

# 機械式掘削機器を使用した拡底部を有する 場所打ちコンクリート杭工法の技術開発

(引抜き抵抗機構の解明と設計式の技術評定取得)

平成26年度～平成27年度

$A_p$ : 軸部断面積

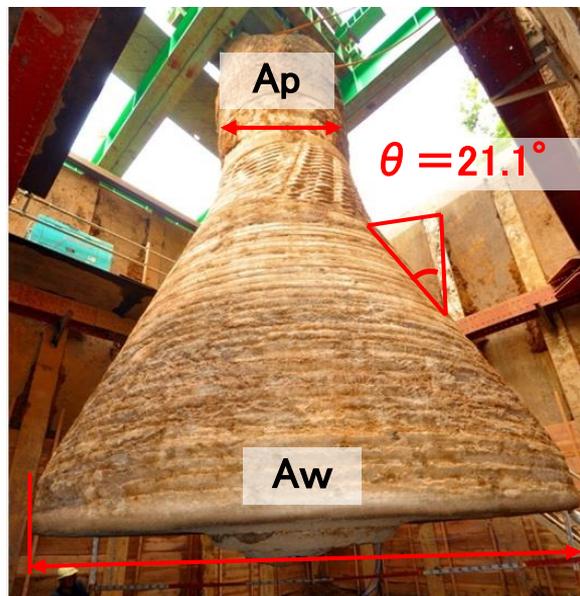
$A_w$ : 有効底面積

拡底率 =  $A_w/A_p = 7.29$

最大傾斜角  $\theta = 21.1^\circ$

最大拡底径  $D_w = 5.5\text{m}$

システム計測株式会社  
TM技術士事務所



拡底径 ( $D_w$ ) = 5.5m



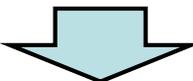
# 【技術開発の内容】 1. 背景・目的

## ★背景

- ・地震時(津波を含む), 高地下水位の場合, 建物に発生する**引抜き力**が問題
- ・敷地の制約から塔状比の高い建物が多く建設され, 地震時に大きな**引抜き力**が発生

対策案 

建築物の耐震・安全性の向上に, **杭に引抜き抵抗力を発揮させることが重要**

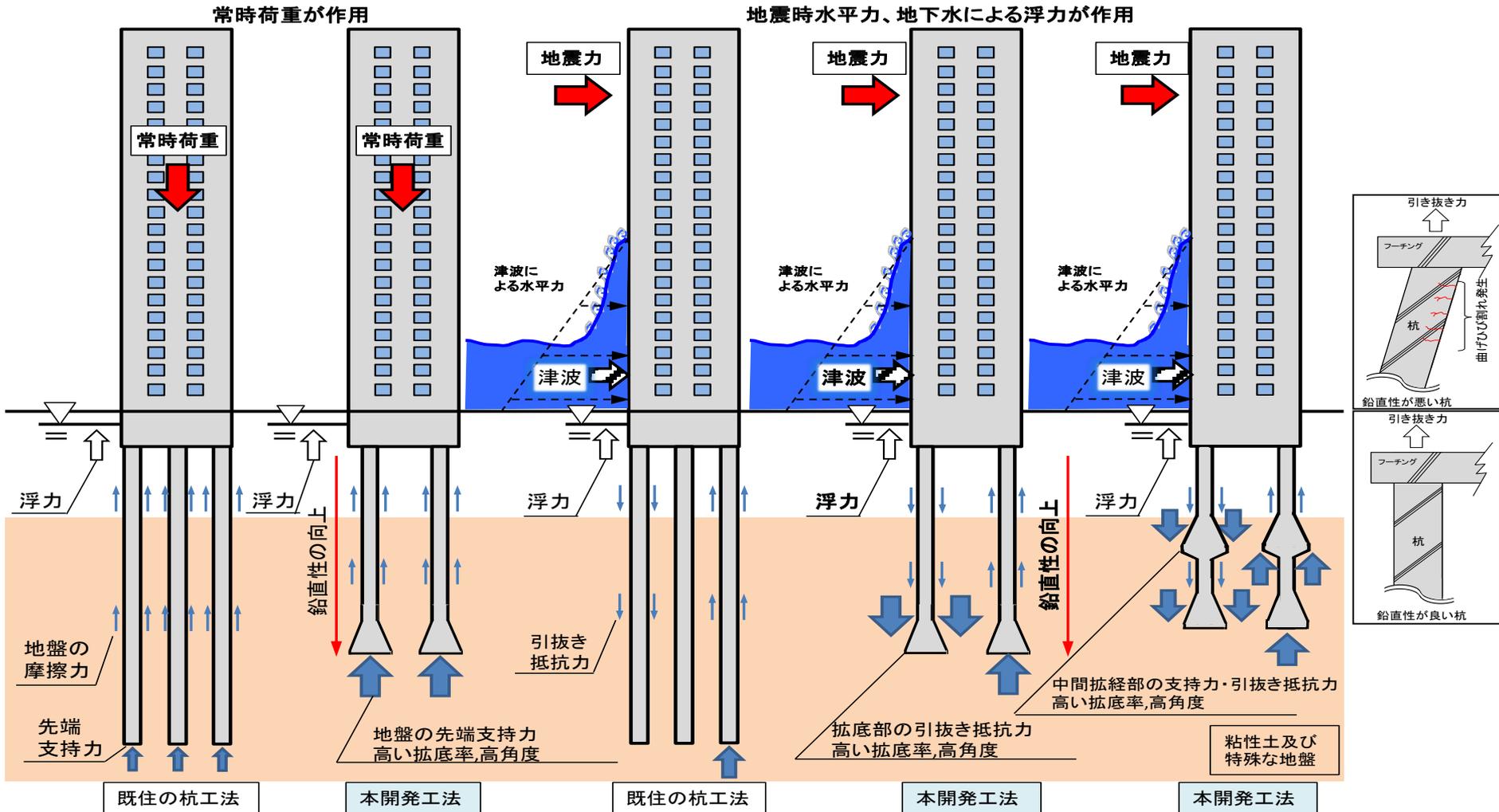
課題 

従来の施工機器は、構造が複雑なため、故障する可能性が高く、トルク効率、鉛直掘削精度等の課題が見られる。特に、杭の鉛直性が確保されないと、引き抜き時に曲げ応力が発生し、十分な引き抜き耐力が発揮できない。曲げ応力が発生すると、コンクリート部分にひび割れが入る

## ★目的

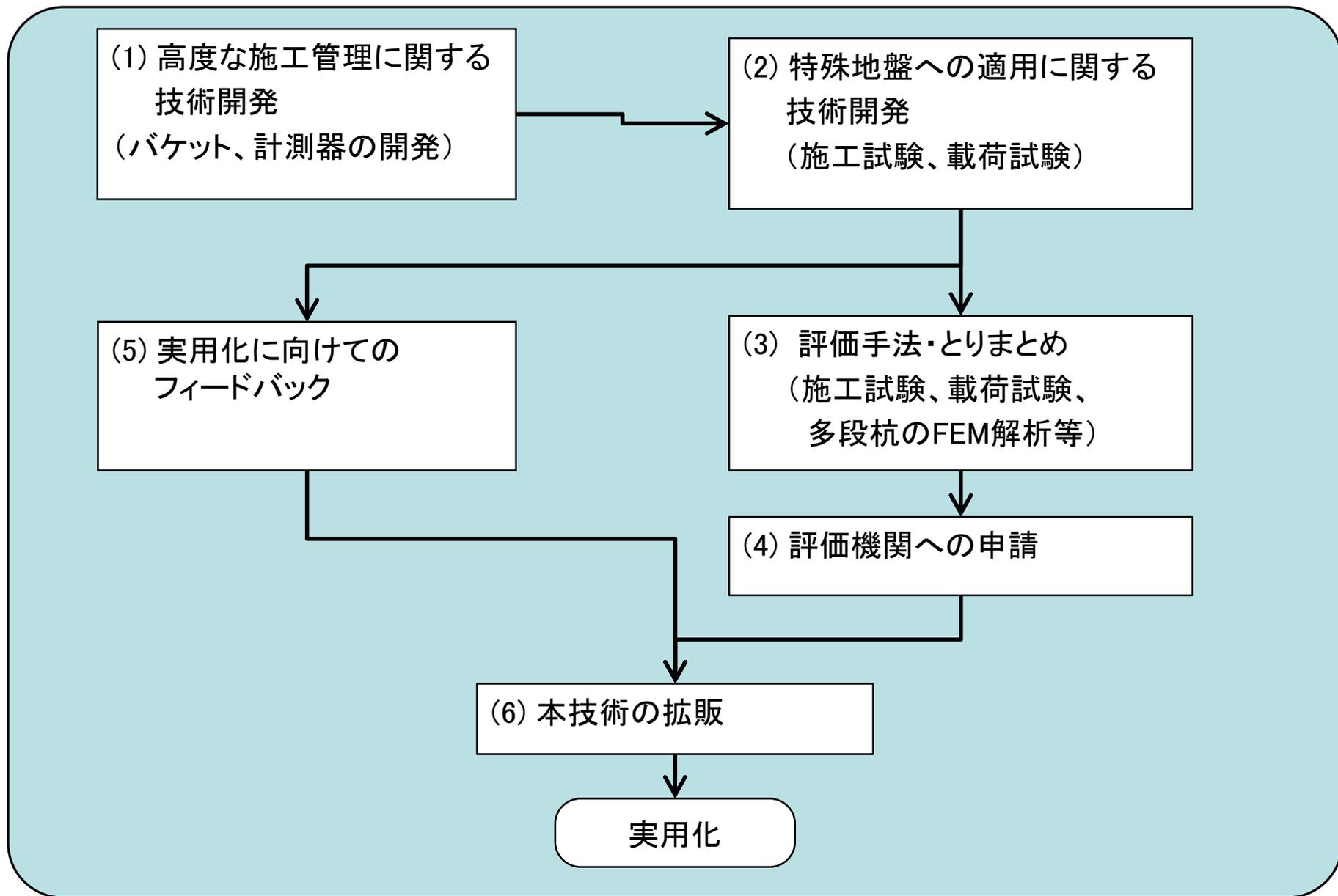
本技術開発では 独自の施工管理システムおよび油圧を用いない単純な**機械機能**を用いることで、**回転トルクの効率を上げることができ、施工性が良く、あらゆる地盤で高品質な杭を施工する工法の実用化を目的とする。**また、**鉛直性が高く、従来より高い拡底率(有効底面積/軸部断面積)及び高角度で、拡底部・中間拡径部を設けることで、支持力及び引抜き抵抗力を増大し、省資源化、発生残土の抑制、低コスト化**とともに建築物の耐震性の向上を可能にする場所打ちコンクリート杭工法の実用化を目的とする。

# 【技術開発の内容】 2. 技術開発の概要



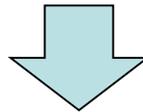
従来の杭と比較して、小さい径・短い杭長・少ない本数で鉛直支持力を得るだけでなく、高い引抜き抵抗力を確保し、引き抜き時の曲げ応力にも対応した。省資源化・産廃残土の抑制・低コスト化・工期短縮とともに建築物の耐震・安全性を向上する。

# 【技術開発の内容】 3. 技術開発・実用化のプロセス



# 【審査基準に関する事項】 1. 技術開発の必要性, 緊急性

- ・地震時(津波を含む), 建築物のペンシル化, 地下水の上昇等に伴う基礎の引抜きへの対応
- ・高拡底率(7.29倍), 急傾斜角(21.1°), 大口径(5.5m)拡底杭を開発済み
  - ・鉛直支持力への対応⇒拡底杭の形状・寸法・コンクリート強度(BCJ評定-FD0307-02)
  - ・水平力への対応⇒杭頭鋼管巻き場所打ち杭(GBRC性能証明10-25, BCJ評定-FD0444-01)



独自の施工管理システムの開発

- ・あらゆる地盤で高品質な杭を施工する工法の実用化
- ・鉛直性が高く、従来より高い拡底率(有効底面積/軸部断面積)及び高角度で、拡底部・中間拡径部(多段拡径杭)を設けること
- ・引抜き力への対応⇒公的機関での技術評定取得
- ・建築物の耐震安全性の向上, 省資源化, 産廃残土の抑制, 低コスト化, 工期短縮, 高品質(高い鉛直性・安定液の管理), 特殊地盤用バケットの開発

# 【審査基準に関する事項】 2. 技術開発の先導性

## 先導性



形状

最大傾斜角  $\theta = 45^\circ$

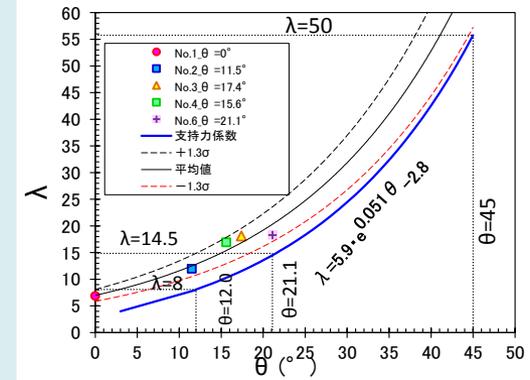
最大拡底径  $D_w = 5.5\text{m}$

最大拡底率 7.3倍

掘削面が少ないことで掘削効率向上  
掘削体積が縮小されることで、省資源化、  
産廃残土の抑制、工期短縮、コスト低減

傾斜角  $\theta = 45^\circ$  引抜き抵抗力の向上  
(傾斜角  $\theta = 21^\circ$  で証明済)

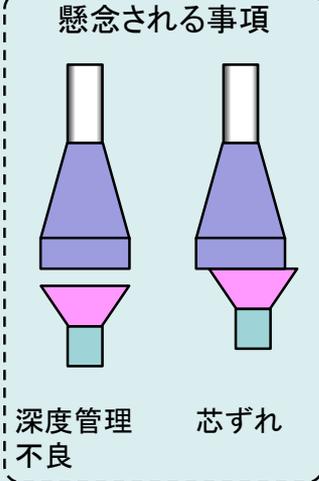
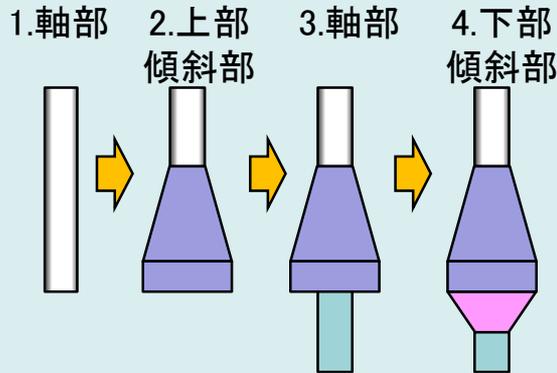
傾斜角  $\theta$  の増加に伴い、支持力係数  $\lambda$  は指数関数的に増加(実証済み)



傾斜角  $\theta = 21.1^\circ \Rightarrow \lambda = 14.5$

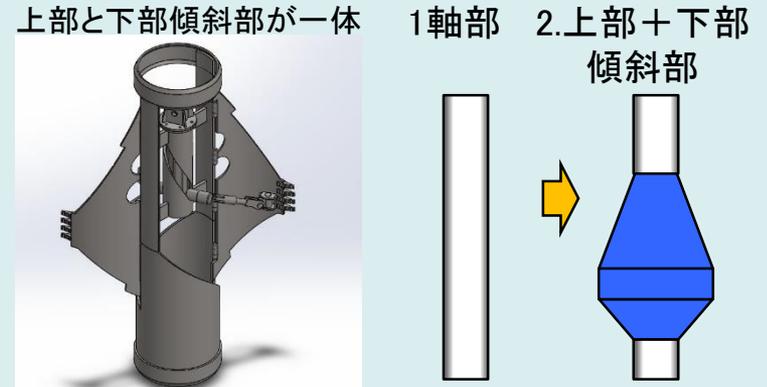
傾斜角  $\theta = 45^\circ \Rightarrow \lambda = 50$  (予想)

## 従来の中間部の掘削手順



- ・上部と下部傾斜部の深度管理に留意
- ・上部と下部傾斜部の芯ずれの管理に留意

## 新規開発の掘削手順(先導性)



上部と下部傾斜部の深度管理は必要ない  
上部と下部傾斜部の芯ずれは発生しない  
品質向上、2工程の掘削作業で完結

# 【審査基準に関する事項】 3. 技術開発の実現可能性

## ★豊富な技術開発実績と高い実用化度

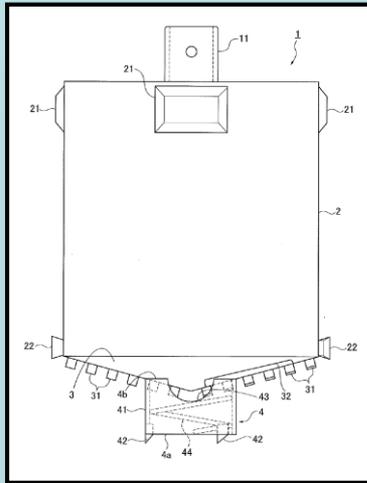
### [ システム計測(株) ]

- ・杭の載荷試験実績(25年間等の実績)
- ・2008年に拡底率5倍, 傾斜角 $17.8^\circ$ , 最大拡底径4.7mの拡底杭
- ・2012年に拡底率7.29倍, 傾斜角 $21.3^\circ$ , 最大拡底径5.5mの拡底杭
- ・2011耐震鋼管場所打ちコンクリート杭
- ・3工法の豊富な施工実績(9年間で2000物件, 去年が500件)
- ・関連技術の性能証明, NETIS登録

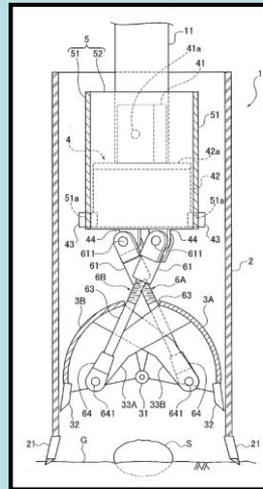
### [ TM技術士事務所 ]

- ・OMR工法(拡底杭)BCJ-F178・BCJ-F358) 評定取得
- ・OMR工法による場所打ちコンクリート拡底杭の引抜き拡底杭 (BCJ評定-F724) 取得
- ・VSL-J1永久アンカー工法(BCJ技術指導・BCJ-F591) 評定取得
- ・他, 多くの基礎に関する技術開発の実績

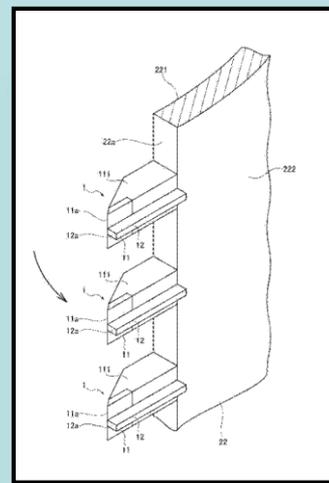
## 今回のテーマに対する技術的な裏付け



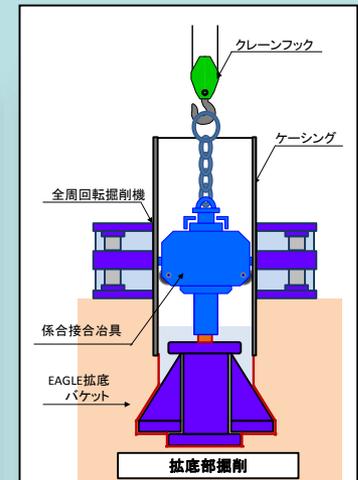
鉛直性向上を加味した  
軸掘削バケットの開発



アースドリル機による  
硬質地盤掘削機



掘削歯の開発



全周回転掘削機による拡底掘削  
※硬質地盤へ対応  
NETS登録 KT-120051-A

## 硬質地盤用の機械式掘削ツール

# 【審査基準に関する事項】

# 4. 実用化・製品化の見通し

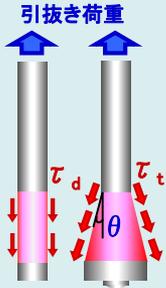
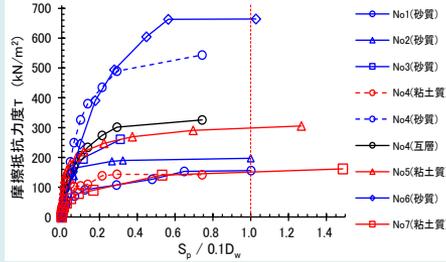
## 実用化に向けたロードマップ

技術開発項目等	平成26年度	平成27年度			平成28年度	平成29年度
	補助事業期間					
(1)、(5) 高度な施工管理に関する技術開発、及びフィードバック	(1)機械の開発 ・鉛直性向上バケット開発 ・多段杭バケット開発 ・硬質地盤掘削バケット開発 ・計測機器の開発	(5)実用化に向けてのフィードバック ・細粒分センサーの開発の継続				(6) 本技術の拡販
(2) 特殊地盤への適用・多段杭底に関する技術開発	(2)特殊地盤での施工試験 ・施工試験(多段杭、載荷試験杭) ・鉛直性の確認、多段杭の施工性 ・対象地盤:砂質土、粘性土、特殊土(土丹、軟岩)	(2)多段杭の再施工試験 ・中間部の形状 ・掘削試験(泥岩) ・施工管理手法 ( <b>評価機関立合い試験</b> )	(2)多段杭の模型実験 ・1/10スケール模型実験13ケース	(2)高傾斜角、多段杭の載荷試験・多段杭の載荷試験( <b>試験実施:評価機関</b> )	(4)評価機関への申請 多段杭の施工及び耐力(押し込み力、引抜き力)の評価について 評価申し込み	・設計ソフトの開発 ・論文 ・シンポジウム ・NETIS登録等 ・ <b>実用化</b> ※評価取得後直ちに実用化可能
(3) 評価手法・取りまとめ	(3)評価 ・取りまとめ ・施工試験のとりまとめ	(3)評価 ・取りまとめ ・施工試験のとりまとめ、載荷試験のとりまとめ、多段杭のFEM解析開発				
(4) 評価機関への申請	(4)評価機関への申請 ・平成25年度住宅・建築関連先端技術開発助成事業(拡底率7.29倍、最大傾斜角21.1°の拡底部を有する場所打ちコンクリート杭の技術開発)に対する評価申し込み ※杭先端拡底部による引き抜き抵抗	平成27年6月8日 評価取得 評価CBL FP016-14号	(4)評価機関への申請 多段杭の施工及び耐力(押し込み力、引抜き力)の評価について 評価申し込み			

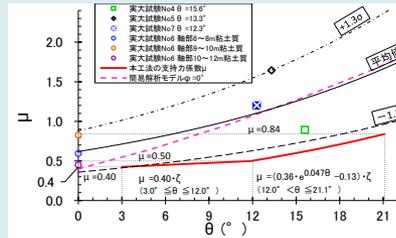
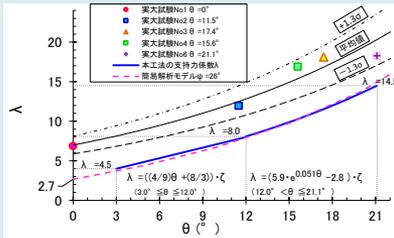
公的機関で技術評価を取得すると、直ちに引抜き耐力杭としての実用化・製品化が可能

# 昨年度までの技術開発の成果

## 平成25年度 主な開発



No	軸部径 D (m)	拡底径 Dw (m)	傾斜角 θ (°)	平均 N 値 (回)	qu (kN/m²)	地盤	傾斜部摩擦抵抗力度 τt (kN/m²)	λ	μ
2	0.7	1.4	11.5	18	—	砂礫	220	12.0	—
3	0.7	1.7	17.4	18	—	砂礫	330	18.1	—
4	1.0	2.3	15.6	31	—	互層	390	—	—
	1.0	2.3	15.6	25	180	シルト	160	—	0.9
5	1.0	2.3	15.6	47	—	細砂	790	16.9	—
6	1.0	2.1	13.3	16	230	シルト	380	—	1.6
7	1.0	2.8	21.1	48	—	細砂	880	18.3	—
7	0.7	1.4	12.3	6.0	150	シルト	180	—	1.2



地盤の引抜き方向の許容支持力 評定取得

$$T_R = F_s \{ \kappa N A_p + (\lambda N s L_s + \mu N c L_c) \phi \} + w_p$$

$$3.0^\circ \leq \theta \leq 12.0^\circ$$

$$\lambda = ((4/9)\theta + (8/3)) \cdot \zeta$$

$$\mu = ((1/120)\theta + 0.4) \cdot \zeta$$

$$12.0^\circ < \theta \leq 21.1^\circ$$

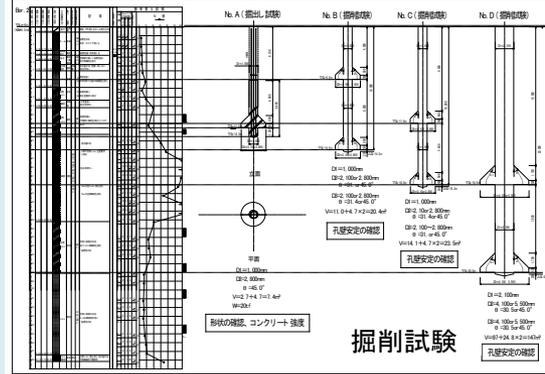
$$\lambda = (5.9 e^{0.051\theta} - 2.8) \cdot \zeta$$

$$\mu = (0.36 e^{0.047\theta} - 0.13) \cdot \zeta$$

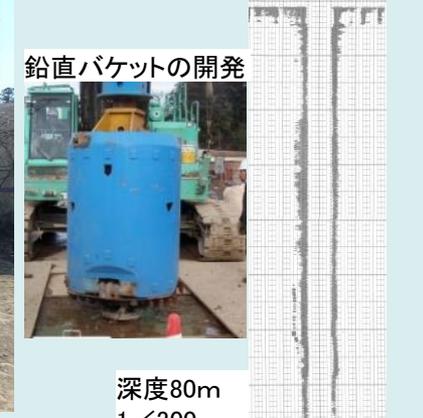


## 平成26年度 主な開発

試験No	試験内容	対象地盤			軸径 D <sub>1</sub> (m)	拡径径 D <sub>2</sub> , D <sub>3</sub> (m)	傾斜角 θ(°)	根入れ長 L(m)	杭実長 l(m)
		GL-m	地盤	N値					
A:節付杭	掘出し試験	10.5~12.5	砂質シルト	15	1.0	2.8	45	12.5	7.4
B:多段杭	掘削試験	5~6	シルト	5	1.0	2.8	45	14	14
		13~14	砂質シルト	30					
C:多段杭	掘削試験	10~11	砂質シルト	15	1.0	2.8	45	18	18
		17~18	細砂	50					
D:多段杭	掘削試験	10~11	砂質シルト	15	2.1	5.5	45	14	14
		17~18	細砂	50					
E:直杭	鉛直・硬質	80	固結シルト	100	1.3	-	0	-	80
8:拡底杭	引抜き試験	11~12	砂質シルト	15	1.0	2.5	40	12.25	11.85
9:拡底杭	引抜き試験	19~20	細砂	40	1.0	2.8	45	20	10.15
10:多段杭	引抜き試験	19~20	細砂	40	1.0	2.0	30	26.25	13.5
		24~25	砂質シルト	13					
11:節付杭	押込み試験	14~15	細砂	1	1.0	2.0	30	19.0	19.5



45° 中間節掘り出し  
Dw=2.8m



鉛直バケットの開発

深度80m  
1/300