

ZASTOSOWANIE TECHNOLOGII JET GROUTING do wzmocniania fundamentów budynków zabytkowych, cz. 2

tekst: mgr inż. GRZEGORZ JARONÍ, mgr inż. SEBASTIAN BIELSKI, Zakład Inżynierijny „Georem” Sp. z o.o.

W pierwszej części artykułu, która ukazała się w poprzednim numerze naszego czasopisma, omówiono czynniki mające decydujący wpływ na zakres, sposób i koszt wzmocnienia fundamentów istniejących budynków. Podkreślono jednocześnie, że współczesne sposoby wzmocniania fundamentów, do których można zaliczyć m.in. metodę iniekcji wysokociśnieniowej, otwierają przed inwestorami i projektantami szerokie możliwości w zakresie rozbudowy obiektów zabytkowych w gęstej zabudowie miejskiej. Sukces realizacji zależy w dużej mierze od prawidłowo wykonanego projektu wzmocnienia fundamentów.

Wykonawstwo oraz technologia wzmocniania istniejących fundamentów

Obok zagadnień projektowych równie ważne są kwestie technologiczne. W pierwszej fazie podczas planowania prac konieczne jest uwzględnienie miejsca na węzeł iniekcyjny, składający się z pompy wysokociśnieniowej, zestawu mieszalników oraz silosu (bądź cementu workowanego, gdy teren jest ograniczony lub zakres robót iniekcyjnych niewielki). Przewidzieć należy również miejsce do składowania tzw. zrzutów technologicznych, będących nadmiarem mieszaniny zaczynu iniekcyjnego z gruntem, powstającym podczas zabiegu formowania kolumn.

W przypadku budynków zabytkowych jest to trudniejsze, ponieważ zdarzają się sytuacje, kiedy konserwator zabytków nakazuje zachowanie podbijanych ścian w należytej czystości oraz nienaruszonej konstrukcji.

Wymogi stawiane budynkom starszym, dodatkowo chronionym, stwarzają również problem i wyzwanie w kwestii doboru technologii przewiercenia przez istniejący fundament w taki sposób, aby nie naruszyć jego konstrukcji i nie doprowadzić do nadmiernych spękań ścian. Przewiercenie przez istniejące ściany i fundamenty może być wykonane bezudarowo z wykorzystaniem koronek diamentowych lub udarowo z wykorzystaniem młotka dolnego. Pomimo że wykorzystanie młotka dolnego generuje bardzo niewielkie drgania, może dochodzić do sytuacji, w których mają one wpływ na istniejący obiekt.

Zmiana narzędzia wierzącego na koronkę rdzeniową (diamentową) jest możliwością alternatywną. Należy jednak pa-

miętać, że wiercenie „rdzeniówką” wiąże się z zastosowaniem bardzo dużej ilości wody pompowanej bezpośrednio do otworu wiertniczego pod fundament. Brak kontroli podczas takiego procesu wiercenia może prowadzić do pogorszenia parametrów gruntu pod podstawą fundamentu, w efekcie czego mogą wystąpić nadmierne osiadania konstrukcji.

W związku z powyższym niezależnie od doboru narzędzia wierzącego w postaci młotka dolnego, koronki rdzeniowej czy też koronki trójgryzowej podstawą prac przy istniejących fundamentach jest doświadczenie, rozważa oraz stały monitoring geodezyjny. Stosując się do wszystkich zaleceń, można przyjąć technologię iniekcji strumieniowej jet grouting za nieinwazyjną i taką, dzięki której przy minimalnych uszkodzeniach można efektywnie i szybko wzmocnić fundamenty budynków istniejących. Zasada ta dotyczy zarówno nowych obiektów budowlanych, jak i zabytkowych obiektów budowlanych kilkakrotnie modernizowanych, które zostały wzniesione w XVIII w. i później.

Wykonanie kolumn iniekcyjnych wewnątrz pomieszczeń wiąże się z koniecznością wprowadzenia małogabarytowych wiertnic, co wymaga minimalnej szerokości otworów drzwiowych na poziomie 1,0 m oraz wysokości pomieszczenia wynoszącej 2,5 m (wyjątkowo 2,0 m). Oczywiście, w miarę dostępności terenu, prace wiertniczo-iniekcyjne można prowadzić od strony zewnętrznej obiektu. Optymalnym rozwiązaniem jest zastosowanie układu koźłowego kolumn. Tak dobrana geometria kolumn pozwala na uzyskanie środka ciężkości w osi podbijanej ściany, przenosząc pionowo obciążenia na poniżej zalegające warstwy nośne podłoża gruntowego.

Dodatkowym utrudnieniem podczas prowadzenia prac w ciasnych pomieszczeniach jest dobór odpowiednich kątów wiercenia zgodnie z dokumentacją projektową. Uzyskanie kilku różnych kątów dla pojedynczej ściany zmusza wykonawcę do stworzenia odpowiedniej przestrzeni umożliwiającej dalsze prace. Bywa również, że założenia projektowe dotyczące geometrii zeskalenia nie są możliwe do osiągnięcia ze względów technologicznych. W takich przypadkach wymagana jest bezpośrednia współpraca kierownika robót iniekcyjnych oraz projektanta konstrukcji (geotechnika). Współpraca ta ma na celu dobór rozwiązań projektowych w sposób pozwalający na ich wykonanie w terenie. Na tym etapie prac bardzo często przydaje się wiedza i doświadczenie wykonawcy prac iniekcyjnych i konstruktorów, dzięki czemu możliwe jest uzyskanie rozwiązań bezpiecznych i możliwych technologicznie do wykonania. Ważne jest tutaj również, aby projektant, który zastosował do

wzmacniania fundamentów iniekcją wysokociśnieniową, znał z praktyki tę technologię.

W większości przypadków dokumentacja projektowa docelowo przewiduje częściowe wyburzenie istniejących ścian, dlatego nie koliduje to ze stanem projektowanym budynku. Kluczowa jest jednak organizacja pracy, tak aby chwilowy brak możliwości dojazdu do miejsc wierceń nie prowadził do opóźnień w pracach iniekcyjnych, często mających wpływ na całość inwestycji.

Pomimo wymienionych powyżej ograniczeń, korzyści z zastosowania iniekcji strumieniowej jet grouting przy podbijaniu istniejących fundamentów są znacznie większe od poniesionych nakładów.

Podbicie iniekcyjne eliminuje konieczność wykonywania kłopotliwych rozkopów przy istniejącym fundamencie, sięgających poniżej spodu docelowego wykopu w celu wytworzenia nowego fundamentu. Całość prac wykonywana jest z pierwotnego bądź wstępnie obniżonego poziomu roboczego, który po wykonaniu zasadniczych prac wymaga jedynie pogłębienia do poziomu spodu warstw konstrukcyjnych posadzki. Co ważne, w takiej sytuacji nie dochodzi do zmniejszenia nośności podłoża gruntowego w poziomie posadowienia obiektu w wyniku rozluźnienia podłoża gruntowego związanego z podkopywaniem fundamentu, co ma miejsce w przypadku podbić wykonywanych metodami tradycyjnymi.

Brak konieczności dzielenia podbicia na odcinki robocze, tak jak ma to miejsce w przypadku podbicia klasycznego, znacznie upraszcza i przyspiesza prace. Pamiętać należy jedynie, że ko-

lumny trzeba formować, co drugą, trzecią, a nawet czwartą, co przy ich zwartej lokalizacji pod fundamentem nie opóźnia prac, które na bieżąco prowadzone są w ramach jednego zakresu.

Najważniejszą z zalet, jeśli chodzi o bezpieczeństwo obiektu, jest minimalizacja osiadań podbijanych ścian. W praktyce stwierdzono, że osiadania te nie przekraczają zazwyczaj kilku milimetrów lub wręcz są zerowe. Zdarza się również, że w wyniku podbijania fundamentów dochodzi do niewielkiego uniesienia podbijanej ściany. Minimalizacja osiadań związana jest z występowaniem stałego podparcia fundamentu na gruncie rodzimym o nośności pozwalającej na przeniesienie obciążeń z obiektu na etapie budowy przy jednoczesnym wzmacnianiu podłoża gruntowego. Jest to niezwykle ważne, szczególnie gdy weźmie się pod uwagę zazwyczaj zły stan techniczny remontowanych obiektów. Przy właściwej organizacji prac osiadania mierzone geodezyjnie oscylują więc w granicach błędów pomiarowego.

Całość prac wykonywana jest bez zagrożenia dla bezpieczeństwa istniejącego obiektu. Zarówno wiercenie, jak i formowanie kolumn przebiega bezударowo, a brak chwilowego przewieszenia podbijanej ściany, które występuje przy podbiciu wykonywanym metodą klasyczną, eliminuje zagrożenie obierwania się fragmentów fundamentów, bardzo często starych (kamiennych lub ceglanych).

Zalet technologii iniekcji strumieniowej jet grouting jest bardzo wiele, należy jednak pamiętać z punktu widzenia wykonawczego, że bardzo często (o czym wspomniano w poprzednich rozdziałach niniejszego artykułu) liczba



SPECJALIZUJEMY SIĘ W WYKONAWSTWIE ROBÓT Z ZAKRESU:

- oceny geotechnicznej stanu podłoża budowlanego
- kolumn "jet grouting"
- stabilizacji skarp i osuwisk metodami iniekcyjnymi
- palowania i mikropalowania fundamentów budowli
- kotew i gwoździ gruntowych
- likwidacji pustek po eksploatacji górniczej

**POSIADAMY SPECJALISTYCZNY SPRZĘT
INKLINOMETRYCZNY DO MONITORINGU
GEOTECHNICZNEGO OSUWIK
I STATECZNOŚCI SKARP.**

www.georem.pl

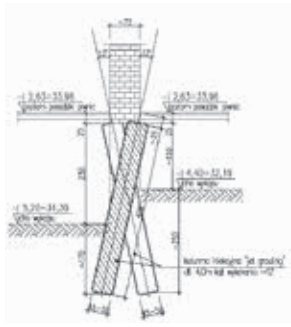


G^{REM} ZAKŁAD INŻYNIERYJNY
GEOREM





Widok na fragment ściany kamienicy i zabezpieczenie obiektu z wykorzystaniem kolumn jet grouting



Kolumny iniekcyjne wykonane w układzie kozłowym



Widok wiertnicy podczas prac wiertniczo-iniekcyjnych

danych, na których bazują konstruktorzy i projektanci, jest niepełna. Rolą inżynierów pełniących bezpośredni nadzór nad robotami fundamentowymi jest sprawdzenie przedstawionych w dokumentacji założeń, a następnie poinformowanie projektanta o ewentualnych rozbieżnościach w celu ich zaktualizowania.

Do podstawowych problemów wykonawczych, spotykanych bardzo często podczas realizacji inwestycji, zaliczyć można:

- inny niż założono w dokumentacji poziom posadowienia obiektów,
- inny niż założono w dokumentacji materiał, z jakiego zbudowane są fundamenty lub ściany obiektu, którego fundamenty są wzmacnianie,
- brak zgodności budowy podłoża gruntowego w stosunku do założeń projektowych,
- występowanie w podłożu dodatkowych przeszkód, np. niezidentyfikowanych sieci uzbrojenia podziemnego, gładów, starych fundamentów, kanałów technicznych itp.

Skutkiem opisanych powyżej problemów wykonawczych, jakie mogą się pojawić na budowie, może być zmiana kosztów projektowanych prac.

O ile w przypadku zmniejszenia kosztów wykonawczych inwestor może zaoszczędzone środki przeznaczyć na prace dodatkowe, o tyle zwiększenie nakładów finansowych na etapie wykonawczym przysporzyć może dodatkowych problemów finansowych dla inwestora lub wykonawcy. Zmiana poziomu posadowienia istniejącego obiektu na płytszy niż założono w dokumentacji, zmiana materiału, z którego wykonane są fundamenty, na twardszy czy też brak zgodności w budowie podłoża gruntowego (na mniej korzystne) wiąże się zazwyczaj ze znacznymi zmianami w zakresie geometrii projektowanego wzmacnienia, co w konsekwencji pociąga za sobą dodatkowe nakłady pracy.

W związku z powyższym pierwszym krokiem przed przystąpieniem do formowania kolumn iniekcyjnych w celu wzmocnienia istniejącego fundamentu jest potwierdzenie poziomu posadowienia przez przewiercenie go aż do samego spodu. Sytuacja taka bardzo często ma miejsce, gdy wysokość pomiędzy poziomem roboczym a spodem fundamentu przekracza 2,5 m. Wykonanie odkrywki do takiej głębokości stanowi duży problem, natomiast wykonanie przewiercenia jest zaledwie jednym z wielu niezbędnych etapów podczas formowania każdej kolejnej kolumny iniekcyjnej. Głębokość wiercenia pod założonym kątem pozwala na określenie w przybliżeniu do kilku centymetrów, jakie jest posadowienie części bądź całości

budynku. Na bazie zebranych doświadczeń niejednokrotnie stwierdzono, że posadowienie rzeczywiste budynku znacząco odbiega od przyjętego w projekcie.

W przypadku niepotwierdzenia błędnego poziomu posadowienia budynku po wykonaniu wykopu w sąsiedztwie wzmocnionej wcześniej ściany zdarzają się sytuacje, kiedy kolumny iniekcyjne znajdują się przed lub za fundamentem, w efekcie czego tylko niewielka powierzchnia istniejącego fundamentu jest podparta. Następnym takiej sytuacji jest ponowne wykonywanie podbicia z nowo przygotowanej platformy roboczej lub częściowe szalowanie i „podlanie” fundamentu betonem. Jakikolwiek rozwiązanie zostanie zastosowane, jest ono problematyczne i ma znaczący wpływ na terminy i opóźnienia dalszych prac.

Liczba realizacji związanych z wzmacnianiem istniejących fundamentów w budynkach zabytkowych, a także nowych bądź nowo projektowanych wzrasta z każdym rokiem. Na rynku polskim znajduje się wielu inwestorów, również zagranicznych, wyrażających chęć modernizowania i adaptowania budynków z XVIII i XIX w. Bardzo często konstrukcje mające tak długą historię stwarzają projektantom i wykonawcom wiele problemów, o których wspomniano w pierwszej części artykułu. Zazwyczaj łatwiejsze i szybsze jest zaprojektowanie i wybudowanie nowego obiektu od podstaw, należy jednak pamiętać, że przy obecnej gęstej zabudowie w centrach miast nie zawsze lokalizacja projektowanego budynku jest tak atrakcyjna, jak oczekują przyszli właściciele. Tak jak nie każdemu inwestorowi podoba się nowoczesny styl budownictwa, który często nie pasuje i wyklucza się względem historycznych sąsiednich zabudowań.

Ponieważ liczba inwestycji systematycznie wzrasta, przekłada się to również na zakres robót specjalistycznych, w tym geotechnicznych, niezbędnych podczas przebudowy i rozbudowy zabytkowych obiektów budowlanych.

Zastosowanie technologii jet grouting do wzmacniania fundamentów budynków istniejących to jedna z wielu możliwości, jakie daje ta technologia, stosowana już od kilkudziesięciu lat na całym świecie. Do dzisiaj jest najszybszą metodą wzmacniania fundamentów stosowaną podczas zwiększania obciążeń wynikających z nadbudowy danego budynku, pogłębiania piwnic lub w wielu przypadkach oba rozwiązania stosowane jednocześnie. Uniwersalność tej technologii i dobór sprzętu pozwalają na praktyczne jej stosowanie prawie w każdych warunkach, nawet w piwnicach budynków, gdzie podczas pierwszych wizji lokalnych na terenie budowy wydaje się to niemożliwe do zrealizowania.

