テーパー杭を用いた小規模建築物基礎の鉛直載荷試験

VERTICAL LOADING TEST OF SMALL BUILDING FOUNDATIONS USING TAPERED PILE

佐藤 隆 — * 1 塩沢伸明 — * 1
安達俊夫 — * 2

Takashi SATOU — * 1 Nobuaki SHIOZAWA — * 1
Toshio ADACHI — * 2

キーワード：
小規模建築物, 基礎工法, テーパー杭, 実大実験, 長期載荷,
急速載荷

Keywords:
Small building, Foundation practice, Tapered pile, Long term loading,
Rapid loading

Long term loading test of the decreasing effect of settlement about small building foundations using tapered pile were conducted. We used basis reinforced with tapered pile and straight pile. This paper presents the outline of the loading tests and results of the tests and so on. From the studies, analyzes about settlement of foundation and the load distribution ratio of base slab and pile.

1. はじめに

軟弱地盤に於ける小規模建築物の基礎工法として小口径鋼管杭を用いたいわゆる杭工法やセメント系固着材を用いた地盤補強工法がある。筆者等は小規模建築物を対象とした基礎工法として、支持力特性に優位性のあるテーパー杭を用いた摩擦杭工法を研究^{1) 2)}してきた。

テーパー杭の支持力性能に関しては富永等の室内実験を基にした研究により、ストレート杭に比べ優位性があることが言われている。

また富永等によりローム地盤における単杭の載荷試験³⁾により、支持力特性等に関する研究もされている。また筆者等の研究²⁾では軟弱地盤を含む6現場での単杭の載荷試験により、テーパー杭がストレート杭に比べ支持力に関する優位性があることも確認している。

しかしながら、これらの研究並びに載荷試験は、単杭としてのテーパー杭の支持力機構に関するものであり、テーパー杭を小規模建築物等の基礎工法として実用化するためにはテーパー杭と基礎スラブとの荷重分担による沈下抑制効果に関する検証をすることが必要であると考えた。

そこで、テーパー杭とストレート杭により補強された基礎試験体およびベタ基礎試験体に対し、長期にわたる鉛直載荷実験を行い、それらの沈下抑制効果について確認実験を行なう事とした。載荷荷重としては、一般的な木造2階建ての接地圧(約15 kN/m²)、RC造3階建ての接地圧(約60 kN/m²)を想定した。

本論文は、その鉛直載荷試験結果から得られたデータから、テーパー杭およびストレート杭により補強された基礎スラブのパイルドラフト効果について、沈下計測および杭と基礎スラブの荷重分担等に関する検討結果を報告するものである。

2. 地盤概要

図1にGL-47mまでの当該試験場の地層構成を、図2にGL-12m

までの柱状図及び試験体概要を示す。

標準貫入試験				
深度	土質	N値	10	20
1.9	盛土	0		
2.7	シルト	1		
4.75	砂混じりシルト	0		
5.55	シルト質細砂	4		
7.15	シルト混じり細砂	5		
		3		
	砂混じりシルト	1		
		0		
		0		
		0		

図1 地層構成 図2 GL-12mまでの柱状図及び試験体概要

試験場は埼玉県平野部の沖積低地に位置し、第四紀更新世堆積物である洪積層の上位に第四紀完新世堆積物である沖積層が分布する。

GL-1.9mまでがN値0~4のガラ混じり盛土、GL-1.9m~4.75mまでがN値0~1のシルトおよび砂混じりシルト、GL-4.75m~7.15mまでがN値4~5のシルト質細砂、シルト混じり細砂、GL-7.15m以深はGL-47m以深のN値20以上の砂層までN値0~1の砂混じりシルトあるいはN値4程度のシルト層が連続している軟弱地盤である。表1に土質試験の結果を示す。なお、圧密試験に関しては、

*1 住友林業(株)筑波研究所 主任研究員
(〒300-2646 つくば市緑ヶ原3-2)

*2 日本大学理工学部 教授・工博

*1 Engineer, Sumitomo Forestry Co., Ltd.

*2 Prof., College of Science & Technology, Nihon Univ., Dr. Eng.

GL-5.55m～7.15mのシルト混じり砂質土層を除く各層で行った。

表 1 土質試験結果

土質試験結果					
資料番号		①	②	③	④
深さ (m)		4.00～4.70	6.00～6.60	9.00～9.80	11.00～11.80
土質		シルト	細砂	シルト	シルト
三軸圧縮試験	試験条件	UU	CD	UU	UU
	Cu,Cd(kN/m ²)	39.9	8.6	38.8	46.2
	φu, φd(°)	8.52	39.1	0	0
	(rad)	0.1487	0.682	0	0
	tan φ	0.15	0.812	0	0
圧密試験	初期含水比 w ₀ %	40.7		53.2	57.4
	間隙比 e ₀	1.182		1.444	1.569
	湿潤密度 ρ _w g/cm ³	1.741		1.674	1.632
	飽和度 S _w %	92.9		98.3	97.4
	圧縮指数 C _c	0.35		0.51	0.6
	圧密降伏応力 P _c kN/m ²	241		154	141

試験場の表層部 GL-1.9mまでの盛土層はガラなどの障害物が混入していることから、ガラなどの撤去後に基礎試験体の床付けレベル(=GL-0.7m)までを砂を混入しながら埋め戻し転圧を行った。埋め戻し後に試験体の設置位置周辺の地盤について、基礎試験体底版レベル(GL-0.7m)からGL-1.9mまでの部分に対し、スウェーデン式サウンディング試験(以後SWSとする)を行なった。表2に埋め戻し部SWS試験結果とヤング率を、表3にm_v値一覧を示す。SWS試験結果は6箇所の調査データの平均値(W_{sw}、N_{sw})とする。埋め戻し部の地盤のヤング率及びm_v値を下式⁴⁾を用いて算出した。

$$E = 85N_{sw} + 5000W_{sw} \dots \dots \dots (1)$$

$$m_v = \frac{1}{E} \times \frac{2}{3} \dots \dots \dots (2)$$

E: 地盤のヤング率 (kN/m²)
m_v: 体積圧縮係数 (m²/kN)
W_{sw}: 荷重 (kN)
N_{sw}: 1mあたりの半回転数

表 2 埋め戻し部 SWS 試験結果とヤング率

深度 (m)	SWSデータ平均		ヤング率	
	W _{sw} (kN)	N _{sw}	E (kN/m ²)	平均
0.25	1.00	0	5000	5135
0.50	1.00	26.67	7267	
0.75	0.88	9.33	5193	
1.00	0.83	1.33	4263	
1.25	0.79	0	3950	

表 3 m_v値一覧

深度 (m)	土質	m _v
0.7～1.9	盛土 (埋め戻し部)	1.298E-04
1.9～4.75	シルト層	3.000E-04
4.75～7.15	シルト質細砂層	1.190E-04
7.15m以深	シルト層	3.200E-04

3. 実験概要

3.1 基礎試験体

実験に用いた試験体は3種類とし、テーパ杭を用いた基礎試験体をNo.1、ストレート杭を用いた基礎試験体をNo.2、ベタ基礎試験体をNo.3とした。以下に概要を示す。

試験体No.1: テーパー杭を用い、杭間隔を1820mmで4本設置

試験体No.2: ストレート杭を用い、杭間隔を1820mmで4本設置

試験体No.3: ベタ基礎

基礎および杭の諸元を以下に示す。図2に示すように杭先端はGL-7m付近のN値3～5のシルト質細砂層に位置する。

基礎スラブ: 幅2.2m×2.2m、厚さ0.7m、RC造

ストレート杭: 一般構造用炭素鋼管 (JIS G 3444、STK400) t=4.5mm

テーパ杭: 一般構造用炭素鋼管を加工、勾配1/150 t=4.5mm

表4に試験体の仕様および杭体のひずみゲージ位置を示す。杭頭A部については埋め戻し転圧部分に位置し、軸力分担などの検討に有効な杭体部分をB部とした。試験に用いる杭の先端部はストレート杭、テーパ杭両者とも閉塞とした。

3.2 試験体配置および計測位置

計測項目は試験体の沈下量および杭の軸ひずみ値である。載荷開始以後の試験体の沈下量および杭の軸ひずみ値に関しては自動計測としたが、コンクリート打設から硬化までの期間についての基礎試験体の沈下量の測定は、敷地内にGL-47m以深を先端の位置とした2

表 4 試験体仕様および杭体ひずみ測定位置

試験体 No.	B×L×H (m)	A部			B部				勾配
		外径 (mm)	長さ (mm)	肉厚 (mm)	頭部外径 (mm)	先端部外径 (mm)	長さ (mm)	肉厚 (mm)	
No1	2.2×2.2×0.7	139.8	1200	4.5	139.8	73.13	5000	4.5	1/150
No2	2.2×2.2×0.7	139.8	1200	4.5	139.8	139.8	5000	4.5	—
No3	2.2×2.2×0.7	杭なし

図 3 試験体配置および計測位置図 (mm)

重管の不動杭を設置し、光学計測計による目視計測で行った。図 3 に各試験体の計測内容および計測位置を示す。

図 4 に基礎試験体の地層構成と断面概要図ならびに杭の軸ひずみ計測位置を示す。ひずみ測定位置は地層構成に従う事とし、第 2 ゲージ-第 3 ゲージの間を区間 1、第 3 ゲージ-第 4 ゲージの間を区間 2 とした。

図 4 試験体断面概要図

3.3 荷重方法

荷重荷重は、RC 造 3 階建て程度の建物荷重を最大とした計画とした。なお、放置期間は後述する m_v 法による沈下計算の結果を基に決定する。各荷重段階を以下のようにし、各 STEP の荷重度及び放置期間を図 5 に示す。

- STEP1：基礎躯体作成～第一次荷重開始前（荷重度 16.1kN/㎡）
 - STEP2：第一次荷重期間（荷重度 50kN/㎡）
 - STEP3：第二次荷重期間（荷重度 75kN/㎡）
 - STEP4：急速荷重試験
- STEP2 以降は 1 枚約 5kN の鋼板を用いて荷重を行うこととし、荷重方法については以下の要領とした。
- STEP2：6 段階荷重、荷重保持時間 30 分とした。
- STEP3:STEP2 の荷重状態に対し 3 段階で荷重鋼板を増加し、荷重保持時間は 30 分とした。
- STEP4:各試験体の荷重用鋼板を撤去した状態に対し 5 段階の荷重とし、荷重保持時間を 30 分とした。

図 5 各 STEP の荷重計画

3.4 m_v 法による沈下量の予測

放置期間の設定に当たり、 m_v 法により沈下量の算定を行なった。

算定の対象は試験体 No. 3 のベタ基礎とした。沈下量の算出に当たり、埋め戻し部分については (1) 式を、GL-1.9m 以深地層に関しては圧密試験結果から求めた m_v を利用した。埋め戻し部分のヤング率は表 2 の平均ヤング率 $E=5135\text{kN/㎡}$ を用いた。沈下量の算定は (3) 式を用い、STEP3 における試験体 No3 の圧密沈下分布を表 5 に、及び各 STEP の算定結果を表 6 に示す。

$$S = \sum m_v \cdot \Delta \sigma_{iz} \cdot \Delta H_i \cdot \dots \cdot (3)$$

S : 圧密沈下量 (m) $\Delta \sigma$: 地中増加応力 (kN/㎡)
 ΔH : 圧密対象層厚 (m)

各地層の沈下量の算定位置は各層の中間深度とし、各層の中間深度における地中増加応力を基に算出した。なお、圧密の影響範囲はシルト層の連続する GL±0m～GL-28m までとした。

表 5 試験体 No3 の圧密沈下量分布

D(m)	算定位置(m)	ΔH (m)	σ'_{2zi}	m_v	沈下量S(mm)
0.7	-	-	-	-	-
1.9	1.3	1.2	68.533	1.2983E-04	10.68
4.75	3.325	2.85	19.440	3.0000E-04	16.62
7.15	5.95	2.4	5.862	1.1905E-04	1.67
28	17.575	20.85	0.506	3.2000E-04	3.38
総沈下量					32.35

表 6 荷重 STEP の沈下量一覧

荷重STEP	荷重荷重 (kN/㎡)	沈下量S (mm)
STEP1	16.1	6.94
STEP2	50.0	21.57
STEP3	75.0	32.35

4. 実験結果

荷重試験の状況を写真 1 に示す。

沈下測定は基礎スラブ躯体作成時から開始し目視計測および自動計測とした。以下、各 STEP の荷重試験の結果を述べる。

写真 1 STEP2 の沈下量測定状況

4.1 長期荷重試験 (STEP1～STEP3)

4.1.1 沈下量一経過日数

- (1) STEP 1
- STEP1 は基礎スラブのコンクリート打設後の硬化のための養生期間である。沈下量測定は、試験体 No. 1 及び No. 2 については杭頭部にレベル測定用の治具を、試験体 No. 3 は基礎スラブ下にレベル測定用治具をそれぞれ設置し、目視測定とした。図 6 に沈下量と経過日数の関係を示す。
- 図 6 から STEP1 の最終沈下量は、試験体 No. 1 が 0.75mm、試験体 No. 2 は 2.5mm、試験体 No. 3 は 5.75mm となった。

図 6 沈下量-経過日

試験体 No. 3 はコンクリート打設日に約 2.5mm の沈下量を示し、その直後より沈下量が漸増する傾向を示したが、試験体 No. 1 ならびに試験体 No. 2 は約 7 日後までは沈下量が小さな値を示し、以後沈下量の漸増が見られることがわかる。

STEP1 の載荷荷重は約 16kN/m² であり、一般的な木造 2 階建ての基礎下接地圧に相当するが、短期間の沈下量の比較ではあるが、基礎試験体 No. 1 は試験体 No. 2 に比べ約 1/3 の沈下量であり、テーパー杭を用いた基礎の沈下抑止に関する優位性を示すことが確認できた。

(2) STEP2

図 7, 図 8, 図 9 は各試験体の沈下量と経過日数の関係を示したものである。いずれのグラフも沈下量の測定結果を実線で、双曲線による近似曲線を破線で示したものである。なお各図は STEP1 の最終沈下量をそれぞれ載荷日の初期値として加算したものとした。

図 7 No. 1 沈下量と経過日数の関係

図 8 No. 2 沈下量と経過日数の関係

図 9 No. 3 沈下量と経過日数の関係

各試験体の実測沈下量および双曲線法による最終の予測沈下量は以下の結果の通りとなった。

試験体 No. 1 : 実測値 $S=1.87\text{mm}$ (最終沈下量の近似値 1.87mm)

試験体 No. 2 : 実測値 $S=3.81\text{mm}$ (最終沈下量の近似値 3.76mm)

試験体 No. 3 : 実測値 $S=23.3\text{mm}$ (最終沈下量の近似値 $S=22.81\text{mm}$)

いずれの試験体も載荷後約 60 日で最終沈下の近似値と同等な沈

下量の測定結果になった。また試験体 No. 3 については、表 5 に示す m_v 法による沈下予測の計算値 $S=21.57\text{mm}$ とおおむね良い対応を示す結果となった。また、試験体の沈下量比較では試験体 No. 1 < 試験体 No. 2 < 試験体 No. 3 の順で大きな沈下量を示す結果となった。

沈下量の推移に関しては、試験体 No. 1 は載荷直後に最終沈下量の 77% の沈下量を、約 20 日後に 90% の沈下量を示した。試験体 No. 2 は載荷直後に最終沈下量の 83% 程度の沈下量を、約 14 日後に 90% の沈下量を示した。試験体 No. 3 は載荷直後に約 50%、約 14 日後に最終沈下量の 80% の沈下量となり、以後沈下量は漸増した。

(3) STEP1~STEP3

STEP1 から STEP3 の沈下量と経過日数の関係を図 10 に示す。各試験体の最終沈下量は以下になった。

試験体 No. 1 : $S=3.89\text{mm}$

試験体 No. 2 : $S=5.83\text{mm}$

試験体 No. 3 : $S=40.2\text{mm}$

試験体 No. 3 については表 6 の m_v 法による沈下予測の $S=32.35\text{mm}$ を超える結果となった。各試験体の沈下量の比較では試験体 No. 1 < 試験体 No. 2 < 試験体 No. 3 の順で大きな沈下量を示す結果となった。

沈下量の推移に関しては、試験体 No. 1 は載荷直後に最終沈下量の 69% の沈下量を、約 14 日後に 80% の沈下量を、約 60 日後に 90% の沈下量となった。試験体 No. 2 は載荷直後に最終沈下量の 79% 程度の沈下量を、約 30 日後に 90% の沈下量となった。試験体 No. 3 は載荷直後に約 72%、約 17 日後に最終沈下量の 90% の沈下量となり、以後沈下量が漸増する結果となった。

以上のように、杭により補強された試験体 No. 1、No. 2 の沈下量はベタ基礎試験体 No. 3 に比べ小さな値となった。

図 10 STEP1-2-3 沈下測定結果

4.1.2 杭の軸力分布

STEP2 と STEP3 の載荷直後における杭の軸力分布を図 11、図 12 に示す。図 11、図 12 の $GL\pm 0\text{m}$ は $GL-0.7\text{m}$ の杭頭部レベル (= 基礎底盤レベル) を $GL\pm 0\text{m}$ とした深度の表記としている。測定杭のひずみ測定値から軸力を算出したものがある。両 STEP とともに杭頭部の軸力はテーパー杭が大きい値を示したが、杭先端部の軸力はストレート杭が大きな値を示している。また、両 STEP とともに、杭先端部への荷重の到達率はテーパー杭で約 4%、ストレート杭で約 15% となった。

図 11 STEP2 の軸力分布

図 12 STEP3 の軸力分布

4.1.3 摩擦応力と経過日数の関係

各区間の杭周面に生じた摩擦応力 τ と経過日数の関係を図13、図14に示す。杭頭部は埋め戻し部分であるため、ここではGL-1.2m以深のひずみ計測を行った区間1および区間2について、摩擦応力 τ の経過日数との関係を示す。

図13、図14から、STEP2からSTEP3への移行日に、試験体No.1のテーパ杭ならびに試験体No.2のストレート杭の杭周面の摩擦応力 τ が上昇していることがわかる。区間1ならびに区間2の両者とも両STEPの放置期間については摩擦応力 τ にばらつきが見られる結果となったが、区間2については摩擦応力 τ が経過日数の推移により増加傾向を示す傾向があることがわかる。

なお、杭周面に生じる摩擦応力 τ の比較としては、区間1および区間2のいずれの区間も、試験体No.1のテーパ杭が試験体No.2のストレート杭に比べ大きな数値を示す結果となった。

図13 区間1の摩擦応力 τ と経過日数の関係

図14 区間2の摩擦応力 τ と経過日数の関係

4.1.4 荷重分担率と経過日数の関係

STEP2～STEP3の荷重分担率と経過日数との関係を図15に示す。

図は試験体No.1ならびに試験体No.2について、各試験体の杭頭部のひずみ量から算出した軸力の合計を杭の負担する荷重分とし、基礎スラブ自重分を除いた荷重（＝載荷鋼板重量）で除したものである。

図から、ばらつきがあるもののSTEP2～STEP3を通じて、試験体No.1の荷重分担率が試験体No.2に比べ大きな数値を示すことがわかる。

また、荷重分担率の推移については摩擦応力 τ の推移とおおむね

良い対応を示していることが見られた。

試験体No.1ではSTEP2の載荷後に荷重分担率が100%を超える値を示した。これは基礎スラブの自重分の荷重が杭へ移行していることを示していると思われる。この現象の原因としては、試験体の荷重を基礎スラブ下の地盤支持力と杭の支持力とで分担支持するときに、載荷直後の段階では基礎スラブ下の地盤が主に荷重分担し、その後、その荷重による地盤の圧密により杭へ試験体荷重が移行する事により、杭のひずみ測定開始時に初期化した基礎スラブ自重分を含めての載荷荷重が杭へ移行したことに起因するものと推量する。

図15 STEP2～STEP3 荷重分担率と経過日数の関係

4.2 急速載荷試験 (STEP4)

STEP4では急速載荷試験を行った。最終の載荷荷重は、試験体No.1、No.2が試験体自重を含む全荷重を135 kN/m²、No.3が118 kN/m²とした。なお、載荷荷重は長期載荷試験に用いた鋼板を用いたが、試験開始前に全鋼板を撤去した後に変位測定を初期化し、急速載荷試験を実施した。

4.2.1 荷重沈下関係

STEP4の荷重沈下関係を図16に示す。図は試験体自重を除き、載荷した鋼板荷重と沈下量の関係を示したものである。

荷重沈下の関係は長期載荷試験の結果と同様な傾向を示す結果となったが、図16に示すように沈下量が3mm程度の荷重初期段階での荷重と沈下の関係は試験体No.1と試験体No.2は同等な値となり、試験体No.3が最も低い値を示す結果となった。

図16 荷重沈下関係

4.2.2 杭の軸力分布

図17に杭の各載荷段階でのテーパ杭とストレート杭の軸力分布を示す。各載荷段階ともに杭頭軸力についてはテーパ杭がスト

レート杭より大きな値を示す結果である。また、最終段階での杭先端部への荷重伝達率はテーパー杭で約 6%、ストレート杭で約 15% となった。

図 17 杭の軸力分布

4.2.3 杭の荷重分担率

図 18 に STEP4 における試験体 No. 1 および試験体 No. 2 の各載荷段階の沈下量と杭の荷重分担率の関係を示す。図から、初期の載荷段階では両者ともに約 83% 程度の荷重分担率であるが、試験体 No. 1 の荷重分担率は載荷荷重の増加ならびに沈下量の増加に伴い杭の荷重分担率は約 90% まで上昇し、沈下量が 1.75mm 程度以降から荷重分担率は約 86% 程度の一定値を示した。一方、試験体 No. 2 は沈下量が 1mm 程度までが約 87% の荷重分担率を示し、以降は約 84% 程度の一定値を示した。

図 18 沈下量と杭の荷重分担率の関係

5. 実験のまとめと考察

今回の実大実験はテーパー杭を用いた基礎工法としてのパイルドラフト効果について、沈下抑制効果および基礎スラブと杭の荷重分担についての研究を目的として行なったものである。試験結果から以下のように考察できる。

a) 荷重沈下関係

- ① 載荷直後の沈下についてはテーパー杭を用いた試験体 No. 1 が最も小さな数値を示している。

このことは主にテーパー効果による支持力の優位性によるものと推察できる。また STEP1 の沈下と経過日数の関係からは、試験体 No. 1 ならびに No. 2 については、基礎スラブの硬化に従い基礎自重が杭へ伝達し、その荷重による杭の沈下が生じたと思われる。

- ② 長期載荷試験の結果からテーパー杭を用いた試験体 No. 1 は

ストレート杭による試験体 No. 2 に比べ最終沈下量は約 2/3 になり、沈下抑制効果に優位性が見られた。また、各試験体の沈下量の比較では試験体 No. 1 < 試験体 No. 2 < 試験体 No. 3 の順で大きな沈下量を示す結果となった。

- ③ 急速載荷試験の結果からテーパー杭を用いた試験体 No. 1 とストレート杭による試験体 No. 2 とは同等な値となり、試験体 No. 3 が最も低い値を示す結果となった。

長期載荷試験の結果は、単に筆者らの研究¹⁾²⁾により確認したテーパー杭の支持力に関する優位性だけではなく、基礎底面の反力およびテーパー杭に生じる反力により沈下抑制効果が向上したと思われる。

b) 杭の軸力分布及び摩擦応力

- ① 図 11、図 12 に示すように STEP2、STEP3 の載荷直後の軸力分布ならびに図 17 に示すように STEP4 での各載荷段階での軸力分布は、いずれもテーパー杭がストレート杭に比べ、杭頭部では大きな軸力を、杭先端部では小さな軸力となった。

- ② 図 13、図 14 に示すように杭の摩擦応力 τ についてもテーパー杭がストレート杭に比べ大きな値となった。

上記①②については、筆者らにより粘性土地盤においてはテーパー杭がストレート杭の約 1.3~2 倍程度の摩擦応力を示すこと^{1) 2)}がわかっているが、今回でも同様な傾向を示す結果となった。

c) 杭の荷重分担率

- ① 図 15 に示すように、長期の載荷試験では、テーパー杭がストレート杭に比べ大きな割合を示す結果となった。また、ばらつきはあるものの、試験体の沈下の推移に伴い荷重分担率も荷重分担率の変化がみられた。

杭の荷重分担率に関しては、試験体の沈下量が増加するに従い杭の荷重分担率が増加する傾向があると思われる。また、載荷直後は試験体の沈下が急激なことにより、基礎スラブ下の地盤の支持力の荷重分担が大きく、その後杭の周面摩擦による支持力の発現により杭の荷重分担が増加し沈下量が減少する傾向があると思われる。

小規模建築物の沈下抑制効果のある基礎工法として、テーパー杭を用いた工法の沈下抑制効果に関する優位性および経過日数に伴う現象を確認することができた。今後に向けての課題は、テーパー杭を用いた基礎のパイルドラフト効果に関するシミュレーション等が必要と考える。

参考文献

- 1) 山本、佐藤、塩沢：「小規模建築物の地盤補強に用いる杭工法に関する検証(その4)」日本建築学会大会学術講演梗概集(中国)、pp453-454、2008
- 2) 佐藤、塩沢、安達：「小規模建築物の地盤補強に用いる杭工法に関する検証(その5)」日本建築学会大会学術講演梗概集(東北)、pp619-620、2009
- 3) 富永、陳、田村、若井：「圧入工法で施工された鋼管テーパー杭の各種現場実験」、日本建築学会技術報告集 第13巻 第26号、pp487-490
- 4) 田村昌仁「戸建住宅の基礎地盤を考える」(財)佐賀県土木建築技術協会平成15年度技術研修会テキスト P25

[2009年10月21日原稿受理 2009年12月4日採用決定]