

## SAVEコンポーザー

## ＝静的締固め砂杭工法＝

(株)不動テトラ 木下 洋樹・磯谷 修二・大林 淳・新川 直利  
 Hiroki Kinoshita Shuji Isoya Jun Ohbayashi Naotoshi Shinkawa

## 1. はじめに

砂質土地盤の液状化対策工としては、その改良原理から多くの方法があるが、その中でも「締固め」が代表的な対策として用いられている。特に1995年の兵庫県南部地震では、液状化対策として「締固め」が非常に有効であることが改めて確認され<sup>(1)</sup>、レベル2地震動に対応できる液状化対策として注目された。

締固め工法による液状化対策としては、振動機（バイブロハンマ）を用いて、地盤によく締固まった砂杭を造成するとともに周辺地盤を締固めるサンドコンパクションパイル工法（以下、「SCP工法」という）が代表的な工法として用いられ、数多くの実績を有している。一方で、市街地あるいは既設構造物に近接しての施工を必要とするケースが増え、施工過程において振動機を用いて締固めるSCP工法では「振動・騒音」などによる周辺地盤への影響が課題となった。この課題を克服すべく開発されたのがSAVE（Silent Advanced Vibration-Erasing）コンポーザーである。

SAVEコンポーザーは、従来では考えられなかった振動機を使用しない“静かな締固め”を初めて実現した工法であり1995年に開発・実用化された。写真1に示すように市街地での施工が可能であり、振動・騒音などの周辺環境適

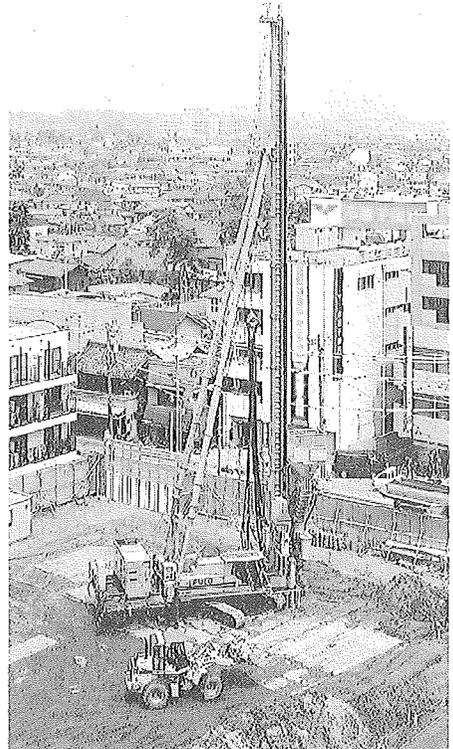


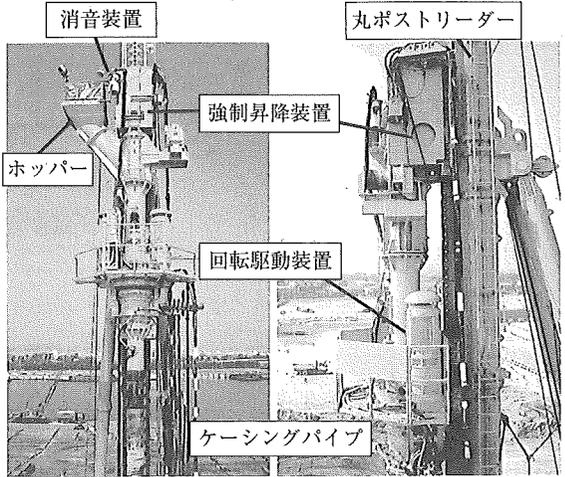
写真1 市街地での施工状況

応性を備えている。最近では再生砕石、コンクリート廃材や鉄鋼スラグ等のリサイクル材を砂の代替材として使用するケースも増えてきており、環境保全性に対しても対応可能な工法である。

## 2. 施工機械と施工方法

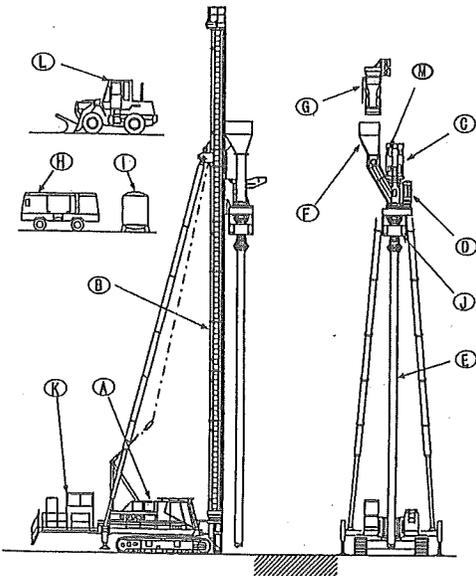
### 2-1 施工機械

SAVEコンポーザーの施工機械の構成について第1図に示す。施工機械は従来のSCP施工機と同様のベースマシン、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(写真2)などにより構成されている。貫入・造成のための主な機構である強制昇降装置は、第2図に示すように2方式を採用している。いずれの方式も、強制昇降装置の必要反力を施工機重量で確保し、スプロケットもしくは



(a) 強制昇降装置正面 (b) 強制昇降装置側面

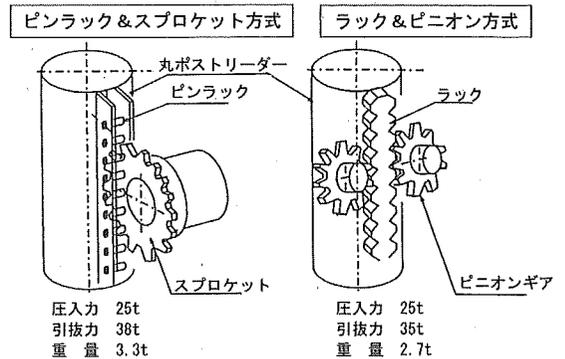
写真2 強制昇降装置



(施工機械の仕様例)

記号	名称	仕様
A	ベースマシン	50 t吊クローラクレーン、155 PS
B	同上リリーダ部	丸ポスト、3点支持、最長 33 m (改良仕様による)
C	強制昇降装置	ピンラック&スプロケット方式 ラック&ピニオン方式
D	回転駆動装置	45 kw×2台
E	ケーシングパイプ	φ 406.4×t 16
F	ホッパー	容量 1.2 m <sup>3</sup>
G	バケット	容量 1.0 m <sup>3</sup>
H	コンプレッサー	7 kgf/cm <sup>2</sup> ×19 m <sup>3</sup> /min
I	レシーバータンク	容量 3 m <sup>3</sup>
J	スイベル	耐圧 20 kgf/cm <sup>2</sup>
K	発電機	350 KVA
L	タイヤショベル	容量 1.2 m <sup>3</sup>
M	消音装置	SAVE 専用

第1図 SAVEコンポーザーの施工機械の構成

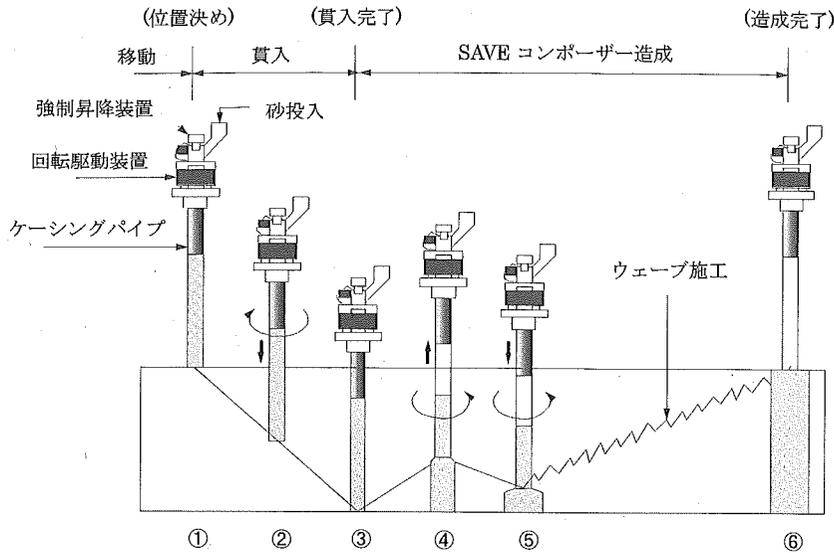


第2図 強制昇降装置の主要部模式図

ピニオンギアを油圧モータで駆動することで、ケーシングパイプを昇降させる。

### 2-2 施工方法

SAVEコンポーザーの施工手順を第3図に示す。貫入・造成時ともφ400~500mmのケーシングパイプを回転させながら強制昇降装置によって貫入および引抜きを行う。ケーシングが所定の深度に到達後、同図の過程④~⑤の引抜きと打戻し(ウェーブ施工)を行い、φ700mmの良く締まった砂杭を造成し周辺地盤を締め固めるという改良方法(原理)は、従来のSCP工法と同じである。



第3図 施工手順

### 3. 改良効果の確認

#### 3-1 締固め効果

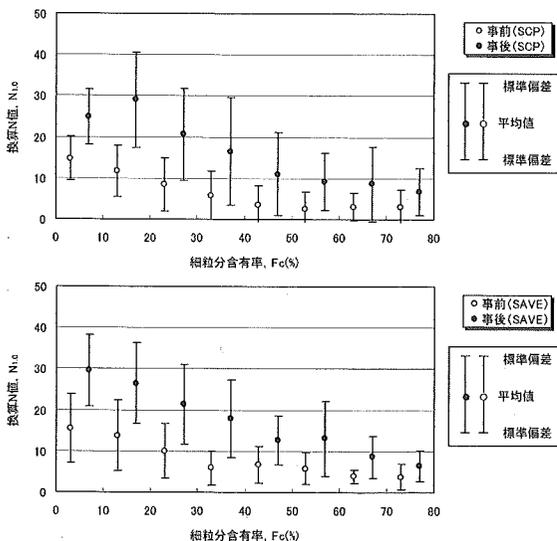
第4図は、従来のSCP工法とSAVEコンポーザ―が施工された工事での、施工前後の $N$ 値である<sup>(2)</sup>。横軸は細粒分による影響が分かるように細粒分含有率 $F_c$ とし、縦軸は拘束圧の影響を除いた換算 $N$ 値

( $=1.7N/(\sigma_v/98 + 0.7)$ 、 $\sigma_v$  : 有効土被り圧 $\text{kN/m}^2$ )である。両工法の $N$ 値のデータは改良率5~25%程度の範囲で20~30件の現場から採取したデータである。同図より、SAVEコンポーザ―はSCP工法と同等の $N$ 値増加が得られており、両工法が同等の改良効果を発揮することを裏付けている。

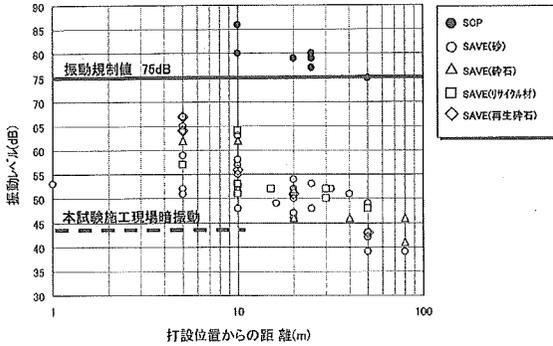
#### 3-2 振動騒音の低減

SAVEコンポーザ―15現場での施工中の振動・騒音測定結果<sup>(3)</sup>を、従来のSCP工法の結果と併せて第5図、第6図に示す。図には従来の中詰め材である砂の他に、再生材料を使用した現場の値も含んでいる。なお計測はJIS Z 8735 (振動レベル測定方法)、JIS Z 8731 (騒音レベル測定方法)に準じて行っている。

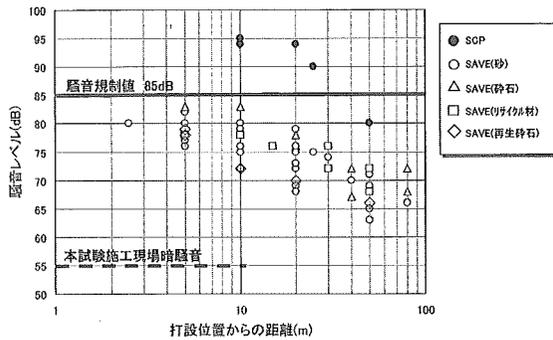
両図からわかるように、SCP工法に比べ、振動で25~30dB、騒音で10~15dB低減が見られる。また打設地点から5mの離隔で、振動・騒音の規制値以下であることも確認している。このように、SAVEコンポーザ―は従来のSCP工法と比較して、周囲に既設構造物が近接し振動・騒音が規制される場合でも、その適用範囲が大幅に拡大できることがわかる。



第4図 改良前後の $N$ 値<sup>(2)</sup>



第5図 振動の距離減衰<sup>(3)</sup>



第6図 騒音の距離減衰<sup>(3)</sup>

## 4. 適用の拡大

### 4-1 海上工事への適用

海上で行うSCP工法は、振動機を装備した専用施工船を用いるため、臨海部において護岸直近に工場あるいは民家等がある場合、適用困難となることが多々あった。そこで、陸上工事で数多くの実績を有するSAVEコンポーザーを基に、海上工事用の静的締固め砂杭工法「SAVE-マリン工法」を開発・実用化している。

SAVE-マリン工法は、1連装型の施工機と2連装型の施工機(写真3)があり、施工機の機構および施工方法は基本的にSAVEコンポーザーと同様である。また、沿岸部の様々な場所での対策ニーズに対し、回航時に橋梁の桁下通過を余儀なくされる場合を考慮して、2連装型施工機はリーダーが傾倒できる機構となっており(写真4)、傾倒時の高さは水面より18mとなる。

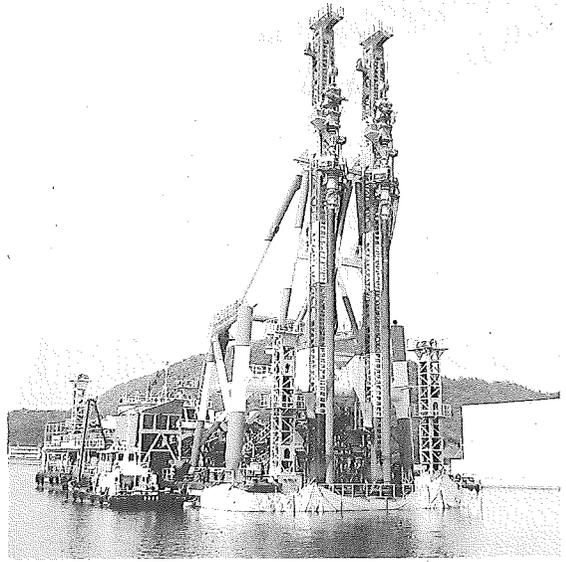


写真3 SAVE-マリン施工機全景(2連装船)



写真4 橋梁桁下の通過状況

### 4-2 既設構造物直下・狭隘地での適用

(砂圧入式静的締固め工法の開発・実用化)

液状化の対策ニーズが増加する中、大型の施工機械を用いるSAVEコンポーザーでは施工が難しい狭隘地や構造物直下での施工が求められる機会が増加している。そこで、砂の圧入を小型施工機で行う、砂圧入式静的締固め工法「SAVE-SP工法」(SP: Sand Press)を開発・実用化している。

SAVE-SP工法は、流動化剤(アニオン系高分子材料)を添加して流動性を高めた砂(以下、流動化砂と呼ぶ)(写真5)をポンプで圧送し

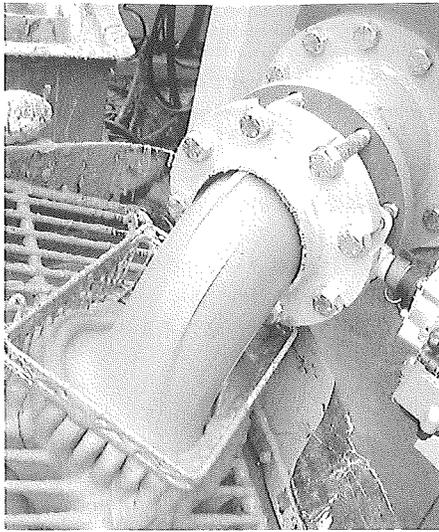
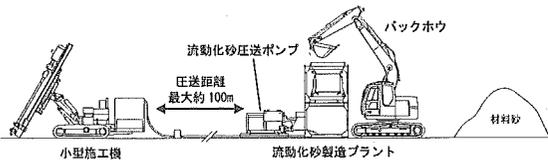
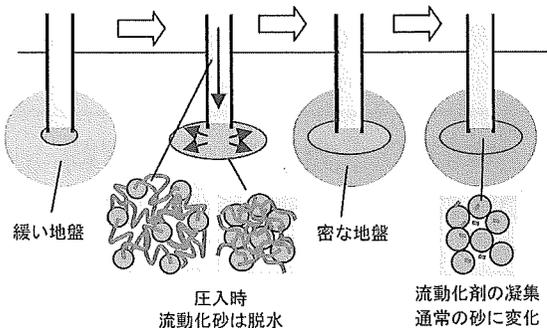


写真5 流動化砂

地盤に圧入することで地盤を締固める。流動化砂の搬送は小型の配管で、地中への圧入は小径(φ100mm程度)のロッドにより可能である。このため構造物直下を施工する場合でも、床版等に大きなダメージを与えることなく施工できる。また、プラント設備は施工位置から離れて設置できるため、施工位置周辺には広いスペー



第7図 SAVE-SP工法の機械構成



第8図 締固め機構

スを必要としない。第7図に機械構成を示す。

SAVE-SP工法の締固め機構を第8図に示す。ロッドから地中に排出された流動化砂は圧力で脱水され、締まりながら拡径される。同時に周囲の地盤は締固められる。このときいくらかの流動化剤は間隙に残るが、時間経過に従いあらかじめ添加した塑性化剤の効果で凝集し、その後は通常の砂になる。この圧入締固め施工を繰り返すことで地盤全体を締固める。

## 5. 施工実績

1996年にSAVEコンポーザーの最初の工事を行って以降、2011年4月までの施工実績は約700件、延べ施工延長は約6,200kmに達している。SAVEコンポーザーは、環境対応性を備えていることにより、河川・海岸堤防、道路盛土、水処理施設、建築構造物等の液状化対策に多く用いられており、従来のSCP工法に代わりわが国を代表する地盤改良工法になりつつある。

また、過去に発生した地震に際して、SAVEコンポーザーによる改良地盤の液状化対策効果が実証されている。2011年3月に発生した東北地方太平洋沖地震においても、東京湾岸の多くのエリアにおいて液状化が発生し被害が生じているが、SAVEコンポーザーにより対策を施した全ての地盤(東京湾岸で110件程度)において、被害が生じなかったことを確認している。写真6は江東区辰巳での事例であるが、対策を施した建物は段差等が生じることなく健全であったが、周辺の未改良域では、激しい噴砂が認められた。

## 6. おわりに

本稿では、振動機を用いたSCP工法に対し、“静かな締固め”を初めて実現したSAVEコンポーザーについて、改良機構および効果またその発展工法を中心に述べた。

国土が狭く平野部や沿岸の埋立地に産業・人



(a) 未改良域：段差および噴砂



(b) 建物：液状化被害無し

写真6 江東区辰巳におけるSAVEコンポーザー対策事例

口が集中することが多いわが国では、液状化の危険性を避けて開発・社会資本整備を行うことは困難であり、環境対応性および環境保全性を備えたSAVEコンポーザーが担う役割は、今後とも大きいと考えられる。

<参考文献>

- (1) Yasuda, S., Ishihara, K., Harada, K. and Shinkawa, N., "Effect of Soil Improvement on Ground Subsidence due to Liquefaction", Soils and Foundations, Special Issue, pp. 99-107 (1996)
- (2) 原田健二：“締固め改良地盤における改良効果のN値による評価”、基礎工、特集：N値の活用と留意点、pp.87-89 (2003)
- (3) (財)国土技術研究センター：SAVEコンポーザー（低振動・低騒音）の静的締固め工法）、建設技術審査証明事業（一般土木工法）報告書（平成14年5月）

【筆者紹介】

木下 洋樹

(株)不動テトラ 地盤事業本部 技術部 設計課 主任  
〒103-0016 東京都中央区日本橋小網町7-2  
TEL：03-5644-8534 FAX：03-5644-8537  
E-mail：hiroki.kinoshita@fudotetra.co.jp

磯谷 修二

(株)不動テトラ 地盤事業本部 開発部 部長  
〒103-0016 東京都中央区日本橋小網町7-2  
TEL：03-5644-8533 FAX：03-5644-8537  
E-mail：shuji.isoya@fudotetra.co.jp

大林 淳

(株)不動テトラ 地盤事業本部 技術部 部長  
〒103-0016 東京都中央区日本橋小網町7-2  
TEL：03-5644-8534 FAX：03-5644-8537  
E-mail：jun.ohbayashi@fudotetra.co.jp

新川 直利

(株)不動テトラ 地盤事業本部 技術部 設計課 課長  
〒103-0016 東京都中央区日本橋小網町7-2  
TEL：03-5644-8534 FAX：03-5644-8537  
E-mail：naotoshi.shinkawa@fudotetra.co.jp

広告製品のカタログ等の資料は、本誌の「**カタログ・資料請求用紙**」または「[www.nikko-pb.co.jp](http://www.nikko-pb.co.jp)」**お問い合わせ**よりご請求下さい。

編集部では、10日毎に処理し、広告主へお知らせします。

広告主より直接読者へその資料が送られますが、お急ぎの場合は直接広告主へご連絡下さい。