

# Fundamenty z pali prefabrykowanych

mgr inż. Wojciech Tomaka

Firma Aarsleff Sp. z o.o. jako podwykonawca konsorcjum STRABAG Sp. z o.o./HERMAN KIRCHNER GmbH realizuje roboty fundamentowe dotyczące obiektów inżynierskich budowanych w ramach inwestycji „Modernizacja drogi krajowej nr 3. Budowa zachodniej obwodnicy Gorzowa Wielkopolskiego – II Etap” objętej programem PHARE PL0009.03.

**C**alkowita długość budowanej obwodnicy wynosi około 12 km. Typowy przekrój drogi składa się z jezdni o szerokości 7 m, umocnionego pobocza o szerokości 2,5 m i obustronnych pasów zieleni. Obwodnica przebiegać będzie od ul. Szczecińskiej do ul. Sulęcińskiej na terenach Gorzowa Wielkopolskiego oraz gmin Deszczno i Bogdaniec. W zakres inwestycji wchodzi między innymi 3 węzły drogowe i 10 obiektów inżynierskich w tym duży dwunastoprzęsłowy most na rzece Warcie (M-1) i wiadukty drogowe (WD-1, WD-3 i WD-8), których fundamenty z pali prefabrykowanych wbijanych wykonuje firma Aarsleff. Poniżej przedstawiono rozwiązanie zamienne fundamentów największego obiektu inżynierskiego realizowanego w ramach modernizacji drogi krajowej nr 3, jakim jest most M-1 przez rzekę Wartę.

## Most M1

Zaprojektowany przez Transprojekt Gdański Sp. z o.o. most przekraczający Wartę – element budowanej zachodniej obwodnicy Gorzowa Wielkopolskiego w ciągu drogi krajowej nr 3 Świnoujście – Jakuszcze od km 0+000 do km 9+467 to obiekt dwunastoprzęsłowy, składający się z dwóch sześcioprzęsłowych konstrukcji o schemacie belki ciągłej, z których jedna, w przęśle nurtowym, wzmocniona zostanie wiotkim łukiem stalowym.

Rozpiętości teoretyczne przęseł wynoszą 48,0+3x60,0+120,0+60,0+48,0 i 48,0+3x60,0+48,0+36,0 m, a ich całkowita szerokość jest równa 12,10 m. Podpory zaprojektowano jako słupowe oparte na ławach zwieńczających pale fundamentowe. W projekcie podstawowym przyjęto fundamenty z wierconych pali wielkośrednicowych  $\varnothing 1000$  o długościach od 10 do 16,5 m.

## Rozwiązanie zamienne

Firma Aarsleff Sp. z o.o. zaproponowała i zaprojektowała zmianę posadowienia z pali wierconych wielkośrednicowych na pale żelbetowe wbijane o wymiarach przekroju poprzecznego 40x40 cm w ilości i o długościach dostosowanych do warunków gruntowych i wymaganej nośności poszczególnych podpór.

Obciążenia fundamentów przyjęto na podstawie obliczeń wykonanych dla pali wierconych. Liczbę pali prefabrykowanych w każdym fundamencie określano, obliczając rozkłady obciążenia na poszczególne pale przy założeniu sztywnego zwieńczenia, tak aby maksymalne obciążenie przypadające na pale nie było większe od nośności obliczeniowej (tabela 1).

Ostatecznie zaprojektowano pale o przekroju 40x40 cm i długościach od 9,0 do 16,0 m. Zostały one wykonane z betonu klasy C40/50 (B50), zbrojenie główne pali z prętów  $\varnothing 16$  (pale długości 9,1 m) i  $\varnothing 20$  mm (pale długości 11,0, 12,0, 13,0, 14,0 i 15,0 m) ze stali klasy

AIIIIN. Zmianę posadowienia zrealizowano w obrysie pierwotnie projektowanych zwieńczeń bez konieczności wprowadzania w nich żadnych zmian.

## Warunki gruntowe

Według badań geotechnicznych wykonanych na potrzeby projektu podstawowego mostu wynikało, że projektowane pale posadowione będą w gruntach:

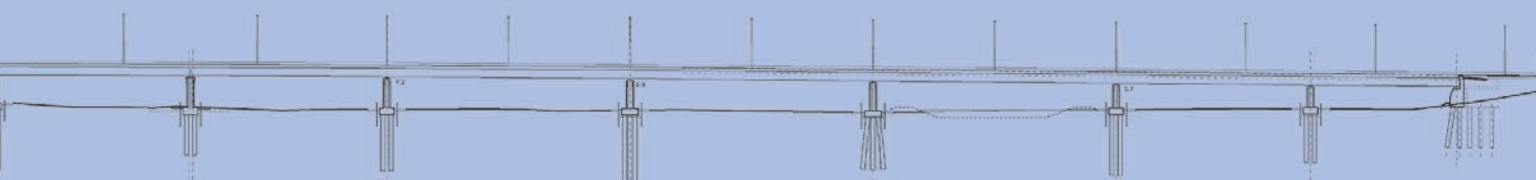
- piaskach drobnych i średnich – średnio zagęszczonych, niżej,
- piaskach średnich i grubych oraz żwirach zagęszczonych.

## Kolejność prac

Założona w projekcie i zrealizowana kolejność robót fundamentowych była następująca:

- wytyczenie w terenie osi głównych i pomocniczych podpór oraz lokalizacji pali,
- transport i wbicie pali testowych i kotwiących,
- analiza uzyskanych w trakcie wbijania wpędów i określenie spodziewanej nośności pali testowych,
- przygotowanie i przeprowadzenie próbnych obciążeń statycznych pali,
- interpretacja wyników próbnych obciążeń statycznych, weryfikacja założeń i rozwiązań projektowych,
- transport docelowych pali prefabrykowanych na budowę,
- wbicie pali docelowych,
- rozkucie głowic pali prefabrykowanych (na bieżąco wraz z postępem w ilości wbijanych pali).

Gotowe prefabrykowane elementy pali przywożono na miejsce wbudowania i wbijano palownicą. Jako pierwsze wykonano pale testowe. W czasie wbijania pali testowych notowano wartości uzyskiwanych wpędów, które okazały się niższe od spodziewanych, określonych na podstawie doświadczeń firmy Aarsleff. Wbite pale testowe poddano próbnym obciążeniom statycznym, równocześnie wykonując badania geotechniczne mające na celu ustalenie rzeczywistych warunków posadowienia w miejscach lokalizacji podpór. Wyniki badań potwierdziły wstępne informacje z budowy na temat innych niż zakładane w projekcie warunków gruntowych. Grunty niespoiste zagęszczone występo-



Tab. 1. Porównanie rozwiązania podstawowego i zamiennego

Numery podpory	Według projektu podstawowego Transprojekt Gdański Sp. z o.o.			Według projektu zamiennego Aarsleff Sp. z o.o.			
	Liczba pali wierconych	Długość pali wierconych	Nośność 1 pala	Liczba pali prefabrykowanych w fundamencie	Długość pali prefabrykowanych w fundamencie	Liczba pali prefabrykowanych poszcz. długości	Obliczeniowa nośność pala
	Ø1000 mm	[m]	Ø1000 mm	[szt.]	[m]	[szt.]	0,9 $\alpha$ N <sub>t</sub> [kN]
1	13	10	2991	26	12	26	1146,6
2	8	15	3967	24	14 13	18 6	1388,4 1176,3
3	8	16	4707	34	11 10 9	12 14 8	1017,8 924,6 833,0
4	16	13	3178	38	14 13 12 11	16 12 5 5	1578,1 1307,5 1198,5 1112,0
5	16	16	3811	49	15 12	22 27	1145,9 1022,4
6	10	15	3423	34	12 11 10	8 10 16	1039,7 956,0 853,7
7	8	10	2620	20	11 10	14 6	1062,5 925,3
8	8	14	4363	33	11 10 9	16 14 3	1042,5 929,3 825,8
9	12	16,5	2964	35	11 12 13	13 10 12	855,0 944,0 1017,0
10	12	13	2646	32	12	32	984,6
11	10	15	3364	34	12 11	22 12	970,4 831,0
12	8	12	3221	30	9 8 7	4 18 8	965,0 843,0 752,0
13	13	10	2405	28	9 10 11	9 9 10	767,0 870,0 989,0



Gotowy fundament palowy filara mostu M-1



Próbne obciążenie statyczne pala na obiekcie M-1

wały w rzeczywistości około 2-3 m głębiej niż przyjęto w projekcie podstawowym i pierwszej wersji projektu zamiennego.

Na podstawie opracowanych wyników próbnych obciążeń statycznych i odnotowanych w trakcie wbijania pali testowych wpędów oraz uwzględniając wyniki wykonanych dodatkowych badań geotechnicznych podłoża gruntowego przeprowadzono weryfikację założeń do projektowania i rozwiązań fundamentów palowych. Określono minimalne wartości wpędów dla każdego pala (liczby uderzeń dla zadanych wysokości spadu młota) gwarantujące uzyskanie zakładanych nośności. Ostatecznie przyjęto pale zamiennie w ilości i o długościach podanych w tabeli 1. Pale testowe i kotwiące wykorzystano jako elementy nośne w docelowych rusztach palowych. Po weryfikacji projektu dokończono palowanie zasadnicze.

Opisana wyżej, standardowo stosowana przez firmę Aarsleff procedura wykonania fundamentów palowych umożli-

wiła uzyskanie bezpiecznego i ekonomicznego rozwiązania.

Zastosowana technologia pali prefabrykowanych umożliwiła na etapie realizacji robót palowych identyfikację ewentualnych problemów wynikających ze zmiennych warunków posadowienia poszczególnych podpór oraz elastyczne dostosowanie rozwiązań projektowych. Technologia wbijania umożliwiła ponadto określenie i kontrolę nośności każdego pala na podstawie kryterium wpędu.

Zastosowanie innej technologii lub procedury wykonania pali mogło, w przypadku omawianej inwestycji, doprowadzić do wykonania fundamentów o niewystarczającej nośności, co z kolei mogło znacząco opóźnić harmonogram realizacji inwestycji.

**mgr inż. Wojciech Tomaka**

Aarsleff Sp. z o.o.

Pracownia Projektowa  
w Rzeszowie



**AARSLEFF**

AARSLEFF Sp. z o.o.

ul. Lambdy 6, 02-830 Warszawa

tel.: 0 22 648 88 35

fax: 0 22 648 88 36

ODDZIAŁ GDAŃSK

ul. Jaśkowa Dolina 81, 80-286 Gdańsk

tel.: 0 58 340 11 55

fax: 0 58 340 11 56

ODDZIAŁ KATOWICE

ul. Sowińskiego 46, 40-028 Katowice

tel.: 0 32 352 18 60

fax: 0 32 352 18 61

ODDZIAŁ SZCZECIN

ul. Piotra Skargi 19, 71-423 Szczecin

tel.: 0 91 430 05 41

fax: 0 91 430 05 42

PRACOWNIA PROJEKTOWA

ul. Słowackiego 20 pok. 910, 35-060 Rzeszów

tel./fax: 0 17 862 52 64