

mgr inż. Przemysław Nowak*
mgr inż. Remigiusz Musiał*

Pale prefabrykowane do obiektów inżynierskich

Technologia wzmocnienia gruntu za pomocą pali wbijanych jest jedną z najstarszych metod głębokiego fundamentowania. Wbijane prymitywnym kafarem zawieszonym na trójnogu pale drewniane z czasem zastąpiono palami żelbetowymi, a trójnogi – wieloczynnościowymi samobieżnymi kafarami na gąsienicach. Na świecie rynek pali zdominowany jest w ok. 50% przez prefabrykaty: żelbetowe, stalowe, drewniane.

Na palach prefabrykowanych, o kształcie prostopadłościanu i szerokości podstawy 25, 30, 35 lub 40 cm, posadawia się obiekty inżynierskie: mosty, wiadukty, estakady oraz nabrzeża portowe i lekkie konstrukcje stalowe. Ich stosowanie przynosi korzyści ekonomiczne i skraca czas budowy obiektu, zwłaszcza w przypadku obiektów inżynierskich (mostów autostradowych) na terenach niezurbanizowanych, gdzie nie ma betoniarni, zbrojarni, kopalni kruszywa, cementowni. Roboty palowe zwykle są pierwszymi pracami, od których zaczyna się budowę mostu, i zazwyczaj teren nie jest przygotowany dla ciężkiego sprzętu, nie ma zaplecza budowy oraz dróg dojazdowych.

Na palach prefabrykowanych posadowiono m.in.: estakadę nad ul. Cedrową w Gdańsku; estakadę węzeł św. Maksymiliana w Gdyni; most drogowy obwodnicy Karlina na drodze krajowej nr 6; wiadukt w ciągu ul. Leszczyńskiej w Szczecinie; estakadę kolejową w Licheńiu k. Konina; estakadę w ciągu ul. Obornickiej w Poznaniu; remontowany

most drogowy w Czyżewie w woj. bielskim (fotografia 1); węzeł Mataria w Gdańsku.

Do zalet, jakie daje stosowanie pali prefabrykowanych, można zaliczyć:

- szybkie tempo wykonywania prac – w ciągu jednej zmiany można wbić 350 – 380 m pali; w przypadku pali jednakowej długości, zlokalizowanych na małym obszarze, wydajność prac jeszcze wzrasta; palownica reguluje wysokość spadania młota i siłę wbijania pali w zależności od warunków gruntowych;

- niewielkie wymagania sprzętowe – do wykonania robót palowych potrzebna jest czteroosobowa brygada, palownica i dźwig do rozładunku pali

(w szczególnych wypadkach można użyć palownicy);

- swobodę w składowaniu pali na placu budowy – pale można składować w miejscu oddalonym od palownicy i wówczas do ich transportu stosuje się wyciągarkę lub spycharkę;

- prowadzenie prac w różnych warunkach pogodowych (w zimie i w lecie);

- dobrą jakość pali – pale na każdym etapie produkcji są kontrolowane przez wykwalifikowany personel techniczny (zbrojenie pali ma gwarantowaną grubość otuliny);

- swobodę w projektowaniu pali (ze względu na wieloletnie doświadczenia odnośnie do zachowywania się pali w gruncie); pale mogą być wbijane pod dowolnym kątem, co pozwala projektować fundamenty o niewielkich wymiarach, zachowując odpowiednie odległości pomiędzy ich podstawami, aby wyeliminować ich wzajemne oddziaływanie; pale można łączyć na długości i dlatego głębokość zalegania warstwy nośnej nie jest istotna;

- możliwość wielostopniowej kontroli nośności pali – wykonuje się tradycyjne próbnе obciążenie statyczne, testy dynamiczne metodą pomiaru rozchodzenia się fali (obróbka komputerowa); na budowie nośność pala weryfikuje się na podstawie wzorów empirycznych z wpędów (liczba uderzeń na 20, 30, lub 40 cm wbicia pala); wyniki badań nośności otrzymuje się w bardzo krótkim czasie; wszystkie testy przeprowadza się przed przystąpieniem do palowania; do próbnych obciążeń pale wybiera się losowo; każdorazowo palowanie poprzedzone jest



Fot. 1. Wbijanie pali pod podpory mostu w Czyżewie kafarem firmy „Aarsleff” Sp. z o.o.

* „Aarsleff” Sp. z o.o.

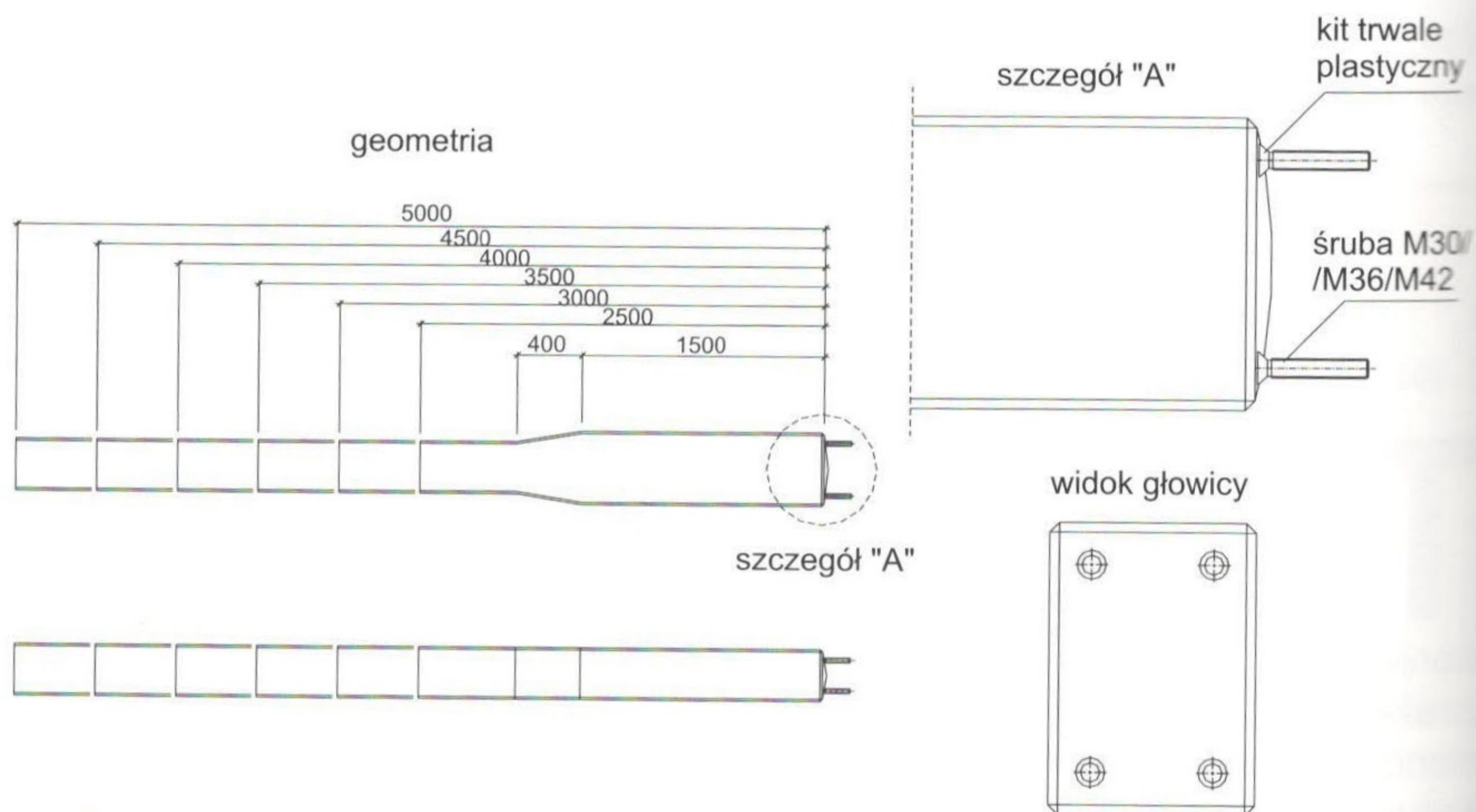
próbą terenową, aby można było wyeliminować ryzyko popełnienia błędu; w dokumentacji powykonawczej podaje się nośność każdego pala; nośność pali kontroluje się na bieżąco w trakcie palowania; w przypadku występowania znacznych rozbieżności pomiędzy nośnością projektowaną a rzeczywistą należy wprowadzić odpowiednie poprawki; najnowsze kafary mają elektroniczny zapis wbijania i rejestrują nośność pala, co pozwala wyeliminować błędy i projektant może być pewien, że zaprojektowany przez niego obiekt będzie prawidłowo pracował;

- możliwość wykonywania innych prac budowlanych (oczepów pali) bezpośrednio po wbiciu pala, co ma istotny wpływ na czas i harmonogram robót.

Doświadczenia firmy „Aarsleff” Sp. z o.o. wykazały, że umiejętne stosowanie pali prefabrykowanych przynosi korzyści ekonomiczne wynikające z oszczędności pali, czasu i organizacji robót. Brak szerszego stosowania pali w kraju jest wynikiem przede wszystkim niechęci do tej technologii ze strony projektantów, inspektorów nadzoru, inwestorów i kierowników budów, co wynika z negatywnych doświadczeń zdobytych w latach siedemdziesiątych. Obecnie nie ma problemu złej jakości pali, dowozu na czas, wadliwych kafarów dieslowskich, długotrwałej procedury próbnych obciążeń. Wadą technologii mogą być nadmierne wibracje i hałas powstające podczas prac, lecz można je zminimalizować.

Upowszechnienie technologii wbijania pali prefabrykowanych jest najlepszą receptą na zmniejszenie kosztów inwestycji. Koszt posadowienia mostu na palach prefabrykowanych łącznej długości 1000 – 2000 m jest o ok. 30% niższy w porównaniu z innymi technikami palowania.

Od 2002 r. pale prefabrykowane stosowane są również pod konstrukcje wsporcze ekranów akustycznych, a od ponad trzydziestu lat pod kolejowe słupy sieci trakcyjnej. Na rysunku przedstawiono pale pod konstrukcje wsporcze ekranów akustycznych, a w tabeli ich charakterystykę. Na fotografii 2 przedstawiono pale pod konstruk-



Rodzaje pali prefabrykowanych stosowanych pod konstrukcje wsporcze ekranów



Fot. 2. Pale pod konstrukcje wsporcze ekranu akustycznego przy autostradzie A-2 na odcinku Września – Konin

Charakterystyka pali stosowanych pod konstrukcje wsporcze ekranów akustycznych

Typ pala	Wymiary głowicy pala [mm]	Wymiary trzonu [mm]
B1	320x450	320x320
B2	360x520	360x360
B3	400x580	400x400

cje wsporcze ekranu akustycznego przy autostradzie A-2 na odcinku Września – Konin. W procesie produkcji w podstawę pala wmontowuje się cztery śruby kotwiące, słupy z dwuteowników HEB160. Bezpośrednio po wbiciu pala można montować słupki, belki podwalinowe i panele ekranów.

Montaż ekranów jest tani i bardzo szybki. Wadą może być ograniczony dostęp maszyny do miejsca wbijania pala. W czasie jednej zmiany roboczej można wbić więcej niż 20 pali. Jeżeli są one wbijane co 5 m, ekipa przesuwa się ponad 100 m dziennie. Odpowiednie zorganizowanie robót umożliwi zmontowanie ponad 100 m ekranu w ciągu dwóch dni, co jest istotne w przypadku wykonywania prac bezpośrednio z jezdni i gdy istnieje konieczność wyłączenia z ruchu pasa drogowego. Ekran długości 250 – 300 można zmontować w ciągu tygodnia. Ze względu na dużą precyzję wbijania pali i rektyfikację słupka w pionie i w linii, inwestor może skrócić czas budowy i zminimalizować jej koszty.