



Temat specjalny

# WZMACNIANIE FUNDAMENTÓW BUDOWLI

tekst: **MARIAN KOWACKI**, Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne

Fundamentowanie to jeden z kluczowych elementów procesu projektowania i realizacji inwestycji budowlanej. Dzięki nowoczesnym technologiom fundamentowania, które opracowano w ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat, budowle i budynki coraz częściej są posadowione bezpośrednio na podłożu wzmocnionym. Stąd metody wzmocnienia posadowień istniejących obiektów obejmują wzmocnienie podłoża gruntowego pod fundamentami i (lub) wzmocnienie konstrukcji fundamentów wraz z ich przebudową.

Głównym i najważniejszym zadaniem fundamentów jest przekazywanie na grunt obciążeń z budowli w sposób umożliwiający bezpieczną eksploatację w czasie całego okresu jej trwałości. W praktyce wiele obiektów opiera się na fundamentach o nośności znacznie przewyższającej wymagane minimum. Najczęściej wynika to z potrzeby poczucia bezpieczeństwa projektanta lub z niepoprawnie dobranych danych do obliczeń odnośnie do istniejących warunków gruntowo-wodnych. Z kolei fundament o niedostatecznej nośności nie będzie w stanie przenosić obciążeń, a więc nie zapewni bezawaryjnej eksploatacji [1].

fol. jarous = Fotofia.com



## Rola i podział posadowienia budowli

Dokonując najogólniejszego podziału fundamentów z uwzględnieniem kryterium, jakim jest sposób przekazywania obciążenia z konstrukcji na podłoże, klasyfikuje się je w dwóch grupach, wyróżniając:

- fundamenty bezpośrednie, a więc te, gdzie obciążenie z konstrukcji przekazywane jest na warstwę nośną gruntu, zalegającą bezpośrednio pod podstawą fundamentu. Do tej grupy zalicza się cztery rodzaje fundamentów: ławy fundamentowe, stopy fundamentowe, płyty i ruszty;
- fundamenty pośrednie – występują w przypadku, gdy obciążenie przekazywane jest na warstwę nośną gruntu, która zalega na dużych głębokościach. Wówczas rolę przekazywania obciążenia z konstrukcji na podłoże pełnią elementy konstrukcyjne, które są wprowadzane w podłoże gruntowe. Zazwyczaj są to studnie, pale i ściany szczelinowe.

Z kolei biorąc jako kryterium podziału fundamentów głębokość posadowienia, rozróżnia się fundamenty płytkie, które występują w przypadku posadowienia ich na nośnej warstwie gruntu, zalegającej od poziomu terenu do głębokości, na jakiej wykonany będzie wykop (z zastrzeżeniem, że w wykopie nie będzie trzeba stosować żadnych specjalnych umocnień ścian, a poziom wody gruntowej znajduje się poniżej głębokości wykopów), oraz fundamenty głębokie, które stosuje się w przypadku, gdy warstwa nośna gruntu zalega znacznie niżej.

Wyboru konkretnego typu rozwiązania dokonuje projektant, uzależniając decyzję od wielu czynników, których przeanalizowanie daje odpowiedź na to, jakiego rodzaju fundament należy

wybrać. Jednym z najważniejszych czynników jest grunt zalegający w podłożu. Od jego nośności zależy, czy dany grunt może być w ogóle poddany obciążeniom przekazywanym z konstrukcji. Duże znaczenie ma także poziom zwierciadła wody gruntowej oraz jego zmiany w ciągu roku, które nie tylko mogą znacznie utrudnić prace ziemne w trakcie wykonywania fundamentów, ale także doprowadzić do uszkodzenia konstrukcji [2].

## Cel i dobór metody fundamentowania

Konstrukcja budowli wymaga wzmocnienia w różnych przypadkach. Jednym z nich jest sytuacja, w której obiekt ma zostać dostosowany do zwiększającego się obciążenia użytkowego. Kolejnym powodem jest wystąpienie uszkodzeń mechanicznych. Wzmocnienia fundamentu wymaga także obiekt, którego przebudowa lub modernizacja może spowodować zmianę schematu statycznego elementu. Innymi powodami są konieczność ograniczenia ugięć czy wykrycie błędów projektowych lub wykonawczych. Wzmocnienia wymaga także konstrukcja budowli, jeśli w jej bezpośrednim sąsiedztwie będzie wznoszony nowy obiekt lub jeśli wystąpiło obniżenie nośności gruntu.

Wybór właściwej metody wzmocnienia lub przebudowy fundamentów jest uzależniony od wielu czynników, m.in. od rodzaju i nośności podłoża gruntowego pod budynkiem, stanu technicznego i rozwiązania konstrukcyjnego istniejących fundamentów, stopnia zagrożenia stateczności budynku, rodzaju i stanu posadowień obiektów sąsiadujących, obecności kanałów blokowych, dołów chłonnych, studni w obrębie budowli oraz możliwości wykonania danego sposobu wzmocnienia.

# AARSLEFF



ROBOTY FUNDAMENTOWE



GŁĘBOKIE WYKOPY



OSUWISKA



HYDROTECHNIKA

### Roboty palowe i wzmocnianie gruntu

- żelbetowe pale prefabrykowane wbijane
- fundamenty palowe pod słupy sieci trakcyjnej
- pale stalowe i drewniane
- pale formowane w gruncie (CFA, FDP)
- mikropale iniekcyjne
- kolumny betonowe i cementowo-gruntowe
- jet-grouting

### Prace pomiarowe i projektowe

- badania nośności i ciągliwości pali
- pomiary wibracji i pomiary inklinometryczne
- prace projektowe realizowane we własnej pracowni projektowej

### Zabezpieczenia wykopów i konstrukcje oporowe

- stalowe ścianki szczelne - wciskane, wibrowane i wbijane
- ścianki berlińskie
- palisady z pali wierconych
- gwoździe i iniekcyjne kotwy gruntowe
- roboty ziemne i odwodnienia wykopów

### Roboty hydrotechniczne

- konstrukcje hydrotechniczne na wodach morskich i śródlądowych
- przesłony przeciwiłtracyjne



Centrum Biurowe Neptun, Gdańsk, fot. Budimex SA



Zebra Tower, Warszawa, fot. Bilfinger Infrastructure SA

Kolejne kryterium, które należy wziąć pod uwagę, aby planowana metoda wzmocnienia zagrożonego fundamentu była skuteczna, wiąże się z zauważonymi osiadaniami całej budowli lub jej części. Równie istotna jest wielkość prognozowanych osiadań i ewentualnego zagrożenia co do wystąpienia osiadań nierównomiernych. Posadowienie bezpośrednie można pozostawić w przypadku niedużych osiadań i dobrego stanu

technicznego konstrukcji obiektu budowlanego. Należy jednak bezwzględnie wzmocnić fundamenty w celu zmniejszenia naprężeń w poziomie posadowienia. Wykonanie posadowienia pośredniego jest konieczne w przypadku dużych i nierównomiernych osiadań oraz znacznego stopnia uszkodzenia konstrukcji obiektu, co umożliwia przeniesienie obciążeń na grunt nośny, który zalega w głębszych warstwach podłoża. Wzmocnienia fundamentów dokonuje się, aby zwiększyć ich nośność, zapewnić bezpieczeństwo budowli i obiektom sąsiednim, w celu zmiany schematu konstrukcyjnego budowli, modernizacji obiektu, zwiększenia trwałości, ochrony fundamentów przed korozją oraz by przywrócić możliwości użytkowe obiektu [3].

### Warunki geotechniczne a wzmacnianie fundamentów istniejących konstrukcji

Stały rozwój budownictwa sprawił, że coraz częściej posadowienia budowli mają miejsce na terenach o złożonej, niekorzystnej budowie geologicznej i skomplikowanych warunkach geotechnicznych, często w miejscach występowania gruntów słabonośnych. Jednocześnie dzięki temu rozwojowi modyfikacjom i udoskonaleniom podlegają metody wzmocniania gruntu.

Przy wzmocnianiu fundamentów istniejących budowli w zasadzie w każdych warunkach gruntowo-wodnych z powodzeniem stosuje się technologię iniekcji strumieniowej. Do jej niewątpliwych zalet należą uniwersalność, zminimalizowany wpływ na otoczenie oraz brak oddziaływań dynamicznych. Wśród wad wymienia się dużą ilość urobku – zaczynu wpływającego na powierzchnię terenu podczas formowania kolumn jet grouting oraz ograniczony przez wysoki koszt robót zakres stosowania wysokociśnieniowej iniekcji strumieniowej. Technologia jet grouting to metoda pośrednia między metodami wzmocniania podłoża oraz głębokiego fundamentowania [4].

Technologia iniekcji strumieniowej polega na niszczeniu struktury gruntów budujących podłoża oraz ich mieszanii i częściowej wymianie na czynnik wiążący. Niszczenie struktury gruntu uzyskuje się w efekcie działania wysokoenergetycznego strumienia cieczy (iniektu), która zwykle jest jednocześnie czynnikiem wiążącym. Elementy powstające podczas procesu iniekcji nazywa się w zależności od ich kształtu kolumnami iniekcyjnymi bądź ścianami iniekcyjnymi [5].

Metoda iniekcji strumieniowej znajduje zastosowanie m.in. do zabezpieczenia posadowienia budynków w sąsiedztwie głębokich wykopów, zabezpieczenia budynków podczas budowy tuneli metra, wzmocniania podłoża pod nasypy drogowe i kolejowe, nawierzchnie lotniskowe oraz fundamenty podpór obiektów mostowych, pogłębiania fundamentów (piwnic) istniejących budynków, formowania iniekcyjnych pali fundamentowych różnych średnic pod nowo wznoszone obiekty oraz wzmocniania istniejących fundamentów obiektów zabytkowych [6].

Wartą podkreślenia i jednocześnie jedną z niezaprzeczalnych zalet iniekcji strumieniowej jest możliwość posłużenia się do formowania kolumn małogabarytowym sprzętem oraz usytuowanie części ciągu technologicznego poza obiektem. Ta cecha iniekcji strumieniowej nabiera ogromnego znaczenia zwłaszcza w przypadku konieczności prowadzenia prac w ob-





10 LAT  
DOSWIADCZENIA

PILETEST

## TRUDNE REALIZACJE TO NASZA SPECJALNOŚĆ!

KOMPLEKSOWE PROGRAMY BADAŃ  
FUNDAMENTÓW GŁĘBOKICH

PODWODNE POMIARY PRZEMIESZCZEŃ  
PRZY UŻYCIU CZUJNIKÓW STRUNOWYCH **NOWOŚĆ!**

PRÓBNE OBCIĄŻENIA STATYCZNE  
Z ZASTOSOWANIEM INSTRUMENTÓW:

- EKSTENSOMETRÓW
- TENSOMETRÓW
- ŚWIATŁOWODÓW **NOWOŚĆ!**

PRÓBNE OBCIĄŻENIA DYNAMICZNE  
PALI WBIJANYCH I WIERCONYCH

BADANIA CIĄGŁOŚCI PALI METODAMI:

- PILE INTEGRITY TESTING
- CROSS-HOLE SONIC LOGGING
- THERMAL INTEGRITY PROFILER **NOWOŚĆ!**

NIEZALEŻNI  
SPECJALIŚCI



PILETEST SP. Z O.O.  
UL. WARSZAWSKA 153/123, 43-300 BIELEKO-BIAŁA  
TEL. +48 33 822 22 88, FAX +48 33 822 22 46

[WWW.PILETEST.PL](http://WWW.PILETEST.PL)



Budowa kompleksu sportowego Akademii Rolniczej w Lublinie, fot. Hydrobudowa-Stump Sp. z o.o.



Iniekcja na budowie hotelu Polonia w Warszawie, fot. Keller Polska Sp. z o.o.

rębie pomieszczeń lub konstrukcji przy znacznie ograniczonej przestrzeni, wynikającej bądź z konieczności pracy wewnątrz obiektu, bądź z bliskości istniejących innych konstrukcji [7].

Jednocześnie z iniekcją jest możliwe także wykonywanie mikropali, które podobnie jak korzenie drzew, doskonale wiążą się z podłożem, przez co nie tylko utwierdzają obiekt, który na nich stoi, ale pełnią także funkcję głębokiego zbrojenia, dzięki czemu w podłożu powstaje bryła geokompozytowa o dużych możliwościach przenoszenia sił pionowych i poziomych.

Do umocowania różnego typu oczepów, konstrukcji oporowych trwałych lub tymczasowych wykorzystuje się także kotwy gruntowe, które znajdują zastosowanie m.in. w inżynierii miejskiej, a zwłaszcza urbanistyki podziemnej.

Do zbrojenia i wzmacniania gruntu w celu poprawy jego stateczności oraz wytrzymałości na rozciąganie i ścinanie w procesie gwoździowania używa się gwoździ gruntowych. Gwoździowanie jest metodą głębokiego zbrojenia gruntu, którą stosuje się m.in. do wzmacniania konstrukcji oporowych i wykonywania fundamentów [8].

## Podsumowanie

Podczas projektowania fundamentów uwzględnia się wiele czynników gruntowych oraz uwarunkowania terenu. Warto jednak mieć na uwadze także aspekt ekonomiczny. Wybrane rozwiązanie powinno gwarantować nie tylko całkowite bezpieczeństwo pracy konstrukcji, ale także nie zakładać zbędnych



Wzmocnienie fundamentów dawnego magazynu odzieżowego MS-15 na budowie Nowego Muzeum Śląskiego w Katowicach za pomocą mikropali iniekcyjnych TITAN, fot. TITAN Sp. z o.o.



Wzmocnienie fundamentów byłej maszynowni szybu „Warszawa” MS-8 na budowie Nowego Muzeum Śląskiego w Katowicach za pomocą mikropali iniekcyjnych TITAN, fot. TITAN Sp. z o.o.

nakładów finansowych związanych z przygotowaniem gruntu oraz samym wykonaniem fundamentów. Warto również pamiętać, że fundamenty to niezwykle ważny element konstrukcji, którego rolą jest zagwarantowanie bezpieczeństwa na wszystkich etapach realizacji obiektu – zarówno w trakcie budowy, eksploatacji, jak i późniejszej ewentualnej modernizacji [2].

## Literatura

- [1] Rajczyk M., Stachecki B.: *Przyczyny uszkodzeń i sposoby wzmacniania fundamentów budynku mieszkalnego jednorodzinnego*. „Zeszyty Naukowe Politechniki Częstochowskiej. Budownictwo” 2014, z. 20, s. 240–246.
- [2] Hulboj R., Major M.: *Wybrane aspekty dotyczące posadowień budynków*. „Zeszyty Naukowe Politechniki Częstochowskiej. Budownictwo” 2014, z. 20, s. 81–88.
- [3] Pająk M.: *Wzmacnianie fundamentów zabytkowych budowli na przykładzie stabilizacji kościoła pod wezwaniem św. Piotra i Pawła w Krakowie*. „Górnictwo i Geoinżynieria” 2006, nr 4, s. 69–78.
- [4] GT Projekt [online]. Dostępny w Internecie: [www.gtprojekt.pl](http://www.gtprojekt.pl).
- [5] PN-EN 12716:2002 *Wykonawstwo specjalistycznych robót geotechnicznych. Iniekcja strumieniowa*.
- [6] Gwidzała K., Kościk P.: *Wykorzystanie iniekcji strumieniowej do wzmacniania posadowień istniejących obiektów budowlanych*. „Geoinżynieria. Drogi, Mosty, Tunele” 2007, nr 2, s. 52–57.
- [7] Wanik K., Bzówka J.: *Przykłady zastosowania techniki iniekcji strumieniowej w pracach geoinżynierskich*. „Budownictwo i Inżynieria Środowiska” 2013, nr 4, s. 321–329.





## TECCO® System 3 skutecznie stabilizuje skarpy i zbocza

- elastyczny system stabilizacji skarp wykonany z drutu stalowego o wysokiej wytrzymałości na rozciąganie (min. 1770 N/mm<sup>2</sup>)
- możliwość optymalizacji systemu w zależności od rodzaju gruntu dzięki wyborowi z pośród kilku typów siatek
- niższe koszty instalacji ze względu na szybkość i łatwość instalacji
- wymiarowanie w oparciu o testy wielkoskalowe
- minimalny wpływ na środowisko naturalne pod kątem emisji CO<sub>2</sub> oraz możliwość zazielenienia skarpy



Film z testu wielkoskalowego można obejrzeć, skanując kod:  
[www.geobrugg.com/youtube/TECCO-fullscale](http://www.geobrugg.com/youtube/TECCO-fullscale)



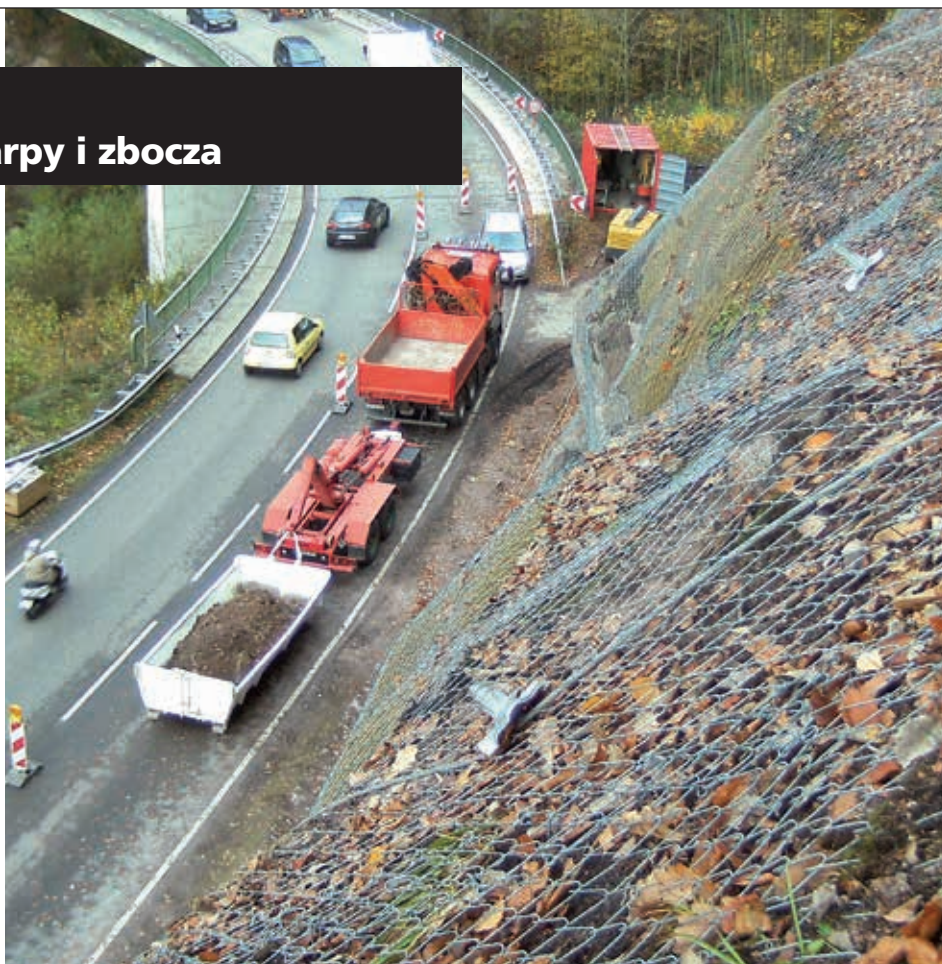
**Geobrugg Partner w Polsce**

Geohazard Solutions

Os. Bohaterów Września 82 • 31-621 Kraków

Tel.: +48 12 378 40 10 • Fax: +48 12 378 40 20

biuro@geobrugg.com • [www.geobrugg.com](http://www.geobrugg.com)



# PROTEKT®

PRODUCENT SPRZĘTU CHRONIĄCEGO PRZED UPADKIEM Z WYSOKOŚCI

SZELKI BEZPIECZEŃSTWA

## P30N

SZYTE NIĆMI NIEPALNYMI  
ARAMIDOWA TAŚMA



DOPUSZCZONE  
DO PRACY W STREFACH  
ZAGROŻONYCH WYBUCEM



BADANE DLA MAKSYMALNEJ  
MASY UŻYTKOWNIKA 140 KG



SZELKI BEZPIECZEŃSTWA  
ODPORNE NA DZIAŁANIE PŁOMIENIA  
ZGODNE Z EN 358 P.4.1.5

CHROŃ ŻYCIE / URUCHOM WYOBRAŹNIĘ

[WWW.PROTEKT.COM.PL](http://WWW.PROTEKT.COM.PL)

PROTEKT, ul. Starorudzka 9, 93-403 Łódź, tel: +48 42 29-29-500, [handlowy@protekt.com.pl](mailto:handlowy@protekt.com.pl)