

# 建設の施工企画 12

2006 DECEMBER No.682 JCMMA

4軸処理機  
(DCM-L Twins工法)



基礎工事 特集

## 巻頭言

## 安全

宮崎 祐助



建築士会 会長 宮崎 祐助 (2006.12.1)

「宮柱太しきを そこつ（底津）岩根のきわみ（極）掘り据える いしずえ（礎）の……」，これは地鎮祭などで神主がおごそかに奏上する祝詞の一部である。工事に先立っての儀式の中でこのように安全なものを造ります，という決意表明をしているといっていよい。神代の時代から，我々は基礎をより深くより堅固な地盤に設置し構造物の安全を図ってきたものである。

しかるに，予期もしなかった耐震偽装事件が発生し，以来，建物の安全に対する不信感を多くの国民に持たせてしまった。建設技術者の一人として誠に残念に思う次第である。弁解の余地の無い事件なのでなんとも悔しい限りだが，マスコミの報道姿勢にも，いつものことながらの片手落ち報道が感じられ，またまたダーティ業界を世間に印象付けられてしまった。なにしろ彼らは，江戸の昔から我々の業界を「手抜き工事に談合の世界」と位置づけているのだから始末が悪い。日本の建設業は，科学技術立国として世界に誇れる技術集団である，と私は考えているが，こんな記事では新聞は売れないとでも思っているのだろうか。

ある工事で，安全をお金で買えるのであれば安いものだ，といった人がいる。その通りだと思う。安全にも，それに見合った対価が必要なのである。安全を空気のようになっている節もあるが，私は，敢えてこれを「安全ボケ」と言っている。世の中に安くて良い物などそうざらにあるものではない。「欲ボケ」してはいけない。

今の建設業界は，健全な経済活動がなされていない。圧倒的に優位に立つ発注者の言いなりの感がある。嫁にいった晩じゃあるまいし，こんな一方的な力関係でまともな商取引ができるわけがない。諸悪の根源はここにあると思っている。

耐震偽装事件を期に建築学会は，このほど「健全な設計生産システム構築のための提言」と題する公式意見を出した。品質確保のための自助努力，法令規制，被害者救済のための仕組み，といった項目ごとに提言されている。提言の内容はそれなりに申し分の無いも

のであるが，肝心の不平等契約問題には触れておらず，仏作って魂入れずの感のものとなってしまった。

安全であるかどうかは，目で見ても分からないから誤魔化しやすい，と言う人がいる。基礎工事は，すべて目で見えない状態で構造物を作っている。がしかし，目に見えないからといって手を抜いたら，上部構造の荷重が載った段階で必ず不具合が出てくる。目に見えないからといって手を抜けるものではない。そのための努力を忘れてもらっては困る。勘や手探りで杭を造っているわけではない。目視できない支持層の確認にはそれなりの工夫をしている。さらには，多額の費用をかけて技術開発もしている。場所打ち杭の拡底杭や節杭はその成果であり，立派な施工技術である。しかしながら施工技術の開発費が工事費に反映されたという話は聞いたことが無い。製品が良くなっても価格面にはフィードバックすることが出来ない土壤が今の日本にはある。物が良くなったのだから高くなるという一般的な常識がこの業界には無い。そのくせ品質と安全だけは，安かろうと高かろうとそんなことには関係なく保障されるものと，何の疑問も持たずに思っている。ブランド物は，高いけれど品質は保証されている。これは皆承知している。しかし，構造物の構造体に関しては，高級品という感覚は無く，全て皆同じである。ブランドものの杭などというものが有っていいとは思わないが，それでも何となく釈然としない思いがある。

企業と技術者の努力を正しく評価し，それに見合う対価が支払えるような環境の実現に向けての談合（話し合う）をすべきではないかと，いつも思っている。

科学・技術立国を自称する国が，技術を正当に評価せず，技術を安売りさせるような風土をいつまでも是正することなく放置していいのかと問いたい。一日も早く真の科学・技術立国になってもらいたいものだと思う次第である。



# 基礎工法の発展経緯と今後の動向

岡 原 美知夫

我が国は、地形が急峻で多数の河川を擁し、また多くの島から成る国土の自然条件を持ち、また地震、洪水など世界有数の自然災害の脅威にさらされている。これらの厳しい設計・施工の要求に応じて構造物の基礎を建設してきたため、我が国の基礎工法に関する技術は世界的に見ても独自の工夫が加えられて発展してきたものが多い。従来からの基礎形式といえば、浅い基礎の直接基礎、深い基礎の杭基礎とケーソン基礎である。比較的新しい主な基礎工法としては、鋼管矢板基礎工法、多柱式基礎工法、地中連続壁基礎工法、フーチング設置式杭基礎工法、大口径深礎基礎工法などがある。また杭基礎には多種多様な杭工法が開発されている。本報文では、設計と施工の観点から基礎の種類と分類の考え方、主な基礎形式の発展の経緯、さらに最近の注目すべき基礎技術の動向を述べる。

**キーワード：**直接基礎、杭基礎、ケーソン基礎、鋼管矢板基礎、地中連続壁基礎、鋼管ソイルセメント杭、鋼管回転杭、マイクロパイル

## 1. はじめに

我が国の地形は急峻で多数の河川を擁し、また多くの島から成る国土の自然条件から、道路を始めとする交通インフラストラクチャ整備における橋梁の占める割合は大きい。これらの橋梁は、例えば、海峡部においては潮流と水深を克服する基礎工法を必要とし、都市部においては軟弱地盤に対応した深い基礎工法で騒音・振動や近接施工対策を必要とし、また山地部においては斜面对策を必要とするなど、建設地点の条件に応じた種々の工法が要求される。加えて我が国は地震、洪水など世界有数の自然災害の脅威にさらされた国である。これらの厳しい設計・施工の要求に応じて構造物の基礎を建設してきたため、我が国の基礎工法に関する技術は独自の工夫が加えられて発展してきたものが多い。

本報文では、設計と施工の観点から基礎の種類と分類の考え方、主な基礎形式の発展の経緯、さらに最近の注目すべき基礎技術の動向を述べる。

## 2. 基礎の種類と分類

従来からの基礎形式といえば、浅い基礎の直接基礎、深い基礎の杭基礎とケーソン基礎である。比較的新しい主な基礎工法としては、鋼管矢板基礎工法、多柱式

基礎工法、地中連続壁基礎工法、フーチング設置式杭基礎工法、大口径深礎基礎工法などがある。また杭基礎には表―1に示すように多種多様な杭工法が開発されている。

表―1 地盤の支持機構、設計上の特性、施工法による基礎の分類

| 地 盤 の<br>支持機構 | 設計上の特性<br>(形式と構造) | 施 工 法                                                                                                                                                                                                                                             |
|---------------|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 浅い基礎          | 直 接 基 礎           | <ul style="list-style-type: none"> <li>・フーチング基礎工法（独立・連続・複合）</li> <li>・設置式フーチング基礎工法</li> </ul>                                                                                                                                                     |
| 深い基礎          | 柱状体基礎             | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ケーソン基礎工法（オープンケーソン・ニューマチックケーソン・設置式ケーソン）</li> <li>・鋼管矢板基礎工法（井筒型・脚付き型）</li> <li>・地中連続壁基礎工法（井筒型・壁式・連続土留め壁基礎）</li> <li>・大口径深礎基礎工法</li> <li>・PC ウェル基礎工法</li> </ul>                                              |
|               | 群 杭 基 礎           | <ul style="list-style-type: none"> <li>・打込み杭工法</li> <li>・埋込み杭工法（中掘り・プレボーリング）</li> <li>・鋼管ソイルセメント杭工法</li> <li>・鋼管回転杭工法</li> <li>・場所打ち杭工法（オールケーシング・リバー・ス・アースドリル）</li> <li>・マイクロパイル工法</li> <li>・深礎工法</li> <li>・多柱式基礎</li> <li>・ジャケット式基礎工法</li> </ul> |
|               | 複 合 基 礎           | <ul style="list-style-type: none"> <li>・フーチング設置式基礎工法</li> <li>・脚付きケーソン工法</li> </ul>                                                                                                                                                               |

基礎の分類には、設計上の区分と施工上の区分がある。まず施工法の開発が行われて、ある程度の施工実績を踏まえて、技術基準を定めるのが通常であるので、技術基準は施工法により分類された基礎形式に対応して設計法を規定しているのが一般的である。

表一1は基礎形式を、地盤の支持機構、設計上の特性（形式と構造）、施工法の面から分類を試みたものである。ここで柱状体基礎とは複数本で用いられる群杭基礎とは異なり、単柱の基礎躯体で荷重に抵抗する比較的剛性の高い柱状の基礎の総称であり、設計法の統合化を計るために導入された設計区分の概念である。設計上の特性に基づいて、すなわち、直接基礎、柱状体基礎、群杭基礎、複合基礎として、設計区分の集約化を図ることが可能である。

平成2年に改訂された道路橋示方書ではこの考え方が一部取入れられ、設計手法の整合性を図るための各基礎形式の設計体系整理の契機になった。さらに、阪神・淡路大震災後、道路橋示方書（平成8年）において各基礎形式に対して地震時保有水平耐力照査が規定され、深い基礎形式については群杭基礎と柱状体基礎の設計区分に統合された。

### 3. 主な基礎

#### （1）直接基礎

直接基礎は一般に、地盤を比較的浅く広く掘削し、フーチングを構築する基礎形式で、荷重を直接良質な支持層に伝える浅い剛体基礎であると定義される。地下水位が高いところや、支持層が比較的深い場合には土留めや止水を行った後、掘削施工される。

直接基礎は一般に深い基礎に比べて施工が確実で経済的であるので古くから構造物の基礎として用いられてきた。

我が国では山岳部の斜面上に構造物を建設する機会も多い。構造物としては橋梁、送電用鉄塔などがある。斜面に通常の水平な底面を持つ直接基礎を設置すると、非常に掘削量が多くなり問題が生じる可能性が高い。一方、根入れが浅いと斜面地盤の崩壊など安全性に問題が生じる。このような問題を解決するために段切り基礎が開発された。フーチングの底面を斜面に沿って段切り形状とすることにより掘削土量の低減を計るとともに、基礎底面部内の水平となる部分をできるだけ多く確保して支持力の減少を抑えるという特徴を持つ。

直接基礎は橋梁以外の構造物の基礎にも多く用いられている。原子力発電所、ダム、LNG地下タンク、高層建築物等、岩盤上に建設される大型構造物の基礎のほとんどは直接基礎である。

#### （2）杭基礎

地盤が軟らかい場合、基礎に木杭を用いた例は太古からあり杭の歴史は古い。杭が本格的に構造物基礎に

用いられるようになってきたのは大型構造物が地盤の悪いところに建設され始めてからであり、特に戦後に著しい発展をみた。

明治末期から昭和の初期にかけて、外国から鋼杭、既製鉄筋コンクリート杭や場所打ちコンクリート杭工法が導入されたが、相変わらず松杭の使用が多い状態であった。

場所打ちコンクリート杭は当初無筋であったが、関東大震災以降は鉄筋を入れるようになったようである。

道路橋基礎の約6割を杭基礎が占めており、コストの優位性から今後さらに増える傾向がある。表一1に示すように、従来の打込み杭工法、中掘り杭工法、場所打ち杭工法に加えて、新しく開発された鋼管回転杭工法、マイクロパイル工法など多種類の杭工法があり、さらに各種の杭工法の中に民間各社が独自に開発して技術審査証明を取得した多くの工法がある。

多種多様な杭工法による杭の支持力評価を道路橋示方書でどのように規定するかが従来からの課題であるが、道路橋示方書では、多くの載荷試験データに基づく施工法別の支持力推定式を規定している。また、軟弱地盤で橋梁基礎の杭本数が多くなりすぎるという実務技術者からの指摘、軟弱地盤上の橋台の杭基礎が偏土圧の作用による相次ぐ変状報告などを受けて、杭の合理的な水平抵抗評価についても検討されてきた。道路橋示方書では、鉛直支持力の場合と同様に、多くの載荷試験データに基づいて杭の水平抵抗の評価を行うことを基本にしている。

なお、社団法人地盤工学会で定められた「杭の鉛直載荷試験方法・同解説」（平成14年）では、相対的な載荷時間に基づいて分類された、静的・動的・急速の各載荷試験法の基準化が計られている。適切に載荷試験を選択して従来に比べて安価にかつ信頼性の高い支持力を決定することが可能となっている。

#### （3）ケーソン基礎

ケーソンを施工法によって分類すると、オープンケーソン、ニューマチックケーソン、および設置ケーソンの3種類に分類される。

オープンケーソンは昔から井戸を掘るのに使われていたので古い歴史を持つといわれている。一般に機械により筒状構造物の底面地盤を水中掘削・排土しながら、主としてその自重を利用して所定の深さまで沈設して基礎とするものである。オープンケーソンの施工実績は、揚水井戸などに利用する小規模なものから、橋梁・建物基礎、炭坑用立坑、地下タンク、建物地下室などがある。



ニューマチックケーソン工法とは、圧縮空気を用いる工法であるので圧気ケーソン工法とも呼ばれた。筒状構造物の底部にスラブを設け、スラブ下を作業室として水圧に見合う圧縮空気を送り、この作業室を完全にドライにして掘削作業を行い所定の深さまで沈下させる工法である。

ニューマチックケーソン工法は、1830年にトーマス・コ克蘭により考案され、1872年、ニューヨーク市にあるブルックリン橋の基礎はニューマチックケーソン工法により施工された。また、20世紀初頭、ニューヨーク市マンハッタン島に超高層ビルが多数建設されたが、それらの多くは、ニューマチックケーソン工法による基礎が用いられた。その後も大型構造物の基礎にはニューマチックケーソン工法が用いられてきた。

ニューマチックケーソンの施工実績から、橋梁基礎を始めあらゆる構造物基礎のほかに地下タンク、トンネル、立坑等の地下構造物や岸壁、ドライドックなどの土留め構造物として用いられているが、杭基礎、鋼管矢板基礎等との競争でコスト的に不利になる場合が多く、全体的に施工実績が減ってきている。

本州四国連絡橋プロジェクトにおいて設置ケーソンは多く用いられてきたように、設置ケーソンは水深が深くかつ支持層が浅い場合には有力な工法である。本四プロジェクトの場合よりもさらに水深が深くなる次期海峡横断道路プロジェクトでは、コスト縮減を計るため、特に海底地盤の掘削量を減らすとともに、地震時の慣性力を抑えるため基礎の質量を少なくするような工夫が不可欠となる。

#### (4) 鋼管矢板基礎

鋼管矢板基礎は、昭和39年ごろより開発に着手され、昭和42年に溶鉱炉基礎に用いられたのが最初であることから分かるように、その開発はいくつかの製鉄メーカーの手によって行われてきた。溶鉱炉基礎のほか、製鉄所内の土木構造物の基礎にも適用され、橋梁基礎に用いるための基礎的な技術が培われた。

この基礎の最大の特徴は、水中で締切り工が不要な仮締切り兼用工法を採り得ることであり、仮設コストが縮減できること、河川占有面積が小さいことなど大きな利点を持つ。鋼管矢板基礎は、各鋼管矢板が継手により相互に連結されていること、施工時の水圧により発生する応力が完成後鋼管矢板に残留すること等により力学的挙動が複雑であり、力学的挙動の解明と設計法の確立が大きな課題であった。

基準化に向けて各機関で研究が続けられ、例えば、昭和56年には日本国有鉄道において、「鋼管矢板井筒

の設計施工指針」、昭和59年には日本道路協会において、「鋼管矢板基礎設計指針」がそれぞれ刊行された。これら一連の基準化により鋼管矢板基礎の施工実績は着実に増加してきており、鋼管杭協会によれば、現在2,000基を超える実績を持つに至っている。

#### (5) 地中連続壁基礎

地中連続壁工法は、ヨーロッパにおいて考案され、その後我が国に導入された。建設工事における騒音・振動に対する対策工法として積極的に用いられるようになり発展を遂げてきた。

当初、地中連続壁は仮設目的の利用が多かったが、その後の技術進歩により地下構造壁などを対象に本体への利用が増加してきた。

地中連続壁の機械掘削の進歩により、大規模な壁厚や深度に対する施工能力が高まるとともに、継手をはじめとする構造機能に関する研究開発の進展によって、工法の信頼性が高くなった。さらに地中連続壁を井筒状に構築し、橋梁などの大型構造物の基礎として利用する地中連続壁基礎が案出された。

地中連続壁基礎は、隣接する地中連続壁エレメントを相互に継手を用いて連結して一体閉合断面を形成し、その頭部と頂版が一体となるように構築した構造形式のため耐力が大きく耐震性に優れている。

施工機械が大型であること、安定液の処理が必要であること、工費が高いことなどから、近年地中連続壁基礎はほとんど施工されなくなってきたようである。

地中連続壁の施工実績としては、外郭放水路立坑、人工島、LNG地下タンク、変電所、橋梁など多くの大型構造物に使われている。なお、現在、国内で使用されている主な壁式連壁掘削機によれば、最大壁厚として3.2m、最大深度としては170mを超える掘削および連壁の構築が可能である。

### 4. 新しい基礎技術の動向

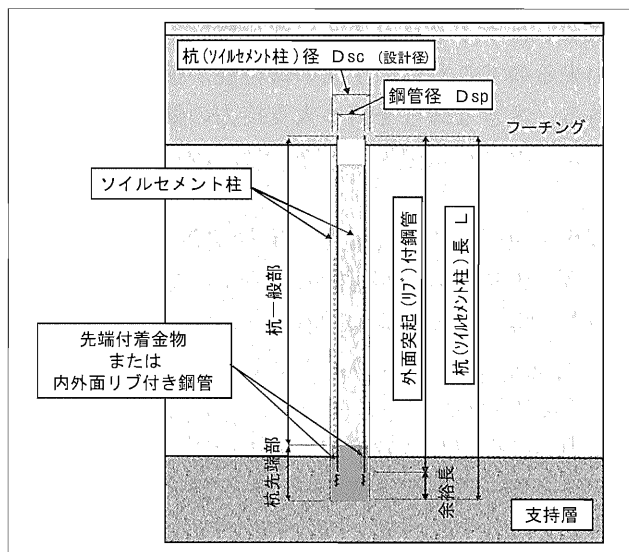
#### (1) 鋼管杭

高度経済成長時代に登場した鋼管杭は、打撃杭工法から中掘り杭工法、鋼管ソイルセメント杭工法、そして鋼管回転杭工法へと発展してきた。開発経緯を見ると、騒音振動対策、低排土対策、高支持力化等、環境対策・コスト競争力の強化を目指してきている。この結果、基礎杭（土木建築分野）のシェアでは鋼管杭が上昇基調にあるようである。

##### (a) 鋼管ソイルセメント杭

平成14年の道路橋示方書の改訂で基準化された鋼

管ソイルセメント杭は、オーガにより地盤を掘削しながらセメントミルクを注入・混合攪拌して築造したソイルセメント柱の内部に、リブ付き鋼管を埋設して一体化した合成杭である（図—1）。



図一1 鋼管ソイルセメント杭概要図

地盤とソイルセメントとの密着度が高く、中掘り杭に比べて大きな周面摩擦が期待できる。また建設発生残土は場所打ち杭に比べて約 80% 程度低減可能とされている。

鋼管ソイルセメント杭，例えばガンテツパイルは年々実績が増えており，平成17年度は36件の施工を実施した（新日鉄の資料から）。

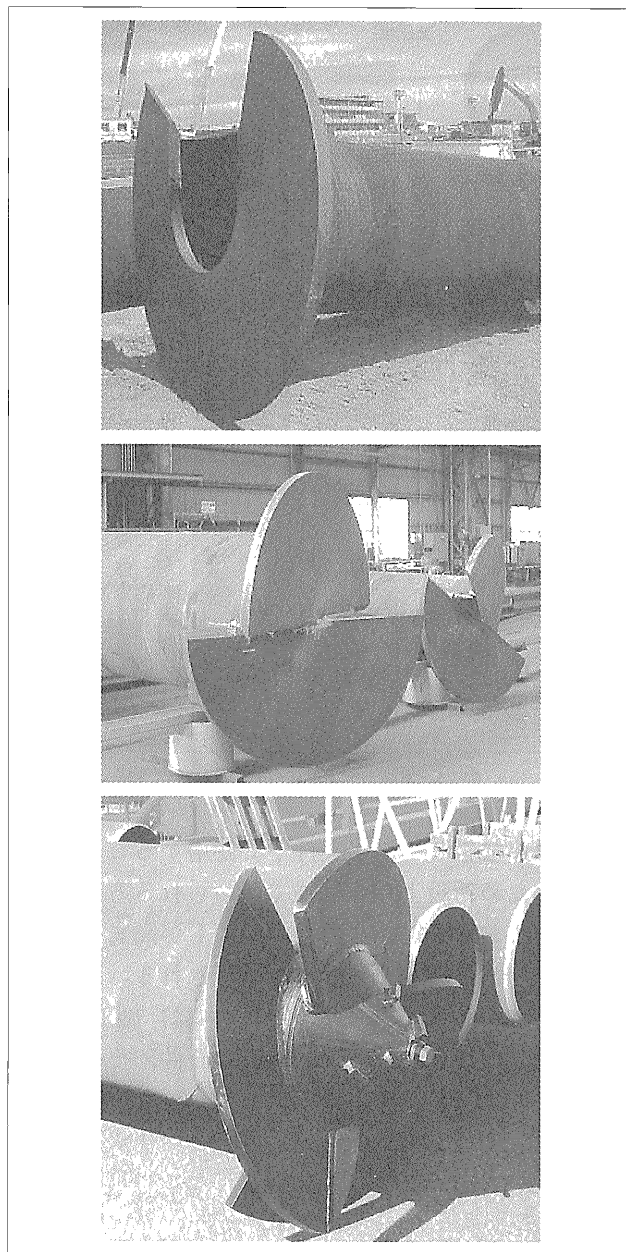
(b) 鋼管回転杭

従来の鋼管杭工法と大きく異なり、またコンクリート杭工法の追随を許さない新しい施工方法として開発されたのが回転杭工法である。本工法は杭先端に螺旋状の羽根を設けた鋼管杭を回転圧入させることにより、地盤中に杭を貫入させる工法である。

杭先端に取付けられた羽根の形状は、写真—1に示すとおり3種類開発され、技術審査証明が取得されている。先端羽根の効果で、大きな鉛直支持力と引抜き抵抗が期待でき、また低振動、低騒音に加えてほとんど排土が伴わない特徴をもつ。

本工法は社団法人日本道路協会から改訂・刊行される「杭基礎便覧」に新たに記述された。

例えば、鋼管回転杭で先行するエコパイルの施工実績は、平成18年10月現在、土木分野で90件に達していて今後も着実な成長が見込まれるようである（新日鉄の資料から）。



写真—1 回転杭の先端羽根形状の例

## (2) マイクロパイル

マイクロパイルは、杭径が 300 mm 以下の場所打ち杭、埋込み杭の総称である。高耐力マイクロパイル工法は、従来のマイクロパイルの技術にグランドアンカー工法の削孔技術やグラウト加圧注入技術を取入れ、芯材として太径の異形棒鋼を使用し、杭本体に高強度鋼管を用いた高耐力、高支持力のマイクロパイルを築造する（図－2）。

高耐力マイクロパイルは開発されてから着実に施工実績を積上げてきており、特に、

- ・施工ヤードが狭い
- ・埋設物により杭配置が困難
- ・低杭頭施工である
- ・運搬条件が悪い

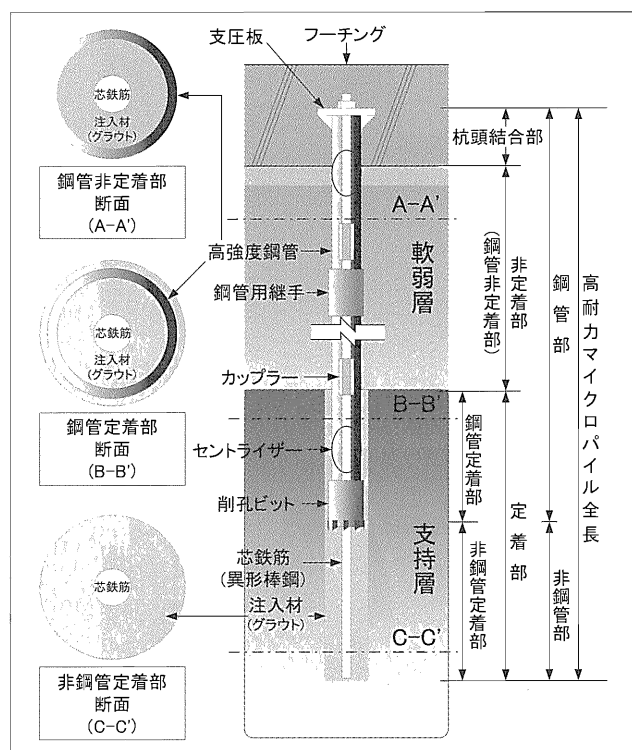


図-2 高耐力マイクロパイルの概念図

など、様々な厳しい施工条件下で使用する事ができる。このため新設よりも補強で用いられる方が多い。社会資本における維持管理のウェイトが高まるにつれ本工法の出番は増加することが予想される。

高耐力マイクロパイル研究会によれば、施工実績は、平成 18 年 5 月時点で、国土交通省 10 件、その他公共機関 55 件、民間 14 件の計 79 件である。

## 5. おわりに

独立行政法人土木研究所と鋼管杭協会は共同で斜杭の適用について精力的に研究を進めてきており、斜杭

基礎の耐力と変形性能を確認するため大規模な模型実験が実施された。その実験結果から斜杭基礎は変形性能が若干劣るとしても水平抵抗を大きく評価できることが確認された。

従来、斜杭の施工に難点があったが、鋼管回転杭工法あるいはマイクロパイル工法は精度よく斜杭の施工が出来るのでこれらの工法の優位性が拡大する可能性がある。大きな球根を持つ大支持力の鋼管杭も開発されているが、特に施工管理技術に課題があると考えられる。

鋼管矢板基礎では高耐力の継手が開発され、井筒断面形状の大幅な縮小が可能となっており、コスト競争力の向上に繋がるのは間違いない。その他小型ケーソンも実用化されており、ケーソンの適用範囲の拡大が図られている。

技術開発を怠れば競争力の低下を招くことは必定であり、今後の各基礎工法の継続的な技術開発を期待したい。

### 《参考文献》

- 1) 例えば、山口 昭：特集「鋼管杭が新しい」鋼管杭を知る―経済的で環境に配慮された基礎工法材料、土木施工、pp.1-81、山海堂、2006. 2
- 2) 例えば、井落久貴ほか：鋼管杭斜杭基礎の保有水平耐力に関する研究（その 1）、第 41 回地盤工学研究発表会、2006. 7

J C M A

### 【筆者紹介】

岡原美知夫（おかはら みちお）  
財団法人先端建設技術センター  
専務理事





# 最近の杭工法と今後の展開

加倉井 正 昭

最近開発された杭工法を中心として、鉛直支持力を増加させるものと地震時の耐震性を向上させるものに分けて施工法も含めて記述した。鉛直支持力は既製コンクリート杭の場合、先端の根固めを大きくした高支持力杭、鋼管杭については回転貫入杭、そして場所打ちコンクリート杭については多段に拡幅させるものと先端地盤を強化させる工法などがある。耐震性の向上は杭体自体の高性能化と杭頭部を工夫する方法がある。また杭工法の特徴として地盤の変化と杭工法のあり方そして品質管理についても述べる。

キーワード：基礎，建築，杭工法，既製コンクリート杭，鋼管杭，場所打ちコンクリート杭，施工法，耐震性向上

## 1. はじめに

杭基礎工事は地盤中に構造体を構築する技術であり、その結果をほとんどの場合直接確認できないという宿命を持っている。このために設計はもちろんのこと、施工においてもその品質をどのように保証するかが重要となる。特に地盤の特性は千差万別であり、地盤条件を勘案した杭の設計とか、可能な施工能力の事前評価などが工事を円滑に遂行するだけでなく、品質確保のためにも重要である。

このような状況に加えてコスト縮減の要望に伴う技術開発競争の結果として、各種杭工法の開発が盛んに行われている。また性能設計における要求性能の高度化により、開発される杭基礎の性能は多様化している。

ここでは杭の種類あるいは施工上の違いによる最近の杭基礎工法の紹介と課題の指摘及びこれからの杭工法の設計及び施工における展望について私見を述べ、関係各位の参考に供することを目的とした。

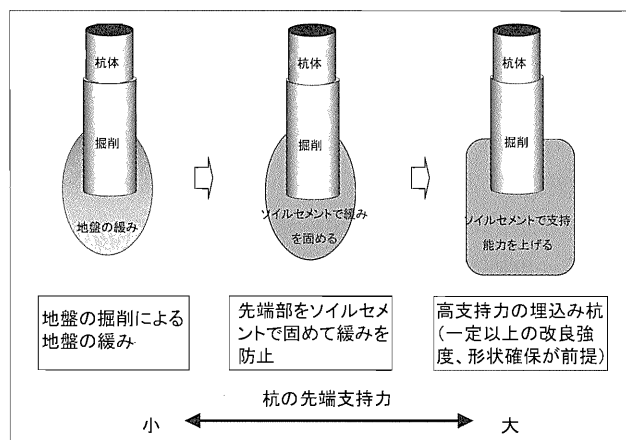
## 2. 杭の鉛直支持力増強技術

杭は構造物の荷重を支持することが元来の目的であり、そのために深くまで施工できる技術とか、より大径の杭体を構築するための施工機械などの開発などが行われてきた。最近においてもその技術開発は活発であり、大きな支持力を取るための各種の工夫が行われ実用化されている。ここではそのいくつかを紹介したい。

### (1) 既製杭の先端支持力増強技術

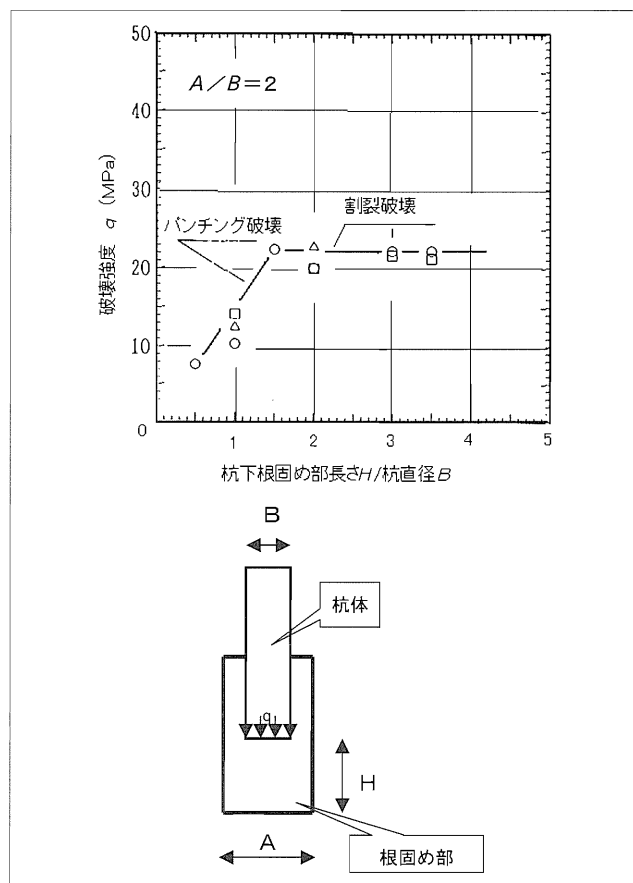
杭はその支持機構から考えてその先端部の支持が大きなウェイトを占める。そのために杭先端部を工夫することにより、大きな支持力を得るような開発が多い。特に市街地における杭の施工が振動・騒音などの問題から、打込み工法が事実上禁止になってから埋込み工法が主流となっている。この工法はその名称からも分かるように杭体を埋込むために事前あるいは埋込み時に地盤を掘削している。このため、そのままでは杭先端の支持力が小さいので、先端部にセメントミルクを入れて固めることでその弱点を補強してきた。それが最近では杭先端部付近をもっと積極的に改良することにより、より大きな支持力をとることが出来る工法の開発が活発である。その経緯と仕組みを示すと図一1のようになる。

杭体から伝わる鉛直荷重は先端根固め部から地盤へ伝わる。そこで杭先端部の地盤を十分に大きく、強度



図一1 埋込み杭の先端支持力増加法

がある根固め部にできればその下部にある地盤への伝達応力は小さくなり、結果として大きな支持力を得ることが出来る。このために根固め部を、どの程度まで大きくするか、どのくらいの強度が必要か、どのような形状で施工がするか、そして、どのようにして杭体から根固め部へ確実に応力伝達できるかなどが課題になる。根固め部の大きさの効果を実験により求めると図—2のような結果となる<sup>1)</sup>。



図—2 根固め部の破壊強度と杭下部根固め長さの関係<sup>1)</sup>

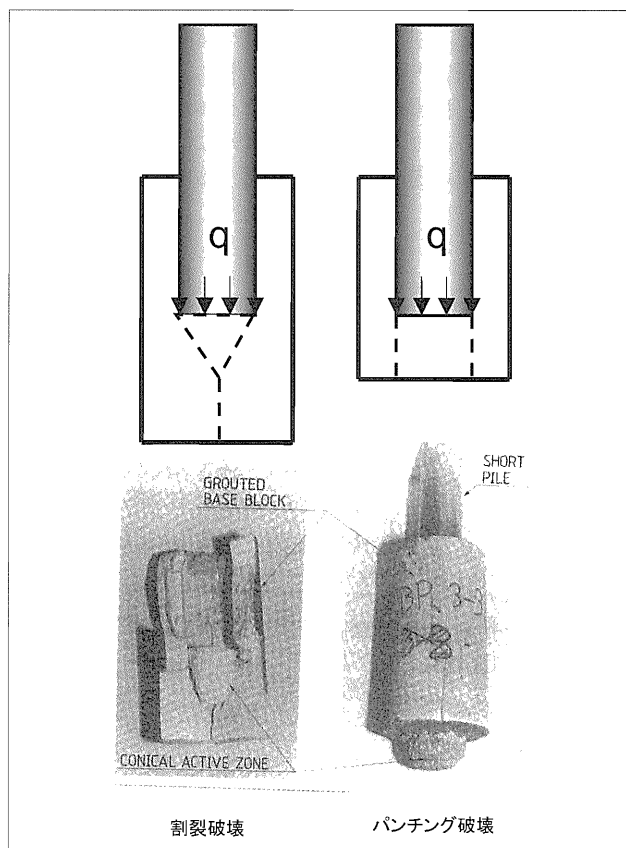
根固め部の破壊性状は、杭先端下部の長さ比（図—2の  $H/B$ ）によって変化する。 $H/B$  が 1.5 以下であれば杭先端が根固め部を突き抜けるようなパンチング破壊で、 $H/B$  が 1.5 以上になると根固め部を押し広げるような割裂破壊へ変化する（図—3）<sup>2)</sup>。

この結果から割裂破壊になると  $H/B$  が大きくなっても強度はほとんど増加しないことが窺える。杭体先端部から根固め部への荷重伝達が確実に行われたと仮定して、根固め部が十分な破壊強度を持つようにすると、杭の鉛直支持力は根固め部の径の 2 乗に比例して増加する。例えば杭体の径の 1.5 倍の根固め部の径を施工できれば 2.25 倍の杭体の支持力増加になる。さらに支持地盤内での根固め部の周面抵抗を考慮すると更に大きなものが期待できる。またそのためには杭体

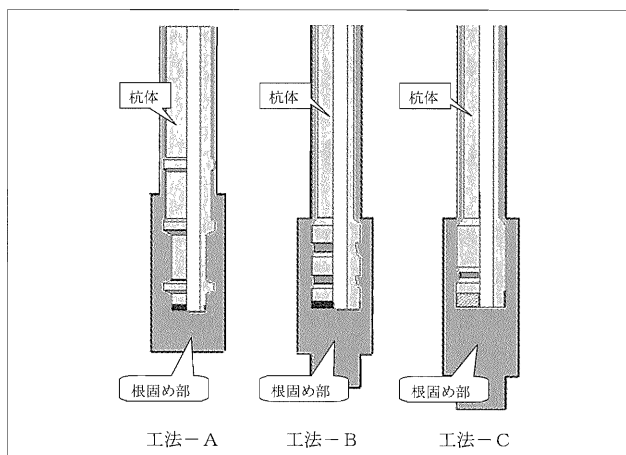
から根固め部への荷重伝達を確実にするための工夫が必要になる。

杭の先端底面だけからの荷重伝達を前提とすると根固め部は図—3のような破壊を示すことを考慮して、杭先端部付近の杭体に節をつけることにより杭体からの荷重伝達を分散させ、根固め部へ無理なく荷重を伝える工夫のなされた工法がいくつか開発され実用化されつつある<sup>3)</sup>。

図—4はその代表的な工法を示したものであり<sup>4), 5), 6)</sup>、表—1にはその支持力の数字を示している。この他にも杭体に鋼管杭を使ったものもある。各工法ともいく



図—3 杭根固め部先端の破壊性状<sup>2)</sup>



図—4 先端根固め部のある高支持力杭の実例



この図からは従来の埋込み杭工法と大きな違いはないように見えるが、そのポイントは杭先端部から根固め部への確実な荷重伝達できる施工の精度と、想定する根固め部の形状と強度の施工である。そのための課題としては、色々な地盤条件において、想定される大きさ、形状、強度の根固め部を確実に構築させる施工とそれを行うための品質管理である。特に確実な拡大掘削の実施とその部分への根固め液の確実な注入と管理は重要である。図-6は深度計と流量計を使った施工管理システムの例である<sup>4)</sup>。

現状は現場での裁量（施工機械の能力、管理装置、管理目標、ほか）に任されていることが多い。その結

果、従来工法との明確な違いを十分に認識した施工と管理が行われないと、不適切なものが出る可能性が指摘される。例えば根固め部に十分なセメントミルクが無かったとか、根固め部の強度が十分出ていないなどのトラブルの可能性も皆無ではない。また根固め部がセメントミルクあるいはソイルセメントで固化したもので、破壊が脆性的なことから、引張り応力とか応力集中に弱いこともあり、形状とか強度が均一に施工できないと大きな欠陥になることも予想される。万が一そのような施工が行われてしまうと、事態を見過してしまつと、後からの対応はほとんど不可能になるし、今までせっかく開発してきたこれらの工法の技術

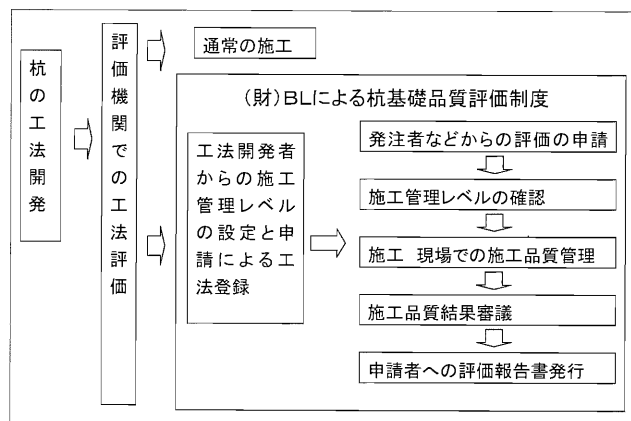


図-7 杭基礎品質評価制度

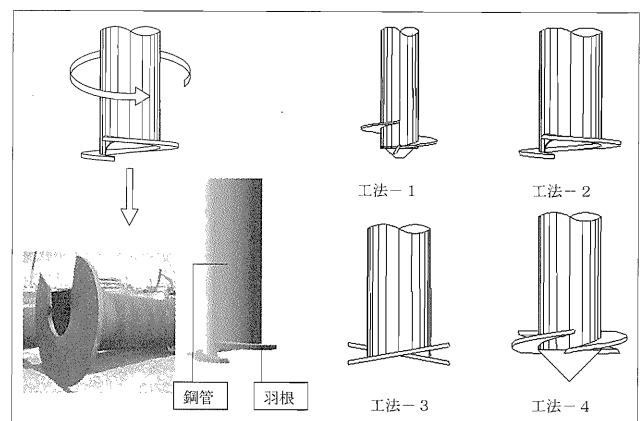


図-8 回転貫入杭とその種類<sup>10)</sup>

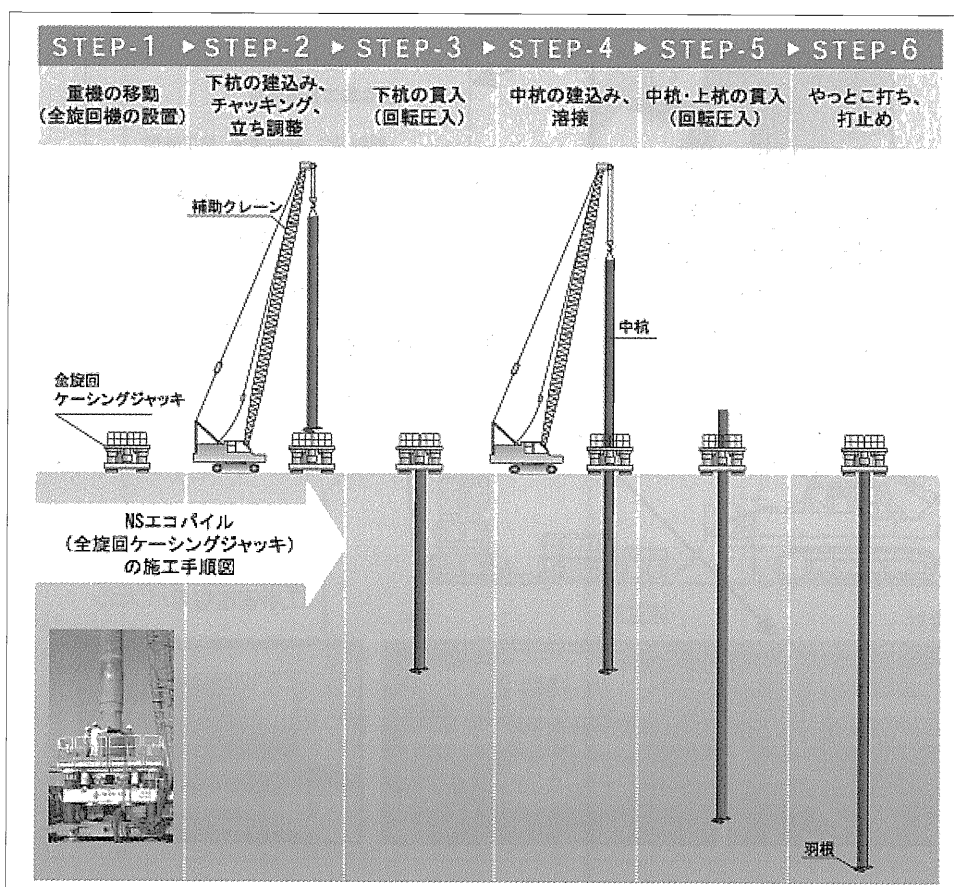


図-9 回転貫入杭（工法-2）の施工手順<sup>11)</sup>



的な信頼が崩壊するだけでなく、建設技術自体の信頼性を大きく低下させる大問題に発展することも懸念される。このような事態は是非とも避けなければならないことであり、大きな潜在的な課題と言える。このような事態が懸念されるのは施工サイドの問題でもあるが、管理サイドの知識不足も指摘されるところである。つまり施工法を十分に理解した施工者とその内容を理解してチェックできる技術者が必要になる。

最近では図—7のような仕組みで一定以上の品質管理を行うシステム<sup>7)</sup>が提案され始めており、今後普及することで正しい技術の普及と高い品質に支えられた信頼性の確保に貢献することを期待したい。

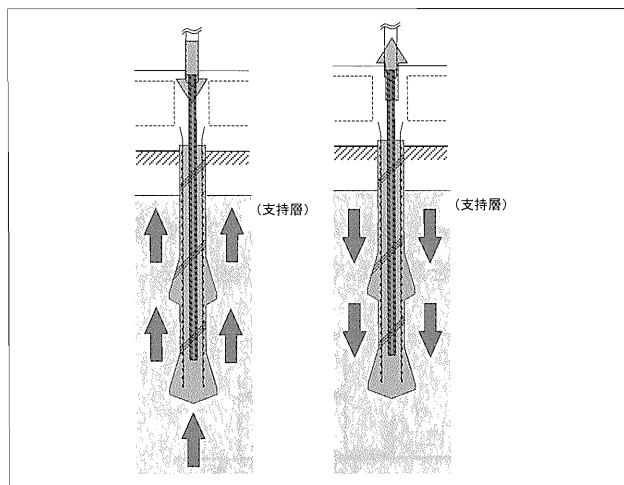
もうひとつの支持力増加技術としては主に鋼管杭に使われている回転杭工法がある。これは鋼管杭の特性を生かして、杭体に回転を与えることにより地盤に杭体を構築するものである。このときに杭先端部に図—8<sup>8), 9), 10), 11)</sup>のような羽根を付けることにより回転貫入力を増加させるとともに先端部の羽根の存在により先端支持力を増加させている。図—9はその施工の様子を示したものである<sup>9)</sup>。

回転貫入用に全周回転式の施工機械を使えば大きな径の施工も可能である。先端の羽根の形状などには図—8のようないくつかの工夫がされている。またこの工法では杭体を地盤中に回転貫入するために、施工においては掘削などで排出される土とか泥水（産業廃棄物扱い）が発生しないために環境問題にたいして負荷を与えない工法として評価されている。ただ大径のものは相当な力で回転圧入が行われるために、地盤（特に礫が多い地盤）では圧入に相当な努力を必要とするので、事前の地盤調査で貫入地盤の特徴を十分に把握しておくことが重要である。

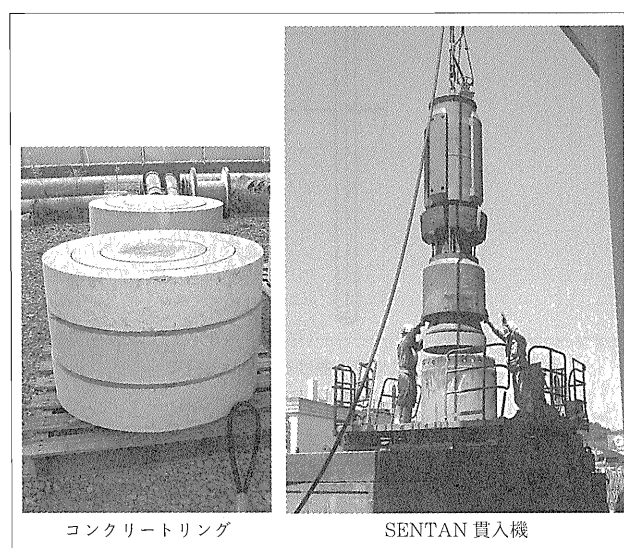
## （２） 場所打ちコンクリート杭の鉛直支持力増強技術

場所打ちコンクリート杭は大きな杭径が施工できることから、大規模構造物を中心として広く利用されている。特に建築を中心としての利用が多い拡底杭工法は杭先端部を拡げることにより、その支持面積を大きくして大きな支持力を得ている。これに最近は複数の拡がり部分をつけて鉛直支持力だけでなく、引抜き力にも抵抗できるような場所打ちコンクリート杭（引抜き仕様の場合はSRC杭）が開発されている<sup>12), 13), 14)</sup>。図—10は開発工法の概要を示したものである<sup>12)</sup>。

このようにすることにより押引きの両方の荷重に対して大きな抵抗を得ることが出来るようにしている。場所打ちコンクリート杭の欠点としては地盤を掘削してからコンクリートを打設するために杭先端地盤の緩



図—10 多段拡径杭<sup>12)</sup>



図—11 場所打ち杭先端補強工法（SENTAN パイル；東洋テクノ・宮本和徹氏提供）

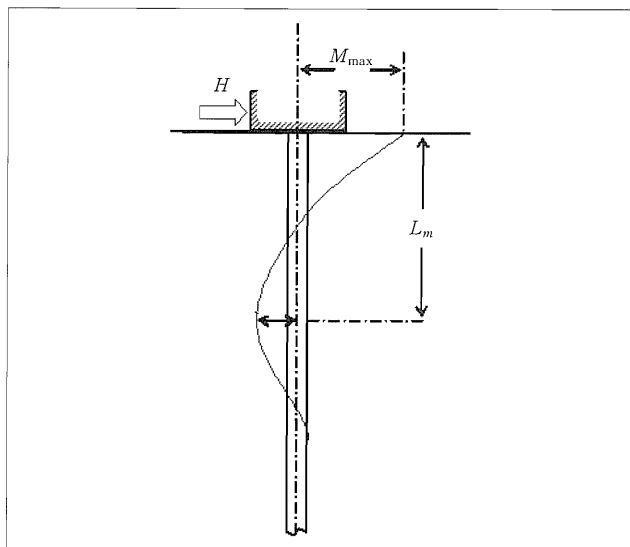
みで杭先端の支持力とか剛性が低下してしまうことである。そこでこの欠点を改善した工法がある。

一つは掘削終了した後に先端貫入機を使って杭底に同心円上にいくつか作られたリング状のコンクリートを貫入させて緩みを修正して杭体のコンクリートを打設するものがある（図—11）<sup>15)</sup>。もう一つは掘削後鉄筋籠に先端プレロードユニットなるものを建込み杭体のコンクリートを打設してから先端のユニットにセメントミルクを加圧注入して地盤を強化するものがある<sup>16)</sup>。

## 3. 耐震性の向上技術

阪神・淡路大震災における被害で今まで以上に目立ったのは杭体が壊れたことである<sup>17), 18)</sup>。杭体に耐震設計が義務付けられたのが遅いためか、昔の杭は鉛直支持性能が重視されて耐震性能について細かく検討される

ようになったのは比較的新しい。これは耐震性について無視されたわけではないが、上部構造並みに靱性も含めて詳しく評価がなされていなかったことは事実である。現在でも建築基準法において杭の2次設計は義務付けられていないのが現状である。多くの杭の設計では上部構造からの地震力により、杭頭部に最大の負荷がかかることを想定している（図—12）。



図—12 杭に働く曲げモーメント分布

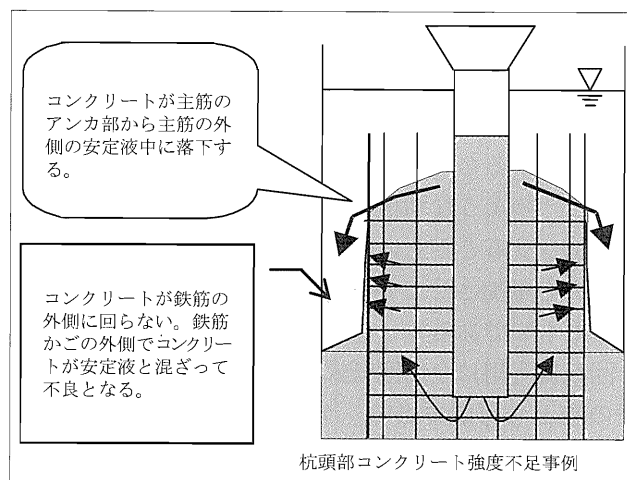
阪神・淡路大震災での被害も杭頭部が一番多く、その強化あるいは対応が指摘された<sup>17)</sup>。そのために杭頭部の杭体の耐震性を向上させるものとしていくつかの対応が行われた。

既製コンクリート杭においてはプレストレスの大きなC種あるいは鉄筋を入れたPRC杭を使うとか、鋼管巻き既製コンクリート杭であるSC杭などが頻繁に使われるようになった。鋼管杭は元来地震力には強いので比較的簡単に対応できる。

場所打ちコンクリート杭は杭頭部に鋼管を設置して場所打ちコンクリートのSC杭として耐震性を高める方法が開発されている。またRC杭で対応する場合、主筋の鉄筋量を大きく増加させるとか、せん断破壊を防止するためにフープ筋の間隔が細くなるなどの設計上の対応が取られ、上部構造の柱並みへの靱性確保が図られている。

また水中コンクリートということからコンクリート自体の強度を増加させる目的でセメント量の増加などが図られた。それらの対応は各々是とするものであるが、施工の視点から見ると従来以上に施工管理に十分な注意とか事前の検討と対応を図らないと想定したような健全な杭体が作れない場合が発生することも危惧される。

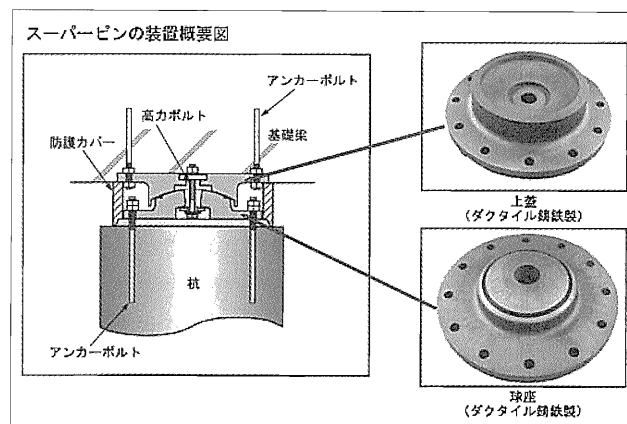
図—13は鉄筋量が多いとか、コンクリートのワーカビリティの不足などが原因でおきやすいトラブル例を示したものである<sup>19)</sup>。また杭体の靱性の評価についても色々な荷重条件下でデータが蓄積されていない状況は詳細かつ合理的な2次設計を行ううえにおいては今後の課題でもある。例えば中空な既製コンクリート杭の高強度化と大径化、場所打ちコンクリート杭の大径での高軸力下における曲げせん断特性の定量的な把握などが課題であろうし、使用コンクリートが高強度化されるとその杭体の強度特性データの不足が問題視されることも十分に考えられる。



図—13 場所打ちコンクリート杭の施工不良例<sup>19)</sup>

地震時の杭体の損傷防止方法としては杭頭部を細工する方法がいくつか実用化されつつある<sup>20)</sup>。簡単に言えば杭頭部を上部躯体にしっかりと固定すると、杭頭部に大きな曲げモーメントが作用して杭頭部を損傷させてしまうし、させないように剛強にするとそこに発生した曲げモーメントが上部躯体に対して曲げ戻しと言われるように基礎梁などを損傷させることも考えられる。

これを防ぐために杭頭部をピン状態のようにすれば



図—14 杭頭ピン構造の例<sup>21)</sup>

杭体の損傷だけでなく躯体の損傷も防ぐことが出来るので、例えば図-14に示すような方法<sup>21)</sup>がいくつか提案されている。

#### 4. 杭基礎の今後の課題

課題のいくつかについては個々のところで既に述べてきたが、それらも加味して杭基礎の今後の課題を述べてみたい。杭体は地盤中に構築されて始めて機能する。ところが各種の開発された杭工法が地盤条件の違いにより、その施工品質確保をどのように実施しているかになると十分な情報が少ない。

これはある杭工法が地盤条件に左右されるものであるとなれば、施工法自体の脆弱性を示すことになり、工法選択において不利になるとの考え方でもあるのだろうか？ もちろんあらゆる地盤に対してコストパフォーマンスも含めて最良であれば一番良いに違いないが、現実的にはそのようなことはありえない。また杭の施工品質を確保するためには地盤条件に合ったしっかりとした施工管理が必要であり、そのやり方次第で結果つまり杭品質が決まると言っても過言ではない。

ここから先は独断になるが新しく開発された杭工法は地盤条件及び施工経験記録（どのような地盤でどのような環境条件で、どのような能力の機械を使って、どのくらいの時間でなど）を開示していくことが重要であると思う。

特に杭は地盤中に構築されるため、結果を正確に確認することが難しいので、過去の施工記録を一定の項目に対してどのように行ったかの施工実績は施工者あるいは管理者の所有するノウハウとして蓄積するだけでなく、その結果を工法の施工条件、プロセスそして結果の同一基準による開示と評価が行われれば、地盤条件に適合した杭工法の選択と施工管理方法の採用が容易に行えるだけでなく、施工者の能力判断に重要な情報を提供できるのではないかと考える。

その結果として良いものは良いという判断を第3者が容易に行えるベースを提供できると思うが如何なのかであろうか。

JCMA

#### 《参考文献》

- 1) O. Kusakabe, M. Kakurai, K. Ueno, Y. Kurachi : Structural Capacity of Precast Piles with Grouted Base, *J. Geotech. Engrg* : ASCE, Vol.120, No.8, pp.1289-1306, 1994
- 2) 加倉井正昭：杭の鉛直荷重伝達挙動に関する研究，東京工業大学学位論文，pp.195-197, 2003年3月
- 3) 桑原文夫：最近の杭の鉛直支持性能と各種基準の役割，日本建築学会PD・基調講演資料，pp.54-74, 2006年9月
- 4) 三谷セキサン株式会社：super ニーディングカタログ
- 5) 日本コンクリート工業株式会社：H・B・M（ハイビーエム工法）カタログ
- 6) 株式会社トーヨーアサノ：高支持力杭工法 MRXX（エムアールダブルエックス）カタログ
- 7) 財団法人ベターリビングホームページ
- 8) 旭化成建材ホームページ，EAZET
- 9) 新日鉄エンジニアリングホームページ，回転圧入鋼管杭「NS エコパイル」
- 10) JFE スチールホームページ，先端翼つき回転圧入杭「つばさ杭」
- 11) 住友金属工業(株)ホームページ，ジオウイング・パイル
- 12) 青木雅路・平井芳雄・丸岡正夫：多段拡張場所打ちコンクリート杭の原位置引抜き試験結果（その1），（その2），日本建築学会学術講演梗概集，pp.545-548, 2003
- 13) 平井芳雄・青木雅路・丸岡正夫：多段拡張場所打ちコンクリート杭の原位置引抜き試験，基礎工，pp.50-54, 2005年2月
- 14) 須藤敏巳・佐藤真弘・吉崎正明・石井雄輔：場所打ち節付き杭の鉛直交番載荷試験（その1），（その2），（その3），日本建築学会学術講演梗概集，pp.579-584, 2005
- 15) 奥村文直・川島真澄・坂 英昌・近藤政弘：先端強化型場所打ち杭工法（SENTAN パイル工法），基礎工，pp.33-35, 2000年2月
- 16) 松尾伸之・中村 宏：先端ブレード場所打ち杭の開発と設計・施工，基礎工，pp.27-31, 2002年11月
- 17) 丸岡正夫・青木雅路・佐藤英二・平井芳雄・宮川治雄・渡辺哲夫：兵庫県南部地震における震災建物基礎の被災度調査，日本建築学会技術報告集，第5号，pp.85-90, 1997年12月
- 18) 建築基礎における液状化・側方流動対策検討委員会（BTL 委員会）：兵庫県南部地震における液状化・側方流動に関する研究，建築研究所報告，No.138, 2000
- 19) 加倉井正昭・丸岡正夫ほか：シリーズ建築施工 図解地下工事，東洋書店（2005）
- 20) 梅野 岳：場所打ちコンクリート杭の杭頭処理と接合方法，基礎工，pp.26-29, 2005年2月
- 21) 大槻 明・田蔵 隆・青木 孝・真野英之ほか：球面接触部を有する杭頭接合工法の開発（その1），（その2），日本建築学会学術講演梗概集，pp.451-454, 2001年9月

#### 【筆者紹介】

加倉井 正昭（かくらい まさあき）  
株式会社東京ソイルリサーチ  
常務取締役  
技術本部長  
工博



## 基礎工事用機械の環境対策技術に関する 調査結果報告(概要)

青 柳 隼 夫

基礎工事用機械を使用した工事における周辺環境への影響とその対策に関する調査結果である「基礎工事用機械の環境対策技術に関する調査結果報告書」(2006年4月)の概要を紹介する。調査対象は建設会社と基礎工事専門業者。対象機種は杭打ち機・杭抜き機、パイルドライバ、アースオーガ、場所打ち杭施工機械などである。回答数は20社、143事例であった。

キーワード：基礎工事、工事現場、環境対策、騒音、振動、水質汚濁、地盤沈下、土壤汚染

### 1. はじめに

基礎工事用機械は、土木・建築の区別なく数多く使用されており、周辺環境への影響も少なくない。

社団法人日本建設機械化協会基礎工事用機械技術委員会では、基礎工事用機械を使用した工事における周辺環境への影響とその対策を調査することを目的に平成15年に環境対策技術調査分科会を設置し、調査研究を行った。

本報告は、分科会活動報告である「基礎工事用機械の環境対策技術に関する調査結果報告書」(以下、報告書)<sup>1)</sup>の概要を紹介する。

### 2. 調査目的

建設工事では土木・建築を問わず、広く用いられている基礎工事用機械が惹き起こす周辺環境への影響とその対策について調査を行い、今後の環境対策の方向性を探ることを目的とする。

### 3. 調査内容

調査はアンケートにより実施し、その調査項目は、

- ①工事名
- ②工事場所
- ③工事期間
- ④発注者
- ⑤調査対象工種

⑥使用した建設機械

⑦工事概要

⑧公害の種類

⑨公害の具体的内容

⑩対策措置

⑪具体的な対策(必要に応じて、施工時の工事写真、施工機械図等の関係資料の添付)

⑫対策費用負担

の12項目とした。

アンケートは、建設会社と基礎工事専門業者を対象とし、調査票を送付して行った。回答数は、20社より143事例であった。

### 4. 調査対象機械

調査対象の基礎工事用機械は、下記の6機種とした。

- ①杭打ち機・杭抜き機
- ②パイルドライバ
- ③アースオーガ
- ④場所打ち杭施工機械
  - ・オールケーシング工法(揺動式)
  - ・オールケーシング工法(回転式)
  - ・アースドリル工法
  - ・リバーササーキュレーション工法
  - ・拡底掘削工法
- ⑤地中連続壁施工機械
- ⑥地盤改良機械
  - ・置換工法
  - ・脱水工法

- ・締固め工法
- ・固結工法
- ・止水工法

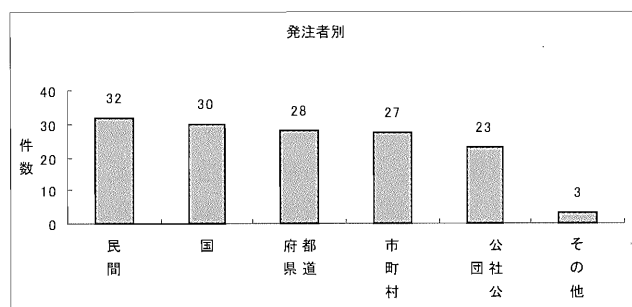
## 5. 調査結果

調査結果を以下に示す。なお、詳細については報告書の巻末に掲げた基礎工事用機械環境対策技術調査結果一覧表<sup>1)</sup>を参照して頂きたい。

### (1) 発注者

発注者については、民間が32件、国が30件、都道府県が28件、市町村が27件、公社公団が23件、その他が3件（合計143件）であり、特に発注者による偏りは見られない（図—1）。

民間については、鉄道会社や電力会社がかった。



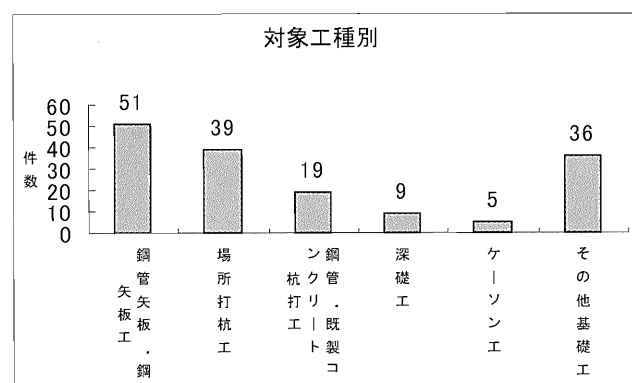
図—1 発注者別内訳

### (2) 対象工種

基礎工事用機械を使用している工種は、鋼管矢板・鋼矢板工51件、場所打ち杭工39件、鋼管・既製コンクリート杭打ち工19件、深礎工9件、ケーソン工5件、その他基礎工36件であった（図—2）。

鋼管矢板・鋼矢板工は、掘削に伴う山留め工として適用される工種であり、土木・建築を問わず広く施工されているため、回答数も多い。

同じく場所打ち杭も土木構造物・建築構造物両方に



図—2 工種別内訳

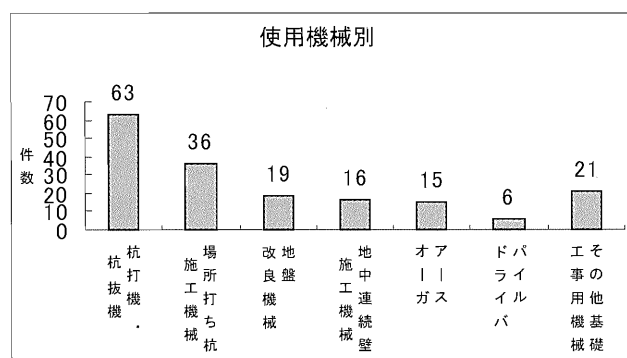
広く用いられている基礎工であり回答数も多い。

その他基礎工としては、地中連続壁や地盤改良が挙げられている。

### (3) 使用機械

使用機械で最も多かったのは杭打ち機・杭抜き機63件で、以下、場所打ち杭施工機械が36件、地盤改良機19件、地中連続壁施工機械16件、アースオーガ15件、パイルドライバ6件と続き、その他基礎工事用機械が21件であった（図—3）。

使用機械は対象工種と密接に関連するため、工種と同様の傾向であった。



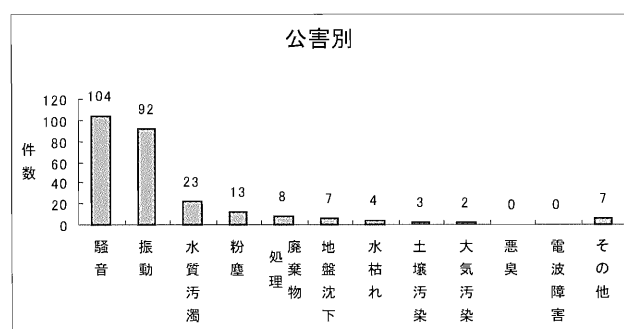
図—3 使用機械別内訳

### (4) 公害の種類

基礎工事用機械に起因する公害については、騒音が104件で最も多く、振動が92件と続いている。これは騒音・振動とも機械が惹き起こす波動エネルギーが空気中や地中を伝播し拡散する公害であり、両者に密接な関係があるためである。

以下、水質汚濁23件、粉塵13件、廃棄物処理8件、地盤沈下7件、水枯れ4件、土壌汚染3件、大気汚染2件であった（図—4）。

水質汚濁では、掘削時に発生する泥水等、杭打抜きの中水施工、薬液注入や油圧ホースからの作動油漏洩などを原因として挙げている。



図—4 発生公害別一覧



廃棄物処理については、施工時に発生する残土、泥水、泥土の処分を対象として挙げており、土壤汚染については、地盤改良時の改良材（セメントに含まれる6価クロム）によるものとしている。

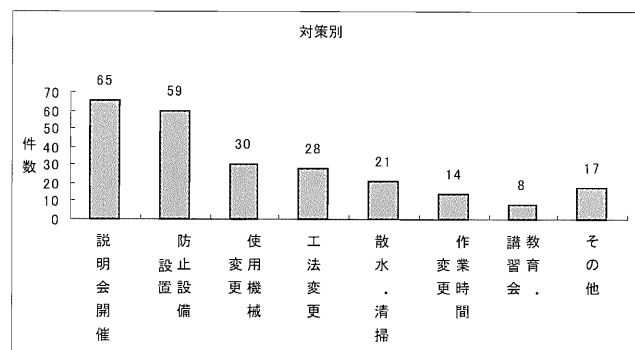
### （５） 対 策

実際に行われた対策については、説明会開催が65件、防止設備設置が59件、使用機械変更30件、工法変更28件、散水清掃21件、作業時間変更14件、教育講習会8件、その他17件であった（図—5）。

説明会開催は、公害防止の根本的な対策ではないが、近隣への工事情報の周知や理解を得るためのコミュニケーションとして不可欠であることから、回答数は最も多い。

防止設備設置で解決できない場合は、使用機械を変更するが、それでも難しい場合は工法自体を変更するという順で対策を講じていることが回答数から分かる。

作業時間の変更は、主に騒音や振動への対策であり、深夜等の日常生活に重大な影響を及ぼす時間帯を避けることで、近隣の理解を得て施工していることが分かる。



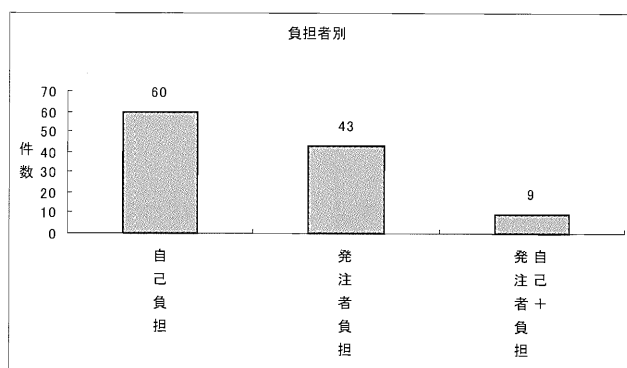
図—5 対策別内訳

### （６） 対策費用の負担

対策にかかわる費用については、143件のうち112件の回答があった。その内訳は、施工者負担が60件、発注者負担が43件、両者の負担が9件であった（図—6）。

施工者負担となっている工事の発注者は、国14件、都道府県14件、市町村15件、公社公団5件、民間12件であった。一方、発注者負担である工事では、国12件、都道府県5件、市町村5件、公社公団13件、民間8件であった。発注者による対策費用の負担の有無には、傾向は見られなかった。対策費用の額では、施工者の負担額は10万円から900万円、発注者の負担額は10万円から1億円を超える例もあった。負担額の大きいものについては、設計変更となったものも

含まれると考えられる<sup>1)</sup>。



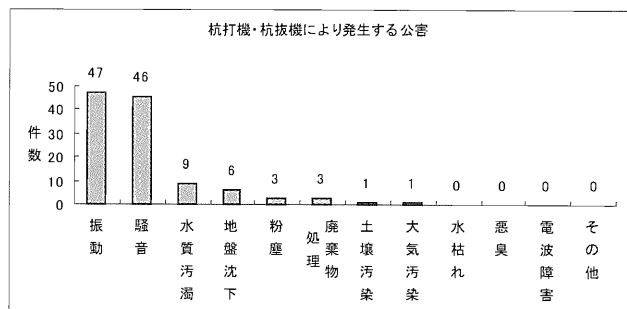
図—6 負担者別内訳

## 6. 基礎工事中用機械別の公害とその対策

ここでは、使用機械で最も多かった杭打ち機・杭抜き機について述べる。なお、パイルドライバ、アースオーガ等の他の機種における調査結果は、報告書<sup>1)</sup>を参照して頂きたい。

杭打ち機・杭抜き機は、調査件数176件のうち63件であった（図—3）。杭打ち機や杭抜き機は、鋼管杭や既成コンクリート杭、鋼管矢板、鋼矢板等の打設に用いられており、構造物の基礎や掘削に伴う土留工や仮締切りなど、土木・建築を問わず広く用いられている基礎工事中用機械である。

杭打ち機・杭抜き機により発生する公害は、振動が47件、騒音が46件と多く、以下、水質汚濁9件、地盤沈下6件と続く。騒音と振動はほぼ同数でしかも他の公害に比べ著しく多く、杭打ち機・杭抜き機では騒音と振動が主な公害といえる（図—7）。



図—7 杭打ち機・杭抜き機により発生する公害

### （１） 騒音・振動対策

騒音対策については、説明会開催25件、使用機械変更15件、工法変更11件、防止設備設置10件、作業時間変更5件等であった（図—8）。

振動対策については、説明会開催25件、使用機械変更16件、工法変更11件、防止設備設置8件、作業

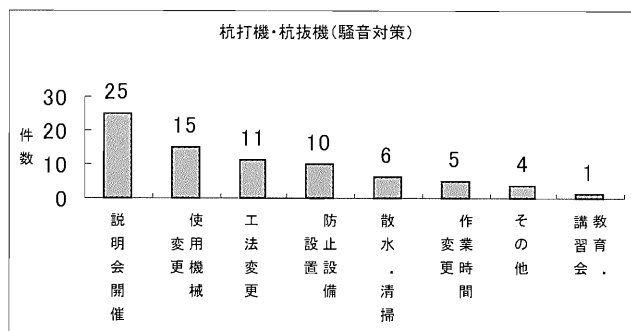


図-8 杭打ち機・杭抜き機の騒音対策

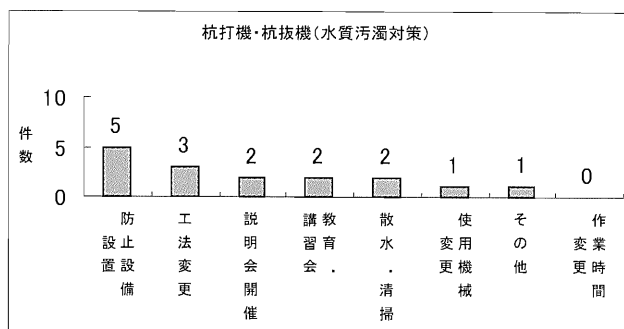


図-10 杭打ち機・杭抜き機の水質汚濁対策

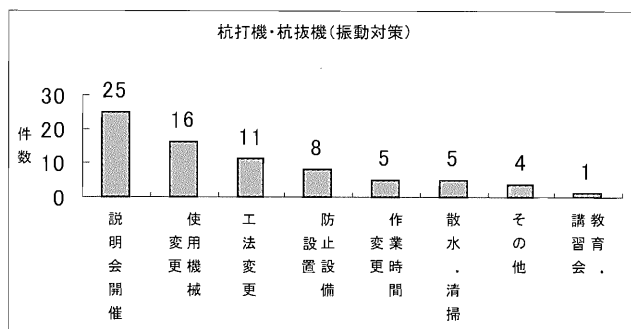


図-9 杭打ち機・杭抜き機の振動対策

時間変更5件等であった(図-9)。

騒音対策と振動対策がほぼ同じ回答傾向となっているのは、杭打ち機・杭抜き機により発生した波動エネルギーがその原因であると考えられる。

説明会開催が対策として最も多く挙げられているのは、近隣への説明により工事内容の周知と理解を得ることが円滑な工事の実施に不可欠であることを示している。

使用機械の変更については、騒音・振動の小さい圧入機や高周波型の打込み機の採用が挙げられている。工法変更では、アースオーガを併用とする工法への変更が多かった。

騒音防止設備としては、防音シートによる対策が多く採用されている。

また着工前と施工時に、騒音・振動の計測をしているとの回答が複数あった。騒音・振動が懸念される場合は、影響の度合いや対策後の効果を把握するためにも計測は重要と考えられる。

## (2) 水質汚濁対策

水質汚濁対策では、水質汚濁防止設備の設置が最も多い(図-10)。具体的には、濁水処理設備の設置や海上(水上)施工の場合は汚濁水拡散防止フェンス(シルトフェンス)や水質汚濁防止フェンス(オイルフェンス)の設置などがあった。

## (2) 地盤沈下対策

杭や矢板引抜き時に発生する地盤沈下対策では、使用機械の変更と工法変更が同数であった(図-11)。具体的には矢板引抜き時の埋戻しや、矢板背面へのセメントベントナイト注入実施等があった。

引抜きによる影響が避けられない場合は、矢板を地表近くで切断し、深部については残置した例もあった。また、地盤沈下の発生が懸念される場合、施工の前後に周辺の家屋調査を実施している。

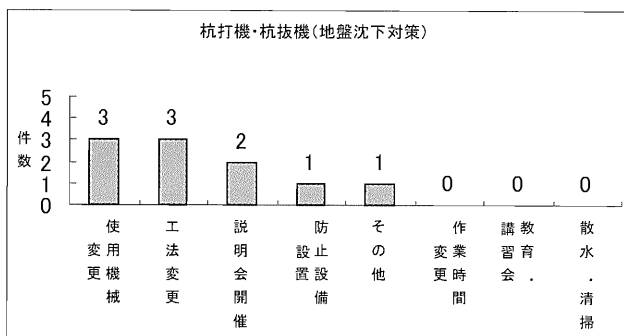


図-11 杭打ち機・杭抜き機の地盤沈下対策

## 7. 対策の具体例

調査結果では、基礎工事用機械に起因する公害の中では騒音と振動が大半を占めていた。

騒音対策では、低騒音機種採用のほか、騒音防止設備の設置による対応を図っている。振動対策では、より低振動の施工機械に変更したり工法自体を変更するなどの対策が採用されている。

ここでは、防音対策の具体例を紹介する。水質汚濁防止設備や廃棄物処理などの具体例については報告書<sup>3)</sup>を参照されたい。

### (1) 防音カバー

アースオーガやSMWの減速装置部に防音カバーを取付ける事により騒音発生を防いでいる(写真-1)。

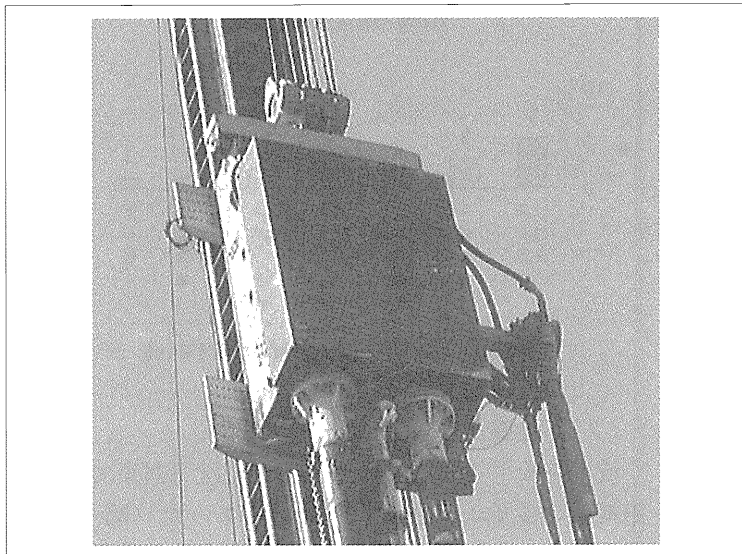


写真-1 SMW 減速機カバー

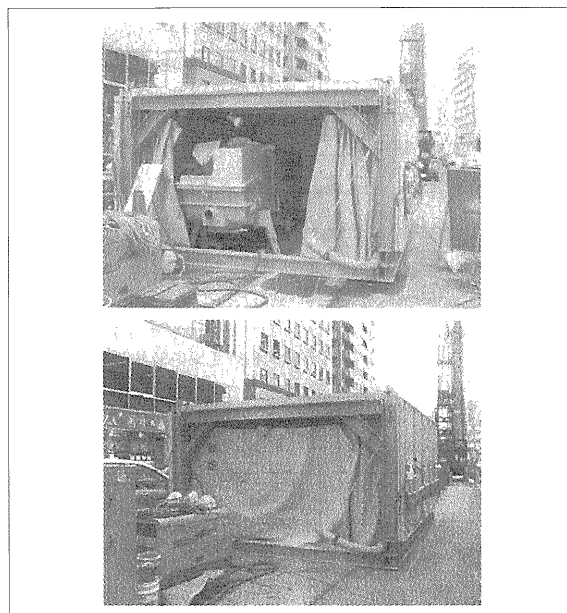


写真-2 防音壁（テント）の例

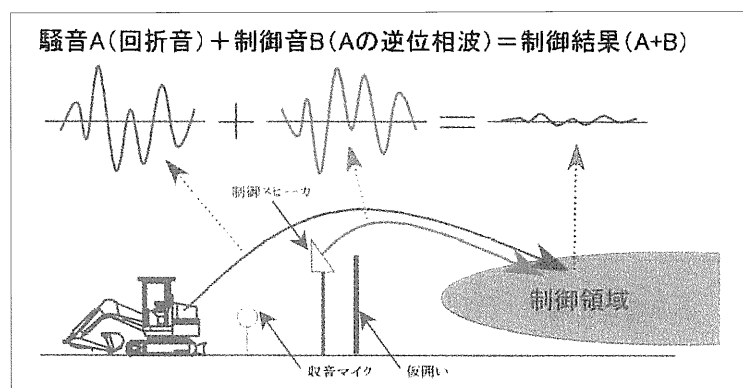


図-12 逆位相音による騒音制御概要

## (2) 逆位相音による制御

発生する騒音と逆位相の音を発生させ、騒音を低減させる方法である。

発生騒音をマイクにより取込み、騒音と逆位相の音を制御スピーカから出すことにより騒音を低減させている（図-12）。

## (3) 防音壁

騒音を発生する機械もしくは現場自体を防音壁にて遮蔽している（写真-2）。

## 8. ま と め

基礎工事専門業者を含む建設業者を対象に基礎工事用機械の環境対策技術に関する調査を行い、その現状と対策を把握することができた。

その結果、基礎工事用機械による公害は、ほとんどが騒音・振動であり、この騒音・振動を抑えることが出来れば周辺環境は大きく改善される。しかしながら、

大型で質量のある基礎工事用機械だけに、実現は非常に難しい。

一方、説明会開催は、主要な対策の一つであり、工事そのものへの周辺住民の理解を得るために一定の効果が期待できるが根本的な解決にはならない。

今後は、製造者、施工者それに発注者を含む関係者が一体となって、周辺環境の改善に地道な努力を行わねばならないと考える。

本報告が今後の基礎工事の環境対策の一助になれば幸いである。

JCMIA

### 《参考文献》

- 1) (社)日本建設機械化協会基礎工事用機械技術委員会環境対策技術調査分科会：「基礎工事用機械の環境対策技術に関する調査結果報告書」（2005年4月）  
分科会長 依田 誠 前田建設工業(株)  
副分科会長 中島雄治 コベルコクレーン(株)  
委員長 青柳隼夫 (株)竹中工務店  
委員 鈴木勇吉 (調和工業(株))、村手徳夫 (日本車輛製造(株))、十河浩一 (ライト工業(株))、濱野 衛 (三和機材(株))、山村重雄 ((株)加藤製作所)、網代秀一 (日立住友重機械建機クレーン(株))、森 孝 ((株)アイチコーポレーション)、川本伸司 (前田建設工業(株))

### 〔筆者紹介〕

青柳 隼夫（あおやぎ はやお）  
社団法人日本建設機械化協会  
基礎工事用機械技術委員会  
委員長  
株式会社コンストラクションイーシードットコム  
取締役



# キャプテンパイル工法

吉松敏行・西村憲義・山浦一郎

地震国である我が国において、建物供用中、その規模を問わず地震に遭遇する確率が高い。被災後の建物評価において、目視でも観察評価できる上部構造物に対して、杭基礎は地中に存在するため損傷の程度が分かりにくく、事前に損傷を回避できる方策が求められている。本報文では、地震時に集中する杭頭部の応力を緩和し、杭体の損傷を回避することに加え、杭径や基礎梁の縮小化等によるコストダウンを目的に開発した杭頭半固定工法の概要ならびに工法を適用した案件における施工プロセスについて述べる。

キーワード：建築、基礎、杭、工法、接合部、半固定

## 1. はじめに

杭基礎の地震時応力低減や地盤変形への追従性向上を図り、杭体特に杭頭部の損傷を低減する目的で、杭頭の固定度を緩和する杭頭接合工法が、これまで数多く提案され、実用化されている。

今回開発した杭頭半固定工法（キャプテンパイル工法：CTP 工法）は、地震時の杭頭部引張力抵抗に対する機能を有し、杭頭部の接合断面縮小による効率的な半固定化も実現させた場所打ちコンクリート杭用杭頭半固定工法であり、地震時における杭頭部の損傷回避に対して有効である。

開発完了後、半年の間で本工法の適用案件は 10 件に至り、適用杭本数は 400 本弱と急速に普及している。

## 2. キャプテンパイル工法の概要

### (1) 開発経緯

CTP 工法は、2002 年 12 月に日本建築センターの一般評定を取得した鹿島建設株式会社の「キャプリングパイル工法（CP 工法）」の拡張タイプである。この CP 工法に引張抵抗機能を付加し、大口径まで適用可能とするため、2004 年 4 月に共研体制（鹿島建設（株）、（株）奥村組、五洋建設（株）、戸田建設（株）、飛島建設（株）、西松建設（株）、（株）長谷工コーポレーション、松井建設（株）、三井住友建設（株）、高周波熱錬（株）の 10 社）を組み、研究開発に着手した。

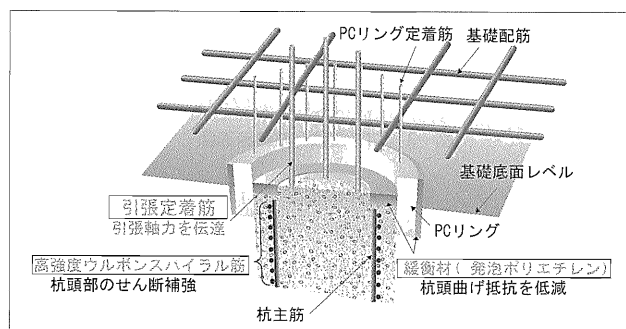
約 1.5 年の間に各種の構造実験、施工実験等を実

施<sup>1)~4)</sup>し、「キャプテンパイル工法（CTP 工法）」として設計・施工システムを確立させ、2005 年 12 月に財団法人日本建築センターの一般評定（BCJ 評定—FD 0230-01）を取得した。

### (2) キャプテンパイル工法とは

CTP 工法の概念図を図—1、適用範囲を表—1、杭頭接合部の力の伝達メカニズムを図—2、杭頭断面図を図—3 にそれぞれ示す。

CTP 工法は、プレキャストコンクリート製のリン



図—1 CTP 工法概念図

表—1 CTP 工法の適用範囲

| CTP 工法を採用する場合の建物制限                       |        |
|------------------------------------------|--------|
| 建物規模（階数・面積）                              | } 制限なし |
| 建物形状（整形・不整形）                             |        |
| 構造種別（S 造・RC 造・SRC 造等）                    |        |
| CTP 工法を適用する場合の杭仕様                        |        |
| 杭 種：場所打ち杭または鋼管巻き場所打ち杭                    |        |
| 杭 径：800～3,000 mm                         |        |
| コンクリート強度、 $F_c$ ：21 N/mm <sup>2</sup> 以上 |        |

※同一建物で、CTP 工法と在来一般工法を併用することができる





である第三者への技術供与に対し、協会内の各部会がそれぞれ設計および施工を指導・支援する体制を整えている。また、CTP 協会の趣旨に賛同する建設会社の入会に対しては広く門戸を開放している。

### 3. キャプテンパイル工法の施工

#### (1) 施工手順

CTP 工法の施工フローを図-5 に示す。



図-5 CTP 工法の施工フロー

二重枠の項目が本工法の特有の作業項目である。引張り定着筋の設置方法には2方式あり、杭の鉄筋かご製作時に端部小口を養生したシース管を設置し、杭頭処理後に引張り定着筋を挿入するシース方式と事前に鉄筋かごに取付けておく先付け方式がある。

シース方式を採用すると、杭頭処理時に余盛りコン

クリート部分に杭主筋に加え、引張り定着筋といった軸方向鉄筋が存在しないことにより、はつり作業を効率的に行えるといった本工法の施工上の特長を十分に活かすことができる。

以下、2節(施工事例)にて、実施工案件におけるCTP 工法の特有作業について述べる。

#### (2) 施工事例

##### (a) 建物概要

- ・構造種別：鉄筋コンクリート造，地上34階，地下1階
- ・主要用途：共同住宅
- ・基礎構造：場所打ち杭， $\phi 2,200$ 他38本，杭長42m

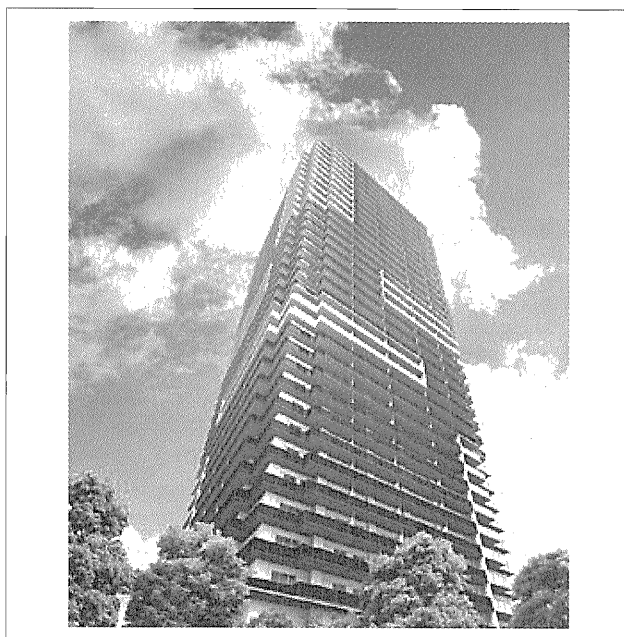


図-6 建物外観パース

##### (b) CTP 工法の施工

###### ① 鉄筋かごの製作・建込み

杭の鉄筋かご組立て時に杭頭部に引張り定着筋を設置するが、当現場では写真-2 に示すようにシース方

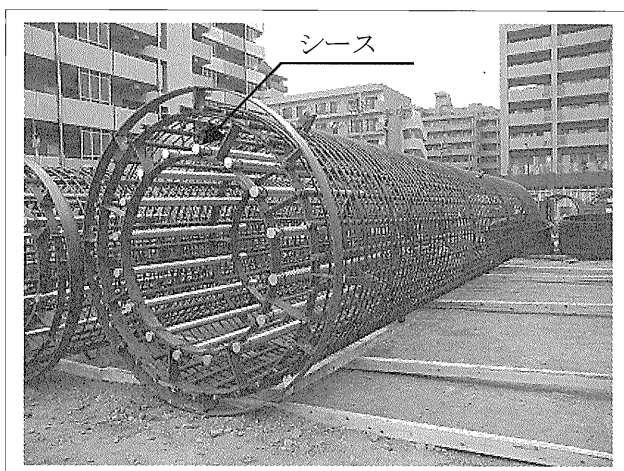
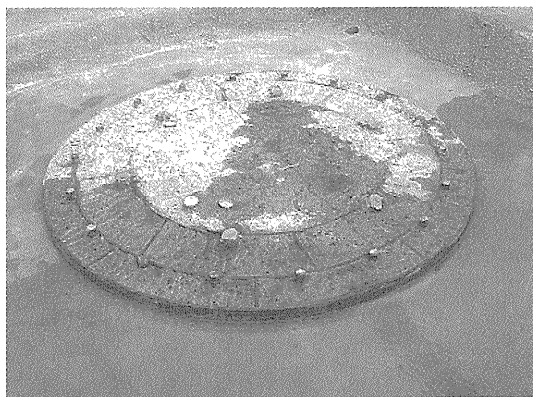


写真-2 杭の鉄筋かごの組立て

式を採用した。

## ② 杭頭処理

シース方式の場合には、杭頭の余盛りコンクリートをはつる際に軸方向鉄筋の突出が無いことから施工が速く、簡単である。杭頭処理後は杭頭周辺に捨てコンクリートを打設し、本工法特有の PC リングの設置となる（写真—3）。

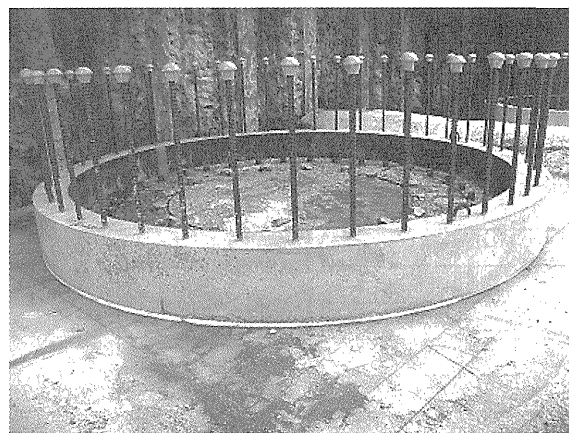


写真—3 杭頭処理後

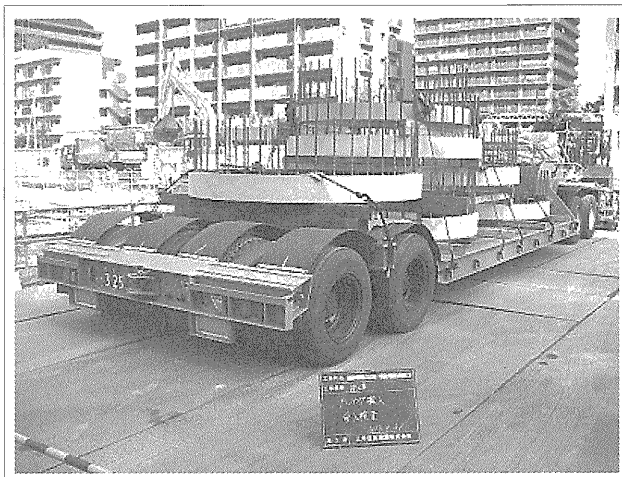
## ③ PC リングの設置

製作工場より搬入した PC リング（写真—4）をクレーン等の揚重機にて杭に被せるように設置する（写真—5）。そのレベル調整は PC リング下面に 3 箇所備わっている調整ボルトにて行う。

設置後、PC リング下面の空隙を確保するため、その内側と外側にバックアップ材または硬練りモルタル



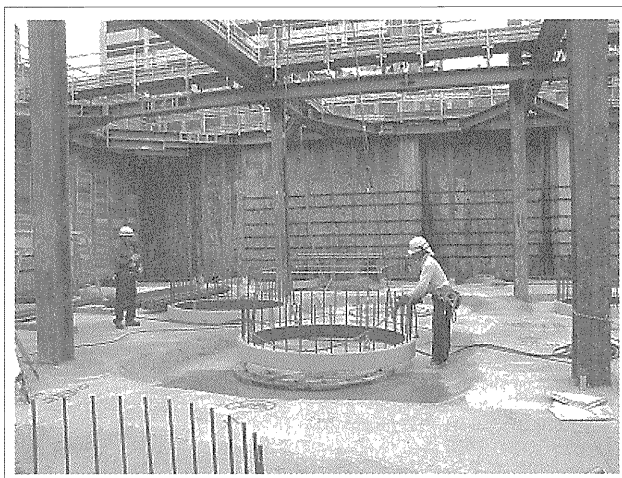
写真—6 PC リング下面の目詰め



写真—4 PC リングの搬入



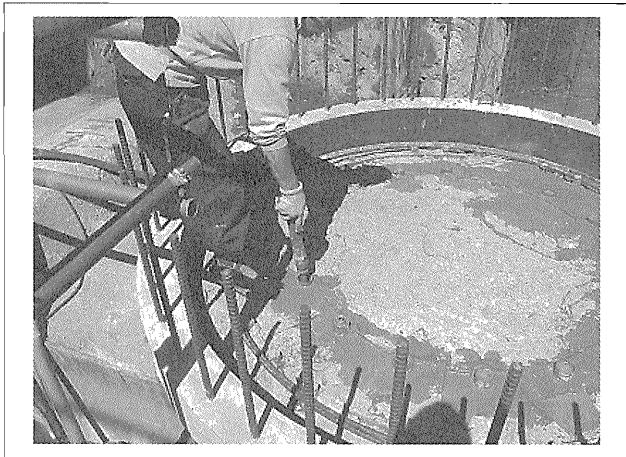
写真—7 ローリ車によるモルタル製造



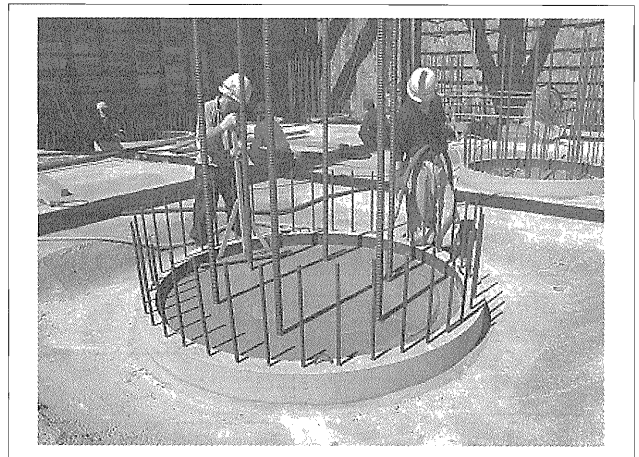
写真—5 PC リングの設置



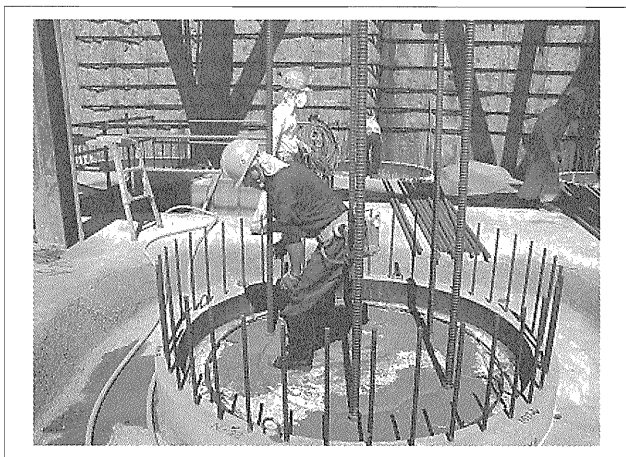
写真—8 ローリ車によるモルタル圧送



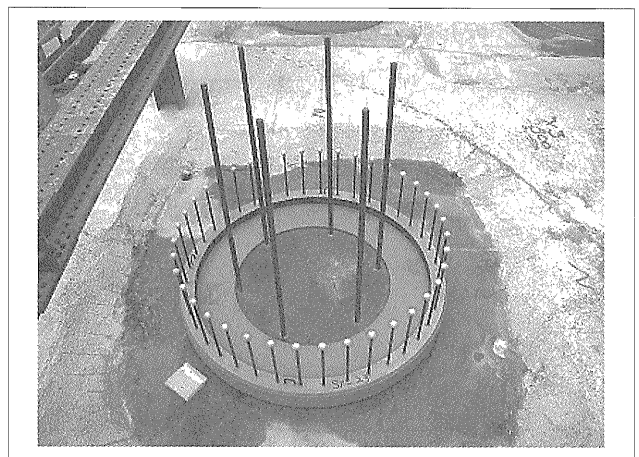
写真—9 シース内へのモルタル充填



写真—11 杭頭接合部へのモルタル流込み



写真—10 引張り定着筋の挿入



写真—12 杭頭部への発泡ポリエチレン設置

で土手を作り、杭頭部モルタルやリング周囲に打設する捨てコンクリートがリング下面へ入り込まないように処置を行う（写真—6）。

#### ④ モルタル打設、引張定着筋の設置

シース内の洗浄後、無収縮モルタルを充填し、引張定着筋の挿入、杭頭モルタルの打設といった一連の杭頭形成作業を行う。

本案件では、プレミックス型のモルタルの混練り、圧送作業に対し、スラリー供給システムを採用した。このシステムは専用ローリ車に搭載されたミキサとポンプで行うもので、従来の混練り手間、機械類の手配が不要となり、施工の大幅な合理化を可能とした。

なお、施工に先がけ、使用するローリ車で混練りを行い、適正水量を把握し、施工時にはJロート試験によるコンシステンシーの確認を行った（写真—7～写真—11）。

#### ⑤ 杭頭緩衝材の設置

杭頭部モルタルの硬化後 PC リング外周部と杭頭部に緩衝材（発泡ポリエチレン）を設置して杭頭半固定

工法の作業が完了する（写真—12）。

## 4. キャプテンパイル工法の設計

CTP 工法の簡易設計フローを図—7 に示す。基本的な計算の流れは、杭頭を固定とした従来の方法と同じである。従来の計算では、杭の水平剛性に応じてせん断力を配分していたが、CTP 工法の場合、杭頭の固定度に応じて各杭にせん断力の配分を行うところに違いがある。

また、杭頭の固定度の算定において、杭頭接合面の断面解析が必要なことなど若干複雑な計算を伴うが、手計算レベルで検討を行うことができるように、固定度とせん断力の関係を生出力するエクセルシートを用意した。

さらに、固定度の算定から杭の応力算定、断面計算までの一連の計算を行う設計プログラムの開発もっており、設計にかかる時間およびコストをさらに低減することができるようにした。

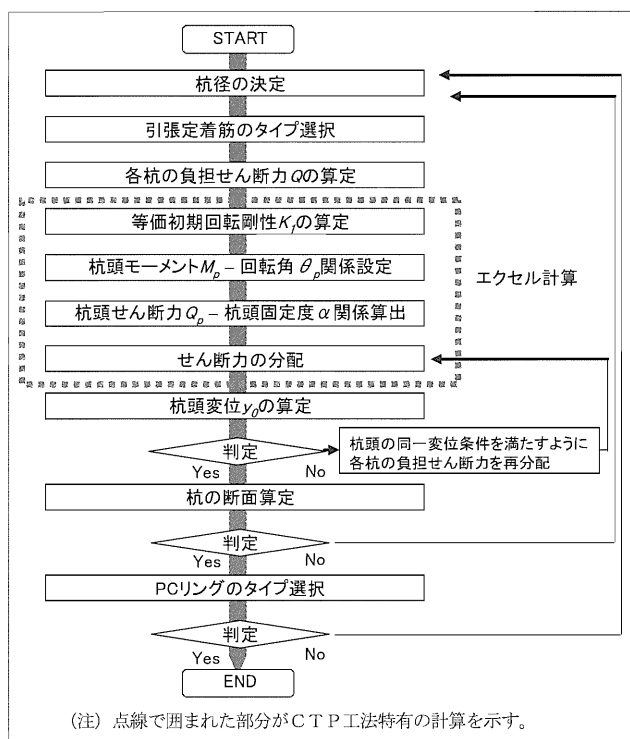


図-7 簡易設計フロー

## 5. おわりに

近年、建物建設において環境へ配慮した設計や、環境負荷の低い建設手法の採用が求められる機会が増えている。CTP工法は、杭断面を縮小化できる点により、杭や基礎梁のコンクリートや鉄筋の使用量を削減できるだけでなく、建設廃棄物や副産物として問題と

なる建設汚泥や残土の排出量を削減でき、環境負荷の低減に寄与できる工法と言える。

JCM A

### 《参考文献》

- 1) 吉松敏行ほか：場所打ち杭用杭頭半固定工法の開発（その1）～（その9），日本建築学会大会学術講演梗概集/構造Ⅰ，pp.349-366，2006年9月
- 2) 宮田 章ほか：杭頭半固定接合部に用いるリング部材のせん断抵抗，第41回地盤工学研究発表会平成18年度発表講演集，pp.1427-1428，2006年7月
- 3) 新井寿昭ほか：杭頭半固定接合部に用いる定着筋の引抜試験，第41回地盤工学研究発表会平成18年度発表講演集，pp.1429-1430，2006年7月
- 4) 秦 雅史ほか：杭頭半固定接合部の圧縮試験，第41回地盤工学研究発表会平成18年度発表講演集，pp.1431-1432，2006年7月

### 〔筆者紹介〕

吉松 敏行（よしまつ としゆき）  
鹿島建設株式会社  
建築設計本部  
構造設計統括グループ  
統括グループリーダー



西村 憲義（にしむら のりよし）  
三井住友建設株式会社  
建築管理本部  
建築技術部  
部長



山浦 一郎（やまうら いちろう）  
五洋建設株式会社  
建築本部  
建築エンジニアリング部  
部長



現場技術者のための

# 建設機械整備用工具ハンドブック

- ・建設機械整備用工具約180点の用語解説と約70点の使い方を収録。
- ・建設機械の整備に携わる初心者から熟練者まで幅広い方々の参考書として好適。

■ A5判 120頁

■ 定 価：会 員 1,050円（消費税込），送料420円  
非会員 1,260円（消費税込），送料420円

社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8（機械振興会館） Tel. 03(3433)1501 Fax. 03(3432)0289

# 地盤改良技術「DCM-L 工法」の高度化

大西 常 康・枘 田 旬 祐

軟弱な地盤にセメントスラリーを添加・混合する陸上深層混合処理工法（DCM-L 工法：Deep Cement Mixing Method Land）は、土木・建築分野で数多くの施工実績を持っている。阪神・淡路大震災でも被害が少なかった「神戸メリケンパークオリエンタルホテル」を始めとし、竹中グループではプロジェクト 200 件以上、延べ 500 万  $\text{m}^3$  を超える改良実績がある。一方、陸上深層混合処理工法においても、施工品質、施工効率の向上、コスト縮減および環境問題への対応が求められている。株式会社竹中土木では、陸上深層混合処理工法を基本としたさまざまな新工法の開発を行っており、本報文ではこれらの工法の概要および適用事例について報告する。

キーワード：地盤改良、深層混合処理工法、多軸施工、方向制御、土壌浄化、VOC

## 1. はじめに

軟弱な地盤にセメントスラリーを添加・混合し地盤を強化する陸上深層混合処理工法は、建築・土木の種々の用途に使用され、多くの施工実績をあげている。

しかし、近年の建設分野でのさまざまな変革に伴い、より一層の改良地盤の品質向上とともに施工効率の向上やコスト縮減が要求されている。これらの要求に対処するために、筆者ら（株式会社竹中土木、以下、当社）は従来の 2 軸処理機を発展させ、施工効率向上のための 4 軸処理機（DCM-L Twins 工法）、施工品質向上のため攪拌翼の方向制御を可能とした工法（パペット工法）、揮発性有機化合物汚染土を原位置で分解・浄化する工法（DCM-e 工法）等を開発し実工事へ適用している。

本報文は、開発した各工法の特徴を述べるとともに、それらの工法およびシステムを用いた工事の概要および結果を報告するものである。

## 2. 4 軸処理機（DCM-L Twins 工法）<sup>1)</sup>

### （1）4 軸処理機の概要

4 軸処理機は、2 軸用モータ（90 kW×2 台）と並列 4 軸装置を組合わせて 4 本の駆動軸・攪拌翼を回転させる。

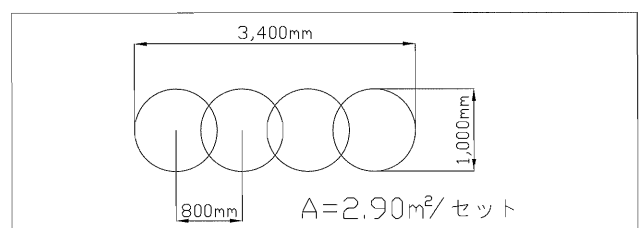
この並列 4 軸装置は、入力側 2 軸を出力側 4 軸に変換する同期ギア装置である。4 本の駆動軸の軸間距離は 800 mm、改良径は  $\phi 1,000$  mm、改良面積は 2.9

$\text{m}^2$  である。4 軸処理機を運転する動力源は、発電機 600 kVA が 1 台である。

セメントスラリーの製造は、全自動プラント（24  $\text{m}^3/\text{h}$  級）2 台でスラリーポンプ 4 台に対応し、4 軸す



写真—1 4 軸処理機



図—1 4 軸処理機の改良断面



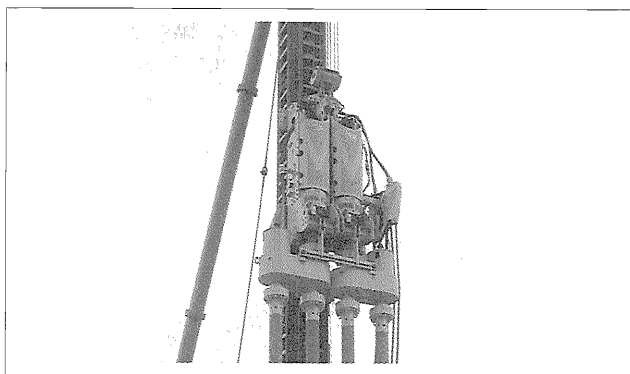
べてからセメントスラリーを吐出する。

施工管理システムは、2軸処理機の管理装置を2セット使用することで、従来の2軸処理機による施工品質の実績を受継いだ。4軸処理機の全景を写真—1に、改良断面形状を図—1に示す。

## (2) 実工事への適用

### (a) 施工概要

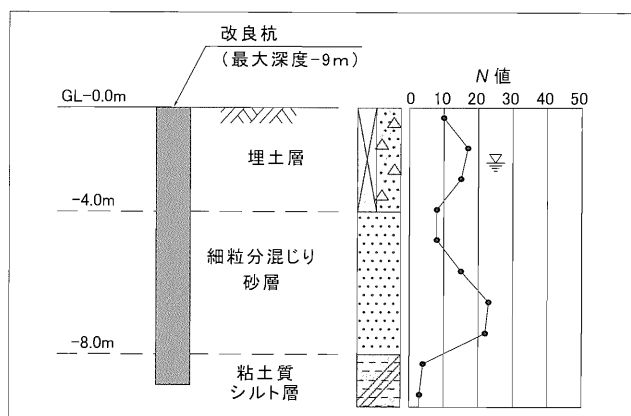
大阪市福島区に分譲マンション新築工事における基礎工事のうち、杭併用の耐液状化格子状深層混合処理工に4軸処理機を適用した。4軸処理装置は、全装備重量135tクラスの3点式杭打ち機に装備した。



写真—2 4軸処理機（上部）

表—1 処理機能力

| 項 目                         | 形式/能力                          |     |      |
|-----------------------------|--------------------------------|-----|------|
| モータ                         | 90 kW×4/8 P×2 台<br>(400/440 V) |     |      |
| 回転数<br>(min <sup>-1</sup> ) | 50 Hz                          | 4 P | 32.2 |
|                             |                                | 8 P | 16.1 |
|                             | 60 Hz                          | 4 P | 38.7 |
|                             |                                | 8 P | 19.3 |
| 掘削トルク<br>(1軸分に換算)<br>(kN・m) | 50 Hz                          | 4 P | 13.3 |
|                             |                                | 8 P | 26.7 |
|                             | 60 Hz                          | 4 P | 11.1 |
|                             |                                | 8 P | 22.2 |
| 改良径 (mm)                    | φ 1,000                        |     |      |



図—2 土質柱状図

施工本数は203セット、打設長は9.0mである。固化材は高炉セメントB種を使用し、添加量は250 kg/m<sup>3</sup>、設計基準強度は1,500 kN/m<sup>2</sup>である。

対象地盤はGL-4.0mまでが埋土、GL-8.0mまでがN値=8~23の細粒分混じり砂層、それ以深が粘土質シルト層である。処理機上部を写真—2に、処理機の能力を表—1に、地盤の代表的な土質柱状図および改良深さを図—2に示す。

### (b) 改良体の品質

採取したコアの1軸圧縮試験結果を表—2に示す。試験結果は、細粒分混じり砂層の中央部における値で、統計量を除く表中の数値は3供試体の平均値である。

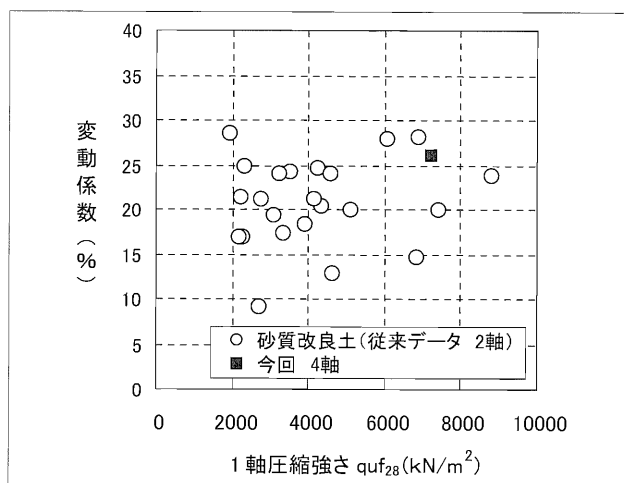
平均1軸圧縮強さ  $q_{uf28}$  は、7,195 kN/m<sup>2</sup>で、合格判定値を上まわった。また、強度の変動係数は26%となり、図—3に示すように、砂質土の改良としては従来の2軸処理機の変動係数の範囲となった<sup>2)</sup>。

### (c) 施工効率

4軸処理機の適用の結果、1回の施工で従来の2セット分の施工が可能となり、工期を約40%短縮することができた。施工にかかった日数は、8時間の昼間施工で21日間であった。1日当たりの平均施工数は9.7セット/日となり、国土交通省の標準積算歩掛（スラ

表—2 品質試験結果

| コア採取位置   | 湿潤密度<br>$\rho_t$<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | 含水比<br>$w$<br>(%) | 1軸圧縮強さ<br>$q_{uf28}$<br>(kN/m <sup>2</sup> ) |
|----------|------------------------------------------|-------------------|----------------------------------------------|
| ①        | 1.994                                    | 19.0              | 9897                                         |
| ②        | 1.914                                    | 20.8              | 5090                                         |
| ③        | 1.991                                    | 21.7              | 5090                                         |
| ④        | 2.078                                    | 16.4              | 8283                                         |
| ⑤        | 1.920                                    | 21.3              | 6960                                         |
| ⑥        | 2.014                                    | 21.2              | 7850                                         |
| 平均値      | 1.985                                    | 20.1              | 7195                                         |
| 標準偏差     | 0.061                                    | 2.0               | 1888                                         |
| 変動係数 (%) | 3.1                                      | 10.1              | 26.2                                         |



図—3  $q_{uf28}$  の変動係数



リー攪拌工) の 9.0 セット/日を上まわることができた。

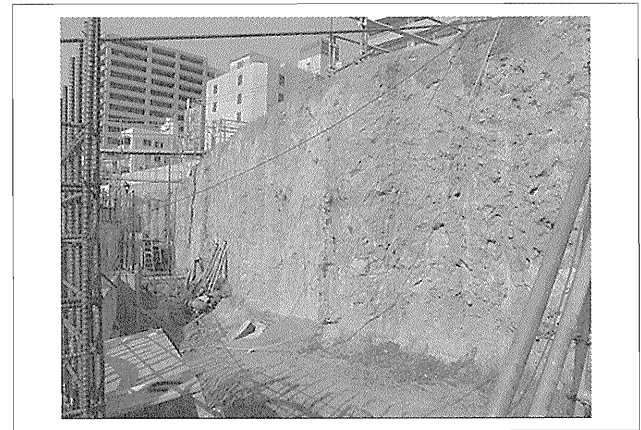
また、4 軸処理機の運転において、モータの異常な温度上昇や発電機の遮断等の障害も見られなかった。

(d) ラップ交差部の品質

ラップ交差部は、24 時間以内に施工することを原則としている。しかし、杭の配置によっては後行杭の打設までに 3 日以上かかるケースがある。このような場合、先行杭の強度発現が大きくなり、一体性の保持が難しくなり、せん断耐力の低下や遮水機能の低下の原因となる可能性があった。

これを防止するために従来は、後行杭をセメントスラリーの吐出なしで施工(空打ち)し、先行杭とのラップ交差部をあらかじめ乱しておくなどの処置を行っている。しかし、今回の工事では、施工効率の向上により、片側からの連続施工で、休日 1 日を挟む以外はすべて 24 時間以内にラップ交差部の施工を行うことができた。

外周部改良土壁の掘出し状況を写真—3 に示す。掘出した側面を観察した結果、ラップ交差部または 1 セット内に漏水は認められなかった。4 軸処理機による施工は、ラップ交差部自体も半分になることから、止水に対しても有利である。



写真—3 改良土壁

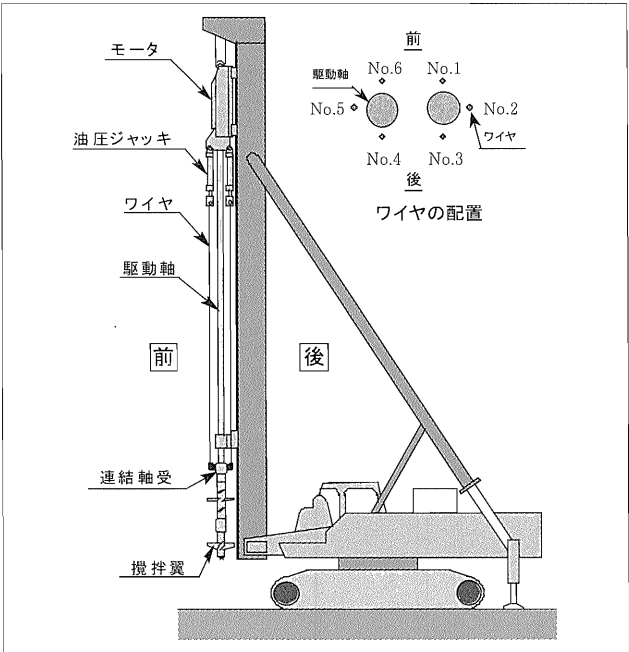
3. 方向制御システム (パペット工法)<sup>3)</sup>

(1) システムの概要

方向制御システムは、2 軸モータ下端に取付けられ方向制御のための引き力を発生させる油圧ジャッキ、ジャッキの引き力を連結軸受に伝達するワイヤ、地中における攪拌翼の現在位置をリアルタイムに検出する 3 次元ジャイロセンサおよび管理室内に設置する施工管理システムから構成される。

方向制御は、モニタにリアルタイムで表示される攪拌翼の軌跡にもとづき油圧ジャッキを適宜操作するこ

とで行う。油圧ジャッキの引き力を連結軸受に伝達するワイヤは、引張り荷重による伸びが生じないことから PC 鋼より(撚り)線を採用した。また、腐食対策として外周をポリエチレン被覆とした。方向制御システムの構成を図—4 に、油圧ジャッキとワイヤの仕様を表—3 に示す。



図—4 方向制御システム

表—3 油圧ジャッキとワイヤの仕様

|        |      |            |                             |
|--------|------|------------|-----------------------------|
| 油圧ジャッキ | 前後方向 | 本 数<br>引き力 | 前後各 2 本、計 4 本<br>Max 200 kN |
|        | 左右方向 | 本 数<br>引き力 | 左右各 1 本、計 2 本<br>Max 340 kN |
| ワイヤ    | 前後左右 | 外 径        | 35.6 mm                     |

(2) 実工事への適用

(a) 施工概要

対象工事は、株式会社竹中工務店新社屋建設工事(東京都江東区)の基礎工事である。建屋基礎には「TOFT 併用パイルド・ラフト基礎」という複合基礎工法が採用されており、方向制御システムは、同工法を構成する「TOFT 工法(耐液状化格子状深層混合処理工法)」に適用した。施工条件を表—4 に示す。

対象地盤は、表層が瓦礫混じりの埋設土、GL-9 m 付近までは含水比の高いシルト質細砂、それ以深は粘

表—4 施工条件

|         |                         |
|---------|-------------------------|
| 改 良 長   | L=11.2 m                |
| 設計基準強度  | 1,800 kN/m <sup>2</sup> |
| セメントの種類 | 高炉セメント B 種              |
| セメント添加量 | 175 kg/m <sup>3</sup>   |
| 水セメント比  | 80%                     |

着性に乏しい粘土質シルトと砂質シルトの互層である。

方向制御を行った施工総本数は 73 セットである。

また、精度確認のため着色杭を 1 セット施工した。

#### (b) 鉛直精度

施工完了後、鉛直精度確認のため着色杭と一般杭のラップ交差部を大口径ボーリング（外径 220 mm）した。ボーリング完了後、孔曲がり測定器によるボーリング孔計測とボアホールカメラによる孔壁撮影を行った。軌跡管理システムの計算結果と孔壁の画像展開図から推定した先端軌跡および施工時の油圧ジャッキの操作状況を図-5 に示す。

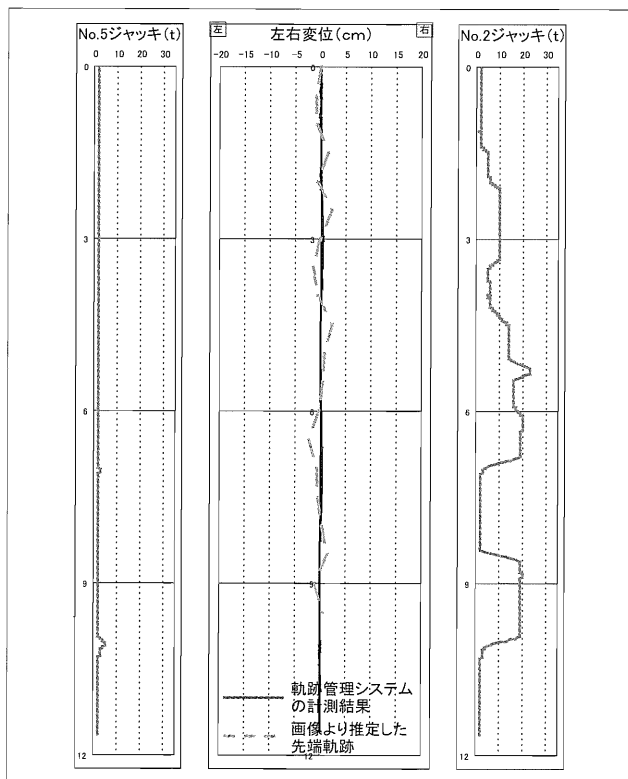


図-5 先端軌跡の比較

図-5 より、軌跡が左方向へ変位するのを抑えるため、右ジャッキ（No.2）を操作した結果、先端軌跡がほぼ鉛直に制御されたことが分かる。また、油圧ジャッキの最大引力は 230 kN であった。軌跡管理システムの計算結果と計測した鉛直変位を比較すると、ほぼ±3 cm 以内で一致しており、施工深度にかかわらずに方向制御が可能であることが分かる。

#### (c) 施工効率

方向制御を実施した 73 セットの施工期間は、7 日間であった（1 セットは載荷試験用）。1 日当たりの施工数は、空掘りは含まないで平均で 10.3 セット/日、最大で 13 セット/日であった。施工時間は、平均で約 29 分/セットで、方向制御を行っても標準施工の 28 分/セット（貫入 12 分、先端処理 4 分、引抜き 12 分）

と同等であった。

また、貫入時のジャッキの操作は、処理機の運転・操作に影響していないことをオペレータより確認できた。

#### (d) 施工品質

ボーリング採取したコアの 1 軸圧縮試験結果は、平均で 3,000 kN/m<sup>2</sup> で、設計基準強度の 1,800 kN/m<sup>2</sup> を上回った。

このことから、方向制御用の装置類（ワイヤ、連結軸受、信号線保護管）は、改良杭の施工品質に悪影響を及ぼさないと判断した。

### 4. 土壌浄化（DCM-e 工法）<sup>4)</sup>

#### (1) 浄化工法の概要

本工法は、土壌の VOC（揮発性有機化合物）汚染部まで処理機を貫入させ、攪拌翼先端から浄化材を吐出し、汚染土壌と浄化材を均一に混合することで土壌浄化を行う工法である。また、攪拌・混合による地盤強度の低下には、浄化材とともに混合する固化材で強度を回復させる。図-6 に施工方法の概要を示す。

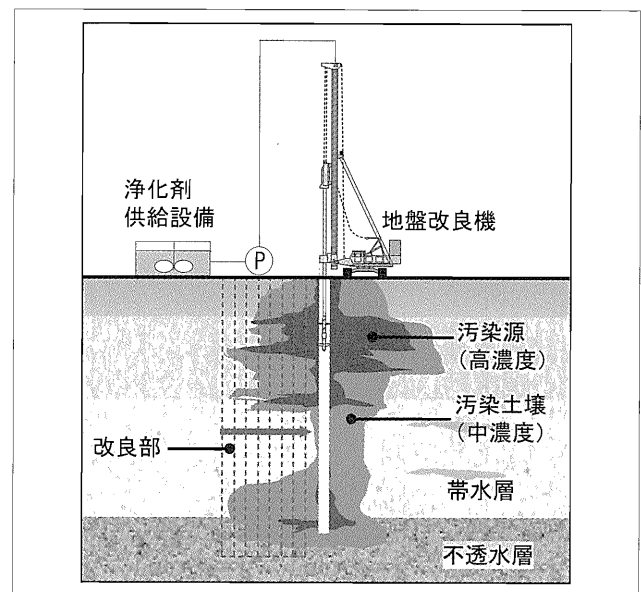


図-6 土壌浄化工法（DCM-e 工法）

汚染部の浄化は、中濃度 VOC 汚染（環境基準の百倍程度以下）の場合、「還元+固化」処理で行う。高濃度 VOC 汚染（環境基準の数万倍程度）の場合は、事前処理として過酸化水素による酸化処理を行い、汚染濃度を中濃度まで低下させた後に、「還元+固化」処理を行い環境基準レベルまで低下させる。

高濃度 VOC 汚染の場合、従来の金属系還元剤を用いると 6 カ月程度の浄化期間を必要としていたが、事前処理することで 1～3 カ月の浄化期間で可能となる。また、地盤強度の回復に使用するセメントは、還元作

用を阻害しにくい低アルカリセメントを使用していたが、金属還元剤に高活性鉄粉を使用することで高炉セメント等の汎用セメントを使用できる。

## (2) 実工事への適用

### (a) 施工概要

VOCの浸透による汚染された対象地盤は、シルト質粘性土を主体とした地盤であった。浄化対策前の溶出量は、TCE（トリクロロエチレン）が平均 7.6 mg/L、最大 26.2 mg/L、PCE（テトラクロロエチレン）が平均 52.6 mg/L、最大 174.4 mg/L で、汚染深度は GL-12 m、浄化土量は約 130 m<sup>3</sup> である。

酸化処理では、触媒に鉄塩 ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) とリン酸を用い、酸化剤には 35% 過酸化水素を用いた。還元処理として、還元剤には高活性鉄粉を用い、固化材はマグネシア系の低アルカリセメントを用いた。

施工は、酸化処理後に半日～1 日程度の反応期間をおいた後に「還元+固化」処理を実施した。その後、チェックボーリングを行い、7 日および 90 日後の溶出濃度と 90 日後の地盤の 1 軸圧縮強さを確認した。施工状況を写真-4 に示す。



写真-4 土壤浄化状況

### (b) 浄化結果

TCE 溶出濃度の経時変化を図-7 に、PCE 溶出濃度の経時変化を図-8 に示す。

図-7より、TCE は還元処理直後には環境基準値以下の 0.01 mg/L となり、90 日後には定量限界値である 0.0001 mg/L まで浄化することができた。また、PCE は対策前は環境基準値の約 5,000 倍の高濃度であったが、酸化処理直後には中濃度程度まで下げることができ、7 日後には環境基準値以下の 0.005 mg/L となった。

また、90 日後には平均値で 0.0005 mg/L まで浄化することができ、最大値も 0.002 mg/L と環境基準値以下とすることができた。

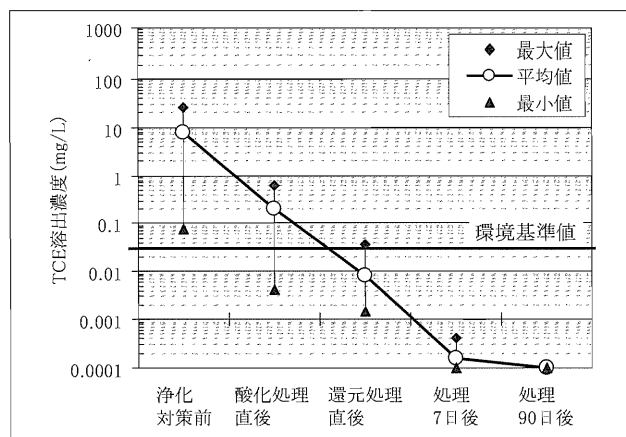


図-7 TCE 溶出濃度の経時変化

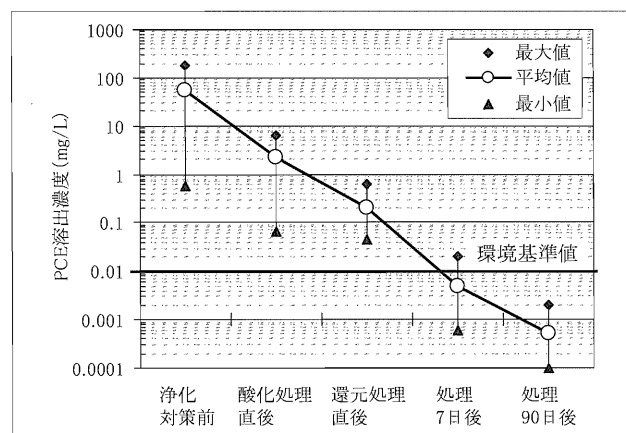


図-8 PCE 溶出濃度の経時変化

地盤強度の経時変化を図-9 に示す。図-9 より、対策前の原地盤の 1 軸圧縮強さは、平均 60.0 kN/m<sup>2</sup> であったが、浄化時の攪拌混合により、約 1/10 の 5.0 kN/m<sup>2</sup> 程度まで低下した。しかし、処理 90 日後には、浄化材スラリーと同時に混合した固化材により平均 56.0 kN/m<sup>2</sup> となり、ほぼ原地盤まで回復させることができた。

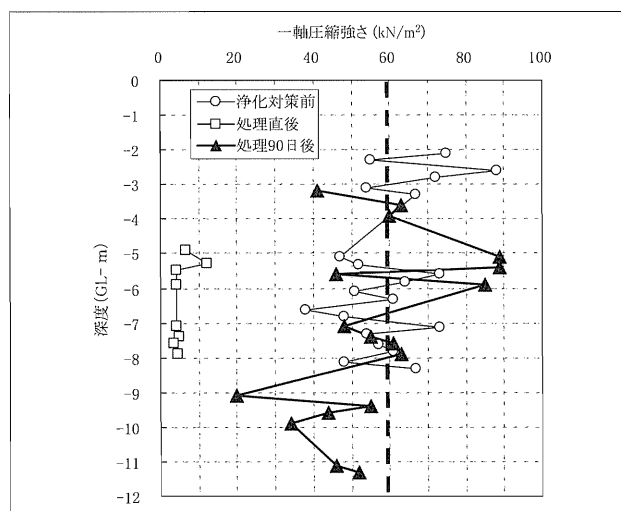


図-9 地盤強度の経時変化

## 5. おわりに

竹中土木で取組んできた新しい技術の概要と適用結果を報告した。結論としては、4軸処理機は、従来と同等の品質が確保できるとともに、軸数が増えた分、施工効率を著しく向上することができた。また、ラップ交差部の一体性確保とラップ箇所数の低減が可能となり、品質的にも有利である。

方向制御システムについては、攪拌翼の先端変位を少なくとも5cm以内で制御することができた。これにより、鉛直精度の向上、ラップ幅低減による産業廃棄物の排出量抑制およびコスト低減が期待できる。

土壌浄化への適用では、TCE、PCE共に従来よりも短期間で環境基準値以下に低下させることができた。また、地盤強度低下に対しても、90日後に原地盤強度にまで回復することが実証できた。

最後に、本工法およびシステムの開発にご協力をいただいた関係各位に感謝の意を表します。

### 《参考文献》

- 1) 栢田ほか：深層混合処理工法における4軸処理機の開発と施工，土木学会全国大会，VI-054，2006
- 2) (財)日本建築総合試験所，建築技術性能証明評価概要報告書 DCM-L 工法，p.55，2004
- 3) 大西ほか：深層混合処理機の施工精度制御装置の実用化，第10回建設用ロボットシンポジウム論文集，pp.363-368，2004
- 4) 近ほか：中・高濃度 VOC 汚染の原位置浄化技術：DCM-e 工法，基礎工，vol.33，No.7，pp.50-52，2005

J C M A

### 【筆者紹介】

大西 常康（おおにし つねやす）  
株式会社竹中土木  
工事本部  
機材グループ  
課長



栢田 旬祐（ますだ しゅんすけ）  
株式会社竹中土木  
西日本機材事業センター  
施工グループ



## 大口径岩盤削孔工法の積算

——平成 18 年度版——

### ■内 容

- (1) 適用範囲
- (2) 工法の概要
- (3) 岩盤用アースオーガ掘削工法の標準積算
- (4) ロータリー掘削工法の標準積算
- (5) パーカッション掘削工法の標準積算
- (6) ケーシング回転掘削工法の標準積算
- (7) 建設機械等損料表

■A4判 約250頁（カラー写真入り）

### ■定 価

非会員：5,880円（本体5,600円）

会 員：5,000円（本体4,762円）

送 料：会員・非会員とも

沖縄県以外 450円

沖縄県 340円（県内に限る）

※学校及び官公庁関係者は会員扱い

## 社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8（機械振興会館）

Tel. 03(3433)1501 Fax. 03(3432)0289 <http://www.jcmanet.or.jp>

# 鋼管杭プレボーリング先端拡大根固め工法 (SGE 工法)

## —掘削拡大ヘッドの開発—

河野 真・大槻 貢・田中 敏男

2003年に杭の鉛直支持力の上限規制が撤廃されたことを機会に、杭の材料強度を生かした工法開発が各社で進められている。ここでは鋼管杭プレボーリング先端拡大根固め工法として開発された「SGE 工法」を施工するための基幹技術である掘削拡大ヘッドについて紹介する。

また、小径杭施工用に適用される「蹴り出し機構付き逆転式拡大ヘッド」と、大径杭施工用に適用される「水圧式拡大ヘッド」という従来工法にはなかった新技術も開発したので施工例と共に紹介する。

キーワード：基礎，新工法，鋼管杭，基礎機械，拡大ヘッド

### 1. はじめに

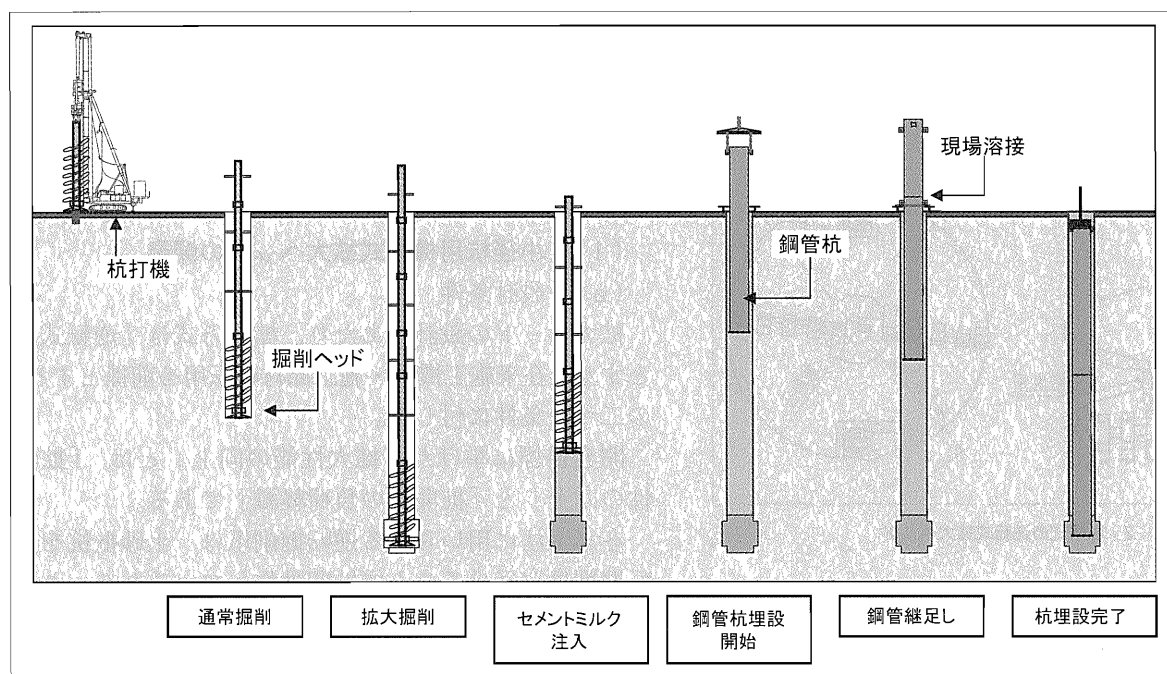
建築分野における鋼管杭は、他の杭種に比べ体積が小さく、沈設施工時の発生土も少量で、施工現場周辺に優しい杭体としての評価を得ていた。しかし法規制により地盤から決まる杭の鉛直支持力（建造物を支える杭の鉛直方向の耐力）の上限が低く設定されていたため、鋼管杭本来の材料強度を活かすことができず、他の工法に比べコスト高になっていた。

2003年に杭の鉛直支持力の上限規制が撤廃されたことを機会に、杭の材料強度を生かした工法開発を進

め「SGE 工法（鋼管杭プレボーリング先端拡大根固め工法）」を開発した。ここでは、「SGE 工法」を施工するための基幹技術である掘削拡大ヘッドについて紹介する。

### 2. SGE 工法とは

SGE (Steel Geo Ecology) 工法とは、掘削ヘッドを用いて掘削液を注入しながら地盤を掘り進んだ後、掘削ヘッドの拡大掘削爪を広げ杭先端部（根固め部）を拡大掘削する。ついでセメントミルクを注入し、攪拌した後、鋼管杭を埋設する工法である。鋼管杭先端



図一1 SGE 工法の施工手順

にはリング筋及びディスクプレートを取付け鋼管杭と根固め球根の一体化、耐力向上を計っている（図-1）。

SGE 工法は、杭の支持力性能を従来工法の約 2 倍に高めて杭本数を最大約半数に減らすことができ、工期短縮、残土処理費用軽減等により材工費を従来工法に比べ最大約 40% 低減した。高いコスト競争力を武器に、物流倉庫、商業施設など基礎杭の需要の大きい中高層建築物分野をターゲットとしている。

### 3. 掘削拡大ヘッドの開発経緯

SGE 工法は従来工法に比べ支持力を大幅に向上させることのできる工法であり、在来式のプレボーリング先端拡大根固め工法と比較して通常掘削径に対する先端掘削径の拡大率が高い。そのため、在来式の拡大ヘッドでは拡大時の負荷が大きくなることが予想された。

#### （1）在来式拡大ヘッド

従来工法に用いられる「在来式の拡大ヘッド」としては、「逆転式拡大ヘッド」が一般的である。

その作動方法は以下のとおりである。所定深さ掘削後、逆回転させることによって掘削孔内の土砂抵抗によりヘッド外周付近にピン支持された逆転掘削爪が回転し、逆転掘削爪先端が掘削外周面へ食込み、ヘッド径より拡大した径に掘削する。

その後、一定長さを逆回転のまま引上げ、外周面の拡大掘削を行い拡大根固め部を造成する。

基本的にヘッド単体で機能するため、オーガ駆動部に接続されるロッド及びスクリーロッド（作業軸）は、オーガ駆動部を含めプレボーリング工法などで使用される一般的な施工機械、施工部材が利用可能である（図-2）。

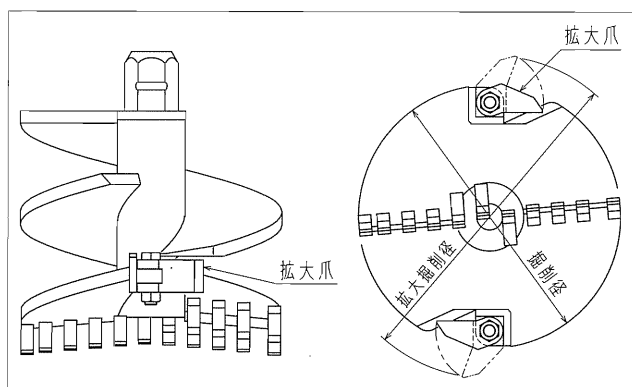


図-2 在来式の逆転式拡大ヘッド

#### （2）開発目標

在来式の逆転式拡大ヘッドに手を加えるだけでは、

拡大力を土砂抵抗に依存しているため地盤条件によっては拡大性が低く、また、大径杭では拡大時の負荷も大きくなると予想される。そこで、本開発の開発目標として次の 2 点を掲げた。

##### ①拡大性能の向上

拡大しやすく、拡大による負荷を低減させた、新たな拡大ヘッドを開発する。

##### ②在来技術の活用

在来の施工機械及び施工設備を活用することで、新技術採用時のリスクを減らし、設備投資も抑える。

### 4. 掘削拡大ヘッドの開発概要

杭径を小径と大径に分け、小径杭施工には「機械式拡大ヘッド」、大径杭施工には「流体駆動式拡大ヘッド」を採用した。

杭径を分けた理由は、全杭径に機械式（逆転式）拡大ヘッドを採用した場合、大径杭になるに伴い、拡大時に掘削負荷が増加し、施工機械、施工部材の大型化が考えられたためである。

一般に逆転式拡大ヘッドは、拡大する際に拡大最大径まで一気に開いてしまい拡大動作の負荷が多くなる。そこで、大径杭施工用には、拡大動作を複数回に制御でき、段階的な拡大掘削が可能な「流体駆動式拡大ヘッド」の採用を検討した。

しかし、全杭径に流体駆動式拡大ヘッドを採用した場合には、施工機械すべてに流体駆動用の装備が必要になり設備コストが多くなることが懸念された。

また、機械式拡大ヘッドでは、拡大抵抗の少ない小径杭であれば、在来施工機械、施工部材が使用でき、専用装備は必要がないと考えられ、小径杭施工用には機械式拡大ヘッドを採用した。

以下、小径杭用・大径杭用それぞれの掘削拡大ヘッド開発について紹介する。

#### （1）小径杭用機械式拡大ヘッドの開発

##### （a）設計条件

拡大ヘッドの設計にあたり、拡大方式は「逆転式」とする、在来施工機械・施工部材の転用を前提とする、の二つを条件に付した。

開発目標に挙げた「拡大性能の向上」とは、「拡大性の向上」と「拡大時の負荷軽減」である。

在来工法に用いられる逆転掘削爪は、土砂抵抗を逆転掘削爪が受けることで拡大動作しているため、ある程度の土砂受け面積（爪幅）が必要になっていた。しかし、比較的拡大率の高い SGE 工法にとって拡大性



向上を目的とする拡大掘削爪幅の拡幅は、拡開動作時の負荷増加に大きく影響する。

拡大掘削爪幅を広げる方式とは別な方法で、拡開性向上を図る必要がある。

以上の相反する条件を満足する新方式の蹴り出し機構付き逆転式拡大ヘッドの開発を進めた。

(b) 「蹴り出し機構付き逆転式拡大ヘッド」の構造 (図-3)

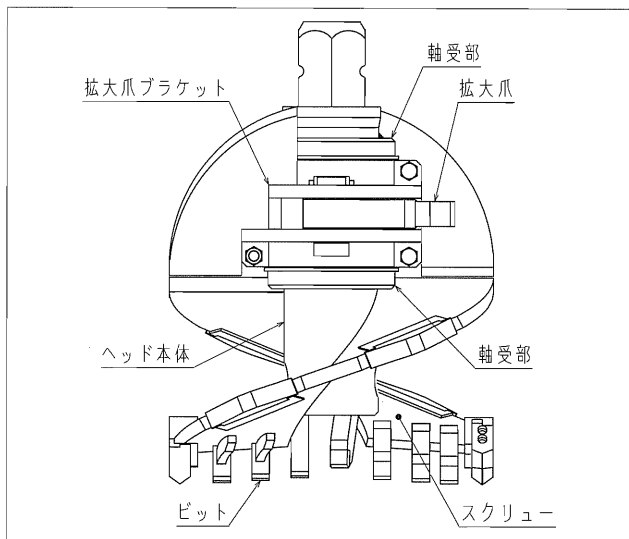


図-3 蹴り出し機構付き逆転式拡大ヘッド

ヘッドは大きく分けて三つの部品によって構成される。

#### ①ヘッド本体

地盤を掘削するための掘削ビット・スクリューで構成された「ヘッド先端部」と「拡大爪ブラケット」を固定する「軸受部」を備えた主軸部分である。

#### ②拡大爪ブラケット

「拡大爪」をヘッド本体へ固定するための部品である。ヘッド本体に対し着脱可能かつ一定角度揺動可能な取付けを構成する。「拡大爪」を挟込む形で、2個が等配位置にピン支持できる構造である。

#### ③拡大爪

逆回転によって、杭先端部の拡大根固め部を掘削・造成するための拡大掘削用爪である。ヘッド本体に対し等配位置に2個配置され、先端部には掘削ビットを装備している。

(c) 「蹴り出し機構付き逆転式拡大ヘッド」の拡大動作

拡大爪ブラケット部断面を使用して拡大動作を以下に説明する (図-4)。

#### ①通常掘削時

ヘッド本体軸の「カム」に対し、拡大爪ブラケットがつれ回る位置で固定される。

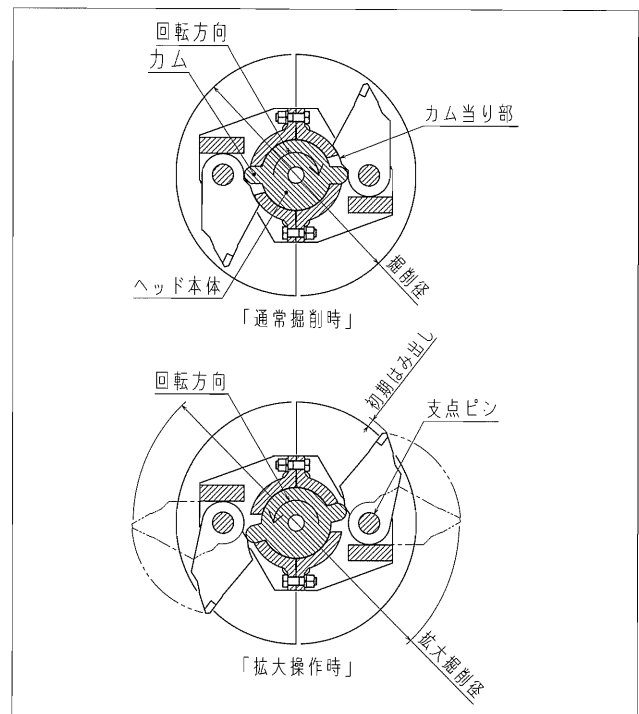


図-4 拡大爪ブラケット部断面

カムが拡大爪内周面の「カム当り部」に対して離れた位置関係になりカムに当りはない。よって通常掘削時には拡大爪が完全に閉じきった状態になり、拡大爪先端が掘削外径より外側へはみ出すことはない。

#### ②拡大操作時

逆回転により発生した土砂抵抗が拡大爪ブラケットに当り、ヘッド本体と回転位置が一定角度ずれ、カムが拡大爪ブラケットの溝を移動するような動きになる。カムの位置が移動することで拡大爪内周面の「カム当り部」にカムが当り、支点ピンを軸に拡大爪が回転し、拡大爪先端が掘削径より外側へ若干はみ出す位置に移動する。これにより通常掘削外周面へ拡大爪先端が食込み、さらに逆回転を続けることで拡大爪が回転し、拡大掘削状態まで拡大爪が開く機構である。

「拡開性の向上」については、逆回転時に強制的に拡大爪先端が掘削外周面へ食込む機構により拡開性は格段に向上した。そのきっかけとなる拡大爪ブラケットの回転運動は、土砂抵抗によるものであるが、拡開作動時に拡大爪ブラケットは拡大掘削部分へはみ出すことはなく拡開抵抗にはならないので、拡大爪ブラケットをより土砂抵抗を受けやすい形状にすることができた。

また、「拡開時の負荷軽減」についても、拡大爪は土砂抵抗を受ける必要がないため拡大爪幅を薄くでき、拡開負荷も最小限に抑えられる形状になった。

## (2) 大径杭用流体駆動式拡大ヘッドの開発

### (a) 設計条件

流体駆動式拡大ヘッドを採用する最大のメリットは、4章「開発概要」でも述べているが、「拡開動作を複数回に制御でき、段階的な拡開掘削が可能になり、掘削負荷を軽減できる」ことである。

セメントミルク注入経路とは別に、独立した配管をロッド及びスクリュウに装備し、その配管を使用して流体を流し、掘削ヘッドに装備したアクチュエータを駆動させ拡大爪の操作を行う。

拡開動作はオペレータの意思で任意に操作することが可能になり、拡大爪先端の掘削外周面への切込み量の調整を拡開掘削負荷を確認しながら操作できる。これによりオーガ駆動部、施工機械への無理な拡開掘削負荷が軽減できる。

3章2節「開発目標」に掲げた「②在来技術の活用」とは、主に既製杭中掘工法などに用いられている、「高圧内管」及び「高圧水」を使用することである。

「流体」を使用するうえで解決しなければならない課題は、専用施工機械、施工部材、専用ポンプ制御機器などの設備投資や施工後の機器のメンテナンスなどである。一般にアクチュエータ駆動に用いられる流体とは、油圧機器用作用油を言い、上記のような課題を常に抱えている。

在来技術の「高圧水」を使用することによって、単に「流体」を「作用油」から「水」に置換えただけではなく、油圧機器を使用するうえでの諸々の課題を解決することとなった。

しかし、水圧式拡大ヘッドに使用する在来工法からの転用機器は以下のとおりである。

- ①水圧ポンプ：高圧ミルク注入用ポンプ
- ②オーガ掘削装置・ロッドなど：在来工法対応型（注入用スイベル装置付き）

その他に、水を使用することのメリットとしては、施工機械、施工部材などにトラブルが発生した場合でも環境へのダメージがない、なども挙げられる。

### (b) 「水圧式拡大ヘッド」の構造（図—5、写真—1）

#### ①拡大爪固定部

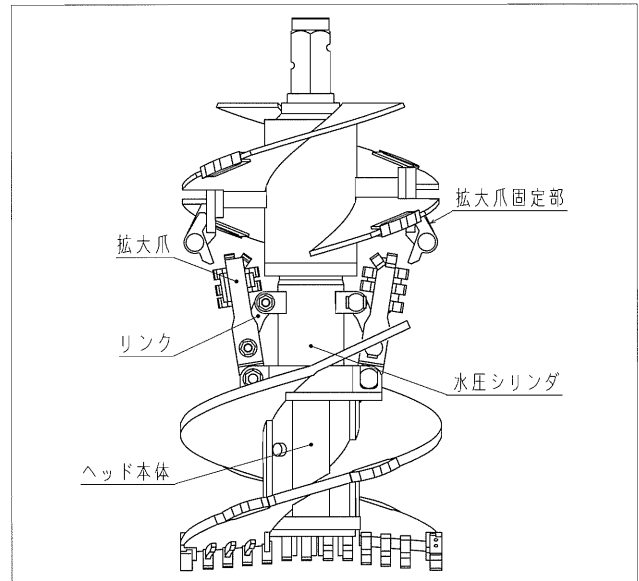
通常掘削時に拡大爪の拡大方向への動きを抑える。

#### ②水圧シリンダ

高圧水によって収縮し、リンク機構で拡大爪を拡大させる。

#### ③ヘッド本体

地盤を掘削するための掘削ビット、スクリュウ。拡大爪をピン支持しており、水圧シリンダの収縮力に



図—5 水圧式拡大ヘッド



写真—1 水圧式拡大ヘッド

より支点位置を移動させ拡大爪を拡大させる。

#### ④リンク

ヘッドロッドと拡大爪を繋ぎ、水圧シリンダの収縮により拡大爪を拡開させる。

#### ⑤拡大爪

正回転によって杭先端部の拡大根固め部を掘削、造成する。

### (c) 「水圧式拡大ヘッド」の拡大動作（図—6、写真—2）

全体の装置構成は、高圧内管を内蔵したオーガ駆動部、ロッド、スクリュウ及び水圧式拡大ヘッドである。水圧調整用バルブなどは施工機械側へ装備し、オペレータが操作可能な位置に配置する。

#### ①通常掘削時

拡大爪がオーガ自重などで拡開動作しないよう拡大

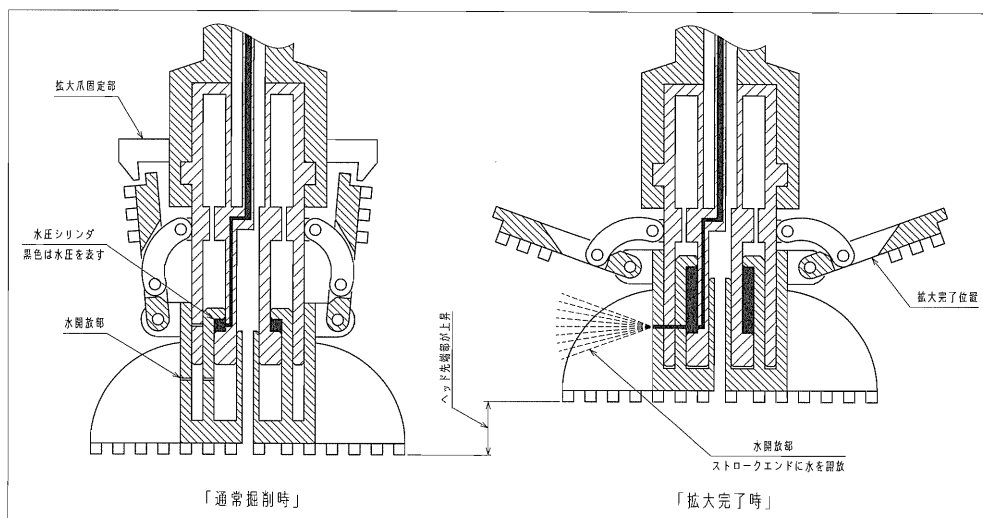


図-6 水圧式拡大ヘッド動作説明

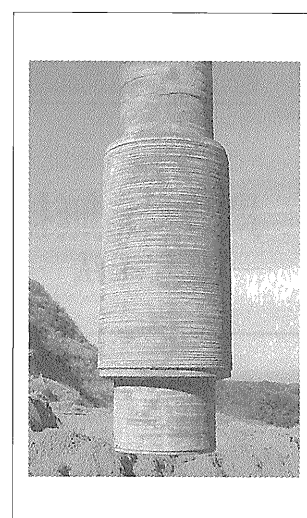


写真-2 SGE 工法拡大根固め部

爪固定部で拡大爪を固定した状態で掘削を行う。

## ②拡大掘削時

まず、ヘッド先端部を掘削孔底面へ預け、オーガを逆回転させ、孔底面を反力に拡大爪固定部と拡大爪の回転位置をずらし、拡大爪固定を解除する。

次に、水圧をかけて拡大爪を掘削外径へ食込ませ、正回転にて拡開掘削を行う。拡開掘削は複数回に分けて行い拡大爪が最外径まで開くと、ヘッド先端部の高圧水開放部から水が漏れ、水圧・水流量の変化により拡開完了が確認できる。

拡大掘削完了後、オペレータがシリンダ内の水を抜き、拡大爪を収納する。施工後ヘッドを地上へ引上げ、再度水圧によって拡開動作を行うことで、高圧内管やヘッド内に混入したセメントミルクや土砂などをヘッド先端部の高圧水開放部から排出し洗浄が行える。

## 5. 施工例

SGE 工法は中高層建築物を中心に小径杭、大径杭施工が多く実施されてきた（表-1）。

表-1 SGE 工法施工例

| 工事名      | 杭径 (mm)     | 数量 (本) | 掘削長 (m) |
|----------|-------------|--------|---------|
| 埼玉県工場建屋  | φ 700~1,000 | 77     | 34      |
| 滋賀県工場建屋  | φ 600~800   | 58     | 20      |
| 埼玉県商業施設  | φ 400~800   | 385    | 44      |
| 千葉県物流倉庫  | φ 500~1,000 | 203    | 40      |
| 大阪府物流倉庫  | φ 700~1,000 | 401    | 54      |
| 神奈川県電力施設 | φ 600       | 130    | 48      |
| 岩手県大学施設  | φ 500~1,000 | 371    | 15      |
| 千葉県マンション | φ 700~1,200 | 31     | 22      |
| 千葉県物流倉庫  | φ 800~1,200 | 91     | 35      |
| 千葉県遊戯施設  | φ 600~1,200 | 86     | 57      |

## 6. おわりに

SGE 工法は、財団法人日本建築センターの性能評価を経て、平成 18 年 1 月に国土交通大臣の認定を取得した。平成 18 年 10 月までの施工実績は、13 現場、延べ 2,000 本以上である。

今後、施工実績をさらに積重ねて、現場に適した施工機械の改良、信頼性、経済性、施工性、安全性の向上を図り、SGE 工法が発展、普及していくよう努力したい。なお、本件技術は特許出願中である。

JCM A

### 【筆者紹介】

河野 真（こうの まこと）  
住商鉄鋼販売株式会社  
棒鋼・基礎建材部  
基礎杭グループ



大槻 貢（おおつき みつぎ）  
株式会社クボタ  
鋼管技術部  
研究グループ



田中 敏男（たなか としお）  
三和機材株式会社  
技術部  
オーガーグループ



# 既製杭無排土(無廃土)埋設工法

## —BSS 工法—

細 田 豊・田 中 祐 介

近年、公害問題に対する意識の高まりとともに、騒音、振動に関する法規制が厳格化されたため、低騒音、低振動で施工できる埋設工法およびその工法用の基礎機械の需要が高くなっている。それに加えて、建設現場で発生する残土は産業廃棄物として問題視され、建設発生残土の抑制は社会的要請となってきた。そのような背景により数多くの低公害型の工法が開発されているなかで、開発目標に建設発生残土のゼロを掲げ、本工法はその開発に成功したといっても過言ではない。同時に新しい装置も完成できたので、あわせてここで紹介する。

キーワード：基礎、既製杭、無排土、発生残土ゼロ、新工法、

### 1. はじめに

建設発生残土の抑制という社会的要請の背景により数多くの低公害型の新工法が開発されているが、既製杭（中でもコンクリート杭）埋設工法においては、その大多数が建設発生残土を低減することに留まっているように見受けられる。

そういった五十歩百歩の新工法の中で、既製杭無排土埋設工法（以下、BSS 工法）は完全に建設発生残土をゼロにする目標で、大同コンクリート工業株式会社が1999年6月に開発に着手した。2003年7月には国土交通大臣の認定を取得し、現在に至っている。

ここでは、「BSS 工法」を施工するための最大の特徴である推進ビットを効果的に活用するための装置について紹介する。

### 2. 装置の概要

まず「BSS (Boring and Shut System) 工法」の装置の、3点杭打ち機に装着するフロントアタッチメントの構成について簡単に紹介する。

主としてアースオーガ、油圧装置、繫留装置、杭埋設用の回転ロッド、推進ビットで構成される（図—1）。

プレボーリング工程時には、プレボーリング用のスクリュウロッド、ヘッド（図示省略）は、図—1中の杭埋設用の回転ロッド、推進ビットと交換して施工を行う。

各装置の役割は、アースオーガが回転駆動するということと言うまでもなく、中間ロッド、回転ロッドは、そのアースオーガの回転駆動力を推進ビットへ伝達する。推進ビットは、回転ロッドの先端に設けられたクラッチで接続され、かつ杭の下面に覆いかぶさるように取付けられる。

繫留装置は、杭の頭部を繫留し、杭の自重沈下を抑さえ、推進ビットと杭下面の接触による供回りを防止する。

油圧装置は、シリンダにより杭下面と推進ビットの高さ位置を適正に保つ役割を持っている。

### 3. 施工の概要

まず BSS 工法の施工概要について簡単に説明する。

第1工程として、杭径と同径またはそれ以下のスクリュウとヘッドを取付け、杭径と同径または同径以下の孔で所定深度まで削孔する。所定深度まで到達したら次工程に備え、微量の先端固定液を必要量注入し、排土量を低減する目的で逆転引抜きを行い、プレボーリング工程を完了する。

第2工程として、プレボーリング時に使用したスクリュウ・ヘッドを取外し、推進ビット回転用の回転ロッドを仕込んだ杭をアースオーガに装着する。装着後、推進ビットを回転ロッドに取付ける。

杭中心位置と杭鉛直度を確認し、杭と推進ビットの軸方向クリアランスを油圧装置のシリンダで、調整（接触するかしないかのゼロクリアランス調整）した後、杭は非回転の状態为推进ビットのみを回転させ、

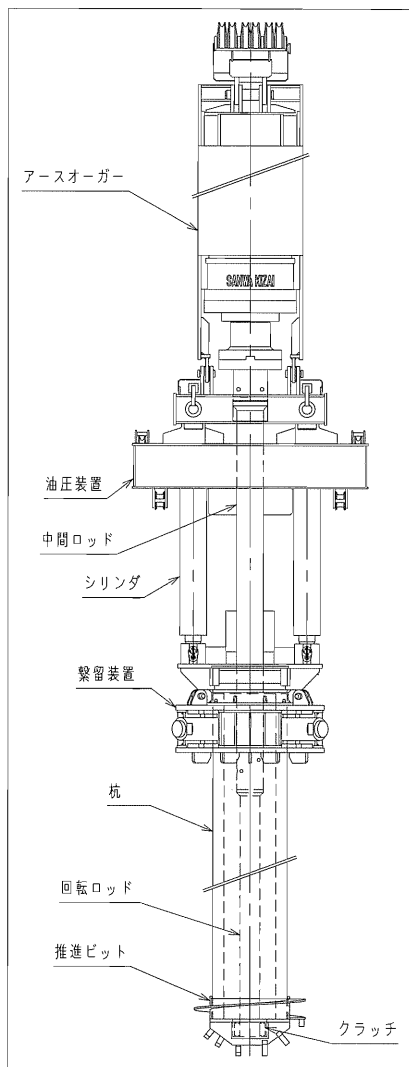


図-1 BSS工法の装置概要説明図

杭埋設を行い着底させる。

着底させたら、逆転駆動して推進ビットと回転ロッドとのクラッチを外し、推進ビットは杭の下に置いたまま回転ロッドを回収し、1サイクルを終了する(図-2)。

#### 4. 開発に至る経緯

BSS工法は従来工法である中掘圧入工法を数多く経験する中で生まれた、「ある発想」を具現化させた工法である。

中掘圧入工法では埋設する杭の体積分( $V_1$ )の削孔体積( $V_2$ )を削孔し、杭に圧入力を与え、削孔と同時に杭を埋設するという合理的かつ優れた工法(図-3)である。

しかしながら削孔体積分の土砂( $V_2$ )は積極的に排土(廃土)する必要があり、かつ非削地盤の取込みを円滑に行うために注水を行い、非削地盤の軟化効果を

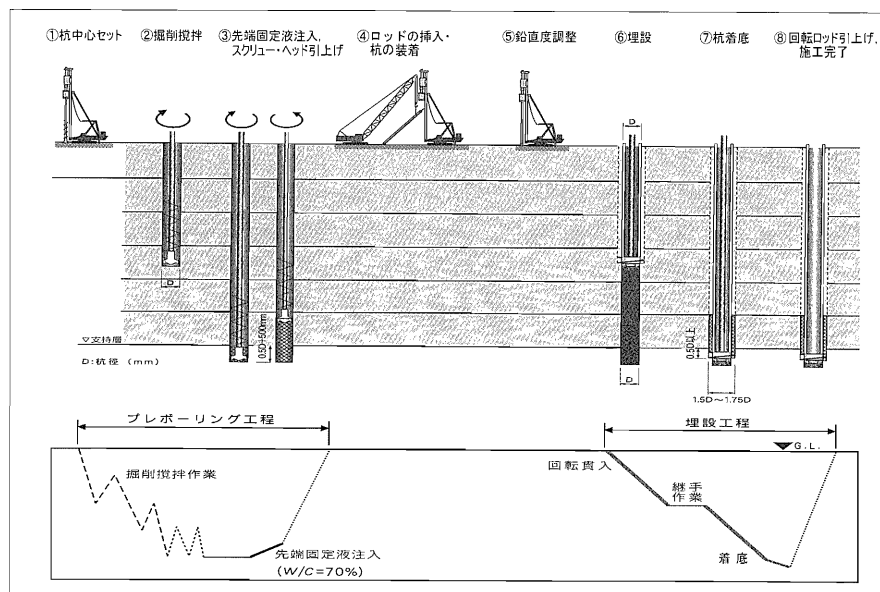


図-2 BSS工法の施工手順

得ていた。したがって排土される土砂は多くの水を含み、また土量も多いため工事現場内で処理することは困難で多くの場合、産業廃棄物となっていた。

前述の「ある発想」とは、中掘圧入工法において一番重要と思われる排土を無くしてしまうことである。中掘圧入理論に長けている方には非難的となりそうであるが完全無排土に向けてあえて無排土という課題に取り組むことを目標に置いたのである。

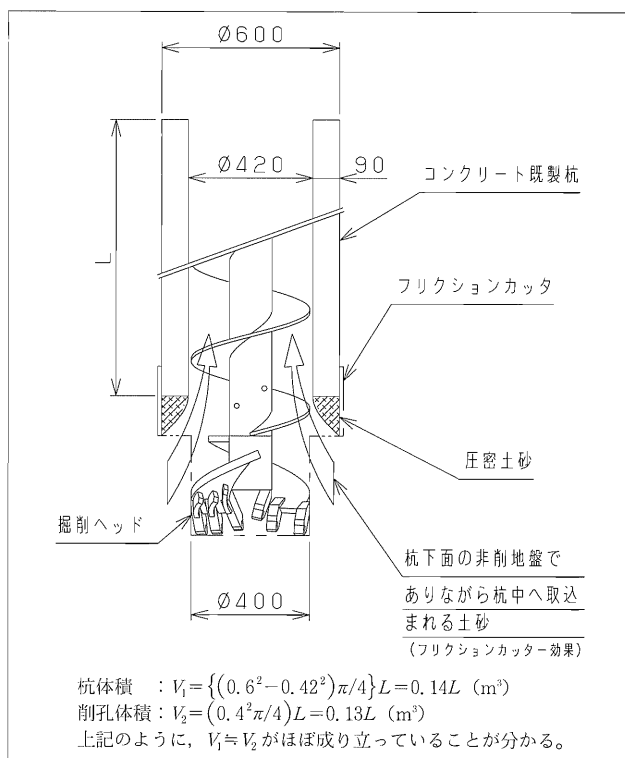


図-3 中掘圧入工法のメカニズム (φ600 事例)

## 5. 開発の概要

### (1) 推進ビット

工法の一番重要な一因を排除するためには、その重要性の「メカニズム」を理解し、その代わりとなる「メカニズム」を採用することが不可欠となった。

その「メカニズム」とは、前述と重複するが埋設する杭の体積 ( $V_1$ ) 相当分を掘削ヘッドにより削孔 ( $V_2$ ) し、削孔径よりも大きな杭径の下面に存在する杭体積分の土砂 ( $V_1$ ) を杭中へ置換していることだと推測した。

本工法では杭中へ土砂を取込む代わりに、杭外周へ土砂を押しつけるように推進ビットの形状を決めた。推進ビットは地中へ置き捨ててくる部材のため安価でなければならなかった。しかし機能的には確実に土砂を杭外周へ押しつけることが出来、かつ杭の推進力を生み出す形状が必要であった。

そこで大型フィッシュテールの採用と同時にクラッチ収納スペースを杭径の 1/2 程度の径 (クラッチ構造の必要径のみ) に小径化することにより、圧縮土砂により円錐の先端が自然に生成されやすい形状とした。また、外羽根形状については、より推進力に期待が持てるスパイラル形状 (一条) を採用した。

さらに杭と推進ビットのカップ部との空隙からの僅かな土砂侵入も軽減する目的で、カップ上端にリングを設け、施工中に何らかの目的で一時的に杭を上げた際にも土砂侵入を低減することに配慮した (図-4)。

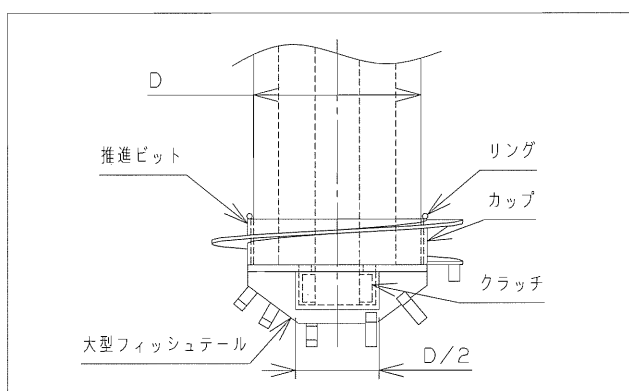


図-4 BSS 工法の推進ビット形状

ここまでの説明のような推進ビットの形状工夫とプレボーリング併用による埋設抵抗の低減によって、杭中へ土砂を取込まずに杭外周へ土砂を搬送しつつ杭を埋設することが可能になった。

### (2) プレボーリング効果

次に BSS 工法におけるプレボーリングの効果を簡単に説明する。

杭径と同径または同径以下のプレボーリングによりプレボーリング孔内は、設定深度まで地盤がほぐされ、土砂はスクリュウによりある程度の量が一時的に地上へ搬出されることより一時的に不飽和または低飽和状態の土が構成される。この不飽和状態の土で構成されたプレボーリング孔内の密度は、後に行う埋設工程時に杭外周へ圧縮される際、埋設負荷とならない程度まで低減すると思われる。

プレボーリング孔はすべての土砂を一時排土することを主目的で行っているのではなく、先端地盤との杭体の一体化のための先端固定液注入作業と杭径または杭径以下の範囲に不飽和状態の土を構成することによる埋設工程時のガイドを目的として行っている。またそのとき地盤状況にもよるが、最大でプレボーリング孔体積を 1/2 程度に低減することが、無排土理論上、可能である。

その仮定は、下記の計算式に基づいている。ここで、杭径 ( $D$ ) =  $\phi 600$  mm, プレボーリング径 ( $D$ ) =  $\phi 600$  mm とおくと、拡大径 ( $1.5D$ ) =  $\phi 600 \times 1.5 = \phi 900$  mm となる。したがって、杭外側体積 ( $V_3$ ) は、

$$V_3 = \{(0.9^2 - 0.6^2)\pi/4\}L = 0.35L \text{ (m}^3\text{)}$$

杭径体積 ( $V_4$ ) は、

$$V_4 = (0.6^2\pi/4)L = 0.28L \text{ (m}^3\text{)}$$

プレボーリング孔低減後体積 ( $V_5$ ) (空隙量は含まない) は、

$$V_5 = (0.6^2\pi/4)L/2 = 0.14L \text{ (m}^3\text{)}$$

一時的排土体積 ( $V_6$ ) は、

$$V_6 = V_5 = (0.6^2\pi/4)L/2 = 0.14L \text{ (m}^3\text{)}$$

杭内径体積 ( $V_7$ ) は、

$$V_7 = (0.42^2\pi/4)L = 0.14L \text{ (m}^3\text{)}$$

圧縮度合 ( $A$ ) は、

$$A = (V_3 + V_4)/V_3 \\ = (0.35L + 0.28L)/0.35L = 1.8$$

圧縮度合 ( $B$ ) は、

$$B = (V_3 + V_5)/V_3 \\ = (0.35L + 0.14L)/0.35L = 1.4$$

上述のように  $V_6 = V_7$  であるから一時的に土砂を地上に搬出しても施工終了時に杭中にすべての土砂は埋戻すことが可能である。

また、プレボーリングを行うことによって、杭外周の圧縮度合を  $A$  から  $B$  に低減することが出来、無理なく埋設することが可能となった。



### （３） 油圧装置および繫留装置

本工法において推進ビットの次に大事な装置が油圧装置および繫留装置である。

まず油圧装置は杭と推進ビットの軸方向位置を確実に保持できるように油圧シリンダを採用している。また、油圧装置と繫留装置間をレーザ距離計により計測することにより、より軸方向位置の管理を確実なものとした。

次に繫留装置であるが、本工法開発において一番注力を注ぐべき重要な推進ビット形状よりも実は設計に一番時間が掛かってしまったかもしれない。

まず対象となる杭がコンクリート既製杭および鋼管杭の両立であったことが難関であった。

鋼材の場合、鋼材の肉厚を両側から挟み込み、かつその構造自体が、杭がチャックピースから下がろうとすると、より締付け力が増加する効果（以下、くさび効果という。ただし全旋回機などのくさび式チャックとは異なる）を持つチャッキングの技術は既に確立され活用されていたが、コンクリート既製杭の繫留となると、その技術の流用では些か不安があった。

理由の第１は鋼管杭に比べ肉厚が厚いこと、

理由の第２はくさび効果によるチャッキングのため引抜き力を与えた際に、引抜き力が大きければ大きいほど杭への圧縮荷重が増加し杭を割ってしまう恐れがあること、

理由の第３には、スペーサにより自由に杭径に対応することが難しいこと、

などがその理由であった。

全旋回機にはバンドチャックという技術も存在していたが、本工法への採用は、杭へ全周から均等に締付け荷重を与えることが難しいために控えた。

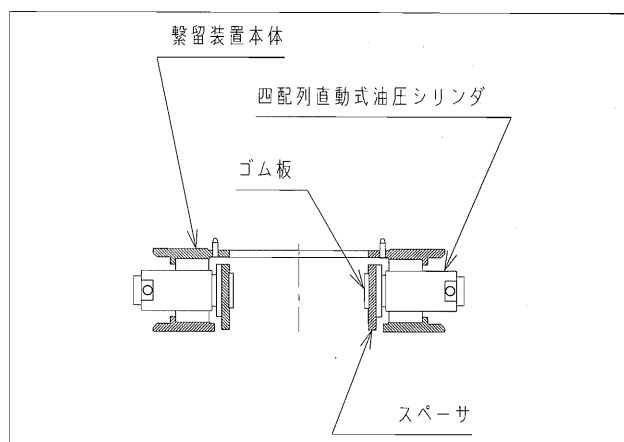
また、全旋回機で多く採用されているくさび式チャックも BSS 工法においては装置が大型化してしまうために採用を控えた。

これらの、問題点の解消のため、本工法の繫留装置には、外側締付け放射状四配列油圧シリンダ直動式を採用した（図—5）。

これによりくさび効果は無くなり、油圧シリンダの先にスペーサを追加すれば簡単に各杭径に対応することが可能になり、杭へ全周から均等に締付け荷重を与えることが可能になった。

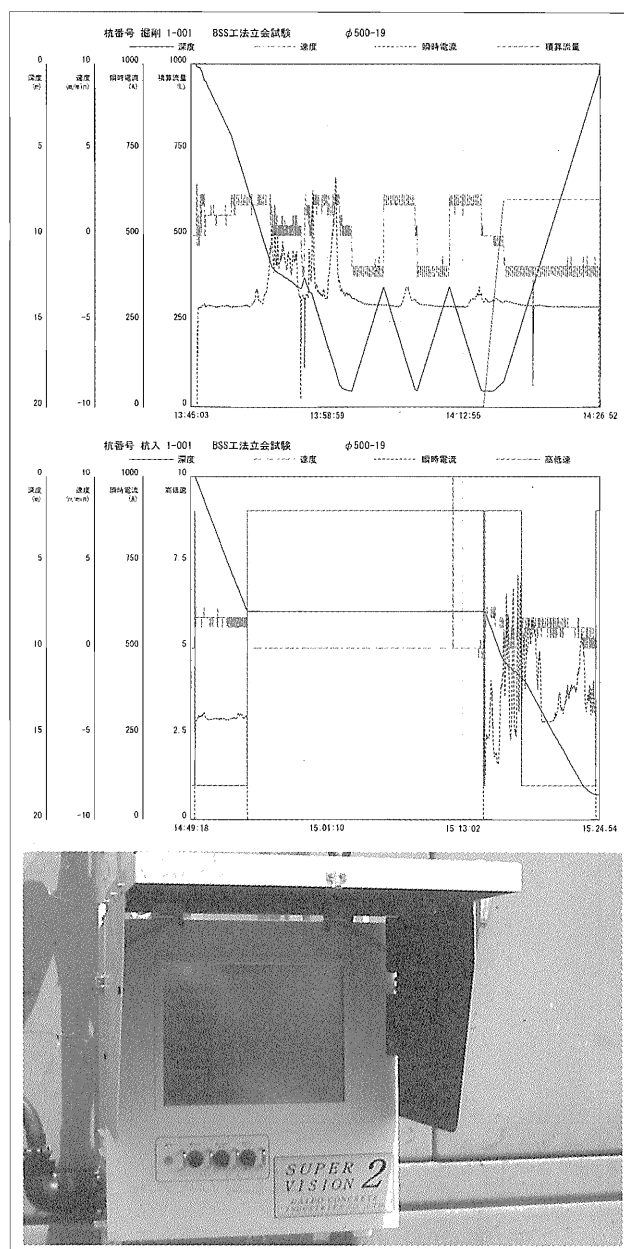
また、スペーサ交換は作業の安全性にも配慮し、すべての作業が繫留装置本体の上側から行えるように設計した。

BSS 工法は、これらの機械装置の開発と並行して施工管理装置の開発も進め、Super Vision 2 という



図—5 BSS 工法の繫留装置の形状

施工管理システムも完成させた。それによって施工の信頼性も向上し（図—6、写真—1）、「BSS 工法（type



図—6 Super Vision 2 システム（帳票、装置本体）

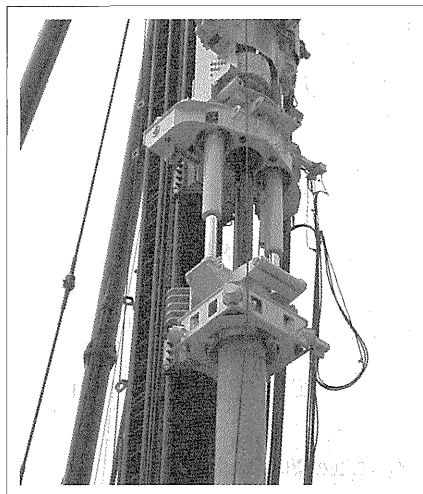


写真-1 BSS施工の一例

表-1 施工代表例

| No. | 工 事 名 称              | 杭径 (mm) | 数量 (本) | 施工長 (m) |
|-----|----------------------|---------|--------|---------|
| 1   | 静岡県相良町<br>学校給食センター   | 450φ他   | 81     | 2,025   |
| 2   | 特別養護老人ホーム<br>野菊の里    | 600φ他   | 106    | 2,438   |
| 3   | 鳥取海上保安署<br>(国土交通省)   | 450φ他   | 32     | 704     |
| 4   | 鳥取県営住宅行徳団地           | 350φ他   | 78     | 2,106   |
| 5   | 佐賀県千代田文化ホール          | 600φ他   | 211    | 4,862   |
| 6   | クラレ岡山機械設備<br>基礎建設    | 400φ他   | 217    | 5,425   |
| 7   | 愛知県五条汚泥<br>再生処理センター  | 600φ他   | 330    | 6,600   |
| 8   | 徳島県阿南警察庁舎            | 600φ他   | 122    | 2,928   |
| 9   | M.C.S. 第三工場建設        | 400φ他   | 539    | 10,241  |
| 10  | 福岡市アイランドシティ<br>小学校校舎 | 600φ他   | 238    | 4,998   |

1)」の開発を完了させることができた。

今後は、1工程での施工などを実現し、支持力などの品質向上と施工効率向上を目標に (type 2) の開発を進める予定である。

## 6. 施 工 例

表-1 に平成 18 年 10 月までの施工実績の一例を示す。10 月末現在、60 現場、延べ 5,560 本、延べ 98,270 m を超え、順調に実績を積んでいるところである。

## 7. お わ り に

紙幅の都合上、支持力算出式などの詳細を割愛した

が、完全無排土（無廃土）工法「BSS 工法」については下記のホームページ、<http://www.daido-conc.co.jp/method/bss/index.html> などでご覧頂くことができます。

J C M A

### 【筆者紹介】



細田 豊（ほそだ ゆたか）  
大同コンクリート工業株式会社  
施工技術本部  
取締役本部長



田中 祐介（たなか ゆうすけ）  
三和機材株式会社  
技術部  
オーガーグループ  
主任

# 建設機械用語集

- ・建設機械関係業務者一人一冊必携の辞典。
- ・建設機械関係基本用語約 2000 語（和・英）を収録。
- ・建設機械の設計・製造・運転・整備・工事・営業等業務担当者用辞書として好適。

B5 判 200 頁 定価 2,100 円（消費税込）：送料 600 円  
会員 1,890 円（消費税込）：送料 600 円

## 社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8（機械振興会館） Tel. 03(3433)1501 Fax. 03(3432)0289

## プレボーリング拡大根固め工法(MRXX工法)

林 隆 浩・荒 井 昌 彦

既製杭埋設工法の中でも、プレボーリング工法は、低振動、低騒音であり社会的需要の高い工法であり、その中でもプレボーリング拡大根固め工法は大きな先端支持力が得られるため益々需要が高まり、さらに先端根固め球根径の拡大率は増大傾向が高まっている。

そうした背景の中で、従来技術である逆転式拡大ヘッドの技術を流用設計したヘッドでは、拡大時の急激な負荷の増加は否めず、拡大率の増加に伴って高馬力のアースオーガが必要となる傾向にあった。また、従来技術の流用では、安価ではあるものの、拡大動作、収縮動作時に礫塊を挟み込むなどの、確実性に欠ける側面を持っていた。

本工法は、従来技術では解決しにくかった拡大率の増加、動作の確実性の向上を主眼に、周辺機器にも配慮し、「施工のしやすさ」も追求して開発を進めた工法である。

本報文では、工法開発において特に重要な装置である、拡大ヘッド、同芯2流路カプラ、下部油圧スイベル装置、管理装置などの装置の開発について簡単に紹介する。

キーワード：油圧機構、油圧拡大ヘッド、管理装置、品質、ST 杭

### 1. はじめに

近年、高支持力杭の工法が各社で開発されているなか、MRXX工法（エムアールダブルエックス：Milk of revolution XX files）の開発は平成12年に着手し、平成15年5月16日付けで財団法人日本建築センターにおける性能評価を取得した。平成15年7月3日付けで国土交通大臣認定を取得し、さらに平成18年3月22日付けで仕様等の追加で性能評価を取得した。平成18年5月8日付けでさらに国土交通大臣認定を取得し、フルスペック化で、現在に至っている。

ここでは、本工法で開発した施工機材である、「油圧拡大ヘッド」、油流路の接続に使用する「同芯2流路油圧カプラ」、アースオーガの改造を必要としないアタッチメントである「油圧用下部スイベル装置」と、拡大径の確認が可能になり施工の品質（信頼性）が向上した「管理装置」について簡単に紹介する。

### 2. 機械構成

本工法の施工装置の構成は、アースオーガと油圧用下部スイベル装置、ロッド・スクリュウ、油圧拡大ヘッドを取付けた構成である（図-1）。

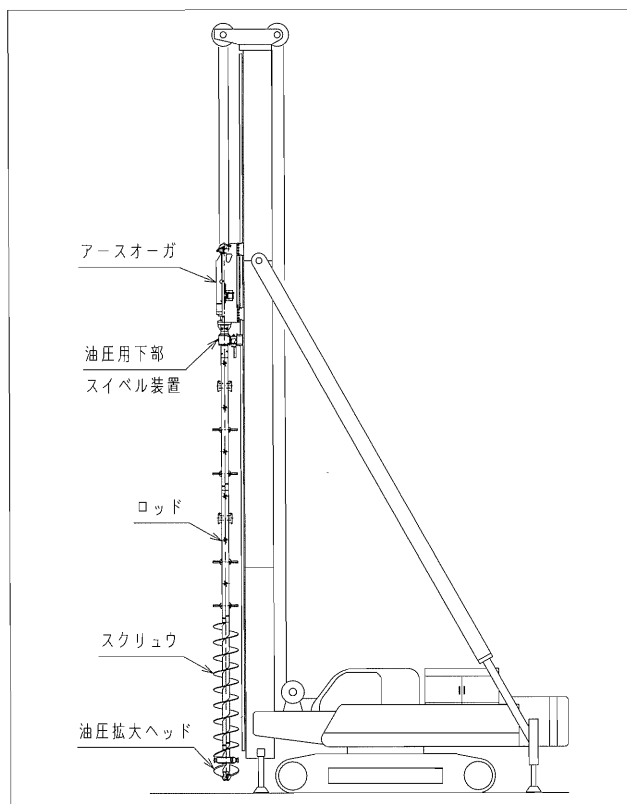


図-1 機械構成

### 3. 工法概要

施工方法は、水または掘削液を注入しながら所定支

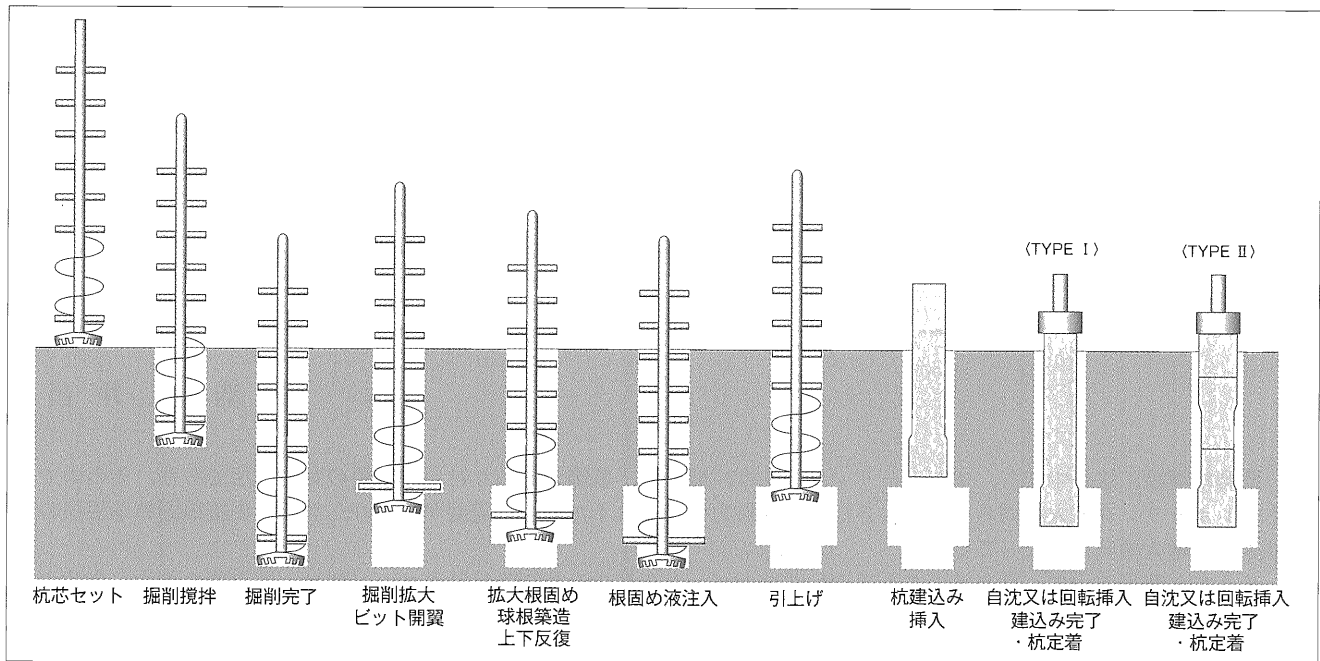


図-2 MRXX 工法 施工手順

持地盤まで掘削し、所定支持地盤に到達後に油圧拡大ヘッドの拡大・上下反復を数回繰返しながら根固め液の注入・攪拌で拡大根固め球根の築造を行う。球根築造完了後、油圧拡大ヘッドを収縮させ、杭周固定液を注入しながら引上げ、杭を自沈または回転埋設し杭を定着し、建込み完了となる（図-2）。

#### 4. 開発の目標

従来技術である地盤の反力に頼った拡大方式ではなく、自ら積極的に拡大を行う方法として油圧機構を採用し、主な開発目標は下記の3点である。

- ①油圧により拡大径を任意に調節ができる油圧拡大ヘッドの開発を行う。
- ②油圧拡大ヘッドの拡大率は、杭径の  $1.0D \sim 2.0D$  で対象の杭径を網羅できる最大の拡大率にする。
- ③掘削先端と拡大先端の高低差を1m以内にして余掘り量の低減を図る。

#### 5. 施工機材の開発の経緯

開発当初に製作した油圧拡大ヘッドは、軸方向シリンダ配置リンク拡大方式を採用し、油圧スイベル装置は、市販品を使用した。

軸方向シリンダ配置リンク拡大方式の油圧拡大ヘッドは、油圧シリンダをヘッド本体に軸方向に内蔵しリンクを介して2枚の拡大翼を縦方向に拡大する方式である（写真-1）。

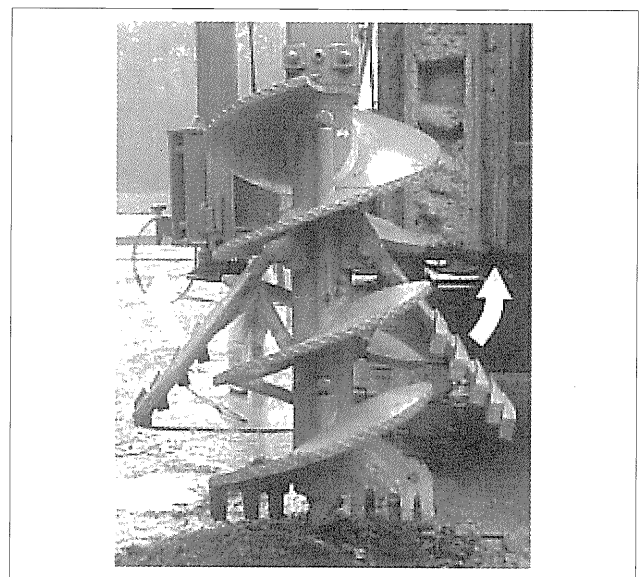


写真-1 軸方向シリンダ配置リンク拡大方式

軸方向シリンダ配置リンク拡大方式の油圧拡大ヘッドで施工実験を行った結果、ひとつは、市販の油圧スイベル装置では、オーガの改造が必要であること、もうひとつは、軸方向シリンダ配置リンク拡大方式のため、拡大翼にヘッド上下時の外力抵抗が加わるとシリンダに圧力が加圧され、シリンダの許容圧力を超えてしまうこと、などの事象が発生した。

これらを踏まえたうえで、油圧拡大ヘッドの構造を決定していくことになった。

##### （1）油圧用下部スイベル装置の開発

通常のスイベル装置は、アースオーガの1次側に設

置するのが一般的である。理由は、2次側では、アースオーガのトルクに見合う軸径を確保した上に、その外側にスイベル機構を設けることになり、装置の大型化、それに伴いシールの周速の増加、コストの増加などが考えられるためである。

しかしながら、アースオーガの1次側に油圧用のスイベル装置を設置するには、標準仕様アースオーガの場合、必ずアースオーガの改造を伴い、改造コスト、改造期間などが、普及のネックとなりかねなかった。

そこで、あえて2次側に簡単に装着できる「油圧用下部スイベル装置」の開発に着手した。

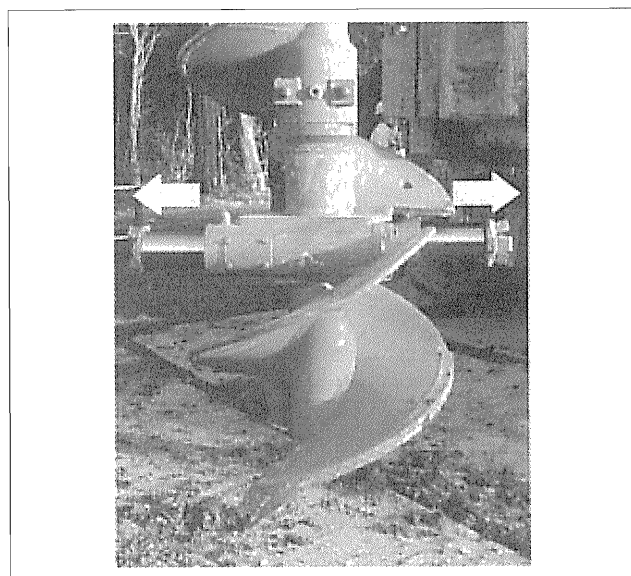
その結果、改造期間ゼロで標準仕様アースオーガが使用できるようになり、普及の障害を無くす事ができる「油圧用下部スイベル装置」が完成した（写真—2）。



写真—2 油圧用下部スイベル装置

## （2）油圧拡大ヘッドの開発

軸方向シリンダ配置リンク拡大方式の経験を踏まえ、リンクロスやヘッド上下時の外力でシリンダが影響を



写真—3 水平配置複シリンダ直動拡大方式

受けない構造として、水平配置複シリンダ直動拡大方式の油圧拡大ヘッドの開発を行うことになり、施工実験で良い結果が得られ、本工法の主要油圧拡大ヘッドとして量産することになった（写真—3）。

油圧拡大ヘッドの構造が全く変わったため、設計に苦労したことは言うまでもなく理解して頂けるものと思う。

様々な開発苦労談はあるが、掘削径と必要拡大掘削径との差分のシリンダストロークの確保については、掘削中心とシリンダ中心をオフセットして解決した。

この水平配置複シリンダ直動拡大方式の開発により、リンクロスやヘッド上下時の外力抵抗によるシリンダへの影響が皆無となった。

## （3）油圧内管の開発

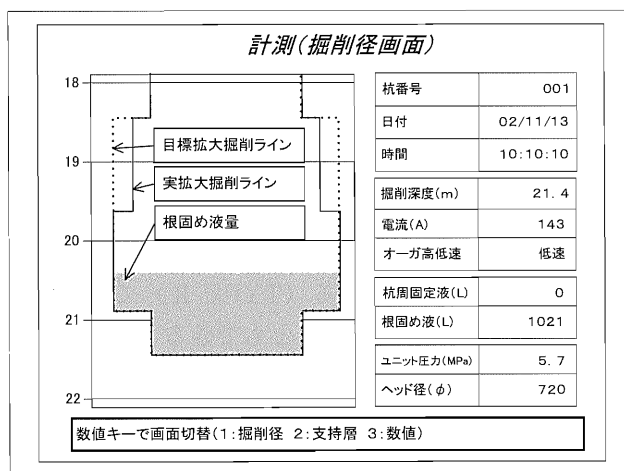
従来のロッド・スクリュウ内部の油圧内管は、送りと戻りの流路が平行して2本あり、必然的に軸中心からオフセットせざるを得なかった。そのためロッドやスクリュウの継手クリアランスを油圧内管の油圧カプラが吸収できるような構造が必要となり、また、そのような配慮がなされていない場合、油圧カプラが破損する事が考えられた。そこで本工法用に「同芯2流路油圧カプラ」も同時開発して、採用したのである。

## （4）管理装置の開発

管理装置は、支持層管理、拡大根固め球根管理、注入液量管理などを行っている。また、3点杭打ち機オペレータ室および管理者に常時モニタによる拡大状況が表示され非常に使いやすい装置に仕上がっているのが、MRXX 工法用管理装置の特徴である（図—3）。

管理装置で計測している項目は、下記の6点である。

- ①深度検出器による掘削深度
- ②電流検出器による掘削電流値



図—3 掘削径画面

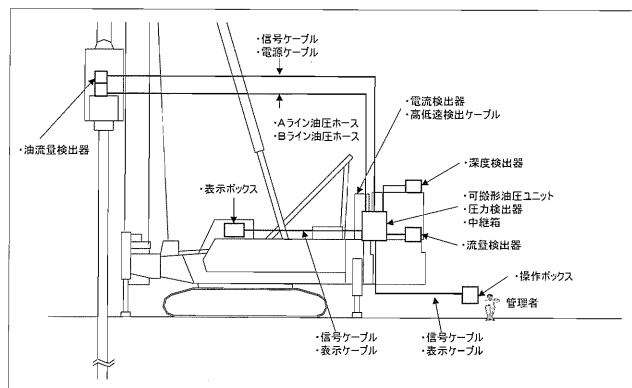
③高低速検出ケーブルでアースオーガ高低速切替え検出

④流量検出器によるセメントミルク量、流量

⑤作動油の圧力検出による拡大力

⑥油流量検出器によるヘッド拡大径

各計測器の配置は図—4 のとおりである。



図—4 施工管理装置

## (5) 結 論

以上の開発により、目標であった、拡大径を任意に調節ができる油圧拡大ヘッドが完成し、アースオーガの負荷低減と攪拌不良の低減および、標準仕様のアースオーガの使用などを達成し開発を完成した。

小径杭用のヘッドに関しては、今のところ、初期掘削面積内に、水平配置複シリンダ直動拡大方式の機構を収める事が困難であるという現実的な課題と、小径においては、軸方向シリンダ配置リンク拡大方式でもリンク比が1に近い場合、リンクロスによる拡大力の低下が少なく、ヘッドの上下動により生ずるシリンダへの加圧も少ないため、軸方向シリンダ配置リンク拡大方式を採用することにした。

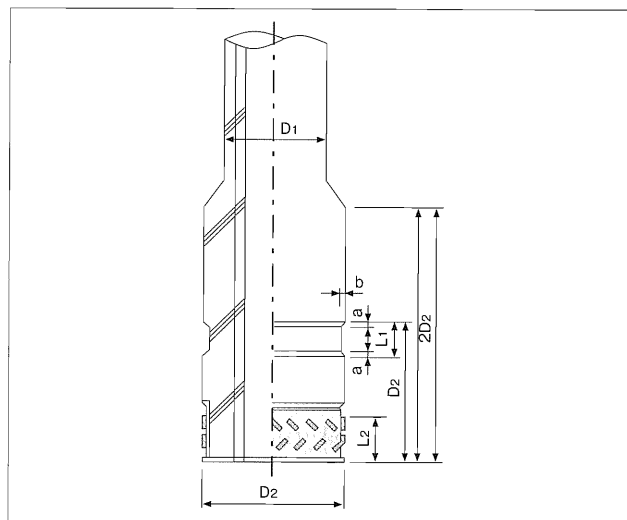
## 6. 杭

本工法に使用する杭には、杭の先端に特殊金具を設けたST杭を使用することにした。これにより、杭と拡大根固め球根を確実に定着することができ、大きな先端支持力 ( $\alpha=490$ ) を得る事に成功した (図—5, 表—1)。

また、拡頭杭を使用する (TYPE II) ことによって水平抵抗力を大きくとることもできる (図—6)。

## 7. 施工例・施工実績

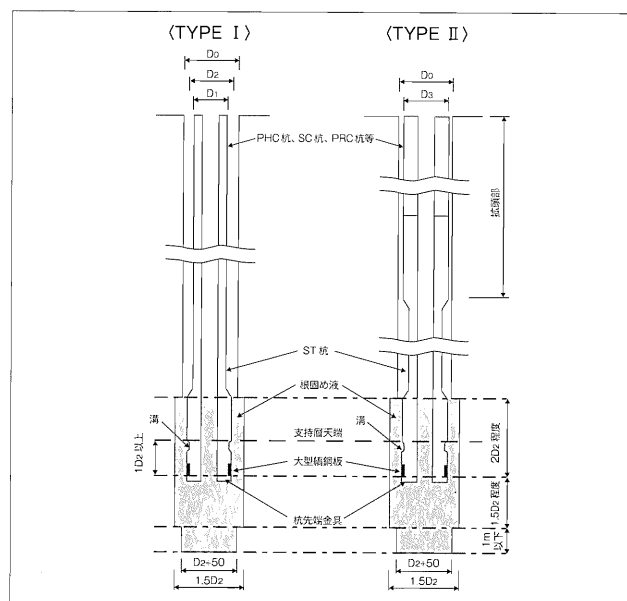
施工例を図—7に、施工実績を表—2に示す。



図—5 特殊金具の配置図

表—1 杭先端部の寸法と掘削径・拡大径

| 呼び名     | $D_1$ | $D_2$ | $L_1, L_2$ | $a, b$ | 掘削径   | 拡大径   |
|---------|-------|-------|------------|--------|-------|-------|
| 3,035   | 300   | 350   | 80         | 10     | 400   | 525   |
| 3,540   | 350   | 400   |            |        | 450   | 600   |
| 4,045   | 400   | 450   |            |        | 500   | 675   |
| 4,050   | 400   | 500   | 120        | 15     | 550   | 750   |
| 4,550   | 450   | 500   |            |        | 550   | 750   |
| 4,555   | 450   | 550   |            |        | 600   | 825   |
| 5,060   | 500   | 600   | 160        | 20     | 650   | 900   |
| 6,070   | 600   | 700   |            |        | 750   | 1,050 |
| 7,080   | 700   | 800   | 200        | 25     | 850   | 1,200 |
| 8,090   | 800   | 900   |            |        | 950   | 1,350 |
| 80,100  | 800   | 1,000 |            |        | 1,050 | 1,500 |
| 90,100  | 900   | 1,000 |            |        | 1,050 | 1,500 |
| 90,110  | 900   | 1,100 | 240        | 30     | 1,150 | 1,650 |
| 100,110 | 1,000 | 1,100 |            |        | 1,150 | 1,650 |





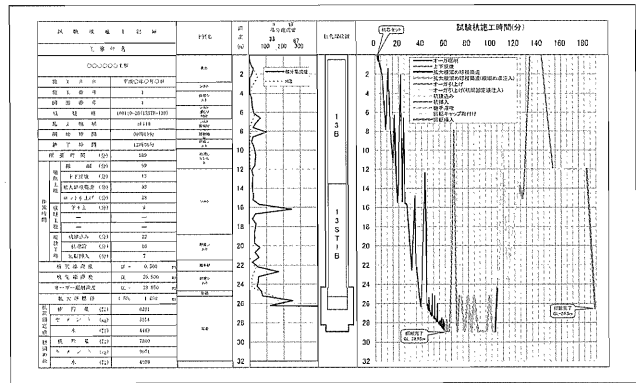


図-7 施工例

表-2 主な工事実績

| 工事件名                       | 杭呼び名            | 杭本数<br>(本) | 施工長<br>(m) |
|----------------------------|-----------------|------------|------------|
| 東京大学（柏）メディアセンター新営工事        | 4,050～<br>6,070 | 85         | 1,700      |
| 大井清掃工場プラント更新工事             | 6,070～<br>8,090 | 251        | 5,414      |
| 大田第8号大岡山駅自転車駐車場建設工事        | 4,050～<br>8,090 | 37         | 354        |
| 都営住宅17H-104西（武蔵野緑町二丁目第3）工事 | 6,070・<br>7,080 | 39         | 354        |
| 江戸川区立船堀第二小学校校舎増築工事         | 4,550～<br>6,070 | 25         | 1,025      |
| 新宿区立西早稲田中学校建設建築工事          | 4,555～<br>8,090 | 153        | 2,295      |

掘起こし杭を写真-4に掘起こし杭の輪切りを写真-5に示す。



写真-4 掘起こし杭

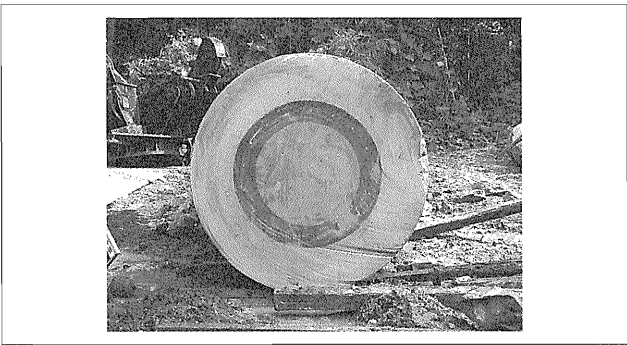


写真-5 掘起こし杭の輪切り

8. おわりに

平成18年4月1日より、財団法人ベターリビングによって地盤改良・杭基礎等品質評価業務が開始された。本件は、杭基礎等の設計・品質の確保、信頼性の向上等を支援するものであり、杭基礎工法業界の登録第1号として平成18年6月30日付けで、MRXX工法が登録されたことにより、杭基礎等の品質評価の依頼を受けることができるようになった。

今後、施工実績をさらに積重ねて、現場に適した施工機械の改良、及び信頼性、経済性、施工性、安全性の向上を図り、MRXX工法が発展・普及していくよう努力したい。

JCM A

【筆者紹介】



林 隆浩（はやし たかひろ）  
株式会社トーヨーアサノ  
技術部  
統括部長



荒井 昌彦（あらい まさひこ）  
三和機材株式会社  
技術部  
オーガーグループ

ずいそう

## 教育再生と杭について

平 見 殖



戦後生まれの総理大臣誕生に夢と希望を感じる国民の一人である。夏期休暇を利用してデンマーク、ノルウェーを散策して、ふと「教育再生」と言う言葉に深い関心を持ち続ける私にとって、最近の我が国の暗いニュースが嘘のように思える光景に遭遇しました。

それは、我々の所属する「もの造り」の基礎となる杭について深く考えさせられました。毎朝、職場で仕事の始まる前に必ず身体をリラックスさせるためのラジオ体操の事です。このラジオ体操の発祥地はデンマークであると以前からも聞かされてきました。

毎年デンマーク体操の関係者数名をホームステイしている縁で、オレロップ体育アカデミースクールと言う全寮制の奇宿舍に身を寄せ、滞在期間中にウフェ・ストランビュー校長、ヒデミネ・ナカムラ事務長、そして男女問わず生徒達と接してみると学校全体が夢を持ち、その夢が自分で実現できるよう指導者も生徒も一体となって取り組んでいる前向きな姿勢に感動と感銘を受けました。何故ならば「全てが挨拶で始まり挨拶で終わる」指導者並びに生徒達が目的に対する実現迄は、自由とかったつな行動力は言葉では表現できない程明るく、楽しく、実に生き生きとした校風でありました。

また、門限や施錠は一切なく、技術や成績の優劣等は評価の対象ではないのです。そして、朝・昼・夜と食事をするにも先生、生徒の区別なしに当番制で準備や片付けをてきぱきとこなしている所作等は実に頼もしく、そのお国柄かと思いました。国の支援の大きさを校長から聞き、物価が高くても（ちなみに消費税20%）、なる程とうなずける要素と心の通う人間性に素晴らしいと絶賛しました。又、今年も彼等の来日を今から楽しみにしているところです。

この体験を通して、日本の教育再生には大いに参考になると思いました。挨拶、全員参加のラジオ体操が基本である事から、我々が携わる基礎工事専門業者としても今一度、杭とは何か？杭の働きとは何か？と言う基本は同じではないかと考えさせられました。

人間にも基礎知識がなければ、又、体力的にも基礎体力が無ければ欠陥人間になってしまいます。

構造物においても、基礎杭又、基礎がしっかりしていなければなりません。構造物いや人命を預かる重要な仕事である事に自信と誇りと使命感を持って技術者、技能労働者、業界、会社と共に取り組み、生活する人々

に安心と安全を与えなければならないと痛切に感じています。

近年は、杭工法の技術革新又、工法の開発には各社とも競争を激化させていますが、現場で杭を築造する技術管理者、技能労働者に、杭とは何か、杭の働きとは何かをいかに理解させるべき指導者は、オレロップ体育アカデミースクールと同じで真剣に考えて夢を持ち、自分で実現できる業界にしていきたいものです。最近コスト削減ばかりが先走って、真のコスト削減とは何かが残み残され競争社会ばかりが目立つ事を憂慮しています。構造物は我々人生の中では証明できませんが、阪神・淡路大震災を思い起こせば、今だに身震いします。人間、喉元過ぎればなんとやらで震災後11年たった今こそ昔の事のように思っただけではありません。何故なら日本は地震国であり、自然の脅威と常日頃から向き合わなければいけないからです。

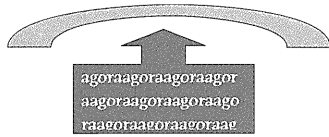
昔は、石の基礎、木の杭、コンクリート杭、鋼杭と一様に改良改善されて来ているわけであります。この変化の意義を精査して、現場は生きている、土は生き物である。大きな地球と戦っているから現場第一主義に技術の継承を杭に携さわる、いや構造物に携さわる全ての人に訴えていく役目があると共に、エンドユーザー迄にアピールしなければいけない事は言うまでもありません。そのための基礎知識、基礎技術、基礎能力を今一度見直して、技術者、技能労働者にプライドと誇りを持ち続けてもらえる業界にしたいと夢を持ち、自分で実現できる若手技術者、若手技能労働者を育成したいと思います。それには、人を愛し、現場（構造物）を愛し、夢と希望のある職場環境が望むところです。目標達成へ向けて、あくまでも基本を大切にしながら改善と改革する事が仕事なんだと思えば前進できると信じています。

厳しく困難な環境ではありますが、信念と行動を業界に訴えねばなりません。

現場第一主義に土をこよなく愛する者の一人として悔いの残る杭を作る事は絶対許されません。

「それは杭屋ではない」事を切に願って、これからもう大いに杭を語っていきたいと思います。

——ひらみ しげる 社団法人日本基礎建設協会副会長・  
丸五基礎工業株式会社代表取締役社長——



## 飛行船と洋上航空の過去・現在・未来

渡 邊 裕 之

### 1. 「ヒンデンブルク号」の光と影

飛行船は、史上最も早く渡洋可能な航空機として実用的商業飛行を確立した空の乗り物である。前世紀前半には、飛行機に先んじて大西洋定期横断航路に就航していた。1936年に建造された大型硬式飛行客船 LZ 129「ヒンデンブルク号」は、全長 247.2 m、最大直径 41.2 m、19 万 m<sup>3</sup> の容積により 60 トンの積載浮力を有した（写真—1）。乗員乗客合わせて百名が乗込み、速力は 73 kt（135 km/h）で航続距離は 13,500 km（125 km/h にて）に達した。これは現代のジャンボ旅客機の航続距離に匹敵し、速度を落とせば無着陸無補給で 5～6 日間の連続飛行・滞空性能があった。

乗客用の船室は 2 段ベッドで洗面台がついた個室が 25 室あり、他に喫煙室兼バーやシャワールーム、トイレも完備していた。乗客はダイニングルーム（写真—2）でフルコースのディナーをスチュワートの供食で堪能しつつ、反対舷にあるゆったりとしたラウンジ（写真—3）ではカードゲームやアルミニウム製のグラランドピアノの演奏を楽しみ（写真—4）、別区画にある読書室では手紙を書いたり、読書を楽しんだりしていた。両舷とも大きな窓が開けたプロムナードデッキが通っており、歩きながら陸海空の絶景を楽しむことができた。「ヒンデンブルク号」のギャレー（調理室）

はおそらく世界初のオール電化キッチンであり、コックが 3 食を調理していたのである。

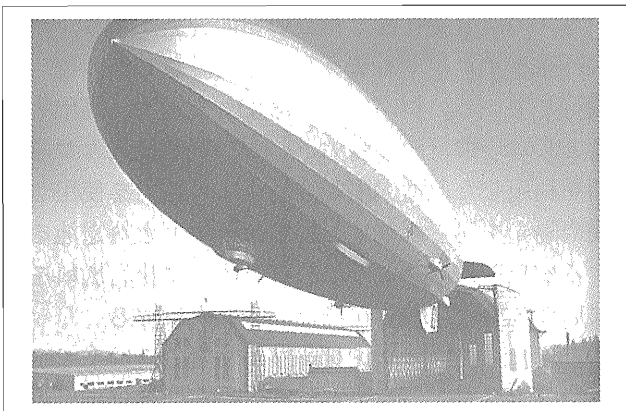
こうした空の旅を満喫しつつ、現代でも海上の客船では 5 日間かかる大西洋横断を、2 日と 6 時間で翔破し、ドイツのフランクフルトとアメリカのニュージャージーまたは南米リオデジャネイロを結んでいた。残念ながら後述する炎上事故により、たった 1 年余しか就



写真—2 船内ダイニングルーム（実寸大に復元したもの：ツェッペリン博物館展示より）



写真—3 ヒンデンブルク号船内ラウンジ（実寸大に復元したもの）



写真—1 LZ 129 ヒンデンブルク号



写真—4 ヒンデンブルク号のグラランドピアノ（実写）

航できなかったのだが、この間に達成した飛行回数は実に 56 回、延べ飛行距離は 34 万 km に達していた。

1937 年 5 月 6 日、57 回目の飛行で折からの雷雨の中をくぐり抜け、ニュージャージー州のレークハースト米海軍飛行船基地に近づいてきた「ヒンデンプルク号」は、半乾きの濡れそぼった船体にかかなりの静電気を帯電していた。雨も上がり着陸準備のため投下した、これもまた濡れた太いマニラロープのヨーライン（繫留索）が地上に接地した瞬間、いわゆるアースの要領で船体に溜まっていた静電気が一気に地面に流れたのだ。

1993 年に NASA の水素の専門家であるアジソン・ベイン氏が、長年の研究の末に突き止めたところでは、ヒンデンプルク号に塗装されていた銀色塗料に問題があった。

当時の飛行船は太陽光・熱による浮揚ガスの温度変化・ガス膨張がもたらす浮力などの変化を極力抑えるため、最も光の反射率が高い（90% 以上）銀色塗料を、外皮膜であるズック（帆布）に塗っていたが、その成分に粉末アルミニウムと酸化鉄が含まれていたのである。実はこの組み合わせは現代ではロケットの推進剤に使われるくらい発火性の高いものであるが、当時の科学知識ではまだ十分知られていなかったのである。

同じ 1937 年といえば、帝國海軍の軍用機でもまだ羽布張りが第一線で使用されていた時代であり、ようやく全金属製の九六艦戦が配備されはじめた年でもある。まだプラスチックも高分子化合物でできた合成繊維も発明されていないこの時代、ガス気嚢（袋）は牛の盲腸の皮（ゴールドビーターズスキン）でできており、エンベロープ（外被膜）は木綿の帆布製であった。忘れてならないのは、「ヒンデンプルク号」はこの時代の技術と素材の産物であったということである。

雷雨で濡れていたために静電気が通電したパネル状の外皮膜と、一部乾いていて絶縁状態となった外被膜とが交互となっていた箇所が生じていたため、スパークが飛び、これが上述の発火性の強い塗料に引火、その火がガス気嚢の中の水素に燃え移って船体が炎上してしまったのだ。この様子は、大勢の賓客を乗せた飛行船の到着を報道しようとして集まっていたマスコミによって、ラジオで実況中継され、またニュース映画による撮影が繰返し全世界の映画館で放映されたため、決定的な悪印象を流布する結果となり、今日まで我々飛行船屋を苦しめている。

もうひとつの炎上原因である水素ガスに関しては、実はこの「ヒンデンプルク号」はヘリウムガス使用を前提に設計・建造されたのだが、米政府は 1927 年に

ヘリウムを戦略物資に指定し、折しも台頭したヒットラーを警戒して、ナチスドイツへのヘリウムの輸出を認めなかったのである。「ヒンデンプルク号」はこうした国際情勢から、やむをえず水素を使用していた。そのため予定より総浮力が増加し、前述したグランドピアノが搭載されたというエピソードがある。アメリカはこの事故直後にドイツへのヘリウムの輸出を解禁したが、事すでに遅しとなった。

「水兵リーベ僕の船～」でお馴染みの元素周期表のとおり、ヘリウムは  $1\text{ m}^3$  あたり約 1.05 kg の水素に次ぐ浮力があり、不燃性で毒性もない極めて安定した気体であるが、アメリカなど世界的に限られた天然ガス田から採取・精製される。今でもアメリカが主産地でドイツでは採れないが、近年超伝導体の冷媒などを始め宇宙や医療の分野でも使われるようになり、ようやくロシアなどでも精製されている。

もっともこの事件以来、水素ガスが必要以上に悪者にされてしまったきらいがある。水素は  $1\text{ m}^3$  あたり約 1.1 kg の浮力を持ち、可燃性ではあるがヘリウムよりはるかに安価である。前述の NASA のベイン氏も水素の専門家として、取扱いを間違わない限り、水素はそんなに危険なものではないということから、「ヒンデンプルク号」炎上の研究を始めだしたという。これから燃料電池車が主流になるのならば、街中に水素ガスステーションが林立することになるであろうし、飛行船もこの事件の余波で、現在はヘリウムガスしか使えない法規となっているが、例えば二重構造にして外層はヘリウムとし、内層に水素ガスを使うアイデアなども出されている。

ガスといえば、「ヒンデンプルク号」には燃料として当時ブラウガスと呼ばれた、現在でいう LP ガスが使用されていた。ちょうど空気と同比重となるように調整されており、1,200 馬力のディーゼルエンジン 4 基を回して消費しても船体重量が軽くなならないようになっていたのである。ちなみに飛行船の浮力は燃料消費やガスの温度変化など複数の可変要素があり、現代の飛行船パイロットもこうした浮力計算を常時行いつつ飛行している。将来的に、あまり大馬力、高出力を必要としない飛行船の動力として、昼間は大きな船体上面を利用した薄型太陽電池パネルの電力を使用し、夜間や陽光を得られない天候では再生型燃料電池を使用する構想もあり、こうすれば究極的に化石燃料を使わない渡洋型航空機も可能ということになる。

ところで、この「ヒンデンプルク号」の炎上・墜落は当時の航空界での大惨事であったが、実は乗員乗客 97 名のうち 62 名が生存しており、現代の航空機事故

と比較すると、64%という高い生存率はむしろ驚きでもある。しかも死因の大半は火傷であり、あれだけ燃えながらも墜落自体の速度が遅かったためにかなりの人が生き残ったのだ。もとより現代のような不燃性の材料を用いてしかもヘリウムガスを使用していればこのような炎上は起こりえない。

当時の飛行機はまだ大勢が乗れる代物ではなかったために、多数が搭乗できたゆえの飛行船の犠牲者数は極めてインパクトのあるものとなったのだが、500名を超える犠牲者が一遍に出る現代ジェット旅客機の墜落事故と対比すれば、静的浮力を持つ飛行船は地上激突型の墜落はありえず、むしろ死者を出にくい面があるのである。某国のミサイルで直撃されたらさすがにバラバラになってしまうだろうが、それはジェット機でも同じであろう。「ヒンデンプルク号」は、船体内が各区画に分かれており、中のガス気嚢が16個あったので、ひとつふたつが損傷してもすべての浮力が失われないようになっていた。

また、現代の飛行船は内気圧が1.04程度であり外気圧との差が極めて少なく、もし直径30cm位の大穴があいてもヘリウムガスが抜けきるまでに8時間以上かかる。通常のフライトは1日6時間程度であるので、何かの事故が起こっても十分に基地まで戻ることが可能である。またもしエンジンがすべて停止するような事態になった場合も、自由気球の要領により水バラストの水を放出したり、ヘリウムガスを放出したりすることで浮力の調節をしつつ安全な場所に不時着することもできる。なお放出した水も霧状となるので地上に被害はもたらさない。

もちろん人間が造る機械に絶対はない。スペースシャトルでもジェット機でも飛行船でも故障や不具合は発生しうる。しかしこうした緊急事態となっても人命を損なわずに地上に生還できる確率の最も高い航空機は飛行船であると言える。

## 2. 米海軍飛行船隊の活躍

第一次世界大戦の戦時賠償の一環としてドイツから飛行船技術を得たアメリカは、1919年から硬式飛行船の整備に着手し、1923年にツェッペリン社のL49と英国のR33を基礎としてZR1シェナンドア号（「星の娘」の意味）を米国で建造、運用を開始した。これに先立ち1921年に第二船ZR2が英国でR38として建造されたが、引渡し前の試験飛行で喪失してしまった。第三船ZR3は1924年ツェッペリン社においてLZ126として建造された後、大西洋を横断して

米海軍に引渡されロサンゼルス号として就役、その間解体されるまで一度も大きな損傷はなく、飛行時間4,350時間、野外繫留時間2,080時間、飛行回数339回、飛行距離200,000マイルを達成した優秀船であった。そして1926年から1931年にかけてZRS4アクロン号をアメリカのグッドイヤー・ツェッペリン・コーポレーションで設計建造、さらに1933年ほぼ同型のZRS5メイコン号が就役した。この2隻は複葉戦闘機カーチスF9Cスパローホーク6機を搭載、空中発進、空中収容が可能な空中空母の機能をもつ長距離洋上哨戒を任務とした硬式飛行船であった。実際に戦闘機が発進し、収容されるシーンの映像フィルムも残っている。

アメリカは当然燃えないヘリウムガスを使用していたが、その反面高価なヘリウムガスを安易に空中放出しないような設計になっていたことが裏目に出て、急激な上昇気流で高度が上がった際のガス放出による気嚢内圧調整がうまくゆかないなどの欠点があった。これにより1925年9月にシェナンドア号が失われた。

また、戦略的な運用を本来すべきという飛行船隊の意見を軽視した司令部の命令で悪天候の中に突入させられるなどの戦術的運用も災いし、結果的にはアクロン号は1933年4月、73回目の演習出動で暴風雨のなか喪失した。同号の総飛行時間は1,695.8時間であった。メイコン号は1935年2月に演習中暴風雨に遭遇し応急修理で飛行していた船尾部の骨組みの損傷が命取りとなり、海上に不時着して喪失してしまった。残ったロサンゼルス号はもはや飛ぶことはなく、前述したヒンデンプルク号の炎上もあり、1939年の末に解体命令が出て、アメリカの硬式飛行船は幕を閉じたのである。

結局1920～30年代の素材、エンジン、技術では、こうした巨体を運用する十分な船体強度と推進力を得られず、機敏な運動性や操縦性に欠けていた。また当時の航空気象情報も極めて限られ、天測に頼る運用技術上の制約もあり、加えて前述のとおり当時の米司令部が荒天時演習に戦術上無理に突入させたことも災いし、結局喪失を重ねてしまった。

しかしその後米海軍は、グッドイヤー社製軟式飛行船に主軸を切替え、飛行船隊は第二次大戦中、対潜哨戒や船団護衛など主に大西洋方面で活躍、哨戒飛行実施海域は約1千万平方キロ、護衛した艦船は8万9千隻以上にのぼり、終戦時には飛行船168隻を保有していた。第二次大戦後も飛行船隊は存続し哨戒任務に従事していたが、1959年から1962年にかけて米海軍が新たに4隻就役させたのがヘリウムガス容量4万3千

m<sup>3</sup> の ZPG-3 W 型軟式飛行船である。全長 131 m, 直径 25 m で, 乗組員 30 名を乗せ, 時速 100 km で約 240 時間 (10 日間) 飛び続けることができた。実際に 264 時間 14 分 (丸 11 日間) の無補給, 無着陸の連続飛行記録がある。もちろん船内には居住設備があり艦船のように当直交代しながら運航する体制であった。この飛行船は巨大なエンベロープ内に大型レーダアンテナを装備し, 主に北極圏を越えて侵入してくることが想定されたソ連の爆撃機に対し早期警戒の任務を負っていた。しかし, 地上のレーダ探知能力が向上し, ロッキード哨戒機との組み合わせによる早期警戒システムに取って替われ, ついに 1962 年に米海軍飛行船隊は解散させられることとなった。飛行船隊全体として常時 87% の出勤率という好成績を残していたにもかかわらずである。そして同隊解散後は, 軟式飛行船は主に欧米で宣伝広告やテレビ中継などに用いられて僅かに生き延びてきた。

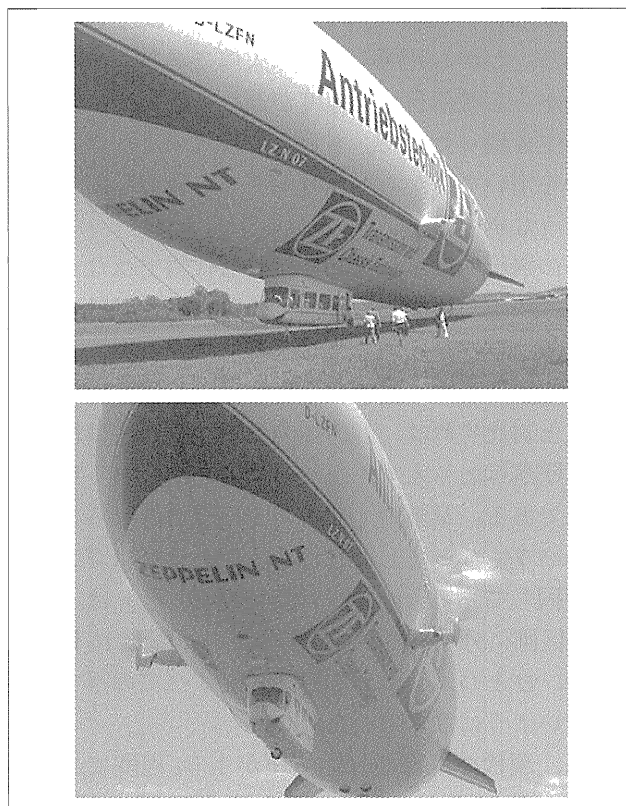
飛行船は構造上数種類に分けられ, 軟式 (骨組み構造を持たない), 半硬式 (下半分のみ骨組みを持つ) または準硬式 (全体に骨組みを持つが, ガス気嚢が外皮膜と分離していない), 硬式 (全体に骨組みを持ち, 船体内部に独立したガス気嚢と乗員・乗客区画などをを持つ) がある。これ以外にいわゆる蟹の甲羅のような, 新素材による甲殻構造を持つソフトシェル・タイプの飛行船も考究されている。飛行船技術の根幹が浮揚ガスの容積と自重の差である浮力の活用にある以上, 小型飛行船は軟式, 中型は半硬式または準硬式, そして大型は硬式が有利となる。

本来飛行船は, 大型化すればするほど自重の増加より容積の増加が上回るため浮力の増加率が大きくなり, 表面積の割に容積が大きいことが有利となるのである。その意味で大型硬式飛行船こそが飛行船技術の頂点に位置するのだが, 「ヒンデンブルク号」が終焉を迎えて半世紀以上, 特にスピード最優先の 20 世紀的な時代思潮の中で大型硬式飛行船は忘却の彼方に置かれてきたのであった。

### 3. ツェッペリン NT 号の復活と新事業分野

ところが 1993 年ツェッペリン飛行船技術会社が復活した。同社は新型準硬式飛行船ツェッペリン NT (ニューテクノロジー) 号の開発に着手し, 21 世紀を迎えた 2001 年 8 月から商業観光遊覧飛行を開始した (写真—5)。

2006 年 6 月時点で既に 6 万人以上の遊覧飛行客を無事故で乗せ, 先行き 1 万人の予約客を抱えている。



写真—5 新型準硬式飛行船ツェッペリン NT 号

この飛行船は内部にカーボンファイバー製の骨組み構造を持ち, 可動チルト式の 200 馬力の航空用エンジン (ライカミング IO-360) とプロペラを船体中央部に 2 基, 船尾部に 1 基 (プロペラは 2 組) の計 3 基を装備, 新素材の合成繊維で軽量かつ強靱なエンベロープ (外皮膜) を構成している。従来の軟式飛行船は, 地上に降りてしまえば自己制御能力はほとんどなく, 15 名程度のグランドクルーが人力でもってマストまでの飛行船の移動を行ってきたが, このツェッペリン NT は自力で地上での運用制御が可能となり, 3~5 名程度のグランドクルーの誘導作業でマスト係留が可能となった。

人件費を鑑みればこの離着陸・係留システムの省力化は画期的な技術革新であり, 今後更なる地上支援システムの自動化, 省力化こそ, 運用風速限界などを改善し課題たる飛行船の定時運航性能向上の鍵である。もっともツェッペリン NT は実用上風速毎秒 10 m 位まで (但し燃料補給時は 7 m まで) は運用可能であり, これは実はヘリコプターや小型飛行機の運用とほとんど大差がない。既存の軟式飛行船でも風速 10 m 近くまでは運用しており, 年間飛行時間は 1 千時間に達している。ヘリコプターや小型飛行機は通常年間数百時間しか飛ばないことを鑑みれば, 現用の飛行船でもかなりの運用実績があることは一般的には知られていない。しかしさしものツェッペリン社といえども,



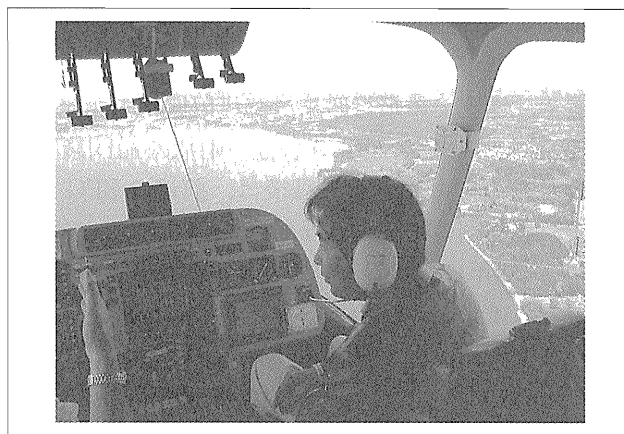
六十数年振りに建造を再開した第一号は、全長 75 m で乗員 2 名、乗客最大 12 名（通常 8 名程度）、最高時速 125 km、巡航時速 80 km で最大航続距離は 900 km（通常運用最大 600 km 程度）と、硬式飛行船としては小振りのものであり、かつての全長 245 m、航続距離 1 万数千キロで百名乗りのヒンデンブルク級にはまだまだ及ばない。こうしたことから同社は将来の後継新型飛行船としてまずは 19 名乗りの大型化の設計は完了しており、さらなる大型化の構想を持っている。

さて、このツェッペリン NT 号の登場を契機とし、あらためて今後の飛行船事業分野を概観すると次のようになる。

- ① 広告媒体
- ② 資源探査・気象観測・航空測量
- ③ 環境・気象観測
- ④ 警備・パトロール・救助活動
- ⑤ コミュータ
- ⑥ 災害救助・通信中継
- ⑦ 貨物輸送
- ⑧ 観光遊覧飛行
- ⑨ 飛行客船によるクルーズ

飛行船は広告広報はもとより航空測量、観測、電波中継作業や、不審船、小型潜航艇の洋上哨戒や密入国、密輸の監視などに、その長時間の滞空性能と長大な航続距離、低空での連続低速追尾性能を十分活用できる。また長大な滑走路が不要な飛行船は、陸上に限らず将来的に浮体構造の飛行船水上基地やウオータフロント周辺を利用した運用も可能である。一方、国際的輸送システムの観点からは、船と飛行機の間空白の事業領域が眠っており、例えば太平洋を横断するのに、ジェット機が半日、船舶が 10 日、これに対して飛行船は 3 日となり、船より早くジェット機より安く運べ、しかも内陸の一拠点まで直接空輸することが可能である。

飛行船はアルキメデスの原理により、ヘリウムなど浮揚ガスの自然な力でかなりの静的浮力を得て空を飛ぶことができ、燃料消費は前進力のみによりかなりを振り向けられるので、少ない化石燃料消費で渡洋可能な実用的航空機である。騒音や二酸化炭素排出も少なく、つまり環境に負担が少ない自然環境調和型技術の象徴的存在であり、この意味で 21 世紀型新産業の旗手たりうる。また、経済的にも運航費に占める燃料費を削減させることから、総体的に運航コストを下げる事が可能であり、今後地上離着陸支援システムの開発を行えば、これから日本各地に出来上がってくる地方空港を活用した地方間コミュニティとしての事業展開も十



写真—6 ツェッペリン NT 号コックピットにて（運転席の筆者）

分考えられる。

特に地震国である我が国では、大震災に備え飛行船により、長時間の滞空性能（通常運用上は 8 時間が最大だが、性能的には最長 24 時間連続可）を活かし、被災地上空からのライブ映像や 3 次元映像情報の収集と送信、空中管制または情報ステーションとして地上の災害対策本部と連動、人命救助やライフラインの早期復旧に役立てることができよう。また携帯電話の臨時中継機器を飛行船に乗せて被災地上空に長時間滞空させることで、携帯電話の中継局倒壊や利用集中による不通状態を改善・復旧させ、閉じ込められている人命を救助できるし、平常時の交通状況監視や、火災発生時、犯罪発生時などの公共協力に寄与することも考えられる。現在、日本飛行船では、情報通信研究機構（NICT）や、アジア航測と共同でこうした防災飛行船の検討を行っている。

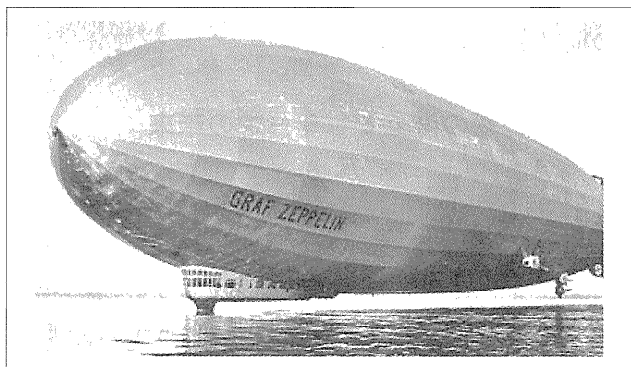
#### 4. 飛行船の洋上ミッションの未来

米海軍は、1924 年より飛行船用の本格的な大型繫留マストを装備した飛行船母艦パトカ（排水量 16,765 トン）を運用し、前述の硬式飛行船 ZR 1 シェナンドア号や軟式飛行船の洋上補給を実施した。また、1928 年には米海軍で最も成功した硬式飛行船、ツェッペリン社製の ZR 3 ロサンゼルス号が空母サラトガに着艦し、洋上補給後発艦するという快挙も成し遂げた。1931 年にはこのロサンゼルス号が、レークハースト米海軍飛行船基地を 27 日間も離れ、飛行船母艦パトカのマストに繫留して洋上補給を受けつつ、キューバ近海で 3 週間、実に 14,000 マイルの洋上飛行を実施している。こうした実績を積重ね、軟式飛行船に主力を切替えた後の第二次世界大戦中は、太平洋、大西洋の北米沿岸はもとより、遠くアラスカ沖から東は地中海に至るまで、常時パトロール海域は 300 万平方マイ



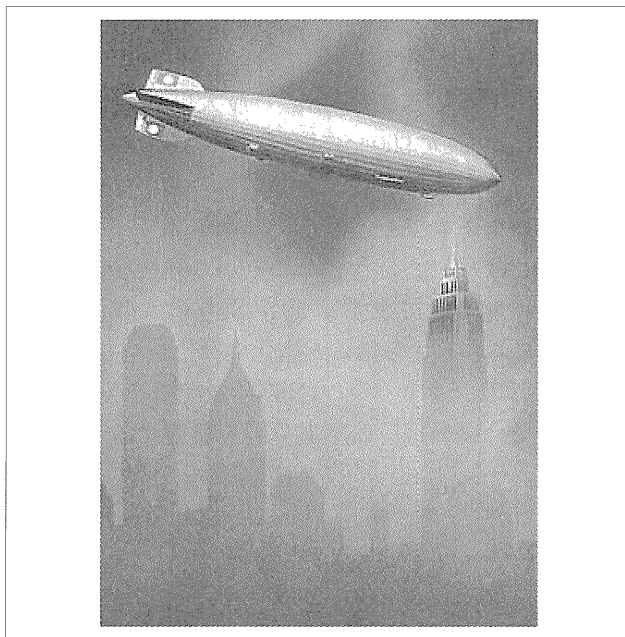
ルに及んだ。この間駆逐艦からの洋上補給も実施し、巡航速度で低空飛行中に海水をバラストとして吸上げる装置や、洋上での飛行船乗員交代用機材の開発などが進み、U ボートなど敵潜水艦の哨戒や船団護衛に大活躍したのである。また戦後は、前述の ZPG 型飛行船で、北極圏の哨戒飛行任務にも従事している。ちなみに 1926 年にアムンゼンが北極海横断飛行に成功したのも、イタリア製のノビレ式半硬式飛行船ノルゲ号（全長 106 m、有効搭載量 8 ton、750 hp、最大時速 100 km）であった。こうした飛行船の洋上飛行作戦の実例を踏まえ、今後飛行船の復活とともに、長期間連続で洋上にて調査・観測などの作業を行う航空分野での活用は十分期待できるといえよう。

そもそも 1900 年 7 月 2 日に初飛行を行ったツェッペリン第一号船 LZ-1 は、ボーデン湖上に浮かぶ浮体式格納庫の中で組立てられ、水上に引出され湖面から飛び上がり、また湖上に舞い戻ったのである。ブイに繋留された浮体式格納庫や水面上の飛行船は、錨をおろした船舶と同様、動力を使わずとも自然に常に風に立つので、水上格納庫への飛行船の出し入れが容易であるという利点がある。後のグラフ・ツェッペリン号も車輪の代わりに大型浮き袋を装備できるようになっており、実際に水面に着水・離水を行っている（写真一7）。したがってわが国でも霞ヶ浦や、浜名湖、琵琶湖などの水面を利用した水上飛行船基地、あるいは浮体式の洋上飛行船基地建設も考えられる。



写真一7 水面に降りている LZ 127 グラフ・ツェッペリン号

イギリスはかつて空中繋留方式を採用しており、ロンドン郊外に今も大格納庫が残るカーディントンや、カナダのモントリオールなどに大型空中繋留塔を建造して R 100 などの大型硬式飛行船に利用していた。実のところニューヨークのエンパイアステートビルも、もともと飛行船の繋留塔として建造されたのである。こうした繋留塔システムは今後の地上・洋上運用でも再検討すべき利点を持っている。



写真一8 ニューヨーク上空のヒンデンブルク号

1930 年代にアメリカでは前述の空中空母アクロン型を民間用に改装した大型硬式飛行船として「乗客乗員 80 名、貨物 120 トン積載、速力 80 kt（時速 150 km）」の計画が存在し、実際に当時の技術と素材でこの性能は十分可能とされていた。飛行船を過去の遺物として否定してきた 20 世紀はすでに終わり、新しい素材と技術を得て環境にも人間にも優しく、長時間飛行、長時間滞空可能な 21 世紀の実用的な渡洋型航空機として大型硬式飛行船が復活する日を信じるのは、果たして筆者のみであろうか。

#### 《参考文献》

- 1) 飯沼和正著：「飛行船の再発見」講談社ブルーバックス、1979 年
- 2) 田中新造著：「飛行船時代」朝日ソノラマ、1974 年
- 3) ジョージ・フード著（高斎正訳）：「飛行船もういちど飛びなさい」、白金書房、1975 年
- 4) 天沼春樹著：「飛行船ものがたり」NTT 出版、1995 年
- 5) 天沼春樹著：「飛行船 空飛ぶ夢のカタチ」KTC 中央出版、2002 年
- 6) 関根 仁著：「航空船工学」東學社、1940 年
- 7) 小川太一郎著：「航空讀本」日本評論社、1932 年
- 8) 田中新造著：「R 101 号に何が起きたか」グラフ社、1984 年
- 9) 草鹿龍之介著：「一海軍士官の半生記」光和堂、1973 年
- 10) 石橋孝夫監修：「航空母艦」小学館、1984 年

J C M A

#### 【筆者紹介】

渡邊 裕之（わたなべ ひろゆき）  
株式会社日本飛行船  
代表取締役最高執行責任者



## 嘉南大圳設計者 八田與一技師（2） —台湾で愛され日本人に知られていない偉大な土木技術者—

川 本 正 之

- (1) 姿を現した銅像
- (2) この人の事を知ってほしい
- (3) 胸に抱く大計画
- (4) 家族とともに
- (5) 前例なき工法
- (6) 二つの試練

- (7) 不毛から肥沃へ—10年の月日を費やして嘉南大圳が完成—
- (8) 李登輝氏は語る—米とサトウキビの増産で稼いだ外貨「八田さんの本当に大きな貢献は3年輪作だと思う」—
- (9) 撃沈—いつ死んでもお国のためなら本望じゃないか—
- (10) 陽光浴びる銅像—大変な恩恵をもたらした技術に国境はない—

### （5）前例なき工法

ダムには大きく分けて2種類ある。コンクリートダムと、土や石を盛上げるフィルダムである。後者は建設費が安いですが、しっかりと固めておかないと水が浸透して決壊するおそれがある。

八田與一が嘉南大圳のために選んだのは、フィルダムの中でもとくに手間のかかる「セミ・ハイドロリック（半水成）フィルダム」という方式だった。現在ではまったく行われていない方式であり、與一がこのダム形式を採用した詳しい理由は伝わっていない。

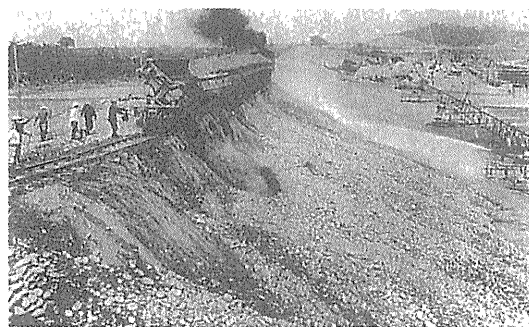
大正11年（1922）、切拓かれた烏山頭のダム建設予定地に、線路2本が約300mの間隔を置いて敷設された。土砂を満載したトロッキ列車が進入して、荷台が横に傾く仕掛けで2本の線路の内側に土砂を落としてゆく。これを繰返して土砂が積重になると、線路はその上にずらされる。畝が2本、盛上がっていく格好だ。

畝の内側からはジャイアントポンプと呼ばれる大型の水鉄砲6門が土砂に水を浴びせ続ける。土砂に含まれる粘土など細かい土が泥水となり、流れ落ちて2本の畝の間に巨大な泥水のプールを造る。そこに細かい土の層が沈殿し、次第に厚みを増し、水を通さない壁となるわけだ。

與一と同じ金沢出身で、戦後長くフィルダム技術者として現場に立った中川耕二（74）は「現在のフィルダムはロードローで押し固めるが、当時はこの技術がなかった。高さ56mという巨大なフィルダムが決壊しないようにする



写真—4 台車の転倒作業とジャイアントポンプによる射水作業  
（古川勝三著「台湾を愛した日本人」より転載）



写真—5 台車の転倒作業（古川勝三著「台湾を愛した日本人」より転載）

ため、中心部に粘土の壁ができる方式が選ばれたのではないかと推測する。だが中川は、近年までこの方式やダム技術者・八田與一の名を聞いたことがなかったという。フィルダムの教科書を開くと、技術年表は戦後から始まっている。與一はダム技術界からも忘れられた存在だった。

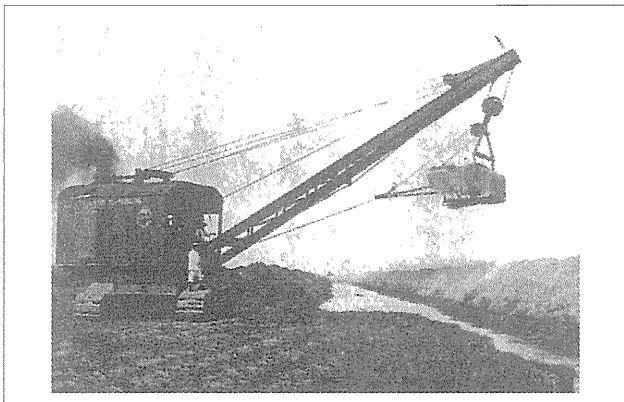
烏山頭ダム建設は、日本で「重機」を集中して使った最初の工事でもあった。與一は直接工事費の4分の1を割いて、米国で大陸横断鉄道建設に使われたスチームショベルを輸入した（自ら機械係長を連れて米国に渡り、輸入機械

本文をまとめるにあたって、出版社及び著者の了解を得て下記の参考文献から一部、写真及び文章を引用・転載しました（本文中敬称略）。

- 1) 産経新聞「凜として」取材班、「凜として 日本人の生き方」、産経新聞（2005）
- 2) 古川勝三著、「台湾を愛した日本人」、青葉図書

を決めた)。現在のようなディーゼルエンジンではなく、石炭をたいて蒸気機関で動くショベルカーだった。当時日本では大倉組（現、大成建設）、旧満州の撫順炭坑、旧内務省に各1台あるだけだった。

ただ、大型土木機械の導入については、多くの人たちが反対した。この当時は、土木工事を機械力で行うのを嫌う時代で、請負業者も「機械を使うほうが高くつくから勘弁してくれ。人間で十分できるはずだから…。それに大型機械を使おうにも、使い方を知っている者もないから」と敬遠するのを、與一は「これだけの大工事をするのに、今までどおりの人力に頼っていたのでは20年経っても完成させることはできない」「外国で使っているものを日本人が使えんということはない」と、逃げ腰だった技術者たちの尻をたたいた。ショベルは1回で2 m<sup>3</sup>の土砂をすくい上げた。人間では半日かかる量だ。しばらくして米国からメーカーの技術者が現場にやってきた。だが縦横に使われているのを見て「教えることはない」と一度もハンドルを握らずに去っていった。



写真一6 烏山頭ダムの建設現場に導入された米国製のスチームショベル  
(産経新聞「豪として 日本人の生き方」より転載)

米国視察に行ったのは、大型土木機械の買付けと最大の目的であるセミ・ハイドロリックフィル工法についての疑問点を解決するために、ダムの現場を視察して自信を得ることであった。このダムは、高さ56 m、長さ1.3 km近い土堰堤であったから、ざっと計算しただけで、600万 m<sup>3</sup>という膨大な量の土石を必要とした。

しかも、その土石はただ土と石が混じっていれば良いというものではなく、大は20~30 cmの玉石や栗石から、小は砂利、小砂、粘土という具合に、数種類の大きさに分かれる土石が必要であった。幸いなことに、これらの条件を満たす土石が烏山頭から南へ20 km離れた曾文溪に発見されていた。それによってセミ・ハイドロリックフィル工法を、與一が採用することにしたきっかけでもあった。この土石を汽車で烏山頭まで運び、中心コンクリートコアから150 m離れた地点に積上げることにした。そして、

両側に積上げられた土石に対して、口径12インチ、450馬力のジャイアントポンプ数台が、堰堤の内側から一斉に強力な圧力で射水するのである。

すると大きな石はそのまま外側に残るが、最も軽い粘土をはじめ小砂、砂利、栗石の順で水圧によって押流され、中心コンクリートには粘土を大量に含んだ濁水が流れ込み、濁水に含まれている微粒の粘土が沈殿して固まり、水を通さない中心粘土羽金層を造っていく。このダム中心コアの高さを一番懸念していたようである。粘土の粒子が大きすぎるといことになれば、中心コンクリートコアをもっと大きく高いものにしなくてはならず、適当ということになれば設計通りで十分ということになる。粘土の粒子の大きさは、設計図を書換えなくてはならなくなる重要な要素であった。この点に関しては、実際にセミ・ハイドロリックフィルダムを見て確認しない限り安心できなかった。與一はこの点だけを知りたくて渡米したといっても過言ではなかった。

図面を広げた與一の説明を聞き終えた、アメリカ土木学会の技術者の一人が声を上げた。

「このダムはすごい。このような大きなダムを、セミ・ハイドロリックで、君のような若い技師が造るのか、信じられない。日本には、この工法によるダムはまだないと思うが、君は経験があるのかね」

與一は毅然として答える。

「いや造ったことはない。文献で研究をしただけだ。ただ、発表された論文どおりにはしていない。私なりに研究して変更している箇所がかなりある」

他の技師が素直に言う。

「これだけ大きなダムを、この工法で初めて造るのは無理ではないか。小さいダムを経験してからの方が、安心できるのではないか」

與一もそのとおりだと思うが、いまやそんな時間はない。それに、研究は十分してきたつもりであった。あとは、中心コンクリートコアの高さと粘土の粒子の関係さえ分かればよかった。

そのことを與一が言うと、

「君の使う土が、どれほど小さい粘土を含んでいるのか分からないが、この図面からは中心コンクリートの高さが、低すぎるのではないかと思う。アメリカで築いているダムは、もっと高くしているはずだ」

と答えが返ってきた。

「確かに低くしてある。私は土壌分析の結果から、この高さで十分だと思っている。アメリカの粘土が、どのようなかまだ知らないで、是非一度見学させて欲しい」

と実際に使われている粘土の標本を見たい旨伝えと、

「その通りだ。粘土を見ないことには、この問題は解決

しないだろう。紹介状を書くから、納得するまで見て回ってくれ。君の設計によるダムが早く完成することを祈っている」

と激励された。

與一は「技術者には、国境はない」という言葉を思い出していた。

アメリカで造られたダムと同じではなく、烏山頭に合ったダムを自分の設計によって造ってみせると思っていた。

紹介状を持ってダムを訪れた與一は、ダムに使われている粘土を目にし、そして触った時、その闘志が、自信へと膨らんでいくのを感じた。

それは、土壤実験によって與一が得た粘土の方が、遥かに優れていたからである。與一の心配は工法に関する限り、ほぼなくなった、と言えた。與一はアメリカに来て良かったと思った。アメリカ合衆国を発ったのは、10月にさしかかった秋のことであった。

## （6）二つの試練

この年（1922）の12月6日、烏山頭ダムに導くトンネル工事現場で爆発があり、50人が死亡する事故が起きた。嘉南大圳の10年の工事期間中、最大の惨事である。米国視察から帰ったばかりの與一は、犠牲となった台湾人工員の家を一軒ずつ回った。台湾に油田があり、トンネル内からも石油がしみだしていた。これにランタンの火が引火したのだ。

昭和5年（1930）嘉南大圳の完工に建てられた「殉工碑」には、事故や病気で亡くなった日本人41人と台湾人92人の名前が区別なく並んでおり、與一が起草したとされる文が刻まれている。

「諸子は<sup>ひた</sup>く犠牲的殉工者にして一死<sup>く</sup>く従業員の志気を鼓舞し以て此大工<sup>このたいこう</sup>を竣<sup>を</sup>ふるを得たり…」

大正12年（1923）9月1日関東大震災が起こった。台湾総督府も東京に援助金を出す関係で大幅な予算緊縮となった。嘉南大圳工事への補助金も後年度に先送りされた。資金欠乏で職員3分の1の整理が決まり、人選は與一に任された。與一は退職者を所長室に呼び、一人ずつ賞与金を渡していた。次第に胸がいっぱいになったのか、ぼろぼろと涙がこぼれ始めた。周囲の者が、與一の涙を見たのはこの



写真一7 スチームショベルによる大内庄での土砂採取現場  
(古川勝三著「台湾を愛した日本人」より転載)

一度きりだった。

與一が最も苦悩したのは大正13年（1924）「セミ・ハイドロリックフィルダム（semi-hydraulic earfh fill dam）」の権威である米国人、デュエル・ジャスティンが目付役として烏山頭に送込まれたときかもしれない。「なぜそんな必要があるのか」と與一は総督府で声を荒らげたが、自分の設計の下敷きにしたのはジャスティンの論文であってみれば「世間の工事への信用を高めるために…」という説明を受けざるを得なかった。

総督府予算の半額に相当する大工事で、前例のない新工法がうまくいくのか上層部は不安だったのだ。内地の土木技術者の誰も知らない技術であり、與一は孤立無援だった。ジャスティンはこの年の10月に台湾にやってきた。與一はジャスティンの行く先にはどこにでも随行し、工事のすべてを見せた。ジャスティンは3カ月をかけて「ダム中心部のコンクリート部が小さすぎる。これでは水が浸透し決壊しかねない」などの意見を総督府に提出した。

與一は数日間寝ずにジャスティンの報告書を翻訳し、反論を書いた。粘土が十分に水を防ぐから現状でいいのだという論旨である。双方が比較検討され、引続き與一案を採用ことが決まった。「本当にうれしそうでした」と、妻の外代樹は回想している。部下は「この後、めっきり白髪が増えた」と記憶していた。（以下、次号）

### 【筆者紹介】

川本 正之（かわもと まさゆき）  
社団法人日本機械土工協会  
技術委員長

## JCMA 報告

# 国際建設ロボット シンポジウム 2006

—ISARC 2006 をふり返って—

星野 春夫

国際建設ロボットシンポジウム 2006 (ISARC 2006) が 2006 年 10 月 3 日 (火)～5 日 (木) の 3 日間にわたり東京の早稲田大学国際会議場において開催され、156 編の論文と国内外の 17 カ国から 230 名の参加者を得て成功裡に閉幕した。本シンポジウムは、長期にわたる景気低迷から日本での開催は 10 年ぶりであり、最近の研究開発の傾向から、特に計画・管理技術、IT 化などに関する論文の割合が約 30% と多かったことが特徴である。

キーワード：ロボット、建設ロボット

## 1. はじめに

2006 年 10 月 3 日 (火)～5 日 (木) の 3 日間にわたり東京の早稲田大学国際会議場において、国際建設ロボット学会 (IAARC)、(社)土木学会、(社)日本建築学会、(社)日本ロボット学会、(財)先端建設技術センター、(社)日本建設機械化協会、(社)日本ロボット工業会の共同主催による「国際建設ロボットシンポジウム 2006 (ISARC 2006)」が開催された (表-1)。

日本では 1980 年頃から、製造業と比較して格段に低い建設産業の生産性を向上させるために、ゼネコン各社を中心として建設ロボット開発の動きが活発になっていたが、国際建設ロボットシンポジウムはこれに刺激されて 1984 年、1985 年に第 1 回、第 2 回が米国ピッツバーグで開催された。その後、1988 年に日本で初めて第 5 回国際建設ロボットシンポジウムが東京の京王プラザホテルにおいて開催され、日本を含め 15 カ国から約 500 名の参加者を得て成功裡に閉幕した。その後米国、ヨーロッパなどで開催された後、1992 年に日本で再び第 9 回国際建設ロボットシンポジウムが東京の経団連会館で開催された。世界的な景気後退傾向にもかかわらず日本を含めて 17 カ国から約 500 名の参加者を得ることができた。

1996 年には日本で 3 回目の開催となる第 13 回国際建設

表-1 国際建設ロボットシンポジウムの歩み

|        | 開催年    | 開催国 (開催都市)        |
|--------|--------|-------------------|
| 第 1 回  | 1984 年 | アメリカ (ピッツバーグ)     |
| 第 2 回  | 1985 年 | アメリカ (ピッツバーグ)     |
| 第 3 回  | 1986 年 | フランス (マルセイユ)      |
| 第 4 回  | 1987 年 | イスラエル (ハイファ)      |
| 第 5 回  | 1988 年 | 日本 (東京)           |
| 第 6 回  | 1989 年 | アメリカ (サンフランシスコ)   |
| 第 7 回  | 1990 年 | イギリス (ブリストル)      |
| 第 8 回  | 1991 年 | ドイツ (シュツットガルト)    |
| 第 9 回  | 1992 年 | 日本 (東京)           |
| 第 10 回 | 1993 年 | アメリカ (ヒューストン)     |
| 第 11 回 | 1994 年 | イギリス (ブライトン)      |
| 第 12 回 | 1995 年 | ポーランド (ワルシャワ)     |
| 第 13 回 | 1996 年 | 日本 (東京)           |
| 第 14 回 | 1997 年 | アメリカ (ピッツバーグ)     |
| 第 15 回 | 1998 年 | ドイツ (ミュンヘン)       |
| 第 16 回 | 1999 年 | スペイン (マドリッド)      |
| 第 17 回 | 2000 年 | 台湾 (台北)           |
| 第 18 回 | 2001 年 | ポーランド (クラクス)      |
| 第 19 回 | 2002 年 | アメリカ (ワシントン)      |
| 第 20 回 | 2003 年 | オランダ (アイントフォーフエン) |
| 第 21 回 | 2004 年 | 韓国 (済州島)          |
| 第 22 回 | 2005 年 | イタリア (フェラーラ)      |
| 第 23 回 | 2006 年 | 日本 (東京)           |

ロボットシンポジウムが東京の経団連会館で開催され、バブル崩壊後の景気低迷の中で国内からの参加者が大幅に減少したものの、国内外を含め 20 カ国から 350 名の参加者を得て成功裡に閉幕した。国際建設ロボットシンポジウムは 1988 年から 1996 年まで 4 年ごとに日本で開催されていたが、日本では特にゼネコン、建設機械メーカー等の企業がその開催の推進に大きな役割を果たしていることから、バブル崩壊後の景気低迷期には開催が困難となり、その後アジアでは、台湾 (2000 年)、韓国 (2004 年) で開催されてきた。本年のシンポジウムは、海外からの日本開催の要望が強まり 10 年ぶりに日本で開催されたものである。

## 2. 開催概要

バブル崩壊後の長期にわたる景気低迷で我が国の建設ロボット開発もスローダウンしてきたが、その一方で建設需要の低迷に伴う受注競争の激化、環境保全やリニューアル関連の増加などの傾向に対応するため、機械化、ロボット化に対する潜在的なニーズと期待は根強いものがあつた。また、近年のロボット技術や情報処理技術等の急速な進歩は、これまで極めて困難と考えられてきた建設工事の自動化、ロボット化の可能性を十分に感じさせるものがある。

本シンポジウムは、我が国を含め諸外国の建設産業における建設ロボット分野の技術革新と建設生産システムの近代化を促進するために、「建設産業をリードするロボット技術 (RT) & 情報技術 (IT)」を総合テーマとして、建設業をめぐる諸問題を解決すべく建設分野のロボット技術の開発とその導入、普及促進に寄与することを目的として

開催された。

会議初日の10月3日に国際会議場井深記念ホールにおいて開会式が行われた(写真-1)。ISARC 運営組織委員長の嘉納成男早稲田大学教授より開会挨拶の後、来賓として高橋泰三経済産業省製造産業局機械課長、村松敏光国土交通省総合政策局建設施工企画課長から挨拶があった。

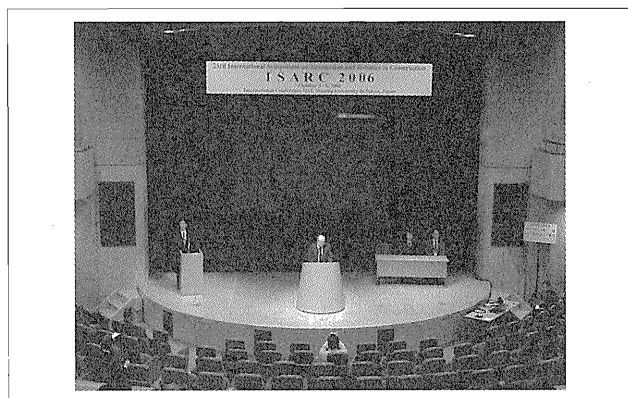


写真-1 開会式

プレナリースピーチを“WaKaGaCAR: Wadokei Kara-kuri Gattai Construction Automation Robotics”と題し、IAARC (国際建設ロボット学会) 会長の Thomas Bock ミュンヘン工科大学教授から、日本の伝統的な和時計、か

らくりからマンガのガンダムや合体ロボットなどの紹介と日本人と欧米人のロボット開発に対する姿勢の違いについて講演があった。

続いて、キーノートレクチャーとして“The Chikyu and Ocean Drilling Science”と題し、(独)海洋研究開発機構・岡田裕氏から、深海における大深度掘削を可能にするライザー式科学掘削船「ちきゅう」の紹介と開発の経緯および統合国際掘削計画 (IODP) について講演があり、その後各セッションの講演に入った。

本シンポジウムでは国内外から156編の論文発表と、日本を含めて17カ国から230名の参加者を得た。論文発表国(論文数)は、台湾(27)、韓国(16)、アメリカ(8)、ドイツ(4)、オーストラリア(4)、スペイン(3)、イギリス(3)、インド(3)、ルーマニア(3)、オランダ(2)、イタリア(2)、フィンランド(1)、カナダ(1)、デンマーク(1)、イスラエル(1)、ポーランド(1)、イラン(1)、日本(75)の18カ国であった。

### 3. セッション講演

本シンポジウムのセッションプログラムを表-2に示す。

表-2 ISARC 2006 プログラム

| 10月3日(火)                                                                      |                                                        |                                                                                | 10月4日(水)                                                                            |                                                                                   |                                                     | 10月5日(木)                                                            |                                                            |                                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| 井深記念ホール                                                                       | 第1会議室                                                  | 第3会議室                                                                          | 井深記念ホール                                                                             | 第1会議室                                                                             | 第3会議室                                               | 井深記念ホール                                                             | 第1会議室                                                      | 第3会議室                                                   |
| Opening Ceremony                                                              |                                                        |                                                                                | A 4 (3編)<br>Planning & Management (1)                                               | *B 4 (5編)<br>OS: Advanced Production Technologies of Industrialized Houses        | C 4 (5編)<br>OS: Autonomous Systems for Construction | A 8 (5編)<br>Sensing & Imaging Technology in Construction Management | B 8 (5編)<br>Logistics & Robot Control Technology           | C 8 (5編)<br>Plant and Desmantling                       |
| Plenary Speech                                                                |                                                        |                                                                                |                                                                                     |                                                                                   |                                                     |                                                                     |                                                            |                                                         |
| Keynote Lecture                                                               |                                                        |                                                                                |                                                                                     |                                                                                   |                                                     |                                                                     |                                                            |                                                         |
|                                                                               |                                                        |                                                                                | Coffee Break                                                                        |                                                                                   |                                                     | Coffee Break                                                        |                                                            |                                                         |
|                                                                               |                                                        |                                                                                | A 5 (3編)<br>Planning & Management (2)                                               | *B 5 (5編)<br>OS: Interdisciplinary Study on Construction Management & Engineering | *C 5 (4編)<br>Mobile Robot Navigation                | A 9 (5編)<br>Automation & Robotization in Civil Engineering (1)      | B 9 (4編)<br>Building Construction Application System       | C 9 (4編)<br>Autonomous Robotic System                   |
| Lunch                                                                         |                                                        |                                                                                | Lunch                                                                               |                                                                                   |                                                     | Lunch                                                               |                                                            |                                                         |
| A 1 (6編)<br>Future Outlook For Automation & Robotization in Civil Engineering | B 1 (3編)<br>Design & Construction Information System   | *C 1 (6編)<br>OS: Robotic House: Robots & Ambient Intelligence for Amenity Life | *A 6 (6編)<br>OS: Automation & Robotization in Construction Maintenance & Inspection | *B 6 (5編)<br>OS: RT& IT in Construction (1)                                       | C 6 (4編)<br>Robot Control System (1)                | A 10 (6編)<br>Automation & Robotization in Civil Engineering (2)     | B 10 (6編)<br>Knowledge Engineering & Management Technology | C 10 (6編)<br>Construction Planning & Management Methods |
| Coffee Break                                                                  |                                                        |                                                                                | Coffee Break                                                                        |                                                                                   |                                                     | Coffee Break                                                        |                                                            |                                                         |
| *A 2 (6編)<br>OS: Automation & Robotization In Marine Construction (1)         | B 2 (5編)<br>Design, Planning & Management System       | C 2 (6編)<br>Construction Robot (1)                                             | A 7 (5編)<br>Information Technology in Construction Management                       | *B 7 (6編)<br>OS: RT& IT in Construction (1)                                       | C 7 (5編)<br>Robot Control System (2)                | A 11 (5編)<br>Automation & Robotization in Civil Engineering (3)     | B 11 (6編)<br>IT Usage Management System                    |                                                         |
| Break                                                                         |                                                        |                                                                                | Break                                                                               |                                                                                   |                                                     |                                                                     |                                                            |                                                         |
| *A 3 (2編)<br>OS: Automation & Robotization in Marine Construction (2)         | B 3 (4編)<br>Construction Planning & Management Methods | C 3 (5編)<br>Construction Robot (2)                                             | Special Invited Speech                                                              |                                                                                   |                                                     |                                                                     |                                                            |                                                         |
| *OS: Organized Session                                                        |                                                        |                                                                                | Award Ceremony & Buffet Party                                                       |                                                                                   |                                                     |                                                                     |                                                            |                                                         |

セッション講演は、国内外の土木・建築をめぐる建設活動へのロボット技術導入の現状と将来を展望するとともに、建設ロボットの要素技術に関する研究、ロボットの適用事例、ロボット施工に関する計画管理技術、コンピュータによる情報化施工、環境、防災、安全回復、リニューアル、急速施工等について発表が行われた。

3日間を通して32のセッションが編成され、そのうちオーガナイズドセッションが8セッションで論文数が41編、一般セッションが24セッションで論文数が115編あり、各セッションで発表、質疑応答が熱心に行われた。

最近の建設分野ではIT化が志向され、設計から計画・管理および施工管理の効率化が図られている。このような技術はロボット化施工の実用化を図る場合に必要で重要な技術の一つと考えられる。

本シンポジウムでは論文募集時の対象テーマを、従来の土木、建築分野の自動化・ロボット化技術および関連の要素技術などに加えて計画・管理技術の自動化、IT化等の項目を設定した。トータルで156編と多数の論文発表があったが、全部で32セッションのうち計画・管理技術、IT化に関するセッションが12あり、その論文数も59編と約30%を占めている。国別では特に、台湾が20編、韓国が9編と多かった。また、建設ロボットとは異なったジャンルの研究者が参加することで、範囲が広がり、有意義な議論ができたと考えられる。

本シンポジウムの公式言語は、論文は英語のみであるが、発表は日本語または英語で双方向の同時通訳がつき、希望者には同時通訳の受信機が貸与された。日本の開催では特に建設ロボット関連の研究者ばかりでなく、各企業の現業からも多くの参加者を期待している。公式言語の英語のみでは一般的にハードルが高くなるため、同時通訳は望ましいと感じた。

#### 4. 功労賞表彰, スペシャルレクチャー

2日目の10月4日のセッション終了後に功労賞表彰およびスペシャルレクチャーがあった。

功労賞は、建設ロボットにおける国際シンポジウムの開催および国際研究協力の推進に尽力し、その発展に多大な貢献をされた業績を称え、土木分野、建築分野、機械システム分野の三つの各分野からそれぞれ、大林成行東京理科大学名誉教授、田村恭早稲田大学名誉教授、長谷川幸男早稲田大学名誉教授の3名に贈られた。

続いてスペシャルレクチャーとして、長谷川幸男早稲田大学名誉教授から“Construction Automation and Robotics in the 21st Century”と題して、建設ロボット開発のこれまでの成果の紹介とこれからの方向性について講演

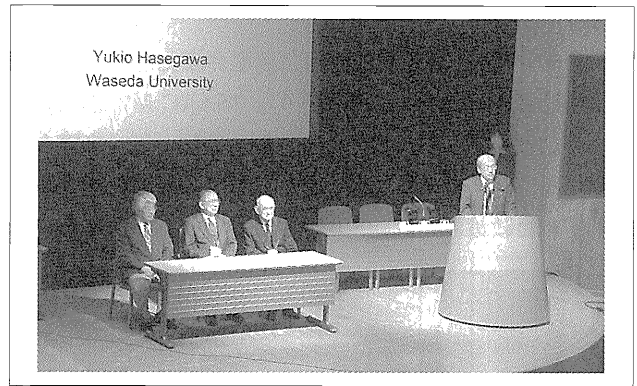


写真-2 功労賞表彰式

があった。

#### 5. 論文賞表彰式・ビュッフェパーティ

2日目のスペシャルレクチャーの後、論文賞表彰式およびビュッフェパーティがリーガロイヤルホテルで開催された。会場は早稲田大学国際会議場から歩いて5分程度のところにあり、昼食の会場としても使われていたホテルであり、琴の演奏が流れる日本的な落ち着いた雰囲気が演出されていた。本シンポジウムでは、論文賞審査委員会の厳正な審査を経て選ばれた優秀な論文が4編表彰された。論文名と著者を以下に示す（順不同）。

- ①“Experiment on Teleoperation of Underwater Backhoe with Haptic Information”, Taketsugu Hirabayashi (港湾空港技術研究所), Hiroaki Yano, Hiroo Iwata (筑波大学), Takashi Yamamoto (佐伯建設工業)
- ②“Application of the Automated Building Construction System Using the Conventional Construction Method together”, Yuichi Ikeda, Tsunenori Harada (大林組)
- ③“Bridge Maintenance Robot Arm : Capacitive Sensor for Obstacle Ranging in Particle Laden Air”, Nathan Kirchner, Dikai, Gamini Dissanayake (Centre for

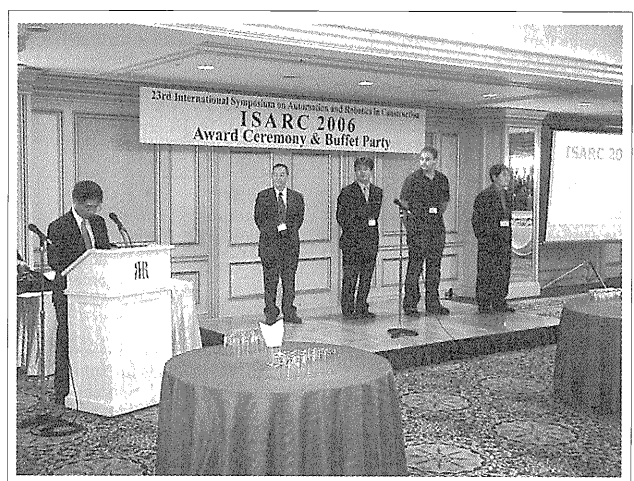


写真-3 論文賞表彰式



Autonomous Systems, UTS)

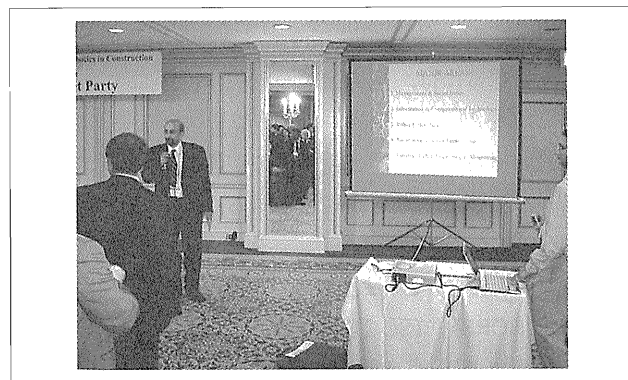
④“Development of Autonomous System for Loading Operation by Wheel Loader”, Shigeru Sarata, Noriho Koyachi (産業技術総合研究所), Takashi Tubouchi (筑波大学), Hisashi Osumi (中央大学), Masamitsu Kurisu (東京電機大学), Kazuhiro Sugawara (日立建機) (写真—3)

論文賞表彰式に引続いてビュッフェパーティが開催され、嘉納成男運営組織委員長の挨拶の後、新井健生実行委員長の乾杯音頭で歓談となった。国土交通省・村松敏光課長の来賓挨拶、国際建設ロボット学会の Thomas Bock 会長挨拶があり、終始和やかな雰囲気であった。Bock 会長は挨拶で、話題の高校野球のハンカチ王子を真似てハンカチを取出して見せ、会場を沸かせる一幕もあった (写真—4)。



写真—4 ビュッフェパーティ会場

次回開催国のインド I.I.T. Madras の Koshy Varghese 教授から開催のプレゼンテーションがあった (写真—5)。ISARC 2007 はインドの Kochi にある Le Meridien Re-



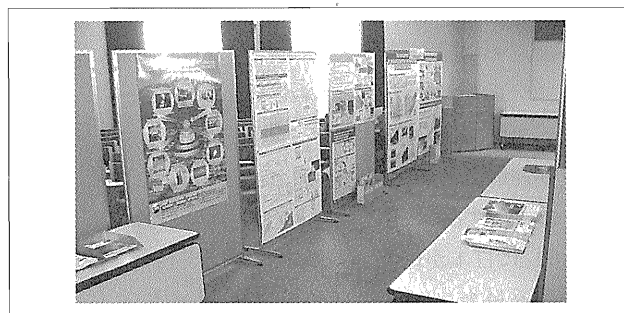
写真—5 次回開催国インドのプレゼンテーションを行う Varghese 教授

sort & Convention Center で開催される予定であり、インターネットの地球地図上で早稲田からインドの Kochi まで飛んで見せ、開催の説明と PR を行った。

最後に、国際建設ロボット学会主催のタッカー & 長谷川賞が、スペイン Universidad Carlos III de Madrid の Carlos Balaguer 教授に贈られた。タッカー & 長谷川賞は、国際建設ロボット学会が建設工事の自動化、ロボット化に国際的に貢献した人の中から選び、毎年 ISARC の会場で贈呈されている。

## 6. パネル & ポスター展示

パネル & ポスター展示は建設ロボット、IT 技術などの開発と実用化を推進している企業、大学等の 16 機関から計 22 小間の参加があった。各機関がそれぞれ進めているロボット関連研究開発技術と導入状況等がまとめられたパネルやポスターを、多数の参加者が熱心に見て周り大変好評であった。



写真—6 パネル & ポスター展示

## 7. おわりに

国際建設ロボットシンポジウム 2006 (ISARC 2006) は国内外の 17 カ国、230 名の参加者を得て成功裡に 3 日間の会期を終了した。

現在、建設分野の自動化、ロボット化は、団塊の世代のリタイアや少子・高齢化などの厳しい社会環境を迎え、着実な実用化を目指したステージに差し掛かっている。国際的な技術交流の成果が得られる本シンポジウムの果たす役割は今後さらに大きなものとなると考える。 J C M A

### 【筆者紹介】

星野 春夫 (はしの はるお)

株式会社竹中工務店技術研究所主任研究員 (前本誌編集委員)

## JCMA 報告

## ISO/TC 127 「土工機械」 シドニー総会

## —速報—

## 標準部会

量産形建設機械の主力であるブルドーザ、油圧ショベルなど土工機械に関する国際標準化を検討する ISO の専門委員会 TC 127 の総会が、11 月 13 日（月）～17 日（金）、オーストラリアのシドニーにて、同国の国家標準化期間 Standards Australia 本部の会議室で開催された。

会議日程としては、前日（12 日（日））に至近のホテルにて午後遅めに議長諮問グループ（CAG）会議、夕方からレセプションが行われた。またそれらに先だって日米英の非公式事前協議が開かれた。初日（13 日（月））に TC 総会及び性能試験方法分科委員会（SC 1）、2 日目（14 日（火））に安全性及び居住性分科委員会（SC 2）、3 日目（15 日（水））に日本が国際議長及び幹事国を務める運転及び整備分科委員会（SC 3）、4 日目（16 日（木））に全体のまとめとして TC 総会後半、17 日（金）は社交行事（事務局は所用のため欠席）というスケジュールであった。

出席者は、日本からは当協会標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会、団長の小竹延和氏（SC 3 国際議長、コマツ執行役員）はじめ、山元弘氏（土木研究所）、藤本秀樹氏（コベルコ建機）、政次知巳氏、足立誠之氏（新キャタピラー三菱）、砂村和弘氏（日立建機）、田中健三氏、宮崎育夫氏（コマツ）、西脇徹郎（JCMA）の計 9 名が出席した。その他の参加国は、地元のオーストラリア 8、ブラジル 3、中国 8、フィンランド 1、フランス 4、ドイツ 4、韓国 2、ニュージーランド 1、スウェーデン 4、英国 4、米国 10、ISO 中央事務局 1 と計 12 カ国計 55 名であった。なお、従来、総会の出席者は、建設機械メーカーが主体で、他に研究機関、規制当局、標準化機関などであったが、今回、ドイツ及びオーストラリアの使用者団体からの出席があり、使用の立場での機械の安全問題などに関して発言があった。

本速報では、総会のハイライトについて、簡単に述べる。なお、詳細は、追って、出席された各国内委員長から報告して頂く予定である。



## 1. 日本担当案件

(1) CD 15143 シリーズ「施工現場データ交換」  
(SC 3 案件)

情報化施工に関する本件に関して、従来関係者の十分な参画が得られないとして国際規格化に反対、ISO/TR（技術報告書）にすべきと主張していた米国との事前打合わせで、この規格ではデータ辞書などへの項目追加に関してあらかじめ考慮済みであるなどの点を説明して米国も了承、SC 3 会議で山元委員が各国意見への対応について説明を行い、国際規格案 DIS に進めることが了承されたが、最近 ISO の日程管理が厳しくなり、日程遅延を理由とする ISO 中央事務局職権による案件自動キャンセルを防ぐため、12 月 31 日までに DIS 案文を中央事務局に提出することとされた。なお、会議での論議とは別に、前述の米国への説明にも関連して、この規格で規定のデータ辞書及び応用スキーマへの追加に関して中央事務局の見解を求めたところ、ISO のルール（ISO/IEC 専門業務指針）に従って、維持機関又は登録機関を設立すべきことを示唆された。これを実現するには、当協会ホームページ上にサーバーを設け、これを ISO のホームページにリンクを張り、各国からの追加提案をそこで公開するのが、負担としても最小限と思われるので、至急検討を要する。

(2) DIS 12117-2「油圧ショベル転倒時保護構造  
(ROPS)」(SC 2 案件)

本件は既に DIS 案文提出済みであるが、案文のフランス語訳の作成（フランス担当）、林業用ショベルに関する規格案（米国担当）などの問題があるため、投票結果を受けてさらなる検討を行う WG 開催は、以前予定していた 4 月下旬（バウマ（BAUMA）建設機械展示会の時期）は困難で、9 月末～10 月初頭にドイツで実施するとされた。

### (3) CD 16714「リサイクル性」(SC 3 案件)

建設機械そのもののリサイクル性の計算方法について、日本建設機械工業会での検討結果に基づく規格案であり、以前提出の DIS 案文が ISO 中央事務局より英文不適などとして拒絶され、同時に自動車のリサイクル性に関する既存の国際規格 ISO 22628 を参考とすべきことを推奨された。そのため、その主旨を日本（砂村委員）より説明、これも即座に DIS 案文を ISO 中央事務局に提出することとされた。

### (4) DIS 15818.2「つり上げ及び固縛装置」(SC 3 案件)

建設機械を現場から現場に移動する際にクレーンでつり上げたりトレーラに固定する際の

- ・機械側のアイ
- ・その他の強度

などに関する規格案である。各国から国際的な輸送に関する規制などに基づく多数の意見が提出されているが、その検討のため、宮崎委員を主査として国際 WG を設立し、各国に参加を求め、また、現状日程ではルールにより自動的に案件がキャンセルとなるため、FDIS（最終国際規格案）の提出期限を来年 4 月末とした。

### (5) CD 8811「締固め機械—用語及び仕様項目」 (SC 4 案件)

ローラのカatalog記載内容などを規定する案件である。今回幹事国のイタリアの都合で SC 4「用語、分類及び格付け」分科委員会は見送りとなっているが、日本としては、各国意見を受けて、2007 年 1 月末までに次の段階の DIS 案文を提出する必要があるため、総会場で主要論点を説明した。そのうえで各国の専門家（特に多くの意見を提出の米国、有力メーカーのあるドイツなど）の連絡先を知らせてもらうこととした。

## 2. その他の重要案件

### (1) CD 20474 シリーズ「安全要求事項」(SC 2 案件)

CEN の土工機械に関する機種別安全 C 規格 EN 474 シリーズに基づく ISO 規格案である。EN と ISO を整合化することとし、日米などそれ以外の地域的要求事項は ISO の技術仕様書 ISO/TS 20474-14 として扱うことが決定された。TS の期限は最長 6 年間なので、その間に国内の法令を国際的に認めさせるか、あるいは国内の法令を ISO に整合化させるかの論議の可能性が生じる問題がある。なお、EN 474 の改正版は本年 11 月末に発行、猶予期間は 2

年間なので、ヨーロッパに輸出又は現地生産を行うメーカーは、今後猶予期間内に製品（在庫を含む）を改正版に適合させる必要がある。

### (2) 「公道走行要求事項」(SC 1 案件)

公道走行に関する要求事項を、欧州規制に基づき ISO 規格化することが決定された（英国担当）。今後、国内の保安基準との関係をどのように検討するかの問題が生じた。

### (3) ISO/CD 3450「ゴムタイヤ式機械のブレーキ系」 (SC 2 案件)

ゴムタイヤ式機械のブレーキ系に関する規格の改正である。オーストラリアから、ダンプトラックの降坂時の要求基準をより厳しくすべきであるとの意見を巡り様々の論議が行われた。そのほか、今後、国内の保安基準との関係をどのように検討するかの問題がある。

### (4) 「エネルギー消費試験方法」(新規案件・SC 1 で 検討見込み)

米国から提案である。複雑な問題であるとして、日本で検討中の JCMAS（ブルドーザ、油圧ショベル、ホイールロードの各燃料消費量測定方法）に関して情報提供すべきであるとされた。また、WG 専門家選定などの対応が求められている。

### (5) ISO 15817「遠隔操縦の安全要求事項」改正 (SC 2 案件)

日本担当で作成し、昨年出版されたばかりである。ビーコンの色などに関して米国より改正提案があり、日本として今後対応が必要である。

### (6) NP 22448「盗難防止装置」

フランス担当である。当初、試験方法に関して性能試験方法分科委員会 SC 1 で論議した。試験方法の評価は、JCMA 国内分科会にて、コマツ大分試験場などでトライしたもののばらつきが大きく、むしろ日本建設機械工業会で検討した装置の格付け主体とすべきである等の点から、試験方法としてではなく、機械の使用に関する規格として、SC 3 分科委員会に移動することとなった。

そのほか、様々な論議が行われた。詳細は、引続き本誌で報告する予定である。

## JCMA 報告

## 平成 18 年度建設施工と建設機械

## シンポジウム報告

## —優秀論文賞 5 編を表彰—

広報部会

社団法人日本建設機械化協会主催による平成 18 年度建設施工と建設機械シンポジウムが、平成 18 年 11 月 15 日（水）～16 日（木）の 2 日間にわたり、東京都港区の機械振興会館において国土交通省、経済産業省、独立行政法人土木研究所、（社）土木学会、（社）日本機械学会および（社）日本機械土工協会の後援のもとに開催された。

本シンポジウムは建設機械と施工法に関する技術の向上を図ることを目的に、機械による施工が普遍化し施工と機械が一体化している現状を踏まえて日頃の研究成果を発表した。産学官から寄せられた 41 編の論文が、5 分野に分けて二つの会場で発表されそれぞれ活発な質疑が行われた（写真—1）。

応募論文の中から選考委員会で 1 次選考として厳正に査読・審査し、当日の発表内容の 2 次選考の審査結果を加味して、次の 5 編の優秀論文賞が授与された（写真—2）。

## 1. 優秀論文賞

## ①操作性を向上させた歩道除雪車の開発について

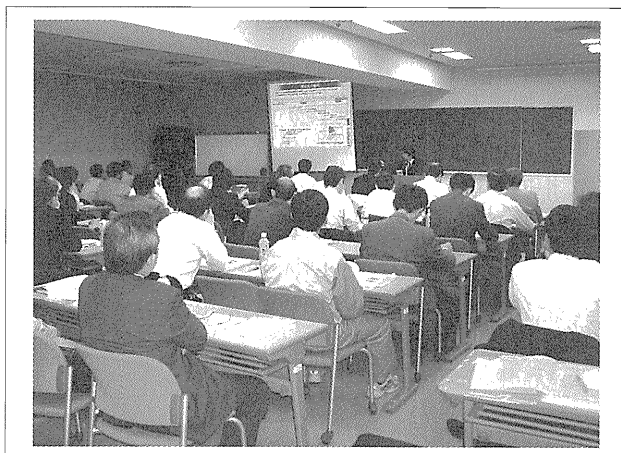
○本間政幸・小林弘朗・齋藤 剛（国土交通省北陸地方整備局北陸技術事務所）—現場のニーズが非常に高い技術開発であり、熟練工を要せず安全性を実現している。目標、内容、成果が明確な論文であった。

## ②長距離・高速施工シールド工事の施工設備について—東西連係ガス導管工事（第 1 工区）施工実績（その 1）—

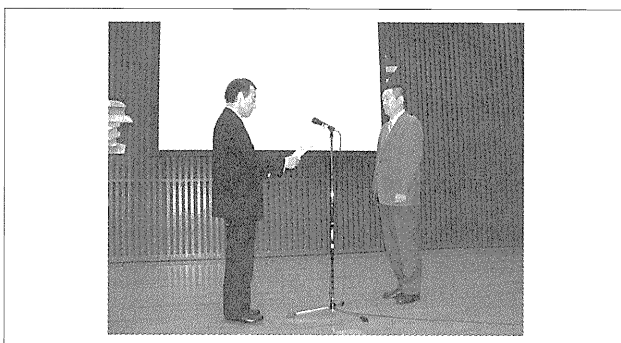
○米沢 実・亀井良至・隈部毅彦（鹿島建設（株））—換気技術、相対的位置探査システムの開発など、新技術の開発と採用及び実績は高く評価される。豊富な施工時データをビジュアルに表現した実用的な内容であった。

## ③早期地震警報による工事現場の地震時安全性向上

○柳瀬茂樹・水谷 亮・永田鉄也（鹿島建設（株））—早期警報システムの研究と現場での防災意識向上をねらった先進的な取り組みである。地震国日本では必須の技術であり、今後の活用が期待出来る。



写真—1 活発な討論が行われた会場



写真—2 JCMA 会長から表彰を受ける本間政幸氏

## ④舗装工における建設機械の位置計測技術を利用した施工・施工管理の提案

○坂本鋼三、金澤哲也（国土交通省関東地方整備局関東技術事務所）—T.S. を用いた舗装工の情報化施工を現場にて行い、精度管理のみならず作業効率についてもデータを計測し、その有効性を確認した貴重な論文である。全国の現場への展開が今後期待される。

## ⑤施工現場・重機へのアドホックネットワーク適用検討

○高野晴之・清水淳史（（株）日立製作所）・小倉 弘（日立建機（株））—情報化施工、災害復旧などのキーテクノロジーに関する実証結果が報告された貴重な論文である。最先端技術を施工技術に導入する意欲的な取り組みである。

## 2. 特別講演、施工技術総合研究所研究報告、機械部会活動報告

特別講演として「環境と調和した機械システム」の演題で東北大学大学院環境科学研究科（工学博士）高橋弘教授にご講演を頂いた。また、本協会の施工技術総合研究所の研究発表および機械部会の活動報告も併催された。

最近の厳しい経済環境にもかかわらず、参加者は 250 名に達し終始、活発な質疑が行われ成功裡に終了した。

JCMA

## CMI 報告

## 低濃度岩盤注入工法に関する研究

藤田 一宏・竹本 憲充

## 1. はじめに

従来山岳トンネルにおける止水注入は、トンネル掘削を行ううえで支障がない程度に湧水を抑制し、切羽の自立性を改善することを目的に行われてきた。これら従来の止水注入は青函トンネルを始めとして数多くの実績を有し、一定の技術が確立されている。

しかし、近年、環境問題に対する社会的注目度が高まる中で、山岳トンネルの施工においても、河川水、地表の湧水、地下水等の周辺水文環境への影響を抑制することを求められるケースが見られるようになってきた。このようなケースにおいては、より高い止水性能が必要となり、従来の止水注入では十分とは言えないのが現状である。このような現状を踏まえて、当研究所では清水建設株式会社と共同で、山岳トンネル（岩盤）における止水注入の改良効果の向上を目的とした、低濃度岩盤注入の研究に取り組んでいる。

本報告は、低濃度岩盤注入の基礎実験の中間報告である。

## 2. 低濃度岩盤注入の目的

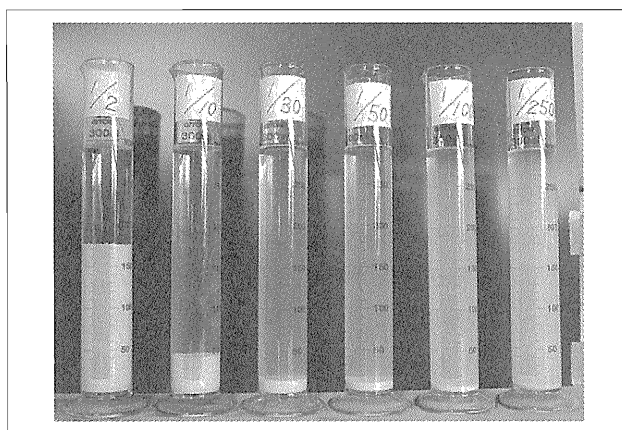
低濃度岩盤注入は、注入に用いる懸濁液の濃度を現行の最低濃度（1/10 程度）よりも大幅に薄くした懸濁液を用いる工法である。同工法は、懸濁液の濃度を 1/100 程度に下げることにより、現行の注入よりも微細な亀裂に対する注入材の充填性を改善し、また、現行の注入と併用することにより、岩盤全体の止水性をさらに向上させることを目的としたものである。

## 3. 低濃度岩盤注入実験

## (1) 低濃度懸濁液沈降試験

現行の注入の最低濃度は 1/10 であるが、実際の注入時には材料分離により、懸濁液の濃度は 1/10 よりも高濃度になっている可能性があり、微細亀裂への浸透性が妨げられると考えられる。そこで、低濃度懸濁液と現行の懸濁液の沈降試験を行った。

写真—1 は、細粒スラグ（ブレン比表面積値 6,000  $\text{cm}^2/\text{g}$  級）の濃度（C/W）を 1/2, 1/10, 1/30, 1/50, 1/100, 1/250 とした懸濁液をメスシリンダ内で 60 分静置したものである。濃度 1/2～1/50 については、30 分後には凝集作用により全粒子が急速に沈降し、上部がほぼ清水となったが、1/100 以下の濃度では、写真—1 に示すように、60 分を経過しても懸濁液全体に濁度が確保されている様子が、目視でも確認できる。



写真—1 懸濁液の沈降状況（60 分経過後）

さらに、3 時間経過した時点でも濁度の変化はほとんどみられなかった。

これは、1/50 程度以上の濃度では、凝集作用により沈澱が急速に進むのに対し、1/100 程度以下の低濃度では懸濁液がコロイドの特性を有し、ブラウン運動により沈殿が生じにくくなるものと考えられる。この結果は、濃度 1/100 程度以下の低濃度懸濁液は孔内で長時間分散し、微細な亀裂に対する浸透性を長時間維持する可能性を示唆するものである。

## (2) スリットモデル注入実験

## (a) 概要

岩盤中の微細亀裂を模したスリットモデルを作成し注入試験を行った。図—1 に実験装置を示す。

スリットモデルは厚さ 50 mm の鉄板表面に水平幅 80 mm、深さ 60  $\mu\text{m}$  の溝を掘込み、微細亀裂をモデル化した

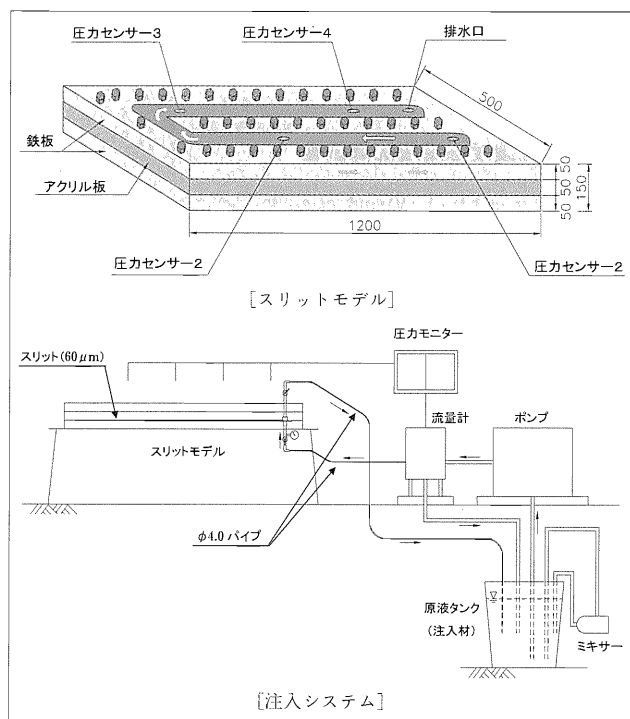


図-1 注入試験装置

ものである。注入延長（注入口中心～排水口中心）は1,985 mmである。懸濁液のスリット内への浸入状況を観察できるように、スリットと同一形状の開口部を設けた。

溝の中央には、50 mm おきに幅 12 mm、長さ 50 mm、厚さ 60 μm のスペーサを配置し、全区間においてほぼ 60 μm のスリット幅が確保されるようにした。また、試験中の注入状況の観察以外に、スリット内の圧力分布を計測できるように、スリット経路に約 60 cm ピッチで圧力計を設置した。なお、今回の基礎実験では、前項で示した細粒スラグ（以後、S 60 と略す）を注入材として使用した。

#### （b）実験結果

濃度が 1/10 と 1/100 の S 60 の懸濁液についてスリットモデルへの浸透性を比較した。写真-2 に実験結果の一例として、S 60 を 0.6 MPa で注入した結果を示す。

写真-2 より、高濃度（1/10）の注入では、40 分の注入時間を経ても、排水口付近では、筋状に材料の流れた跡がみられるのみであるが、低濃度（1/100）では、注入開始から 10 分ですでに材料が排水口に達しており、スリットのほぼ全幅にわたって材料が行きわたっていることがわかる。

さらに、低濃度グラウトの止水性を確認するため、注入圧力よりも高い 0.75 MPa にて排水口から水を逆注入した

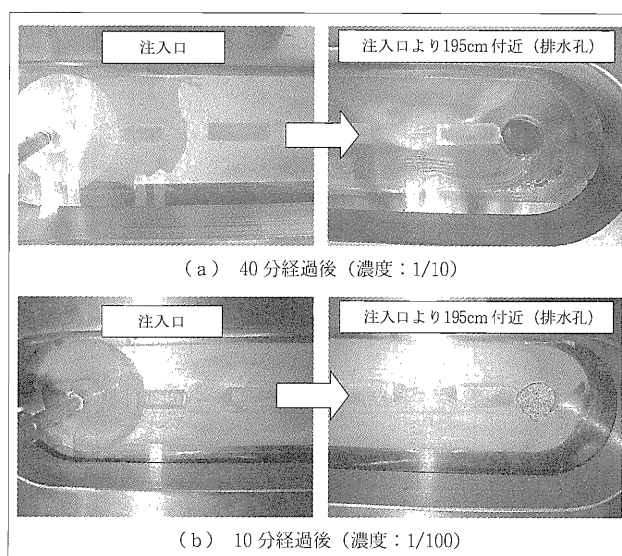


写真-2 注入状況の比較（注入材：S 60）

結果、注入口からの排水は無く、安定した止水効果が得られていることが確認された。

## 4. ま と め

沈降試験により、低濃度の懸濁液が材料分離しにくく、安定した濃度で注入を行える可能性があることが確認された。また、スリットモデル注入実験により、現行の注入よりも低濃度注入の方が、微細亀裂への注入材の浸透性が優れることを確認した。

以上のように、今回の基礎実験により、岩盤注入の止水性の向上について低濃度注入の有効性の一端が確認された。今後はさらに研究を重ね、より適切な注入圧、注入材等を把握し、低濃度注入の基本仕様の設定を行うとともに、実現場での試験施工を行い、実際の岩盤における有効性を確認したい。

J C M A

#### 【筆者紹介】

藤田 一宏（ふじた かずひろ）  
社団法人日本建設機械化協会  
施工技術総合研究所研究第一部  
研究課長

竹本 憲充（たけもと のりみつ）  
社団法人日本建設機械化協会  
施工技術総合研究所研究第三部  
研究員

# 新機種紹介 広報部会

## ▶ 〈02〉掘削機械

|            |                                |                       |
|------------|--------------------------------|-----------------------|
| 06-〈02〉-20 | 住友建機<br>油圧ショベル SH 200[LC]-5 ほか | '06. 09 発売<br>モデルチェンジ |
|------------|--------------------------------|-----------------------|

低燃費生産性、環境対応性、耐久性、安全性、居住性、メンテナンス性などの向上を図ってモデルチェンジした SH 200-5、SH 200 LC-5 と SH 240-5 の 2 機種である。エンジンには、オフロード車の排出ガス対策（3 次規制）基準値をクリアするシステム・SPACE 5 を採用しており、コモンレール式超高压燃料噴射システム、クールド EGR システムを装備している。油圧シリンダ径アップ、油圧併用切替え、自動昇圧、油圧再生回路などを含む新油圧システム・SIH：S によって、バケット掘削力・速度、走行駆動力などの向上を図っており、スロットルに連動して切換えができる 3 作業モード（SP・H・A モード）や、重掘削時の作業状況に対応する自動掘削力アップ機能などを生かして低燃費生産性を実現している。

他の燃費低減対策として、自動的にアイドル状態にするオートアイドルとワンタッチローアイドル機構を搭載している。燃料タンクを大容量化（410 L）して長時間稼働を可能にし、ブーム、アームの板構造改良や鋳鍛造品の採用、バケットの厚板化、フレームの閉断面構造の採用などで耐久性を向上している。剛性アップによって転倒に対する安全性を高めた加圧式ワイドキャブは、液体封入式ビ

スカスマウントを採用して衝撃や振動を吸収し、遮音、吸音設計や低騒音マフラの追加などによって、国土交通省の超低騒音型建設機械の基準値をクリアしている。

安全機構として、アーム、ブーム自然降下防止弁、ヘッドガードキャブ、キャブ後方脱出口、ゲートロックレバー、走行アラーム、エンジンルーム防火壁、エンジン緊急停止スイッチなどが装備されている。ラジエータとオイルクーラの並列配置、可倒式コンデンサの採用、燃料プレフィルタ（ウォータセパレータ付き）の標準装備、作動油フィルタの交換間隔 2,000 h、作動油の交換間隔 10,000 h、給脂間隔 1,000 h（バケット回りは 250 h）に延長するなどでメンテナンス性も向上している。また、サービス機器類は地上から容易にアクセスできるよう集中配置している。稼働情報管理機能 G@Nav には通信機能を標準装備しており、遠隔管理を容易にしている。

オプション仕様として、ブレーカ仕様やクレーン仕様などが確立されており、装備品として、ヘッドガード（FOPS レベル 2）、フロントガード（OPG レベル 1）、オープン式天窓などが用意されている。

|            |                                                        |                    |
|------------|--------------------------------------------------------|--------------------|
| 06-〈02〉-21 | 新キャタピラー三菱<br>油圧ショベル（後方超小旋回形）・<br>トンネル仕様機 CAT 328 D LCR | '06. 10 発売<br>応用製品 |
|------------|--------------------------------------------------------|--------------------|

トンネル内での作業性を考慮して、高い押付け力とコンパクトな旋回半径を持ったローダフロント仕様とショートフロント仕様（オプション）の油圧ショベルである。ベースマシンは 30 t クラスの足回りを採用した CAT 328 D LCR で、ローダフロント仕様には 3 t クラスの大形ブレーカの装着を可能とし、ショートフロントのブームについては、曲がり形を採用して狭所作業性を高めている。エンジンは吸気エアに排気エアを一切混ぜ戻さない方式をとり、燃料の噴射量とタイミングをコントロールする電子制御システム、エンジンの負荷と回転数に合わせて吸気量をコントロールするターボチャージャー & 空冷式アフタクーラ付きの吸気システム、超高压・多段噴射の燃料噴射システム、酸化触媒で排出ガス成分を分解する後処理システムを備えた ACERT 型で、日米欧の排出ガス対策（3 次規制）基準値をクリアしている。遮音、防音などの対策により、国土交通省の低騒音型建設機械にも適合する。10 種類のアタッチメントモードを採用しており、キャブ内のフルグラフィックモニタによって 10 種類の流量設定が可能である。また、あらかじめセットした流動設定を選択するだけで、単動/複動、1 ポンプ/2 ポンプの切替えが行われる。ブレーカは、水平押し機構を装備して狭所作業を容易にしておき、作業時の負荷にかかわらず一定の打撃速度を保持する。

労働安全衛生法規格に適合するヘッドガードキャノピーをビスカスマウントで搭載し、ネットタイプの前フルガードを標準で装備して、オペレータの安全と疲労軽減に配慮している。さらに、全作業機をロックする油圧ロックレバー、エンジンとポンプを隔離す

表—1 SH 200[LC]-5 ほかの主な仕様

|                                  | SH 200[LC]-5             | SH 240-5         |
|----------------------------------|--------------------------|------------------|
| 標準バケット容量 (m <sup>3</sup> )       | 0.8[0.9]                 | 1.1              |
| 運転質量 (t)                         | 19.9[20.4]               | 24.3             |
| 定格出力 (kW(PS)/min <sup>-1</sup> ) | 117.3(159)/1,800         | 132.1(180)/2,000 |
| 最大掘削深さ×同半径 (m)                   | 6.65×9.90                | 6.90×10.28       |
| 最大掘削高さ (m)                       | 9.61                     | 9.76             |
| 最大掘削力（バケット）<br>通常/昇圧時 (kN)       | 142/152                  | 162/174          |
| 作業機最小旋回半径<br>/後端旋回半径 (m)         | 3.60/2.75                | 3.95/2.95        |
| 走行速度 高速/低速 (km/h)                | 5.6/3.4                  | 5.5/3.5          |
| 登坂能力 (度)                         | 35                       | 35               |
| 接地圧 (kPa)                        | 45[42]                   | 48               |
| 全長×全幅×全高（輸送時）(m)                 | 9.40×2.80[2.99]<br>×2.97 | 9.93×3.19×3.15   |
| 価 格 (百万円)                        | 16.5                     | —                |

（注）[LC] 書式でロングクローラ仕様値を示す。



写真—1 住友建機「LEGEST」SH 200-5 油圧ショベル



## 新機種紹介

るファイヤウォール、エンジン非常停止スイッチ、稼働運転を知らせるフラッシュライトなどの装備によって安全性を高めている。

燃料タンクは400 L（従来350 L）にして長時間作業を可能にしており、フルグラフィックカラーモニターで機械の運転状態、異常警告、メンテナンス情報と警告などを表示して、確実な運転を可能にしている。エアクリーナについては、プレクリーナやラジアルシールエアフィルタをダブルで標準装備してエンジンの信頼性を高めている。カートリッジタイプの作動油フィルタを使用して交換時の油汚れを少なくし、目詰まり時には自動的にエンジンの回転を下げて油圧機器を守る工夫がされている。ブレーカ使用については、作業時に発生する油圧脈動を吸収するアキュムレータを装備して油圧機器への負荷を軽減しており、専用のリターンフィルタを設けて回路内へのコンタミネーションの侵入を防止している。

表-2 CAT 328 D LCR の主な仕様

|                                  | ローダフロント仕様      | ショートフロント仕様     |
|----------------------------------|----------------|----------------|
| 標準バケット容量 (m <sup>3</sup> )       | 2.6            | 1.4            |
| 運転質量 (t)                         | 37.1           | 35.7           |
| 定格出力 (kW(PS)/min <sup>-1</sup> ) | 140(190)/1,800 | 140(190)/1,800 |
| 最大掘削深さ×同半径 (m)                   | 2.23×6.87      | 3.57×9.18      |
| 最大掘削高さ (m)                       | 8.32           | 10.43          |
| 最大掘削力 (バケット) (kN)                | 240            | 169            |
| 作業機最小旋回半径/後端旋回半径 (m)             | 3.70/1.90      | 3.60/1.90      |
| 走行速度 高速/低速 (km/h)                | 4.1/2.6        | 4.1/2.6        |
| 登坂能力 (度)                         | 35             | 35             |
| 接地圧 (kPa)                        | 63             | 60             |
| 最低地上高 (m)                        | 0.48           | 0.48           |
| 全長×全幅 (トラック幅) ×全高 (m)            | 8.66×3.29×3.54 | 7.33×3.29×3.54 |
| 価格 (百万円)                         | 55.14          | 51.04          |

(注) ローダフロント仕様はフェースバケットを、ショートフロント仕様(オプション)はバックホウバケットを装着する。

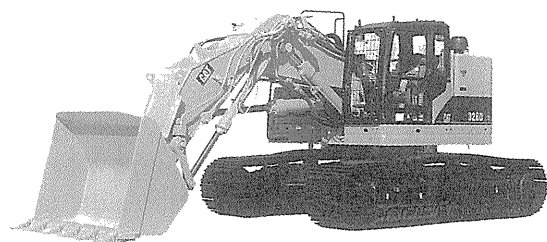


写真-2 新キャタピラー三菱「REGA」CAT 328 D LCR 油圧ショベル（後方超小旋回形）・トンネル仕様機

|            |                                        |                   |
|------------|----------------------------------------|-------------------|
| 06-〈02〉-22 | 日立建機<br>ミニショベル（後方超小旋回形）<br>ZAXIS 8 U-2 | '06. 10 発売<br>新機種 |
|------------|----------------------------------------|-------------------|

都市土木工事や農林業土木工事などで使用されるゴムクローラ式のミニショベルである。クローラ全幅を変更できる可変脚機構により狭所通過性（最小車体幅 0.74 m）を良くし、後方超小旋回形として作業時の後方安全性に配慮している。エンジンは国土交通省の

排出ガス対策（3次規制）基準値をクリアするものを搭載しており、国土交通省の超低騒音型建設機械に適合し、欧州（EU 2000/14/EC, STAGE II）の騒音規制値もクリアしている。クローラ全幅の拡張変更（920～720 mm）にともなうブレード幅の変更はピンの脱着で行われる。外つば式下ローラの採用や走行の高速/低速2速によって安定した機動性を確保している。作業機、旋回、走行の操作を同時にロックするロックレバーを備えており、ロックレバーがロック位置の状態でのみエンジン始動ができるニュートラルエンジンスタート機構を採用している。アーム内装によりバケットホースの損傷を防止、山形リブ付きとしてブームシリンダ保護カバーの耐衝撃性をアップ、HN ブッシュ（含油ブッシュ）の使用により作業機とブレードのすべてのピンジョイント部の耐摩耗性をアップなどにより耐久性を向上している。HN ブッシュの使用では、給脂間隔を500 hに延長している。また、点検・整備のしやすいフルオープン式エンジンカバー、交換しやすい作業機の分割式ホース、グリースシリンダ式のゴムクローラ張り調整装置、燃料残量の確認がしやすい機体側面のビューゲージ、雨などから座面を保護できる可倒式シート、燃料タンクの大容量化（16 L）と大径給油口などを採用してメンテナンス性を良くしている。ラジエータをアルミニウム製にするなどでリサイクル率を97%に上げており、樹脂部材については材質を表示するようにしている。

その他、200 mm 延長のロングアーム、80 kg 増量の追加カウンタウエイト（後端張出し+40 mm）、油圧パイロット式操作レバー、

表-3 ZAXIS 8 U-2 の主な仕様

|                                  |                       |
|----------------------------------|-----------------------|
| 標準バケット容量 (m <sup>3</sup> )       | 0.022                 |
| 機械質量 (t)                         | 0.89                  |
| 定格出力 (kW(PS)/min <sup>-1</sup> ) | 9.5(12.9)/2,100       |
| 最大掘削深さ×同半径 (m)                   | 1.60×3.00             |
| 最大掘削高さ (m)                       | 2.84                  |
| バケットオフセット量 左/右 (m)               | 0.420/0.535           |
| 最大掘削力 (バケット) (kN)                | 10.3                  |
| 作業機最小旋回半径/後端旋回半径 (m)             | 1.27/0.52             |
| 走行速度 高速/低速 (km/h)                | 4.0/2.0               |
| 登坂能力 (度)                         | 30                    |
| 最低地上高 (m)                        | 0.13                  |
| 接地圧 (kPa)                        | 24                    |
| 全長×全幅（拡張～縮小）×全高 (m)              | 2.73×(0.91～0.74)×1.45 |
| 価格 (百万円)                         | 2.05                  |

(注) (1) 無キャノピ、ゴムクローラ装着時の仕様を示す。

(2) 全幅は、クローラ幅 & ブレード幅の拡張時寸法を示す。

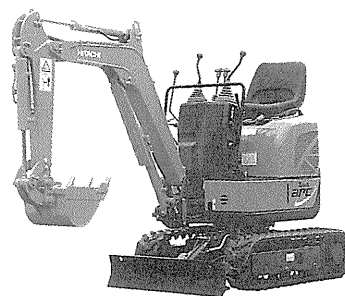


写真-3 日立建機「arc」ZAXIS 8 U-2 ミニショベル（後方超小旋回形）

## 新機種紹介

ROPS 対応のロールバー、盗難予防の電子キーなどをオプションとして用意している。

## ▶ &lt;04&gt; 運搬機械

|            |                 |          |                       |
|------------|-----------------|----------|-----------------------|
| 06-<04>-02 | コマツ<br>重ダンプトラック | HD 785-7 | '06. 10 発売<br>モデルチェンジ |
|------------|-----------------|----------|-----------------------|

鉱山・砕石現場、大規模土木工事現場などで使用されている重ダンプトラックについて、生産性、環境対応性、安全性、信頼性、メンテナンス性などの向上を図ってモデルチェンジしたものである。エンジンは、米国 EPA（環境保護局）の排出ガス対策（Tier 2）基準値をクリアするものを搭載しており、作業内容や稼働現場の状況に応じて、作業量重視のパワーモード（P）または最大出力、シフトダウン点・シフトアップ点を低く設定して経済性を重視するエコノミモード（E）のモード選択ができるようにしている。さらに、P モード、E モードとも車両自身が積車/空車を検知し、それに応じて高出力/低出力のどちらかに自動的に切替える可変出力制御 VHPC（Variable Horsepower Control）を採用して、作業能率の確保と低燃費を実現している。エンジンには AISS（Automatic Idling Setting System）が装備されており、冷却水温や運転状況に応じて自動的にアイドリング回転速度を High/Low に切替えて、暖気運転時間の短縮や、燃費の低減を図っている。電子制御トランスミッションにおいては、速度段クラッチやトルコン・ロックアップクラッチの係合油圧を最適に制御してトルク切れや変速ショックを軽減し、さらに変速時のエンジン回転速度を制御してトランスミッションの回転速度と同期させて変速ショックを軽減している。また、1 段ごとのシフトダウンが不適と判断した場合は、スキップシフト（1 段または 2 段飛ばす変速）機能により、乗り心地改善、荷こぼれ防止、パワートレインの耐久性向上などを実現している。後進では、積み込み場所やダンプ場所の距離や路面勾配に応じて高速/低速の選択を可能にして作業能率を高めている。大容量のアンチピッチング機能付き油冷多板ディスク式リターダを 4 輪に装備し、標準装備の排気ブレーキと合わせて、積車状態での長距離の高速降坂を可能にしている。リターダ操作時に生ずる車体ピッチング現象は、走行条件に応じて前/後輪の制動力を個別にコントロールして小さくしている。降坂速度を任意にワンタッチで設定（10～55 km/h 範囲）できる ARSC（Automatic Retard Speed Control）を標準装備しており、降坂中はハンドル操作に専念できる。全油圧式サービスブレーキに使用しているアクスル内蔵の湿式多板ディスクと駐車ブレーキは兼用しており、全輪を制動して駐車ブレーキを作用させている。フロント、リヤ、パーキングの独立 3 系統ブレーキシステムで、それぞれがアキュムレータを備えた独立回路を採用しており、エマージェンシブレーキペダルを操作するとフロントブレーキとパーキングブレーキが、フロント、リヤのどちらか、あるいは両方の制御油圧が基準値以下になるとパーキングブレーキが自動的にスプリングの力で作動する。前輪サスペンションには大きな舵角の取れるマクファーソンストラット型独立懸架を採用し、運転条件の変化に

応じて緩衝・減衰性能がソフト（S）/メディウム（M）/ハード（H）に自動的に切替わるオートマチックサスペンションシステムを標準装備して、乗り心地と車体安定性を確保している。加圧式キャブは ROPS/FOPS 一体型で、ビスカスマウント支持やラジエータファンの改良などで振動や騒音を低減して、オペレータ耳元騒音値 75 dB(A) を実現している。走行中、エンジンの停止や油圧ポンプの異常などによりステアリングが故障した場合、自動的にエマージェンシステアリングポンプが作動してステアリング操作を可能にする。エンジンオイル 500 h、トランスミッションオイル 1,000 h、作動油 4,000 h の交換間隔延長でメンテナンス性を向上するとともに、ディスプレイ表示の故障診断機能や、出来高・車両管理が容易な VHMS（Vehicle Health Monitoring System）内蔵型 PLM（Pay-load Meter）を搭載して、車両の効率的な運用管理、メンテナンス管理を行えるようにしている。

表-4 HD 785-7 の主な仕様

|                        |                             |                    |
|------------------------|-----------------------------|--------------------|
| 最大積載質量/山積容量            | (t)/(m <sup>3</sup> )       | 91/60              |
| 総質量/空車質量               | (t)                         | 163.38/72.3        |
| 定格出力                   | (kW(PS)/min <sup>-1</sup> ) | 879(1,195)/1,900   |
| 荷台上縁高さ                 | (m)                         | 4.285              |
| 最高走行速度 ( $F_1/R_2$ )   | (km/h)                      | 65                 |
| 登坂能力 ( $\sin \theta$ ) | (%)                         | 35                 |
| 最小回転半径（最外輪中心）          | (m)                         | 10.1               |
| 最低地上高 空車時/最大積載時        | (m)                         | 0.775/0.735        |
| 輪距（前/後）×軸距             | (m)                         | (4.325/3.500)×4.95 |
| タイヤサイズ（前輪/後輪共）×本数      | (—)                         | 27.00-R 49×6       |
| 全長×全幅×全高（空車時）          | (m)                         | 10.290×6.885×5.050 |
| 価 格                    | (百万円)                       | 138.5              |



写真-4 コマツ「GALEO」HD 785-7 重ダンプトラック

## ▶ &lt;12&gt; モータグレーダ、路盤機械および締固め機械

|            |                                                           |                       |
|------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------|
| 06-<12>-01 | 新キャタピラー三菱<br>((米) キャタピラー社製)<br>振動ローラ（コンバインド型）<br>CB-335 E | '06. 08 発売<br>モデルチェンジ |
|------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------|

環境対応性、安全性、メンテナンス性などの向上を図ってモデルチェンジした、コンバインド型、アーティキュレート式の振動ローラである。エンジンは国土交通省の排出ガス対策（2 次規制）基準値をクリアするものを搭載しており、騒音対策では、同省の超低騒音型建設機械に適合する。作業条件に応じて、ノブ操作で変更する

## 新機種紹介

3モード速度切換機構を採用しており、さらに、住宅地における夜間工事など騒音に配慮する必要がある場合の移動や無振動転圧作業に対応して、エンジンのスロットルレバーに中速域2段を追加し、従来の低/高2段変速から4段変速に変更している。過転圧を防止する自動作動式起振装置や間欠散水機能を備えており、作業精度を高めている。左(2本)右(2本)の後輪は独立した2個のモータで駆動しており、そのディファレンシャル効果により内外輪差を吸収してカーブ施工時でも引きずりのない仕上げ作業を可能にしている。曲線的な車両スタイルと、小さくまとめたいたずら防止用のフード付きダッシュパネル装備などで前後視界を良くしており、欧州規格1×1m視界を確保している。

また、幅広ベンチシートの採用や大きなドラム張出し量によって、ドラム端部や路面を確認しながらの作業を容易にしている。ブレーキシステムは、前後進レバーによる静油圧ブレーキ、駐車ブレーキ、フットブレーキの3系統を採用しており、万一のエンジン停止時には、エンジンルーム内の手動ポンプでブレーキを解除して車両のけん引を可能にする駐車ブレーキ解除ポンプを装備している。さらに、エンジンニュートラルスタート機構や巻込み式シートベルトを装備して安全性を向上している。液量点検に便利なラジエタリザーバタンクの装備、アスファルト合材付着防止剤タンクの標準装備、リヤフード外側から給水が出来るようにしたタンク給水口、散水ラインの集中ドレン機構の装備、エンジンオイルや作動油のドレンコックの装備、メンテナンスフリーバッテリーの搭載、チルトアップ式フ

表-5 CAT CB-335 Eの主な仕様

|             |                             |                    |
|-------------|-----------------------------|--------------------|
| 運転質量        | (t)                         | 3.680              |
| 締固め幅×ドラム径   | (m)                         | 1.3×0.8            |
| 静線圧 前輪/後輪   | (kgf/cm)                    | 15.1/—             |
| 起振力/振動数     | (kN)/(Hz)                   | 24.5/57            |
| 定格出力        | (kW(PS)/min <sup>-1</sup> ) | 24.4(33.2)/2,800   |
| 走行速度 高/中/低  | (km/h)                      | 0~12.4/0~7.5/0~5.5 |
| 最小回転半径(最外側) | (m)                         | 4.3                |
| 登坂能力        | (度)                         | 25                 |
| 軸 距         | (m)                         | 2.32               |
| 最低地上高       | (m)                         | 0.275              |
| サイドオーバハング   | (m)                         | 0.048              |
| タイヤサイズ(4本)  | (—)                         | 10.5/80-16-6 PR    |
| 全長×全幅×全高    | (m)                         | 3.120×1.395×1.895  |
| 価 格         | (百万円)                       | 7.21               |

(注) 上記ワイドタイヤのほかに、7.50-16-6 PR ナロータイヤをオプションで使用可能。

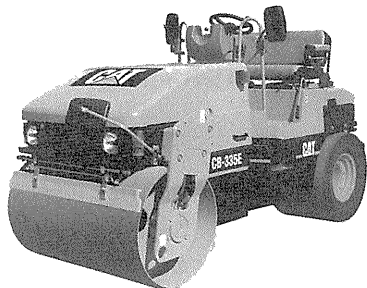


写真-5 新キャタピラー三菱 CAT CB-335 E 振動ローラ (コンバインド型)

ルオープンエンジンフードの採用などでメンテナンス性を向上している。

### ▶ <16> 空気圧縮機、送風機およびポンプ

|            |               |              |                  |
|------------|---------------|--------------|------------------|
| 06-<16>-01 | 北越工業<br>空気圧縮機 | PDS 55 S-5B2 | '06.03 発売<br>新機種 |
|------------|---------------|--------------|------------------|

建築、土木工事現場などで使用される空気圧縮機で、基本性能、環境対応性、安全性、メンテナンス性などの向上を図った新機種である。エンジンは国土交通省の排出ガス対策(2次規制)基準値をクリアするものを搭載しており、防音対策によって国土交通省の超低騒音型建設機械にも適合している。圧縮機はスクリュウ式1段圧縮の油冷式を搭載しており、圧縮効率を高めたことにより、従来相等機に比し吐出空気量は14%アップを達成している。また、全負荷時の燃料消費量は、従来機の3.9L/hから3.5L/hへと10%の低減を実現している。非常停止装置を標準装備しており、吐出空気温度、エンジン油圧、冷却水温度などが異常時には、パネル上の非常停止警告ランプが点灯すると同時にエンジンを非常停止する。間口の大きな観音開き式ドアを採用、フレームをフラット化する、ラジエタとオイルクーラをクリーニングの容易な並列配置にする、アンローダとオートレリーフバルブをダイアフラムレスとして耐久性を向上するなどメンテナンス性を向上している。エアツールの接続は、エアチャックを標準装備してワンタッチ接続を可能にしている。

表-6 PDS 55 S-5B2の主な仕様

|          |                             |                   |
|----------|-----------------------------|-------------------|
| 空気量      | (m <sup>3</sup> /min)       | 1.6               |
| 吐出圧力     | (MPa)                       | 0.7               |
| エンジン定格出力 | (kW(PS)/min <sup>-1</sup> ) | 10.5(14.3)/3,200  |
| 運転質量     | (t)                         | 0.35              |
| 燃料タンク容量  | (L)                         | 18                |
| 全長×全幅×全高 | (m)                         | 1.420×0.700×0.800 |
| 価 格      | (百万円)                       | 1.3               |



写真-6 北越工業 PDS 55 S-5B2 空気圧縮機

### ▶ <17> 原動機、発電装置等

|            |                                   |                  |
|------------|-----------------------------------|------------------|
| 06-<17>-03 | デンヨー<br>ディーゼルエンジン発電機<br>DCA-13USY | '06.10 発売<br>新機種 |
|------------|-----------------------------------|------------------|

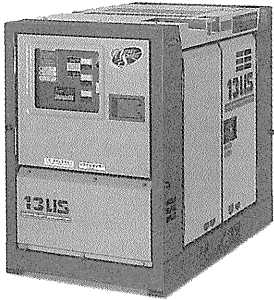
建築、土木工事現場などで使用されるエンジン発電機で、環境対

# 新機種紹介

応性、コンパクト性、安全性などを向上した新機種である。エンジンは国土交通省の排出ガス対策（3次規制）基準値をクリアするものを搭載しており、防音対策によって国土交通省の超低騒音型建設機械にも適合する。騒音値 L<sub>WA</sub> 78 dB(A) & 周囲 7 m-52 dB(A) を実現して、住宅地における夜間工事の実施に支障を少なくしている。設置面積 1 m<sup>2</sup> の省スペース・コンパクト設計としており、作業スペースや運搬・保管スペースを有効に使用できる。3相と単相の切換えが、制御盤内部にあるスイッチで簡単に操作できるので、さまざまな用途に容易に対応できる。大容量の燃料タンクを搭載して、長時間の連続運転を可能にしている。負荷回路の短絡や過負荷から発電機を守る遮断器、エンジンの異常を検知して自動的に停止する非常停止装置と警報灯などの安全装置が装備されている。

表—7 DCA-13 USY の主な仕様

| 周波数 (Hz)                                | 50                              | 60                              |
|-----------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 3相4線式<br>出力/電圧/電流<br>(kVA)/(V)/(A)      | 10.5/200/30.3                   | 13/220/34.1                     |
| 単相3線式<br>出力/電圧/電流<br>(kVA)/(V)/(A)      | 6.1/(100/200)/<br>(30.3×2/30.3) | 7.5/(110/220)/<br>(34.1×2/34.1) |
| 単相補助出力/電圧<br>(kVA)/(V)                  | (1.5×2)/100                     | (1.65×2)/110                    |
| エンジン定格出力<br>(kW(PS)/min <sup>-1</sup> ) | 11.5(15.6)/1,500                | 13.9(18.9)/1,800                |
| 運転質量 (t)                                | 0.735                           | 0.735                           |
| 燃料タンク容量 (L)                             | 70                              | 70                              |
| 全長×全幅×全高 (m)                            | 1.38×0.79×1.13                  | 1.38×0.79×1.13                  |
| 価格 (百万円)                                | 2.205                           | 2.205                           |



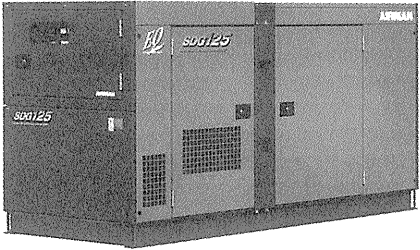
写真—7 デンヨー DCA-13 USY ディーゼルエンジン発電機

|            |                                       |                   |
|------------|---------------------------------------|-------------------|
| 06-〈17〉-04 | 北越工業<br>ディーゼルエンジン発電機<br>SDG 125 S-3A6 | '06. 10 発売<br>新機種 |
|------------|---------------------------------------|-------------------|

建築、土木工事現場などで使用されるエンジン発電機で、環境対応性、安全性、メンテナンス性などを向上した新機種である。エンジンは、国土交通省の排出ガス対策（2次規制）基準値をクリアするものを搭載しており、防音対策によって国土交通省の超低騒音型建設機械にも適合する。エンジンの油圧低下、冷却水温上昇、過回転などの異常発生時に作動する非常停止装置を装備しているほか、再始動時の感電の危険を無くすために、エンジン非常停止時には、ブレーカを遮断する回路を標準で装備している。発電機の制御機器とエンジンの電装品は制御盤内に集中配置し、日常点検機器については、メンテナンス作業が一方からすべて出来るようにまとめている。そのほか、フレームをフラット化し、ラジエータとオイルクーラを並列配置として、クリーニング作業や点検を容易にしている。複数の発電機の並列運転が可能な手動並列運転装置も標準装備している。

表—8 SDG 125 S-3A6 の主な仕様

| 周波数 (Hz)                                | 50                | 60                |
|-----------------------------------------|-------------------|-------------------|
| 交流出力 (kVA)                              | 100               | 125               |
| 交流電圧 (V)                                | 200/400           | 220/440           |
| 単相出力<br>専用端子/コンセント<br>(kVA)             | (10×2個)/(1.5×2個)  | (11×2個)/(1.65×2個) |
| 単相電圧 (V)                                | 100               | 110               |
| エンジン定格出力<br>(kW(PS)/min <sup>-1</sup> ) | 96.3(131)/1,500   | 112.7(153)/1,800  |
| 運転質量 (t)                                | 2.3               | 2.3               |
| 燃料タンク容量 (L)                             | 250               | 250               |
| 全長×全幅×全高 (m)                            | 2.990×1.180×1.480 | 2.990×1.180×1.480 |
| 価格 (百万円)                                | 5.63              | 5.63              |

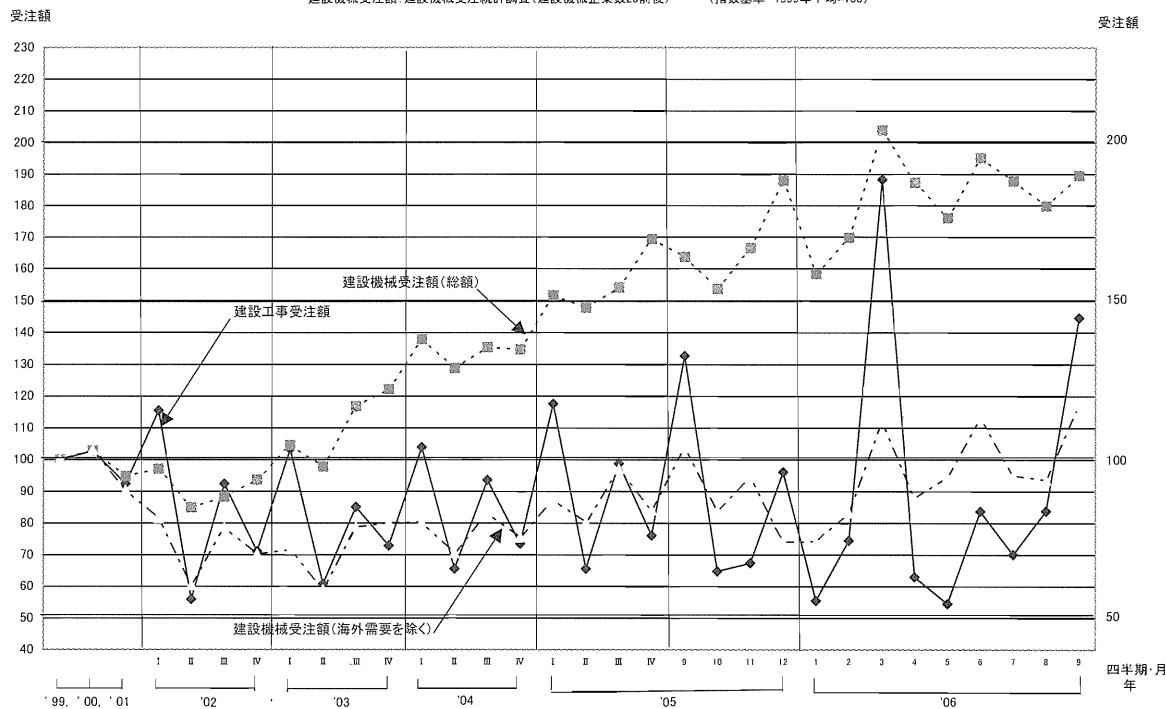


写真—8 北越工業 SDG 125 S-3A6 ディーゼルエンジン発電機

# 統計 広報部会

## 建設工事受注額・建設機械受注額の推移

建設工事受注額 建設工事受注動態統計調査(大手50社) (指数基準 1999年平均=100)  
建設機械受注額 建設機械受注統計調査(建設機械企業数25前後) (指数基準 1999年平均=100)



建設工事受注動態統計調査 (大手50社)

(単位: 億円)

| 年 月        | 総 計     | 受 注 者 別 |        |        |        |       |       | 工 事 種 類 別 |        | 未 消 化<br>工 事 高 | 施 工 高   |
|------------|---------|---------|--------|--------|--------|-------|-------|-----------|--------|----------------|---------|
|            |         | 民 間     |        |        | 官 公 庁  | そ の 他 | 海 外   | 建 築       | 土 木    |                |         |
|            |         | 計       | 製 造 業  | 非製造業   |        |       |       |           |        |                |         |
| 1999 年     | 155,242 | 96,192  | 12,637 | 83,555 | 50,169 | 4,631 | 4,250 | 97,073    | 58,169 | 186,191        | 164,564 |
| 2000 年     | 159,439 | 101,397 | 17,588 | 83,808 | 45,494 | 6,188 | 6,360 | 104,913   | 54,526 | 180,331        | 160,536 |
| 2001 年     | 143,383 | 90,656  | 15,363 | 75,293 | 39,133 | 6,441 | 7,153 | 93,605    | 49,778 | 162,832        | 160,904 |
| 2002 年     | 129,862 | 80,979  | 11,010 | 69,970 | 36,773 | 5,468 | 6,641 | 86,797    | 43,064 | 146,863        | 145,881 |
| 2003 年     | 125,436 | 83,651  | 12,212 | 71,441 | 30,637 | 5,123 | 5,935 | 86,480    | 38,865 | 134,414        | 133,522 |
| 2004 年     | 130,611 | 92,008  | 17,150 | 74,858 | 27,469 | 5,223 | 5,911 | 93,306    | 37,305 | 133,279        | 131,313 |
| 2005 年     | 138,966 | 94,850  | 19,156 | 75,694 | 30,657 | 5,310 | 8,149 | 95,370    | 43,596 | 136,152        | 136,567 |
| 2005 年 9 月 | 17,164  | 12,623  | 2,111  | 10,513 | 3,422  | 513   | 605   | 13,073    | 4,091  | 140,240        | 13,001  |
| 10 月       | 8,382   | 5,560   | 1,034  | 4,526  | 2,057  | 405   | 360   | 5,755     | 2,627  | 138,588        | 10,028  |
| 11 月       | 8,718   | 6,326   | 1,243  | 5,082  | 1,354  | 433   | 605   | 6,321     | 2,396  | 136,731        | 10,857  |
| 12 月       | 12,429  | 9,019   | 1,848  | 7,171  | 2,110  | 481   | 819   | 9,085     | 3,344  | 136,152        | 12,703  |
| 2006 年 1 月 | 7,186   | 5,614   | 1,269  | 4,345  | 995    | 362   | 215   | 5,251     | 1,935  | 131,489        | 12,383  |
| 2 月        | 9,641   | 6,937   | 1,299  | 5,638  | 1,720  | 453   | 531   | 6,809     | 2,833  | 130,007        | 10,959  |
| 3 月        | 24,365  | 17,172  | 3,320  | 13,852 | 5,064  | 589   | 1,539 | 17,761    | 6,604  | 134,733        | 19,630  |
| 4 月        | 8,153   | 6,597   | 1,922  | 4,675  | 893    | 425   | 237   | 6,069     | 2,085  | 137,143        | 9,045   |
| 5 月        | 7,056   | 5,705   | 1,575  | 4,130  | 633    | 423   | 294   | 5,598     | 1,458  | 134,880        | 9,193   |
| 6 月        | 10,826  | 7,713   | 1,933  | 5,780  | 1,721  | 553   | 839   | 8,375     | 2,451  | 134,201        | 12,015  |
| 7 月        | 9,065   | 6,547   | 1,523  | 5,023  | 1,089  | 400   | 1,029 | 6,173     | 2,891  | 134,361        | 9,710   |
| 8 月        | 10,839  | 7,771   | 2,005  | 5,766  | 1,680  | 487   | 901   | 8,215     | 2,624  | 134,977        | 10,074  |
| 9 月        | 18,711  | 11,813  | 2,483  | 9,330  | 2,431  | 755   | 3,713 | 12,263    | 6,448  | —              | —       |

建設機械受注実績

(単位: 億円)

| 年 月     | '99 年 | '00 年 | '01 年 | '02 年 | '03 年  | '04 年  | '05 年  | '05 年<br>9 月 | 10 月  | 11 月  | 12 月  | '06 年<br>1 月 | 2 月   | 3 月   | 4 月   | 5 月   | 6 月   | 7 月   | 8 月   | 9 月   |
|---------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------------|-------|-------|-------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 総 額     | 9,471 | 9,748 | 8,983 | 8,667 | 10,444 | 12,712 | 14,749 | 1,292        | 1,213 | 1,314 | 1,484 | 1,249        | 1,340 | 1,609 | 1,478 | 1,389 | 1,540 | 1,482 | 1,419 | 1,496 |
| 海 外 需 要 | 3,486 | 3,586 | 3,574 | 4,301 | 6,071  | 8,084  | 9,530  | 775          | 794   | 843   | 1,115 | 879          | 925   | 1,051 | 1,040 | 917   | 977   | 1,008 | 952   | 912   |
| 海外需要を除く | 5,985 | 6,162 | 5,409 | 4,365 | 4,373  | 4,628  | 5,219  | 517          | 419   | 471   | 369   | 370          | 415   | 558   | 438   | 472   | 563   | 474   | 467   | 584   |

(注) 1999 年～2001 年は年平均で、2002 年～2005 年は四半期ごとの平均値で図示した。  
2005 年 9 月以後は月ごとの値を図示した。

出典: 国土交通省建設工事受注動態統計調査  
内閣府経済社会総合研究所機械受注統計調査

# …行事一覧…

(2006年10月1日～31日)

## ■ 機 械 部 会

### ■コンクリート機械技術委員会

月 日：10月5日(木)

出席者：大村高慶委員長ほか7名

議題：①トラックミキサの安全要求事項について ②その他

### ■トンネル機械技術委員会・未来技術開発分科会

月 日：10月5日(木)

出席者：森 政嗣分科会長ほか8名

議題：①アンケート調査方法について ②調査担当の決定について ③その他

### ■油脂技術委員会・JCMAS 油脂規格普及分科会

月 日：10月5日(木)

出席者：長尾正人分科会長ほか7名

議題：①オンファイルシステムについて ②オンファイルシステムマニュアルについて ③その他

### ■油脂技術委員会

月 日：10月5日(木)

出席者：杉山玄六委員長ほか16名

議題：①JCMA 油脂規格普及促進協議会の設立について ②資料内容の確認 ③その他

### ■建築生産機械技術委員会移動式クレーン分科会

月 日：10月10日(火)

出席者：石倉武久分科会長ほか2名

議題：①EN 474-12 の C 規格作成検討 ②その他

### ■路盤・舗装機械技術委員会・安全対策分科会アスファルトプラント部門

月 日：10月12日(木)

出席者：小葉賢一分科会長ほか10名

議題：①アスファルトプラントの C 規格原案検 ②EN 746-1 安全基準検討について

### ■路盤・舗装機械技術委員会・安全対策分科会アスファルトフィニッシュ部門

月 日：10月13日(金)

出席者：小葉賢一分科会長ほか11名

議題：①アスファルトフィニッシュの安全規格の検討 ②その他

### ■路盤・舗装機械技術委員会・安全対策分科会瀝青材散布機械部門

月 日：10月13日(金)

出席者：小葉賢一分科会長ほか10名

議題：①瀝青材散布機械の安全規格の検討 ②その他

### ■建築生産機械技術委員会定置式クレーン分科会

月 日：10月18日(水)

出席者：三浦 拓分科会長ほか5名

議題：①プランニング百科の見直し ②その他

### ■トンネル機械技術委員会・技術研究分科会

月 日：10月18日(水)

出席者：福田日出男分科会長ほか6名

議題：①長距離・高速施工技術の報告書まとめ ②その他

### ■トンネル機械技術委員会・さく岩機分科会

月 日：10月27日(金)

出席者：阿部裕之分科会長ほか3名

議題：①C 規格 JIS 原案の精査 ②その他

### ■ショベル技術委員会

月 日：10月27日(金)

出席者：此村 靖委員長ほか5名

議題：①燃費測定法について ②要覧改訂について ③ホームページについて ④その他

### ■トラクタ技術委員会

月 日：10月30日(月)

出席者：斉藤秀企委員長ほか5名

議題：①燃費測定法改正案について ②ホームページについて ③その他

### ■トンネル機械技術委員会・TBM 分科会

月 日：10月31日(火)

出席者：寺田紳一分科会長ほか7名

議題：①C 規格原案の審議 ②EN 規格との相違点ほか審議

## ■ レンタル業部会

### ■レンタル部会

月 日：10月5日(木)

出席者：稲留 弘部会長ほか8名

議題：①部会下部組織設置について ②年末までの諸行事について

## ■ 広 報 部 会

### ■広報部会

月 日：10月23日(月)

出席者：相原正之部会長ほか5名

議題：①平成18年度上半期事業報告等について ②各委員会活動報告 ③中期事業計画の策定について ④広報部会のあり方について

### ■シンポジウム実行委員会

月 日：10月24日(火)

出席者：竹之内博行委員長ほか8名

議題：①論文査読・評価結果について ②現在の進捗状況 ③今後の予定

## ■ 建 設 業 部 会

### ■建設業部会建設機械の安全提案分科会

月 日：10月25日(水)

出席者：篠原 望分科会長ほか10名

議題：①建設機械の安全対策に関する製造業部会との意見交換

### ■建設業部環境分科会

月 日：10月31日(火)

出席者：杉沢 博分科会長ほか4名

議題：①環境関連用語集の最終チェック

## ■ 製 造 業 部 会

### ■作業燃費検討 WG

月 日：10月11日(水)

出席者：田中利昌リーダほか15名

議題：①作業燃費測定法(JCMAS)の改正案について ②制度骨子の検討 ③その他

### ■マテリアルハンドリング WG

月 日：10月17日(火)

出席者：溝口孝遠リーダほか9名

議題：①リフマグ仕様機について ②周知内容について ③林業機械の取扱いについて ④その他

## ■ 各 種 委 員 会 等

### ■機関誌編集委員会

月 日：10月11日(水)

出席者：19名

議題：①平成18年1月号(第683号)の計画 ②平成19年2月号(第684号)の素案 ③10～12月号(第680～682号)の進捗状況確認

### ■新機種調査分科会

月 日：10月17日(火)

出席者：渡部 務分科会長ほか4名

議題：①新機種情報の検討・選定 ②技術交流「建設業に関わる特定特殊自動車排出ガスの排出を抑制するための指針」

### ■建設経済調査分科会

月 日：10月19日(木)

出席者：山名至孝委員長ほか5名

議題：①建設機械市場の動向検討

## … 支部行事一覧 …

### ■ 北海道支部

#### ■ 建設工事等見学会

月 日：10月6日（金）  
見学場所：北海道電力京極発電所建設工事のうち上部調整池建設現場  
参加者：25名

#### ■ 第2回企画部会

月 日：10月17日（火）  
出席者：美馬 孝部会長ほか16名  
議題：①平成18年度上半期事業概要報告及び同経理概況報告 ②平成18年度下半期主要行事計画

#### ■ 第3回運営委員会

月 日：10月20日（金）  
出席者：小林豊明支部長ほか19名  
議題：①平成18年度上半期事業概要報告及び同経理概況報告 ②平成18年度下半期主要行事計画

### ■ 東北支部

#### ■ 建設部会

日 時：10月11日（水）  
参加者：歌代明建設部会長ほか8名  
議 事：①第4回新技術情報交換会 ②特殊現場研修会 ③支部たより安全コーナー

#### ■ 施工部会除雪分科会（除雪講習会）

日 時：10月10日（火）～10月31日（火）  
会 場：岩手（1），青森，北上，天童，横手，秋田，仙台，新庄，岩手（2），会津  
そ の 他：建設系CPD認定

### ■ 北陸支部

#### ■ 新潟地区ゴルフ大会

月 日：10月5日（木）  
場 所：フォレストCC  
出席者：天尾雅実運営委員ほか25名

#### ■ 企画部会

月 日：10月11日（水）  
場 所：新潟東映ホテル  
出席者：中森良次企画部会長ほか20名  
議 題：上半期事業報告及び下半期事業計画

#### ■ 会計監査

月 日：10月18日（水）  
場 所：北陸支部事務局

出席者：宮塚吉信会計監事はか3名  
議 題：平成18年度上半期会計監査

#### ■ 運営委員会

月 日：10月19日（木）  
場 所：白山会館  
出席者：和田 惇支部長ほか30名  
議 題：①上半期事業報告及び下半期事業計画 ②支部部会運営要領の改訂

#### ■ 舗装委員会幹事会

月 日：10月20日（金）  
場 所：北陸支部事務局  
出席者：中森良次企画部会長ほか4名  
議 題：平成18年度舗装委員会運営について

### ■ 中部支部

#### ■ 平成18年度技術発表会

月 日：10月16日（月）  
内 容：①粘性土とがれき等混合物の選別工法（寺沢建設（株））西河康裕 ②建設機械用低騒音バケットの技術開発（（株）小松製作所）辻野正雄 ③水路トンネルの補修・補強対策（（株）熊谷組）岩井孝幸 ④2つのフロントを有する双腕型作業機の開発（日立建機（株））藤島一雄 ⑤超小旋回型杭打機SDH 85-Kの開発（日本車輛製造（株））藤田憲彰  
参加者：約60名

#### ■ 調査部会

月 日：10月18日（水）  
出席者：山本芳治調査部会長ほか13名  
議 題：平成18年度秋季講演会実施要領打合せ

#### ■ 「建設技術フェア 2006 in 中部」事務局会議

月 日：10月25日（水）  
出席者：植村 靖企画部会委員  
議 題：「建設技術フェア 2006 in 中部」の実施について協議

### ■ 関西支部

#### ■ 特別研修「国のまほら大昔・小昔」

月 日：10月4日（水）  
講 師：高野浩二名譽支部長  
参加者：28名  
研修内容：大和盆地中央部の歴史・文化を訪ねる

#### ■ 「公共工事等における新技術活用システム」説明会

開催日：10月10日（火）  
参加者：27名  
題 目：公共工事等における新技術活

用システムの本格運用について（有用な新技術の活用促進と技術のスパイラルの確立）

講 師：近畿地方整備局企画部施工企画課（課長補佐）脇本吉庸・（同施工係長）福宮一仁

#### ■ 摩耗対策委員会

月 日：10月11日（水）  
出席者：深川良一委員長ほか7名  
議 題：①湯浅御坊道路川辺第一トンネル避難坑工事TBMカッタービットの摩耗実績（西松建設（株））神崎 浩・渡辺 聡 ②摩耗に関する文献調査

#### ■ 橋梁技術委員会

月 日：10月13日（金）  
出席者：早川 充委員長ほか11名  
議 題：①橋梁施工技術報告会について ②現場研修会について ③平成18年度以降の活動目標について

#### ■ 「建設技術展 2006 近畿」実行委員会

月 日：10月17日（火）  
出席者：山田安治委員長ほか10名  
議 題：出展ブースの内容について

#### ■ 広報部会編集会議

月 日：10月26日（木）  
出席者：安田佳央編集委員長ほか4名  
議 題：JCMA 関西第90号の取組みについて

### ■ 中国支部

#### ■ 第3回部会長会議

月 日：10月23日（月）  
場 所：中国支部事務所  
出席者：増永和彦広報部会長ほか11名  
議 題：①平成18年度上半期事業報告書（案）について ②平成18年度上半期経理概況報告書（案）について

#### ■ 新技術活用研修会

月 日：10月27日（金）  
場 所：①島根原子力発電所3号機建設工事現場（大規模土木及び本館基礎のドライ掘削） ②志津見ダム建設工事現場（本年7月の豪雨のダムの被害状況と復旧対策）  
参加者：20名

### ■ 四国支部

#### ■ 会計監事会

月 日：10月11日（水）  
出席者：高橋英雄会計監事はか3名  
内 容：平成18年度上半期事業実施状況及び経理概況の監査

#### ■ 企画部会幹事会



月 日：10月17日（火）  
出席者：尾崎宏一企画部会長ほか4名  
内容：機関誌「しこく」No.78の編集内容について

#### ■合同（企画、施工、技術）部会

月 日：10月17日（火）  
出席者：尾崎宏一企画部会長ほか30名  
議題：①平成18年度上半期事業報告について ②平成18年度上半期経理概況報告について ③平成18年度下半期事業計画（案）について ④四

国地方整備局との緊急災害応急対策業務に関する協定書（案）について ⑤その他

#### ■九州支部

#### ■第7回広報委員会

月 日：10月12日（木）  
出席者：古川恒雄支部長ほか12名  
議題：①上半期経理概況報告について ②講演会開催について ③事務所経費削減について

#### ■第8回企画委員会

月 日：10月20日（金）  
出席者：古川恒雄支部長ほか19名  
議題：①秋季運営委員の運営について ②11月の支部行事について

#### ■平成18年度秋季運営委員会

月 日：10月20日（金）  
出席者：古川恒支部長ほか40名  
議題：①平成18年度上半期事業報告について ②平成18年度上半期経理概況報告について ③支部役員評議員の交代について

## 訂正

建設の施工企画，2006年8月号，第678号，pp.7-12

高木真人：新JISマーク制度及び国際標準化を巡るトピックス

掲載の報文を以下のように訂正いたします。

10ページ，左段，（4）経過措置の10-11行目

「ただし，平成20年9月末までにマークを表示した在庫品についての販売，出荷は可能である。」

を削除いたします。

## ■「建設の施工企画」誌投稿のご案内■

一社団法人日本建設機械化協会「建設の施工企画」編集委員会事務局一

会員の皆様のご支援を得て当協会機関誌「建設の施工企画」編集委員会では新しい企画の検討を重ねております。その一環として本誌会員の皆様からの自由投稿を頂く事となり「投稿要領」を策定しましたので，ご案内をいたします。

当機関誌は2004年6月号から誌名を変更後，毎月特集号を編成しています。建設ロボット，建設IT，各工種（シールド・トンネル・ダム・橋等）の機械施工，安全対策，災害・復旧，環境対策，レンタル業，リニューアル・リユース，海外建設機械施工，などを計画しております。こうした企画を通じて建設産業と建設施工・建設機械を取巻く時代の要請

を誌面に反映させようと考えています。

誌面構成は編集委員会で企画いたしますが，更に会員の皆様からの特集テーマをはじめ様々なテーマについて積極的な投稿により機関誌が施工技術・建設機械に関わる産学官の活気あるフォーラムとなることを期待しております。

#### （1）投稿の資格と原稿の種類：

本協会の会員であることが原則ですが，本協会の活動に適した内容であれば委員会で検討いたします。投稿論文は「報文」と「読者の声」（ご自由な意見，感想など）の2種類があります。

投稿される場合は標題と要旨をご提出

頂きます。編集委員会で査読し採択の結果をお知らせします。

#### （2）詳細：

投稿要領を作成してありますので必要の方は電子メール，電話でご連絡願います。また，JCMA ホームページにも掲載してあります。テーマ，原稿の書き方等，投稿に関わる不明な点のご遠慮なく下記迄お問い合わせください。

社団法人日本建設機械化協会「建設の施工企画」編集委員会事務局

Tel：03(3433)1501，fax：03(3432)0289，

e-mail：suzuki@jcmanet.or.jp

## 編集後記

先日、秋葉原を歩いておりましたら行列に出くわしました。今はやりのメイド喫茶の入場待ちかなとか思いながら家電量販店に行きますと、こちらでは大層な行列が出来ていました。そこでやっと、翌日発売する家庭用ゲーム機 PS3 (プレイステーション3) を購入するために徹夜で待っている列だと気が付きました。初日の発売台数は10万台で入手困難が予想されていたようです。

最近インターネットの普及により、品不足につけ込んでネットオークションで転売し一儲けしようとかたくらむ輩が多数いるようで、このことも異常な行列の原因になっているようです。

実は、小生のゲーム歴は約20年で、ドラクエ、FFなどロールプレイングゲーム(RPG)にはまり、シリーズのほとんどをクリアしました。

ところが、最近のゲームはゲーム機の処理能力の向上とそれに伴う画像のリアリティ追求、3次元化が進められており、この傾向はRPGに及んでおります。その結果、個人的には逆に操作がしにくくなったと感じており、ソフトを買ってはみたが途中で投げ出すことが多く、何か違うのではないかと感じておりました。

そこに、携帯用ゲーム機任天堂DSの大ブレイクが起きました。このDS、性能的にはそこそこですが、これまでゲームに無縁であった女性や中高年層が興味を抱くソフトを次々に発売したことにより、新たなゲーム層を開拓したことがヒットにつながったようです。皆さんの中にも興味を持たれた方、実際に初めて購入された方もおられるのではないのでしょうか。

このDSのヒットは、アイデア次第で性能の差を克服できるという好事例で、大変示唆に富んでいるのではないのでしょうか。

さて、今月のテーマの「基礎工事」ですが、過去の特集実績を見ますと、手元にある過去3年間の資料には特集されておらず、久しぶりの特集なので楽に報文が集まると高をくくっておりました。ところが候補を最近開発された技術の紹介に絞ったため、担当者の知識不足と相まって、報文探しに思いのほか苦労しました。

現在、杭の開発が盛んに行われているようで、今回の特集もほとんどが杭に関する報文になりました。

本特集が皆様の業務の参考になれば幸いです。

終わりにあたりまして、ご多忙中にもかかわらず報文の執筆にご協力をいただきました著者各位に心より感謝いたします。

(松本・宮崎)

## 機関誌編集委員会

### 編集顧問

|        |        |
|--------|--------|
| 浅井 新一郎 | 石川 正夫  |
| 今岡 亮司  | 上東 公民  |
| 岡崎 治義  | 加納 研之助 |
| 桑垣 悦夫  | 後藤 勇   |
| 佐野 正道  | 新開 節治  |
| 関 克己   | 高田 邦彦  |
| 田中 康之  | 田中 康順  |
| 塚原 重美  | 寺島 旭   |
| 中岡 智信  | 中島 英輔  |
| 橋元 和男  | 本田 宣史  |
| 渡邊 和夫  |        |

### 編集委員長

村松 敏光

### 編集委員

|       |            |
|-------|------------|
| 清水 純  | 国土交通省      |
| 浜口 信彦 | 国土交通省      |
| 照井 敏弘 | 農林水産省      |
| 夏原 博隆 | 鉄道・運輸機構    |
| 村東 浩隆 | 中日本高速道路    |
| 新野 孝紀 | 首都高速道路     |
| 坂本 光重 | 本州四国連絡高速道路 |
| 平子 啓二 | 水資源機構      |
| 吉村 豊  | 電源開発       |
| 松本 敏雄 | 鹿島         |
| 和田 一知 | 川崎重工業      |
| 岩本雄二郎 | 熊谷組        |
| 嶋津日出光 | コベルコ建機     |
| 金津 守  | コマツ        |
| 山崎 忍  | 清水建設       |
| 村上 誠  | 新キャタピラー三菱  |
| 宮崎 貴志 | 竹中工務店      |
| 銅冶 祐司 | 東亜建設工業     |
| 中山 努  | 西松建設       |
| 森本 秀敏 | 日本国土開発     |
| 斉藤 徹  | NIPPO      |
| 吉越 一郎 | ハザマ        |
| 三柳 直毅 | 日立建機       |
| 岡本 直樹 | 山崎建設       |
| 庄中 憲  | 施工技術総合研究所  |

### 2007年1月号「建設機械特集」予告

- ・建設機械の変遷
- ・建設技術の推移
- ・概況
- ・建設機械の現状
- ・ユーザサイドよりの建設機械の要望(建設現場/土木現場)
- ・未来(総論/ロボットシンポジウム/未来に要求される建設機械技術)

## No.682 「建設の施工企画」 2006年12月号

[定価] 1部840円(本体800円)  
年間購読料 9,000円

平成18年12月20日印刷

平成18年12月25日発行(毎月1回25日発行)

編集兼発行人 小野 和日児

印刷所 株式会社技報堂

## 発行所 社団法人日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3丁目5番8号 機械振興会館内

電話 (03) 3433-1501; Fax. (03) 3432-0289; <http://www.jcmanet.or.jp/>

|           |                           |                   |
|-----------|---------------------------|-------------------|
| 施工技術総合研究所 | 〒417-0801 静岡県富士市大淵 3154   | 電話 (0545) 35-0212 |
| 北海道支部     | 〒060-0003 札幌市中央区北三条西 2-8  | 電話 (011) 231-4428 |
| 東北支部      | 〒980-0802 仙台市青葉区二日町 16-1  | 電話 (022) 222-3915 |
| 北陸支部      | 〒950-0965 新潟市新光町 6-1      | 電話 (025) 280-0128 |
| 中部支部      | 〒460-0008 名古屋市中区栄 4-3-26  | 電話 (052) 241-2394 |
| 関西支部      | 〒540-0012 大阪市中央区谷町 2-7-4  | 電話 (06) 6941-8845 |
| 中国支部      | 〒730-0013 広島市中区八丁堀 12-22  | 電話 (082) 221-6841 |
| 四国支部      | 〒760-0066 高松市福岡町 3-11-22  | 電話 (087) 821-8074 |
| 九州支部      | 〒810-0041 福岡市中央区大名 1-8-20 | 電話 (092) 741-9380 |