



FUNDAMENTY KONSTRUKCJI WSPORCZYCH LINII NAPOWIETRZNYCH

tekst: **MARIA SZRUBA**, Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne

Bezpiecznie zaprojektowany fundament spełnia warunki wymaganej nośności, dopuszczalnych odkształceń, właściwej stateczności oraz wytrzymałości. Wybór odpowiedniego fundamentu jest także uzależniony od warunków panujących w podłożu gruntowym i wymogów technicznych obiektu. Fundamenty konstrukcji wsporczych mają ponadto dodatkowe, specyficzne zadania.

Konstrukcje wsporcze, zaprojektowane i przystosowane pod względem wytrzymałości mechanicznej i elektrycznej do prowadzenia przewodów linii napowietrznych, wymagają odpowiedniego osadzenia w gruncie. Stąd częste wykorzystanie w tym celu pali, fundamentów z betonu zbrojonego lub elementów prefabrykowanych.

Rodzaje fundamentów konstrukcji wsporczych

Dla słupów żerdziowych i pełnościennych oraz niewielkich konstrukcji kratowych stosuje się fundamenty pojedyncze (fundament stanowi jednolitą całość). Takie rozwiązanie w przypadku konstrukcji kratowych o większym rozstawie krawężników byłoby już nieekonomiczne. Z tego względu dla tego typu konstrukcji wykonuje się niezależne fundamenty pod każdą z nóg konstrukcji wsporczej, czyli fundamenty rozdzielone, nazywane inaczej wielostopowymi.

Najprostsza odmiana fundamentów pojedynczych to fundamenty blokowe w kształcie prostokątów. W praktyce zdarzają się sytuacje stosowania fundamentów blokowych z odsadzką w dolnej części. Takie działanie ma na celu zwiększenie efektywności lub zmniejszenie ich ciężaru własnego. Przykładem fundamentów pojedynczych są także fundamenty stopowe, np. w postaci stóp schodkowych.

W przypadku fundamentów rozdzielonych każdy z nich pracuje w dużym stopniu niezależnie, aczkolwiek współpracują pomiędzy sobą, połączone konstrukcją wsporczą o proporcjonalnie małej sztywności. Fundamenty rozdzielone wykonywane są jako monolityczne lub prefabrykowane stopy fundamentowe, których kształt i wymiary dostosowano do wielkości obciążeń i charakterystyki podłoża.

Często spotykanym rozwiązaniem są prefabrykowane fundamenty grzybkowe, stosowane w różnych wariantach. Swoją nazwę zawdzięczają kształtowi: proporcjonalnie wąskiemu trzonowi, zwykle zbieżnemu ku górze, zakończonemu u dołu



fot. mimadeo, fotolia

płyta. W niektórych osł trzonu jest pionowa, w innych – skośna i dostosowana do nachylenia krawężnika. Nie we wszystkich krawężnik słupa kratowego jest położony centrycznie na koronie fundamentu. Zdarzają się także rozwiązania, w których wprowadza się ograniczenie mimośrod.

Aby ułatwić prace projektowe, dla rozwiązań fundamentów prefabrykowanych przyjęta jest typizacja. Biura projektów, specjalizujące się w projektowaniu linii, do poszczególnych serii słupów przygotowują wariantowe rozwiązania fundamentów grzybkowych. Wybór jest uwarunkowany cechami wytrzymałościowymi podłoża.

Do zabezpieczenia konstrukcji słupa przed nierównomiernymi osiadaniami w przypadku szeroko rozstawionych krawężników wykorzystuje się jeszcze inne rozwiązania. Buduje się wówczas fundamenty, w których stalowe bloki występujące pod nogami słupa spina się w jedną całość w płaszczyźnie podstawy fundamentu. Do tego rodzaju fundamentów należą fundamenty rusztowe (ruszt belkowy w podstawie) oraz fundamenty płytowe, przypominające odwrócony strop płytowo-słupowy. Kolejnym rozwiązaniem są sztywne fundamenty skrzyniowe. Fundament stanowią tu cztery połączone ze sobą ściany, zamknięte płytą denną.

W projektowaniu, biorąc pod uwagę sposób wykonania odsadzki w dolnej części konstrukcji fundamentu, rozróżnia się fundamenty z podcięciem i bez podcięcia. W przypadku tych pierwszych nad odsadzką znajduje się grunt rodzimy, w fundamentach bez podcięcia – grunt nasypowy.

W kwestii sposobów połączenia konstrukcji kratowej z fundamentem stosuje się różne rozwiązania. Dla połączenia przegubowego jest to przegub znajdujący się bezpośrednio nad koroną fundamentu. W połączeniach sztywnych konstrukcja stalowa jest bezpośrednio osadzona w fundamencie [1].

Zasady projektowania geotechnicznego

Zaklasyfikowanie obiektu do określonej kategorii geotechnicznej jest obligatoryjnie zapisane w normie PN-EN 1997-1 *Projektowanie geotechniczne* [2]. Ta czynność jest niezbędna z uwagi na konieczność ustalenia wymagań wobec dokumentacji i projektów geotechnicznych, a także zakresu i dokładności badań polowych i laboratoryjnych.

W rozporządzeniu [3] wyróżnia się trzy kategorie geotechniczne. Pierwsza obejmuje posadawianie niewielkich obiektów budowlanych o statycznie wyznaczalnym schemacie obliczeniowym w prostych warunkach gruntowych. W ich przypadku możliwe musi być zapewnienie minimalnych wymagań na podstawie doświadczeń i jakościowych badań geotechnicznych. Do tej kategorii zaliczane są:

- a) jedno- lub dwukondygnacyjne budynki mieszkalne i gospodarcze,
- b) ściany oporowe i rozparcia wykopów, jeżeli różnica poziomów nie przekracza 2,0 m,
- c) wykopy do głębokości 1,2 m i nasypy budowlane do wysokości 3,0 m, wykonywane w szczególności przy budowie dróg, pracach drenażowych oraz układaniu rurociągów.

Druga kategoria geotechniczna obejmuje obiekty budowlane posadawiane w prostych i złożonych warunkach gruntowych. Wymagają one ilościowej i jakościowej oceny danych geotechnicznych i ich analizy. Są to:

- a) fundamenty bezpośrednio lub głębokie,

- b) ściany oporowe lub inne konstrukcje oporowe,
- c) wykopy, nasypy budowlane, z zastrzeżeniem pkt 1c, oraz inne budowle ziemne,
- d) przyczółki i filary mostowe oraz nabrzeża,
- e) kotwy gruntowe i inne systemy kotwiące.

Trzecia kategoria geotechniczna obejmuje obiekty budowlane posadawiane w skomplikowanych warunkach gruntowych oraz nietypowe obiekty budowlane niezależnie od stopnia skomplikowania warunków gruntowych, których wykonanie lub użytkowanie może stwarzać poważne zagrożenie dla użytkowników. Należą do niej także obiekty budowlane zaliczane do inwestycji mogących zawsze znacząco oddziaływać na środowisko, budynki wysokościowe projektowane w istniejącej zabudowie miejskiej, obiekty wysokie, których głębokość posadowienia bezpośredniego przekracza 5,0 m lub które zawierają więcej niż jedną kondygnację zagłębioną w gruncie. Ponadto do tej grupy należą tunele w twardych i niespękanych skałach, w warunkach niewymagających specjalnej szczelności, obiekty infrastruktury krytycznej oraz obiekty zabytkowe i monumentalne.

Określenie kategorii geotechnicznej całego obiektu budowlanego lub jego poszczególnych części wykonuje projektant obiektu budowlanego na podstawie badań geotechnicznych gruntu, których zakres uzgadnia z wykonawcą specjalistycznych robót geotechnicznych.

Zalecenia normowe

Zgodnie z obowiązującą normą [2], fundamenty konstrukcji wsporczych linii napowietrznych kwalifikuje się do drugiej lub trzeciej kategorii geotechnicznej. Rodzaj kategorii geotechnicznej determinuje sposób wyznaczenia parametrów podłoża. Aby spełnić wymagania stawiane drugiej kategorii geotechnicznej, niezbędne jest ilościowe określenie liczbowych wartości parametrów geotechnicznych. Dokonuje się ich na podstawie analizy materiałów archiwalnych i doświadczeń porównywalnych wyników badań polowych oraz wyników badań laboratoryjnych z uwzględnieniem korelacji bezpośrednich z badaniami.

Badania specjalistyczne wykonuje się, jeżeli parametry obiektu i warunki terenowe wymagają zastosowania trzeciej kategorii geotechnicznej. Natomiast dla obiektów zlokalizowanych w rejonach eksploatacji górniczej sporządza się dokumentację geologiczno-górnica dotyczącą obszaru posadowienia konstrukcji.

Zastosowanie pali

W sytuacjach niedostatecznej nośności podłoża na obciążenia pionowe lub kiedy konieczne jest zapewnienie odpowiedniego zakotwienia fundamentów poddanych wyciąganiu stosuje się posadowienie fundamentów konstrukcji wsporczych na palach. Wykonuje się je zarówno w przypadku fundamentów pojedynczych, jak i wielostopowych. W przypadku niewielkich konstrukcji wsporczych wystarczy posadowienie za pośrednictwem pojedynczego pala. Z kolei dla posadowienia dużych konstrukcji żerdziowych na fundamentach pojedynczych przekazanie sił na podłoże następuje za pośrednictwem grupy pali zwieńczonych ocepem.

Różny charakter pracy pali jest w dużej mierze zależny od typu fundamentów, w których zostały one zastosowane. W przypadku fundamentów pojedynczych konstrukcja wsporcza oddziałuje na nie siłami poziomymi i momentami. W wyniku

przekazania tych sił na pale występują w nich momenty zginające. W fundamentach wielostopowych (rozdzielonych) dominuje mechanizm przenoszenia obciążeń z konstrukcji przez siły pionowe w fundamentach, co sprawia, że pale obciążone są osiowo [1].

W przypadku sieci trakcyjnej na fundamentach palowych można posadzić konstrukcje wsporcze wykonane ze stali, strunobetonowe lub żelbetowe. Z uwagi na wielkość przekroju poprzecznego wyróżnia się trzy typy pali stosowane jako fundamenty pod konstrukcje wsporcze oraz dwa typy pali stosowane jako kotwy.

Dzięki wykorzystaniu prefabrykatów i technologii wbijania projektanci dysponują wieloma możliwościami kształtowania i kontroli wykonania fundamentów, które nie są dostępne w innych technologiach palowych i rodzajach fundamentów, zarówno bezpośrednich, jak i na wzmocnionym podłożu. Dzięki wieloetapowej kontroli jakości prefabrykaty palowe są kontrolowane w czasie produkcji, transportu i wbijania pali oraz po ich wykonaniu, np. przez badanie ciągłości przy dużych odkształceniach. Możliwa jest także kontrola jakości rozpoznania geotechnicznego przez obserwację wpędów.

Kontrola nośności wykonanego fundamentu może się odbywać na kilku poziomach. Pobieżnej dokonuje się według oceny wpędów z końca wbijania, dokładniejszej – na podstawie wpędów pomierzonych w trakcie dobicia pala, a dokładnej – z wykorzystaniem badań dynamicznych przy dużych odkształceniach oraz badań statycznych nośności pali.



Wykorzystanie prefabrykatów i technologii wbijania umożliwia ponadto szybkie przeprowadzenie badań nośności pali przed palowaniem zasadniczym i wykorzystanie uzyskanych wyników w projektowaniu, do optymalizacji czy korekty rozwiązań projektowych. Kolejnymi zaletami są możliwość obciążenia pali bezpośrednio po wbiciu i pochylania ich w granicach $\pm 30^\circ$ od pionu, a w szczególnych przypadkach o $\pm 45^\circ$. Takie rozwiązanie pozwala na dopasowanie osi pala do kierunku działania sił wypadkowych i uzyskania korzystnego, osiowego obciążenia pala [4].

Podsumowanie

W przypadku każdej konstrukcji o wyborze rodzaju fundamentu decyduje wiele czynników. Jeśli warunki gruntowe są dobre, stosuje się różne odmiany posadowienia bezpośredniego. Natomiast tam, gdzie podłoże gruntowe jest słabonośne, konieczne jest posadowienie pośrednie za pomocą pali, które przekazują obciążenia na głębiej położoną warstwę nośną. W tym celu buduje się pale pojedyncze pod każdą z nóg słupa albo grupy pali zwieńczone płytą. Ważnym czynnikiem decydującym o wyborze rodzaju fundamentu jest wielkość podstawy konstrukcji wsporczej [1].

Literatura

- [1] Mendera Z., Szojda L., Wandzik G.: *Stalowe konstrukcje wsporcze napowietrznych linii elektroenergetycznych wysokiego napięcia*. PWN. Warszawa 2016.
- [2] PN-EN 1997-1:2008 Eurokod 7 *Projektowanie geotechniczne*. Cz. 1. *Zasady ogólne*.
- [3] *Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z 25 kwietnia 2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych*. Dz.U. 2012, poz. 463.
- [4] Sobala D.: *Zastosowanie żelbetowych prefabrykowanych pali wbijanych w budownictwie energetycznym* [online]. Dostępny w Internecie: www.aarsleff.com.pl (dostęp 20 października 2016).



ELBUD sp. z o.o. sp. k., ul. Sielecka 11, 37-700 Przemysł
tel.: 16 678 50 81, fax: 16 678 29 80, e-mail: elbud@elbudprzemysl.pl



www.elbudprzemysl.pl

50 LAT DOŚWIADCZENIA W BUDOWNICTWIE ENERGETYCZNYM

ELBUD spółka z ograniczoną odpowiedzialnością spółka komandytowa w Przemysłu to 50 lat doświadczenia w budownictwie energetycznym. Wychodząc naprzeciw rosnącym oczekiwaniom klientów oraz wyższym standardom, dążymy do ciągłego rozwoju przedsiębiorstwa, koncentrując się na jakości i estetyce naszych wyrobów. Oferujemy prefabrykowane fundamenty dla stacji oraz linii elektroenergetycznych zaprojektowane w oparciu o **normę Europejską Euro Kod 2**. Ponadto oferujemy prefabrykaty dla budownictwa ogólnego, kolejowego oraz prefabrykaty związane z realizacją gazociągów.



ELBUD spółka z ograniczoną odpowiedzialnością spółka komandytowa w Przemysłu to **50 lat** doświadczenia w budownictwie energetycznym.

Wychodząc naprzeciw rosnącym oczekiwaniom klientów oraz wyższym standardom, dążymy do ciągłego rozwoju przedsiębiorstwa, koncentrując się na jakości i estetyce naszych wyrobów. Oferujemy prefabrykowane fundamenty dla stacji oraz linii elektroenergetycznych zaprojektowane w oparciu o **normę Europejską Euro Kod 2**.

Ponadto oferujemy prefabrykaty dla budownictwa ogólnego, kolejowego oraz prefabrykaty związane z realizacją gazociągów.



www.elbudprzemysl.pl

ELBUD sp. z o.o. sp. k.,
ul. Sielecka 11, 37-700 Przemysł
tel.: 16 678 50 81, fax: 16 678 29 80
email: elbud@elbudprzemysl.pl

Zapraszamy do współpracy