

# 高圧噴射攪拌工法施工時に発生する 排泥処理

平原健二<sup>1</sup>・坂本博臣<sup>2</sup>・迎博満<sup>3</sup>・堀尾大輔<sup>4</sup>・佐々木徹<sup>5</sup>

<sup>1</sup>正会員 九州電力株式会社 玄海原子力発電所土木建築課 (〒874-1441 佐賀県東松浦郡玄海町今村)

<sup>2</sup>正会員 九州電力株式会社 玄海原子力発電所土木建築課 (〒874-1441 佐賀県東松浦郡玄海町今村)

<sup>3</sup>正会員 株式会社大林組 九州支店九電玄海土木工事事務所 (〒847-1441 佐賀県東松浦郡玄海町今村)

<sup>4</sup>正会員 株式会社大林組 九州支店赤尾第一トンネル工事事務所 (〒879-0273 大分県宇佐市大字佐野字金留1025-1)

<sup>5</sup>正会員 株式会社大林組 生産技術本部土工技術部 (〒108-8502 東京都港区港南2-15-2)

九州電力玄海原子力発電所においては、地中土木構造物の周辺地盤のせん断強度の向上を目的として、高圧噴射攪拌工による地盤改良工事を実施した。高圧噴射攪拌工法は、コンパクトな施工設備で、稼働中の施設での近接施工や埋設構造物が存在していても施工は可能であるが、施工時に多量の排泥が発生し、産業廃棄物として処分している。当現場では、施工時に発生する排泥を場外に搬出せず、場内で有効利用することを検討課題として掲げ、構内道路の路床材として有効利用することに取り組んだ。

その結果、排泥処理として、粒状固化処理工法と流動化処理工法を組み合わせることで、排泥の品質や強度が改善でき、構内道路の路床材として100%有効利用することができた。

**キーワード：高圧噴射攪拌工法, 排泥処理, 有効利用, 環境対策**

## 1. まえがき

九州電力玄海原子力発電所においては、耐震裕度向上を目的として、地中土木構造物の周辺地盤のせん断剛性を向上させるため、地盤改良工事を計画した。

地盤のせん断剛性を向上させる地盤改良工法としては、深層混合処理工法（機械式攪拌工法や高圧噴射攪拌工法）、薬液注入工法および良質材料による置換え工法を考えたが、以下に示す理由から、高圧噴射攪拌工法による地盤改良工法を採用した。

- ・稼働中の原子力発電施設に近接した施工である（安全・安定運転の確保が大前提である）。
- ・地上構造物および埋設構造物が存在しているため、大規模な掘削は困難である。
- ・改良対象地盤は粘性土を基質とし、砂岩や頁岩、玄武岩などの岩片を含んだ埋戻し地盤である。

高圧噴射攪拌工法は、図-1に示すように超高压でセメントミルクなどの硬化材や圧縮空気を噴射し、周囲の地盤を切削しながらせん断強度の大きな改良体を造成する工法である。

一方で、高圧噴射攪拌工法は、写真-1に示すように、施工時に多量の掘削土砂や水、セメントなどの

混ざった排泥が発生する。

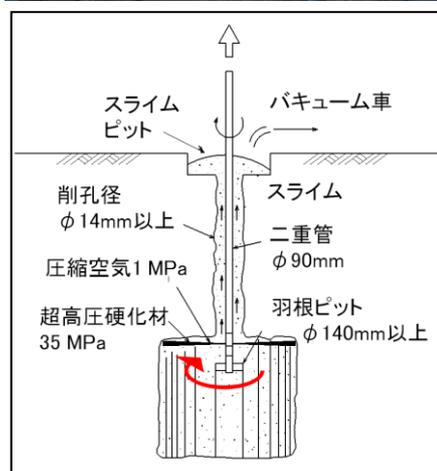
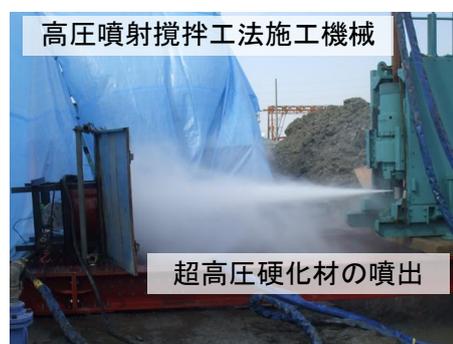


図-1 高圧噴射攪拌工法の概要



写真-1 排泥の発生状況

発生する排泥は、産業廃棄物として取り扱われ、所定の処分場に運搬し、適正に処理・処分しなければならない。

高圧噴射攪拌工法を適用するにあたっては、施工に伴い多量に発生する排泥を場外に搬出することなく、場内で有効利用する方法を考え、構内道路の路床材としての適用性を検討課題として取組んだ。

その結果、排泥処理として粒状固化処理工法および流動化処理工法を用いることで、排泥の品質や強度改善を図ることができ、路床材として要求される品質を確保することができた。

本報告は、高圧噴射攪拌工法施工時に発生する排泥を構内道路の路床材として有効利用した排泥処理について示すものである。

なお、排泥を有効利用するにあたっては、事前に環境担当行政機関に土質材料としての適用性試験結果および土壌環境基準に定められている試験結果を提示・協議し、「自ら利用」に規定を受けて、場内で有効利用した。

## 2. 構内道路の路床材としての適用性検討

当該敷地内においては、耐震裕度向上を目的として高圧噴射攪拌工法による地盤改良工事とほぼ同時期に、地震発生時の消火活動のアクセスルートを確保するため、構内道路の補強対策として、路床材料の置換え工事を計画した。

そこで、発生する排泥が路床材料の代替材料としての適用性について検討を行った。

路床材料として要求された品質を以下に示すが、施工時に発生する排泥が路床材料として要求されている品質が確保できるかどうかを確認するため、一軸圧縮試験を実施した。

【路床材料としての要求品質】

・単体体積重量： $\gamma t \geq 15.0 \text{ kN/m}^3$

・一軸圧縮強さ： $qu \geq 500 \text{ kN/m}^2$

試験結果を表-1に示すが、排泥は土質によるばらつきが大きく、品質も一定でないため、現状のままでは、構内道路の路床材料として適用できないことから、排泥処理方法について種々検討を行った。

表-1 排泥の性状一覧表

試験項目	単位	非自硬性 排泥	自硬性 排泥
含水比	%	200~250	135~180
フロー値	mm	355~420	230~275
湿潤密度	$\text{g/cm}^3$	1.15~ 1.32	1.25~ 1.42
一軸圧縮強さ	$\text{kN/m}^2$	—	150~850

工程上、発生した排泥を構内道路の路床材料として利用するまでには時間があるため（需要と供給にタイムラグがある）、一時仮置きする必要があるが、排泥は自硬性があり、発生した翌日には硬化するため、そのままの状態では仮置きすると破砕等の二次処理が必要となる。

そこで、土質の種類により品質のばらつきが大きく、自硬性を有しているといった排泥の特性を考慮し、排泥処理方法を検討した。

その結果、粒状固化処理により仮置きできるような状態にしておき、流動化処理により締固めを行わないで路床材に適用できる品質に仕上げるといった2段階の処理方法を採用した。

## 3. 排泥処理について

排泥処理の手順図を図-2に示すが、構内道路の路床材として要求されている品質を確保するために採用した排泥処理方法について以下に示す。

### (1) 排泥の調泥

高圧噴射攪拌工法は、先行削孔、プレジェット、再削孔、造成（改良）といった作業手順で施工を行うが、発生する排泥は、各施工段階で物性が異なり、特に造成時に発生する排泥は、改良対象地盤により品質に大きなばらつきがみられる。

このため、排出された排泥ごとにバキュームカーで場内に設置した排泥改良プラント内の貯泥ピットに運搬し、排泥の種類ごとに調泥を行った（写真-2）。

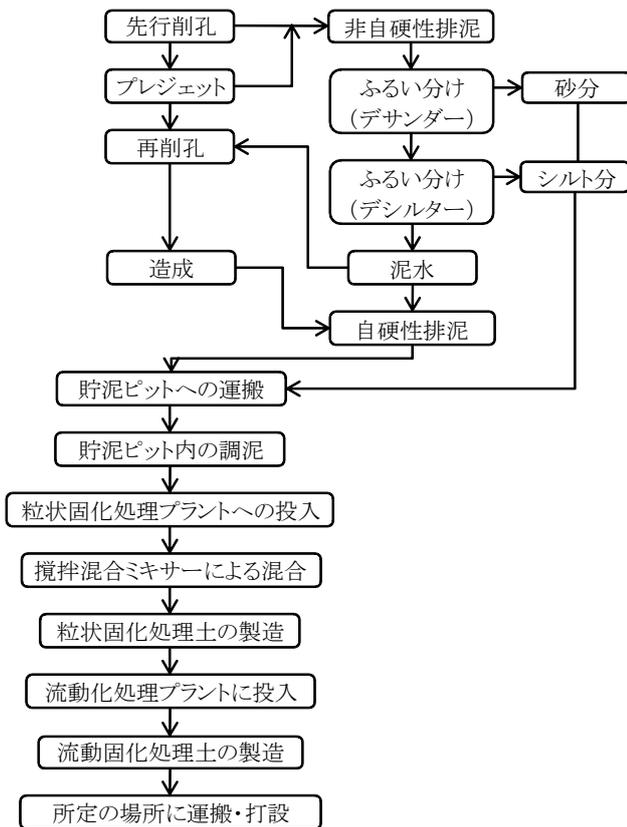


図-2 排泥処理



写真-2 貯泥ピットへの投入状況

### (2) 粒状固化処理工法の採用 (1段階の排泥処理)

貯泥ピットで調泥した排泥は、写真-3に示す粒状固化処理プラントまでバックホウで運搬し、表-2に示す配合で攪拌混合ミキサーで攪拌混合し、粒状固化処理土を製造した。

製造した粒状固化処理土は、ベルトコンベアを通して排出し、処理ヤードに仮置きしたが、写真-4に示すように、粒径の大きな塊もあり、このままでは構内道路の路床部という狭隘な場所での締固め作業が困難になるため、2段階の排泥処理として、締固めが不要な流動化処理工法を採用した。



写真-3 粒状固化処理プラント

表-2 粒状固化処理土配合表

試験項目	単位	非自硬性排泥	自硬性排泥
セメント系固化材	kg/m <sup>3</sup>	200	100
高分子凝集材	kg/m <sup>3</sup>	15	9



写真-4 粒状固化処理中の改良土の塊

### (3) 流動化処理工法の採用 (2段階の排泥処理)

製造した粒状固化処理土を母材として、表-3に示す仕様で流動化処理プラントで流動化処理土を製造した(写真-5)。

表-3 流動化処理土配合表

項目	配合
固化材	259kg/m <sup>3</sup>
減水材	7.5kg/m <sup>3</sup>
骨材、水	含水比により調整

製造した流動化処理土は、写真-6に示すようにトラックミキサで構内道路の路床材置換え施工箇所まで運搬し、写真-7に示すようにポンプ車で打設した。写真-8に示すように粒状固化処理土のような大きな改良土の塊はなく、充填パイプが閉塞するような状況は見られなかった。



写真-5 流動化処理プラント



写真-6 トラックミキサー車への投入状況



写真-7 流動化処理土の打設状況



写真-8 流動化処理土の流動状況

流動化処理土の品質は、表-4に示すように管理基準値をすべて上回る結果が得られており、路床材料として要求されている品質を満足することができた。

表-4 流動化処理土の品質

項目	管理基準値	実測値
単位体積重量	15.0kN/m <sup>3</sup> 以上	15.0～16.2kN/m <sup>3</sup>
フロー値	160mm以上	180～230mm
ブリーディング率	1%以下	0.3～0.8%
一軸圧縮強さ	500kN/m <sup>2</sup> 以上	750～1,350kN/m <sup>2</sup>

このように、高圧噴射攪拌工法の施工時に発生する排泥を粒状固化処理工法と流動化処理工法といった排泥処理技術を組み合わせて処理することによって、高い品質が要求される構内道路の路床材の代替材料として有効利用することができた。

## 5. まとめ

高圧噴射攪拌施工時には、約7,600m<sup>3</sup>の排泥が発生したが、粒状固化処理工法+流動化処理工法といった排泥処理技術を組み合わせることで、構内道路の路床材料として要求される品質を満足でき、排泥を場外に搬出することなく、すべて敷地内の構内道路の路床材に有効利用することができた。

当地で適用した排泥処理技術は、高圧噴射攪拌工法のような地盤改良工事だけではなく、排泥を伴う杭工事や地中連続壁工事などへの適用も十分可能である。

このように、排泥処理技術を組み合わせることで、大幅な産業廃棄物の排出の低減、それに伴う排泥運搬車（バキュームカー）の削減、最終処分場の延命化、土木材料としての適用用途の拡大が図れることから、環境負荷対策としても需要が増えていくものと考えられる。