

9. SAVE コンポーザー（静的締固め砂杭工法）の開発・実用化

不動建設㈱： 大塚 誠、松沢 諭
*山田 隆

1. はじめに

緩い砂地盤に強い地震動が作用すると液状化現象が起こり、地盤強度が減少して地盤上の構造物に甚大な被害が生じる。平成7年1月の阪神・淡路大震災に代表される各地での震災被害以降、液状化現象あるいはその対策工法への関心が従来以上に強くなっている昨今である。

液状化を防止するために緩い砂地盤をあらかじめ締め固めておくパイプロ式サンドコンパクションパイル工法（以降、従来型SCP工法と称する）は、これまでの地震によって、液状化防止効果が実証されていることもあり、信頼性の高い代表的な液状化対策工法である。しかし、この従来型SCP工法は、パイプロ（起振機）を用いることを基本にした工法であることから、施工時の振動・騒音など、周辺環境に与える影響のために、市街地や構造物近傍などへの適用が困難な場合があった。

そこで、当社は、振動・騒音をほとんど生じさせずに従来型SCP工法と同等の効果を有する工法の開発に着手し、平成5年から、3回にわたる現場実験を経て、平成7年、「SAVE(セーブ)コンポーザー」（静的締固め砂杭工法）を開発・実用化することに成功した。本報では、SAVEコンポーザーの工法の概要、特長、施工実績などを紹介する。

2. 工法の概要

SAVEコンポーザーは、従来型SCP工法と同じサイズの砂杭を振動機を用いずに静的に地盤中に造成し、砂質地盤において同等の締固め効果をもつ工法であり、サンドコンパクションパイル工法の一つである。地中に砂杭を造成する際のケーシングパイプの貫入・引抜き時に従来型のような振動機を用いずに、静的な回転圧入装置を用いることによって、施工時の振動・騒音を大幅に低減し周辺環境に配慮した工法である。

2. 1. 施工機械

SAVEコンポーザーの施工機械の構成と名称を図-1に示す。汎用の杭打ち機をベースマシンとする施工機械の最大の特徴は、パイプロを使用する代わりに、ケーシングを回転させる駆動装置および油圧によるギア駆動の強制昇降装置で構成される静的な回転圧入機構を採用したことである。強制昇降装置は、図-2に示すように、ピンラック・スプロケット式あるいはラック・ピニオン式の2タイプがあり、両者の性能はほぼ同等である。ケーシングを貫入するための押し込み力は、強制昇降装置から得られる圧入力250kNにアタッチメントの重量約150kNを加えた400kN程度となる。ケーシング昇降時の反力は、施工機械全体の重量から得られる。

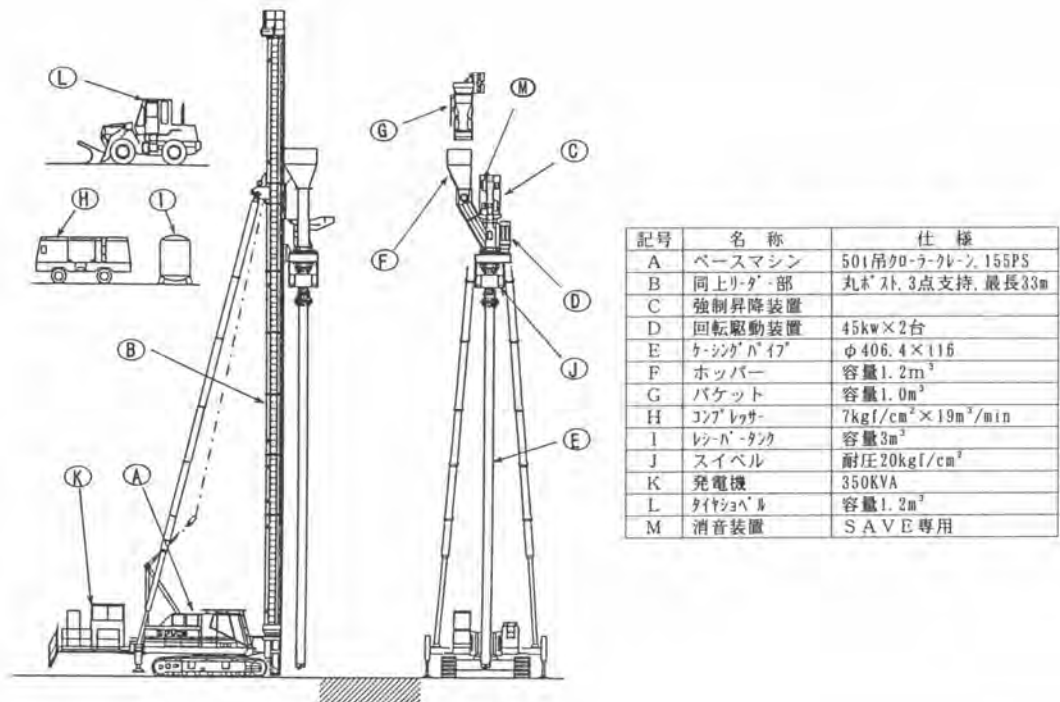


図-1 SAVEコンポーザ-の施工機械構成

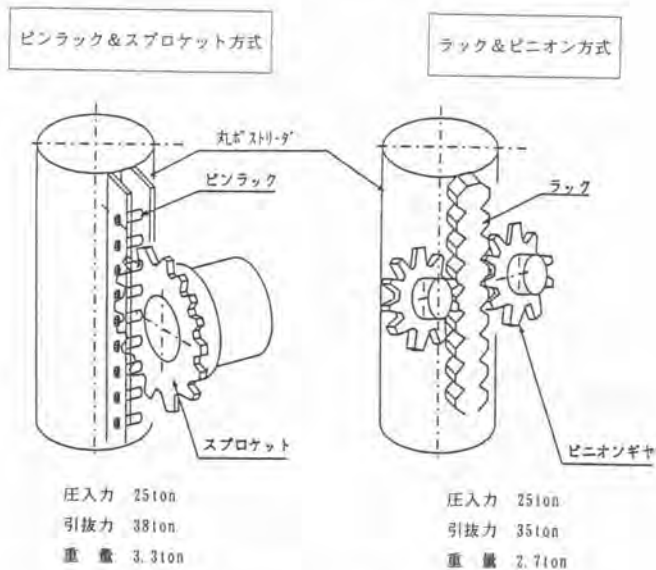


図-2 強制昇降装置の模式図

2. 2. 施工手順

SAVEコンポーザーの施工手順は、図-3に示すとおりである。

- ① ケーシングを所定位置にセット後、材料砂をホッパーから投入、
- ② ケーシングを回転駆動装置によって回転させつつ、強制昇降装置によって強制的に押し込んで、
- ③ 所定深度まで貫入する。
- ④ ケーシングを引き抜いて材料砂を排出し、
- ⑤ ケーシングを打ち戻して排出した材料を拡径しながら締め固める。
- ⑥ 所定の深度まで④と⑤の工程を繰り返して砂杭を造成する。

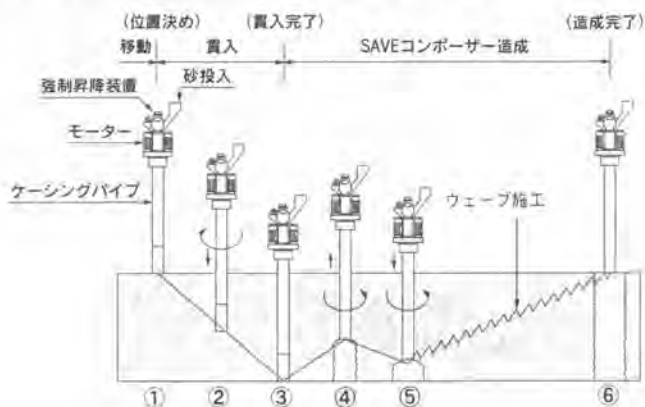


図-3 SAVEコンポーザーの施工手順

この工法はこのような手順によって、地盤中に締め固められた砂杭を拡径しながら造成し、同時に杭間の地盤を締め固める工法であり、振動機は用いない。ケーシングの径は約40cm、出来形の砂杭径は約70cmとなる。SAVEコンポーザーでは、引抜きと打戻しの長さは、各々50cm、30cm程度であり、従来型SCP工法（標準的に引き抜き長3m、打ち戻し長2m）よりは細かいサイクルで造成を行う。これにより、振動を伴わずに従来型SCP工法と同等の固さの砂杭を造成することができる。（このような施工をウェーブ施工と呼んでいる。）

2. 3. 施工管理システム

SAVEコンポーザーの施工管理システムの構成を図-4に示す。施工時には、ケーシングパイプの先端深度を示す深度計とケーシング内の砂面の高さを示す砂面計の検出値がリアルタイムでデータ処理装置に入力される。これらの検出値をもとに、施工機に搭載されたマイクロコンピュータにより、設計杭仕様を満足するように、使用砂量および貫入・引抜き・打戻しなどのケーシング昇降の制御が全自動で行われる。オペレーターは、コンピュータに制御されたケーシングの動きおよび砂面の動きをオペレーションモニターで確認しつつ、モニターから発せられる指示に従い、正確な施工を行うことができる。

作業終了後には、オシログラフなどの施工記録および日報などの管理帳票を現場事務所にて、パソコンで出力・管理する。

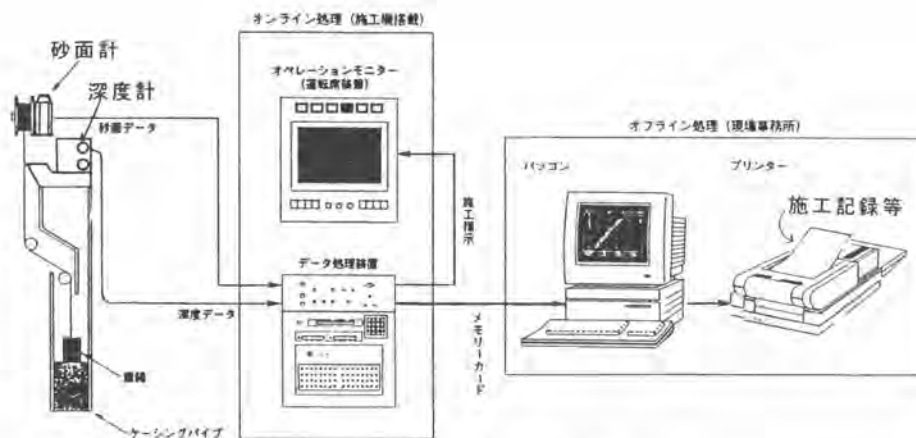


図-4 施工管理システム

3. 工法の特長

SAVEコンポーザーの特長を以下に述べる。

- ① 従来型SCP工法と比較して、施工時の振動が格段に低減され、これまで、振動規制法などの制約によってSCP工法が適用困難であった市街地や民家に近接した現場にも適用できる。
- ② 従来型SCP工法と比較して、施工時の騒音が大きく低減され、騒音規制法による制約を受けなくなったことに加えて、近隣住民の方々の生活環境への影響などを極力小さくできる。
- ③ 液状化対策などの目的で、砂質地盤に適用した場合、地盤の締固め効果が従来型SCP工法と同等である。
- ④ コンピューターを導入した新型の施工管理システムを搭載しており、確実かつ信頼性の高い施工管理を行うことができる。
- ⑤ 施工コストは、環境対応型の他の地盤改良工法に比べて経済的である。
- ⑥ 材料は、砂以外にも碎石、スラグなどの各種材料も使用できる。

このような特長の中でも、特に①、②、③については、開発の目標としたものであり、幾つかの試験工事および本工事において、調査・確認を行った結果について以下に示す。

3. 1. 施工時の振動調査結果

図-5に複数の工事現場において測定した振動レベルと施工機からの距離の関係を示す。SAVEコンポーザーでは従来型SCP工法に比べて、25～30dBの振動低減が図られており、施工機から10m以内でも振動がほとんど感じられないレベルになっていることが分かる。

3. 2. 施工時の騒音調査結果

図-6に複数の工事現場において計測した騒音レベルと施工機からの距離の関係を示す。SAVEコンポーザーでは従来型SCP工法のような施工機本体の振動による騒音がないために、15～18dBの騒音が低減していることがわかる。

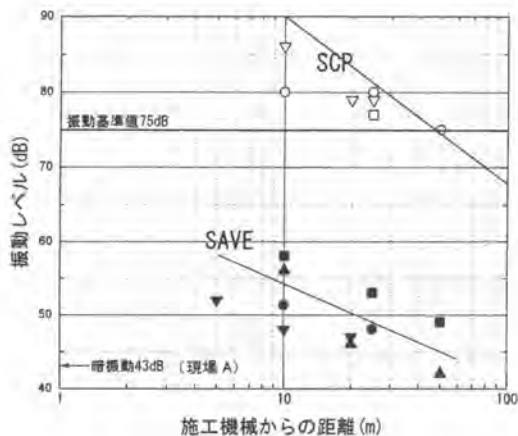


図-5 振動測定結果

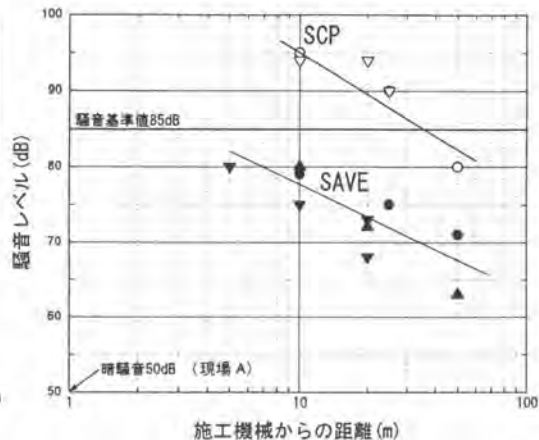


図-6 騒音測定結果

3. 3. 締固め効果の確認

SAVEコンポーザーと従来型SCP工法の締固め効果が同等であることを確認するために、複数の現場で比較を行っているが、その一例として試験工事現場Aでの結果を図-8に示す。図-8には、改良率10%、20%の場合の事前・事後N値の深度分布に土質柱状図と細粒分含有率の分布を併せて示している。土質柱状図あるいは細粒分含有率からわかるように、当現場では深度4mまでの層は粘性土であるため改良対象層から除外される。深度4m~10mの細粒分含有率が約20%の砂質土層においては、事前N値が10~14程度であったが、SAVEコンポーザーによって改良率10%での改良した後のN値は、15~24程度まで上昇し、従来型SCP工法と同等の締固め効果が得ら

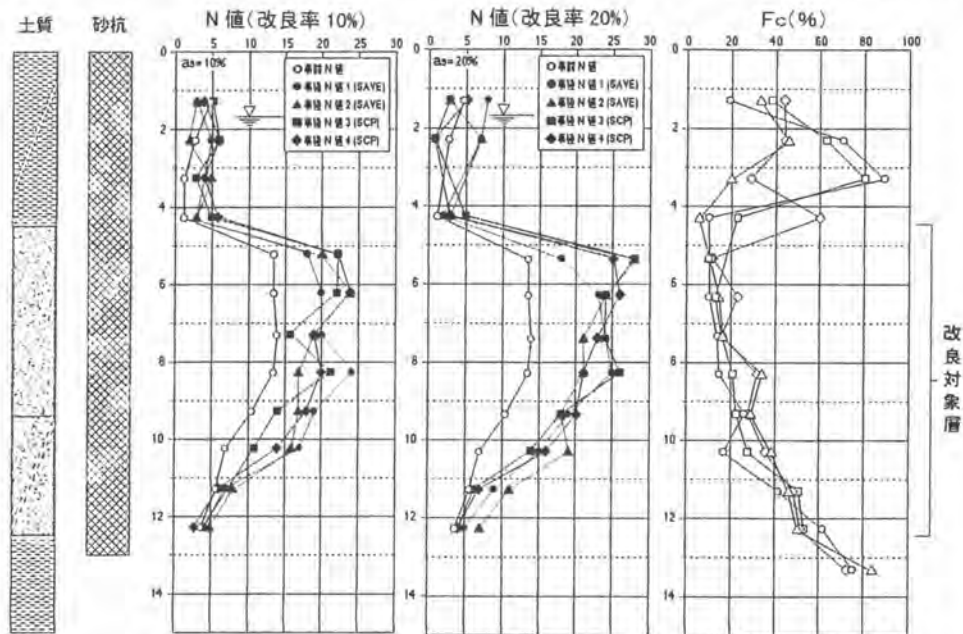


図-7 改良効果の比較(SAVE, SCP: 改良率10%, 20%)

れていることが分かる。また、改良率20%の場合にも、SAVEコンポーザー、従来型SCP工法ともに、事後N値が20～28程度まで上昇しており、両工法の砂地盤締固め効果がほぼ同等であることが分かる。

4. SAVEコンポーザーの施工実績

平成7年12月の実用化以降、平成12年9月現在までの施工実績は、150件を超え、総施工延長は、100万mに達している。写真-1に、千葉県千葉市内の共同住宅建設現場において液状化対策工として採用されたSAVEコンポーザーの施工状況写真を示す。写真からも分かるように、既設のマンションに近接した箇所での施工である。従来型SCP工法での施工は到底考えられないような市街地での施工にも数多く採用されている。



写真-1 SAVEコンポーザー施工状況

5. おわりに

SAVEコンポーザーは、バイブロ（起振機）を用いず、強制昇降装置を用いた回転圧入機構を採用したことによって、施工時の振動・騒音が極めて小さく、かつ、従来型SCP工法と同等の砂地盤締固め効果を持つ工法として開発・実用化できた。工費は従来型SCP工法の1.3～1.5倍程度であり、環境対応型の他の地盤改良工法に比べて経済的である。実用化から5年弱であるが、市街地や近接工事などを中心に、既に150件以上の施工実績を数えている。

今後の課題としては、以下のようなことが考えられる。

- ① 静的な砂地盤締固めメカニズムの解明
- ② 施工能率のさらなる向上
- ③ 施工時の周辺地盤の変位量を定量的に把握
- ④ 中低層建築物の直接基礎としての適用性の検討