

高圧噴射攪拌工法により発生する汚泥の再生利用について

中国電力株式会社 正会員 ○岩苔 和広
中国電力株式会社 正会員 家島 大輔

1. はじめに

中国電力(株)島根原子力発電所では、東北地方太平洋沖地震による被害を踏まえ、様々な安全対策を実施している。その一環として実施したトンネル掘削工事において、トンネル坑口付近に粘性土等から成る軟弱な地質が認められたため、高圧噴射攪拌工法による地盤改良を行う計画としたが、これに伴い大量に発生する汚泥の処分が課題であった。

そこで、地盤改良に伴う汚泥には地盤改良時に添加したセメント成分が含まれ、自然養生により自硬することに着目し、構内工事の盛土材として再生利用することを試みた。その概要について報告する。

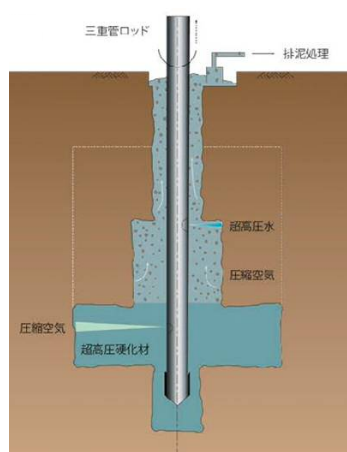
2. 地盤改良の概要

トンネル坑口部付近に軟弱な礫混じり砂・粘土が存在することから、地震時のすべりに対する安定性を向上するため、軟弱層の改良を目的として地盤改良（施工数量：2,230m³）を行った。地盤改良は、対象の地質が粘土主体であったことから、粘土を含む地盤でも確実な改良が可能となる高圧噴射攪拌工法を採用した。工法の概要と施工状況写真を図-1及び写真-1に示す。

高圧噴射攪拌工法は、ボーリングマシンタイプの専用機を使用し、三重管にて所定の深度まで削孔した後、噴射装置の上部では水の高圧噴射による補助切削を行い、同時に下部では表-1に示す硬化材と空気を併用させて高圧噴射し、地盤を切削攪拌することにより、大口径で円柱状の改良体を造成する施工方法である。本工法は、施工数量相当のセメントが混在した汚泥が発生する特徴がある。

表-1 硬化材の標準配合

(1m ³ 当たり)	
高炉セメントB種	760kg
混和材（JE-h型）	10kg
水	741L
W/C	99%
比重	1.51±0.05



(a) 全景

(b) 汚泥の発生状況

図-1 高圧噴射攪拌工法の概要¹⁾

写真-1 地盤改良状況写真

キーワード 地盤改良, 建設汚泥, 再生利用

連絡先 〒742-1403 山口県熊毛郡上関町大字室津 288-13 中国電力株式会社上関原子力発電所準備事務所（土木・環境部）

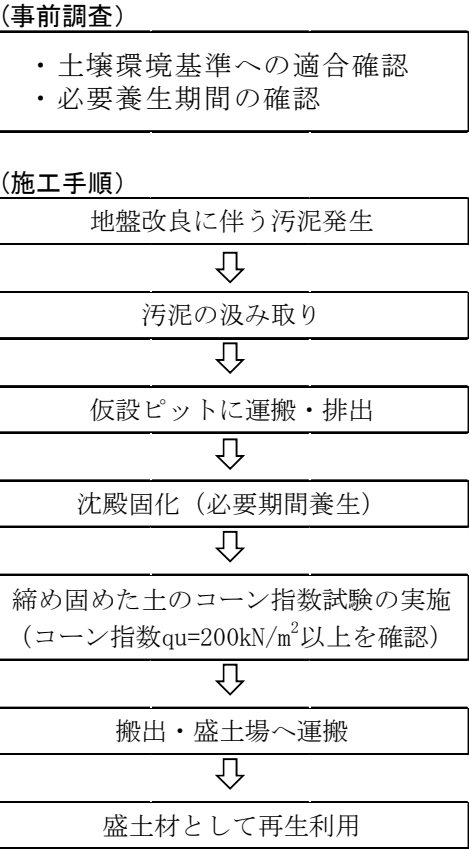
TEL:0820-62-1111

3. 発生する汚泥の取り扱い

工事に伴い発生する汚泥は、「建設汚泥」となる。建設汚泥として産廃処分する場合、環境への影響が懸念されるとともに、多額のコストが必要となる。そこで、当該汚泥が自硬することに着目し、再生利用するための必要な試験、施工方法を検討した。

島根県建設副産物処理要領²⁾によると、建設汚泥を有効利用するためには、環境基本法に基づく土壤環境基準及び締め固めた土のコーン指数試験によるコーン指数の基準に適合しなければならないとされている。そこで、土壤環境基準に対する適合については、現地で採取した試料土に硬化剤を配合して試験練を行い、土壤溶出量試験および土壤含有量試験を行った。また、コーン指数の基準に対する適合については、汚泥には地盤改良時に添加したセメント成分が含まれ、自然養生により自硬することを踏まえ、養生期間を変えて一軸圧縮試験を行い、養生期間と強度の関係からコーン指数の基準を満足する養生期間を検討した。

これらの結果を踏まえ、汚泥の再生利用フローを計画した（図－2）。地盤改良により発生した汚泥は、バキューム車を用いて汲み取り、仮設ピットに運搬・排出した上で、必要期間養生を行う。養生後、土のコーン指数試験を実施し、建設汚泥の有効利用が可能となるコーン指数 $qu=200\text{kN/m}^2$ 以上であることを確認した上で、油圧ショベルにより搬出、ダンプトラックで盛土場へ運搬し、盛土材として利用する計画とした。



図－2 汚泥再生利用フロー

4. 汚泥再生利用に向けた取り組み

(1) 土壤環境基準に対する適合

土壤環境基準への適合を確認するため、地盤改良対象場所で採取した試料土を用いて、表－1 に示す配合による室内試験練を行い、土壤溶出量試験および土壤含有量試験を実施した。このうち、土壤含有量試験結果を表－2 に示す。試験の結果、いずれの特定有害物質も基準値より非常に小さい含有量であり、土壤環境基準に適合することが確認された。

表－2 土壤含有量試験結果

特定有害物質名	土壤含有量	基準
カドミウム及びその化合物	2.0 mg/kg未満	150mg以下
六価クロム化合物	4.0 mg/kg未満	250mg以下
シアン化合物	1.0 mg/kg未満	50mg以下
水銀及びその化合物	0.2 mg/kg未満	15mg以下
セレン及びその化合物	2.0 mg/kg未満	150mg以下
鉛及びその化合物	25 mg/kg	150mg以下
砒素及びその化合物	4.0 mg/kg未満	150mg以下
ふっ素及びその化合物	240 mg/kg	4000mg以下
ホウ素及びその化合物	40 mg/kg未満	4000mg以下

(2) コーン指数の基準に対する適合

汚泥には地盤改良時に添加したセメント成分が含まれ、自硬することから、採取した汚泥から作成した供試体（ σ 3 日， σ 7 日， σ 14 日，各 3 供試体）を用いて一軸圧縮強度試験を実施した。なお、一軸圧縮強度 q_u は以下の式（1）によりコーン指数 q_c に換算している。

$$q_c (\text{kN/m}^2) = 5 \times q_u (\text{kN/m}^2) \quad (1)$$

一軸圧縮強度試験の結果を図-3 に示す。試験の結果、養生期間 3 日で $q_u=1,000\text{kN/m}^2$ となり、建設汚泥の有効利用が可能となるコーン指数 $q_u=200\text{kN/m}^2$ 以上の強度が得られることが確認されたため、コーン指数の基準に適合する養生期間を 3 日として計画した。

(3) 仮設ピット

汚泥を養生する仮設ピットは、含水比の高い汚泥を扱うことから、確実な止水構造とする必要がある。そこで、遮水シート等を設置するとともに、養生後の搬出時における破損防止として、斜面部ではモルタル吹付（ $t=100\text{mm}$ ），底版部ではコンクリート打設（ $t=200\text{mm}$ ）及び砂敷設（ $t=100\text{mm}$ ）による保護工を実施した。仮設ピットの全景写真と保護工の構造図を写真-2 及び図-4 に示す。また、汚泥が沈殿固化する際に発生する高アルカリ性の上水は、濁水処理設備（最大処理能力 $10\text{m}^3/\text{h}$ ）を設置して、炭酸ガスによる pH 調整を行い処理した。

5. おわりに

本稿では、工事で発生した大量の汚泥を構内盛土材として再生利用するための取り組みについて報告した。これらの取り組みにより、産業廃棄物の大幅な低減による環境負荷軽減を図るとともに、コスト低減にも大きく寄与した。今後も循環型社会形成推進基本法の基本理念に基づく環境負荷軽減に取り組みながら、島根原子力発電所の安全性を一層高める取り組みを着実に実施していく所存である。

参考文献

- 1) ライト工業株式会社ホームページ：<https://www.raito.co.jp/project/doboku/jiban/kouatsu/images/jep.pdf>
- 2) 島根県総務部，島根県農林水産部，島根県土木部，島根県建設副産物処理要領（2007.4）

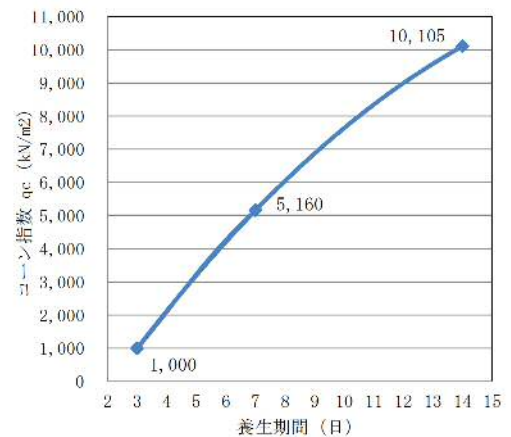
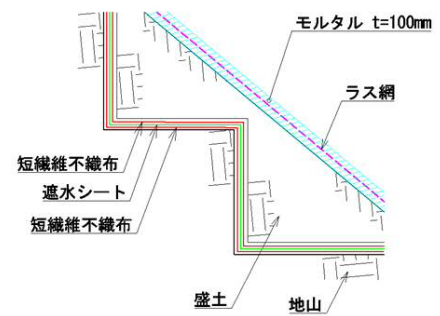


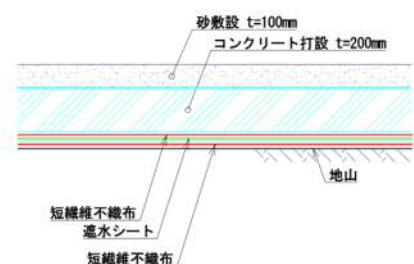
図-3 一軸圧縮試験結果



写真-2 仮設ピット全景写真



(a) 斜面部



(b) 底版部

図-4 保護工の構造図