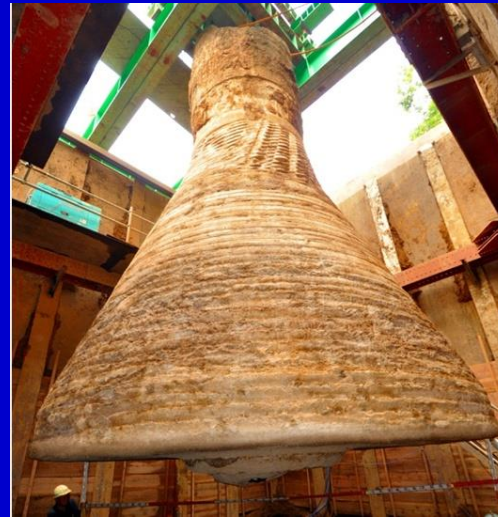


住宅・建築物技術高度化事業

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
(平成25年度～平成27年度)

- システム計測株式会社
中西 義隆、久保 豊
- TM技術士事務所
筒井 通剛



1. 背景・目的

★背景

敷地の制約から塔状比の高い建物が多く建設されて、地震時に大きな引抜き力が発生することが懸念される。

→耐震・安全性向上のため、杭に引抜き抵抗力を発揮させる

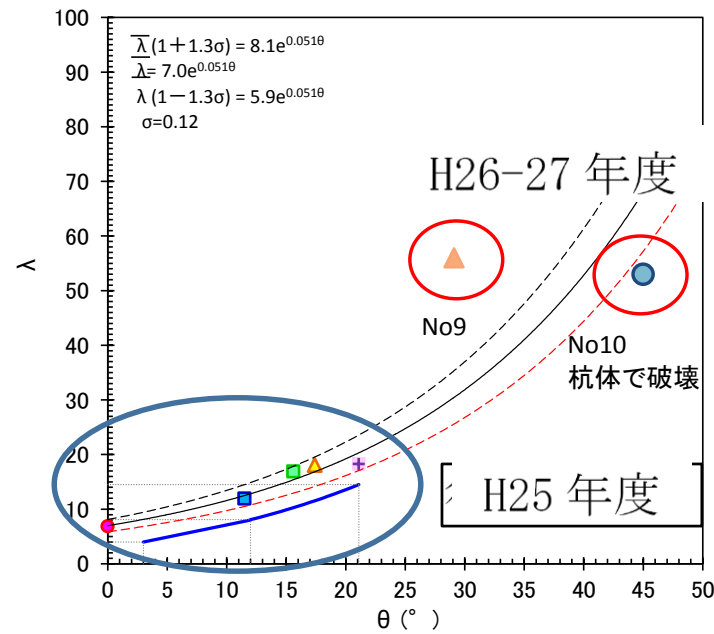
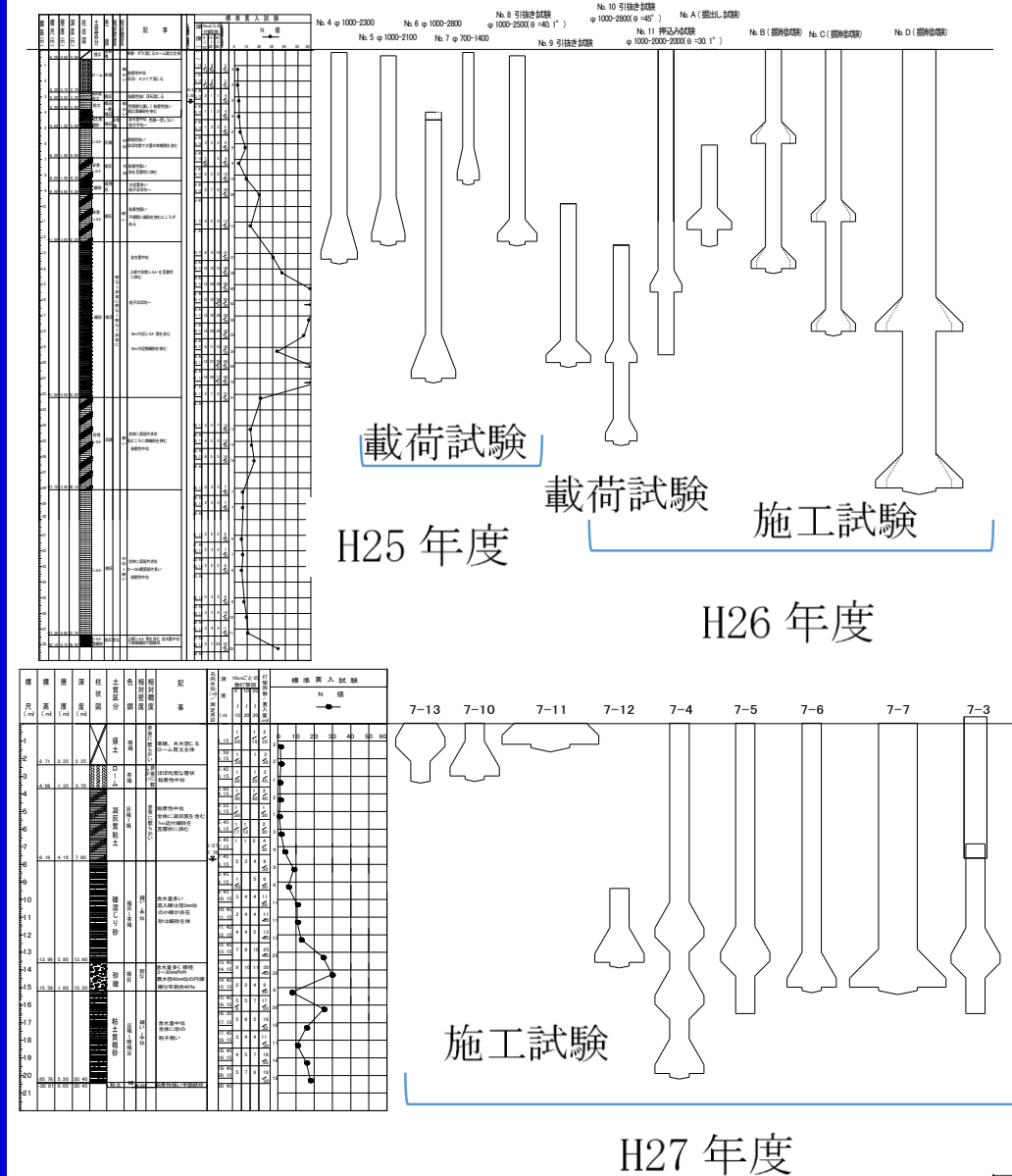
①平成25年度の目的

最大の拡底率7.29倍・傾斜角 21.1° ・拡底径5.5mの拡底部により、鉛直支持力、及び引抜き抵抗力を増大させ、建築物の耐震・安全性を向上させる拡底場所打ちコンクリート杭工法を実用化すること。

①平成26～27年度の目的

回転トルクの効率を上げ、施工性が良く、高品質な杭を施工する工法の実用化であった。実現のためには、拡幅する掘削バケットの傾斜角を従来の 21.1° から 45° にして、拡幅形状をコンパクト化することで掘削抵抗力を減少させること、省資源化、産廃残土の抑制を考えた。さらに、杭中間部に節部を設けて、杭1本あたりの鉛直支持力、引抜き抵抗力の増大を図った。

2. 技術開発の概要



引抜き抵抗力係数λ－傾斜角θの関係



評定 CBL FP016-14 号



図1 開発状況

評定CBL FP016-14号 地盤の引抜き方向の許容支持力 評定取得

$$tR_a = F_s \{ \kappa N A_p + (\lambda N_s L_s + \mu N_c L_c) \psi \} + w_p$$

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

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

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

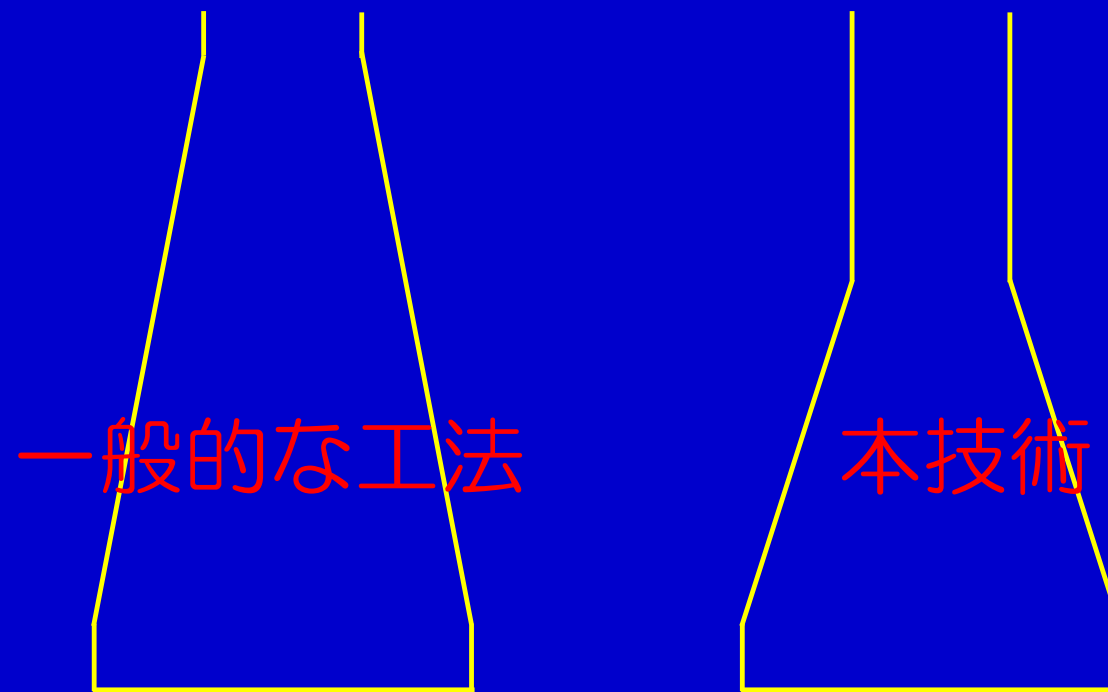
$$12.0^\circ < \theta \leq 21.1^\circ$$

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

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

3. 技術開発成果の先導性

①一般的な工法の傾斜角 12° 、最大径4.8mに対し、本技術は、拡幅部の最大傾斜角を 30° 、最大径を5.5mとし、コンパクトな形状でありながら大きな支持力・引抜き抵抗力が期待できる。

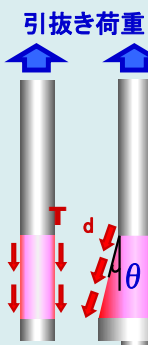
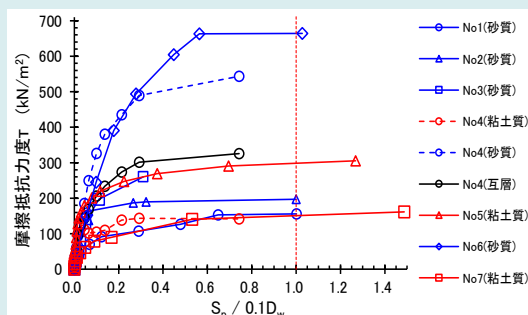


②拡径・拡底杭の施工のフィージビリティ（実現可能性）は、原位置試験により、掘出し試験によって形状・寸法、及び品質が担保していることを確認した。さらに実大載荷試験によって引抜き抵抗力を確認している。

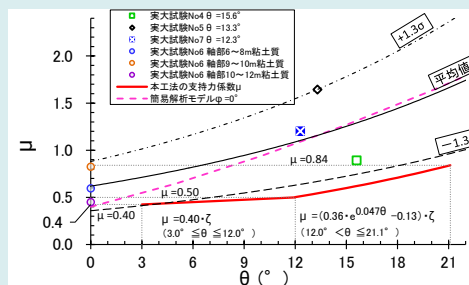
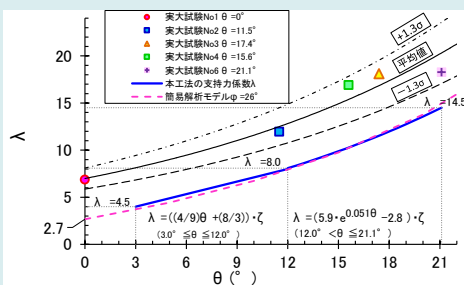
4. 技術開発の効率性

技術開発を実用化させるためには、評価機関の認定を取得すること必要である。認定取得のためには、その技術を担保する理論的証明や実大実験による実証が必要とされる。本技術開発は、力学的特性（理論的証明：解析等）や、基礎実験、実大施工試験、さらに実大载荷試験等を実施して成果を得ている。

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 Tt (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	—
	1.0	2.1	13.3	16	230	シルト	380	—	1.6
6	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 認定取得

$$tR_a = F_s \{ \kappa N A_p + (\lambda N_s L_s + \mu N_c L_c) \phi \} + w_p$$

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

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

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

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

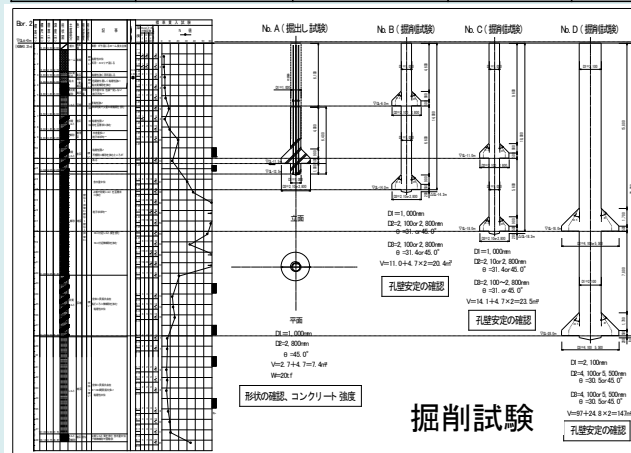
$$\lambda = (5.9 e^{0.051\theta} - 2.8) \cdot \zeta$$

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

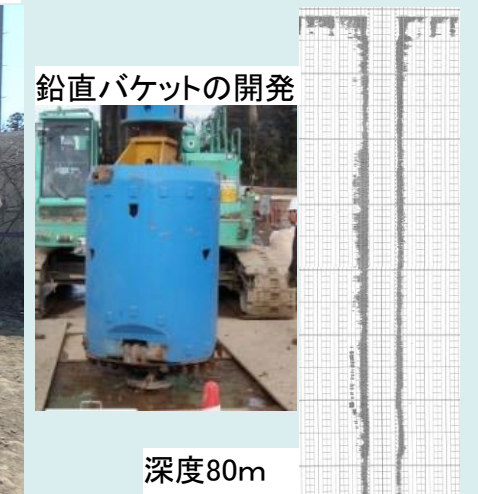


平成26年度 主な開発

試験No	試験内容	対象地盤			軸径 D1 (m)	拡径径 D2, D3 (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	細砂	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	押し込み試験	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



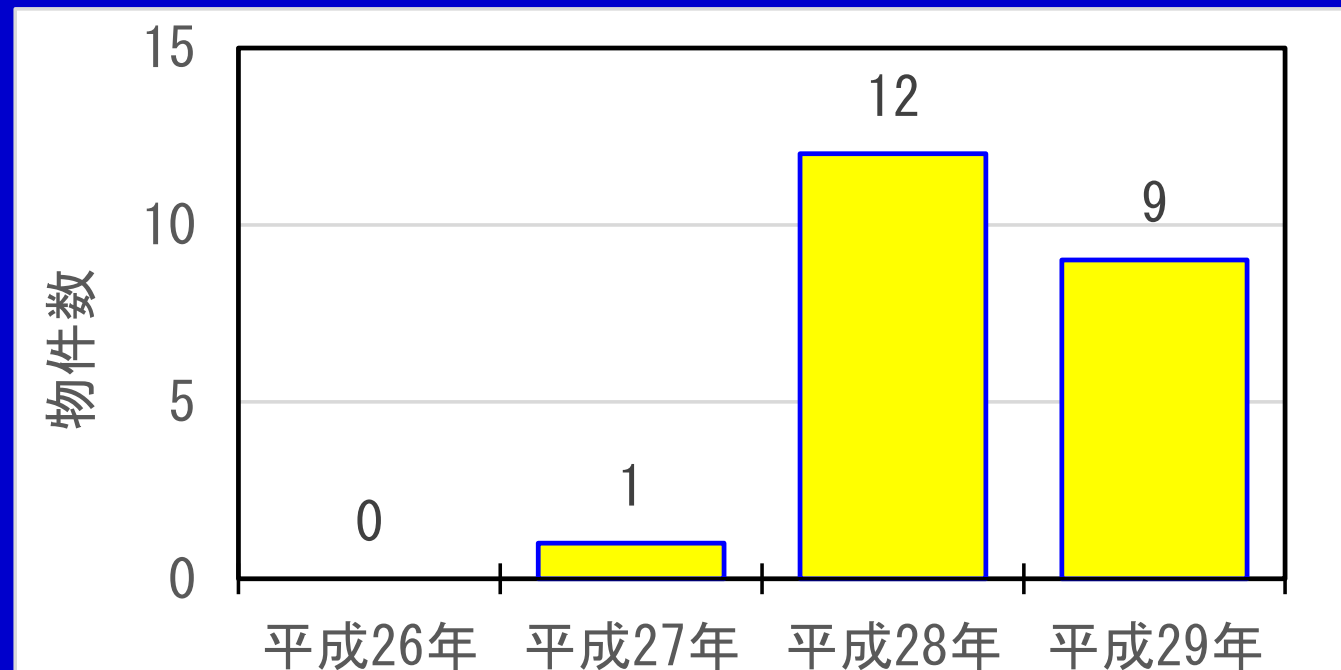
5. 実用化・市場化の状況

- 平成25年度の開発

平成26年10月24日

評定 CBL FPO16-14号

実用化・市場化の状況（出荷状況）：22件



- 平成26～27年度の開発

実用化はされていないが、中間拡径部の最大径を2.8mから5.5mへ拡張し、大手ゼネコン会社と共同で開発を継続している。2017年10月時点では、評価機関の建築技術審査証明、及び評定の受付けを受理された。2018年中には評定取得する予定であり、実用化が可能となる見込み。

6. 技術開発の完成度、目標達成度

①全体の完成度、目標達成度

多段場所打ちコンクリート拡底杭は、市場調査によると大型建築物へ適用されることが考えられた

支持力を増加させるため、中間拡径部の最大径を2.8mから5.5mへ増大が必要

大手ゼネコンと共同で開発をすることになった。

2017年10月に評価機関の建築技術審査証明、及び評定の受付けが受理され、2018年3月に最大径5.5mの現場実験を行い、2018年中には評定取得する予定である。その後、に実用化が可能となる。

7. 技術開発に関する結果（成功点）

- 評価機関の立会い指導によって、高品質な杭を構築可能な施工管理手法を確立することができた。その証明として掘出し試験による形状寸法、および品質（コンクリート強度）が担保された。
- 一般的な拡底杭傾斜角 12° の引抜き抵抗係数 λ は8よりも大きな値、傾斜角 21° $\lambda=14$ 程度で傾斜角 30° で $\lambda=24$ 程度が確認された



掘出し杭(先端拡底 傾斜角 45°)



掘出し杭(中間拡径 上部傾斜角 30°)

掘出し試験状況

8. 残された課題と今後の見通し

- 課題は、社会的ニーズから、中間拡径部の最大径を2.8mから5.5mへ増大しなければならないことが分かったが、大口径の掘削バケットにおいても硬質地盤(N値50程度)で掘削可能かが課題
- 今後は、2018年3月に最大径5.5mで硬質地盤の施工性と土砂取込み性能を確認する現場実験を行う予定。現在、評価機関から審査を受理され、2018年中には評価取得する予定。同年度に実用化が可能となる見込みである。

