技術紹介

環境にやさしい土質改良材「FTマッドキラー」の概要と施工実績

(株)フジタ　建設本部土木エンジニアセンター
技術企画部長兼マッドキラープロジェクト室長
藤岡　晃

1 はじめに

土質改良にセメント・石灰系固化材を使用した場合、比較的短時間で強度の発現・増加を図ることが可能であるが、高アルカリ性や六価クロムの溶出等の技術的な課題がある。こうした課題を踏まえると、養生時間が短く仮置きヤードの使用が少ない、改良土の過剰固化がない等、施工性に優れ、アルカリ性が低く、六価クロムの溶出がない等の環境にやさしい土質改良材が望まれる。

著者らは、製紙業界において処分が必要となっているPS（ペーパースラッジ）灰を適切に処理することで、従来のセメント系・石灰系固化材と異なる新しい土質改良材「FTマッドキラー」を開発している。本稿では、FTマッドキラーの概要、特徴、物性とともに、浚渫土・杭汚泥の土質改良、混合廃棄物の分別といったFTマッドキラーの最新の施工事例を紹介する。

2 FTマッドキラーとは

(1) 概要

FTマッドキラーは、製紙製造過程で廃棄物として発生するペーパースラッジの焼却灰を加工処理することで、高吸水性を原理とする環境にやさしい土質改良材である（写真2－1参照）。FTマッドキラーの電子顕微鏡による拡大写真を写真2－2に示す。FTマッドキラー粒子は微細孔を有しており、ペーパースラッジを高温焼却する際に、炭素や水素が燃焼とともに抜け出ることによって形成された空隙である。FTマッドキラーの改良原理は、この空隙の細孔容積を利用する物理的な吸水効果であり、高含水比土を運搬可能となる第4種建設発生土以上の土に改質する。

(2) 特徴

FTマッドキラーの主な特徴は以下のとおりである。

①吸収効果を主体とする物理的な改良であるため、養生不要。
②化学的な反応でないため、粘性土、砂質土、腐植土等ほとんどすべての土質に対応可能。
③改良土は、土との緩衝作用で中性域から弱アルカリ性の範囲にあり、環境にやさしい。
④改良土は、再掘削・運搬・締固め等の繰り返し利用が可能。

写真2－1
FTマッドキラー

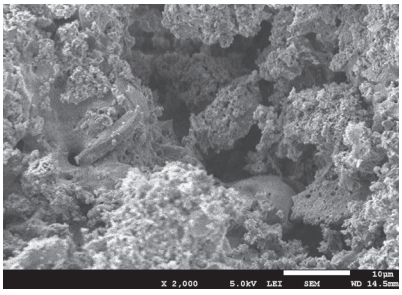

写真2－2
FTマッドキラーの顕微鏡写真

（3）物性

FTマッドキラーの原料となるPS灰は、製紙工場の設備条件、焼却する製紙の性状等により、物理化学的な性質が異なってくる。PS灰自身が自硬性を有していたり、吸水機能が高いことなど、土の改良に適したものが多い反面、PS灰そのままではフッ素の溶出が土壌環境基準（環告四六号）をオーバーする可能性がある。こうした性状を有するPS灰に加工処理をほどこすことで土壌環境基準を満たし、安定した品質を保証できる土質改良材であるFTマッドキラーの開発に成功している[1]。

表2－1にFTマッドキラーの主要な化学成分を示す。主成分のシリカとアルミナが硬い結合結晶に変化し、化学的にも安定度の高い物質となっている。成分中に有害物質は含まれておらず、溶出試験においても土壌環境基準を満たしている。表2－2にFTマッドキラーの物性を示す。PS灰自身が許容しうる限界含水比（吸水性能）は一一五%となっている。

表2－1
FTマッドキラーの主要な化学成分

化学成分	含有率（%）
SiO_2	33.8
Al_2O_3	22.6
CaO	18.1
MgO	5.2
TiO_2	2.6
Fe_2O_3	1.8

表2－2　FTマッドキラーの物性

項目	物性
真比重（g/cm^3）	2.4
かさ比重（g/cm^3）	0.7前後
吸水性能（%）	115

（4）既存の土質改良材との比較

表2－3にFTマッドキラーと既存の土質改良材との比較を示す。FTマッドキラーの適用範囲は、粘性土・砂質土等すべての土質であり、高含水比の土への適切な添加により、十分な土の強度増加を期待できる。pHについては、石灰系、セメント系が強アルカリ性であるのに比べて、FTマッドキラーは中性から弱アルカリ性の範囲にあるため、植物に対する影響が少ない。施工性については、石灰系・セメント系・石膏系が固結後ほぐした場合の強度の低下や、再締固め時には注意が必要であるのに対し、FTマッドキラーは瞬時改良であり再利用でも強度変化はない。

経済性は、高分子系が最も高価であり、セメント系が最も安価となっている。FTマッドキラーは石灰系、石膏系よりは安価である。どの材料を選定するかは、価格とともに土質条件によって異なる配合量を勘案して総合的に判断することになる。

表2－3　FTマッドキラーと既存の土質改良材との比較

項目	FTマッドキラー	石灰系	セメント系	高分子系	石膏系
改良原理	吸水による物理的改良。	吸水、発熱により含水比を低下させる化学的改良。	セメントの水和・固化により、強度増加を図る化学的改良。	土中の自由水に作用し、水分吸着、固定化、土表面の被覆による改良。	土中の水分による半水石膏が二水石膏となって固化する化学的改良。
適用可能な土質	粘性土、砂質土、腐植土に適用可能。	粘性土に適している。	砂質土に適している。粘土、有機物の含有量が改良効果に影響。	粘土、シルト質に適している。	粘性土、砂質土ともに適用可能。
適用可能な含水比	高含水の土でも適切に添加することで、十分な改良を期待できる。	石灰を混合後、泥状になる土には改良は期待できない。	高含水の土でも適切に添加することで、十分な固化を期待できる。	含水比が高い場合、注意が必要。	含水比が高い場合、注意が必要。
環境影響	中性から弱アルカリ性。	強アルカリ性。水和反応により発熱する。	強アルカリ性。六価クロムの溶出に注意。	中性。	中性。土の硫化物の影響には注意。
施工性	瞬時に改良できるため、養生の必要なし。	数日程度の養生が必要である。	数日程度の養生が必要である。	瞬時に改良できるため、養生の必要なし。	練返し強度低下の可能性があるため、注意必要。
再利用	物理的改良のため、再利用しても強度に変化なし。	固化した土をほぐすため、強度が低下する。	固化した土をほぐすため、強度が低下する。	物理的改良のため、再利用しても強度に変化なし。	改良土の転用には注意が必要。
経済性	比較的安価	比較的高価	安価	高価	比較的高価

3 施工実績及び価格

(1) 浚渫土の改良

河川の泥土をバックホウ泥土船で浚渫し、船上のピットに陸揚げする。そのピット内でバックホウ撹拌によりFTマッドキラーと混合して、養生なしに、浚渫土を改質することができる（写真3－1、3－2参照）。

(2) 基礎杭の汚泥処理

基礎杭を削孔するときに生じる汚泥にFTマッドキラーを混合する。ピット内のバックホウ撹拌により、汚泥をダンプ運搬可能な土に改質する（写真3－3参照）。

(3) 混合廃棄物の分別

混合廃棄物の分別、木質混合土（抜根・伐採時の表土）の選別のハンドリング材として利用する（写真3－4参照）[2]。混合廃棄物や木くずの表面についている水分の多い土を、FTマッドキラーが吸収して混合廃棄物の分別を容易にしてくれる。

(4) 価格

FTマッドキラーの価格は、二〇一四年八月現在で東京都内一六、〇〇〇円／t、名古屋一七、五〇〇円／tである。詳細は一般財団法人建設物価調査会の建設物価を参照されたい。

4 おわりに

FTマッドキラーは、PS灰を基材として加工処理することにより製造される。高含水比土にFTマッドキラーを混合して土の強度を上げ、浚渫土の改良、基礎杭の汚泥処理、混合廃棄物の分別等に使用する。販売開始から一〇年以上経過しており、今までに一八・三万tの販売実績（二〇一四年三月末）がある。

現時点における技術的な課題としては、材料となるPS灰のバラツキを、コストダウンを図りながら、いかに効率良く処理して製品の品質を確保するかが重要となる。今後の展開としては、強度向上のみならず、有害物質の不溶化技術の開発や、FTマッドキラーと石灰系、石膏系等の他材料との代替、組み合わせにより、適用範囲をより拡充することが考えられる。

参考文献

(1) 望月美登志、斉藤悦郎：環境負荷低減を目指した泥土改良法と処理土の活用（FTマッドキラー工法）、Hedoro NO. 102、二〇〇八年

(2) 望月美登志、藤岡晃、斉藤悦郎：PS灰改良材の課題と環境負荷低減をめざした新たな適用技術について、土木建設技術発表会二〇一一概要集、二〇一一年

写真3－1
河川浚渫土のFTマッドキラー混合状況

写真3－2
河川浚渫土のFTマッドキラーによる改質

写真3－3
杭汚泥とFTマッドキラーの混合状況（途中）

写真3－4
廃棄物の分別材としての利用