

dr Maciej Maślakowski*
mgr Rafał Kuszyk*
dr hab. inż. Artur Zbiciak*
mgr inż. Kazimierz Józefiak*

Posadowienie estakad Trasy Łazienkowskiej na gruntach słabonośnych

Trasa Łazienkowska w Warszawie po raz kolejny jest remontowana, tym razem przebudowywane są estakady. Usytuowanie na tarasie zalewowym i nadzalewowym Wisły oraz złożone warunki geologiczne klasyfikują przebudowywane obiekty do III kategorii geotechnicznej [1]. Główne założenia projektowe są ukierunkowane na zastosowanie pali wierconych CFA oraz mikropali w systemie GSI.

Charakterystyka inwestycji

Inwestycja obejmuje przebudowę estakad Ł19 ÷ Ł26 zlokalizowanych na węźle warszawskim Trasy Łazienkowskiej na przecięciu z ulicą Czerniakowską i Solec oraz estakady Ł35 na węźle praskim na przecięciu z ulicą Wał Miedzeszyński. Prace polegają na wyburzeniu istniejących obiektów budowlanych, a następnie na budowie nowych estakad. Pierwotnie estakady na węźle warszawskim zostały posadowione na **palach Wolfsholza** średnicy 35 – 50 cm i długości 5 – 16 m oraz **palach Franki** średnicy 40 cm i długości 6 – 10 m, posadowionych w warstwie piasków pod nasypami. Długość pali uzależniona była od miąższości warstwy gruntów nasypowych. Estakada na węźle praskim również była posadowiona na palach Wolfsholza średnicy 35 – 40 cm i długości 8 – 10 m, posadowionych w warstwie piasków pod nasypami i warstwą mad.

Inwestycja położona jest w obrębie mezozoicznej jednostki zwanej niecką warszawską stanowiącą środkową część niecki brzeżnej. Teren budują utwory czwartorzędowe holoceni i plejstoceni leżące na osadach trzeciorzędowych plioceńskich, mioceńskich i oligoceńskich. Miąższość czwartorzędu jest zmienna i wynosi 10 – 30 m. Są to głównie osady antro-

pogeniczne rzeczne wodnolodowcowe i lodowcowe należące do holocenu oraz zlodowaceń północnopolskiego i środkowopolskiego.

Gootechniczne warunki posadowienia

Przeprowadzone w 2009 r. oraz 2013 r. badania geologiczno-inżynierskie potwierdziły występowanie złożonych warunków gruntowo-wodnych w bezpośrednim sąsiedztwie realizowanej inwestycji (tabela). Bezpośrednie podłoże gruntowe pod istniejącymi estakadami na węźle warszawskim budują grunty antropogeniczne (1) i mady (2) o miąższości 1 ÷ 9 m p.p.t. Poniżej warstwy gruntów słabych występują grunty nośne: piaski (3a, 3b) i ility (4a, 4b). Grunty antropogeniczne tworzące warstwę nasypów uległy skonsolidowaniu pod własnym ciężarem, na skutek upływu czasu, dlatego też można je traktować jako rodzime [2]. Zgodnie z ekspertyzą ITB [4] zostały sklasyfikowane jako sypkie, w stanie luźnym ($I_D = 0,3$).

Na podstawie analizy warunków geologiczno-inżynierskich wszystkie estakady na węźle warszawskim i praskim zakwalifikowano do posadowienia na palach z uwagi na występowanie

nie od powierzchni terenu różnicowanej pod względem miąższości (1 – 9 m) i stanu warstwy gruntów antropogenicznych (1b) i mad (2) oraz na bliskie sąsiedztwo rzeki Wisły (częste wahania poziomu wód gruntowych).

Rozwiązania projektowe

Estakady zaprojektowano jako żelbetowe ciągle obiekty wieloprętowe, oparte na łożyskach znajdujących się na masywnych przyczółkach i podporach pośrednich oraz połączone za pomocą przegubu żelbetowego od stron zjazdowych z estakad. Wszystkie podpory zaprojektowano jako żelbetowe, posadowione na palach CFA oraz mikropalach w systemie GSI.

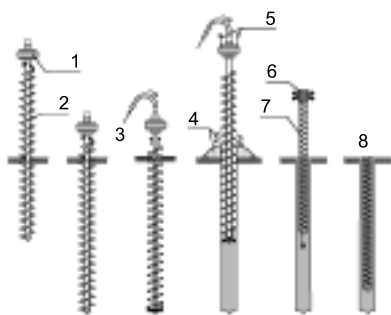
Przyjęto słupy o stałym przekroju poprzecznym na całej wysokości 85 x 300 cm i ściętych narożach – po 12,5 cm na krótszych bokach i po 125,0 cm na dłuższych bokach. Wysokość słupów jest zmienna i wynosi (mierząc od wierzchu płyty fundamentowej) 175 ÷ 570 cm. Podpory posadowiono na palach CFA [3] średnicy 500 mm i długości 10,0 m oraz na istniejących palach Wolfsholza średnicy 400 mm i długości 16,0 m, zwieńczonych ocepem grubości 1,20 m.

Warstwy geologiczno-inżynierskie wraz z parametrami fizyczno-mechanicznymi wydzielonych warstw geologiczno-inżynierskich

Warstwa geologiczno-inżynierska	Geneza	Litologia	Symbol skonsolidowania gruntu	Stan gruntu ID/IL [-]	Gęstość objętościowa ρ [Mg/m ³]	Kąt tarcia wewnętrzne ϕ [°]	Spójność c [kPa]	Edometryczny moduł ścisłości pierwotnej M_p [MPa]	
1a	warstwy konstrukcyjne nawierzchni	A	-	-					
1a		B							
1a		T							
1b	grunty antropogeniczne	nasypy	NN, NB	-	$I_L = 0,25, I_D = 0,60$ (strona praska)* $I_D = 0,30$ (strona warszawska)*			niezalecane posadowienie bezpośrednie	
2	grunty rzeczne	facja powodziowa	Gp	C	$I_L = 0,20$ (0,00 – 0,40)	2,10	15	18	20
3a	grunty rzeczne	piaski i żwir rzeczne	Pd	-	$I_D = 0,50$ (0,30 – 0,80)	1,85	30	0	62
3b			Ps, Pr			2,00**	33		95
4a	grunty jeziorne	ility pstre	I	D	$I_L = 0,10$ (0,00 – 0,20)	2,00	10	50	30
4b			I	D	$I_L \leq 0,00$	2,15	13	60	40

Wszystkie oznaczenia i symbole zgodnie z PN-86/B-02480 oraz PN-88/B-04481; * wartości stanów podano na podstawie materiałów archiwalnych; ** grunty nawodnione

* Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Lądowej



Rys. 1. Schemat wykonywania pali CFA: 1 – hydrauliczne urządzenie obrotowe; 2 – świder talerzowy; 3 – beton pod ciśnieniem; 4 – urobek; 5 – wyciągarka; 6 – wibrator; 7 – zbrojenie; 8 – gotowy pal

Pale CFA wykonywano następującymi etapami (rysunek 1):

- wkręcono w grunt świder talerzowy z rdzeniem rurowanym, zakończonym końcówką stożkową;
- podłączono do rdzenia przewód i beton tłoczono pod ciśnieniem ok. 6 atm.;

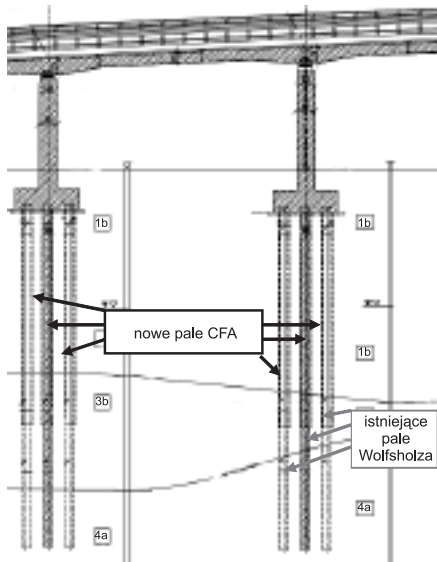


Montowanie zbrojenia pali CFA

[Fot. M. Maślakowski]

- otwarto końcówkę stożkową i wprowadzono beton do otworu pod świdrem, a następnie wyciągnięto świder bez obracania nim;
- po wyciągnięciu świdra otwór wypełniono mieszanką betonową;
- wprowadzono zbrojenie za pomocą wibratora do mieszanki betonowej (fotografia).

Na rysunku 2 przedstawiono posadowienie podpór na palach CFA i istniejących palach Wolfsholza.



Rys. 2. Przykład posadowienia podpór na nowych palach CAF i istniejących palach Wolfsholza

Mikropale gruntowe wykonywano po ustawieniu maszyny wiertniczej na platformie. Po montażu żerdzi wraz z koronką ustawiono maszt oraz jego kąt, zgodny z dokumentacją projektową. Żerdzie wraz z łącznikami, elementami dystansowymi i końcówką wiertniczą tworzą konstrukcję mikropala. Podczas wykonywania mikropali stosowano płuczkę. Wiercenie odbywało się w osłonie płuczki wiertniczej na bazie zaczynu cementowego. Zaczyn włączano do otworu wiertniczego przez

otwory w końcówce wiertniczej. Wiercenie odbywało się bez rur osłonowych. Strumień przepływu płuczki dostosowywano do panujących warunków gruntowych i postępu wiercenia. W celu wykonania iniekcji ciśnieniowej stosowano urządzenia umożliwiające tłoczenie zaczynu cementowego pod ciśnieniem $0,5 \div 1,5$ MPa. Po dowieczeniu zadanej głębokości otworu rozpoczynano iniekcję końcową. Zaczyn cementowy o $w/c = 0,4 \div 0,55$ tłoczono przez obracający się przewód wiertniczy. Otwór cementowano od dna do wierzchu. Cały zestaw pozostawiono w otworze i pełni on funkcję zbrojenia mikropala.

Inwestycja została rozpoczęta w 2013 r., a jej zakończenie zaplanowano na 2015 r. Prace są wykonywane zgodnie z harmonogramem, a nawet z lekkim wyprzedzeniem. Dotychczas wykonano praktycznie wszystkie prace fundamentowe po południowej stronie części warszawskiej. W przygotowaniu są prace szalunkowe.

Literatura

- [1] Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z 25 kwietnia 2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych (Dz.U. z 2012 r. poz. 463).
- [2] PN-EN 1997-1:2008 – Eurokod 7. Projektowanie geotechniczne. Część 1. Zasady ogólne.
- [3] PN-EN 1536:2001. Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych. Pale wiercone. Część 1, 2, 3.
- [4] Ekspertyza techniczno-ruchowa wschodniego węzła komunikacyjnego (strona praska) i estakad Ł19, Ł20 węzła zachodniego (strona warszawska) mostu Łazienkowskiego oraz opracowanie projektu budowlano-wykonawczego estakady Ł37 zgodnie z opisem przedmiotu zamówienia. Ocena warunków geotechnicznych i fundamentów. Warszawa, listopad 2002, Archiwum Zakładu Geotechniki i Fundamentowania ITB, nr archiwalny NG-0700/02.

IV Ogólnopolska Konferencja Budowlana Studentów i Doktorantów EUROINŻYNIER

11 – 13 kwietnia 2014 r. odbędzie się na Politechnice Krakowskiej IV Ogólnopolska Konferencja Budowlana Studentów i Doktorantów – EUROINŻYNIER pod hasłem „Nowoczesne projektowanie i realizacja konstrukcji budowlanych”, zorganizowana przez Studenckie Koło Naukowe Konstrukcji Żelbetowych CONKRET. Patronem medialnym tego wydarzenia jest m.in. miesięcznik „Materiały Budowlane”.

Więcej informacji: www.materiaלבudowlane.info.pl, www.euroinzynier.edu.pl oraz www.conkret.pk.edu.pl.