

## **Sztywność pali prefabrykowanych stosowanych w budownictwie hydrotechnicznym**

**Dr hab. inż. Kazimierz Gwizdała, prof. nadzw. PG**

**Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska, Katedra Geotechniki i Geologii Stosowanej,  
Mgr inż. Jakub Roch Kowalski – AARSLEFF Sp. z o.o., Gdańsk**

Budowle hydrotechniczne bardzo często posadawiane są na fundamentach palowych. Powszechnie stosowane są wbijane żelbetowe pale prefabrykowane.

O powszechności stosowania pali prefabrykowanych w budownictwie hydrotechnicznym decydują między innymi następujące zalety tych pali:

1. Zastosowanie wysokiej klasy betonu B-50 zapewnia dużą wytrzymałość pali, w tym ich wysoką wodoszczelność (W-8) i mrozoodporność (F-150) oraz niską nasiąkliwość (<4%). Zabezpiecza to przed działaniem czynników mechanicznych oraz agresywnym działaniem wody i gruntu.

2. Znaczna sprężystość pala, występująca przy omawianej klasie betonu i wysokiej jakości zbrojenia, zabezpiecza przed zarysowaniami pali oraz zapewnia dobrą współpracę z nadbudową.

3. Stosowanie nowoczesnych kafarów daje możliwość precyzyjnego wbijania pali o znacznym nachyleniu.

4. Możliwość stosowania pali prefabrykowanych o znacznej długości dzięki wykorzystaniu stalowych złączy, gwarantujących sprawne łączenie bezpośrednio na placu budowy.

5. Możliwość zachowania czystego placu budowy, tj. bez konieczności wydobywania i wywozu gruntu, co jest szczególnie uciążliwe w przypadku występowania namulów, gytii oraz gruntów zanieczyszczonych.

6. Dobra praca pali na siły wyciągające oraz pewność, że zbrojenie jest doprowadzone do końca pala.

7. Możliwość przystąpienia do kolejnych etapów robót bezpośrednio po wbiciu pali, tj. rozkuwania głowic pali i układania zbrojenia nadbudowy, bez konieczności oczekiwania na wiązanie betonu.

### **SPECYFIKA BUDOWLI HYDROTECHNICZNYCH**

Pale prefabrykowane są szczególnie predysponowane do stosowania w budownictwie hydrotechnicznym również ze względu na specyfikę obciążeń działających na tego rodzaju konstrukcję oraz na charakterystyczne warunki gruntowo-wodne.

Cechą wyróżniającą budowle hydrotechniczne pod względem układu obciążeń jest znaczny udział obciążeń poziomych w stosunku do pionowych. Najczęściej na budowlę działają równocześnie obciążenia poziome i pionowe o zmiennej wartości.

Budowle hydrotechniczne, w zależności od przeznaczenia, usytuowane są (na obszarach wodnych):

– na styku lądu z wodą (np. nabrzeża, pomosty, pochylnie),

– wyraźnie wysunięte w stronę wody (np. pirsy).

W konstrukcjach nabrzeży ruszt palowy pograżony jest w gruncie zazwyczaj od poziomu dna lub od poziomu podwodnej skarpy odciążającej. Natomiast w przypadku pirsów i pomostów powyżej poziomu dna pale znajdują się całkowicie w wodzie.

W budowlach hydrotechnicznych spotykamy stosunkowo gęsty rozstaw pali, zazwyczaj od 3,0m do 1,75m (a nawet 1,20m). Znaczna część pali, a nierzadko wszystkie, są palami nachylonymi. Najczęściej spotykamy nachylenie od 8:1 do 5:1.

Cechą charakterystyczną, występującą szczególnie na obszarach budowli morskich, jest głęboki poziom zalegania słabonośnych gruntów organicznych (torfów i namulów). Strop gruntów nośnych (piasków i pospółek), w których zakończone są pale występuje często dopiero od poziomu dna lub poniżej dna.

W dalszej części artykułu przedstawiono przykłady budowli hydrotechnicznych zrealizowanych w trudnych warunkach gruntowych, które posadowiono na żelbetowych palach prefabrykowanych (rys. 2÷7). Wiele innych rozwiązań opisano między innymi w pracy autorów [4].

Budowle hydrotechniczne zlokalizowane są na ogół na obszarach, gdzie występują trudne warunki geotechniczne, a konstrukcje poddawane są złożonym obciążeniom pionowym i poziomym, o zmiennej wartości.

Projektowanie budowli hydrotechnicznych obejmuje obliczenia statyczne nadbudowy oraz fundamentu palowego, rozumiane jako ustrój palowy współpracujący z podłożem gruntowym [7].

W odniesieniu do materiału konstrukcji prawie zawsze wykorzystuje się rozwiązania teorii sprężystości. Znacznie bardziej złożone jest modelowanie współpracy pala z ośrodkiem gruntowym i właściwe wyznaczenie sił przekrojowych (momentów, sił tnących, sił normalnych) oraz przemieszczeń fundamentu palowego.

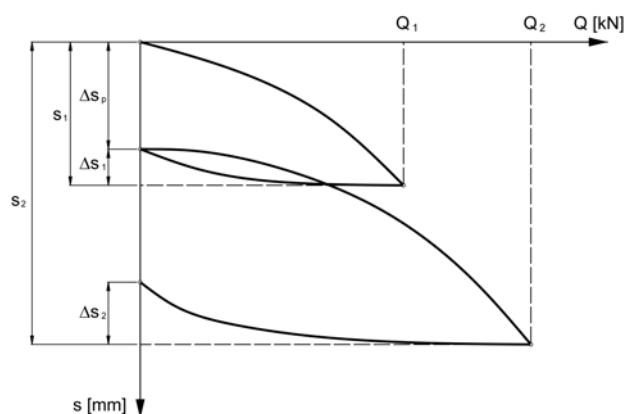
Modelowanie sprężysto-plastycznej współpracy pala z ośrodkiem gruntowym w praktyce polega na wyznaczeniu:

– sztywności poziomej reprezentowanej przez podpory poziome, rozmieszczone wzdłuż poboczniczy pala;

– sztywności pionowej pala, charakteryzowanej przez podpory wzdłuż poboczniczy i pod podstawą pala.

## WYZNACZENIE SZTYWNOŚCI PALI

Sztywność poziomą pala oblicza się na etapie projektowania, na podstawie parametrów gruntu i charakterystyki fundamentu palowego, natomiast sztywność osiową pala opisuje zależność obciążenie-osiadanie. W przypadku pali najbardziej wiarygodne dane dotyczące zależności obciążenie-osiadanie uzyskuje się z próbnych obciążeń statycznych pali wykonywanych w terenie.



**Rys. 1. Krzywa obciążenie-osiadanie**

$Q_1, Q_2$  – odpowiednio obciążenie pośrednie i maksymalne,  
 $s_1, s_2$  – odpowiednio osiadania pośrednie i maksymalne głowicy pala,  
 $\Delta s_1, \Delta s_2$  – osiadania sprężyste,  
 $\Delta s_p$  – osiadanie plastyczne,  
 $c_1$  – pierwotna pionowa sztywność pala  $c_1 = \frac{Q_1}{s_1}$   
 $c_{s1}$  – sprężysta pionowa sztywność pala  $c_{s1} = \frac{Q_1}{\Delta s_1}$   
 $c_{s2}$  – sprężysta pionowa sztywność pala  $c_{s2} = \frac{Q_2}{\Delta s_2}$

Krzywa osiadania pala uzyskiwana z próbnych obciążeń statycznych składa się z kilku charakterystycznych faz. Wartość  $Q_1$  obciążenia pala jest w przybliżeniu równa maksymalnemu obciążeniu obliczeniowemu pojedynczego pala przewidzianego w projekcie ( $Q_1 \approx Q_r$ ). Dla obciążenia pala  $Q_1$  odczytuje się osiadanie  $s_1$ . Po całkowitym

odciążeniu pala, określa się osiadanie sprężyste  $\Delta s_1$  oraz osiadanie plastyczne  $\Delta s_p$ . Następnie, po powtórnych obciążeniu pala do wartości  $Q_2 \approx 1,5 Q_r$  odczytuje się osiadanie  $s_2$ . Analogicznie po całkowitym obciążeniu pala określa się osiadania sprężyste  $\Delta s_2$ .

Ponieważ pomiary osiadania wykonywane są w poziomie głowicy pala, uwzględniane jest jednocześnie skrócenie własne pala i osiadanie wynikające z rzeczywistych warunków geotechnicznych.

Na rysunku 1 przedstawiono krzywą osiadania pala pojedynczego z jednokrotnym obciążeniem oraz zdefiniowano sztywności pala (patrz również [5]).

W praktyce faza projektowania budowli hydrotechnicznych znacznie wyprzedza fazę realizacji. Trudno jest zatem przeprowadzić próbne obciążenia statyczne na etapie projektowania i wyznaczyć miarodajne sztywności pionowe pali.

Dlatego w pracy przedstawiono i przeanalizowano wyniki badań żelbetowych pali prefabrykowanych ze zrealizowanych budowli hydrotechnicznych zestawionych w tabelicy 1.

**Tabl. 1. Zestawienie obiektów hydrotechnicznych posadowionych na żelbetowych palach prefabrykowanych**

Nr pala	Nazwa obiektu
1 ÷ 3	nabrzeże Ostrawica IV w Gdańskiej Stoczni Remontowej
4 ÷ 5	nabrzeże BON w Porcie Gdańsk
6	nabrzeże Rudowe w Porcie Gdańsk
7 ÷ 8	nabrzeże Zachodnie w Porcie Gdańsk
9 ÷ 12	nabrzeże Szczecińskie w Porcie Gdańsk
13 ÷ 17	nabrzeże Zwycięstwa na Westerplatte
18 ÷ 19	nabrzeże Zachodnie w Porcie Hel
20 ÷ 21	magazyn w Porcie Hel
22	nabrzeże Południowe w Stoczni Marynarki Wojennej w Gdyni
23 ÷ 24	piers Południowy w Porcie Marynarki Wojennej w Gdyni
25 ÷ 32	nabrzeże Polskie w Morskim Porcie Handlowym w Gdyni
33 ÷ 34	nabrzeże Postojowe i Zamykające w Morskim Porcie Handlowym w Gdyni
35 ÷ 37	nabrzeże Przejściowe w Morskim Porcie Handlowym w Gdyni

**Tabl. 2. Zestawienie sztywności pali prefabrykowanych w Porcie Gdańsk oraz Gdańskiej Stoczni Remontowej**

L.p.	L	Hg	L/Hg	a x b	$Q_1$	$s_1$	$\Delta s_1$	$Q_2$	$s_2$	$\Delta s_2$	$c_1 = \frac{Q_1}{s_1}$	$c_{s1} = \frac{Q_1}{\Delta s_1}$	$c_{s2} = \frac{Q_2}{\Delta s_2}$
[-]	[m]	[m]	[-]	[cm]	[kN]	[mm]	[mm]	[kN]	[mm]	[mm]	[MN/m]	[MN/m]	[MN/m]
1	18,0	18,0	1,00	35x35	816,0	2,05	1,66	2040,0	8,35	6,75	398,0	491,6	302,2
2	18,0	18,0	1,00	35x35	867,0	7,49	4,15	–	–	–	115,8	208,9	–
3	18,0	18,0	1,00	35x35	816,0	2,16	1,91	1938,0	8,36	6,63	377,8	427,2	292,3
4	16,0	15,5	0,97	35x35	870,0	2,38	1,99	1650,0	5,71	4,96	365,5	437,2	332,7
5	16,0	15,5	0,97	35x35	870,0	2,37	1,93	1738,0	–	–	367,1	450,8	–
6	18,0	16,8	0,93	35x35	740,0	2,58	1,99	1470,0	8,97	5,68	286,8	371,9	258,8
7	16,0	9,0	0,56	35x35	620,0	3,37	1,95	1280,0	18,61	6,03	184,0	317,9	212,3
8	16,0	8,7	0,54	35x35	610,0	5,05	3,04	1255,0	23,12	7,86	120,8	200,7	159,7
9	18,0	18,0	1,00	35x35	699,2	2,13	2,00	1311,0	5,90	4,64	328,3	349,6	282,5
10	19,0	19,0	1,00	40x40	918,0	2,99	2,46	1312,0	4,28	3,47	307,0	373,2	378,1
11	18,0	18,0	1,00	35x35	918,0	3,21	2,79	1705,1	7,22	6,12	286,0	329,0	278,6
12	20,0	20,0	1,00	40x40	787,0	1,96	1,74	1704,0	5,83	4,71	401,5	452,3	361,8
wartość średnia						3,15	2,30	–	9,64	5,69	294,9	367,5	285,9
odchylenie standardowe						1,55	0,69	–	5,87	1,21	98,0	89,1	62,4
współczynnik zmienności						0,492	0,298	–	0,609	0,212	0,332	0,242	0,218

**Tabl. 3. Zestawienie sztywności pali prefabrykowanych na Westerplatte**

L.p.	L	Hg	L/Hg	a x b	Q <sub>1</sub>	s <sub>1</sub>	Δs <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	s <sub>2</sub>	Δs <sub>2</sub>	c <sub>1</sub> = Q <sub>1</sub> /s <sub>1</sub>	c <sub>s1</sub> = Q <sub>1</sub> /Δs <sub>1</sub>	c <sub>s2</sub> = Q <sub>2</sub> /Δs <sub>2</sub>
[-]	[m]	[m]	[-]	[cm]	[kN]	[mm]	[mm]	[kN]	[mm]	[mm]	[MN/m]	[MN/m]	[MN/m]
13	20,0	12,3	0,62	40x40	600,0	2,14	0,41	1243,0	9,77	–	280,4	1463,4	–
14	19,0	18,0	0,95	40x40	639,0	0,72	0,67	1278,0	3,16	2,57	887,5	953,7	497,3
15	19,0	18,25	0,96	40x40	994,0	2,75	2,23	1988,0	8,22	6,05	361,5	445,7	328,6
16	19,0	17,85	0,94	40x40	699,0	1,09	0,82	1486,0	4,22	3,58	641,3	852,4	415,1
17	19,0	18,2	0,96	40x40	787,0	1,34	1,13	1486,0	3,22	2,57	587,3	696,5	578,2
wartość średnia						1,61	1,05	–	5,72	3,69	551,6	882,4	454,8
odchylenie standardowe						0,74	0,63	–	2,75	1,42	215,3	337,3	92,9
współczynnik zmienności						0,458	0,602	–	0,480	0,385	0,390	0,382	0,204

**Tabl. 4. Zestawienie sztywności pali prefabrykowanych na Helu**

L.p.	L	Hg	L/Hg	a x b	Q <sub>1</sub>	s <sub>1</sub>	Δs <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	s <sub>2</sub>	Δs <sub>2</sub>	c <sub>1</sub> = Q <sub>1</sub> /s <sub>1</sub>	c <sub>s1</sub> = Q <sub>1</sub> /Δs <sub>1</sub>	c <sub>s2</sub> = Q <sub>2</sub> /Δs <sub>2</sub>
[-]	[m]	[m]	[-]	[cm]	[kN]	[mm]	[mm]	[kN]	[mm]	[mm]	[MN/m]	[MN/m]	[MN/m]
18	16,0	15,0	0,94	35x35	393,0	1,37	1,16	568,0	2,50	1,96	286,9	338,8	289,8
19	16,0	15,0	0,94	35x35	393,0	0,84	0,93	787,0	2,33	2,22	467,9	422,6	354,5
20	10,0	10,0	1,00	35x35	786,6	1,38	1,13	1398,4	3,74	3,18	570,0	696,1	439,7
21	10,0	10,0	1,00	35x35	786,6	1,77	1,18	1223,6	3,89	2,11	444,4	666,6	579,9
wartość średnia						1,34	1,10	–	3,12	2,37	442,3	531,0	416,0
odchylenie standardowe						0,33	0,10	–	0,70	0,48	101,4	153,6	108,6
współczynnik zmienności						0,247	0,091	–	0,226	0,202	0,229	0,289	0,261

**Tabl. 5. Zestawienie sztywności pali prefabrykowanych w Porcie Gdynia**

L.p.	L	Hg	L/Hg	a x b	Q <sub>1</sub>	s <sub>1</sub>	Δs <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	s <sub>2</sub>	Δs <sub>2</sub>	c <sub>1</sub> = Q <sub>1</sub> /s <sub>1</sub>	c <sub>s1</sub> = Q <sub>1</sub> /Δs <sub>1</sub>	c <sub>s2</sub> = Q <sub>2</sub> /Δs <sub>2</sub>
[-]	[m]	[m]	[-]	[cm]	[kN]	[mm]	[mm]	[kN]	[mm]	[mm]	[MN/m]	[MN/m]	[MN/m]
22	15,0	13,0	0,87	40x40	787,0	1,25	0,99	1574,0	4,92	3,13	629,6	794,9	502,9
23	15,0	10,4	0,69	40x40	393,0	2,93	2,67	852,0	19,25	7,63	134,1	147,2	111,7
24	15,0	7,4	0,49	40x40	393,0	0,96	0,85	984,0	7,35	5,25	409,4	462,4	187,4
25	19,0	8,0	0,42	40x40	525,0	2,71	2,22	1246,0	9,98	6,69	193,7	236,5	186,2
26	19,0	8,0	0,42	35x35	525,0	3,60	2,57	1115,0	10,74	6,90	145,8	204,3	161,6
27	19,0	8,0	0,42	40x40	525,0	3,79	3,10	1115,0	8,94	6,76	138,5	169,4	164,9
28	19,0	7,5	0,39	40x40	874,0	8,99	3,72	1000,0	18,67	4,81	97,2	234,9	207,9
29	19,0	8,0	0,42	40x40	612,0	3,46	2,22	1093,7	20,36	4,87	176,9	275,7	224,6
30	17,0	5,4	0,32	40x40	612,0	6,07	3,69	918,0	25,36	6,88	100,8	165,9	133,4
31	17,0	5,9	0,35	40x40	525,0	4,40	3,25	961,4	21,74	5,23	119,3	161,5	183,8
32	19,0	8,1	0,43	35x35	656,0	1,99	1,46	1180,0	9,72	6,85	329,6	449,3	172,3
34	15,0	15,0	1,00	35x35	656,0	1,63	1,37	1312,0	5,43	4,17	402,5	478,8	314,6
35	15,0	15,0	1,00	35x35	656,0	1,95	1,88	1180,0	4,18	3,85	336,4	348,9	306,5
36	16,0	15,85	0,99	35x35	873,0	1,98	1,53	1173,0	3,34	2,54	440,9	570,6	461,8
37	18,0	16,9	0,94	35x35	873,0	2,74	2,38	1310,0	5,94	4,46	318,6	366,8	293,7
wartość średnia						3,23	2,26	–	11,73	6,33	264,9	337,8	240,9
odchylenie standardowe						2,00	0,89	–	7,06	1,05	153,2	178,9	111,2
współczynnik zmienności						0,620	0,393	–	0,602	0,281	0,579	0,529	0,462

## WYNIKI BADAŃ I OCENA RZECZYWISTEJ SZTYWNOŚCI PALI

W opisaną analizę wykorzystano wyniki próbnych obciążeń statycznych pali wykonanych na obiektach hydrotechnicznych w Gdańskiej Stoczni Remontowej, Porcie Gdańsk, Westerplatte, Helu, Stoczni Marynarki Wojennej w Gdyni, Porcie Marynarki Wojennej w Gdyni oraz Porcie Gdynia.

W artykule wykorzystano wyniki własne Autorów oraz dostępne wyniki badań wykonane przez pracowników Katedry Geotechniki Politechniki Gdańskiej.

Ze względu na specyfikę warunków geotechnicznych, wyniki badań sztywności pali prefabrykowanych prezentowane w tablicach 2÷5 mogą stanowić pozytywną bazę danych do projektantów przyszłych obiektów hydrotechnicznych. O aktualności zagadnienia świadczą przykłady zaprojektowanych i zrealizowanych w ostatnim

czasie budowli hydrotechnicznych posadowionych na palach prefabrykowanych (między innymi nabrzeże Obrońców Westerplatte w Porcie Gdańsk - rys. 4 i 5, Stanowisko Prób Obciążeń Żurawi Okrętowych MacGregora w Gdańskiej Stoczni Remontowej - rys. 6 i 7).

W tablicach 2÷5 przedstawiono wyniki badań rzeczywistych sztywności pionowych pali prefabrykowanych o przekroju 35x35cm oraz 40x40cm.

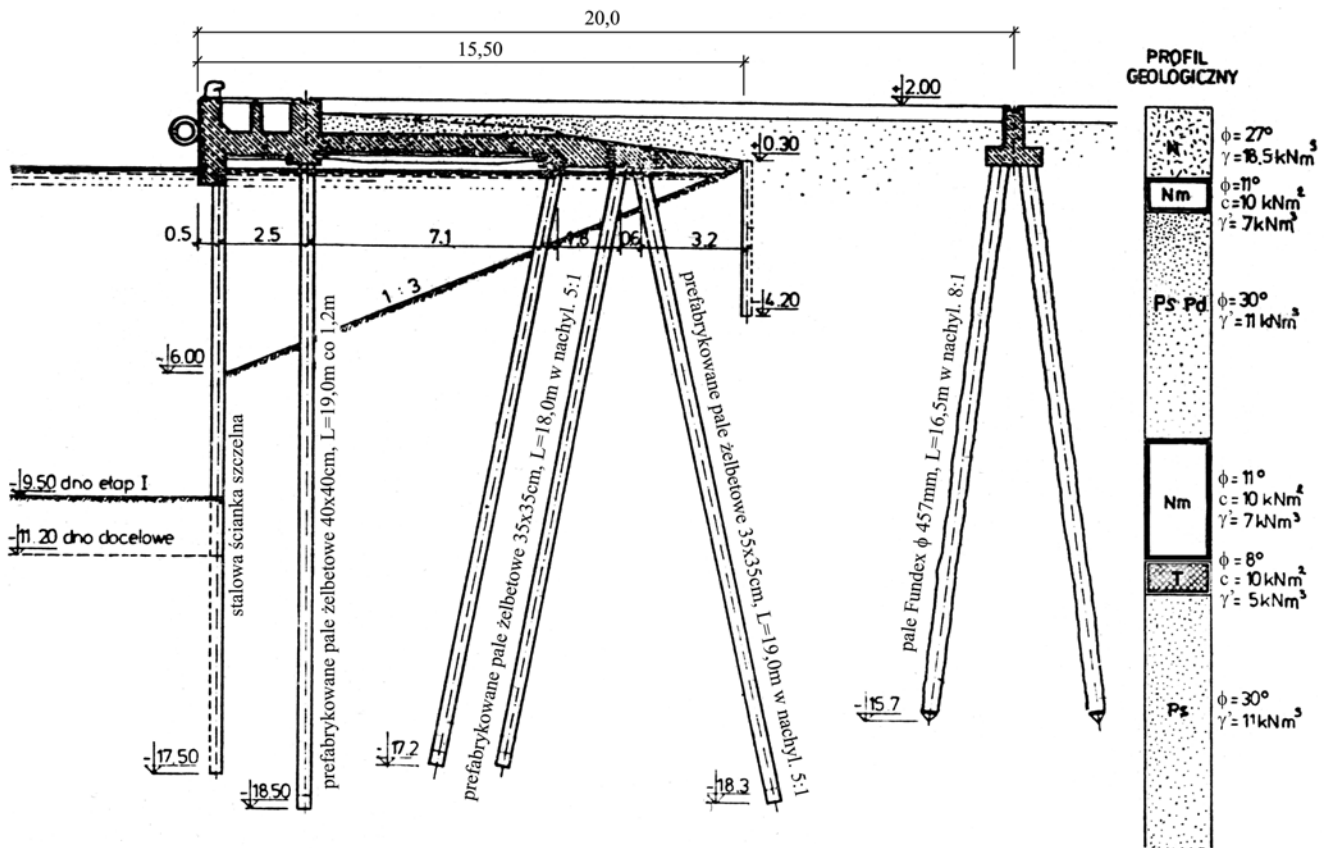
W przeanalizowanych budowlach hydrotechnicznych występują pale całkowicie zagłębione w gruncie oraz pale zagłębione w gruncie tylko do poziomu dna basenu (powyżej dna znajdują się w wodzie).

Przyjęto następujące oznaczenia charakterystyk geometrycznych pali:

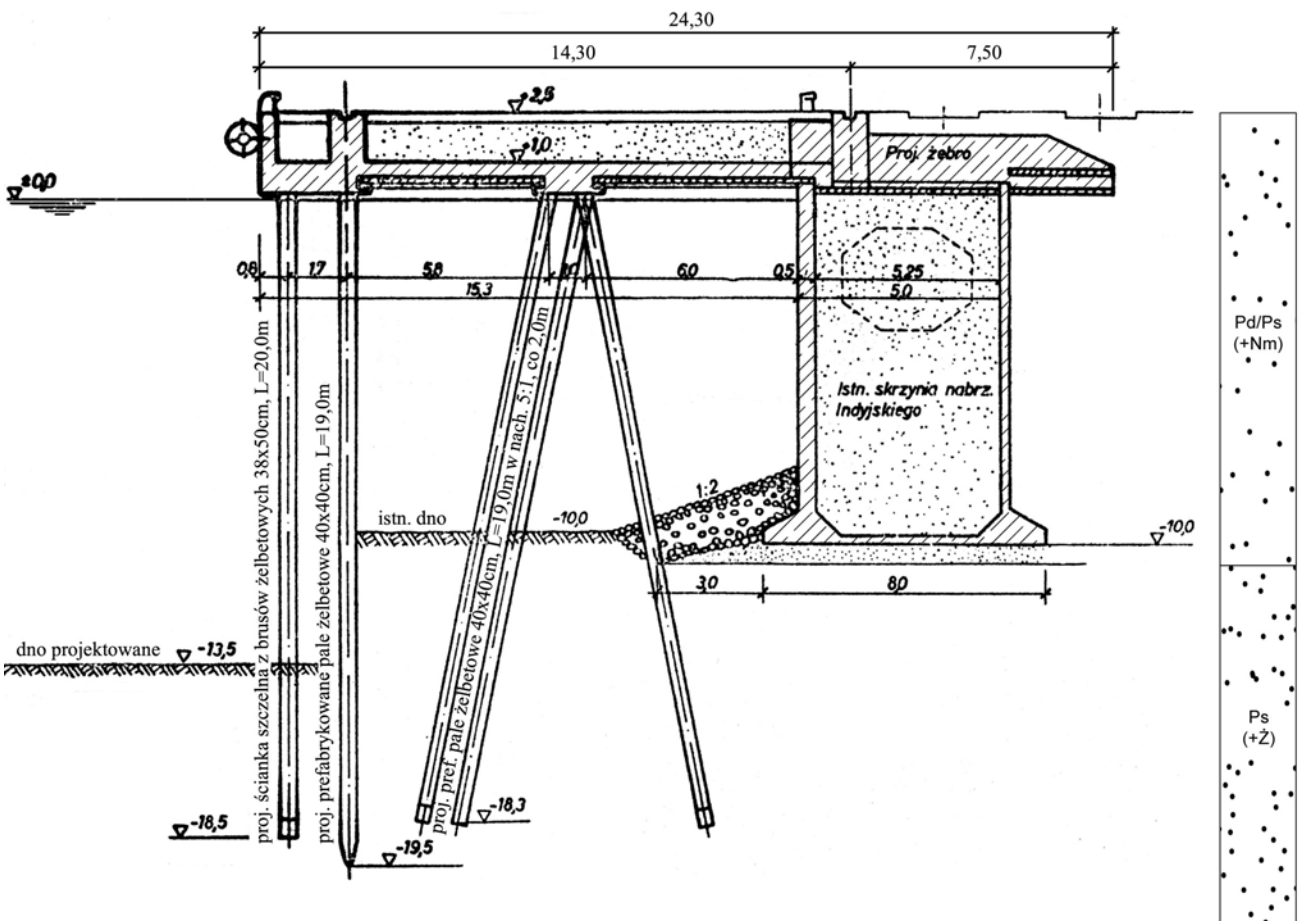
*a x b* – długości boków pala,

*L* – długość całkowita pala,

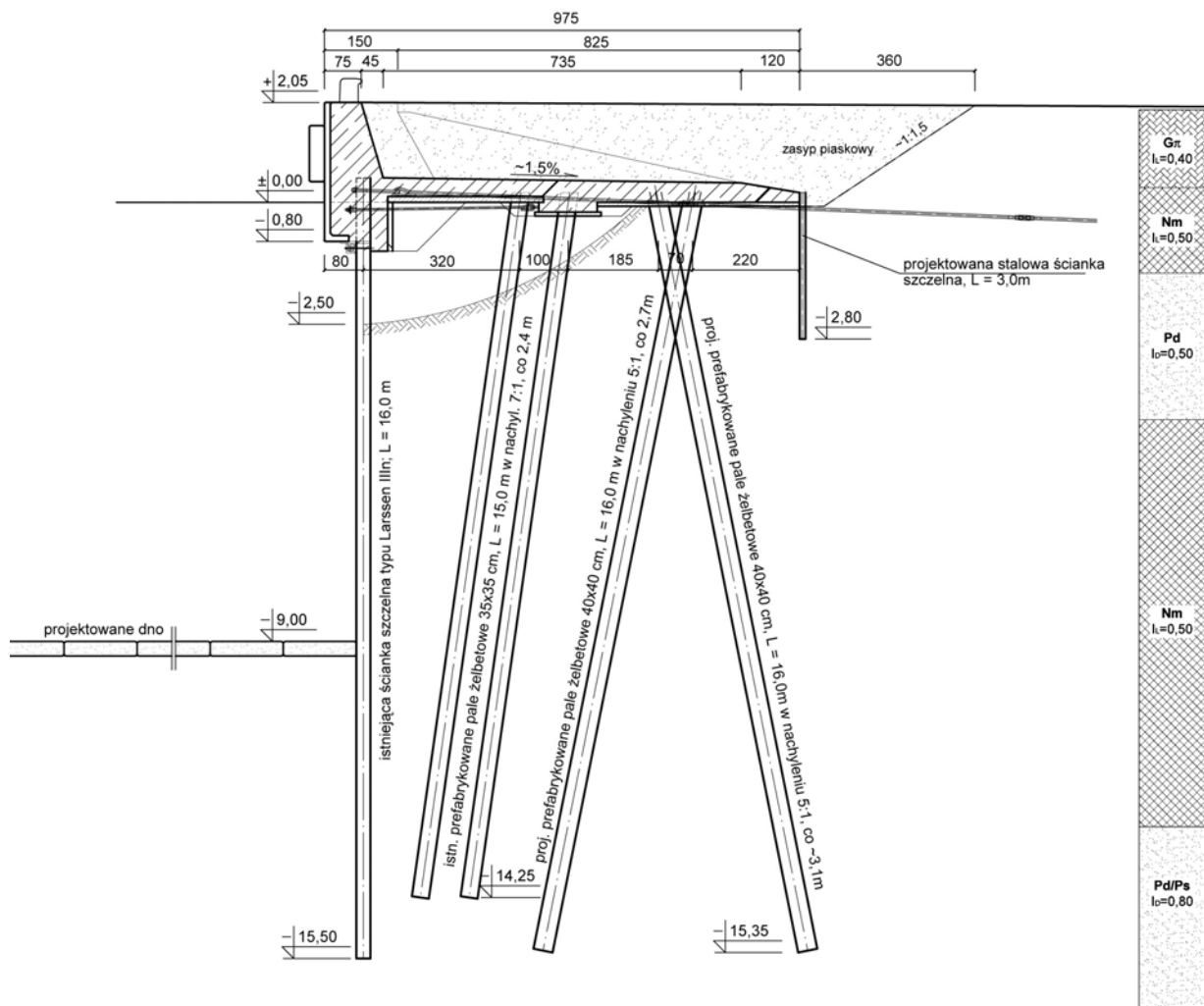
*H<sub>g</sub>* – długość zagłębienia pala w gruncie.



Rys. 2. Nabrzeże Szczecińskie w Porcie Gdańsk posadzone na żelbetowych palach prefabrykowanych 35x35 cm długości 19,0m wraz z odładowym fundamentem podźwigowym na palach Fundex  $\phi 457$  mm długości 16,5 m [11]



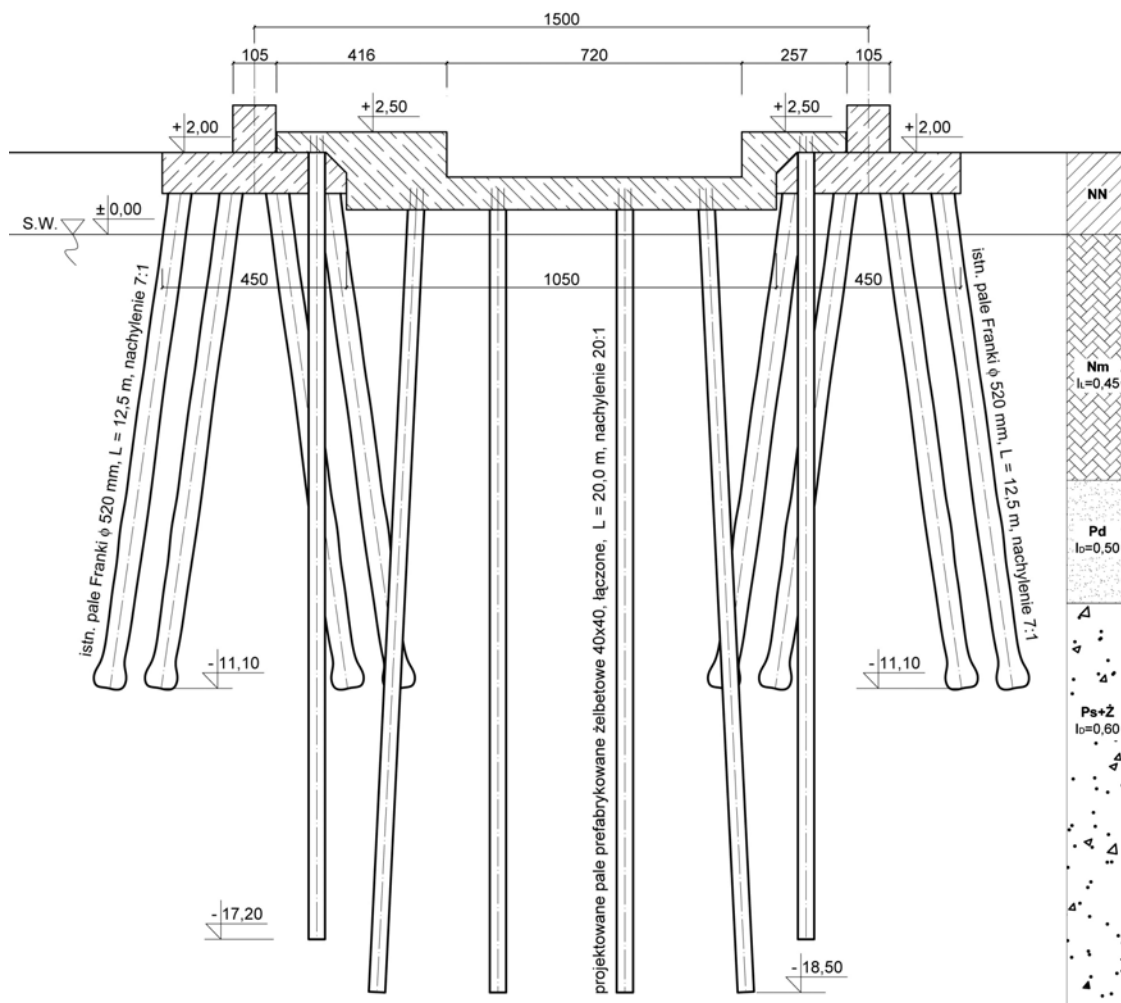
Rys. 3. Nabrzeże Indyjskie w Porcie Gdynia posadzone na żelbetowych palach prefabrykowanych 40x40 cm długości 19,0 m [10]



Rys. 4. Nabrzeże Obrońców Westerplatte w Porcie Gdańsk posadowione na żelbetowych palach prefabrykowanych 40x40 cm długości 16,0 m wraz z istniejącymi palami prefabrykowanymi 35x35 cm długości 15,0 m [9]



Rys. 5. Wbijanie pali prefabrykowanych 40x40 cm pod nabrzeże Obrońców Westerplatte w Porcie Gdańsk



Rys. 6. Stanowisko Prób Obciążeń Żurawi Okrętowych MacGregora w Gdańskiej Stoczni Remontowej posadowione na żelbetowych palach prefabrykowanych 40x40 cm długości 20,0 m wraz z istniejącymi palami Franki  $\phi$ 520 mm długości 12,5 m [8]



Rys. 7. Wbijanie pali prefabrykowanych 40x40 cm łączonych, pod Stanowisko Prób Obciążeń Żurawi Okrętowych MacGregora w Gdańskiej Stoczni Remontowej

## LITERATURA

Przedstawione w tablicach 2÷5 sztywności pali  $c_1$ ,  $c_{s1}$ ,  $c_{s2}$  mogą być wykorzystane przez projektantów przyszłych budowli hydrotechnicznych, zlokalizowanych w podanych rejonach i posadowionych na żelbetowych palach prefabrykowanych o podobnym przekroju i zbliżonej długości.

W praktyce najistotniejsza jest sztywność pierwotna pala  $c_1$  oraz sztywność sprężysta  $c_{s1}$ .

W zależności od specyfiki obciążeń działających na konstrukcję, w obliczeniach uwzględnia się:

- sztywność pierwotną  $c_1$  - do obciążeń stałych i długotrwałych,
- sztywność sprężystą  $c_{s1}$  - do obciążeń zmiennych i powtarzalnych.

Rzeczywiste wartości sztywności pali zestawiono w czterech grupach, przyjmując jako kryterium charakterystykę geotechniczną podłoża gruntowego w rozpatrywanym rejonie.

Ogólnie można stwierdzić, że prefabrykowane pale wbijane wykazują dobrą pracę w przekazywaniu obciążeń na podłoże gruntowe. Stwierdzenie to można udokumentować odpowiednimi zależnościami obciążenie-osiadanie (patrz relacja  $Q_1 - s_1$  w tablicach 2÷5). Dla przewidywanych obciążeń roboczych, w omawianych konstrukcjach hydrotechnicznych osiadania średnie pojedynczego pala jest rzędu  $s_1 \approx 1,3$  do  $3,2$  mm.

W obliczeniach sił przekrojowych ustrojów palowych należy również uwzględnić zmienność sztywności podpór palowych. W tabelach 2÷5 zmienność ta jest charakteryzowana przez współczynniki zmienności w odniesieniu do wartości  $c_1$ ,  $c_{s1}$  oraz  $c_{s2}$ .

W zależności od rozmieszczenia pali w konstrukcji oraz wielkości grupy palowej należy uwzględnić wpływ grupy na sztywność podpór palowych. Zagadnienie to omówione zostało między innymi w pracy [2].

## PODSUMOWANIE

Obliczanie sił przekrojowych (momentów, sił tnących, sił normalnych) oraz przemieszczeń w hydrotechnicznych konstrukcjach palowych powinno opierać się na rzeczywistych sztywnościach podpór, z uwzględnieniem parametrów podłoża gruntowego i sztywności własnej budowli.

Przedstawione wartości sztywności podpór obiektów posadowionych na prefabrykowanych wbijanych palach żelbetowych bazują na wynikach próbnych obciążeń statycznych wykonanych na obiektach budownictwa hydrotechnicznego z rejonu Gdańska i Gdyni.

Ostateczne ustalenie wartości sił wewnętrznych i przemieszczeń konstrukcji powinno uwzględniać również wpływ rozmieszczenia pali, wielkość grupy palowej oraz losowość zmian sztywności podpór.

- [1] Gwizdala K., Dyka I.: Analityczna metoda prognozowania krzywej osiadania pala pojedynczego. „Inżynieria i Budownictwo”, nr 12/2001.
- [2] Gwizdala K., Dyka I.: Ocena wielkości osiadań pali w grupie. Materiały XLVII Konferencji Naukowej KILiW PAN i KN PZITB, Opole-Krynica, wrzesień 2001.
- [3] Gwizdala K., Dyka I.: Osiadanie pali i fundamentów palowych. Seminarium „Zagadnienia posadowień na fundamentach palowych”. Gdańsk, 25 czerwca 2004.
- [4] Gwizdala K., Kowalski J. R.: Prefabrykowane pale wbijane. Monografia, Politechnika Gdańska, wrzesień 2005
- [5] Gwizdala K., Krasieński A., Brzozowski T.: Analiza sztywności pali w warunkach gruntowych Portu Północnego w Gdańsku. „Inżynieria Morska i Geotechnika”, nr 3/2005.
- [6] Gwizdala K.: Projektowanie fundamentów na palach. XX Ogólnopolska Konferencja „Warsztat Pracy Projektanta Konstrukcji”. Wisła-Ustroń, 01-04 marca 2005.
- [7] Kosecki M.: Statyka ustrojów palowych. Zasady obliczania metodą uogólnioną. Biuletyn Nr 1/88 PZiITB, Szczecin, 1988.
- [8] Kowalski K.: Projekt budowlany fundamentu dla Stacji Prób Obciążeń Dźwigu Okrętowego Mac Gregora w Gdańskiej Stocznii Remontowej, Gdańsk 2004.
- [9] Mioduszewski K., Kwizziński K.: Terminal promowy Westerplatte w Gdańsku, Dostosowanie konstrukcji nabrzeża Obrońców Westerplatte do obsługi promów w Porcie Gdańsk. Projekt zamienny dla zmniejszonych obciążeń w aspekcie awarii na odcinku 17b'-17c, Gdańsk 2003.
- [10] Zrzelska B.: Koncepcja przebudowy i modernizacji nabrzeża Indyjskiego w Porcie Gdynia. „Inżynieria Morska”, nr 3/1989.
- [11] Zrzelska B.: Koncepcja stanowiska ro-ro na Nabrzeżu Szczecińskim w Porcie Gdańsk. „Inżynieria Morska”, nr 5/1983.
- [12] pr EN 1997 Eurocode 7. Geotechnical design. Part 1. General rules.