

休廃止鉦山集積場における大深度の深層混合処理施工事例

三菱マテリアル（株） 非会員 鳥居 雅規 非会員 水無瀬 直史
 三菱マテリアルテクノ（株） 非会員 北山 博之
 （株）大林組 正会員 ○長谷川 甫 非会員 石川 雅英 非会員 上村 悠

1. はじめに

2011年3月に発生した東北地方太平洋沖地震により、内盛り式構造を有する複数の集積場において液状化・堤体のすべり等が発生し、集積物が下流の河川、田畑等へ流入する鉦害事故が発生した。ここで、集積場とは、採掘や選鉦により発生した捨石や鉦さい、排水処理で発生した中和澱物を堆積、処分する施設をいう。

監督官庁の経済産業省は、2012年11月に集積場技術指針を改正し、レベル2地震動に対する安定性の規定を追加した。この改正を受けて、休止して80余年になるA鉦山集積場（以降、A鉦山という）において安定化工事を実施することとなった。本報文では、A鉦山における安定化工事のうち、掘削長40m以上の大深度深層混合処理（以下、深層改良と記す）施工時に直面した課題と解決策について報告する。

2. 現場の概要

図-1に集積場断面を示す。A鉦山は、主として堤体の盛土材として利用されるFs層（砂滓：黄塗）、堤体表面を被覆するFg層（礫滓：橙塗）、堆積物層であるFc層（泥滓：白塗）から構成されている。深層改良範囲に着目すると、表層から10m程度までFs層、それ以深はFc層が堆積している。

ここで、土の粒度試験より、Fs層は砂分が90%を占める締固め特性の悪い砂質土層、Fc層は20%程度砂分が混入する含水比の小さい粘性土層である。また、レベル2地震動に対する全応力動的解析（FLUSH）の結果、Fc層の大部分が液状化層（青塗）であると評価されている。

当工事は、すべり面上部の排土および下部の押さえ盛土、堤体背面の深層改良により集積場の永続的な安定性を確保するものである。深層改良は図-2に示すとおり、接円配置された改良径 $\phi=1.8\text{m}$ 、掘削長 $=14\sim44\text{m}$ の改良体を3,232本造成する大規模な工事である。特に、掘削長 $=26\text{m}$ 以上の改良では継杭施工が必要となる。なお、改良機械足場は3.0mの厚さで表層改良（スラリー混合方式）を施している。

3. 預け孔孔壁崩壊による工程遅延

継杭施工に用いる継足ロッドは、施工箇所付近に予め無水削孔した預け孔に預けてある。預け孔は、継杭作業時間を考慮して機械から遠すぎない位置に設け、繰り返し使用することが一般的である。

一方、当現場では図-3に示すとおり預け孔の孔壁崩壊が発生した。崩壊は、表層改良以深のFs層（砂滓）で発生

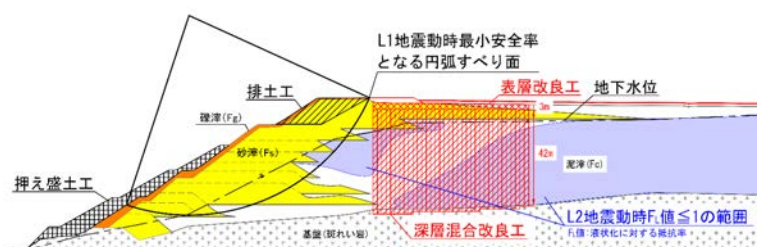


図-1 集積場断面

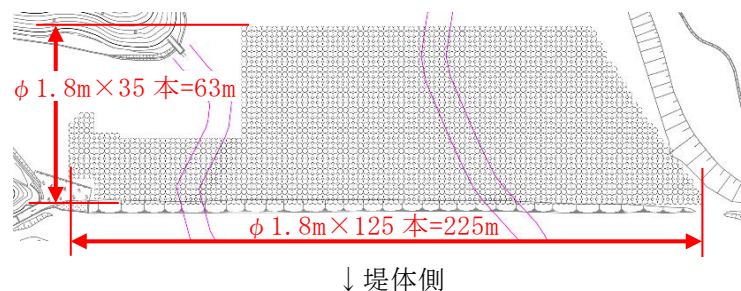


図-2 杭配置平面図

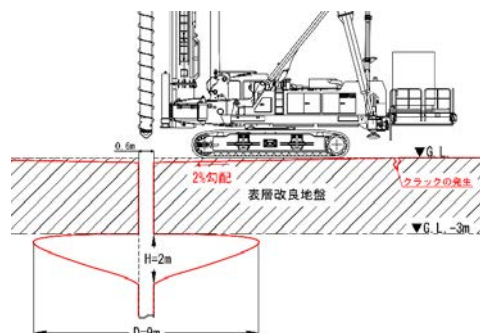


図-3 預け孔孔壁崩壊概要図

キーワード 捨石集積場安定化工事、深層混合処理、継杭施工、預け孔方式、孔壁崩壊防止、工程短縮
 連絡先 〒541-8630 大阪府大阪市中央区北浜 3-5-29 日本生命淀屋橋ビル (株)大林組 TEL06-7632-8700

しており、16回（5日間）の繰り返し利用で深度 $H=2m$ 、底面長 $D=9m$ の円錐形に拡大していた。ここで崩壊規模は検尺およびセメントスラリーによる埋戻し量から検測した。施工の安全性を担保するためには預け孔の移設頻度を高める必要があるが、段取り作業の時間が増加することで工程遅延につながる恐れがあった。また、孔壁崩壊に伴い地盤沈下が発生した。沈下による施工基盤の傾斜勾配は2%であったが、地盤沈下が顕著になり8%以上になると改良機リーダーの鉛直性を保つことが困難になり、杭鉛直度の管理基準値を逸脱する恐れがあった。

4. 課題の解決策

(1) 本設杭を活用した孔壁崩壊の防止

孔壁崩壊は、預け孔の繰り返し利用及び宙水の預け孔への流入により表層改良以深の F_s 層が引き込まれることが原因であると考えた。そこで、図-4に示すとおり、預け孔周囲の改良杭を先行打設し、土留め壁として活用することで孔壁崩壊を防止した。

また、図-5に示すとおり預け孔の位置を工夫し、最大限繰り返し利用することでサイクルタイムの縮減を試みた。具体的には、土留め壁活用前は繰り返し利用頻度を8本に限定したため、60本の杭打設には8

回の預け孔造成が必要であった。一方で、60本の杭打設に1回の預け孔造成で可能となるよう配置して、施工サイクルタイムに占める預け孔造成時間の割合を低下させる計画とした。確かに、継杭作業における改良機の移動距離は長くなるものの、預け孔造成及び継杭の抜き差しに要する時間を勘案すれば、サイクルタイムを30%程度改善することができた。また、無水削孔の頻度が低下したことで副次的に機械損耗費の縮減も達成できた。

(2) 表層改良範囲の最小化による工程短縮

当現場では、深層改良の出来高を最大にする
 目的で改良範囲全域を表層改良し、自ら造
 成した杭を足場にしないように打設を進める
 計画であった。

さて、図-6に示す赤枠範囲（2期施工）は掘削長=40mを超える改良杭が行方向に120本配置されている。黒塗部（1期施工）における継

杭作業を要する改良の歩掛 (4 本/台・日) から 1 行あたりの施工に 15 日間程度要することに着目し、表層改良を省略して造成した杭を足場にする計画とした。ただし、杭頭の空堀部の強度が機械足場の要件($q_u=127.3\text{kN/m}^2$ 以上)を満たすこと、改良杭の設計基準強度($q_u=1000\text{kN/m}^2$ 以上)が σ_{14} で得られることは予め確認した。表層改良範囲を最小化したことで 1 か月の工程短縮効果を得ることができた。

5. おわりに

本事例は、預け孔孔壁崩壊の有無や地盤条件に関わらず採用可能であり、工事費の縮減や工程短縮につながる取組であると考え、今後、同種工事の参考になれば幸いである。

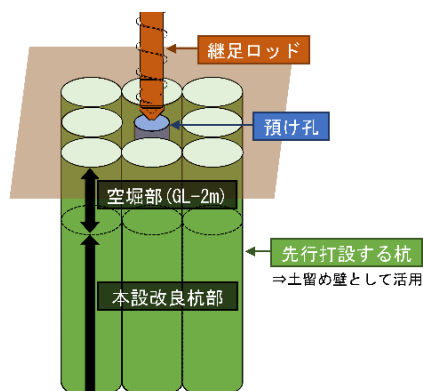


図-4 本設杭土留め利用概念図

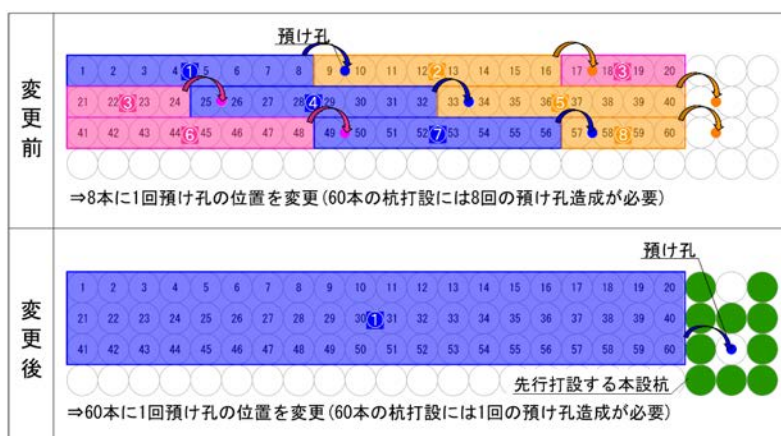


図-5 預け孔繰り返し利用概念図

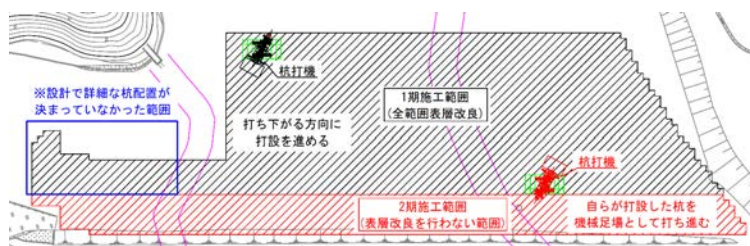


圖-6 表層改良範圍