

第2章

活動

研究委員会

- 研究委員会は5つからなる常設委員会の1つとして2017年に設置されました。2017年度から現在までの委員長及び副委員長は次の通りです。

年度	委員長	副委員長
2017-2018	松本 樹典	Stuart Haigh
2019-	菊池 喜昭	Stuart Haigh、Kenneth Gavin

- 2021年度のIPA理事会において承認された当委員会への付託事項は次の通りです。

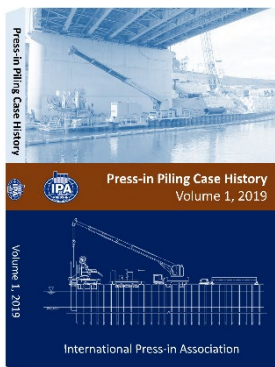
- 1) 産学の融合による研究課題の決定
- 2) 各研究課題における独立した技術委員会の組成
- 3) 技術委員会の安定した研究活動及び、研究成果物の発刊やシンポジウム開催の推進
- 4) 各技術委員会における活動予算の調整及び管理・運営
- 5) 他団体による助成制度等の利用に係る業務支援
- 6) 施工事例集の発刊に向けた施工事例の収集
- 7) 圧入工学セミナーの企画及び運営

- 主な委員会活動

■ 技術委員会 (詳細は 10 ページ～22 ページをご参照)

TC1	硬質地盤への自立式鋼管杭擁壁の適用に関する技術委員会 (活動終了)
TC2	圧入工法における施工データを利用した地盤情報の推定に関する技術委員会 (活動終了)
TC3	PFS 工法の適用条件の拡大と地震時挙動評価に関する技術委員会 (活動終了)
TC4	圧入された鋼矢板および回転切削圧入杭の鉛直支持力特性と施工管理方法に関する技術委員会
TC5	オペレーターの技量と経験が圧入工法の施工性に及ぼす影響に関する技術委員会
TC6	中国における圧入技術の実態調査と課題の抽出に関する技術委員会

■ 施工事例集



第 1 巻 (2019 年)

■ 圧入工学セミナー



第 11 回圧入工学セミナー IN TOKYO (2019)

技術委員会 (TC1)

- 委員会名：硬質地盤への自立式鋼管杭擁壁の適用に関する技術委員会
- 委員長：竹村次朗（国際圧入学会 理事、東京工業大学 准教授）
幹事長：澤田幸平（大成建設株式会社）
- 委員数：18
- 活動期間：2017～2020 年度（活動終了）



図 1

概要

ジャイロプレスのような革新的な杭の施工法により、自立式鋼管杭擁壁の適用性は大幅に向上しており、例えば非常に硬い地盤に大口径の杭を使用することができる（図 1）。比較的大きな壁高であっても、剛性の高い地盤では、壁の天端水平変位を最小限に抑えることができるため、大口径・高剛性の杭を使用することが望ましい。しかし、現行の自立式擁壁の設計法は、軟弱地盤に比較的柔軟な鋼矢板を根入れさせることを前提に開発されている。そのため、単純に現行の設計法を適用すると、不必要な根入れ長になったり、破壊のリスクが高まったりする可能性がある。本技術委員会は以上の課題に答え、自立式鋼管杭擁壁の合理的な設計手順を確立することを最終的な目標とした。本技術委員会は、2017 年度から 2020 年度までの 4 年間の委員会期間で、次の 3 つの目標を定めた。

- 1) 剛性の高い地盤における大口径鋼管杭擁壁の挙動を遠心模型実験により明らかにする。
- 2) 単純な弾性床上の梁モデルに代わる合理的な設計法を提案する。
- 3) 基礎構造に関連する若手技術者・研究者の能力開発を支援する活動を実施する。

活動

TC1 では 4 つのワーキンググループを作り、それぞれ以下の活動を行った。

◆ 設計 WG1:

- ✓ 既往の設計法の分析、課題の抽出（根入れ長、地盤定数、耐震照査法等）
- ✓ 既往の大口径自立式鋼管杭擁壁の事前設計の分析
- ✓ 大口径自立式鋼管杭擁壁の合理的な設計法の提案（地震時も含めて）

◆ 遠心模型実験 WG2:

- ✓ 静的条件下における硬質地盤に根入れした自立式鋼管杭擁壁の力学挙動の解明
- ✓ 根入れ長、地盤条件等の想定される設計条件が上記挙動に与える影響の分析
- ✓ 設計パラメータの設定法、設計モデルの構築に資するデータの提供、実構造物と単純化された設計モデルの差について検討
- ✓ 地震時挙動のシミュレーションと動的変形・破壊挙動の解明

◆ 解析 WG3:

- ✓ 遠心模型実験との比較による 3D-FEM の検証と測定
- ✓ 数値解析による遠心模型実験では観測できない詳細なデータの分析
- ✓ Bilinear な p - y を仮定したフレーム解析や 2D-FEM 等の簡易解析モデルによるクリティカルなパラメータの分析

◆ 施工事例分析 WG4:

- ✓ 施工事例の収集（事前設計も含めて）
- ✓ 施工時、施工後の実測データの収集（TC2 と協力して）
- ✓ 実際の工事での懸念事項（特にコストと時間）の分析

➤ 成果

■ セミナー&国際会議での発表

2018年5月	IPA 海外圧入セミナー（タイ）
2018年5月	IPA 海外圧入セミナー（フィリピン）
2018年11月	IPA 海外圧入セミナー（ブラジル、サンパウロ）
2020年11月	第12回 IPA 圧入工学セミナー IN TOKYO 2020
2021年6月	第二回 圧入工学に関する国際会議 2021 (ICPE2021)



図2 竹村委員長のフィリピンセミナーで講演の様子

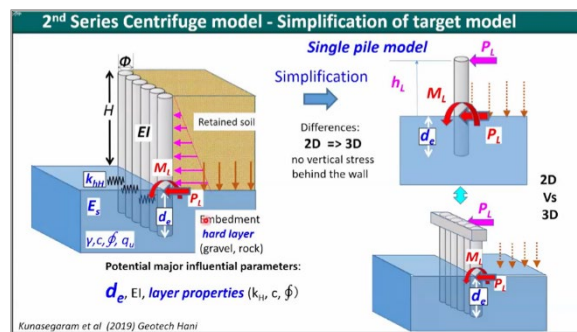


図3 ICPE2021での発表

■ 国際学会発表&論文

2018年9月	<p>Proceedings of the First International Conference on Press-in Engineering</p> <ul style="list-style-type: none"> • Evaluation of Deformation Behavior of Self-Standing Retaining Wall Using Large Diameter Steel Pipe Piles into Hard Ground (WG1) • Issues for the Reduction of the Embedded Length of Cantilevered Steel Tubular Retaining Wall Pressed into Stiff Ground (WG1) • Behavior of a Large Diameter Piles Subjected to Moment and Lateral Loads (WG2) • Stability of Self-Standing High Stiffness-Steel Pipe Sheet Pile Walls Embedded in Soft Rocks (WG2)
---------	--

• Overview of the Self-Standing and High Stiffness Tubular Pile Walls in Japan (WG4)

2019年11月

Proceedings of Geotech Hanoi 2019

- Centrifuge Model Study on Cantilever Steel Tubular Pile Wall Embedded in Soft Rock (WG2)
 - Numerical Simulation for Centrifuge Model Tests on the Stability of Self-Standing Steel Pipe Pile Retaining Wall by Rigid Plastic FEM (WG3)
 - Analytical Evaluation of Deformation Behavior of Cantilever Type Retaining Wall Using Large Diameter Steel Tubular Piles into Stiff Ground (WG3)
-

2021年6月

International Journal of Physical Modelling in Geotechnics, Vol.21 No.3, 114-134

Deflection and Failure of High-Stiffness Cantilever Retaining Wall Embedded in Soft Rock (WG2)

2021年6月

Proceedings of the Second International Conference on Press-in Engineering

- State of the Art Report on Application of Cantilever Type Steel Tubular Pile Wall Embedded to Stiff Grounds
 - Numerical Simulation for Centrifuge Model Tests on Cantilever Type Steel Tubular Pile Retaining Wall by Rigid Plastic FEM (WG3)
 - Reliability Analysis on Cantilever Retaining Walls Embedded into Stiff Ground (Part 1: Contribution of Major Uncertainties in the Elasto-Plastic Subgrade Reaction Method) (WG1,WG4)
 - Reliability Analysis on Cantilever Retaining Walls Embedded into Stiff Ground (Part 2: Construction Management with Piling Data) (WG1, WG3)
 - Dynamic Behavior of Cantilever Tubular Steel Pile Retaining Wall Socketed in Soft Rock (WG2)
 - A Centrifuge Model Study on Laterally Loaded Large Diameter Steel Tubular Piles Socketed in Soft Rock (WG2)
 - Summary of Case Histories of Retaining Wall Installed by Rotary Cutting Press-in Method (WG4)
-

2021年3月

IPA News Letter (Volume 6, Issue 1)

技術委員会 (TC2)

- 委員会名：圧入工法における施工データを利用した地盤情報の推定に関する技術委員会
- 委員長：日下部 治（国際圧入学会 会長）
幹事長：石原 行博（国際圧入学会 理事、株式会社技研製作所）
- 委員数：9名
- 活動期間：2016～2017年度（活動終了）

※所属・役職等は開催当時

➤ 研究テーマ

- ◆ 圧入工法は油圧シリンダにより静荷重を用いて杭を地中へ押し込む工法である。実際の圧入施工においては圧入と引拔を繰り返す手法が取られている（「サージング」と呼ばれることもある）。このような特徴を持つ圧入工法では、加えた油圧と杭の貫入深さを連続的に計測すれば、得られたデータ（圧入データ）を打抜の制御や地下情報の評価に利用することができる。図1は、圧入データの利用の概念を示したものである。TC2では、図中の地下の調査技術に着目した。
- ◆ TC2では、単独圧入、オーガ併用圧入、回転切削圧入を対象とした。研究活動にあたり提案された、圧入データからSPT N値を推定する方法は次のようにまとめられる。標準圧入では、杭は静的な圧入力で押し込まれ、圧入過程の貫入メカニズムは静的コーン貫入試験（CPT）と類似している。この類似性を利用し、杭/矢板に与えた荷重 Q から先端抵抗 Q_b を差し引くことで Q_b 及び周面抵抗 Q_s が得られ、 Q_b に寸法効果と速度効果を考慮してCPTの先端抵抗 (q_c) と周面摩擦 (f_s) に変換できる。その後、Robertsonらが開発した方法に基づいて、土質とSPT N値を推定することができる。オーガ併用圧入については、岩盤掘削の分野での知見に基づいてSPT N値を推定する2つの方法が提案された。一つ目の方法は、パラメータ $T_b/(dc)\gamma$ と岩石の一軸圧縮強度との比例関係を利用するもので、 T_b はオーガーヘッドにかかるトルク、 dc は切り込み深さ（下降速度と回転速度の比）、 γ は定数である。2つ目の方法は、オーガーヘッドにかかる抵抗とSPT N値を関連付けるために、MWD (Measurement While Drilling) と呼ばれる地盤調査技術で適用されるパラメータを調整するものである。回転掘削圧入では、SPT N値と杭先端の下部に位置する土を δV の体積だけ変形させるのに必要なエネルギー (δE) との間に比例関係があると仮定して、SPT N値を推定する。この仮定は、岩盤掘削時の比エネルギー ($=\delta E/\delta V$) と岩盤の一軸圧縮強度との間に線形相関があるという知見に基づいている。比エネルギーの計算には杭の先端抵抗の情報が必要である。単独圧入と回転切削圧入における圧入データからSPT Nを推定するプロセスを図2にまとめた。

➤ 活動

- ◆ TC2が設立される以前から、研究テーマに関する情報は十分に存在しており、かかる論文も出版されていた。そのため、TC2による主な活動は、これらの情報を技術資料として集約し、研究者や実務者をはじめとする様々な専門家で構成される委員会メンバーによって査読を行うことであった。そして、TC2の幹事長である石原氏が中心となり、技術資料の執筆が進められた。その後、各委員による意見を元に修正を重ね「圧入工法における施工データの利用に関する技術資料 I. 地盤情報の推定」と題した技術資料として発刊に至る。
- ◆ TCにより、上記技術資料の日本語版発刊に向けた準備が進められていた。

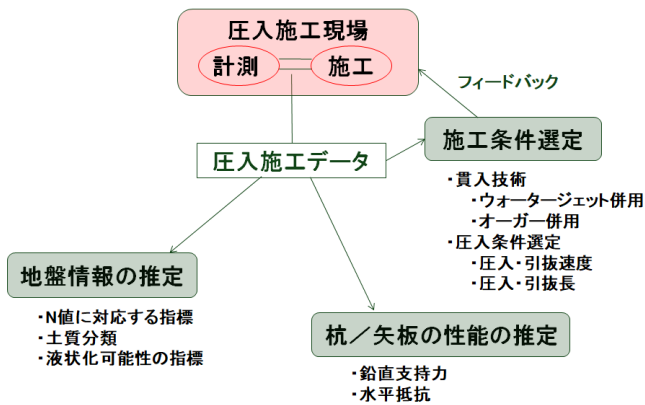


図1 圧入データ活用の概念 (イメージ)



図3 石原氏による発表の様相 (第11回 IPA 圧入工学セミナー)

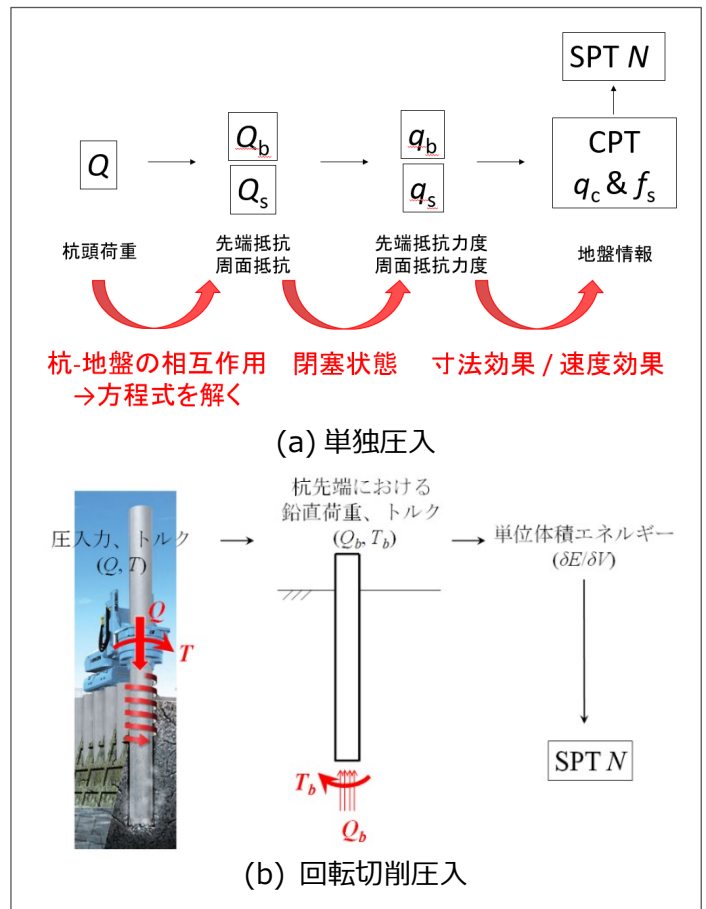


図2 圧入施工データから地盤情報を推定する流れ

➤ 成果

■ セミナー&国際会議での発表

2019年9月 第11回 IPA 圧入工学セミナー IN TOKYO 2019 (図3)

2021年6月 第二回 圧入工学に関する国際会議 2021 (ICPE2021)

■ 論文及び発刊物

2017年11月 技術資料：
「圧入工法における施工データの利用に関する技術資料 I. 地盤情報の推定」(63ページ、日本語) (図4)

2021年6月 State of the Art Report:
Y. Ishihara and O. Kusakabe (2021), Use of press-in piling data for estimating subsurface information, Proceedings of The Second International Conference on Press-in Engineering, pp.42-66.

2022年2月 Development of PPTs, Chapter 3, A brief development history of press-in machinery, IPA Booklet, pp. 31-36.

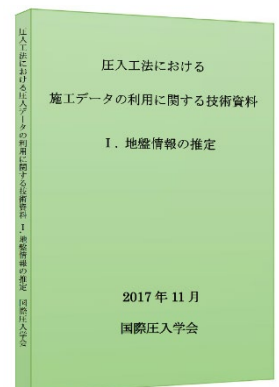


図4

技術委員会 (TC3)

- 委員会名：PFS 工法の適用条件の拡大と地震時挙動評価に関する技術委員会
- 委員長：大谷 順（国際圧入学会 理事、熊本大学 教授）
幹事長：妙中 真治（日本製鉄株式会社）
- 委員数：33 名
- 活動期間：2017～2020 年度（活動終了）

➤ 概要

鋼矢板工法は長く仮設工として用いられてきたが、近年港湾構造物以外にも自立式の永久構造物として用いられつつあり、軟弱地盤の沈下対策工法もその1つである。PFS 工法（Partial Floating Sheet-pile method）は軟弱地盤上の盛土の沈下対策として法尻付近に施工する工法であり、その経済性、施工性を加味した、いわゆる部分フローティング鋼矢板工法である。鋼矢板工法については近年の東北地方太平洋沖地震や熊本地震において地震時における有効性が報告されているが、これらをより明確にするためには、実験や数値解析による詳細検討が不可欠であると考えられる。

本委員会は、この PFS 工法を対象とし、国土強靱に資する低コストで地震時での効果も期待できる鋼矢板工法の開発をめざすと共に、本工法に関連する技術情報を国際的に発信しながら本工法の海外展開の促進を図ることを目的とした。

➤ 活動

本委員会では、本工法の適用条件の確定と耐震性の照査を行ったことで、より広くかつ適切に本工法を適用するための条件設定、および地震時における有効性について検討した。具体的には以下の項目について明らかにしたものである。

- 1) 沈下対策として用いるための条件として地盤の側方流動の定量化について再検討を行った。
- 2) 我が国は地震国であり、本工法の耐震設計法確立のための詳細検討を行った。
- 3) 最終的には、PFS 工法の設計マニュアル指針改訂への提案を行った。加えて、
- 4) ベトナム、タイ、マレーシアにおいてセミナーを開催し、本工法の情報発信を行った。

本委員会では、1) 地盤調査の専門家、2) 動的解析の専門家、および3) 遠心力模型実験の専門家の協力の下に実施した。産官学からの関係者や専門家の参画をいただいた。また委員会運営をより活発にする目的の下、5つのWGを設置した。

- ◆ 調査 WG：実際の現場データの収集と解析（九州地区での実績評価と適用範囲分析他）
- ◆ 実験 WG：遠心模型実験による検討（砂層・粘性土での PFS 工法の地震時挙動評価他）
- ◆ 解析 WG：数値解析による検討（粘性土の側方流動影響・地震時の耐震性性能評価他）
- ◆ 設計 WG：設計法についての検討（適用範囲再評価・耐震設計導入検討・設計例）
- ◆ 海外 WG：国際活動に関する検討（PFS 工法の国際普及・現地技術者の育成など）

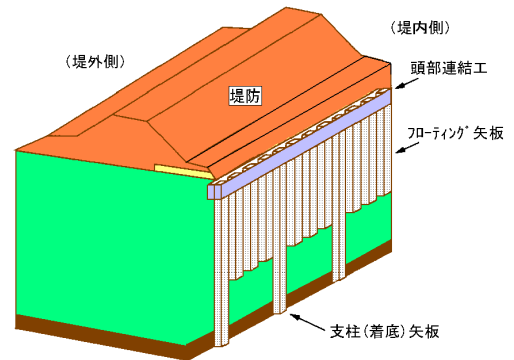


図 1

➤ 成果

■ セミナーの開催

2017年10月 ベトナムで技術委員会シンポジウムを開催

2018年12月 マレーシアで技術委員会シンポジウムを開催

2019年10月 タイで技術委員会シンポジウムを開催



図2 シンポジウム (ベトナム)



図3 シンポジウム (マレーシア)



図4 シンポジウム (タイ) ①



図5 シンポジウム (タイ) ②

■ セミナー&国際会議での発表

2020年11月 第12回 IPA 圧入工学セミナー IN TOKYO 2020

2021年6月 第二回 圧入工学に関する国際会議 2021

■ 国際学会発表&論文

Otani, J. 2017. A new sheet-pile method for countermeasures against the settlement of embankment on soft ground (Development of PFS Method), IPA News Letter, Vol. 2, Issue 3, pp. 8-10.

Tung, D. D. 2017. Steel Sheet-Pile Seminar in Vietnam on October 25, 2017. IPA News Letter, Vol. 2, Issue 4, p.21.

Yusoff, N. A. 2018. Steel Sheet-Pile Symposium in UTHM, Malaysia, on December 6, 2018. IPA News Letter, Vol. 2, Issue 4, p.21.

Kitiyodom, P. 2020. IPA-TC3 Steel Sheet-pile Symposium in KMUTT, Thailand, on October 31, 2019. IPA News Letter, Vol. 5, Issue 1, pp. 20-22.

- Hizen, D., Kijima, N. and Ueno, K. 2018. Centrifuge model tests and image analysis of a levee with partial floating sheet-pile method. Proc. of 1st ICPE 2018 Kochi, pp. 215-220.
-
- Nakai, K., Noda, T., Taenaka, S., Ishihara, Y. and Ogawa, N. 2018. Seismic assessment of steel sheet pile reinforcement effect on river embankment constructed on a soft clay ground, Proc. of 1st Int. Conf. on Press-in Engineering, pp. 221-226.
-
- Yamamoto, S., Kasama, K., Ohno, M., Tanabe, Y. 2018. Seismic behavior of the river embankment improved with the steel sheet piling method. ICPE2018, pp. 227-232.
-
- Fujiwara, K., Nakai, K. and Ogawa, N. 2019. Quantitative evaluation of PFS (Partial Floating Sheet-pile) Method under liquefaction. Duc Long P., Dung N. (eds) Geotechnics for Sustainable Infrastructure Development. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 62. Springer, Singapore.
-
- Kasama, K., Ohno, M., Tsukamoto, S. and Tanaka, J. 2019. Seismic damage investigation for river levees reinforced by steel sheet piling method due to the 2016 Kumamoto earthquake, International Conference on Geotechnics for Sustainable Infrastructure Development (GEOTEC HANOI 2019).
-
- Fujiwara, K., Mallyar, E. 2021. Experimental study for liquefied soil in a gap between underground walls. ICPE2021, pp. 358-363.
-
- Kasama, K., Fujiyama, H. and Otani, J. 2021. 3D fem analysis of partial floating steel sheet piling method on two-layered ground, ICPE2021, pp. 352-357.
-
- Nakai, K., Fujiwara, K. and Ogawa, N. 2021. Seismic performance evaluation of PFS method by soil-water coupled finite deformation analysis. International Journal of GEOAMTE, (in-press).
-
- Ogawa, N., Fujiwara, K. and Nakai, K. 2021. Analytic considerations on two-dimensional modeling of partial floating sheet pile method. International Journal of GEOMATE, (in-press).
-
- Otani, J. 2021. State of the art report on steel sheet pile method in geotechnical engineering -development of PFS method. ICPE2021, pp. 67-85.
-
- Fujiwara, K., Ogawa, N. and Nakai, K. 2021. 3-D numerical analysis for partial floating sheet-pile method under liquefaction, Journal of JSCE, Vol. 9, No.1, pp. 138-147.
-

技術委員会 (TC4)

- 委員会名: 圧入された鋼矢板および回転切削圧入杭の鉛直支持力特性と施工管理方法に関する技術委員会
- 委員長: Stuart Haigh (国際圧入学会 理事、ケンブリッジ大学 教授)
副委員長: 松本 樹典 (国際圧入学会 副会長、金沢大学 名誉教授)
幹事長: 石原 行博 (国際圧入学会 理事、株式会社技研製作所)
- 委員数: 27 名
- 活動期間: 2019~2022 年度 (予定)

➤ 概要

近年、鋼矢板は仮設だけではなく本設構造物にも有用であることは広く知られており、特に低振動・低騒音かつ狭隘なスペースで施工が可能であるという利点を有する圧入工法は、建造物等が密集する地域において多く採用されている。硬質地盤への根入れが可能な回転切削圧入で施工された杭は土留め擁壁にとどまらず、構造物の基礎としての活用が期待される。しかしながら、これらの方法で施工された杭の設計方法はまだ具体的には確立されておらず、十分な実用化には至っていない。他の工法に比べ、高い鉛直支持力を確保できることが複数の研究者により解明されつつあるものの、施工過程の影響が不明であることや載荷試験のデータが限定的であること等の理由から、設計方法への応用は道半ばとなっている。他方で、地盤情報の推定方法として、圧入工法により得られた施工データが活用されていることは周知の事実であり、施工データの活用によって杭性能を正確に測定可能となることが期待されている。

圧入された鋼矢板の実用的な設計方法の確立に向けて、同技術委員会は限定的な分野である圧入工法により貫入された鋼矢板の鉛直支持力及びその設計方法に関する既存の研究を推進している。貫入補助システムを使わない圧入施工 (単独圧入) や回転切削圧入に注力し、これらの方法による施工管理方法及び鉛直支持力特性推定方法の確立を目指している。その実現に向け、同技術委員会は以下の3つのワーキンググループ (WG) を組成し、3か年に渡る活動期間を設け研究を推進している。

- ・ 打止管理 WG
- ・ 支持力評価 (日本関連) WG
- ・ 支持力評価 (海外関連) WG

➤ 活動

上記の背景を踏まえ、同技術委員会 (TC4) は主に以下の活動を推進する:

- 1) 圧入された鋼矢板の鉛直支持力特性推定法と施工管理方法の構築
- 2) 回転切削圧入杭の鉛直支持力特性推定法と施工管理方法の構築
- 3) 圧入施工データを利用した地盤情報推定技術の信頼性向上と IPA-TC2 技術資料の英語化
- 4) 当該分野における若手技術者・研究者の育成

➤ 成果

■ 国際学会発表及び論文

- Ogawa, N. and Ishihara, Y. 2019. Discussion on the estimation of subsurface information from the press-in piling data of sheet piles. Japan Society of Civil Engineers 2019 Annual Meeting, 2p. (in Japanese)
-
- Suzuki, N. and Ishihara, Y. 2019. Discussion on the method of estimating the second-limit-resistance of the pressed-in pile from the load-displacement relationship at the end of installation. Japan Society of Civil Engineers 2019 Annual Meeting, 2p. (in Japanese)
-
- Suzuki, N. and Ishihara, Y. 2019. Case study on the application of press-in piling data to design and construction of pile foundations for reducing the expected total cost. International Conference on Case Histories & Soil Properties, Singapore, 16p.
-
- Ishihara, Y., Ogawa, N., Mori, Y., Haigh, S. and Matsumoto, T. 2020. Simplified static vertical loading test on sheet piles using press-in piling machine. Japanese Geotechnical Society Special Publication, 8th Japan-China Geotechnical Symposium, pp. 245-250.
-
- Zheng, T. 2020. The vertical and horizontal performance of pressed-in sheet piles. M. Eng. Thesis, University of Cambridge, 52p.
-
- Ishihara, Y., Haigh, S. and Koseki, J. 2020. Assessment of base capacity of open-ended tubular piles installed by the Rotary Cutting Press-in Method. Soils and Foundations, Vol. 60, pp. 1189-1201.
-
- Ishihara, Y. and Kusakabe, O. 2021. Use of press-in piling data for estimating subsurface information. Proceedings of the Second International Conference on Press-in Engineering 2021, Kochi, 10p.
-
- Ishihara, Y., Eguchi, M., Brown, M. J. and Koseki, J. 2021. Comparison of penetration resistance and vertical capacity of short piles installed by Standard Press-in in loose sand. Proceedings of the Second International Conference on Press-in Engineering 2021, Kochi, 10p.
-
- Zheng, T., Haigh, S. K., Dobrisan, A., Willcocks, F., Ishihara, Y., Okada, K. and Eguchi, M. 2021. The vertical and horizontal performance of pressed-in sheet piles. Proceedings of the Second International Conference on Press-in Engineering 2021, Kochi, 10p.
-
- Toda, K. and Ishihara, Y. 2021. An investigation into vertical capacity of steel sheet piles installed by the Standard Press-in Method. Proceedings of the Second International Conference on Press-in Engineering 2021, Kochi, 7p.
-
- Toda, K., Ishihara, Y. and Suzuki, N. Comparison of SPT-based design methods for vertical capacity of piles installed by Rotary Cutting Press-in. Proceedings of the Second International Conference on Press-in Engineering 2021, Kochi, 7p.
-
- Brown, M. J. and Ishihara, Y. 2021. Predicting the capacity of push and rotate piles using offshore design techniques and CPT tests. Proceedings of the Second International Conference on Press-in Engineering 2021, Kochi, 9p.
-

技術委員会 (TC5)

- 委員会名：オペレータの技量と経験が圧入工法の施工性に及ぼす影響に関する技術委員会
- 委員長：日下部 治（国際圧入学会 専務理事）
副委員長：見波 潔（国際圧入学会 理事、村本建設株式会社）
幹事長：北村 晶之（株式会社技研施工）
- 委員数：12名（現場での圧入作業に豊富な経験を持つ日本人メンバー）
- 活動期間：2020～2022年度

➤ 研究課題

- ◆ 圧入の現場性能は、機械の性能とオペレータの経験と技量の両方に大きく依存する。オペレータの経験と技量は、機械の損傷リスクを最小限に抑えながら、効率的に圧入作業を行うために重要な役割を果たす。まず、TC5では、経験豊富なオペレータとそうでないオペレータの間で、圧入作業における差異を実証しようとしている。
- ◆ 集められた情報は、圧入の初心者には有用なトレーニング教材を提供するために、また機械設計者にとっては将来の杭打ち機の開発のために非常に重要であると考えられる。近い将来、これらのノウハウは、AI技術に基づく深層学習データベースとして、自動運転システムの開発に不可欠なデータベースとなるだろう。

➤ 活動

- **ジャイロパイラーを中心とした圧入機の現場性能についてアンケート調査を実施した。**
- ◆ **対象者**：杭打ち会社から15名のオペレータ
- ◆ **目的**：土質や鋼管杭の直径に応じて、効果的な杭打ち作業に影響を与える主要な圧入パラメータを、経験豊富なオペレータがどのように選択しているかを明らかにすること
- ◆ **内容**：杭長21mの鋼管杭を施工することを想定し、①シルト・ローム、②砂、③砂礫、④岩盤の4種類の土質を選択した。
- ◆ **実施プロセス**

- 2020年4月～5月 第一次調査
⇒結果に基づいて、アンケート項目を見直し・修正



- 2020年5月～6月 第二次調査
⇒一部の回答者には、回答を明確にするために追加インタビューを行った

◆ 調査結果

地盤条件の異なる現場でオペレータがどのようにジャイロパイラーを使用しているかについて、興味深い結果が得られた。経験豊富で熟練したオペレータは、土質や杭径を考慮しながら、スムーズな杭打ち作業を行い、機械の損傷リスクを回避するために、機械操作の初期設定値や水潤滑装置の数や配管の配置を慎重に選択している傾向にあることが明らかになった。また、経験の浅いオペレータは、地盤条件に関係なく似たような初期設定値を選択する傾向があることも分かった。図 1 はその結果の一つで、経験の浅いオペレータは地盤の硬さに関わらずほぼ同じ値を選択しているのに対し、経験豊富なオペレータは地盤が硬くなるにつれて圧入速度を徐々に遅くしていることを示している。

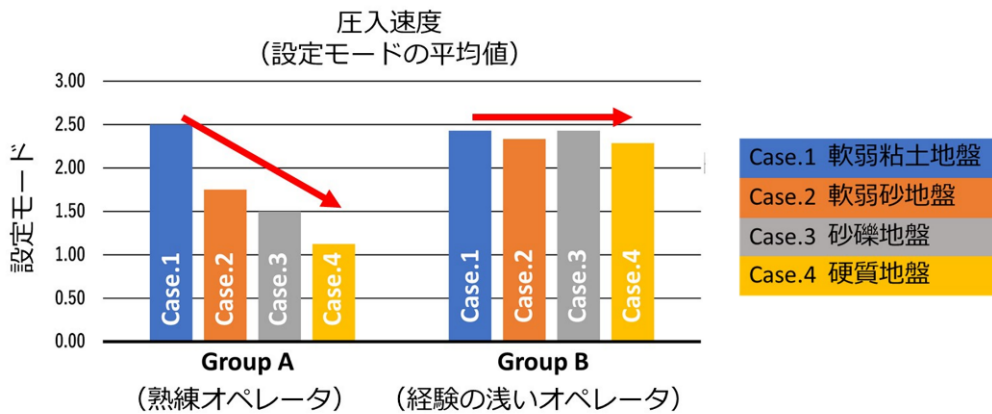


図 1

- 現在、鋼矢板工法の事例について、様々な企業に在籍するオペレータを対象として調査に当たっている。

➤ 成果

■ 論文発表

T. Takeuchi, S. Sato, T. Takehira, M. Kitamura & H. Murashima (2021), Preliminary results of questionnaire survey on field performance of press-in machine, Proceedings of The Second International Conference on Press-in Engineering, pp. 558-565.

技術委員会 (TC6)

- 委員会名：中国における圧入技術の実態調査と課題の抽出に関する技術委員会
- 委員長：Ou Xiaoduo (広西大学 教授)
幹事長：陳 国主 (株式会社技研製作所)
- 委員数：11 名
- 活動期間：2021～2023 年度

目的

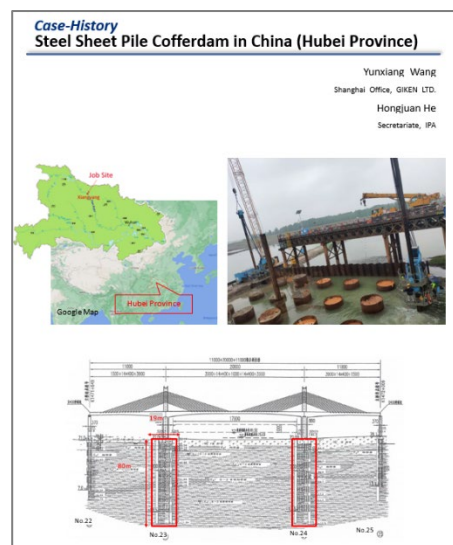
- ◆ 圧入技術は中国に導入してから、10 年間を過ごし、約 300 件近くの事例が採用された。しかし、採用事例の収集と分析は不十分である。そして、施工中に直面した問題点と現地オペレーターの育成が喫緊の課題となっている。
- ◆ これを受け、中国における圧入技術の採用事例や施工中の課題などの実態を調査し、①課題の明確及び②解決策の立案・実行することを目的として活動する。

活動計画

活動内容	活動成果 (予定)
中国における圧入工法の採用事例の収集と分析	<ul style="list-style-type: none"> ・ IPA Newsletter に施工事例のシリーズとして掲載 ・ 採用事例のデータベース化 ・ 中国語版「Press-in retaining structures: a handbook」の改定 ・ 中国で圧入工法の採用事例を紹介するシンポジウムの開催
施工現場での課題調査と解決策	<ul style="list-style-type: none"> ・ 課題調査した結果を論文として公表 ・ 施工マニュアルの作成

● 静圧植桩工程案例		年 月 日
1. 所有項目并非必填，但请尽可能详细的填写。 2. 关于地质状况、基础构造等，也可以图纸形式提供。 3. 提供照片、图纸、观测数据等，根据需要，请事先征得业主或总包的同意。		
工程信息	工程名称	
	业主单位	
	总包单位	
	施工单位	
	工程地址	
	工程目的	
	施工环境 (海、河、住宅区、街道)	
	工程整体工期	
	静压施工工期	
	有无地质资料	有・无 (如果有“有”，请附上详细资料)
地质信息	地层结构	
	N值、qt值等	
	地下水位	
基础构造 / 支护构造	结构形式	
	适用理由	
	设计时参照的规范、标准	
桩/板桩	是否使用循环利用桩材	是・否
	型号	
	数量、长度	
	入土长度	
	焊接位置	

事例収集のフォーマット



Newsletter に掲載した
施工事例

表彰委員会

- 国際圧入学会は、圧入工学の発展に大きく寄与した研究、技術開発、そして実務への適用を評価し、表彰しています。2017年に設立された表彰委員会は、学会賞の候補者を公募し、公募業績を評価し、受賞候補者を理事会に推薦する役割を担っています。

任期	委員長	副委員長
2017-2018	寺師 昌明	Andrew McNamara
2019	寺師 昌明	Andrew McNamara、Limin Zhang
2020-	Andrew McNamara	Limin Zhang

- **IPA 表彰制度の概要：**

- **Outstanding Project Award（傑出した建設プロジェクトの表彰）：**

プロジェクトの要件を満たすため、かつ一般市民の期待に応えるため、杭グループ／根入れ壁体／根入れ構造を活用しその優位性を立証したプロジェクトに対する表彰です。

- ◆ **2019 Award**

「折尾高架西折尾盛土新設」



- ◆ **2021 Award**

「圧入杭による橋梁応急復旧工事」



- **Innovative Technology Award（革新的な技術開発に対する表彰）：**

圧入工学の発展に顕著な寄与が認められる革新的な技術開発に対する表彰です。

- ◆ **2019 Award**

「超低空頭圧入機と鋼矢板の機械式継手の開発」



- ◆ **2021 Award**

「都市部における地下空間の有効活用」（機械式地下駐輪場）

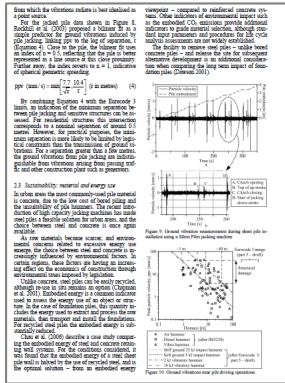


■ Distinguished Research Award (顕著な研究成果に対する表彰) :

学術誌、エンジニアリング誌、会議やシンポジウムでの論文集などに英文で発表された、圧入工学に関わる顕著な研究成果の表彰です。

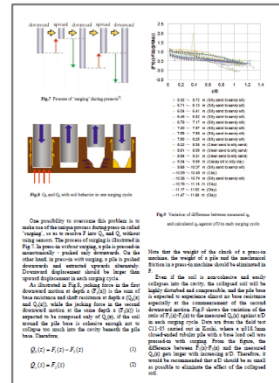
◆ 2019 Award

D.J. White 氏、 A.D. Deeks 氏
「Recent research into the behaviour of jacked foundation piles」



◆ 2021 Award

石原 行博 氏 他
「Estimation of N Value and Soil Type from PPT Data in Standard Press-in and Press-in With Augering」



■ Life-long Contribution Award (多年にわたる貢献に対する顕彰) :

長年に渡り圧入技術の発展に寄与し、多大な功績を残された個人に対する表彰です。圧入技術に関する科学的な解明、計画の策定、設計、施工、機械や材料開発、根入れ構造物の革新的な活用法開発、IPA 活動に対する指導的役割など、さまざまな分野において功績が認められる方々が対象です。

◆ 2018 Award

- 北村 精男 氏、株式会社 技研製作所 会長 / 国際圧入学会 名誉会長
- 垣内 保夫 氏 (故人) / 垣内 敬陽 氏、株式会社 垣内 前会長 / 現会長
- Malcolm David Bolton 氏、ケンブリッジ大学 名誉教授 / Ph.D., 王立工学アカデミー フェロー

◆ 2021 Award

- 寺師 昌明 氏、株式会社 技研製作所 顧問



表彰式の様子 (2018年)

■ ICPE Best Paper Award (ICPE 優秀論文の表彰) :

圧入工学に関する国際会議 (ICPE) * で発表された優れた研究・報文を ICPE 組織委員会と国際圧入学会 (IPA) が共同で表彰するものです。

*圧入工学に関する国際会議 (ICPE) は 3 年毎に開催しています。

◆ ICPE2018 での表彰式



◆ ICPE2021 での表彰式 (オンライン)



- ✓ 圧入工学とは根入れ構造物の計画、設計、施工を改善・発展させることを目的とする複数の分野を横断する工学で、これには主に地盤工学、環境工学、機械工学、計測-測量-モニタリング、データおよび情報処理が含まれますが、これらに限定されるものではありません。
- ✓ 現在の学会賞制度の設定以前、国際圧入学会は、2年に1度、優れた研究提案に対して研究助成を行ってきた。その成果は、Press-in Engineering 2009, 2011, 2013, 2015 に掲載されています。
- ✓ 学会賞の詳細は、当学会のウェブサイト (以下 URL) をご参照ください。
<https://www.press-in.org/ja/page/award>



広報委員会

- ▶ 広報委員会は5つからなる常設委員会の1つとして2017年に設置されました。2017年度から現在までの委員長及び副委員長は次の通りです。

年度	委員長	副委員長
2017-2018	石原 行博	Michael Doubrovsky
2019-2020	内村 太郎	Michael Doubrovsky、Yusoff Nor Azizi Bin
2021-	Yusoff Nor Azizi Bin	Michael Doubrovsky、Ramin Motamed

- ▶ 2021年度のIPA理事会において承認された当委員会への付託事項は次の通りです。

- 1) 事業委員会との連携によるIPA会員の勧誘活動
- 2) IPA ニュースレターの配信及び合冊版の出版活動
- 3) IPA ウェブサイトの運営に係る活動
- 4) 研究委員会との連携による施工事例の収集
- 5) 圧入ハンドブックを含むIPA刊行物の長期出版計画の策定
- 6) 毎年の広報活動計画の策定

- ▶ 主な委員会活動

■ IPA ニュースレター

2016年9月の創刊以来、圧入工法に関する最新の情報を提供してきました。IPA ニュースレターは年に4回（3月、6月、9月、12月）の頻度で、IPA 会員や圧入技術に関連する幅広い分野の研究者や実務者を含む2,500人以上の読者へメールにて定期配信しています。


Quarterly Issues

Combined Version

Special Issue for ICPE



IPA News Letter
Volume 7, Issue 1, March 2022



News Letters
Volume 1, Issue 1 - Volume 2, Issue 4
2016 - 2017



IPA News Letter
Volume 5, Issue 4, December 2018
The First International Conference on Press-in Engineering
19-20 September 2018
Special Issue for ICPE 2018

ICPE2018



IPA News Letter
Volume 6, Issue 3, September 2021
Special Issue for ICPE 2021
The Second International Conference on Press-in Engineering (ICPE) 2021, Kochi, Japan
ONLINE: 19-20 June 2021

ICPE2021

主な内容

- ◆ 施工適用事例
- ◆ 専門家による特別寄稿
- ◆ 現場からの声
- ◆ IPA 理事による研究活動に関する情報
- ◆ 若手メンバーの意見
- ◆ 各種レポート及びイベント情報

■ IPA ウェブサイト



ウェブサイト

- ◆ 日本語／英語
- ◆ URL: <https://www.press-in.org>
- ◆ 2017年 刷新

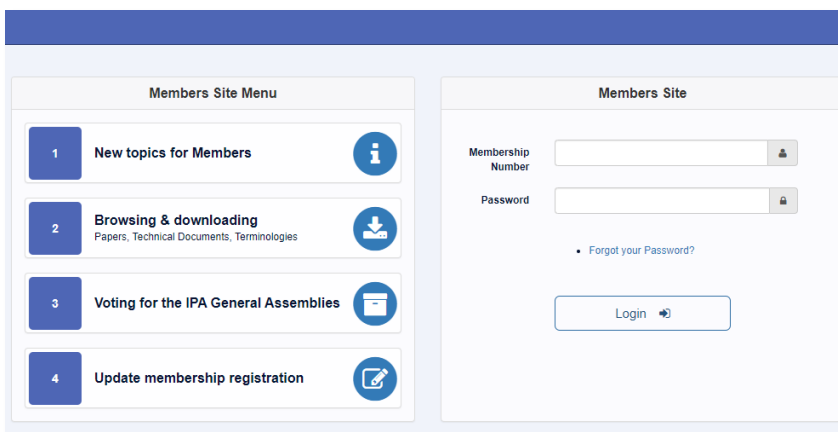


ウェブサイト

- ◆ 中国語
- ◆ URL: <https://ipa-press.org/cn/>
- ◆ 2020年 開設



■ IPA 会員専用サイト



- ◆ 日本語／英語
- ◆ URL: <https://member.press-in.org>
- ◆ 2018年 刷新



事業委員会

- 事業委員会は5つからなる常設委員会の1つとして2017年に設置されました。2017年度から現在までの委員長及び副委員長は次の通りです。

年度	委員長	副委員長
2017-2018	大谷 順	竹村 次朗
2019-	竹村 次朗	石原 行博

- 2021年度のIPA理事会において承認された当委員会への付託事項は次の通りです。

- 1) 新たな学会活動の計画及びこれら新たな活動の推進
- 2) セミナー、シンポジウムをはじめとする各種イベントの計画及び運営
- 3) ICPE 組織委員会による活動の推進
- 4) 各行事活動における圧入ハンドブックの有効活用

- 主な委員会活動

■ IPA 海外圧入セミナー

開催地	日付	参加者数
シンガポール	2017年3月2日	約100名
マレーシア	2017年11月1日	約80名
タイ	2018年5月18日	103名
フィリピン	2018年5月21日	約100名
ベトナム	2018年12月6日	227名



IPA 海外圧入セミナー（ベトナム）



フライヤー（広告）

■ 圧入工学に関する国際会議

英名 : International Conference on Press-in Engineering (ICPE)

開催実績	日付	参加者数 (参加国数)
第一回 圧入工学に関する国際会議 2018 (高知県)	2018年9月19~20日	418名(17か国)
第二回 圧入工学に関する国際会議 2021 (オンライン)	2021年6月19~20日	430名(19か国)

◆ ICPE 基調講演の様様

ICPE2018		ICPE2021	
			
今村 文彦 東北大学 教授	島田 健二郎 株式会社 小松製作所 チーム長	Mark Randolph 西オーストラリア大学 教授	藤野 陽三 城西大学 学長

◆ 論文集

ICPE2018		ICPE2021	
	<ul style="list-style-type: none"> ● 83 編 ● 671 ページ 		<ul style="list-style-type: none"> ● 65 編 ● 600 ページ

総務委員会

- 総務委員会に帰属する職務の重要性から、委員長及び副委員長についてはそれぞれ、IPA 会長並びに事務局長が歴任しています。

年度	委員長	副委員長	委員
2017-2019	日下部 治	石井 一嘉	-
2020-	Chun Fai Leung	八重樫 永規	日下部 治、 寺師 昌明

- 設立初年度の IPA 理事会において承認された当委員会への付託事項は次の通りです。

- 1) 定款、付属定款、及び内規の整備
- 2) 総会及び理事会の運営
- 3) 研究委員会及び表彰委員会の運営に係る活動支援
- 4) 広報委員会活動の調整及び支援活動
- 5) セミナー及び国際会議の開催に係る事業委員会の活動支援
- 6) 予算管理及び月次ベースでの財務管理
- 7) 他団体との活動に向けた連携の強化

- 主な委員会活動

◆ 2017-2019

他の4つの常設委員会の設立、また事務局体制の実情を踏まえ、総務委員会は他の常設委員会の活動の根幹をなす組織として設立され、上述の付託事項に則り、主な活動として他の常設委員会の活動を支援しています。総務委員会は日常の様々な学会運営において重要な役割を担い、その業務はますます重大となっています。設立からこれまでに至る活動実績は以下の通りです。

- 1) 定款および付属定款の改定（2018年、2020年）及び、内規の拡充による学会活動の安定及び促進
- 2) 人員の確保による事務局内の組織再編（広報係、研究支援係、財務・経理係、会員係、現地事務局）及び、効率的かつ有益な学会運営
- 3) 研究委員会により設立された6つの技術委員会への活動支援を通じた研究活動の推進
- 4) 編集委員会（広報委員会内）によるニュースレター定期配信（毎四半期）に係る業務支援を通じた広報委員会の活動促進
- 5) 海外圧入セミナー（シンガポール、マレーシア、タイ、フィリピンの計4か国）及び初となる圧入工学に関する国際会議（ICPE2018）の開催

◆ 2020-

- 1) 特に事務局に重きを置いた、学会全体の組織運営の見直し
- 2) 理事会（12月開催）において指名委員会により承認された付属定款の改訂
- 3) ICPE2021 組織委員会の活動支援
- 4) 15周年記念に向けたイベント等の活動推進



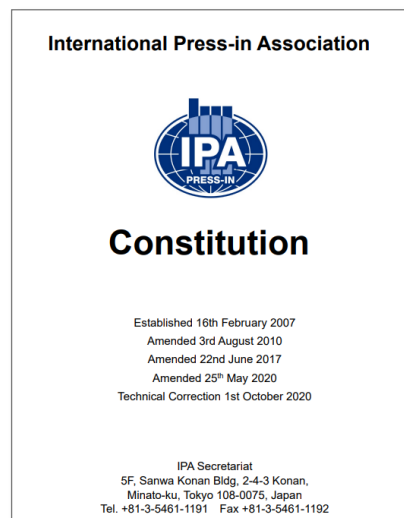
2017年 IPA 理事会（高知）



2019年 IPA 理事会（東京）



2021年 IPA 理事会（オンライン）



IPA 定款



世界的な新型コロナウイルス感染症拡大の影響により、活動のほとんど全てにおいて、オンラインでの実施を余儀なくされました。その厳しい状況の中、第二回目となる圧入工学に関する国際会議を開催し、400名を超える参加者を集め成功裏に閉幕しました。現在の新型コロナウイルス感染症の状況を鑑み、15周年記念についてはニュースレターの特集号やオンライン形式でのイベントの開催を計画しています。2022年中頃には、コロナ以前のように、自由に顔を合わせながら活動が可能となることを願っています。

IPA 研究助成賞による研究成果の実用化と今後の展望

Michael Doubrovsky

オデッサ国立海事大学 教授

2007年に国際圧入学会（IPA）が創立されて間もなく、これまでの研究活動の礎となるIPA研究助成賞が設立されました。2007、2008、2010、2012、そして2014年に渡り、5度の表彰式が執り行われました。応募書類はいずれも、厳正な評価基準に基づいてIPAの各専門家により審査され、名誉会長の北村精男氏より祝辞とともに表彰されました（IPAワークショップ内）。対象は36件の研究論文と、圧入の需要が見込まれる市場調査に関する2件の論文です。投稿論文のほとんどは、計11の国・地域（アイルランド、アメリカ、イギリス、ウクライナ、オーストラリア、オランダ、シンガポール、中国、日本、ベトナム、マレーシア）の大学関係者により応募されたもので、中には1~2年の長期に及ぶ研究も含まれています。



第5回IPA研究助成賞の表彰式

2007年の制度開始から10年間に渡るこれら研究成果を分析するため、過去の受賞者に対して以下の項目に関するアンケート調査を実施し、今後の研究活動に役立つ様々な情報を得ることができました。

項目	主な質問事項
基本情報	受賞研究テーマ
	表彰及び研究の終了年度
	受賞者／研究責任者
主な研究成果	1. 科学的な成果と重要性 2. 研究成果の主な発表方法 <ul style="list-style-type: none"> ● セミナーや他団体が主催する会議でのプレゼンテーション ● 刊行物への掲載（学術誌、書籍など）
受賞後の研究活動の動向について	1. 今後の研究活動の計画（理論的探究、実験、実用化に向けた活動など） 2. 更なる研究に基づく成果物 3. 出版物の発刊 4. 会議／セミナーでのプレゼンテーション 5. 研究成果の実用化（プロジェクト、コンサルティング、デザイン） 6. 学術論文の執筆もしくは科学的な提言
提案事項	IPA科学助成賞に関する意見など

アンケートは全期間（2007~2014年）における受賞研究が対象で、日本からは8件、そして中国、ベトナム、ウクライナからそれぞれ1件（計11件）の回答を得ることができました。

研究の目的やテーマ、そして具体的な研究内容など、アンケート結果から得られた回答を要約すると、概ね

次のことが明らかとなりました。

1. 主な研究テーマは以下の通り。
 - 圧入工法、圧入機及びこれらに関連する機械について
 - 杭材とその特性について（特に鋼管杭や鋼矢板） - 応力・ひずみの状態、支持力など
 - 現場での調査、地盤の特性及び土の挙動
 - 圧入工法により構築された構造物に関する実験的・数値的研究
 - 施工事例、環境に関わる諸問題、プロジェクトや設計について
2. 研究チームは、主に研究責任者と若手研究者（博士、または修士課程の学生など）で構成されている。
3. 研究方法は多岐にわたっているものの、実験室での物理的モデリング、大規模な現場実証試験、数値的モデリング（「有限要素法」"Finite Element Method"）が主な手段として適用され、その有効性は「構造物と土壌の相互作用」モデルの適切な選択に依存している。最も重要な結果は、実験データと高度な理論モデルを組み合わせることで得られ、特に鋼矢板の挙動や鋼管杭の支持力などの実際の問題に関連している。
4. 研究結果は、これまでの IPA ワークショップにおいて定期的に報告されている。各研究に関する考察は、議論の対象についての理解をより深めるために、専門家の間での自由な意見交換を通じて進められた。
5. 研究結果及び導き出された結論は、IPA ワークショップにおいて発刊された論文集だけでなく、世界的に影響力の大きい著名な学術誌や権威ある国際会議の論文集にも掲載され、広く認められている。
6. アンケート全体のおよそ 75%にあたる研究結果については、今後の研究がますます発展すると期待されるという前向きな回答であった。受賞後においても、実験や数値解析、国際会議等での発表や学術誌への投稿などの研究活動が継続されている。また IPA 研究助成賞の制度により、数件の博士及び修士論文が投稿、発表された（計 6 件）。特筆すべきは、受賞した研究責任者の多くが、大学の教育課程において圧入工法を題材に取り入れている点である。
7. 助成制度により、主に以下の点において研究責任者及びその関係者らによる研究活動の可能性が広がったとの声があった。
 - 新たな実験設備や機器の導入と、それに伴う新たな研究結果
 - 分野の垣根を超えた学術の振興
 - 学生との国際会議やワークショップにおける発表の機会や、圧入工法による施工現場の見学などを通じた、学生の研究活動への意欲向上
 - 三次元有限要素法解析や液状化分析などに用いる解析ソフトの更新
 - 学生による卒業論文及び大学院課程における専門的な研究課題としての探求
8. 必要な資源を具備する専門的な技術委員会を設立することで、IPA がこれら将来性の高い研究活動を推進していること。（詳細は本号の 10 ページ～22 ページを参照）
9. 助成制度は圧入工学に関わる研究の方向性を共有し、かつ提案された科学的手法が有する可能性の検討や、最も有望なアイデアをさらに発展させることに大きな役割を果たしている。このことから、将来において上述の IPA 研究助成賞のような有益な制度を導入することを検討すべきである。もちろん、制度の在り方については現状に即した形とする必要があり、特に定期開催を前提とすれば、圧入工学に関する国際会議と連動して実施するなどの運用上の工夫も考慮に入れておくべきである。

最後に、今回の寄稿に際して温かなサポートや執筆にあたり非常に有益な助言をいただいた日下部 治 氏（IPA 専務理事）並びに何 洪娟 氏（IPA 事務局）の両名に感謝を申し上げます。

科学・工学・圧入工法 – IPA の源流

Dame Sarah Springman FREng

元チューリッヒ工科大学教授（地盤工学）、学長＊
オックスフォード大学セント・ヒルダズ・カレッジ 校長

地盤工学の分野では、より効果的で効率的なそれゆえより経済的な新技術の創造と進化につながる実務的な便法を用いた事例は多くあります。そこに環境の持続可能性が加われば、勝利の方程式が確立されることになり、商業化され、世界に広まるようになるはずです。このような理由から、杭および杭式擁壁の施工方法の理解と利用の普及を推進するために 15 年前に国際圧入学会（IPA）が設立されました。IPA は、地盤工学、環境工学、機械工学、電気工学の専門家が集まり、地下の見えない現象やメカニズムを探求し、説明することを目的としています。

この短い回顧録は、15 年前にまでさかのぼるケンブリッジ大学の土質力学グループと技研製作所と初期の日々をお話するものです。

「とにかくやってみよう」という実用本位な地盤工学の観点から、北村氏は杭や矢板壁の施工と性能を環境的・経済的に向上させるためにサイレントパイラーの技術（圧入技術）を生み出しました。当初は日本市場向けでしたが、後にアジア市場、さらに全世界の市場へと展開していきました。機械工学、電気工学、プロセス工学の観点に立ち、小さなボルトから大きな部品に至るまでの部品に至るまで、どのように製造し、計測し、そしてすべてを組み立てるかに関して、彼の何を成し遂げたいか、どのようにして成し遂げるかを考え抜くスタイルは非常に印象的でした。

圧入中や圧入後の杭や杭壁の抵抗力の発揮に関する科学は、相互作用のメカニズムを特定し定量化するという点で比較的初期段階にあったことから、北村氏と高知の技研製作所の人たちはケンブリッジ大学の土質力学グループに話を持ち掛けました。1993 年 12 月、Malcolm Bolton 教授と著者は、将来の連携の可能性を調べるために高知を訪れました（下記写真参照）。

この訪問後の何回かの協議によって、ケンブリッジ大学の修士課程の学生を毎年選抜し、学生たちは技研グループの事業所や技研の工事現場を訪れて、圧入現場の観察から生まれる修士課程の研究課題に従事することになりました。最初の学生は Fiona Gooch と Matthew Carter の 2 名で、1994 年夏に技研製作所を訪問し、研究課題として適切でかつ彼らにとって興味ある次のような課題を見出しました。

1. 貫入、引き抜きの圧入工程と施工後の圧力球根中の経時的な強度の発揮
2. 最大圧入力と施工効率の予測
3. 上記 2. を裏付ける圧入中に得られたデータと CPT 貫入試験機データとの比較
4. 環境に配慮した、施工能率向上に資する最も効果的なウォータージェットの適用方法
5. いくつかの地盤状況における施工能率の向上に資するエアージェットの開発の機会
6. 時間経過に伴う矢板壁に作用する側応力の決定
7. 打ち込み杭工法と圧入工法の比較
8. 過去に圧入された杭、あるいは圧入直後の杭を活用した効果的な反力架台の開発
9. 新型のプレハブ式構造物に対して圧入施工が与える影響

彼らのレポートや学位論文は、一連のケンブリッジ大学学生の最初の論文として提出されました。技研製作所との関係は彼らのキャリアの初期において恩恵をもたらしています。Stuart Haigh 博士は、高知での初の会合から 30 年近くたった今でも、この分野で活躍しています。私個人として、IPA の発展と今後の大きな成功を願っています。

* Rector の訳語。チューリッヒ工科大学の総長の下で教学関係を担当する役員であるが、慣例的に学長と訳される場合が多いので学長とした。



図 1 北村氏（左）と同氏の関係者、Malcolm Bolton 教授及び著者による懇談の様子



図 2 圧入の仕組みを解説する Bolton 教授

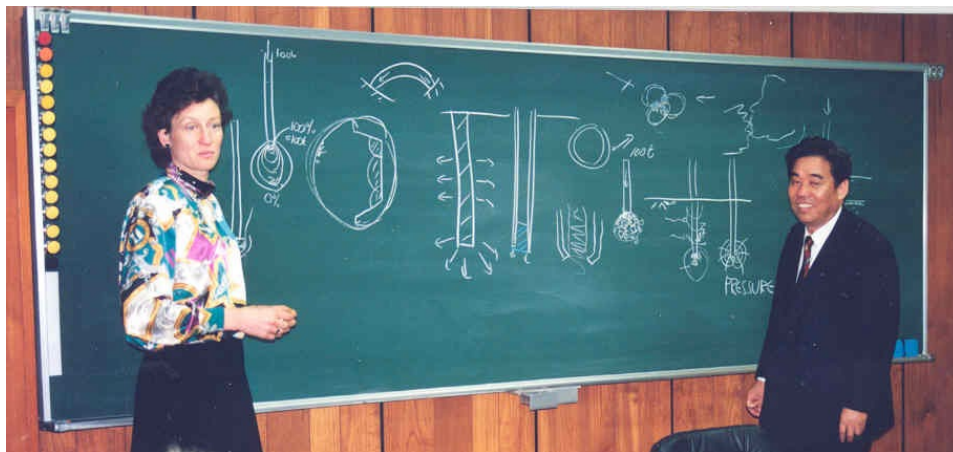


図 3 著者にアドバイスをする北村氏



図 5 圧入機の操作を体験する著者



図 6 トライアスロンで培われた力でサイレントパイラーに動力を供給する著者



図7 サイレントパイラー1号機前での記念撮影
北村氏（中央）、Bolton 教授（左）、著者（右）



図8 サポートチームとの記念撮影



図9 桂浜海岸での記念写真



図10 坂本龍馬像下での記念写真

圧入に関する研究活動の始まり – IPA の源流

David White

サウザンプトン大学 教授

はじめに

IPA 創立 15 周年を記念する今回の IPA ニュースレター特別号において、圧入工学の研究に携わった初期の年月を振り返ることができ、大変光栄に思います。私が大学学部 3 年生の時、奨学金と夏季休暇の間に日本に行って現場試験を行うという募集がありました。私はその募集に応募しボルトン教授の面接を受けました。応募から数日後、3 名の技研奨学生の一として選ばれたとの吉報を受け、その夏に高知に行く準備をするように言われました。このことが、私が以降 10 年間にわたってケンブリッジ大学の学生による毎年恒例の夏の高知訪問で圧入工学に関する研究に携わるきっかけとなりました。高知への訪問は文化交流と研究の実施を融合させるものでした。毎年、学生達がヒースロー空港に集まり、ボルトン教授の引率の元、関西空港行きのフライトで日本へ向かうことが通例でした。新しく選ばれた学生達にとっては、初めての日本訪問であるかあるいは初めてのヨーロッパ域外への渡航でした。

技研製作所による奨学金：共同研究と文化交流

私たちが高知の空港に到着すると、技研製作所の創立者で現会長でもある北村精男氏はいつも暖かく迎えてくれ、大切にされているボンネットバスの運転席で私たちが乗り込むのを待って、自らの運転で高知市内のホテルまで送っていただきました。

技研製作所の奨学金制度は、同社とケンブリッジ大学による共同研究の要となっていました。きっかけは北村氏から大学側にお声がけをいただいた 1993 年頃にさかのぼります。ボルトン教授及びスプリングマン教授(当時のケンブリッジ大学講師)との初期の交流が、翌 1994 年の夏から始まったケンブリッジ大学学生による最初の高知訪問へと繋がりました。



図 1 ケンブリッジ大学チームによる圧入機を操作する様子
山本氏(技研製作所)の監督のもと、サイレントパイラー
を交代で操作するチームメンバーの一同

- Gulin Yetginer, Malcolm Bolton, David White
(2001 年 7 月 高知市高須)

技研製作所との共同研究は、研究手法や成果物などの枠にとらわれない強い拘束力のない取り決めの元に始まりました。その代わりに、目的は優秀で熱意を持ったケンブリッジ大学の学生が高知での現場研究に参加することで、同社の経営理念を理解し、またお互いの利益となる研究を実施することでした。同社は機械工学の分野を主軸とする会社で、我々ケンブリッジ大学のチームは地盤工学を専門としていたため、技研製作所の圧入技術の可能性を探求する中で、お互いに多くのことを学ぶことができました。

高知を訪れる際は、まず高須（当時）にある会社を訪問すると同時に、北村会長が集めていた杭打ち機のコレクションを見学することが通例でした。そして、新しい機種 of 圧入機による実証試験や、無線式の圧入機（図1）で圧入を体験することも楽しみにしていました。その後、私たちはホワイトボードに向かって土質力学の概念をスケッチし、杭の支持力と貫入抵抗のメカニズムを考察し、圧入技術が有する優れたロボット制御と作動システムの可能性を探るという長い時間を過ごすことになるのです。私たちの通訳として側で支えてくれた技研製作所の社員にとっては試練のように忍耐を伴う時間であったと思いますが、その後の懇親会では賑やかなスピーチや乾杯が続く等、思い出に残るものとなりました。

高知訪問にはすぐに一つのパターンが出来上がり、一連の杭の設置と载荷試験が計画され、ケンブリッジ大学のチームは1か月間、実証試験に没頭する日々を過ごすこととなりました。これらの実証試験は主に高須の敷地内で、技研製作所の長山氏が率いるチームによって進められ、時には異なる地盤条件を求めて場所を移して実証試験を行うこともありました。



図2 技研製作所のエンジニアとの実証試験の様子
（左上から時計回りに 1997、2002、2006、2002、2003 年）

実証試験の全体を通して、ケンブリッジ大学のチームは技研製作所の日本人エンジニアと仕事を共にしました。私たち双方が安全衛生、圧入機の操作や周辺機器の使用方法等の実用的なスキルを磨くとともに、毎日の「朝の体操」、「環境整備」や「一発成功精神」をはじめとした、技研製作所の仕事の慣習や取り組み方を学ぶことができました。私は今でも好んでこれらの言葉を使っています。図3（次ページに掲載）の写真は共同研究が始まってからの10年間の技研奨学生達です。

研究活動初期の成果

ケンブリッジ大学に戻ってからも、学部最終年次の学生達は卒業研究の一環として行われた夏の実証試験についての研究をさらに発展させていました。この共同研究の取り組みは非常に生産的で、技研製作所の研究仲間と共著で国際会議で論文を発表することができました。これらには以下の論文（英名）が含まれています。

- Measurement of the stresses in pile plugs, using novel instrumented bolts (White et al. 2000)
- Installations with and without pile shoes, to minimize resistance (Finlay et al. 2001)
- Field data confirming the low noise and ground vibration from press-in piling (Rockhill et al. 2003)
- Load tests and interpretation to assess the high stiffness of pressed-in piles (Deeks et al. 2005)
- Load tests quantifying the capacity of pressed-in cell foundations (Yetginer et al. 2003, 2006)
- H-pile load tests confirming a positive group effect from plugging activation (White et al. 2003)
- Observations of rate effects during installation, linked to consolidation (Jackson et al. 2008)



図3 共同研究を始めてから10年間（1996～2005年）の写真
 （上段：Matthew Carter, Fiona Gooch, Naomi Lyons, David White;

中段：Peter Kirkham, Hari Sidhu, Tim Finlay, Yueyang Zhao;

下段：David Rockhill, Andrew Deeks, Gulin Yetginer, Helen Dingle and Melvin Hibberd)

一連の研究活動に共通していることは、圧入工法が有する特殊性と土質力学との関連性です。例を挙げると、圧入工程で生じる杭の高い剛性や、圧入されたH杭から構成される擁壁の閉塞効果による支持力の応用など、

圧入杭の設計に関するより発展的な提言につながったのです。また、圧入機の設計や操作に関する新しいアイデアも生まれました。例えば、アンドリュウ・ディークス氏の博士論文では、圧入と回転を組み合わせることでより簡単に貫入できることを実証し、ジャイロプレス工法で使用されている技術に応用されました。また、他の研究では高い圧入力を軽減するために使用されるウォータージェットシステムの改良につながりました。

技研奨学生らによる圧入に関する研究論文はこれまでに 250 回以上も引用されており、初期の研究成果は 2 つの招待講演としてまとめられました(White & Deeks 2007, White et al. 2010)。ケンブリッジ大学と技研製作所による初期の研究活動の全容は IPA ニュースレター (Vol. 2.2) に掲載されています。

日本訪問による研究成果は、技研製作所からケンブリッジ大学に対する奨学制度を通じた北村氏の支援で得られたもののほんの一部です。研修はもちろん、今も思い出に残る日本文化を体験できたことは忘れえぬ経験となりました(図 4)。この経験が多くの技研奨学生が土木工学の分野で着実にキャリアを積み上げていることにつながっています。Arup(複数名)、BP、Beale & Co、Buro Happold、Equinor、Laing O'Rourke、McKinsey、Norwegian Geotechnical Institute、Ramboll、Skanska、Twinza Oil などの名だたる組織で活躍しています。中にはフェアトレード(公正取引)政策の推進やヘッジファンド等の異業種にキャリアを求めた者もおりますが、同様に活躍を続けています。



図 4 日本文化体験の様子(左上から時計回りに)

流しそうめん(2004)、茶道(2001)、居酒屋での食事(2006)、北村氏主催による懇親会(2003)

圧入工学：先見の明

ケンブリッジ大学奨学生の最初の高知訪問からの25年を振り返り、改めて北村氏と技研製作所の先見性には驚くばかりです。当時、技研製作所の機械は、ロボット工学、自動化、デジタル化という、現在では工学の主流になりつつある先進的な概念でした。技研製作所は40年以上前からこれらの技術に投資をしており、1982年5月に最初の無線式のサイレントパイラーを、2003年に最初のクラウド接続式のサイレントパイラーを開発するに至ったのです。

2004年にケンブリッジ大学のチームは、サイレントパイラー1台1台の機械性能と圧入抵抗力を監視し、そのデータを高知の基地局に転送する技研ITシステムのデモンストレーションを目の当たりにしました。このシステムにより、技研製作所のエンジニアは各圧入機の作業状況を監視し、予知保全を計画することができ、また、計測した圧入力を地盤情報のデータベースに登録することで、地盤の状態に応じて施工速度や作業方法を予測し、最適化することができるようになりました。このように、技研製作所は早くから「デジタルツイン」を確立し、機械の性能向上や構造物の性能を保証するために「ビッグデータ」が有効であることを認識していたのです。

2004年には、当時生産段階に入っていたエコパイラーについて説明を受けました。生分解性の潤滑油で作動するサイレントパイラーで、建設による環境負荷を軽減するものです。それ以前の2002年においては、技研製作所はケンブリッジ大学のSarah Carleyによるさまざまなタイプの擁壁における内包炭素を定量化するライフサイクル分析に関するプロジェクトを支援しました。この分析では、鋼鉄とコンクリートによる対策を比較し、圧入工法ではほとんど不要となる仮設工事による追加的な影響によることを理由として説明しました。

また、滞在中はよくエコサイクルのデモンストレーションを見学しました。エコサイクルは圧入により構築された円形の地下空間に、駐輪スペースと回転式の運搬装置を備えた駐輪システムです。このシステムは、ICカードで素早く自転車を入出庫できるため、混雑する日本の公共交通機関の駅やターミナルに駐輪場を増設することで、自動車利用を減らすことができると考えられます。

脱炭素化や生物多様性の保全が世界的な優先課題となっている、そしてデータサイエンスがさまざまな分野で進化を遂げている今日、あらゆる産業が20年以上前に技研製作所が目指した方向へ向かっています。

国際圧入学会の設立へ

2005年には、技研製作所とケンブリッジ大学の共同研究が地盤工学の分野で注目を集めるようになり、北村氏は、より幅広い分野の研究者を支援することで圧入工学の認知度を高め、この活動を調整し支援する組織を立ち上げようと考えていたのです。

そして高知工科大学の岡村甫氏の呼びかけにより、国際圧入学会設立の準備会合を開催しました。このIPAの最初のイベントは、4年に一度開催される国際地盤工学会議が大阪で開催される1週間前に行われたこともあり、技研製作所は大勢の国際的な地盤工学の専門家を高知に迎え入れることができました(図5)。この会合では、圧入技術のデモンストレーションやこれまでの研究成果の発表が行われ、世界の研究者との関わりをを広げることができました。IPAの種は蒔かれ、翌年からワーキンググループで国内外の学術関係者、さらには産業界を巻き込んだIPAの枠組み作りが始まりました。

2006 年末には IPA 設立の準備が整い、2007 年 2 月 16 日、東京に本部を置く IPA が正式に設立されました。2007 年 9 月にケンブリッジで開催された IPA 初の国際ワークショップには、32 名の参加者が集まりました（図 6）。このイベントでは、圧入の研究と実践の最新状況に関する講演が行われ、他の幅広い大学への 10 万米ドルの新規研究助成金の授与式が行われました。その後、ケンブリッジの St John's College で記念の夕食会が開かれ、記念品の交換や IPA の成功を祝う乾杯が行われ、イベントは終了しました。

こうして、圧入工学の探求、向上、普及をミッションとする IPA が誕生したのです。現在も技研製作所と IPA は、ケンブリッジ大学と強い絆で結ばれています。現在、スチュアート・ヘイグ博士が共同研究を率い、技研奨学生達は技研製作所のエンジニアチームと一丸となって圧入工学の可能性を追求し続けています。一方、IPA は確立された組織となり、800 名近くの会員が、ケンブリッジ大学の技研奨学生達と同じように圧入工学へ情熱を持ち、圧入工学に関する幅広いテーマで研究や優れた実践に貢献しています。



図 5 IPA 設立に向けた準備会合への参加のため、高知に集まった各国の専門家（初めて圧入が行われた高須の地で） - 2005 年 9 月 9 日撮影



図 6 第 1 回国際圧入学会総会（2007 年 9 月、ケンブリッジ）のモンタージュ写真

参考文献

- Deeks A.D., White D.J. & Bolton M.D. 2005. The comparative performance of jacked, driven and bored piles in sand. Proc. XVIth Int. Conf. Soil Mech. & Geotech. Engng., Osaka. 3:2103-2106
- Finlay T.C.R., White D.J., Bolton M.D. & Nagayama T. 2001. Press-in piling: The installation of instrumented steel tubular piles with and without driving shoes. Proc. 5th Int. Conf. Deep Fndn. Practice, Singapore. 199-2
- Jackson A.M., White D.J., Bolton M.D. & Nagayama T. 2008. Pore pressure effects in sand and silt during pile jacking. Proceedings, 2nd BGA International Conference on Foundations (ICOF 2008), Dundee, U.K., IHS BRE Press, Watford.
- Rockhill D.J., Bolton M.D. & White D.J. 2003. Ground-borne vibrations due to press-in piling operations. Proc. BGA International Conference on Foundations, Dundee 743-756
- White D.J. & Deeks A.D. 2007. Recent research into the behaviour of jacked foundation piles. Proc. International Workshop on Recent Advances in Deep Foundations, Yokosuka, Japan. eds. Kikuchi, Kimura, Otani & Morikawa. Taylor & Francis 3-26.
- White D.J., Deeks A.D. & Ishihara Y. 2010. Novel piling: axial and rotary jacking. Proc. 11th Int. Conf. of the Deep Foundations Institute, Geotechnical Challenges for Urban Regeneration. London.
- White D.J., Bolton M.D. & Wako C. 2003. A novel urban foundation system using pressed-in H-piles. Proc. XIIIth Eur. Conf. Soil Mech. & Geotech. Engineering, Prague 2:425-432
- White D.J., Sidhu H.K., Finlay T.C.R, Bolton M.D., Nagayama T. 2000. Press-in piling: The influence of plugging on driveability. Proc. 8th Int. Conf. Deep Foundations Inst., New York. 299-310
- Yetginer A.G., White D.J. & Bolton M.D. 2003. Press-in piling: field testing of cell foundations. Proc. BGA International Conference on Foundations, Dundee 963-974
- Yetginer A.G., White D.J. & Bolton M.D. 2006. Field measurements of the stiffness of jacked piles and pile groups. Géotechnique 56(5): 349-354