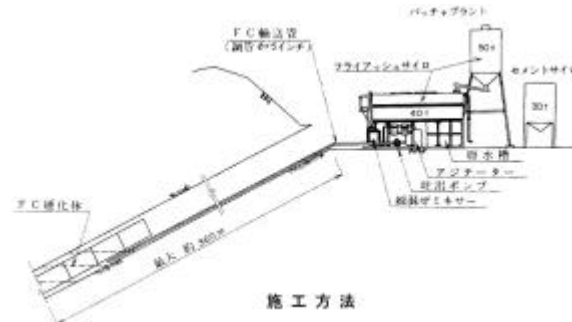
#### FC 硬化体示方配合

C ( $\text{kg/m}^3$ )	F ( $\text{kg/m}^3$ )	W ( $\text{kg/m}^3$ )	W/C+F (%)
240	802	584	56

C 普通ポルトランドセメント

F: フライアッシュ

W 水



施工状況

(資料提供：J-power)

## FA モルタル

良質なフライアッシュを主成分としたセメントおよび水の混合物スラリーで自己充填性に優れた高性能の埋め戻し材です。

### 特 性

- 1．FA のベアリング効果により高流動性、減水性および高充填性に優れています。
- 2．FA のポゾラン反応作用で長期強度上昇と地盤の低アルカリ化が進みます。
- 3．超低熱型コンクリートで環境にやさしい材料です。

### 主な用途

充填材（空洞充填材、中込め材）  
 その他（床下地材、整地材、特殊盛土材）

### 品 質

比 重	圧縮強度28日 (kgf/cm <sup>2</sup> )	フロー値 (mm)
1.64	3~5	291
}	}	}
1.65	15~20	—

# フライアッシュモルタル ( 充填材 , 間詰材 )

## 特 徴

- ・フライアッシュ ( F A ) モルタルは、フライアッシュにセメントと水を加え練り混ぜた材料です。
- ・高流動性及び高充填性が期待できます。
- ・流動性が高く、バイブレーター等の作業が不要であり施工性が向上します。
- ・比重が小さいことから、軽量性に優れています。

## 施 工 例

例 1 . 日本海発電(株)新熊野川発電所建設工事において、水圧管路トンネルの空隙部を充填閉塞するために、フライアッシュモルタルを採用しました。発電所地点に製造プラントを設置し、中継プラントを設け、水圧管路立坑坑口に注入プラントを設置し充填を行いました。

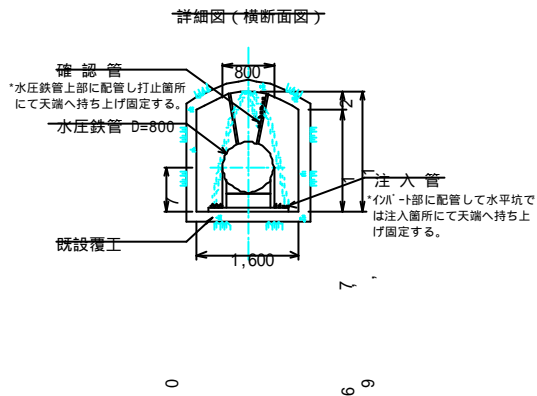
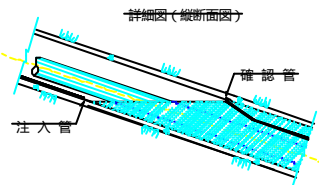
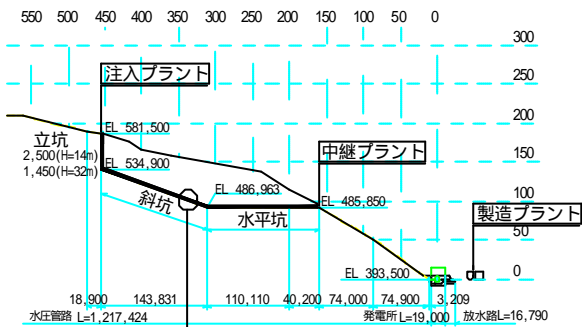
施工数量 1,100m<sup>3</sup>

[ 配合条件 ]

P ーオート値	強 度
20 秒以下	$f_c=0.3 \text{ N / mm}^2$

[ 配合 ]

単位量 ( kg / m <sup>3</sup> )			配合比 ( % )		
セメント C	水 W	フライアッシュ F A	C/FA	W/(C+FA)	W/C
279.7	587.5	699.3	40.0	64.0	210.0



例 2 . 既設鋼矢板護岸の補修工事において、前面に自立鋼矢板を新設し、新旧矢板の間詰材としてフライアッシュモルタルを使用しました。フライアッシュモルタルは既設鋼矢板護岸横に設置した F A モルタル製造プラントから、鋼管 ( 50mm ) で最大約 300m を圧送しました。

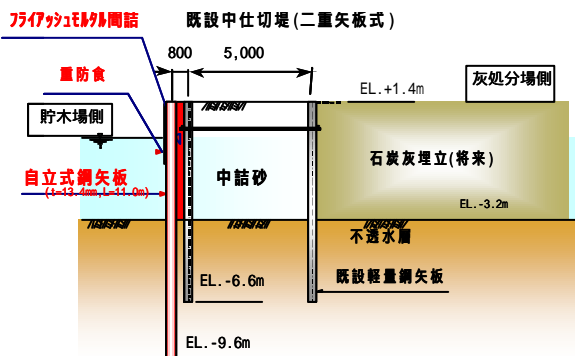
施工数量 905m<sup>3</sup>

[ 配合条件 ]

P ーオート値	強 度
18 秒以下	$f_{28}=0.2 \text{ N / mm}^2$

[ 配合 ]

単位量 ( kg / m <sup>3</sup> )			配合比 ( % )		
セメント C	水 W	フライアッシュ F A	C/FA	W/(C+FA)	W/C
70	600	854	8.2	64.9	857.1



( 資料提供 : 北陸電力 )



## FA シールド材

フライアッシュを配合した高密度でありながら長距離圧送が可能で、充填性、恒久性に優れた材料です。

### 特 性

FA モルタルと同様のほか、次の特徴を持っています。

- 1．充填後は高密度となり水密性が良くなり、漏れが少なくなります。
- 2．化学抵抗性が良く、塩分等の影響を受けにくい材料です。
- 3．可塑性に優れ、テールボイドへの限定注入と即時同時注入が容易です。

### 主な用途

シールドトンネルの裏込め材

### 品 質

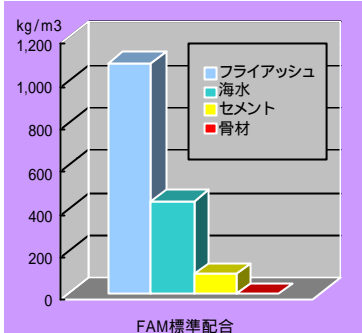
生比重	フロー値 (cm)	ゲルタイム (秒)	可使用時間 (時間)	圧縮強度 (kgf/cm <sup>2</sup> )	
				σ1H	σ28日
1.38±0.02	40~60	20以内	40以上	1~1.5	40

## フライアッシュモルタル (フライアッシュモルタル - 無型枠工法 (FAM - NF 工法))

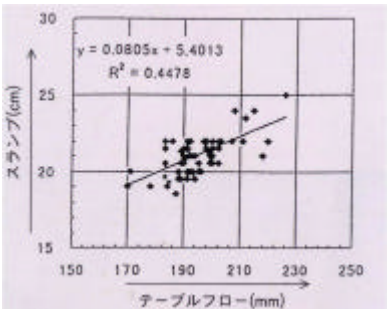
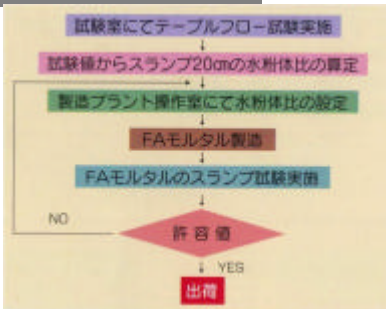
フライアッシュモルタルとは、フライアッシュにセメントと水を添加し混合してできた流動性に優れた材料です。埋戻し材、遮水材、裏込め材、中詰材等、幅広い用途への利用が期待できます。

### 特 徴

1. セメントの添加量により強度特性を自由に設定できます。
2. フライアッシュのボールベアリング効果により流動性に優れ、特に狭隘な箇所で施工性が大幅に向上します。
3. フライアッシュがセメントと反応し水密性を増すため、高い遮水性（透水係数  $10^{-8} \text{cm/s}$  オーダ）を有します。
4. 比重が軽く（1.6~1.7）軽量材料として有効です。
5. 経年劣化が少なく、水質基準、土壌環境基準を満たす安全性の高い材料です。
6. 少量の効果促進剤の添加により流動性を制御し、型枠を使用せずに水中打設が行なえます。（FAM - NF 工法）



### 製造フロー



フライアッシュモルタルの製造フロー

テーブルフローとスランプの関係

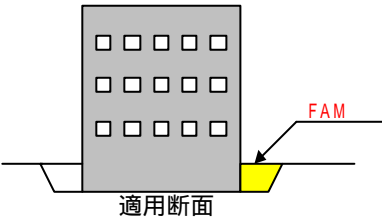
フライアッシュモルタルは、フライアッシュの性状に関わらずテーブルフロー値とスランプに比較的良好な相関があることがわかっています。

そこで、テーブルフロー試験を行ない所要のスランプが得られる配合を決定します。

### 施工事例

埋戻し材としての適用 (仮称) 横浜デザインセンター-新築工事

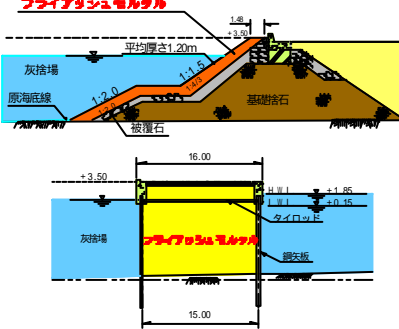
材令28日強度 (N/mm <sup>2</sup> )	3
スランプ (cm)	約20
セメント添加量 (%)	12
水粉体比 (%)	36
FAM製造量 (m <sup>3</sup> )	1,200
フライアッシュ使用数量 (t)	1,400



打設状況

遮水材および中詰材としての適用 若松総合事業所灰捨場建設工事

使用用途	護岸	岸壁
材令28日強度 (N/mm <sup>2</sup> )	2.1	1.0
スランプ (cm)	プラント出荷時: 約20 打設時: 約10	約20
セメント添加量 (%)	8~10	3~4
硬化促進剤 (%)	0.5	
水粉体比 (%)	30~50	30~50
FAM製造量 (m <sup>3</sup> )	88,000	38,500
フライアッシュ使用数量 (t)	117,000	49,000



打設状況

(資料提供: J-power)

適用断面

## CLSM - 流動化埋戻材 -

### 特 徴

- ・再掘削可能な低強度（ $0.3 \sim 0.5\text{N/mm}^2$ ）に強度を抑制した埋戻し材です。
- ・転圧不要な自己充填性スラリーです。
- ・流動化処理土の一種であり、砂を主材料としてフライアッシュを使用しスラリー化するため、生コン工場での製造が可能です。
- ・埋戻し個所の沈下を防止できます。

### 用 途

- ・再掘削が必要な埋戻し個所にご利用いただけます。

### 工 法

・生コン工場で練混ぜた CLSM を、コンクリートミキサーにより運搬し、打設箇所にシュートおよびサニーホースで打設します。なお、投入時の材料分離防止のため、落下高は 0.5m 程度としています。

### 配 合 例

単位量 (kg/m <sup>3</sup> )				
水	セメント	フライアッシュ	砂	AE剤
255	20	303	1488	3.55

### 設 計 条 件

- ・フロー値： $220 \pm 20\text{mm}$
- ・空気量： $5 \pm 1.5\%$
- ・ブリーディング率：3%以下
- ・目標強度（材令 28 日一軸圧縮強さ）： $0.3 \sim 0.5\text{N/mm}^2$

### 施 工 実 績

- ・苫東厚真発電所 4 号機増設工事の循環水管路（放水路）  
CLSM 打設量  $567\text{m}^3$  フライアッシュ使用量 170t



埋戻し状況



試験による充填状況

（資料提供：北海道電力）

## FQS グラウト

FQSグラウト (Fly ash Quick Setting) とは、フライアッシュ、セメント、泥水等に水ガラス等の凝結材を加えた瞬結性のグラウト材料です。

## 特 徴

1. 流動性とチキソトロピー性\*が卓越するため充填性に優れ、充填後はフライアッシュのポゾラン反応により強度増強性・耐久性・水密性に富んだ固結物を形成し、短長期ともに安定したグラウトです。(\*力を加えることによりゲルが流動性ゲルに変わり、これを放置しておくともどる性質)
2. 従来のグラウトに比べ単純配合で、施工性に優れています。
3. 10秒前後の瞬結性を有し、ゲルとして高い強度を発現します。
4. 従来のグラウトに比べ、セメント量を4割から5割減らすことができ、経済性に優れています。

## 適用箇所

FQSグラウトはシールド工のテールボイド、シートパイル引抜跡孔、地中の流水孔など、速やかに充填や置換が必要な場合に適用できます。

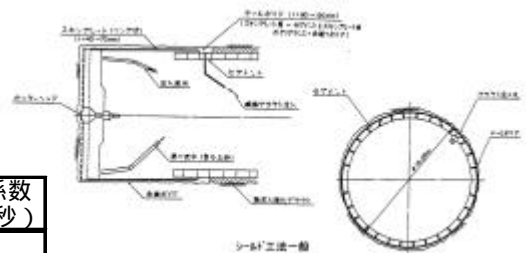
すなわち、施工に伴う空洞周辺の地盤・地山のゆるみや沈下の防止、自然の流水中など空洞充填処理、あるいは、地中構造物の補強に有効です。

## 施工事例

営団地下鉄有楽町線新富町～月島間 (800m)

標準配合			(1m <sup>3</sup> 当り)	
A液			B液	
セメント	フライアッシュ	泥水	水	水ガラス
150kg	550kg	617kg	50 L	50 L

フロー値 (cm)	FQSグラウトの物性			ゲルタイム (秒)	透水係数 (cm/秒)
	フリーズ率 (%)				
16	1時間	3時間	24時間	13.0	20
	0.9	2.4	2.9		



本四連系線新設工事・花町トンネル工事 (718m)

標準配合			(1m <sup>3</sup> 当り)	
A液			B液	
セメント	フライアッシュ	粘土	水	水ガラス系凝固材
150kg	550kg	250kg	525kg	100L

フロー値 (cm)	フリーズ率 (%)	ゲルタイム (秒)	FQSグラウトの物性		
			一軸圧縮強度 (kgf/cm <sup>2</sup> )		
22	1.0	20	1時間	7日	28日
			1.12	41.6	86.8



施工状況



FQSグラウト

(資料提供：J-power)



特 徴

- ・フライアッシュ及びセメントに増粘材・安定材・水を加え、さらに急結材を加えた材料です。
- ・急結材により瞬結性を確保し、早期強度が得られます。
- ・フライアッシュを大量に混入することによりコスト低減を図れます。
- ・流動性に富み長距離圧送が可能です。
- ・充填性が良く水に希釈されません。止水効果が良好で耐久性があります。
- ・凝結開始後の溶出や体積変化が低減されます。

施 工 例

志賀原子力発電所 2号機建設工事におきまして、放水路のシールド掘進に伴うセグメント背面の裏込材にフライアッシュを用いた材料を使用しました。本施工では、地上プラントと注入箇所までの高低差が大きく圧送距離も長いことから坑内に中継プラントを置き、アジテータで再攪拌することにより材料分離を防ぎ品質の確保しました。

[ 配合条件 ]

施工数量 約 2,000m<sup>3</sup>

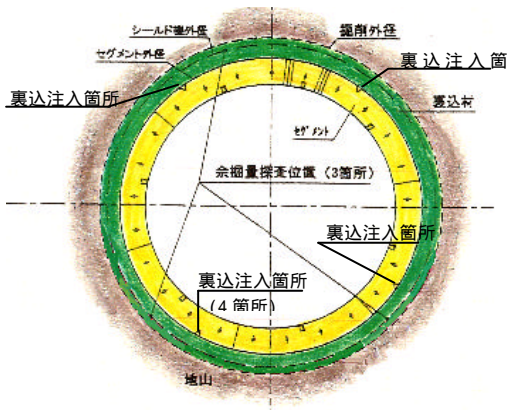
A 液			A+B 液					
70- (mm)	ブリーディング率 3 時間後 (%)	可使用時間 (時間)	設計基準強度 (N/mm <sup>2</sup> )				ゲルタイム (秒)	可塑時間 (分)
			1h	1d	7d	28d		
400 ± 50	5 前後	24 以上	0.2	1	2	3	10 ± 5	30 前後

[ 配 合 ]

A 液						B 液
早強 セメント (kg)	高炉 スラグ (kg)	フライアッシュ (kg)	増粘剤 (kg)	安定剤 (kg)	水 (kg)	急結材 (l)
189	21	480	1	2.4	635	80

[ 強 度 ]

一軸圧縮強度 ( N / mm <sup>2</sup> )					
1H	1 日	7 日	28 日	91 日	180 日
0.38	1.8	2.5	3.8	5.6	6.5



放水路本坑断面図



裏込め注入プラント (坑内)



グラウト材充填状況



グラウト材充填状況

(資料提供：北陸電力)