

# 基礎工事用機械の変遷と最近の技術動向

(一社) 日本建設機械施工協会 機会部会 基礎工事用機械技術委員会

## 1. はじめに—基礎工事用機械の変遷の歴史

基礎工事用機械は、建築物・土木構造物を支える基礎杭や基礎地盤を様々な地盤条件のもとでつくる重要な役割を持っている。特にわが国では、大型地震が発生する可能性が高く、そのために構造物が倒壊することがあれば大きな災害を招くことは必至である。完成すれば再び人目につくことがまずないものではあるが、基礎構造物は重要な役割を果たすものであり、それを施工する基礎工事用機械の重要性は高い。

建設機械の変遷の歴史は、黎明期である1930年代から1950年代にかけて、杭の振動貫入技術の確立、ディーゼルハンマに代表される打撃式杭打機の開発、地盤に孔を穿つアースドリルとアースオーガの開発、場所打ち杭造成用のベント機やリバースサーキュレーションドリルの開発と、現在の土木・建築技術を支える基本的な基礎工事用機械の出現をみている。これらの機械の開発と機械技術の確立が契機となって基礎工事に關する多種多様の施工方法が開発され、さらなる機械技術の進展を促し、それらの機械技術や土木・建築技術が形を変えて伝承され、現在までの姿に発展してきている。

また、世界有数の地震国である日本では、あらゆる土木・建築構造物の基礎分野は非常に重要であり、陸上・海上等施工される場所、施工方法、基礎耐力計算式の相違によりその内容は千差万別で、それに対応する機械技術もまた種々あって、土木・建築に關連する機械技術業界・学会等ではたゆまない研究・開発が行なわれている。

近年の傾向として、東日本大震災の復興需要や民間建設投資の回復に伴って大規模な基礎工事が増加している。最近の基礎工事に使用される基礎工事用機械の動向は、建設工事の大規模化、構造物の大型化・大深度化に伴って、建設機械の大型化・高出力化が求められている。一方、都市部では狭隘地や桁下などの空頭制限地といった制約条件下での施工も増加しており、これにより基礎工事用機械のコンパクト化も要求されている。また、国土交通省は建設生産システム全体の

生産性向上を目的としたi-Constructionを進めており、これに伴い基礎工事用機械もICTを活用した施工管理が進んでいる。目に見えない地下深くで構造物を支える工事を行うために、それぞれの工法で施工状況を計測する管理装置が開発され、管理情報のデータ通信による情報共有化技術が広がっている。情報化施工が進むことで、省力化・省熟練化と高品質化を図ることが期待できる。

## 2. 基礎工事におけるICT（道路盛土直下の地盤改良工事に於けるICTの活用例）

～岡山環状南道路のICT地盤改良工事～

平成30年度i-construction大賞 受賞技術紹介

### (1) 工事概要

工事名：岡山環状南道路大福地区第2改良工事  
 工事場所：岡山県岡山市南区大福地内  
 工期：平成29年3月24日～平成30年3月30日  
 発注者：国土交通省中国地方整備局岡山国道事務所  
 元請者：蜂谷工業株式会社  
 施工業者：ライト工業株式会社  
 目的：道路盛土直下の地耐力増強地盤改良  
 工事内容：

- ①表層混合処理 SCM工法（粉体）  
 $V=6,538\text{ m}^3$  改良深度  $H=1.2\sim 1.5\text{ m}$
- ②深層混合処理 RMP-MST工法（スラリー）  
 $V=18,583\text{ m}^3$  改良深度  $H=12.5\sim 14.5\text{ m}$
- ③中層混合処理 SCM工法（スラリー）  
 $V=8,420\text{ m}^3$  改良深度  $H=2.0\text{ m}$

### (2) ICTの導入目的及び有効性

当該現場では、道路盛土直下の地耐力増強のため、まず重機足場の支持地盤養生を目的とした表層1.2～1.5mにおける安定処理をSCM工法にて実施した。次に主体となる支持層までの12.5～14.5mにおける深層混合処理をRMP-MST工法で実施した。更に改良体上部の一体化による盛土支持地盤全体の剛性向上を



写真一 1 RMP-MST 工法 施工全景 (深層混合処理)



写真一 3 重機運転手用タブレット (RMP-MST 工法)



写真一 2 SCM 工法 施工全景 (表層中層混合処理)



写真一 4 施工管理者用タブレット (RMP-MST 工法)

図るために、再度、SCM 工法にて深度 2 m までを改良した。この 3 段階施工の実施に際し、数百本に及ぶ改良杭芯位置への正確なマシン誘導と出来形精度が求められたため、改良杭芯位置の測量が不要な衛星情報測位システムを利用した機械誘導システムである ①『GNSS ステアリングシステム』と、施工箇所の施工情報を 3 次元可視化が可能な ②『3D-ViMa システム』が採用された。これにより施工箇所の位置ずれや施工 (打設) 忘れ、重複施工の防止が図れたとともに、改良深度やセメントスラリー注入量等の施工管理と出来形管理において飛躍的な簡素化が達成された。

### (3) 導入した ICT の先進性

#### (a) GNSS ステアリングシステム

GNSS ステアリングシステムは、地盤改良機を計画改良位置へ高精度に誘導する位置計測システムと、施工情報の表示システムを施工管理モニター (以下「タブレット」) に統合した施工管理システムである。このシステムの最大の特長は、正確な位置情報を重機運転手と施工管理者が同時に共有できることにある。この二者共有による施工管理システムが、正確且つ迅速な施工箇所への機械誘導と高い施工精度を可能にしている。特に施工位置に対する偏差量は、測量による杭打設位置とタブレット座標とのダブルチェックによって、その誤差を 50 mm 以内に収めることに成功した (写真一 3、写真一 4)。更に改良深度やセメントスラリー注入量等をタブレット管理することで、視認性を向上させ、且つ共有させたことで、施工ミスの発生を防止した (写真一 5 参照)。タブレットでは、改良深度やセメントスラリー注入量に加え、未施工箇所の色



写真一 5 タブレットによる施工管理 (SCM 工法)

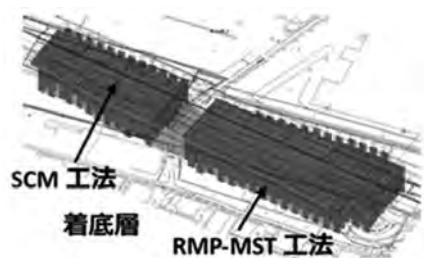


写真一 6 タブレットによる施工済箇所の確認 (SCM 工法)

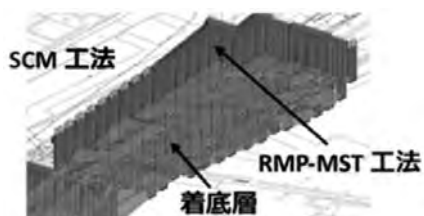
別区分や羽切回数など様々な施工情報の表示が可能である (写真一 6)。この一元管理によって施工の効率化が図られている。

#### (b) 3D-ViMa システム

3D-ViMa システムは、現場の設計図面や地形データ (点群・TIN: 不等辺三角形網) 等とともに、集計・記録した各種施工情報を 3 次元で可視化する技術である。その特長を活用し、SCM 工法では当初の出来形管理項目であった全面床掘・埋戻し作業の工程を省いて工期短縮を実現した。また GNSS ステアリングシステムとの併用による高精度な施工管理が実証されたことから、RMP-MST 工法では杭頭確認箇所を 7 箇所から 2 箇所に低減し、工期短縮を実現した。3D-ViMa システムによって出来形を可視化させたものを図一 1、図一 2 に示す。



図一 1 3D-ViMa の可視化 (出来形図)



図一 2 3D-ViMa の可視化 (任意方向から着底層を可視化)

従来、紙ベースであった2次元情報だけでは施工後の出来形確認が困難であったが、3次元可視化によって出来形の把握が容易となった。この成果が示すように、施工前の施工計画立案や設計変更の効率化による施工計画の相互理解向上と、施工後の各施工情報の可視化による施工出来形及び品質管理の高度化といった、施工段階におけるCIMが実現された。

#### (4) ICT 施工の効果と波及性

SCM工法の区間割作業、RMP-MST工法の杭芯位置出し作業で20%の工期短縮を実現した。出来形管理項目においては、全面床掘削・杭頭確認の頻度低減ができ、合計19日間(18%)の工期短縮が図れた。また、SCM工法は従来人員構成5名であったが、誘導員不用の4名体制を実現させた。同様に、RMP-MST工法でも誘導作業の解消による作業軽減が達成された。課題であった設定ミス等のヒューマンエラー防止や出来形精度の向上により、施工精度の向上も実現している。更に、安全面では、誘導員が地盤改良機の攪拌翼に近寄る事や、運転手の死角に入る事が無くなり、より安全な施工を実現できた。本工事で採用されたICTの活用はこうした先進性が認められ、次工事以降においても複数の現場で採用が決定した。また、本工事を踏まえて開発を推進したリアルタイム3D可視化技術も完成した。今後も、このようなICT施工の技術開発により、施工管理や作業効率、安全性の向上が期待される。

### 3. アースオーガの軽量化最新機種

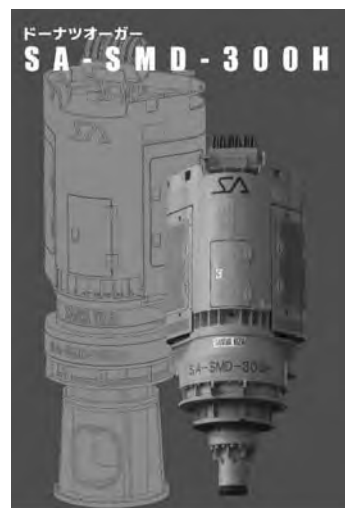
陸上の基礎工事用として、電動モータ駆動方式のアースオーガを30馬力から240馬力まで標準ラインナップし、長年に渡り供給してきた。しかし、240馬力以上の機種については、質量がネックとなり、360馬力のロックオーガー®などを特注で稀に製作したのみで、標準アースオーガとしてラインナップするには至っていなかった。

この度、懸案であったアースオーガの軽量化に取り組んだ新型機種を以下に紹介する。

今までの標準アースオーガのラインナップの中で最大クラスはSMD-240HP型という機種で、その質量は15.6tであった。SMD型という機種は、二軸同軸式のスクリー出力とケーシング出力を併せもったドーナツオーガー®のことである。

開発にあたっては、減速機本体の無駄な部分を徹底的に排除して軽量化を達成した。従来機SMD-240HP型と今回開発したSMD-300HP型を比較すると、機械全長は4,000mmから3,820mmとなり、オイル量も500ℓから300ℓとなるなど、構造変更への取組みが、軽量化とコンパクト化の実現につながった。

ネックであった質量は15.1tに収まり、従来機の延長線上で検討した場合の17.3tという見込み質量に比べ、約2t強の軽量化を実現した。(図一3、表一1)



図一 3 SA-SMD-300H

### 4. 環境対策型バイプロハンマの高能力化

近年の杭の長尺化・大型化に伴い、バイプロハンマに対しては打込み・引抜き能力が従来以上に求められ、同時に機械の軽量化、環境対策型機械であることも求められている。



表一 1 スペック比較表

MODEL		SA-SMD-300H				
Type		-A08Hi				
周波数	極数	スクリー側		ケーシング側		
		回転速度 min <sup>-1</sup> (全負荷回転時)	出力トルク kN・m	回転速度 min <sup>-1</sup> (全負荷回転時)	出力トルク kN・m	
50 Hz		6P	13.0	161.34	4.8	430.69
60 Hz		6P	15.5	134.69	5.8	359.53
イン バー タ 運 転	3 ~ 10 Hz	6P	0.7 ~ 2.6	-	0.2 ~ 0.9	-
	10 ~ 25 Hz		2.6 ~ 6.5	161.34	0.9 ~ 2.4	430.69
	25 ~ 65 Hz		6.5 ~ 16.9	161.34	2.4 ~ 6.3	430.69
	65 ~ 125 Hz		16.9 ~ 32.5	~ 64.53	6.3 ~ 12.1	~ 172.27

MODEL		SA-SMD-240H				
Type		-H08Hi				
周波数	極数	スクリー側		ケーシング側		
		回転速度 min <sup>-1</sup> (全負荷回転時)	出力トルク kN・m	回転速度 min <sup>-1</sup> (全負荷回転時)	出力トルク kN・m	
50 Hz		6P	13.0	132.01	4.8	355.57
60 Hz		6P	15.5	110.20	5.7	296.82
イン バー タ 運 転	3 ~ 10 Hz	6P	0.7 ~ 2.6	-	0.2 ~ 0.9	-
	10 ~ 25 Hz		2.6 ~ 6.5	132.01	0.9 ~ 2.4	355.57
	25 ~ 65 Hz		6.5 ~ 16.9	132.01	2.4 ~ 6.2	355.57
	65 ~ 125 Hz		16.9 ~ 32.5	~ 52.80	6.2 ~ 12.0	~ 142.22

環境対策型バイプロハンマとしては、1997年に油圧式可変超高周波型「ZERO-SR45」を発売し、これが低振動・超低騒音型建設機械の指定を取得した環境対策型バイプロハンマとして多くの現場で採用されてきたが、このたび現場のニーズに応えるべくSR-45の利点を生かし更に改良を加えた「ZERO-SR60」を開発した(表一2, 写真一7)。

(1) 特徴

SR-45と同じく「可変モーメント機構(ゼロ起動・ゼロ停止)」を有し、「超高周波運転(振動周波数:最大60Hz)」により低騒音・低振動施工が可能である。

標準チャックでは普通鋼矢板、H形鋼の施工が可能で、専用チャックの装着によりハット形鋼矢板、鋼管杭・鋼管矢板の施工にも対応可能である。

(2) 施工能力

最大起振力767kN、最大引張荷重25tfを有し、打込み・引抜きともに性能がアップした。更に高压対応の油圧配管開発により、最大モータ圧力を35MPaから42MPaへアップした。これにより、長尺杭施工時

表一 2 SR スペック比較表

バイプロ仕様	単位	SR-45	SR-60
偏心モーメント	kg・m	0 ~ 7.5	0 ~ 9.6
振動周波数	Hz	20 ~ 60	20 ~ 60
	min <sup>-1</sup>	1200 ~ 3600	1200 ~ 3600
最大起振力	kN	474	767
起振機質量	kg	1810	1710
ハンガ質量	kg	2540	1590
カウンタウエイト質量	kg	1400	1400
チャック質量	kg	730 / 2070	1050
全体質量 (CWなし) ※1	kg	5100 / 6440	4350
全体質量 (CW × 1)	kg	6500 / 7840	5750
全体質量 (CW × 2)	kg	7900 / 9240	7150
両振幅	mm	5.9 / 3.8	7.0
最大引張荷重	tf	20	25
油圧ホース標準長さ	m	30	40

※1 CW:カウンタウエイト

に増加する地盤摩擦抵抗に対しても常に一定の振動数を保持し、粘り強い打込み・引抜き力を発揮する。

### (3) 軽量化

本体構造の新規設計により、本体質量は 4,350 kg (カウンタウエイト無し、標準チャック装備) となり、SR-45 に比べ約 750 kg の軽量化を実現した。



写真一七 SR-60 外観

### (4) 環境対策

第3次排ガス対策エンジンを搭載し、国土交通省の「超低騒音型建設機械」「低振動型建設機械」に指定されている。また作動油には ECO オイル (生分解性作動油) を採用した環境対策型である。更に無駄な燃料消費を抑えるオートアイドル機能と運転状況が一目で分かるモニタリングシステムの搭載により、低燃費運転を可能とし、ランニングコスト低減にも寄与する。

## 5. 更なる狭所作業を可能にした伸縮ブーム式クローラクレーン

### (1) 概要

従来より、基礎工事現場は、都市部だけでも市街地、高速道路や河川の高架下といったように、多岐にわたっている。

近年は、再開発が活発化されたことに伴い、狭い工事現場のみならず、基礎機械が搬入されて工事現場へ進入する過程においても、機械の基本性能はそのままにコンパクト化が求められてきた。

同時に、機械本体の組立・分解性においても、狭い都市部で運用できるニーズが増えている。

基礎土木用機械としては 2000 年に全段伸縮ブームを備えたクローラクレーンが上市されたが、上述の通

り、近年は市場環境変化に追従させた改善を望まれている。これらの課題を可能な限り解決した機械が望まれている中、2018 年 6 月に上市された伸縮ブーム式クローラクレーンについて紹介する (写真一八)。

### (2) 主要な開発コンセプト

#### (a) 狭所進入性

狭所進入性を向上させるために、最小機体寸法を従来機から縮小させて 2.99 m を実現した。これには、小型の高出力エンジンを搭載し、必要な機械部品を最適配置させることにより実現した。

また、機械後部に搭載するカウンタウエイトの幅を最小機体寸法に合わせたことにより、機械を分解することなく、狭所の現場へ進入することが可能になった。

#### (b) 組立・分解性

狭い都市部で求められる組立・分解性において、クローラサイドフレームを自力で組立・分解できる機能・機構をオプション設定した。

これにより、本機を組立・分解するための相番機が不要となり、そのスペースを安全かつ有効に活用できるようになった。

また、このオプション設定には専用のつり天秤を用いるが、クローラサイドフレームが無く 4 本のトランスリフタでジャッキアップされた状態でのクレーン能力を有しており、過負荷防止装置とも連動することで、負荷状況を確認しながら安全に作業を行うことができる。

#### (c) コンパクト化と高剛性構造物の両立

狭所進入性を確保するための機械のコンパクト化



写真一八 TK550G 外観図

と、機械の基本性能を両立させることは相反する。新型機では小型で高出力エンジンを搭載し、その他の機器レイアウトの見直しを行った。また主要構造物のうち、伸縮ブームは高剛性4プレートを踏襲し、上部フレームは上位機種で市場実績のある箱構造を踏襲した。これらにより、従来機の強度・剛性を同等レベルに確保しつつ、機械のコンパクト化を実現させた。

### 6. 三点支持式杭打機

既成杭工法に用いられる基礎工事用機械として、代表的なものに三点支持式杭打機がある。1960年代初めに我が国で開発されて以来、70年近い歴史があり、多様化する施工機械の中、現在もなお、基礎工事を支える主要機械と言える。

三点支持式杭打機のおおよその機械規模を示す数値として、全装備最大質量が用いられる。これは、機械自重、作業装置、杭体、発電機等の杭施工に必要な周辺機材・部材を含めた全装備質量での走行限界を示している。例えば、三点支持式杭打機の中で生産出荷台数が最多で、汎用性が高い機種である DH658-135M(排出ガス基準値により種別化)は、スペック上の全装備最大質量が 136 t である。

近年、特に韓国基礎業界では、施工の効率化のため長尺リーダを用いた長尺杭の一気施工が主流であり、これまでは前述の DH658-135M による施工が一般的であったが、より安定性に優れた一回り大きな施工機械の要望から、全装備質量 162 t、最大リーダ長 39 m の DH758-160M を開発し、2010 年より輸出している。日本国内でも施工の大型化に伴い、DH758-160M の出荷が増加傾向になっている。

さらに、最近の韓国における既成杭施工は、ますます長尺化が進んでおり、最大リーダ長 39 m を越える新型機開発要望を受け、全装備質量 230 t、最大リーダ長 51 m の超大型三点支持式杭打機 DH958K-230M を 2017 年 7 月より韓国市場へ投入している (図-4、表-3、写真-9)。

一方、日本市場への投入については、日本の国内仕様に見合った検討が必要であるが、杭の大型化傾向もあり、今後の市場ニーズに期待が持たれる。

### 7. オールケーシング掘削機

場所打ち杭工法に用いられるオールケーシング掘削機は、場所打ち杭工法のほか、鋼管回転圧入工法や地中障害物撤去工事など、あらゆる工法で幅広い現場に

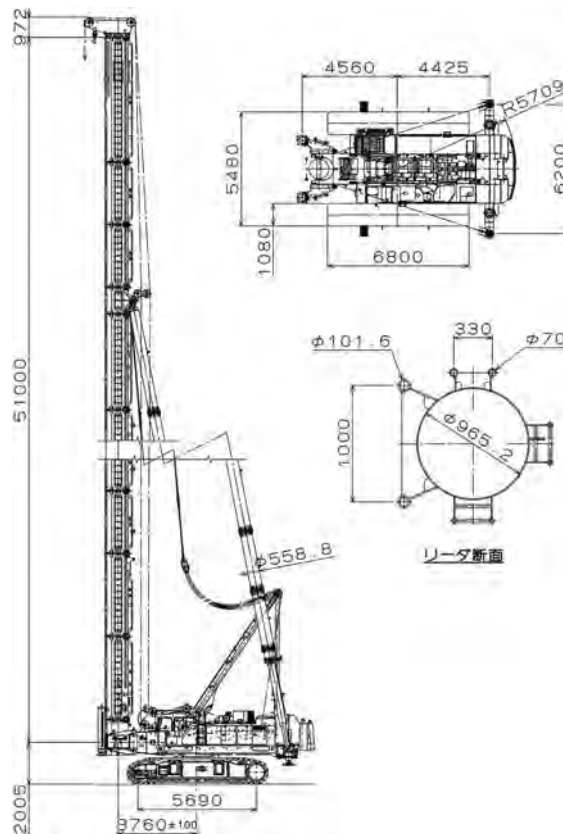


図-4 DH958K-230M 外観図

表-3 DH958K-230M 仕様

三点式杭打機型式	DH958K-230M
全装備最大質量	230.0 t
クローラ全長	6,800 mm
作業時クローラ全幅	5,480 mm
クローラシュー幅	1,080 mm
エンジン型式	Daimler AG OM936LA.E4
機関出力	205 kW/2,000 min <sup>-1</sup>
キャブ幅	3,285 mm
リーダ型式	M140CSW
リーダ主管サイズ	φ965.2 mm × t 9.5 mm
最大リーダ長さ	51 m
リーダ許容オーガトルク	343 kN-m (35 tf-m)



写真-9 DH958K-230M 本体



対応できるように、施工条件に合わせた様々なタイプへ分化している。

オールケーシング掘削機 RT シリーズは、『スーパートップ工法』（場所打ち杭工法の一つ）と共に生み出された全回転式オールケーシング掘削機である。本工法は平成 4 年 3 月に旧建設省の「建設機械化技術・技術審査証明」を取得している。

現行生産モデルとしては、掘削口径：φ800～1500 mm である小型サイズの RT-150A II から、最大掘削口径φ3200 mm で最大回転トルクが 8030 kN・m の RT-320H までをラインナップしている。標準的なモデルのほか、上空制限のある環境下での作業を可能とした低空頭モデルの「L タイプ」や、地中障害物の撤去に威力を発揮し、鋼管回転圧入工法にも適用可能なように回転トルクをアップさせたハイパワーモデル「H タイプ」をそろえている。最近では、φ2000 クラス、φ2600 クラスにおいて、標準モデル並みの能力で、「L タイプ」に近い低空高さの「AL タイプ」も開発した。

また、あらゆる現場で施工規模は大型化する傾向であるため、近年開発した機種も掘削口径φ2500 mm



写真—10 RT-260AL II

表—4 RT-260AL II 仕様

チュービング装置型式	中間低頭型：RT-260AL II
ケーシング引抜力	3,450 kN
ケーシング押込力	590 kN + 自重 300 kN
押込ストローク	500 mm
回転トルク (3 速切替)	3,170/1,840/1,070 kN-m
回転数 (3 速切替)	0.7/1.2/2.0 min <sup>-1</sup>
寸法 [L × W × H]	5,428 × 3,930 × 2,943 mm
質量 (サブチャック付)	39.7 t
適用ユニット型式	RTP-3G
エンジン名称	日野 P11C-UP
エンジン出力	257 kW/1,850 min <sup>-1</sup>
質量 (燃料等含む)	7.3 t
寸法 [L × W × H]	4,800 mm × 2,100 mm × 2,112 mm

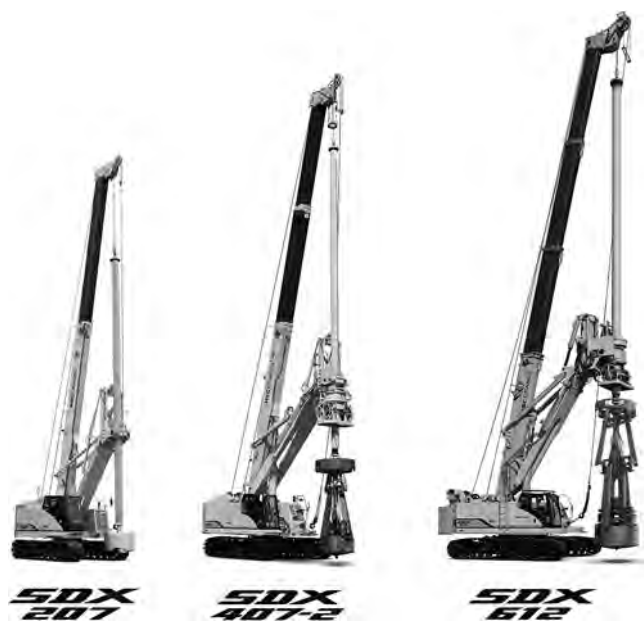
以上となっている。L タイプでは RT-250L と RT-300L の 2 機種を、AL タイプでは RT-260AL II (写真—10, 表—4)、標準モデルの RT-320 を新たにラインナップに追加し、市場ニーズに応じている。

### 8. アースドリル

アースドリルを使って施工される場所打ち杭は、現在そのほとんどが拡底杭である。近年では杭自体の大口径化に加え、拡大率の大きな拡底杭が増えてきており、それに対応できる大型アースドリル機の需要がある。その一方、都市部ではビル建て替えなどの工事が多く、狭隘地で施工できるコンパクトな機械の需要も多い。さらに杭先端の根入れが深くなっており、硬い支持層を効率的に施工する必要があるため、従来以上の掘削トルクが求められている状況である。このような多様なニーズに応えるため、小型から大型まで様々なアースドリルが市場に投入されており、以下にその一部を紹介する (写真—11, 表—5)。

SDX612 は、掘削トルク 117 kNm, 最大掘削径 3 m, 最大掘削深度は 70 m であり、クラス最大級の 2248 拡底バケットが搭載可能な大型機である。さらに各種自力着脱機能を装備し、大型機でありながら機動性に優れた機械である。

SDX207 は、掘削トルク 63.7 kNm, 最大掘削径 2 m, 最大掘削深度は 45.8 m という小型アースドリルである。軽量・コンパクトが特徴であり、狭隘地で威力を発揮する。拡底仕様もあり、油圧ホースリールを装備することで油圧式拡底バケットを使った施工も可



写真—11 アースドリル SDX シリーズ

表一五 SDX シリーズの仕様

項目	単位	SDX612	SDX407-2	SDX207
		ブーム長さ	m	10.0~24.1
掘削トルク (トルクアップ仕様)	kN・m	117	69 (88)	63.7
掘削回転数	min <sup>-1</sup>	18	21	20
最大掘削径 (軸掘バケット時)	m	3.0	2.2	2.0
最大拡底バケット		2248	1731	1324
最大掘削深度 (ケリーバ長)	m	70.5 (18 m)	48.5 (15.6 m)	45.8 (14.1 m)
補助つり能力	t	15	13	7
旋回後端半径	m	4.3	3.82	2.9
旋回速度	min <sup>-1</sup>	4.5	3.5	4.4
走行速度	km/h	1.7	1.9	2.2
エンジン出力	kw/min <sup>-1</sup>	210/1900	147/2100	136/2000
全装備質量	t	91	68.6	42

(注) 作業速度は負荷により速度変化します。

能である。

SDX407-2 は、上記 2 機種の特徴を併せ持つ中型機で、掘削トルク 69 kNm、最大掘削径 2.2 m、最大掘削深度 48.5 m である。さらに、掘削トルク 88 kNm のトルクアップ仕様が追加され、よりハードな掘削に対応できるようになった。

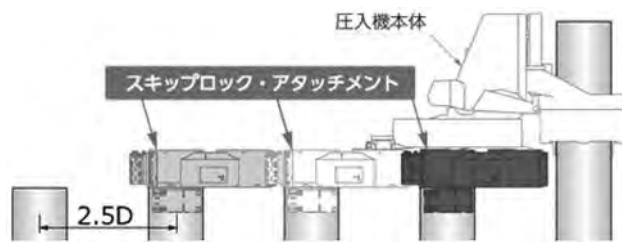
## 9. 油圧式杭圧入引抜き機

### (1) 概要

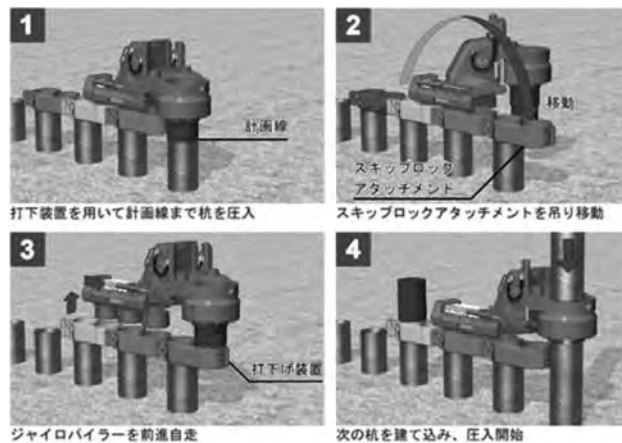
油圧式杭圧入引抜き機（以下、「圧入機」）は、すでに施工が完了した杭 / 矢板の引抜抵抗力を反力とし、杭 / 矢板上を自走しながら次の杭を静荷重によって地中に押し込む工法である。本稿では、省力化、省人化、高効率化を目的とした新たな技術である「スキップロック工法」そして、「PPTS 自動運転」についてその特徴を紹介する。

### (2) 従来の圧入工法の課題とスキップロック工法

圧入機は、すでに施工が完了した杭の引抜抵抗力を反力として、新たな杭材を施工する機構であるため、杭材を連続的に施工する必要がある護岸や擁壁といった壁体構造での採用が主である。一方で構造物の基礎杭や地すべり抑止杭の配列は一定間隔を設ける必要がある。従来は、杭径以上の間隔を空けた施工を行う場合は、杭間に短尺杭を圧入して圧入機が通過した後に引き抜くことで対処してきたが、工期・工費がかかるという課題があった。



図一五 スキップロックアタッチメント



図一六 スキップロック工法の概要

そこで、その課題を解決するために開発されたのが「スキップロックアタッチメント」（図一五）である。圧入機と同アタッチメントを組み合わせることで、杭径の 2.5 倍程度の間隔を保持して施工を可能とした。スキップロックアタッチメントは 1 セット 3 機で構成され、図一六のように①～④を繰り返すことにより杭間隔を空けた施工を可能とする。

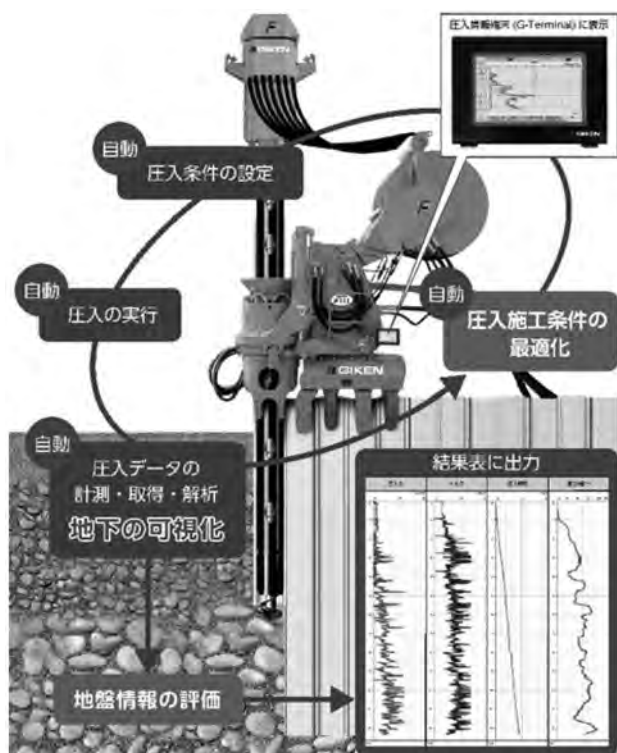
### (3) PPTS 自動運転システム

圧入工法では杭の挙動を油圧で制御するため、杭を地中に押し込む過程で、圧入力、引抜き力、杭の貫入深さ、施工時間などの施工データをリアルタイムに自動計測・取得することができる。そのため、1.0 m ごとに N 値を計測する標準貫入試験と異なり、デジタル処理により細密なデータを取得できる特徴を持つ。

PPTS 自動運転システムは、この取得された圧入データと、ICT 技術を組み合わせ、杭施工中に得られた圧入力やトルクなどのデータから地盤情報を推定し、圧入速度や回転速度、圧入・引抜きストロークなどの圧入条件をリアルタイムで自動的に最適化する統合型システムである（図一七）。

PPTS 自動運転では、刻々と変化する地盤において即座に最適な圧入条件を自動設定することで、施工速度の向上を可能とただけでなく、オペレーターの熟練度に頼らず施工ができるため、人材不足への対応・





図一七 PPTS 自動運転システムの概要

教育期間の短縮も可能となる。

## 10. おわりに

基礎工用機械は、建設工事の大規模化・大深度化に伴い、大型化・高出力化する一方、狭隘な作業現場に合わせたコンパクト化などの市場のニーズにも応えてきた。また、少子高齢化時代を迎え、労働力不足や熟練工の不足に対応するため、i-construction が推進され、ICT（情報通信技術）を活用した施工方法や基

礎工用機械の開発にも対応しているところであるが、情報化施工の必要性はますます高まると予想される。

基礎工用機械に関わる技術者として、今後も建設工事のニーズに的確に対応できるよう、施工方法や施工機械の改良・開発に努めていきたい。

### [筆者紹介]

遠藤 智 (えんどう さとし)  
 基礎工用機械技術委員会  
 委員長  
 大成建設(株) 機械部 機械技術室  
 課長

森山 茂 (もりやま しげる)  
 前田建設工業(株) 機械部  
 機械技術グループ 主幹

関 徹也 (せき てつや)  
 ライト工業(株) 開発企画部  
 担当部長

田中 祐介 (たなか ゆうすけ)  
 三和機材(株) 技術部  
 オーガー第1グループ 部長代理

高橋 洋敬 (たかはし ひろのり)  
 調和工業(株) 工法技術部 課長

平木 清和 (ひらき きよかず)  
 コベルコ建機(株) マーケティング事業本部 クレーン営業本部  
 営業管理部 営業管理グループ マネージャ

栗本 真司 (くりもと しんじ)  
 日本車輛製造(株) 機電本部  
 開発技術部 部長

梶沢 淳一 (かじざわ じゅんいち)  
 住友重機械建機クレーン(株)  
 国内営業本部 営業部長

梶野 浩司 (かじの こうじ)  
 (株)技研製作所 圧入技術推進室  
 部門リーダー