



Temat specjalny

Naprawa i wzmacnianie budowli

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



Na podstawie analiz dotychczasowych awarii i katastrof można stwierdzić, że występują one we wszystkich rodzajach budownictwa i dotyczą różnych materiałów. Zbierane od kilkudziesięciu lat dane pozwalają na doskonalenie programowania, projektowania, realizacji i użytkowania obiektów budowlanych. Dzięki tej wiedzy wielu katastrof i awarii budowlanych udaje się uniknąć, stosując odpowiednią prewencję i prognozując naprawy.



foto: Pixabay.com

Prognozowanie napraw jest związane z określeniem trwałości. Ta jest zachowana, jeżeli w założonym czasie eksploatacji obiekt spełnia swoje funkcje w zakresie użyteczności, nośności i stateczności. Ponadto właściwości użytkowe nie powinny być obniżone poniżej poziomu akceptowalnego społecznie. Niezawodność eksploatacyjną oraz prognozowanie napraw i remontów budowli można wyznaczyć za pomocą trwałości jej elementów składowych [1].

Przyczyny powstawania zagrożeń, awarii i katastrof obiektów budowlanych

Przyczyny powstawania zagrożeń, awarii i katastrof obiektów budowlanych można generalnie podzielić na dwie grupy. W jednej znajdują się czynniki losowe, niezależne od uczestników procesów budowlanych. Druga grupa to czynniki ludzkie, w której znajdują się błędy popełnione na etapie projektowym, wykonawczym i eksploatacyjnym, wpływające na powstawanie zagrożeń, awarii i katastrof budowlanych.

Przyczyny zagrożeń, awarii i katastrof budowlanych są przedmiotem analiz m.in. Instytutu Techniki Budowlanej. Jak wynika z raportu ITB, w latach 1962–2018 wśród najczęstszych przyczyn błędów projektowych zagrożeń, awarii i katastrof znalazły się złe założenia projektowe, niedbałość projektantów (pośpiech), niedostateczny stan wiedzy oraz błędy rachunkowe (ryc. 1). W kwestii złego wykonawstwa na powstanie zagrożeń, awarii i katastrof miały wpływ niedbałość wykonawców (pośpiech), odstępstwo od projektu, niedostateczny stan wiedzy oraz niedostateczne kwalifikacje i zła jakość połączeń. Tego rodzaju błędy wynikają często z przyczyn organizacyjno-finansowych w procesie inwestycyjnym (ryc. 2).

Tym, co stanowiło zagrożenie w czasie eksploatacji, były skutki niedostatecznego nadzoru i niedbałości użytkowników oraz obciążeń wyjątkowych, a następnie niedostateczny stan wiedzy użytkowników i nadmierne obciążenia. Nie bez znaczenia było też nieprzestrzeganie wymagań Prawa budowlanego w zakresie przeglądów technicznych oraz niewdrażanie ich zaleceń (ryc. 3) [2].

Naprawy bierne i aktywne

Rekonstrukcje bądź zabiegi naprawcze są konieczne do wykonania w odpowiednim czasie zarówno w przypadku obiektów i elementów budowlanych, w których w czasie eksploatacji powstały uszkodzenia i destrukcje, jak i konstrukcji obciążonych błędami pierwotnymi. Te działania są konieczne do wyeliminowania uszkodzeń i zapewnienia dalszej bezpiecznej eksploatacji obiektów. Szczególną rolę wśród działań naprawczych odgrywa naprawa, czyli doprowadzenie uszkodzonej konstrukcji do stanu, w którym zostaną osiągnięte normowe wymagania trwałości, nośności i użyteczności, a sama konstrukcja spełniać będzie wymogi użytkowe. W zależności od zastosowanej techniki lub materiału zastosowana naprawa może być w stosunku do konstrukcji bierna lub aktywna. Pierwsza z wymienionych nie wpływa na układ sił wewnętrznych panujących w eksploatowanej konstrukcji. Natomiast naprawa aktywna indukuje redystrybucję naprężeń i sił wewnętrznych w naprawianej konstrukcji. W tym przypadku stosuje się takie rozwiązanie materiałowo-konstrukcyjne, które spowoduje powstanie pola naprężeń różnego od pola naprężeń występującego przed naprawą. Taka zmiana powinna korzystnie wpłynąć na możliwość

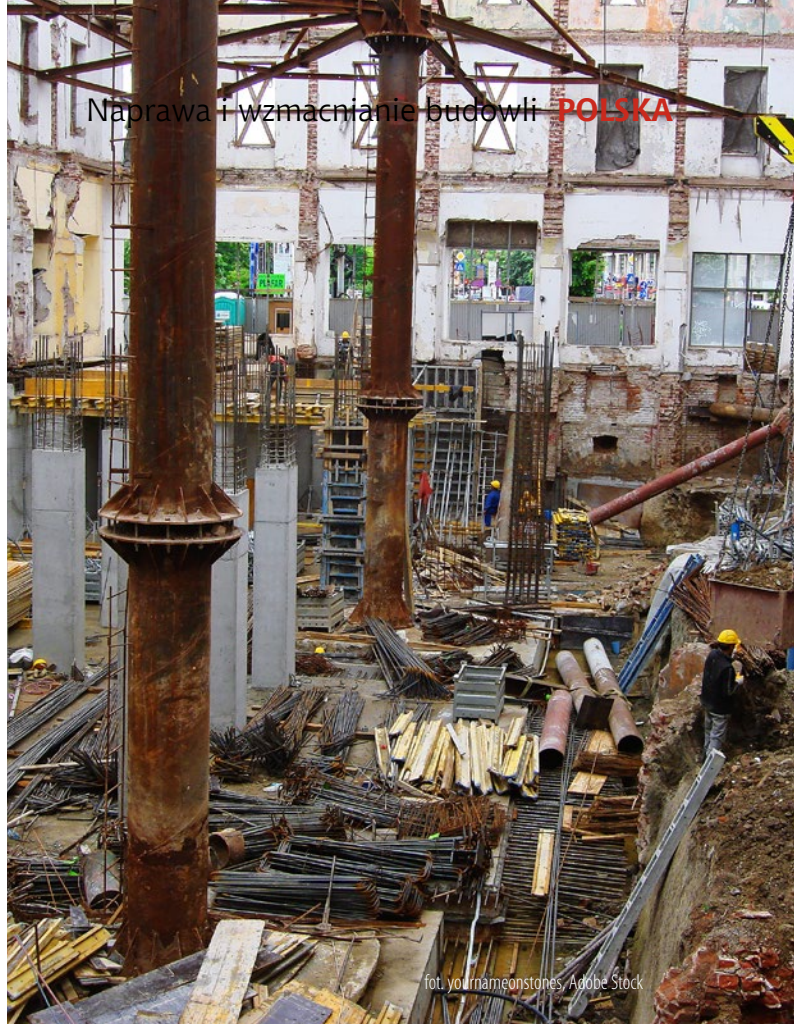


foto: youmameonstones, Adobe Stock

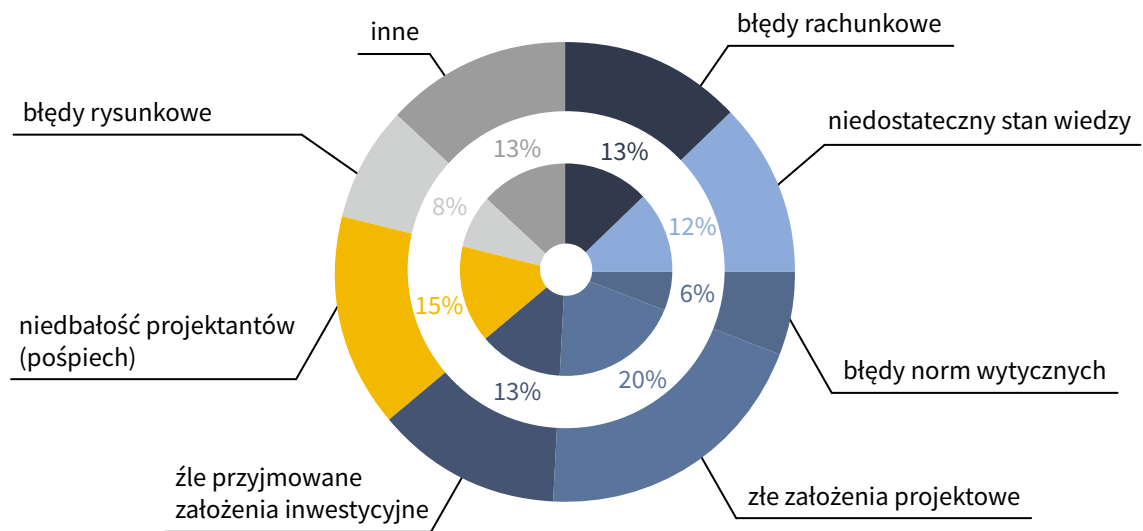
przeniesienia przez konstrukcję obciążeń eksploatacyjnych, bieżących i dodatkowo projektowanych [1].

Wzmacnianie podłoża gruntowego

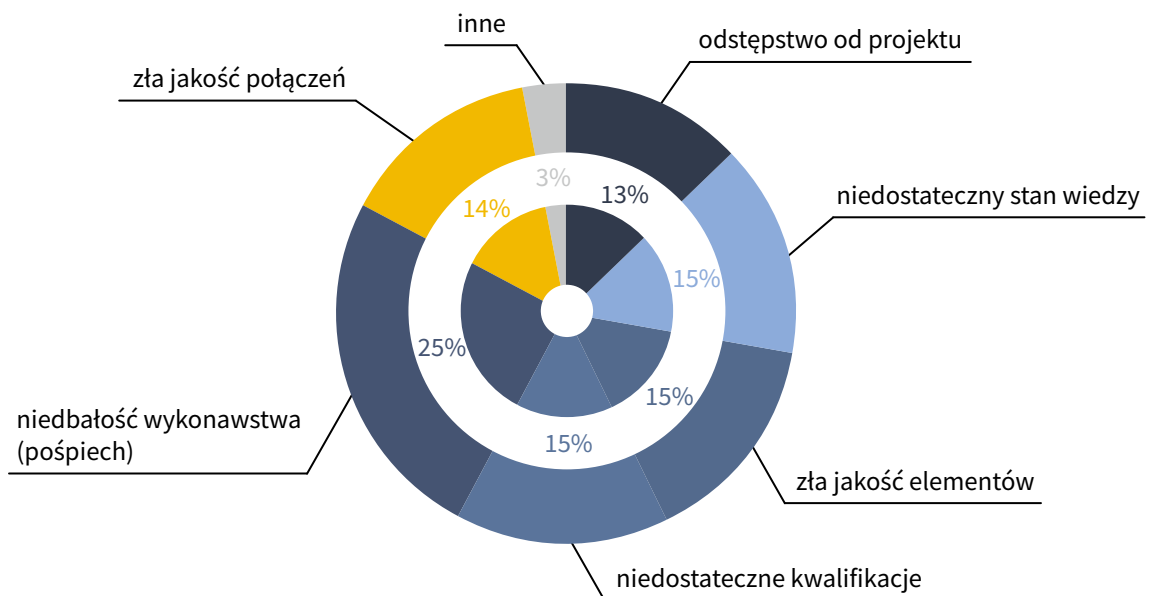
Wzmocnienia gruntu dokonuje się w różnych celach. Może to być m.in. zwiększenie nośności, zmniejszenie osiadań budowli, zapobieżenie utracie stateczności, zabezpieczenie skarp wykopów i ochrona pobliskich konstrukcji, zapobieganie upłynnianiu podłoża, stabilizacja struktury podłoża itd. Niektóre metody wzmacniania gruntu są szczególnie odpowiednie do odbudowy starych fundamentów lub odbudowy nowych, które nie pracują we właściwy sposób. Generalnie zabiegi wzmacniające podłoże można podzielić na cztery grupy. W pierwszej znajduje się wzmacnianie wgłębne słabego podłoża, stosowane zwykle do budowli ziemnych, rzadziej fundamentów. Grupa druga to metody służące wzmacnianiu powierzchniowemu, typowe np. dla podłoża nawierzchni drogowych, do których zalicza się zagęszczanie, ulepszanie uziarnienia, stabilizację mechaniczną, ulepszanie i stabilizację spoiwami (cementem, wapnem, aktywnymi popiołami), odwodnienie itp. Trzecia grupa to wykonywanie barier w podłożu, np. przegród przeciwfiltracyjnych ze ścian szczelinowych, zawieszin twardniejących czy iniekcyjnych. Do ostatniej grupy należy wzmacnianie istniejących fundamentów [3].

Wzmacnianie i przebudowa fundamentów

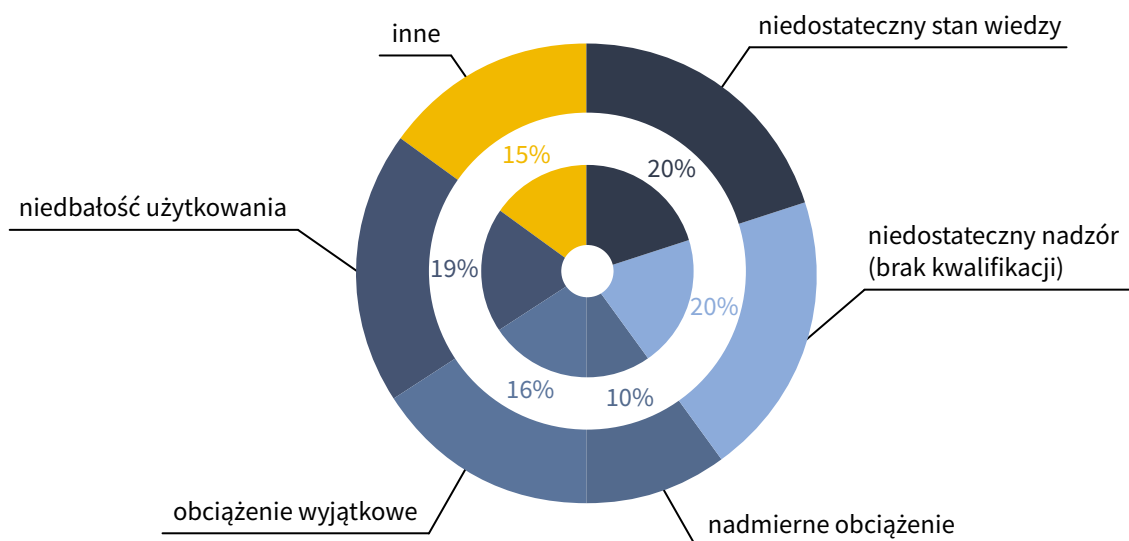
Jednym z przypadków, kiedy fundamenty budowli wymagają wzmocnienia, jest sytuacja, w której obiekt ma zostać dostosowany do zwiększającego się obciążenia użytkowego. Inne powody to wystąpienie uszkodzeń mechanicznych lub planowana przebudowa czy modernizacja obiektu, która może spowodować zmianę schematu statycznego elementu.



Ryc. 1. Przyczyny błędów projektowych wpływające na występowanie zagrożeń, awarii i katastrof w latach 1962–2018



Ryc. 2. Przyczyny złego wykonawstwa wpływające na powstanie zagrożeń, awarii i katastrof w latach 1962–2018



Ryc. 3. Przyczyny złej eksploatacji, wpływające na powstanie zagrożeń, awarii i katastrof w latach 1962–2018

Co wpływa na trwałość i skuteczność napraw obiektów betonowych?



prof. dr hab. inż. JAN DEJA,
dyrektor Biura Stowarzyszenia
Producentów Cementu

Obiekty budowlane wykonane z betonu należą do bardzo trwałych konstrukcji, które mogą być eksploatowane przez co najmniej 50, a nawet 100 lat. Beton prawidłowo zaprojektowany i wykonany jest odporny na różne oddziaływania fizyczne i chemiczne. W przypadku uszkodzeń konstrukcji betonowej należy w pierwszej kolejności zdiagnozować ich przyczynę. To co możemy zaobserwować w uszkodzonej konstrukcji betonowej to widoczne spękania i ubytki powierzchniowe. W skrajnych przypadkach, gdy uszkodzenia wystąpiły w bardzo krótkim okresie użytkowania, przyczyną uszkodzeń mogą być błędy wykonawcze, jak np. zaniżona wytrzymałość betonu lub błędy konstrukcyjne. Należy wówczas rozważyć wymianę części lub nawet całej konstrukcji na nową. W przypadku uszkodzeń wynikających z długoletniej eksploatacji, polegających

na pęknięciach i ubytkach powierzchniowych, musimy określić powierzchnię uszkodzeń, ich głębokość, a także sprawdzić, czy zbrojenie nie zostało odsłonięte i czy nie jest skorodowane. Rozpoczynając naprawę, musimy przygotować prawidłowo podłoże przez mechaniczne usunięcie zniszczonych warstw betonu – najczęściej skucie uszkodzeń. Kolejną operacją technologiczną jest przygotowanie powierzchni przez szrotkowanie, młotkowanie lub szlifowanie i usunięcie pozostałego pyłu. Czasami wymagane jest dodatkowe wysuszenie zawilgoconej powierzchni. Tak przygotowana powierzchnia może zostać pokryta środkami gruntującymi lub impregnującymi. Powyższe operacje mają na celu zapewnienie odpowiednio wysokiej przyczepności dla materiałów naprawczych. Obecnie dostępne są różne technologie napraw, bazujące na materiałach mineralnych, polimerowych i żywicznych. Dobór właściwej technologii naprawy jest uzależniony od przyczyn uszkodzeń i warunków eksploatacyjnych. Prawidłowa diagnoza i właściwie dobrana technologia naprawy jest podstawą do osiągnięcia trwałej odbudowy uszkodzeń konstrukcji betonowych.



fol. Freepik.com

Wzmocnienia wymaga także konstrukcja budowli, w której konieczne jest ograniczenie ugięć, wykryto błędy projektowe lub wykonawcze, jeśli wystąpiło obniżenie nośności gruntu lub gdy w jej bezpośrednim sąsiedztwie będzie wznoszony nowy obiekt [4].

Wybór właściwej metody wzmocnienia lub przebudowy fundamentów zależy od wielu czynników. Przy wzmocnianiu fundamentów istniejących budowli w zasadzie w każdych warunkach gruntowo-wodnych z powodzeniem stosuje się technologię iniekcji strumieniowej. Jednocześnie z iniekcją jest możliwe także wykonywanie mikropali, które nie tylko utwierdzają obiekt, który na nich stoi, ale pełnią też funkcję głębokiego zbrojenia. Do umocowania różnego typu oczepów, konstrukcji oporowych trwałych lub tymczasowych wykorzystuje się kotwy gruntowe, które znajdują zastosowanie m.in.

w inżynierii miejskiej, a zwłaszcza urbanistyce podziemnej. Do zbrojenia i wzmocnienia gruntu w celu poprawy jego stateczności oraz wytrzymałości na rozciąganie i ścinanie stosuje się gwoździowanie. Ta metoda głębokiego zbrojenia gruntu jest używana m.in. do wzmocnienia konstrukcji oporowych i wykonywania fundamentów [5].

Naprawy i wzmocnienia konstrukcji z betonu i żelbetu

Uszkodzenia konstrukcji żelbetowych są skutkiem głównie błędów ludzkich oraz warunków występujących w trakcie użytkowania konstrukcji. Uszkodzenia konstrukcji spowodowane błędami ludzkimi mogą wynikać m.in. z nieprawidłowego zaprojektowania konstrukcji, np. pod względem wytrzymałościowym, składu mieszanki betonowej, doboru



wyrobów do izolacji przeciwwodnych, cieplnych lub innych niedostosowanych do warunków użytkowania, jednoczesnego zastosowania wyrobów niekompatybilnych. Do powstania uszkodzeń przyczynia się również nieprawidłowe wykonanie konstrukcji. Z kolei uszkodzenia konstrukcji żelbetowych wynikające z warunków użytkowania są spowodowane czynnikami fizycznymi i chemicznymi, które mogą działać odrębnie lub jednocześnie. Naprawa konstrukcji z betonu i żelbetu często wymaga złożonego sposobu postępowania. Jej celem jest całkowite lub częściowe przywrócenie obiektowi stanu użytkowania, zakłóconego wskutek złego wykonania lub uszkodzenia podczas użytkowania.

Zależnie od przyczyny, rozmiaru i rodzaju uszkodzenia stosuje się naprawę konstrukcyjną, która przywraca ciągłość i trwałość konstrukcji, lub naprawę niekonstrukcyjną, której efektem jest przywrócenie właściwego kształtu lub estetycznego wyglądu konstrukcji. W ramach każdej z tych napraw istnieje dalszy podział, zgodnie z kryterium sposobu wykonania, zastosowanej techniki i oczekiwanych efektów. Poszczególne rodzaje napraw są pogrupowane i znormalizowane w formie zasad i odpowiadających im metod napraw. Naprawa według danej zasady może zostać wykonywana kilkoma różnymi metodami przeciwdziałającymi uszkodzeniom, z zastosowaniem odpowiednich wyrobów [6].

Naprawy i wzmacnienia konstrukcji stalowych

Wzmacnianie konstrukcji stalowych to jedna z bardziej efektywnych metod przedłużania okresu ich eksploatacji, zwiększenia nośności i ochrony przed korozją. Konieczność wzmacnienia konstrukcji powstaje również wtedy, gdy z jakichkolwiek przyczyn przestanie ona odpowiadać warunkom wytrzymałości, stateczności i sztywności. Badając te warunki, sprawdza się, czy jest zapewniona wytrzymałość i stateczność konstrukcji we wszystkich fazach budowy i eksploatacji (dopuszcza się przekroczenie wytrzymałości obliczeniowej materiału nie większe niż o 2%) oraz czy odkształcenia i drgania konstrukcji nie ograniczą możliwości jej użytkowania. Chociaż konstrukcja stalowa musi odpowiadać każdemu z tych warunków, to najczęściej katastrof jest spowodowanych utratą stateczności, która może zagrozić zarówno całości konstrukcji, jak i jej częściom. W przypadku płaskich układów prętowych utrata stateczności może wystąpić jako wyboczenie poszczególnych prętów lub ich układu pod wpływem siły ściskającej jako zwichrzenie przekroju poprzecznego elementów ściskanych i zginanych.

Wzmacnianie konstrukcji stalowych może obejmować wzmacnienie lub lokalną wymianę elementów uszkodzonych albo o zbyt małej nośności oraz naprawę lub wzmacnienie ich połączeń, zmianę układu konstrukcyjnego, wzmacnienie przekrojów i (lub) połączeń elementów albo zastosowanie odpowiednich środków ochrony, które zwiększają trwałość konstrukcji [3].

Skuteczność i trwałość napraw

Prognozowano, że wiek XXI będzie dla budownictwa w dużej mierze wiekiem napraw i rehabilitacji. Te prognozy jak dotąd okazały się słuszne. Wraz z kurczeniem się terenów budowlanych wzrost tego typu działań jest nieunikniony. Odnosi się to zarówno do naturalnie starzejącej się tkanki budowlanej, jak i niestety coraz częściej także do obiektów nowych, jednak obarczonych błędami projektowymi lub wykonawczymi.

Przeprowadzenie naprawy danego obiektu lub konstrukcji wymaga zróżnicowanego podejścia. Należy wziąć pod uwagę rodzaj obiektu, przyjęte rozwiązania konstrukcyjne, jego wielkość i pełnioną funkcję. Nie bez znaczenia jest też oddziaływanie na obiekt środowisko. Niemniej zawsze najważniejszym aspektem każdej naprawy powinny być trwałość i skuteczność [3].

Literatura

- [1] Król M.: *Naprawy i wzmacnienia konstrukcji budowlanych*. „Przegląd Budowlany” 2009, nr 3, s. 30–36.
- [2] Runkiewicz L.: *Przyczyny powstawania zagrożeń, awarii i katastrof obiektów budowlanych*. „Przegląd Budowlany” 2020, nr 5, s. 15–19.
- [3] Masłowski E., Spiżewska D.: *Wzmacnianie konstrukcji budowlanych*. Warszawa 2010.
- [4] 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.
- [5] Kowacki M.: *Wzmacnianie fundamentów budowli*. „Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne” 2015, nr 3, s. 38–42.
- [6] Możaryn T., Sokalska A.: *Naprawa i ochrona konstrukcji żelbetowych wg poradnika ITB*. „Materiały Budowlane” 2013, nr 9, s. 18–21.



Jaki wpływ na technikę remontową i zastosowane wzmocnienie budynków i konstrukcji ma rodzaj materiału pierwotnego?



MACIEJ KRÓL,
kierownik projektu,
Keller Polska

Wzmacnianie budynków w aspekcie geotechnicznym koncentruje się głównie na wzmacnianiu ich fundamentów.

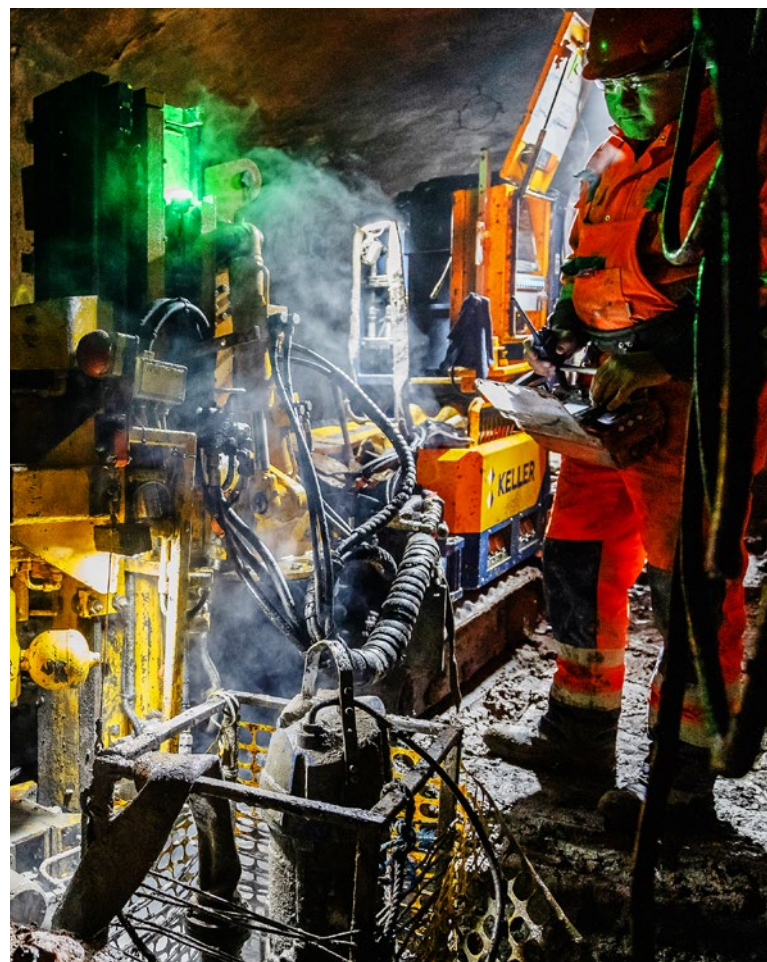
Do najczęściej stosowanych technologii w realizacjach Keller Polska należą mikropale lub iniekcja strumieniowa jet

grouting (Soilcrete). Istotny wpływ na sposób i technikę wzmacniania fundamentów ma rodzaj materiału pierwotnego i jest to pojęcie bardzo szerokie, ponieważ dotyczy m.in.:

- warunków gruntowych,
- materiału, z którego jest wykonany fundament oraz konstrukcja obiektu,
- układu konstrukcyjnego obiektu,
- sposobu posadowienia fundamentów,
- ewentualnych wzmocnień podłoża wykonanych dotychczas,
- określenia stanu technicznego poszczególnych elementów budynku oraz ocena stopnia ich zużycia.

Takie informacje powinny znaleźć się w ekspertyzie stanu technicznego wykonanej na podstawie inwentaryzacji oraz odkrywek fundamentów. Odpowiednio sporządzona dokumentacja jest podstawą do prawidłowego zaprojektowania wzmocnienia posadowienia.

Kluczowe znaczenie ma właściwe rozpoznanie warunków gruntowych, ponieważ dobór technologii wzmocnienia zależy od rodzaju gruntu w podłożu (inaczej realizuje się wzmocnienia w gruntach piaszczystych, inaczej w spoiстых, a jeszcze inaczej w przypadku występowania gruntów organicznych). Należy zwrócić uwagę na sposób posadowienia i ewentualne wzmocnienia wykonane na etapie wznoszenia budynków, ponieważ niekiedy podłoże pod fundamentami jest umocnione narzutem kamiennym, płytami granitowymi lub różnymi rodzajami stabilizacji. Układ konstrukcyjny obiektu oraz jego stan techniczny istotnie wpływa na wybór technologii, np. podchwycenie starych fundamentów ceglanych realizuje się inaczej niż wzmocnienie żelbetowej płyty fundamentowej. Prawidłowe rozpoznanie powyższych aspektów pozwala na właściwy dobór technologii już na etapie projektowania, co w konsekwencji umożliwia bezpieczną i optymalną realizację wzmocnień fundamentów istniejących obiektów.





Ściany Szczelinowe



Pale SDP



Trench Soil Mixing



Compaction Grouting



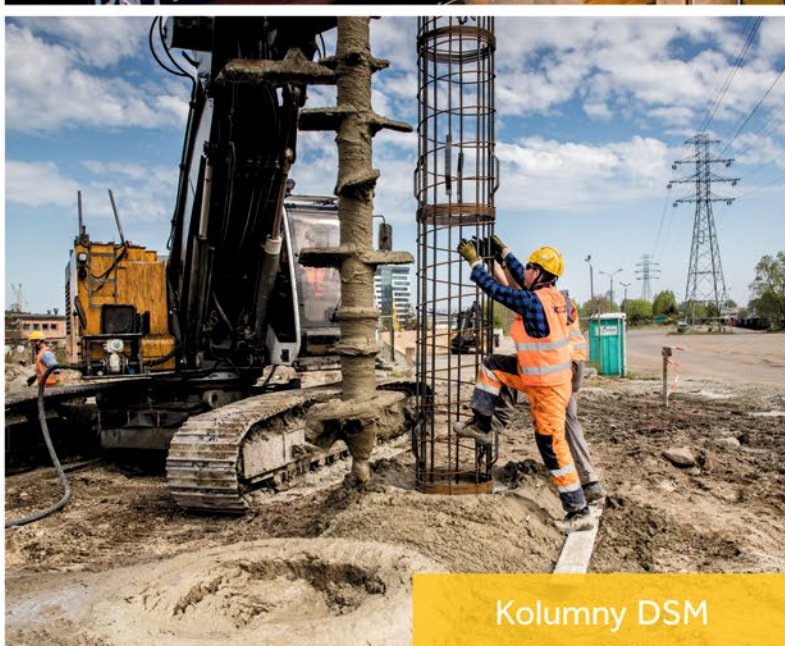
Pale CFA



Jet grouting



Pale rurowe



Kolumny DSM



Kolumny żwirowe

globalny zasięg, lokalny partner

keller.com.pl