

# 環境負荷を大きく低減する地盤改良工法

## リソイル Pro 工法

株式会社不動テトラ ○永石 雅大  
株式会社不動テトラ 高田 英典  
株式会社不動テトラ 富田 晃弘

### 1. 「リソイル Pro 工法」の概要

液状化対策工法として多くの実績を有するサンドコンパクションパイル（以下、SCP）工法は、地盤中によく締まった砂杭を造成することで、周辺地盤の密度を増加させる工法である。その中詰め材料には、一般的に良質な砂や砕石が使用されるが、スラグや再生砕石といったリサイクル材料を使用する機会も増加している。そして、建設現場で発生する土（以下、建設発生土）についても中詰め材料としての適用を試みてきた。静的締固め砂杭工法において、含水比および細粒分含有率が30%程度までの建設発生土を石灰で改質して使用した事例はあるが、通常の静的締固め砂杭工法に比べ、改質によるコストの増加や、施工能率が低下するといった課題があった。これらの課題を解決するために図-1 に示す施工機を改造し「新たな材料供給システム」を開発した。

本報では、建設発生土を砂杭の中詰め材料として有効活用可能とした「リソイル Pro 工法<sup>®</sup>」の特徴と、実大実験による施工検証結果について報告する。なお、本報における建設発生土とは、現場内で発生した盛り上がり土や掘削土を主な対象としている。施工現場で発生する盛り上がり土の状況例を写真-1 に示す。

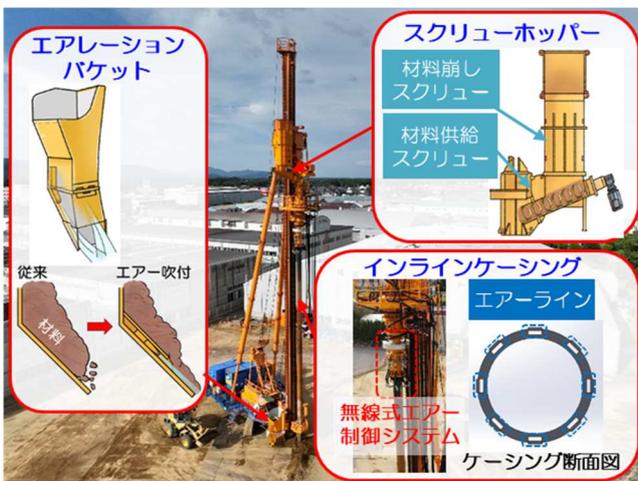


図-1 発生土利用を可能にした新たな材料供給システム

### 2. 「リソイル Pro 工法」の特長

#### (1) 新たな材料供給システム

SCP 工法における砂杭打設工程では、中詰め材料は施工機械の昇降バケットに投入され、ホッパー、ケーシングパイプを通過して地盤内へと運搬される。このとき、中詰め材料の含水比や細粒分含有率が高くなるほど通過性が悪くなり施工性の低下等に繋がる。建設発生土は含水比や細粒分含有率が高い場合が多く、中詰め材料として直接利用することが困難であった。これまで発生土を利用する場合には、図-2 の下側に示すように発生土に石灰等を混合し改質する方法や、礫材料と混合し粒度調整を行う方法で施工可能な性状に変化させ、中詰め材料として使用してきた。しかし、コストの増加や施工能率の低下といった課題があった。

これらの課題を解決するために開発された新たな材料供給システム(図-1)では、各部材での材料通過性を向上させることで、そのままでは利用できなかった材料の直接利用が可能となった。



写真-1 盛り上がり土の発生状況例

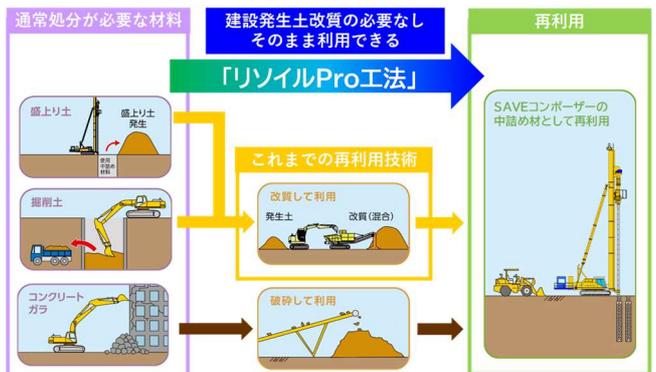


図-3 リソイル Pro 工法における建設発生土の利用方法

バケットには、ホッパーへ投入するときの閉塞を防ぐために底部からエアを噴出させる機構を追加した。ホッパーには、ケーシングパイプへ材料を強制排出させるスクリーを追加することで材料による閉塞を防ぐようにした。ケーシングパイプは、空気配管をパイプ断面内に埋め込むことで、ケーシングパイプ内の突起物を排除し、材料が通過する抵抗を最小限とした。

### (2) 建設発生土の直接利用可能な範囲

本工法では、含水比と細粒分含有率がいずれも30%以下までの発生土であれば、改質せずに、中詰め材料として直接利用することが可能となった。本工法で直接利用できない発生土でも、礫材混合による粒度調整や石灰改質によって適用でき、中詰め材料として利用可能な範囲が広がった。ただし、建設発生土を直接利用する際、75mm以上の礫や異物が混入している場合は、分級するなどの事前処理が必要となる。

### (3) 環境負荷の低減 (CO<sub>2</sub> を最大50%削減)

従来のSCP工法では、中詰め材料を採取地で掘削し、施工箇所まで運搬する。さらに、施工で発生した盛り上がり土も建設発生土として運搬処分されており、これらの過程でCO<sub>2</sub>排出などの環境負荷が生じていた。本工法により建設発生土を有効活用することで、搬入搬出する工事車両の台数が激減し、自然砂の採取量も減少することで環境負荷低減に期待できる。

従来の良質な砂を用いた静的締固め砂杭工法に対して、発生土を全て直接利用した場合、最大でCO<sub>2</sub>排出量を50%削減することが可能である。

CO<sub>2</sub>排出量の試算条件を図-3に示す。CO<sub>2</sub>排出量は各重機の燃料使用量から算出した。



図-3 CO<sub>2</sub>排出量の試算条件

### (4) トータルコストダウンに寄与

建設発生土の使用に伴う施工サイクル低下の可能性が考えられるが、良質材料購入費と発生土処分費の削減により全体的なコストダウンが期待できる。

### 3. 施工性検証の確認

本工法の施工性検証の確認を目的として、実物大実験土槽で施工実験を実施した。実験で使用した材料は、従来材料(行方産山砂)、建設発生土、改質土の3種類を用いた。材料の粒度分布を図-4、含水比と細粒分含有率の関係と、従来設備または新装備の施工機での施工可能範囲を図-5に示す。

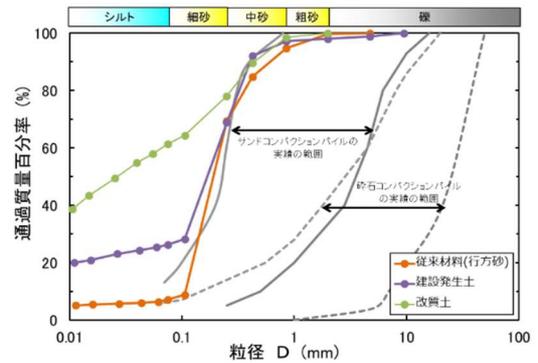


図-4 実験材料の粒度分布

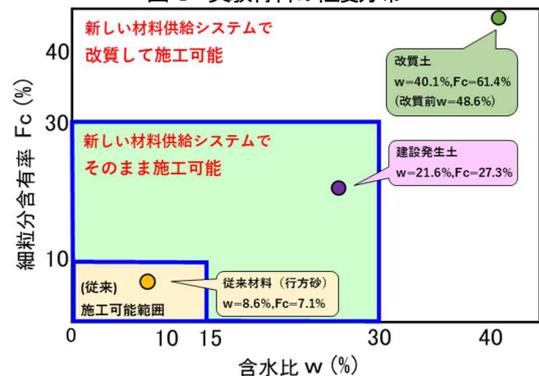


図-5 実験材料のFc及び含水比w関係

従来材料は、良質な購入砂である。建設発生土は、自然土材料を数種類混合し、所定の含水比wと細粒分含有率Fcとなるように作製した。物性値はw=21.6%、Fc=27.3%である。改質土は、w=48.6%、Fc=61.4%の粘性土を50kg/m<sup>3</sup>の生石灰で改質した。いずれの材料も従来の施工機では適応外の材料である。

施工性検証の結果、建設発生土は従来材料と同等の施工能率であった。改質土では、従来材料に比べ3割程度施工時間が増加したが施工自体は可能であった。

打設後の砂杭径計測結果を写真-2に示す。全ての材料で設計値であるφ700mmを満足した。

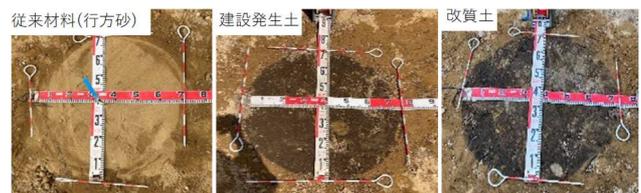


写真-2 砂杭出来形計測結果