

mgr Piotr Rychlewski\*

## Zastosowanie mikropali w fundamentach konstrukcji inżynierskich

**M**ikropale to pale wiercone średnicy mniejszej niż 300 mm lub pale przemieszczeniowe średnicy mniejszej niż 150 mm. Spośród innych rodzajów pali wyróżnia je m.in.:

- niewielki sprzęt potrzebny do wykonania;
- duża sztywność osiowa i małe osiadanie;
- duża nośność w odniesieniu do wymiarów;
- przenoszenie obciążeń na grunt głównie za pośrednictwem pobocznic, z czego wynika porównywalna nośność na wciskanie i wyciąganie (różnica nośności zwykle jest mniejsza niż 20%);
- mała nośność na zginanie i ścinanie, szczególnie mikropali o małej średnicy i zbrojonych prętami;
- relatywnie wysoka cena jednostkowa w stosunku do pali dużej średnicy.

Właściwości poszczególnych rodzajów mikropali zależą od technologii wykonania. Ich nośność można zwiększyć przez iniekcję pobocznic lub podstawy. Elementem nośnym w mikropalach są najczęściej kształtowniki stalowe (fotografia 1), rury, pręty lub wiązki prętów. Nośność typowych mikropali nie przekracza 1000 kN, zaś mikropali z wielokrotnie iniektowaną poboczną dochodzi do 2000 kN i zwiększa się w przypadku korzystnych warunków gruntowych oraz wraz ze wzrostem wymiarów przekroju.

Mikropale mogą być wciskane, wbijane, wkręcane, wwibrowywane lub wiercone w osłonie rurowej bądź świdrem ślimakowym jak pale CFA. Dużą popularność zdobyły m.in. mikropale samowierzące typu Titan, które nie wymagają rurowania, a żerdź wiertnicza jest jednocześnie zbrojeniem. Obecnie w Polsce jest stosowanych kilka rozwiązań konkurencyjnych takich mikropali. Do wzmocnienia fundamentów stosuje się mikropale wciskane, w przypadku których wykorzystuje się istniejący fun-

dament lub strop jako konstrukcję oporową siłownika. Podczas wciskania kontroluje się siłę. Prostą metodą instalacji rur żeliwnych wypełnianych później betonem jest ich wbicie młotem zamontowanym do koparki. Istnieje również możliwość dodatkowego iniektowania pali podczas wbijania.



Fot. 1. Dolna część zbrojenia mikropala z rurkami iniekcyjnymi

Fot. Autor

Ze względu na niewielką średnicę i możliwość wykonania przez przewiercone istniejące fundamenty oraz używanie lekkiego sprzętu o niewielkich wymiarach mikropale stosowano początkowo do wzmocnienia fundamentów istniejących budowli, m.in. budynków zabytkowych oraz mostów. Obecnie z powodzeniem są wykorzystywane również do:

- stabilizacji osuwisk i zbrojenia skarp;
- kotwienia elementów podlegających wyporowi (np. płyty fundamentowe);
- posadowienia konstrukcji obciążonych dużym momentem (słupy energetyczne, maszty);
- posadawiania obiektów w trudnych warunkach terenowych;
- wykonania obudowy wykopu i jej kotwienia.



Fot. 2. Most łukowy z jazdą górą posadowiony na mikropalach

Fot. J. Sierant

\* Instytut Badawczy Dróg i Mostów



## AGOCEL - Power of Innovation

• • • • •  
 - znaczna redukcja wydatków na system zagęszczający  
 - produkty z tej grupy silnie zagęszczają, stabilizują oraz obniżają koszty produkcji (farby, tynki, kleje)



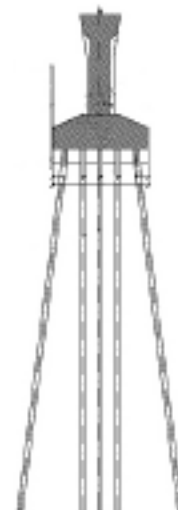
RETENMAIER POLSKA  
 SP. z o.o.  
 Al. Jerozolimskie 181  
 02-222 Warszawa  
 Tel. + 48 (22) 608 51 09  
 Fax + 48 (22) 608 51 51

ści 12 i 15 m przejmowały siłę z dźwigara łukowego, a jeden rząd pionowy długości 15 m siły z filara posadowionego na fundamencie. O zastosowaniu takiej technologii zdecydowały: optymalne przejście sił z konstrukcji przez układ kozłowy mikropali, czas wykonania i warunki gruntowe – flisz karpacki, w przypadku którego sprawdzają się mikropale samowierzące. Analogicznie sytuacja wygląda w przypadku mostów łukowych z jazdą dołem. Pokazany na fotografii 3 układ pali ukośnych w miejscu oparcia pojedynczego łuku eliminuje konieczność przenoszenia przez te elementy dużych sił zginających. Siła rozporu łuku przekazywana jest na grunt przez wachlarzowy układ pochylonych mikropali. W fundamencie łuku wykonano ponad 40 szt. pochylonych mikropali.



Fot. 3. Układ pali ukośnych w moście łukowym z jazdą dołem *Fot. Autor*

Mikropale stosowane są również jako fundamenty bardzo dużych obiektów mostowych. Na fotografii 4 przedstawiono estakadę drogi ekspresowej składającą się z 10 przęseł łącznej długości ponad 400 m. Do wykonania mikropali fundamentowych na grząskim podłożu wykorzystano maszynę gąsienicową o masie 10 t, co nie wymagało budowy specjalnych platform i dróg dojazdowych. W podłożu zalegały dużej miąższości warstwy miękkoplastycznej gytii i kredy jeziornej ( $I_L = 0,64$ ). Długość mikropali wynosiła  $15 \div 24$  m, a nośność  $800 \div 1400$  kN. Układ pali pokazano na rysunku.



Układ mikropali w podporze [2]

Przykładem zastosowania mikropali o bardzo dużej nośności jest most kolejowy na Sekwanie wybudowany na potrzeby kolei dużej prędkości. Charakteryzuje się bardzo rygorystycznymi wymaganiami dotyczącymi dopuszczalnych osiadań i ich różnic. Specjalne zabiegi wykonawcze i sprzyjające warunki gruntowe pozwoliły wykonać mikropale o nośności ok. 4200 kN.

### Literatura

- [1] Bolesław Kłosiński „Mikropale – stan techniki i projektowanie”, seminarium Konstrukcje stalowe w geotechnice, Warszawa, 18 listopada 2010 r.  
 [2] Jakub Sierant: Mikropalowe posadowienie dużego obiektu mostowego na słabym podłożu”, Konferencja Podłoże i fundamenty budowy drogowych, Kielce, 9 maja 2012 r.



Fot. 4. Podpory estakady drogi ekspresowej posadowionej na mikropalach *Fot. Autor*