



Prace geotechniczne przy budowie apartamentów Novum przy ul. Rakowickiej i Stwosza w Krakowie

Kotwy gruntowe sprawdzonym sposobem zabezpieczenia obudowy wykopów



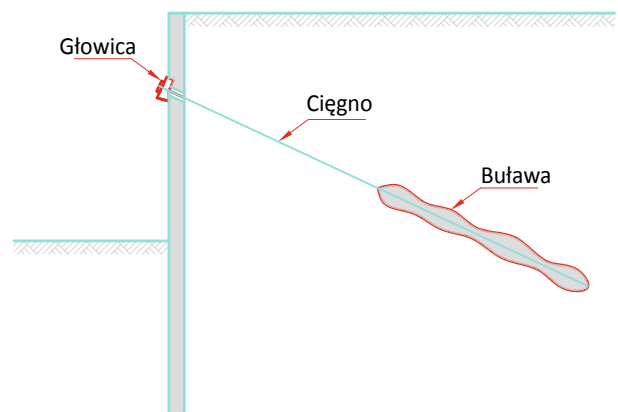
tekst: **BARTŁOMIEJ SUTOWSKI**, zdjęcia: **STUMP FRANKI Sp. z o.o.**

Iniekcyjne kotwy gruntowe są specjalistycznymi konstrukcjami geotechnicznymi wykonywanymi przez Stump Franki od przełomu lat 80. i 90. XX w. Jako jedna z nielicznych firm w Polsce nieprzerwanie od ponad 30 lat realizujemy kotwy w coraz trudniejszych warunkach gruntowych, w zwartej zabudowie miejskiej oraz inwestycjach infrastrukturalnych. Lata doświadczeń, wyspecjalizowana kadra i szeroki park maszynowy pozwalają nam na optymalny dobór sposobu kotwienia zarówno pod względem technicznym, jak i ekonomicznym.

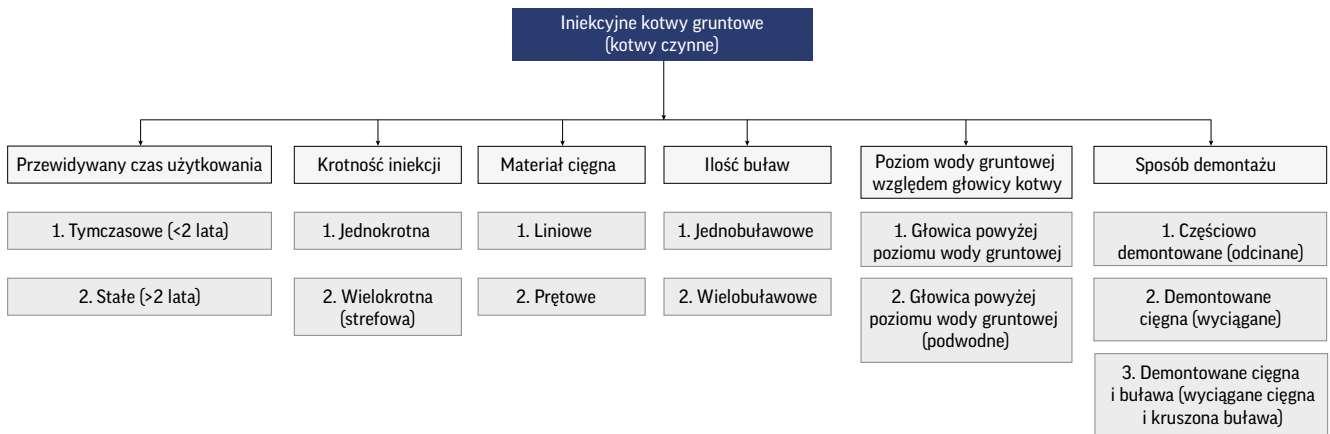
Iniekcyjne kotwy gruntowe – definicje, rodzaje, zastosowanie

Najważniejszym zadaniem kotew jest przeniesienie sił rozciągających z konstrukcji na otaczający grunt. Głównym obszarem zastosowania jest zapewnienie stateczności obudowy wykopów. Typowa konstrukcja kotwy została przedstawiona na rycinie 1 [1]. Najważniejszymi jej elementami są buława, cięgno oraz głowica. Zadaniem buławy, elementu wykonywanego z zaczynu cementowego pod ciśnieniem, jest przeniesienie sił z cięgna na otaczający ją grunt. Cięgno to element stalowy, łączący kotwioną konstrukcję z buławą, natomiast głowica, wykonana podobnie jak cięgno ze stali, umożliwi przeniesienie sił z kotwionej obudowy wykopu na cięgno.

Istnieje wiele kryteriów podziału kotew. Najczęściej klasyfikuje się je ze względu na przewidywany czas użytkowania, krotność iniekcji, materiał cięgna, liczbę buław, poziom wody gruntowej względem głowicy kotwy oraz sposób demontażu. Szczegółowy podział przedstawiono na rycinie 2.



Ryc. 1. Schemat kotwy czynnej [1]



Ryc. 2. Podział kotew gruntowych

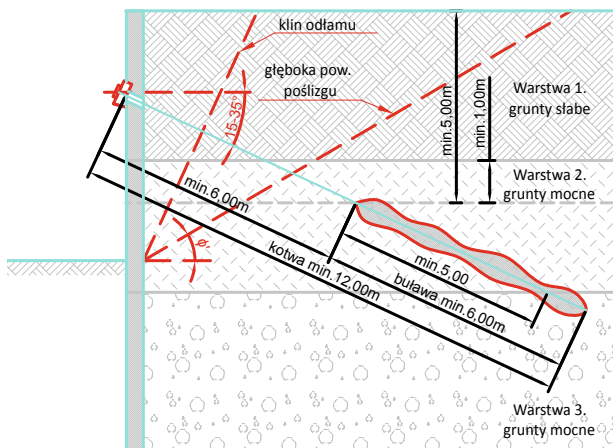
Zakres stosowania

Z technicznego punktu widzenia kotwy można wykonać w niemal każdych warunkach gruntowych, jednak nie we wszystkich jest to zalecane. Najistotniejszym czynnikiem w projektowaniu oraz wykonywaniu kotew jest rodzaj i stan gruntu, w którym formowana jest buława kotwy, czyli element włączający do współpracy masyw gruntowy znajdujący się za obudową wykopu. Elementy nośne (buławy) wykonuje się w:

- gruntach niespoistych (piaski, pospółki, żwiry) w stanie średnio zagęszczonym i zagęszczonym,
- gruntach spoistych (pyły, gliny i iły) w stanie twardoplastycznym, półzwałnym i zwałnym.

Jak widać na rycinie 3, poziom głowicy kotwy oraz cięgno mogą znajdować się w gruntach słabonośnych. Istotne jest, aby czoło buławy znajdowało się min. 1,00 m od styku gruntów słabych i mocnych.

Należy także pamiętać o odpowiednim kształtowaniu długości wolnej cięgna oraz kącie nachylenia kotwy. Długość wolna powinna być dobrana w taki sposób, aby buława znajdowała min. 5,00 m poniżej poziomu terenu oraz poza klinem odłamu. Najlepszą gwarancją pełnego wykorzystania nośności kotwy jest takie dobranie długości wolnej, aby buława znajdowała się poza głęboką płaszczyzną poślizgu. Kąt, pod jakim wykonywana jest kotwa, powinien zawierać się w przedziale 15–35°, ale zalecany przedziałem jest 20–30° [2].



Ryc. 3. Schemat kotwy iniekcyjnej (czynnej)

Kotwy tymczasowe

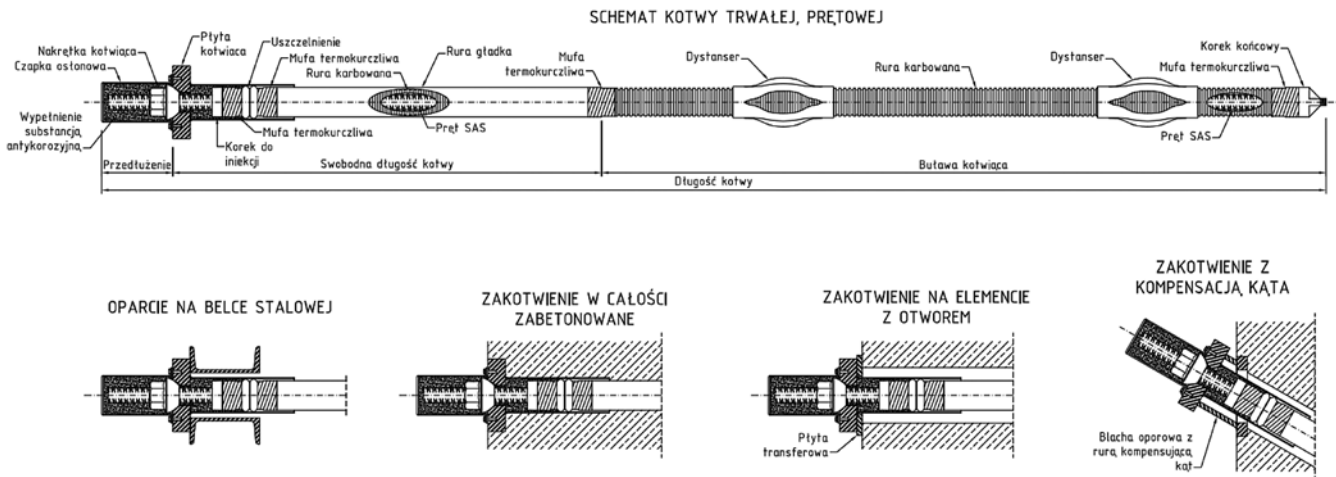
Kotwy tymczasowe (ryc. 4) znajdują najczęściej zastosowanie w budownictwie kubaturowym, zapewniając stateczność obudowy wykopu do momentu wykonania całości konstrukcji podziemia. Czasami wykorzystywane są także w budownictwie infrastrukturalnym, gdy zastosowanie np. rozpór stalowych powodowałoby duże utrudnienia wykonawcze lub byłoby po prostu niemożliwe. Można je stosować zarówno w obudowach tymczasowych, takich jak ściany berlińskie, palisady, przesłony przeciwfiltracyjne, grodzice stalowe, jak i w obudowach docelowych, np. ścianach szczelinowych.



Ryc. 4a. Zabezpieczenie wykopu hali Böhler w Mysłowicach



Ryc. 4b. Kotwy tymczasowe – obudowa berlińska tunelu Krakowskiego Szybkiego Tramwaju



Ryc. 5. Schemat stałej kotwy prętowej wraz ze szczegółem głowicy [3]



Ryc. 6. Kotwy podwodne – os. Bliska Wola w Warszawie

Kotwy stałe

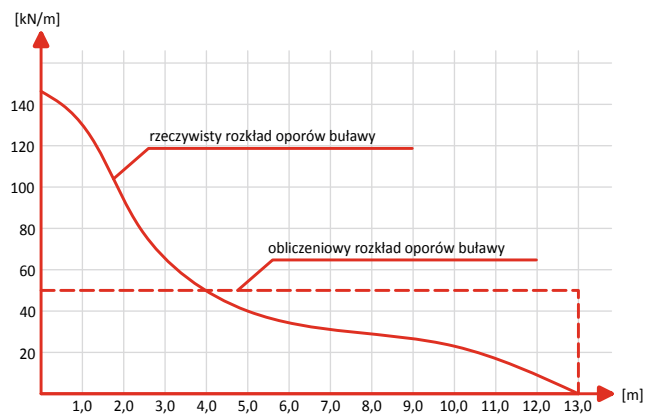
Kotwy stałe (ryc. 5) znajdują zastosowanie głównie w budownictwie infrastrukturalnym, zapewniając stateczność murów oporowych w ciągu tras komunikacyjnych. Wykorzystywane są także w konstrukcjach hydrotechnicznych. Różnica w budowie w stosunku do kotew tymczasowych polega na zastosowaniu dodatkowej powłoki antykorozyjnej, skutecznie chroniącej przed ubytkami w zbrojeniu. Ponadto konstrukcja głowicy umożliwia dodatkowe doprężenie kotwy, gdyby zaszła taka potrzeba.

Kotwy podwodne

Kotwy, których poziom głowicy znajduje się poniżej zwierciadła wody gruntowej, nazywamy kotwami podwodnymi (ryc. 6). Różnica w ich budowie w stosunku do kotew wykonywanych powyżej poziomu wody gruntowej polega na innej budowie głowicy, uniemożliwiając napływ wody do wykopu. Najczęściej kotwy podwodne wykonuje się do maksymalnej głębokości ok. 10,0 m poniżej zwierciadła wody gruntowej.

Kotwy wielobuławowe

Przeważnie przyjmuje się, że nośność obliczeniowa pojedynczej kotwy nie przekracza 750 kN. W gruntach spoiстых wartość ta bywa mniejsza. Jest to z reguły spowodowane tym, że rozkład tarcia na poboczniczy nie jest liniowy, jak zakłada to większość metod obliczeniowych, lecz zmienny i maleje wraz z długością buławy. Badania [4] potwierdzają, że największy opór generuje się na pierwszych 4,00–6,00 metrach buławy, a powyżej



Ryc. 7. Rozkład oporów buławy na poboczniczy [4]

9,00–10,00 m opory są już bliskie zeru (ryc. 7). Dlatego też, aby wykorzystać w maksymalny sposób możliwości kotwienia, powstała idea wykorzystania kotew wielobuławowych. W jednym otworze wiertniczym wykonywany jest szereg buław pracujących na niezależnych ciągnach. Pozwala to na efektywniejsze wykorzystanie oporów gruntów przy nieznacznym wzroście ilości materiału. Stump Franki jest prekursorem oraz liderem wykonywania w Polsce kotew wielobuławowych. Pierwszy raz takie rozwiązanie zostało zastosowane na budowie centrum handlowego Złote Tarasy w Warszawie, obecnie realizujemy rocznie kilka kontraktów z zastosowaniem tej technologii.



Ryc. 8. Kotwy podwodne dwubulawowe, ul. Szturmowa w Warszawie

Kotwy demontowalne

Typowy demontaż kotwy tymczasowej (ryc. 8) polega na odcięciu cięgna przy głowicy, gdy wykonana jest już obudowa docelowa i jest dostatecznie podparta innymi elementami. Jednak czasami, gdy kotwy znajdują się na działce sąsiada, zobowiązuje się inwestora do likwidacji cięgien lub cięgien i buławy. Takie rozwiązanie jest możliwe przez kontrolowane osłabienie cięgna przy czole buławy lub specjalne wykonstruowanie końcówek cięgien umożliwiające skruszenie buławy przy wrywaniu.

Bezpieczeństwo wykonania

Zdarza się, że przeciwnicy kotew zarzucają tej technologii mniejszy stopień bezpieczeństwa i większą niepewność wykonania w porównaniu z innymi rozwiązaniami zapewniającymi stateczność obudowy wykopu, np. rozporami. Nie jest to prawdą, ponieważ **każda kotwa jest poddawana badaniom odbiorczym** [1]. Żadna inna technologia nie wymaga tak dokładnej weryfikacji założeń dotyczących nośności. Przykładowo przy technologiach palowych, sprawdzany jest jeden pal na 100 wykonanych. Ponadto jeśli zachodzi taka potrzeba, wykonuje się badania wstępne lub badania przydatności, dodatkowo weryfikując nośność kotew lub sprawdzając sposób ich zachowania w sytuacjach wyjątkowych.

Korzyści wynikające z wykorzystania kotew

Kotwy gruntowe są bezpiecznym i sprawdzonym sposobem zabezpieczenia obudowy wykopów wykonywanym w naszym kraju od ponad 50 lat. Największymi korzyściami wynikającymi z ich stosowania jest otwarty wykop, czyli ułatwienie robót ziemnych oraz żelbetowych podziemia, a co za tym idzie – także **skrócenie czasu i zmniejszenie kosztów tych robót**. Dodatkowo, gdy konieczne jest kotwienie płyty fundamentowej, brak rozpór czy stropów (w fazach tymczasowych) powoduje, że mikropale lub pale można wykonywać z dna wykopu, eliminując tzw. pusty

przelot¹, co **znacząco skraca czas i koszt wykonania kotwienia płyty fundamentowej**. Kompleksowe podejście w zakresie obudowy wykopu i jego zabezpieczenia oraz kotwienia płyty fundamentowej jest kluczowym aspektem w realizacjach Stump Franki dotyczących specjalistycznych robót geotechnicznych.

Literatura

- [1] PN-EN 1537 Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych. Kotwy gruntowe.
- [2] Derlacz M.: *Kotwy gruntowe. Głębokie wykopy w zwartej zabudowie i ich obudowa. Kurs dla projektantów i nadzoru budowlanego*. Warszawa 2009.
- [3] Katalog firmy ATM, www.atm-tech.pl.
- [4] Jarominiak A.: *Lekkie konstrukcje oporowe*. WKŁ. Warszawa 2000.

www.stumpfranki.pl



Czytaj więcej

Bartłomiej Sutowski – karierę zawodową rozpoczął jako inżynier budowy, następnie asystent projektanta i obecnie projektant geotechniczny. Przez cały okres związany z tematami geotechnicznymi z dziedziny konstrukcji kubaturowych i mostowych. Specjalizuje się w trwałych (ściany szczelinowe) oraz tymczasowych (ściany berlińskie, palisady VDW/CFA/DSM) obudowach wykopów, murach oporowych, tunelach, kotwach gruntowych oraz posadowieniu pośredniemu i kotwieniu na wypór płyt fundamentowych. W ostatnim czasie coraz częściej związany z technologią jet grouting – zarówno przy przesłonach przeciwfiltracyjnych, jak i podbijaniu istniejących budynków. Za podstawę swojej pracy uważa optymalny dobór technologii, tak aby rozwiązanie jako całość było uzasadnione pod względem technicznym i ekonomicznym.

¹ Rozumiany jako część pala lub mikropala, która ze względów technologicznych musi zostać wykonana, a następnie jest odcięta lub skuta.