

JCMA 報告



優秀賞



小型施工機械を用いた砂圧入式静的締固め工法 「SAVE-SP 工法」の開発

(株)不動テトラ

業務内容

a. 業績の行われた背景

地震時における液状化対策の必要性はますます高まり、振動式サンドコンパクションパイル工法（SCP）や非振動式の静的締固め砂杭工法（SAVE コンポーザー）は、地盤中に良く締め固めた砂杭を造成することによって密度増加を図り、確実かつ経済的な液状化対策工法として広く適用されている。しかし、近年では、狭隘地や構造物直下など、より厳しい施工条件においても適用可能な液状化対策工法が求められており、従来の 100 t 超級のクローラタイプの大型施工機械を用いる工法は、これらの条件下の現場では適用できない。小型施工機械を用いる薬液注入系の固化工法の適用も増加しているが、締固め工法に比べてコストが高く、さらなるコスト縮減・効率化が求められている。

SAVE-SP 工法は、これらの背景を踏まえ、狭隘地や既設構造物を対象とした改良に対応できること、かつ従来の締固め工法と同等の効果を発揮できることを目標に開発したものである。

具体的には、流動性を付与し圧送可能にした砂を施工機の小径ロッドを通じて地盤内に圧入する技術により、小型の施工機の使用を可能とした締固め工法で、これにより確実な液状化対策効果を得られる経済的な工法を社会に提供することを開発の趣旨としている。

b. 業績の詳細な技術的説明

SAVE-SP 工法は、ポンプで圧送可能にした砂を、小型施工機のロッドを通して地盤内に圧入することによって緩

い砂地盤の締固めを行う地盤改良工法である。小型施工機の使用により狭隘地においても施工が可能であり、斜め施工や硬質障害物等の貫入にも対応できるため、既設構造物の直下の改良にも対応できる。SAVE-SP 工法の施工機械の構成事例を図-1 に示す。

また、施工機械と流動化砂の製造プラントを写真-1 に示す。

SAVE-SP 工法の改良原理は、SCP 工法に代表される密度増大による従来の締固め工法と同様である。従来工法と異なる点は、地中に圧入する材料の状態である。圧入材料は SCP 工法等に用いられる砂を、専用プラントにて流動化剤と混練し、ポンプ圧送可能な状態にして使用する。流動性を付与された砂（流動化砂と呼ぶ）は、所定の深度まで貫入されたロッドを通じて地中に圧入され、周囲の地盤を締め固める。圧入された砂は、排出時の脱水および専用プラントにて事前に混練しておく遅効性塑性化剤の作用で流動性が消失し、良好な地盤を形成する。

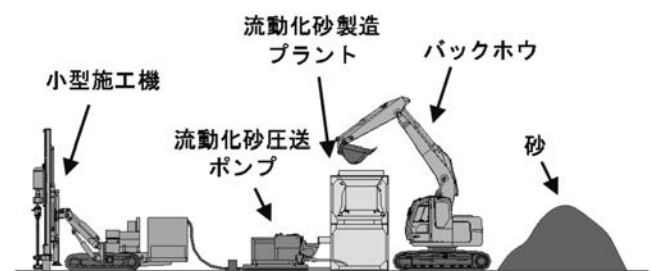


図-1 SAVE-SP 工法の施工機械の構成事例

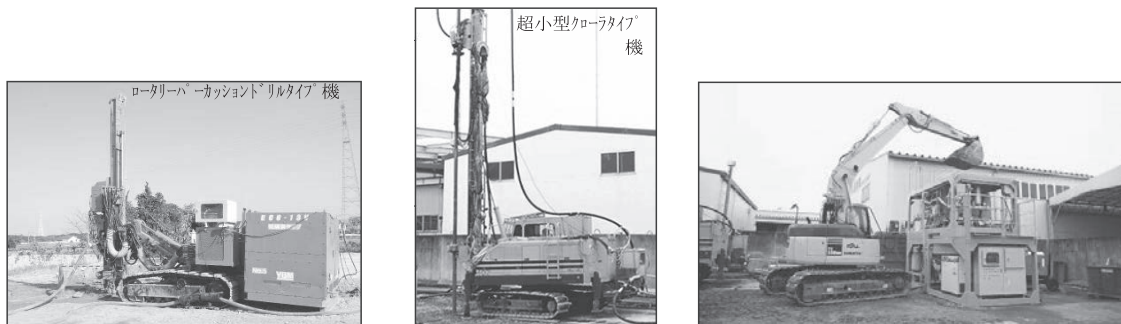


写真-1 施工機械と流動化砂の製造プラント

流動化砂の状態変化を図-2, 改良対象地盤への圧入状況を図-3, SAVE-SP工法の適用イメージを図-4に示す。

c. 技術的効果

従来の振動式サンドコンパクションパイル工法 (SCP) や非振動式 SCP (SAVE コンポーザー) では, 砂材料をトラクタショベルにより本体の昇降バケットへ投入して地中への材料供給をするため, 100t 超級の大型クローラタ

イブの施工機が必須であった。SAVE-SP 工法は, 材料である砂を製造プラントでポンプ圧送が可能な状態にする技術により小径の圧送管で最大約 100 m 先の施工機まで材料の圧送が可能となったため, 施工場所にはボーリングマシン程度の小型施工機のみを配置すればよく, 狭隘な施工環境でも対応可能となった。そのため, 狭隘地や空頭制限がある施工環境における改良が可能となった。施工機の大きさの比較を図-5に, SAVE-SP 工法による施工状況を写真-2に示す。また, ロータリーパーカッションドリルタイプ機を用いた場合, 従来工法では不可能であった硬質障害物層等の貫入や最大で鉛直から 60° まで傾斜させた施工 (斜め施工) により, 既設構造物直下の改良を可能とした。図-6には, 河川堤体の川裏側の液状化対策 (改良範囲直上には作業スペースの確保が不可) を川表側からの斜め施工にて対応した施工状況を示す。また, 図-7には, 岸壁前面の液状化対策を行った事例を示す。基礎捨石下部に対象層が存在し, かつ岸壁背面には荷捌き施設があるため, 作業スペースは数メートル, さらに空頭制限もある厳しい条件であった。岸壁上に片持ちの簡易仮設足場を構築し, ロータリーパーカッションドリルタイプ機を用いて基礎捨石の打ち貫き, 斜め施工を行うことで, 大幅に仮設を抑制した液状化対策を実現した。

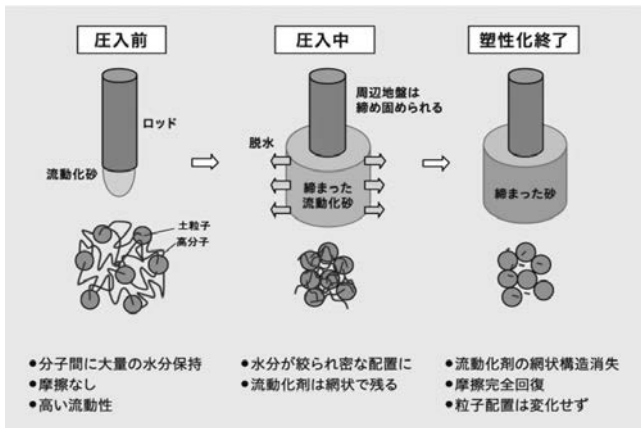


図-2 流動化砂の状態変化

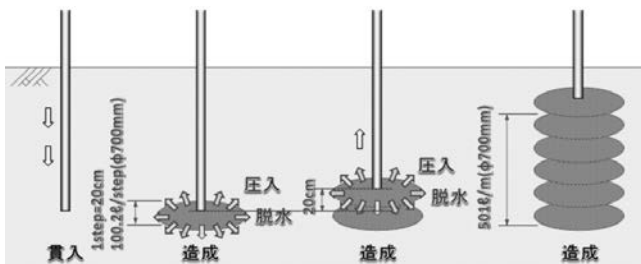


図-3 SAVE-SP 工法による圧入概要

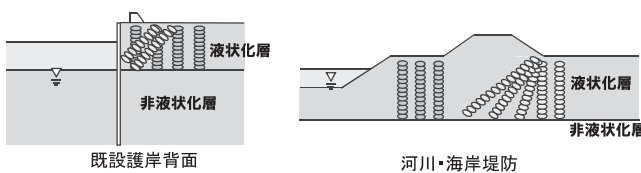


図-4 SAVE-SP 工法の適用イメージ

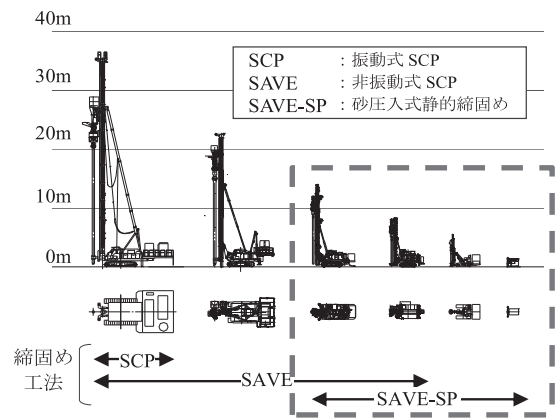


図-5 施工機の大きさの比較

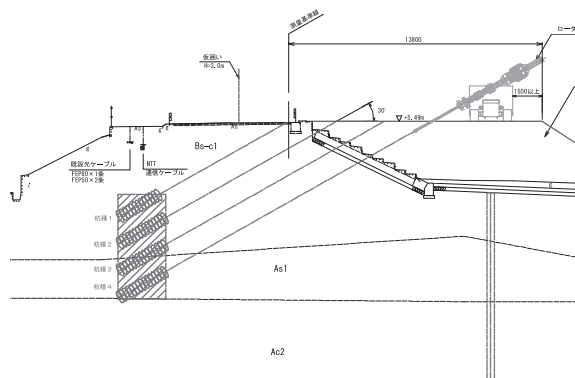


(a) 狭隘地における施工



(b) 空頭制限下における施工

写真-2 SAVE-SP 工法の施工状況

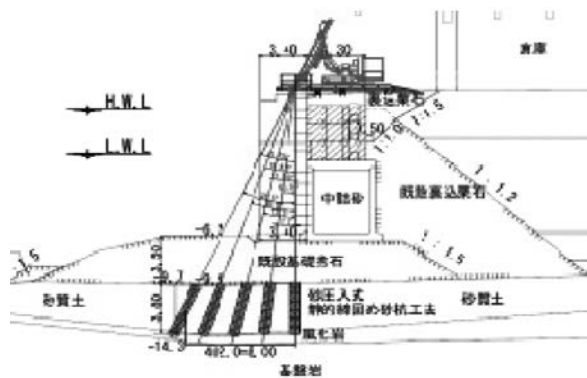


(a) 施工断面図



(b) 傾斜施工による施工状況写真

図—6 既設構造物直下の施工



(a) 施工断面図

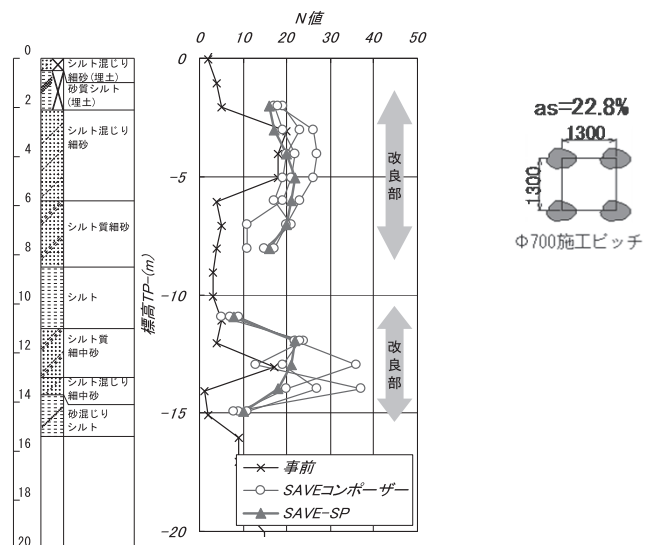


(b) 施工状況写真

図—7 岸壁仮設足場からの斜め施工状況

改良効果について、図—8に同一箇所で開催された従来の静的締固め砂杭工法と、SAVE-SP工法の改良後N値の比較を示す。SAVE-SP工法は従来工法である静的締固め砂杭工法（SAVEコンポーザー）と同等程度の改良効果であることが確認できた。

流動化砂圧入部を掘り起こして状況を確認した事例を紹介する。施工後改良径φ700mmおよびφ500mm仕様の



図—8 SAVE-SP工法と従来工法の改良後N値の比較



写真—3 φ700mm掘り起こし状況



写真—4 φ500mm掘り起こし状況

表-1 主な施工実績

No.	施工時期	事業主	工事名	施工場所	備考
1	H23.2 ～H23.3	国土交通省 四国地方整備局 小松島港湾・空港整備事務所	撫養港海岸桑島瀬戸 地区堤防改良工事（その4）	徳島県 鳴門市	既設海岸堤防の液状化対策。 SAVE-SP 工法初採用。
2	H24.07 ～H25.01	国土交通省 中部地方整備局 庄内川河川事務所	平成 23 年度庄内川 西山堤防耐震補強工事	愛知県 名古屋市	既設河川堤防の液状化対策。 河道掘削浚渫砂の有効利用。
3	H24.11 ～H25.02	国土交通省 中部地方整備局 木曾川下流河川事務所	平成 23 年度揖斐川白鷄高潮堤 防補強工事	三重県 桑名市	既設河川堤防の液状化対策。 河道掘削浚渫砂の有効利用。
4	H25.03 ～H25.05	国土交通省 九州地方整備局 大分河川国道事務所	大分川弁天地区堤防 耐震対策工事	大分県 大分市	既設河川堤防の液状化対策。 植生（桜並木）近傍での施工。
5	H25.05 ～H25.06	延岡市 新庁舎建設室	延岡市新庁舎建設 1 期建築主体 工事	宮崎県 延岡市	建築構造物への適用。
6	H25.07 ～H26.01	東京都	補助第 315 号線高架橋部土壌汚 染対策工事	東京都 江東区	空頭制限下における施工。
7	H25.11 ～H25.12	国土交通省 近畿地方整備局 猪名川河川事務所	戸ノ内地区堤防耐震対策工事	兵庫県 尼崎市	既設河川堤防川裏法面下部の川表 側からの斜め施工（60°）。
8	H25.10 ～H26.01	国土交通省 北陸地方整備局 金沢河川国道事務所	梯川天神低水護岸工事	石川県 小松市	既設河川堤防の液状化対策。 植生に配慮。
9	H25.12 ～H26.03	国土交通省 北陸地方整備局	平成 25 年度新潟空港 滑走路地盤改良工事	新潟県 新潟市	空港内における試験工事。 夜間施工。寒冷地における施工。
10	H26.07 ～H26.12	国土交通省 関東地方整備局 東京空港整備事務所	H26 年度東京国際空港 C 滑走路北側取付誘導 路地盤改良工事	東京都 大田区	空港内における初の本工事採用。 夜間施工。アジテータ車利用。
11	H27.01 ～H27.02	長崎県	長崎地区水産流通整 備基盤整備工事 （浮棧橋（No.3）橋台工）	長崎県 長崎市	岸壁前面側の液状化対策。 岸壁上からの斜め施工（45°）。

位置で改良体上端部を掘削し、改良体の出来形を確認した
（写真-3, 4）。

d. 施工または生産・販売実績

平成 28 年 1 月現在、全 107 件（国土交通省 82 件、その
他公共機関 20 件、民間 5 件）、総延長約 44 万 m の実績を
有す。主な施工実績を表-1 に示す。

お断り

この JCMA 報告は、受賞した原文とは一部異なる
表現をしています。