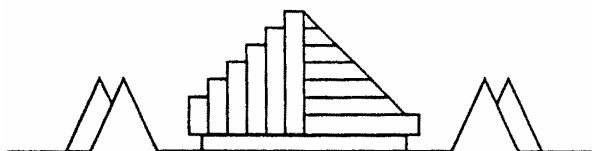
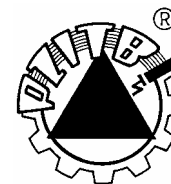




WISŁA - USTROŃ



WPPK '2005



KRAKÓW

XX OGÓLNOPOLSKA KONFERENCJA WARSZTAT PRACY PROJEKTANTA KONSTRUKCJI  
Wisła - Ustroń, 01 ÷ 04 marca 2005 r.

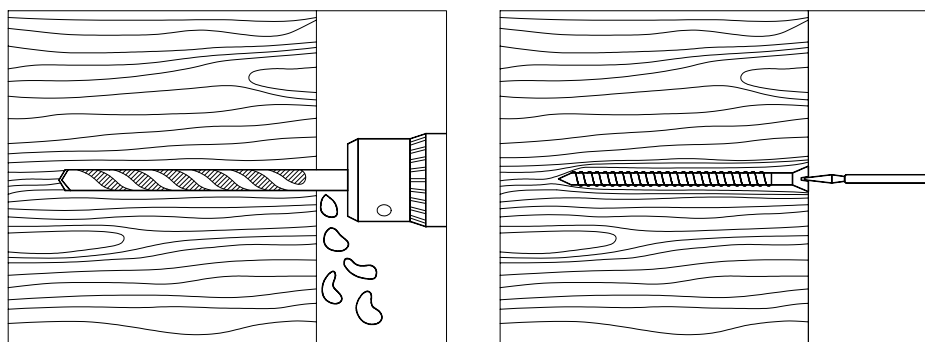
Przemysław Kościk<sup>1</sup>  
Jerzy Sukow<sup>2</sup>  
Kazimierz Gwizdała<sup>3</sup>

## PALE WKRĘCANE ATLAS

### 1. Wstęp

Pod koniec XX wieku na terenie Europy Zachodniej zaczęto rozwijać nowe technologie wykonywania pali formowanych w gruncie przy użyciu specjalnych świdrów ślimakowych. Pali te, znane pod nazwą CFA (Continuous Flight Auger Piles), cieszą się w naszym kraju dużą popularnością. Niewątpliwym wpływem mają na to przede wszystkim niskie koszty oraz wydajność procesu technologicznego. Pomimo wielu zalet, technologia ta, jak wynika z licznych krajowych doświadczeń, potrafi sprawić niedoświadczonemu wykonawcy również spore kłopoty. Przy braku przestrzegania rygorystycznego reżimu technologicznego, szczególnie w gruntach niespoistych, pali CFA wykazują nadmierne, często niedopuszczalne osiadania [3].

Rozwinięciem technologii pali wierconych CFA, pozbawionym tych wad, jest wykonywanie pali wkręcanych z wciskaniem ze specjalną końcówką śrubową. Ideowy schemat różnic pomiędzy obydwoma rodzajami pali można zobrazować przykładem przedstawiającym schemat wykonywania otworu w drewnie przy pomocy wiertła oraz wkręta (rys. 1).



Rys. 1. Schemat wiercenia i wkręcania w drewnie.

<sup>1</sup> dr inż., Franki Fundamenty Sp. z o. o., Poznań

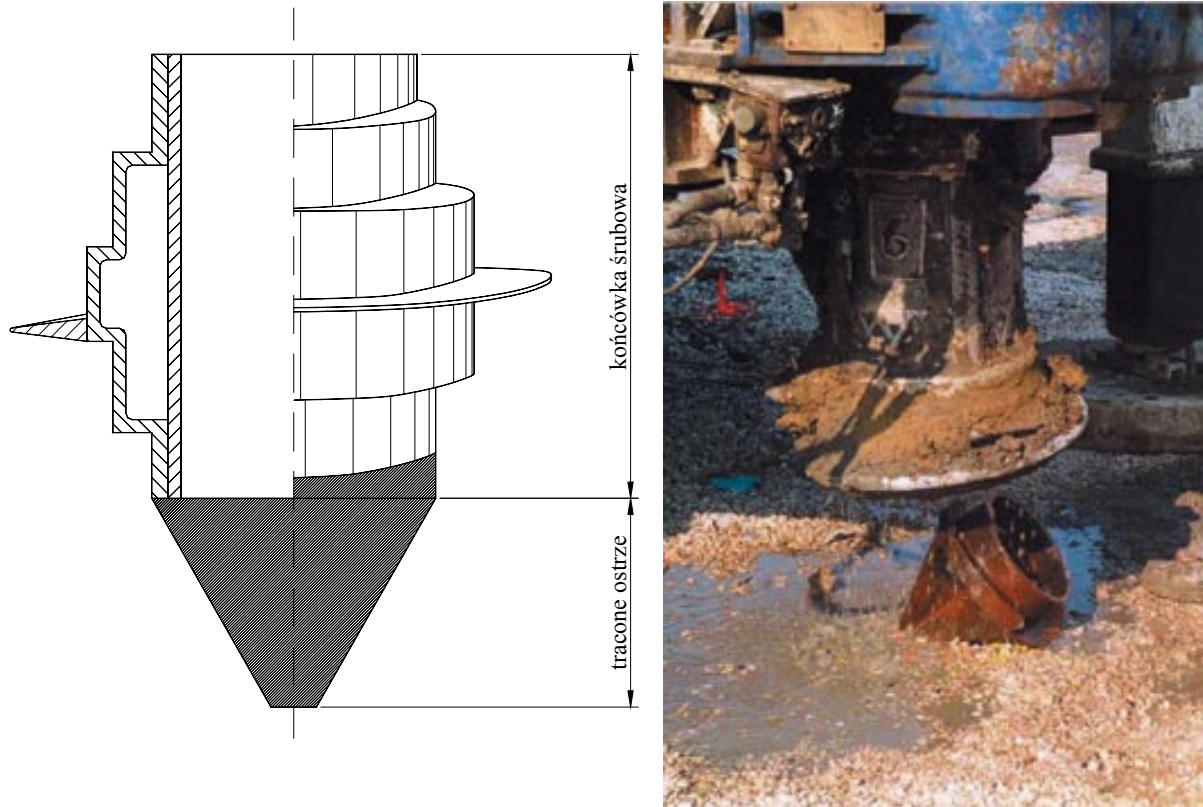
<sup>2</sup> mgr inż., Franki Fundamenty Sp. z o. o., Poznań

<sup>3</sup> dr hab. inż., prof. Politechniki Gdańskiej

Podobnie jak w drewnie, gdzie słoje podczas wkręcania są przemieszczane na boki, tak podczas wykonywania pali wkręcanych również grunt w trakcie głębienia otworu jest rozpychany na boki bez usuwania na zewnątrz.

## 2. Technologia pali ATLAS

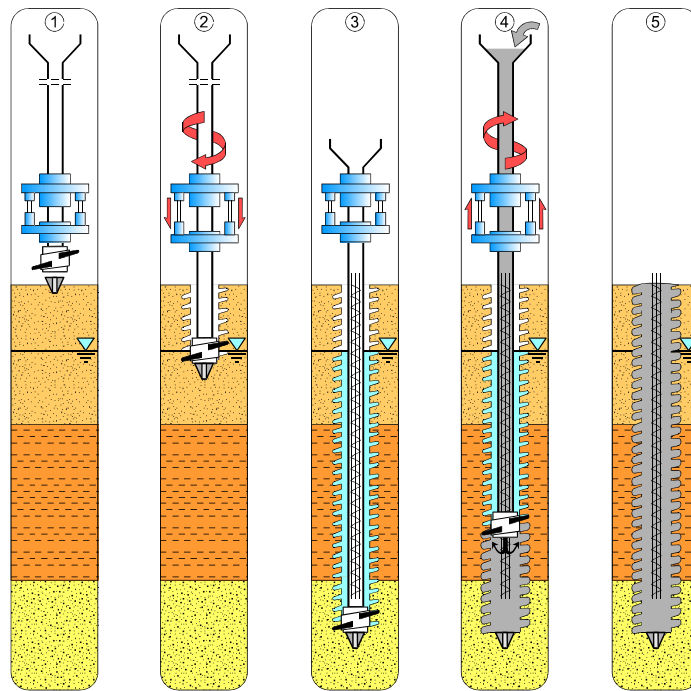
Najbardziej znaną odmianą pali wkręcanych, wyposażonych w specjalną końcówkę śrubową z traconym ostrzem są przemieszczeniowe pale ATLAS, które opatentowane zostały i nadal są rozwijane przez firmę FRANKI (rys. 2).



Rys. 2. Schemat końcówki śrubowej pala ATLAS z widokiem traconego, żeliwnego ostrza.

Proces formowania pala ATLAS przebiega w czterech etapach (rys. 3):

1. Ustawienie głowicy w osi przyszłego pala.
2. Wkręcenie w grunt rurowej żerdzi z głowicą rozpychającą grunt i traconym ostrzem.
3. Wprowadzenie zbrojenia pala do wnętrza żerdzi;
4. Wypełnienie wnętrza żerdzi i górnego leja zasypowego betonem, a następnie wykręcenie żerdzi i wypełnienie otworu po głowicy betonem (ruch obrotowy żerdzi jest tak dopasowany do ruchu pionowego, aby głowica formowała w gruncie pobocznice pala o kształcie przypominającym gwint).
5. Schemat gotowego pala ATLAS.

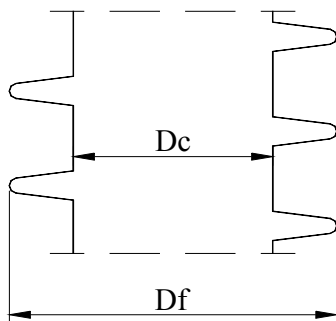


Rys. 3. Technologia wykonywania pali ATLAS.

Zaletą pali przemieszczeniowych ATLAS jest między innymi:

- wykonawstwo pala bez wydobywania gruntu, z jednoczesnym przemieszczaniem gruntu na boki podczas wkręcania ostrza;
- ciągły, bardzo pewny proces betonowania trzonu pala, przy stałym ciśnieniu betonu;
- ułatwiony sposób wprowadzania zbrojenia, nawet na znaczną głębokość;
- uzyskiwanie podwyższonej nośności pali na skutek zagęszczania się gruntu wzdłuż pobocznicy podczas wkręcania świda i pod podstawą w wyniku pionowego docisku oraz podawania mieszanki betonowej pod ciśnieniem;
- mobilizacja pełnej nośności pala przy niewielkich osiadaniach.

Trzon pala ATLAS (rys. 4) geometrycznie przypominający gwint, opisywany jest dwoma parametrami: średnicą wewnętrzną  $D_c$  oraz zewnętrzną  $D_f$ . Pale ATLAS mogą być wykonywane w zakresie pięciu różnych średnic: 36/53 cm; 41/61 cm; 46/67 cm; 51/72 cm i 56/81 cm oraz długościach do 30,0 m.



Rys. 4. „Gwintowany” trzon pala ATLAS.

Niezwykle istotnym elementem procesu wykonywania pala ATLAS jest specjalna procedura ciągłego monitoringu, umożliwiająca dostosowanie palowania do aktualnych

warunków geotechnicznych. W trakcie wiercenia otrzymuje się na bieżąco wykres, tzw. oporu wkręcania pala [4], z francuskiego *energie de refoulement* (rys. 5) opisany funkcją:

$$R = P * \frac{N}{3} * \frac{12}{V} \quad (1)$$

gdzie:

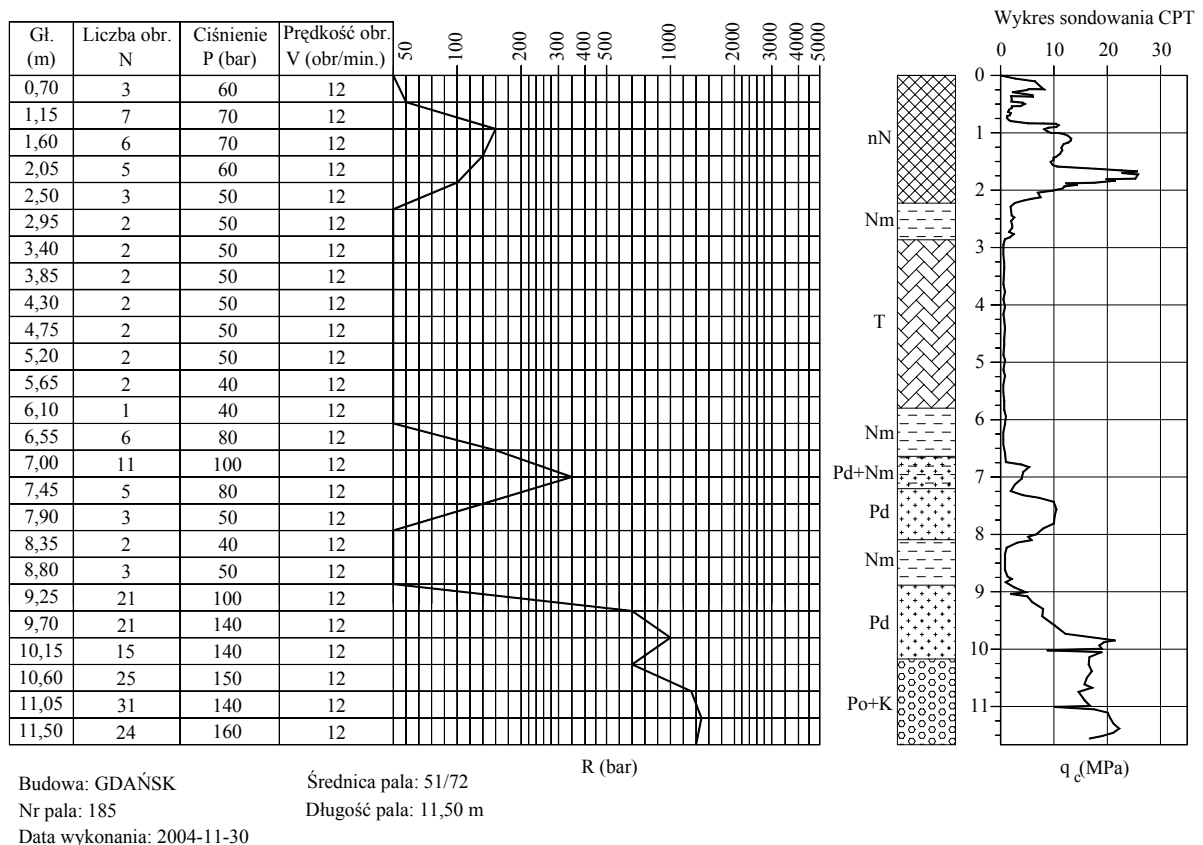
$R$  – opór wkręcania pala

$P$  – ciśnienie hydrauliczne (opór wciskania wkręcanego narzędzia); bar.

$N$  – liczba obrotów potrzebnych do pogłębienia otworu o 45 cm.

$V$  – prędkość obrotowa; obr./min.

Dysponując badaniami gruntowymi w postaci np. sondowań statycznych można dokonać odpowiedniej kalibracji wykresu energii wkręcania (rys. 6) z wykresem sondowania CPT i w ten sposób kontrolować właściwe zagłębienie pala w gruncie nośnym (odpowiednie wydłużenie lub skrócenie pala).



Rys. 5. Porównanie wykresu sondowania statycznego CPT z wykresem otrzymywanym podczas wiercenia pala ATLAS.

### 3. Projektowanie pali ATLAS

Wobec braku krajowych uregulowań dotyczących projektowania pali nowych technologii (takich jak np. CFA czy Jet Grouting) zachodzi często konieczność posiłkowania się wytycznymi lub publikacjami zagranicznymi. Poniżej przedstawiona została, w ogólnym zarysie, metoda obliczania nośności pali ATLAS zaproponowana przez zespół z *Laboratoire*

Central des Ponts et Chaussées z Paryża [1]. Opisana metoda opracowana została w oparciu o analizę ponad dwudziestu badań nośności pali ATLAS, dla których zaprojektowano specjalną procedurę próbnych obciążeń umożliwiającą pomiary oporów tarcia na poboczniczy i pod podstawą badanych pali.

Według propozycji [1] nośność pojedynczego pala obciążonego siłą pionową określa się ze wzoru:

$$Q_a = \frac{Q_{u,P}}{2} + \frac{Q_{u,S}}{2} \quad (2)$$

gdzie w przypadku metody sondowań CPT:

$$Q_{u,P} = k * q_c * A_p \quad \text{i} \quad Q_{u,S} = \sum q_{si} * A_{si} \quad (3)$$

oraz:

$Q_a$  – dopuszczalne obciążenie pala, kN;

$Q_{u,P}$  – nośność podstawy pala, kN;

$Q_{u,S}$  – nośność poboczniczy pala, kN;

$k$  – bezwymiarowy współczynnik technologiczny zależny od rodzaju gruntu

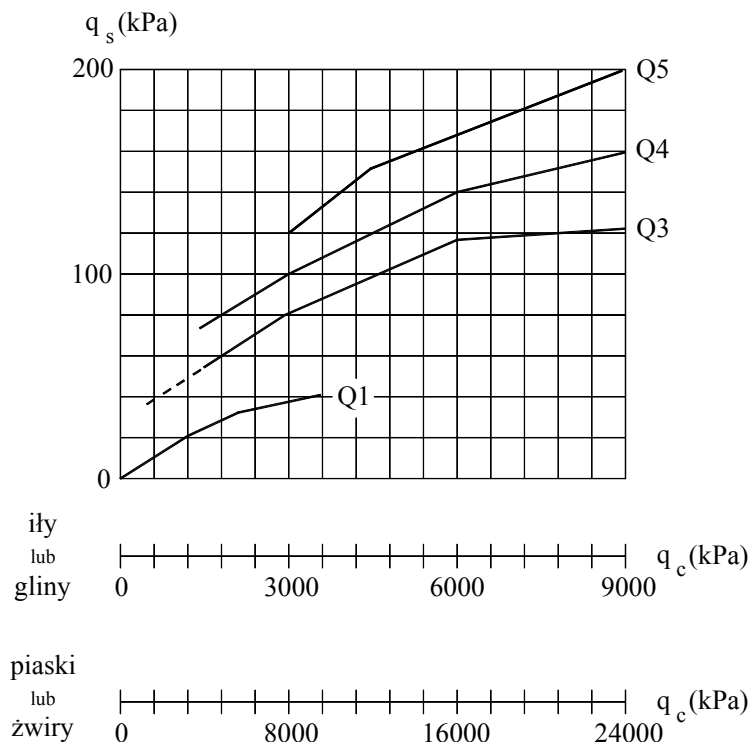
(w glinach  $k = 0,55 \div 0,65$ ; w piaskach  $k = 0,5 \div 0,75$  oraz żwirach  $k \geq 0,5$ )

$q_c$  – opór stożka w sondowaniu CPT, kPa;

$A_p = 0,25 * \pi * (0,9 * D_f)^2$  – pole przekroju podstawy pala, m<sup>2</sup>;

$A_s = \pi * 0,9 * D_f$  – pole przekroju poboczniczy pala, m<sup>2</sup>/m;

$q_{si}$  – jednostkowy opór gruntu wzdłuż poboczniczy pala, kPa (rys. 6).



Rys. 6. Krzywe wartości jednostkowego, granicznego oporu gruntu wzdłuż poboczniczy pala w zależności od wyników sondowań CPT.

Odpowiednie krzywe z rys. 6 przyjmuje się w zależności od rodzaju gruntu i oporów stożka  $q_c$  – tablica 1.

Tablica 1. Dobór krzywej Q w zależności od rodzaju gruntu i  $q_c$ .

Rodzaj gruntu	Typ krzywej	Opór stożka, $q_c$ (MPa)
Iły i gliny	Q1	< 0,1
	Q3	> 1,5
	Q4	≥ 3,0
Piaski i żwiry	Q1	< 1,0
	Q4	>3,5
	Q5	>8,0

#### 4. Pale ATLAS w Polsce

Pierwsze zastosowanie pali ATLAS miało miejsce w Elblągu w roku 1998, gdzie przy ul. 3 Maja wykonywano fundamenty pod Budynek Handlowo-Biurowy. Konstrukcję obiektu wsparto na ruszcie fundamentowym, opartym na palach. Przy zmianie pierwotnego projektu palowania, w miejsce planowanych pali CFA zaproponowano pale typu ATLAS. Na miejscu projektowanej budowy w podłożu do głębokości około 2,0 m występują nasypy, pod którymi do głębokości około 5,0 m zalegają grunty słabonośne o dużej odkształcalności. Poniżej, do głębokości 9,0 ÷ 10,0 m występują luźne lub średniozagęszczone piaski drobne i pylaste, podścielone twar doplastycznymi glinami. W warunkach tych, dla przeniesienia obciążeń  $Q = 1760$  kN zaprojektowano pale  $\phi 56/81$  cm o długości 16,0 m, a obciążeń  $Q = 1000$  kN pale  $\phi 46/67$  cm o długości 12,0 m. Łącznie wykonano 540 szt. pali o długości ponad 7000 m. W trakcie robót, ze względu na bardzo duże opory podczas wiercenia, część pali zakończono na głębokości około 11,0 m. Wykonane próbne obciążenia, przeprowadzone przez Katedrę Geotechniki Politechniki Gdańskiej [2] wykazały zdolność zaprojektowanych pali do przeniesienia planowanych obciążeń, również tych o długości 11,0 m. Podczas próbnych obciążeń pale pod projektowanymi obciążeniami osiadły w granicach od 2,5 do 10,5 mm.

Jedną z ciekawszych realizacji pali ATLAS było posadowienie Nowego Budynku Wydziału Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki Politechniki Gdańskiej. Podłoże w rejonie realizowanej inwestycji charakteryzuje się niekorzystną budową geologiczną. Grunty nienośne i słabonośne w postaci nasypów niekontrolowanych oraz torfów i namulów zalegają do głębokości 8,0 ÷ 9,0 m pod powierzchnią terenu. Poniżej zalegają grunty nośne w postaci zagęszczonych piasków drobnych i pospółek z otoczakami (rys. 6). We wstępnej koncepcji posadowienia budynku zaproponowano wariantowe posadowienie na palach prefabrykowanych lub palach ATLAS, traktując oba warianty równorzędnie. Ostatecznie zaprojektowano i wykonano pale ATLAS o średnicach  $\phi 36/53$  cm ( $Q_{sr} = 900$  kN) oraz  $\phi 51/72$  cm ( $Q_{sr} = 1300$  kN) i długości 11,0 m. Łącznie wykonano 305 sztuk pali o całkowitej długości ponad 3300m.

#### Literatura

- [1] Busamante M., Gianaselli L., Design of auger displacement piles from in situ tests. *Deep Foundations on Bored and Auger Piles*. Rotterdam, Balkema, 1993, s. 21 – 34.
- [2] Tejchman A., Gwizdała K., Brzozowski T., Pale Atlas w Polsce. *Inżynieria i Budownictwo*. 1998, nr 11, s. 616-619.
- [3] Tejchman A., Błędy występujące w projektowaniu i wykonawstwie pali – cz. 1. *Zagadnienia posadowień na fundamentach palowych*. Gdańsk, 2004, s. 87-102.
- [4] Wytyczne dotyczące wykonawstwa i projektowania pali ATLAS (wersja francuskojęzyczna). Materiały firmy FRANKI. Edycja z roku 1997.