

dr inż. Marek Świeca\*  
mgr inż. Krzysztof Walczak\*

# Podbicie fundamentu budynku mikropalami wciskanymi

**W** ostatnich latach coraz więcej budynków, najczęściej starych lub zabytkowych, wymaga wzmocnienia fundamentów i podłoża gruntowego. Przyczyny tego stanu to: wzmożony ruch uliczny w miastach wywołujący znaczne obciążenia dynamiczne; zmiany poziomu wody gruntowej – często związane z odwodnieniem wykopów w pobliżu istniejącej zabudowy; budowa metra i instalacji podziemnych; oddziaływania nowo wznoszonych budynków o głębokich fundamentach oraz błędy projektowe i budowlane popełnione w przeszłości. Często przyczyną nierównomiernego osiadania starego budynku, który przez wiele lat zachował dobry stan techniczny, są zaniedbania w jego utrzymaniu i konserwacji, takie jak nieszczelne rury spustowe, awarie sieci uzbrojenia w budynku i w pobliżu, odwrócenie spadków terenu w kierunku ku budynkowi zamiast od budynku, np. wskutek osiadania źle zasypanych wykopów instalacyjnych itp. Uwidacznia się to spękaniem narożami budynków i zapadaniem się różnych części ścian, a w piwnicach następuje oddzielanie się ścian działowych od stropu (fotografia 1), zablokowanie drzwi, spękania stropów, spadki, zagłębienia lub uniesienie posadzek.



Fot. 1. Oddzielenie ścian działowych od stropu w piwnicach

\* Instytut Techniki Budowlanej

Jedną z metod wzmocnienia i podbicia takich fundamentów jest mikropalowanie. COBRBI „Hydrobudowa” – obecnie Zakład Geotechniki i Fundamentowania ITB – wykonał kilka takich robót w Warszawie, stosując prefabrykowane mikropale wciskane. Wykonano podbicie m.in. w zabytkowym budynku Łaźni Majewskiego przy ul. Bednarskiej 2/4, w budynku przy ul. Bednarskiej 7 oraz przy ul. Paska na Żoliborzu i ul. Brackiej 5. Mikropale wykonywane były z nisz wyciętych w murach fundamentowych na poziomie posadzki piwnic.

Zalety takiego mikropalowania to:

- nienaruszanie podłoża pod podstawą fundamentu przez wykop;
- zagęszczenie podłoża pod fundamentem, przez wprowadzanie dodatkowej objętości w postaci betonowych (lub innych) elementów;
- bieżąca kontrola nośności mikropali, których wciskanie kończy się po uzyskaniu wymaganej siły przez siłownik, odczytanej na wycechowanym manometrze układu hydraulicznego;
- wyeliminowanie „klinowania” (wypełnienia szczeliny) konstrukcji podbicia pod spodem fundamentu, decydującego o jakości podbicia metodą tradycyjną;
- możliwość użycia małogabarytowego sprzętu, co jest szczególnie ważne, gdy prace prowadzone są w ciasnych pomieszczeniach piwnicznych.

W artykule opisany zostanie przykład budynku przy ul. Brackiej 5 w Warszawie, którego podbicie mikropalami wciskanymi zostało ukończono w lutym 2005 r.

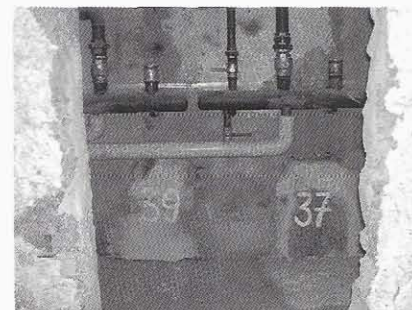
## Opis budynku przy ul. Brackiej 5 w Warszawie

Budynek wraz z oficyną jest obiektem zabytkowym, zbudowanym w XIX wieku, podlegającym ochronie konserwatorskiej. Jest to budynek

wolno stojący, czterokondygnacyjny, składający się z części frontowej i dwóch oficyn. Konstrukcję nadziemną budynku stanowią ceglano-ściany grubości 27 – 69 cm w układzie podłużnym. Ściany fundamentowe zbudowano z cegły pełnej. Grubość ścian piwnicznych wynosi 60 – 95 cm. Awaryjne sieci kanalizacyjnych i wodociągowych wywołały uplastycznienie gruntów w podłożu, wskutek czego powstały spękania ścian i stopów. Zdecydowano się zatem przeprowadzić remont budynku, przy czym przewidziano jego podwyższenie o jedną kondygnację. Obliczenia sprawdzające nośność podłoża wykazały przekroczenie o 96 – 164% nośności osłabionych gruntów. Odkrytki gruntowe przy ścianach piwnicznych, wykonane w trakcie prac remontowych, potwierdziły obecność słabych nawodnionych gruntów bezpośrednio pod fundamentami środkowej części budynku (fotografia 2, 3). Miąższość



Fot. 2. Odkrytki gruntowe przy ścianach piwnicznych



Fot. 3. Nisze w murze z zabetonowanymi głowicami pali

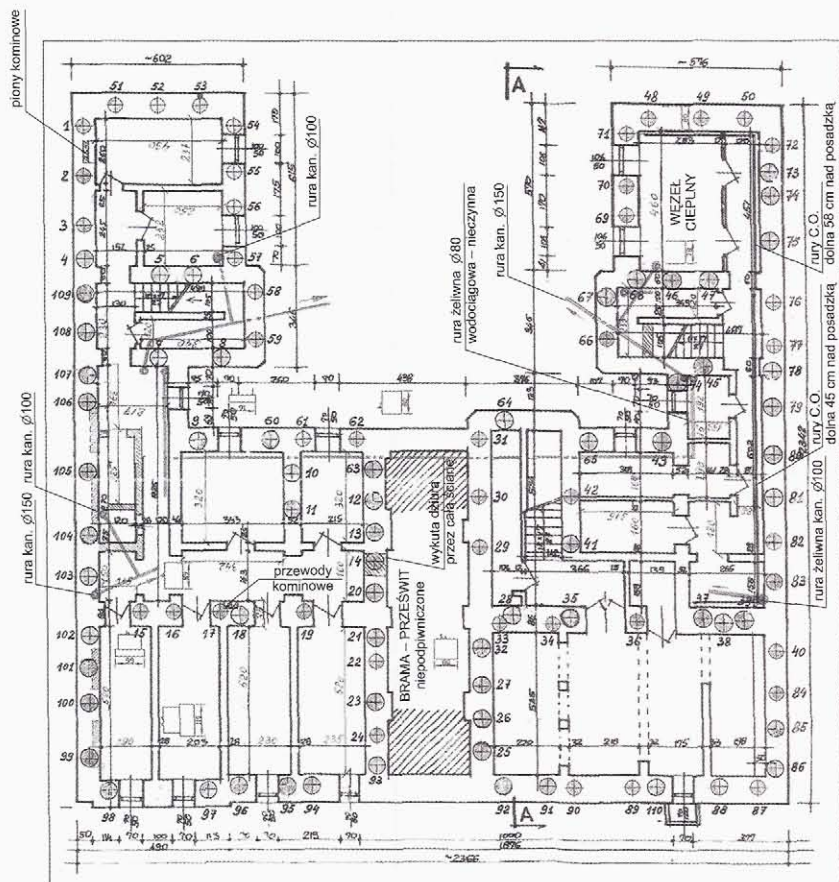
warstwy słabych gruntów wynosi 1,0 – 2,0 m. Zgodnie z dokumentacją geologiczną podłoże gruntowe pod fundamentami stanowią zwałowe gliny piaszczyste o stopniach plastyczności  $I_L$  od 0,05 do 0,4 oraz piaski pylaste średnio zagęszczone o  $I_D = 0,4$ . Grunty te przechodzą na głębokości 40 – 60 cm poniżej fundamentów w stan twardoplastyczny o dobrych parametrach wytrzymałościowych. Woda gruntowa znajdowała się na poziomie ok. 8 m p.p.t.

### Sposób podbicia

Pierwotny projekt wykonania podbicia metodą „jet grouting” został zaniechany ze względu na duży koszt i trudne warunki pracy wiertnic. Wzmocnienie fundamentów wykonano przez mikropalowanie z zastosowaniem prefabrykowanych elementów wciskanych i iniektowanych. Prace przeprowadzono w całości we wnętrzu piwnic, wg technologii zgodnej z projektem wykonawczym. Wykonano łącznie 110 szt. mikropali długości 1,5 – 2,5 m i wciskano je do momentu osiągnięcia siły min. 150 kN. Rozmieszczenie mikropali ilustruje rysunek.

Prace wykonano w okresie grudzień 2004 r. – początek lutego 2005 r. Zastosowano, opracowaną przez COBRBI „Hydrobudowa”, technologię wzmocnienia fundamentów z użyciem betonowych prefabrykatów wciskanych z nisz wykutych w ścianach fundamentowych. Mikropale w obrębie jednej ściany wykonywano co trzeci, zagęszczając punkty mikropalowania po zakończeniu pełnego cyklu technologicznego dwóch poprzednich mikropali. Cykl technologiczny obejmował:

- wycięcie w ścianie fundamentowej niszy o wymiarach: szerokość 0,4 m, wysokość 0,8 m, głębokość 0,35 m na poziomie posadzki piwnicy;
- przewiercenie fundamentu wiertnicą rdzeniową, koronką średnicy 152 mm;
- wciśnięcie w grunt walcowych prefabrykatów aż do osiągnięcia założonej siły wciskania;
- montaż rurek iniekcyjnych w kanałach podłużnych prefabrykatów;



Rozmieszczenie mikropali

- zazbrojenie i zabetonowanie niszy;
- iniekcję cementową przez zamontowane rurki;
- usunięcie gruzu i uzupełnienie ewentualnych ubytków w ścianach i posadzkach.

Prefabrykaty w postaci walców o wymiarach: średnica 140 mm, wysokość 500 mm, z dwoma wewnętrznymi kanałami iniekcyjnymi średnicy 20 mm wykonano z betonu klasy B-45, modyfikowanego plastifikatorami i włóknami stalowymi Dramix.

Nisze w ścianach wykonano za pomocą hydraulicznych pił diamentowych „Partner 3500K” o głębokości cięcia do 26 cm, a przewierci w fundamentach za pomocą wiertnic rdzeniowych „Longyear”, z wiertłami koronowymi „Tyrolit”, średnicy 152 mm. Do wciskania mikropali użyto zestawu złożonego z siłownika hydraulicznego o skoku 500 mm i ciśnieniu max. 720 barów oraz agregatu spalinowo-hydraulicznego „Partner HP-40” o przepływie 40 l/min. Skalowanie (przeliczenie

ciśnienia na siłę wciskania) siłownika przeprowadzono na placu budowy za pomocą tensometrycznego zestawu pomiarowego ZWN (system CL300). Do iniekcji zastosowano zaczyn cementowy w/c = 0,50 z cementu CEM II 32,5R. Iniekt podawano hydrauliczną pompą „Apageo” o regulowanym ciśnieniu 0 – 3 MPa. Zbrojenie betonu wypełniającego nisze w ścianach wykonano ze stali 18G2 średnicy 12 mm.

Podczas realizacji podbicia fundamentu zmieniono rozmieszczenie niektórych mikropali, założone w projekcie, ponieważ występowała kolizja z instalacjami c.o., przewodami kominowymi, otworami okiennymi, a ponadto nie było dostępu do części pomieszczeń. Zachowano jednak projektowaną liczbę mikropali pod każdą ścianą fundamentową. Prace nie spowodowały powstania nowych rys ani pęknięć w konstrukcji budynku.