

STANISŁAW JURCZAKIEWICZ*, STANISŁAW KARCZMARCZYK**

STABILIZACJA POSADOWIENIA ZABYTKOWYCH BUDYNKÓW PRZY POMOCY MIKROPALI NA TLE DOŚWIADCZEŃ PRAKTYCZNYCH

STABILIZATION OF HISTORICAL BUILDINGS FOUNDATION BY MEANS OF MICROPILES - PRACTICAL EXPERIENCES

Streszczenie

Przedstawiono własne projekty stabilizacji fundamentów przy pomocy mikropali wykonane dla czterech obiektów usytuowanych w obrębie Starego Miasta w Krakowie. Trzy projekty dotyczą budynków znajdujących się w stanie zagrożenia katastrofą na skutek posadowienia na słabej warstwie podłoża gruntowego. Przedstawiono też projekt żelb. płyty przekrywającej podziemną ekspozycję w Rynku Głównym. W tym przypadku mikropale umożliwiły ochronę historycznych murów Sukiennic. Wykorzystano mikropale jako elementy przekazujące obciążenia od budynku na położone głęboko, nośne warstwy gruntu. Pozwoliło to usunąć zjawisko rozluźnienia gruntu i ograniczyć ingerencję w historyczne warstwy podłoża zalegające p.p. posadowienia fundamentów. Kontrola przeprowadzona po upływie 4–6 lat od czasu wykonania remontów budynków potwierdziła skuteczność zastosowanej metody.

Słowa kluczowe: mikropale, stabilizacja fundamentów, zabytki

Abstract

The authors present their own designs of stabilizing the foundation of four buildings situated within the Cracow old Town Center. Three of them concern restoration of buildings in danger of collapsing due to uneven settlement of foundations or the layer of weak ground. The project of the reinforced concrete plate covering a new underground museum in the Main Square Market has also been presented. In this particular case the micropiles made it possible to protect historical walls of the Clothes Hall. In all cases micropiles were used as the elements transmitting the loads from building onto deep carrying layers of the ground. The use of micropiles does not cause harmful loosening of the ground and minimizes the impact on historical layers below foundations. The check of the condition of these buildings carried out after 4–6 years proved the efficiency of the applied method.

Keywords: micropiles, stabilizing the foundation, monuments

* Mgr inż. – Politechnika Krakowska

** Dr inż. – Politechnika Krakowska

1. Wstęp

Lokacja Krakowa w 1257 r. wytyczyła ogólny plan miasta, który bez zmian istnieje do dziś, jednak zabudowa poszczególnych bloków rozwijała się i przeobrażała nieustannie na przestrzeni minionych wieków. Pierzeje rynku i ulic zapelniły się w pierwszej kolejności murowanymi kamienicami, które były ciągle podwyższane i przebudowywane stosownie do zmieniających się potrzeb mieszkańców. Zachowywano przy tym stare, a będące w dobrym stanie elementy budynków – w tym piwnice i fundamenty posadowione niegdyś na rodzimym gruncie. Tymczasem wewnątrz bloków, przez długi czas powstawały jedynie nietrwałe, drewniane budynki gospodarcze, kopano kolejne doły chłonne, poziom podworców podnosił się ciągle na skutek odkładania kolejnych warstw nasypów kulturowych. Wiele budynków posiadających doły chłonne podłączano następnie do sieci kanalizacyjnej w ten sposób, że górną częścią przekroju kanałów odprowadzano płynne ścieki, natomiast odpady stałe osiadały na dnie. Zbiorniki te były nieuszczelnione i przepuszczały zakwaszone wody w różnych kierunkach. W obrębie Starego Miasta istnieje nieregularna sieć starych kanałów blokowych, które odprowadzały nieczystości do fosy miejskiej. Kanały blokowe nie były konserwowane, ich stan powoduje realne niebezpieczeństwo zawalenia się i w konsekwencji uszkodzenia stojących na nich, bądź obok nich budynków. Kanalizacja opadowa posiada wiele usterek. Są rejon, w których dziesiątkami lat woda wydostawała się przez nieuszczelnności do gruntu powodując jego wymywanie i w sposób istotny zmniejszając pierwotny stopień zagęszczenia. Wszystko to wpływa na ogromne zróżnicowanie warunków posadowienia budynków jakie występuje obecnie w obrębie Plant.

Autorzy wykonali szereg ekspertyz i projektów konstrukcyjnego zabezpieczenia zabytkowych budynków Krakowa. Stabilizacja ich posadowienia była jednym z zasadniczych problemów i tylko poprawne jego rozwiązanie mogło zagwarantować trwałość pozostałych prac remontowych. Dodatkową trudność w tym zakresie sprawiała obecność w obrębie fundamentów i pod nimi historycznych warstw kulturowych podlegających ochronie i nadzorowi archeologicznemu. W przedstawionych przykładach realizacji z obszaru Starego Miasta zastosowano mikropale - metodę posadowienia pośredniego.

2. Obiekty objęte projektami prac zabezpieczających

2.1. Zespół oficyn przy ul. Pijarskiej 7 w Krakowie [1] powstał w roku 1921 w okresie przebudowy pałacu usytuowanego na rogu ulicy Sławkowskiej. Budynki oficyn częściowo o żelbetowej konstrukcji słupowo-belkowej, a częściowo tradycyjne ceglane dostawiono do ścian kamienic sąsiednich (rys. 1). Wcześniej, na zapleczu frontowej kamienicy, istniały na tym miejscu stajnie i wozownie. W latach 1943–1947 na dziedzińcu dobudowano salę restauracji. Od 1955 roku mieściła się tu Kawiarnia Literacka. Oficyny były podpiwniczone jedynie na części rzutu. Ściany posadowiono na betonowych ławach, a żelbetowe słupy przy ścianie oficyny posesji przy Sławkowskiej 30 podparte zostały na żelbetowych stopach.



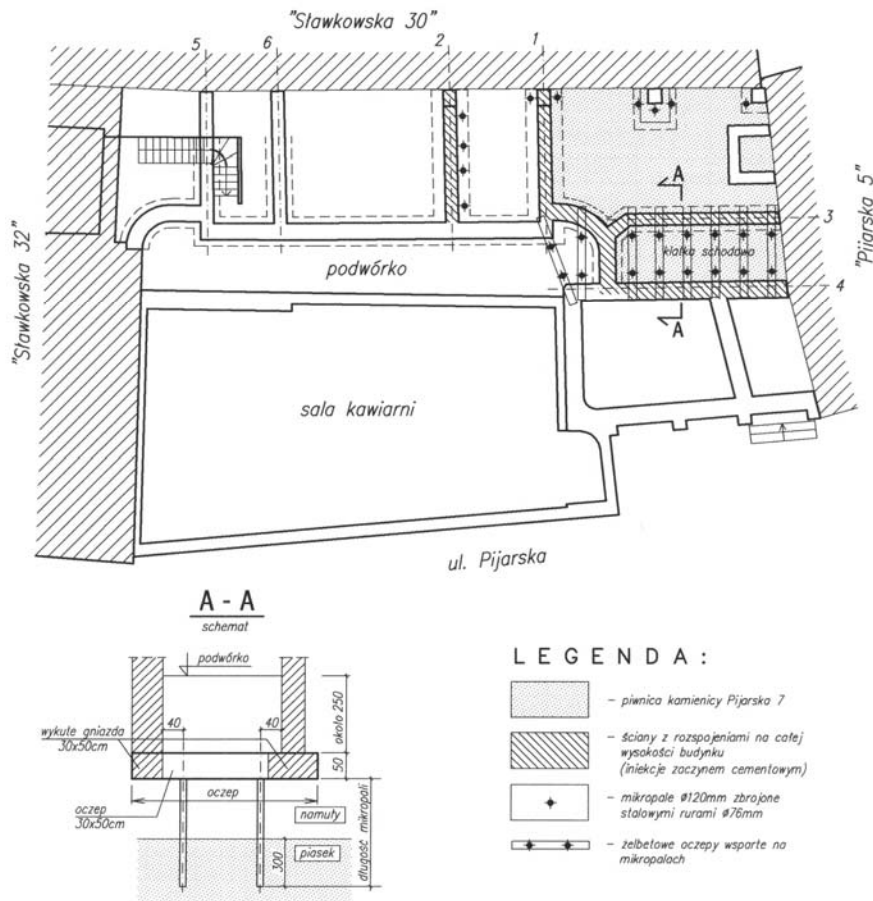
Rys. 1. Kraków, ul. Pijarska 7. Zespół oficyn narożnego pałacu przy Sławkowskiej 32

Fig. 1. Cracow, 7 Pijarska St. Outbuilding of the corner palace at 32 Sławkowska St.

W jednej z odkrywek fundamentów stwierdzono intensywny wyciek z systemu kanalizacji po stronie sąsiedniej oficyny przy ul. Sławkowskiej 30. Okazało się również, że ścianę graniczną pochodzącą z 1916 r. wymurowano na pozostałościach piwnic starszych budowli oraz na trasie kanału blokowego. W 1921 roku, trakcie realizacji piwnicy oficyny przy ul. Pijarskiej 7, odcinek kanału blokowego zlikwidowano, a owe resztki starszej ściany wraz z ceglany łukiem odciążającym sklepienie kanału zostały odsłonięte. Ich podstawa znalazła się około 0,80 m ponad poziomem posadzki piwnicy. W ten sposób utraciły one trwałe oparcie na gruncie i w efekcie ściana z 1916 roku uległa w tym rejonie spękaniu. Doszło tu nawet do lokalnego rozluźnienia struktury muru. Stopa żelbetowego słupa w piwnicy osiadła tak znacznie, że oderwała się od słupa i przestała stanowić jego podparcie. Przechyliła się i niemal zawisła wraz ze słupem na żelbetowej belce, którą miała pierwotnie podtrzymywać.

Skalę osiadań i przemieszczeń szacowano w granicach 12÷16 cm. Ława fundamentowa ściany klatki schodowej uległa również znacznym deformacjom. Okazało się, że jest usytuowana ponad dawnym dołem chłonnym. Uszkodzenia – rozspojenia murów przebiegały przez całą wysokość budynku. W piwnicy nastąpiło ścięcie w płaszczyznach spoin muru, szerokość szczelin sięgała 70 mm.

W 2003 roku, na zlecenie właściciela budynków – Papieskiej Akademii Teologicznej, autorzy podjęli prace badawcze i projektowe. Ocenili, że rozspojenia na stykach stropów i ścian obniżyły w sposób istotny sztywność przestrzenną budynku oraz, że utrzymuje się stan formalnego zagrożenia awarią. Istniejące uszkodzenia obniżały też znacząco cechy użytkowe i estetykę budynku.



Rys. 2. Kraków, ul. Pijarska 7. Stabilizacja posadowienia fundamentów za pomocą mikropali

Fig. 2. Cracow, 7 Pijarska St. Stabilization of the foundation by means of micropiles

Badania geologiczne ujawniły, że budynki oficyn zostały posadowione na warstwach nasypów i namulów o grubości od 1,20 do 1,80 m. Sąsiadującą oficynę Sławkowskiej 30 i budynek frontowy Sławkowskiej 32 posadowiono około 1,80 m głębiej, na warstwie rodzimych piasków o średnim zagęszczeniu. Wszystkie uszkodzenia zinwentaryzowano fotograficznie i na rysunkach w postaci kładów ścian nośnych. Na rozspojeniach murów założono ok. 30 gipsowych pasków kontrolnych. Po upływie pół roku duża część z nich pękła. Świadczyło to o utrzymującej się aktywności czynników destrukcyjnych i sezonowej zmienności parametrów podłoża gruntowego. Pod budynkami oficyn, w celu uzyskania oparcia na nośnej warstwie piasku zalegającej poniżej namulów, zaprojektowano system złożony z mikropali i wiążących ich głowice żelbetowych oczepów wprowadzonych w mury fundamentowe. Zaplanowano podbicie zagrożonego odcinka ściany granicznej. Przewidziano również dogęszczenie podłoża fundamentów sali kawiarni za pomocą iniekcji dogęszczającej zbrojonej.

Inwestor zdecydował o wykonaniu naprawy tylko w rejonach, gdzie widoczne były największe uszkodzenia (rys. 2). Po ustabilizowaniu fundamentów kl. schodowej za pomocą mikropali, w całym budynku dokonano scalenia rozspojień murów z zastosowaniem iniekcji zaczynem cementowym. W piwnicy rozebrano, a następnie odtworzono najbardziej zniszczoną ścianę. Mniejsze szczeliny przemurowano. Zagrożone kamienno-ceglane ściany o rozluźnionej strukturze zabezpieczono wykonując przy nich żelbetowe płaszcze. Przegląd dokonany w 2010 roku wykazał pełną skuteczność wykonanych prac zabezpieczających w obrębie piwnic (rys. 3). Natomiast na tych ścianach, gdzie z przyczyn ekonomicznych pominięto wzmocnianie podłoża mikropalami (np. na ścianie od strony ul. Pijarskiej), niektóre pęknięcia odtworzyły się.



Rys. 3. Kraków, ul. Pijarska 7. Klatka schodowa w obrębie piwnicy po remoncie. Kamienną ścianę wsparto na oczepach mikropali i zabezpieczono żelbetowym płaszczem

Fig. 3. Cracow, 7 Pijarska St. Staircase in the cellar after restoration. The stone wall protected by reinforced concrete cover, resting on the heads of micropiles

2.2. Zespół oficyn przy ul. Floriańskiej 19 i Św. Marka 26 w Krakowie [2] pochodzących z II połowy XIX wieku. Są to budynki niepodpiwniczone. Rozspojenia, spękania i przemieszczenia ścian nośnych oficyny bocznej i tylnej (rys. 4.) świadczyły o nierównomiernym osiadaniu ich fundamentów. Uszkodzenia te pojawiły się już dawno i były przedmiotem badań i ekspertyz technicznych oraz opracowań projektowych (w latach 1971–1979 i w 2002 roku). Proponowane w tych pracach metody wzmocnienia fundamentów i stabilizacji podłoża gruntowego nie doczekały się realizacji głównie z przyczyn ekonomicznych, ale zawierały bogatą dokumentację przeprowadzonych wtedy badań geotechnicznych (odkrywki, odwierty i sondowania). Istniały również archiwalne plany podające domniemane trasy przebiegu przez obszar działki historycznego kanału blokowego. Jedną z nich potwierdziła odkrywka wykonana przez dr Leona Obtulowicza (Krakowskie Biuro Projektów) w 1971 roku oraz sondowania przeprowadzone przez Geoprojekt w 1979 roku. Sondowania określiły też głębokości zalegania zagęszczonych warstw gruntu. Wyniki tych prac wykorzystano dla opracowania projektu.



Rys. 4. Kraków, ul. Św. Marka 19. Przemieszczenie widoczne na elewacji na styku z podpiwniczonym budynkiem frontowym przy Floriańskiej 26

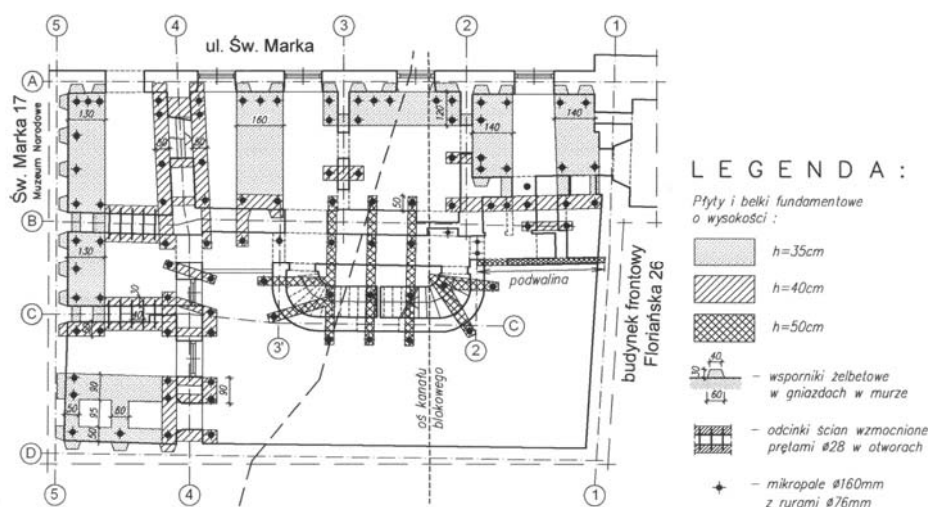
Fig. 4. Cracow, 19 St Marka St. Displacement of the wall on the border with the front cellared building at 26 Floriańska St.

Podłoże niepodpiwniczonych budynków oficyn stanowią niekontrolowane nasypy kulturowe o miąższości od 3,0 do 5,0 m pod powierzchnią terenu, lokalnie do 9,0 m (w rejonie dołu chłonnego). Na badanym terenie rozciągały się one ciągłą warstwą. Były to luźne nasypy gruzowe z domieszką próchniczego piasku gliniastego. Poniżej przechodziły one w plastyczne i twaroplastyczne namuły. Posadowienie budynków oficyn na tym gruncie stało się bezpośrednią przyczyną nierównomiernych osiadań fundamentów i powstania poważnych uszkodzeń ścian nośnych. Pod nasypami zalegały grunty rodzime sypkie – piaski drobne, średnie, grube i gliniaste. Grunty rodzime występowały w stanie luźnym, średniozagęszczonym i zagęszczonym. Przewagę stanowiły piaski zagęszczone o $I_D = 0,70$.

Poziom podłogi parteru (na gruncie) wynosił ok. 214,3 m n.p.m. Według danych archiwalnych (badania na ul. Floriańskiej 9) woda występuje na rzędnej 198,63 m n.p.m.

Jednym z podstawowych założeń remontu i zabezpieczenia było utrzymanie i stabilizacja obecnego stanu układu nośnego budynku i obecnego stanu odkształceń. Celem projektowanego wzmocnienia fundamentów było zapewnienie ciągłego podparcia ścian budynku na nośnych warstwach gruntów rodzimych. Biorąc pod uwagę fakt, że budynek oficyny posadowiono na warstwie nasypów niekontrolowanych, a przebiegający przez działkę (częściowo zlokalizowany) kanał blokowy oraz domniemana obecność dołów chłonnych pogłębiały destrukcję podłoża, wybrano również spośród obecnie stosowanych technologii – mikropale.

Główce mikropali (górne odcinki stalowych rur 76,1/5,0 stanowiących rdzenie mikropali) zatopiono w żelbetowych oczepach – belkach i płytach fundamentowych przenikających lub wcinających się odcinkowo w fundamente. Elementy te przekazują obciążenia ze ścian nośnych na mikropale i następnie na podłoże gruntowe (rys. 5). Zabezpieczenia były realizowane etapowo z uwagi na potrzebę ciągłego użytkowania przyległych pomieszczeń. Realizacja skomplikowanego układu mikropali i oczepów ustabilizowała ustrój nośny budynków.



Rys. 5. Kraków, ul. Św. Marka 19. Plan stabilizacji fundamentów za pomocą mikropali

Fig. 5. Cracow, 19 St Marka St. Plan of stabilizing the foundation by means of micropiles

2.3. Ściana graniczna pomiędzy posesjami przy ulicy Gołębiej nr 6 i 8 w Krakowie [3] o całkowitej długości 12,70 m stanowi dla posesji nr 8 wizualne zamknięcie podwórza oraz szczytową ścianę jej oficyny, natomiast dla posesji nr 6 jest elementem konstrukcyjnym galerii komunikacyjnej łączącej budynek frontowy z oficyną w poziomach I i II piętra (rys. 6). Wysokość ściany ponad poziomem podwórza od ul. Gołębiej 6 wynosi 12,0 m. Podwórze po stronie ul. Gołębiej 8 położone jest o 0,60 m niżej. Grubość ściany mierzona w poziomie parteru wynosi 82 cm. W poziomach kolejnych stropów od strony galerii istnieją odsadzki o szerokości 1/2 cegły, a grubość ściany zmniejsza się do 63 cm na wysokości I piętra i 48 cm na II piętrze. W odkrywcę fundamentu wykonanej po stronie posesji nr 8 stwierdzono posadowienie ściany na głębokości 4,0 m poniżej poziomu podwórka. Domniemana całkowita szerokość fundamentu wynosi 2,0 m. W trakcie badań fundamentów natrafiono na kanał blokowy o wym.: przekroju 70 × 125 cm przechodzący poprzez podziemną część ściany w odległości 3,0 m od budynków frontowych. Sklepienie kanału wymurowanego z kamienia wapiennego nosiło ślady ścicia pod ciężarem osiadającej ściany granicznej. Uszkodzenie to miało formę szczeliny z luźnymi blokami kamiennymi na jej brzegach.

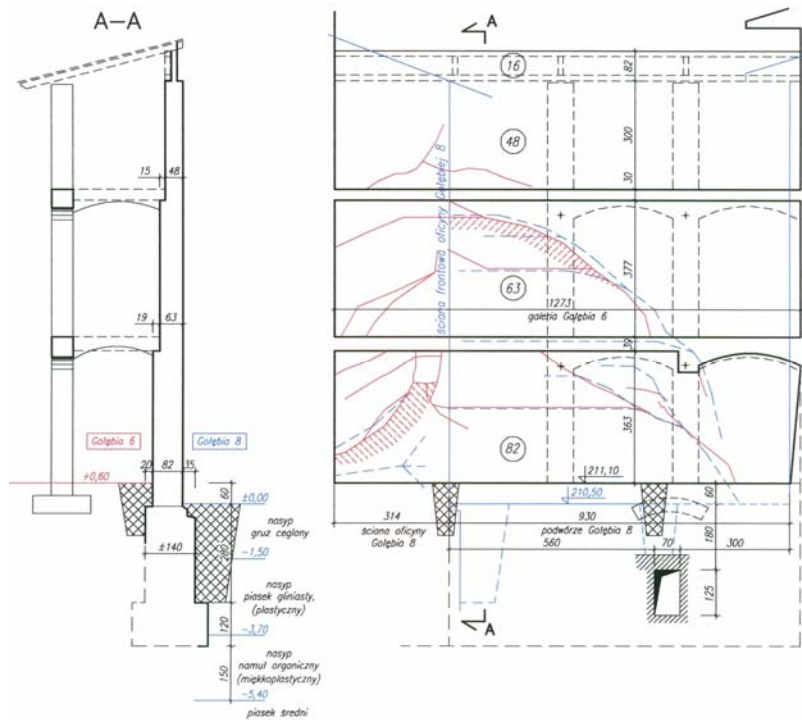
W okresie opracowania ekspertyzy i projektu zabezpieczeń zarówno galeria jak i oficyna były od długiego czasu wyłączone z eksploatacji ze względu na stan zagrożenia katastrofą budowlaną. Przez całą szerokość ściany przebiegało skośne, łukowate rozspojenie połączone z rozluźnieniem sąsiadujących cegieł i wychyleniem dolnego fragmentu muru o około 5 cm na stronę posesji Gołębia 6. Forma uszkodzenia świadczyła o intensywnym osiadaniu fundamentu ściany w rejonie jej styku z frontową ścianą oficyny przy Gołębiej 8. Poniżej linii tego pęknięcia, na kilku poziomach, widać było poziome rozspojenie muru. Układ pęknięć na obu licach ściany był identyczny (rys. 6) co świadczyło o wskrośnym przebiegu pęknięć. Całkowicie zniszczone były drewniane belki obu stropów galerii komunikacyjnej, a konstrukcja jej zadaszenia w znacznym stopniu uszkodzona.

Badania geotechniczne ujawniły pod fundamentem warstwę około 1,50 m namułu gliniastego, miękkoplastycznego. Grunt taki charakteryzuje się zmiennością parametrów zależnych od poziomu nawodnienia i nie stanowi stabilnego podłoża budowlanego. Strop rodzimej warstwy zagęszczonego piasku drobnego nawiercono 5,40 m poniżej poziomu podwórza Gołębiej 8. Stwierdzono zły stan systemu odprowadzenia wód opadowych i sieci kanalizacyjnej w obrębie obu podwórz. W rejonie kulminacji rozspojenia ściany granicznej, na jej styku ze ścianą oficyny Gołębiej 8, rura spustowa rynny wprowadzona była do gruntu bez podłączenia do kanalizacji opadowej.

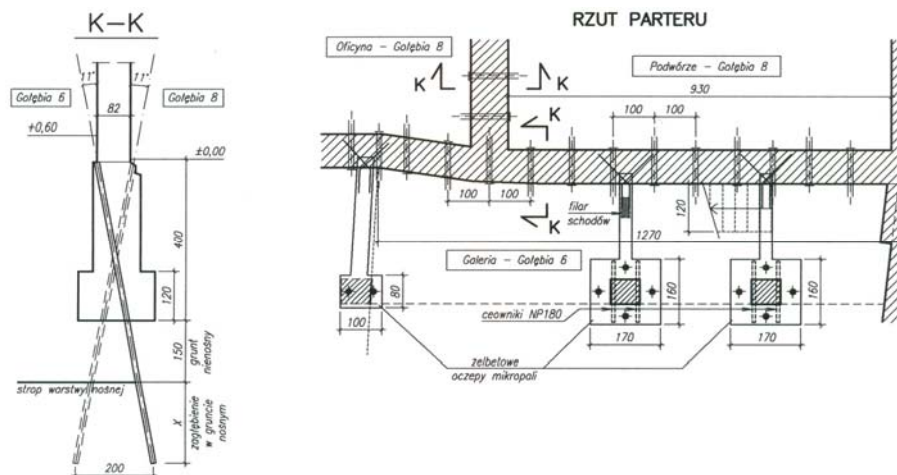
Autorzy zdecydowali, że naprawa i stabilizacja ściany polegać powinna na trwałym oparciu jej fundamentu na warstwie rodzimego gruntu charakteryzującego się dostatecznym stopniem zagęszczenia tzn. na wspomnianej warstwie drobnego piasku zalegającego 1,50 m poniżej poziomu posadowienia fundamentu. Na wstępie zaproponowano dwie metody:

- A. Mikropale w układzie kozłowym** przenoszące obciążenia ze ściany dzięki przyczepności płaszczu mikropali do materiału fundamentu (długość zagłębienia mikropali w gruncie nośnym miała zagwarantować uzyskanie wymaganej nośności);
- B. Metoda iniekcji strumieniowej** kształtująca poniżej stopy fundamentu kolumny utworzone z istniejącego gruntu spojonego zaczynem cementowym. Słupy sięgałyby na 1,00 m w głąb warstwy piasku (łącznie długość 2,50 m).

Z uwagi na niewielkie rozmiary obu podwórz i utrudniony do nich dostęp od strony ulicy wybrano wariant wzmocnienia posadowienia z zastosowaniem mikropali (wg rys. 7). Prace podjęto w 2005 r. Po ustabilizowaniu posadowienia ściany granicznej i sąsiadującego z nią odcinka ściany oficyny Gołębiej 8 oraz ceglanych słupów galerii po stronie Gołębiej 6, dokonano odtworzenia spójności struktury muru na długości istniejących rozspojen, wykonując przemurowania i iniekcje zaczynem cem. Zrealizowano też zaprojektowane żelbetowe stropy galerii wraz ze schodami. Elementy te stanowią tarczowe usztywnienie ściany. Nie wykonano jeszcze zaprojektowanych zabezpieczeń posadowienia (również z zastosowaniem mikropali) w obrębie niepodpiwniczonej oficyny posesji Gołębia 6. Budynek ten znajduje się nadal w stanie zagrażającym katastrofą budowlaną (rys. 8).



Rys. 6. Kraków, ul. Gołębia 6 i 8. Uszkodzenia ściany granicznej. Odkrywki fundamentów
 Fig. 6. Cracow, 6 and 8 Golebia St. Damage of the border wall. Examining of the foundation



Rys. 7. Kraków, ul. Gołębia 6 i 8. Stabilizacja posadowienia ściany granicznej.
 Zastosowano mikropale w układzie kozłowym

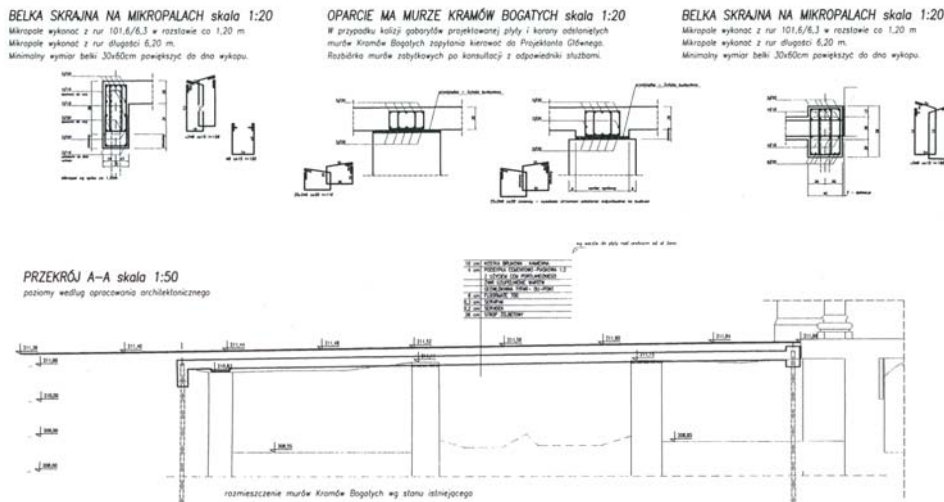
Fig. 7. Cracow, 6 and 8 Golebia St. Stabilizing the foundation of the border wall.
 Inclined micropiles were applied



Rys. 8. Kraków, ul. Gołębia 6. Stan galerii komunikacyjnej i oficyny po przerwaniu prac zabezpieczających w 2005 r.

Fig. 8. Cracow, 6 Gołębia St. Balcony and outbuilding after stopping restoration works in 2005

2.4. Rynek Główny w Krakowie. Płyta przekrywająca relikty archeologiczne w obrębie Kramów Bogatych po wschodniej stronie Sukiennic [4]. Żelbetową trójprzęsłową płytę o grubości $h = 26$ cm (rys. 9) zaprojektowano jako część konstrukcji zabezpieczającej muzealną ekspozycję relikwów budowli skrytych dotychczas pod powierzchnią Rynku. Płytę wsparto liniowo na odsłoniętych ceglanych murach kramów (podpory pośrednie), a wzdłuż podłużnej ściany Sukiennic i poza skrajną ścianą kramów na żelbetowych belkach oczepowych łączących głowice mikropali (podpory skrajne). Zastosowano mikropale z rur stalowych 101,6/6,3 o dł. 6,20 i 6,50 m. Na całej długości rury wypełniano betonem zgodnie z zasadami tej technologii. Po stronie zewn. rozstaw mikropali wynosi 1,20 m, natomiast wzdłuż Sukiennic żelbetowe słupy na mikropalach umieszczono w zmiennym rozstawie sytuując je przy poprzecznych murach. (rys. 10). Na płycie wykonano nową nawierzchnię Rynku z wapiennej kostki brukowej. W tym przypadku zastosowanie mikropali umożliwiło przeniesienie znacznych obciążeń z płyty Rynku bezpośrednio na nośne warstwy podłoża bez zmiany układu naprężeń pod fundamentami Sukiennic i bez obciążania ścian Sukiennic siłami od skrajnej podpory płyty. Styczne rozmieszczenie mikropali przy fundamentach Sukiennic umożliwiło redukcję gabarytów przekrojów słupów żelbetowych przylegających stycznie do ściany.



Rys. 9. Kraków, Rynek Główny.
 Przekrój płyty zabezpieczającej wykopy badawcze nad Kramami Bogatych.
 Fig. 9. Cracow, The Main Square. Cross section of the plate protecting excavation
 over the Kramy Bogate



Rys. 10. Kramy Bogate. Żelbetowe słupy na mikropalach niosące belkę płyty
 Fig. 10. Cracow, the Kramy Bogate. Reinforced concrete posts on micropiles carrying the plate beam

3. Podsumowanie

Prace budowlane i zabezpieczające prowadzone w obrębie historycznej zabudowy staromiejskiej wymagają użycia specjalnych technologii. W zakresie stabilizacji posadowienia fundamentów zagrożonych przez nierównomierne osiadanie podłoża

gruntowego szczególnie skuteczne okazało się zastosowanie mikropali. Technologia ta daje możliwość ciągłej kontroli stanu podłoża w trakcie wykonywania odwiertów (dostosowanie długości każdego mikropala do lokalnie występujących warunków), a jednocześnie pozwala ograniczyć do minimum ingerencję w warstwy kulturowe zalegające poniżej fundamentów. Niewielkie gabaryty i ciężar sprzętu wiertniczego umożliwiają prowadzenie robót nawet w niskich pomieszczeniach piwnic. Mikropale nie powodują pod fundamentami czasowego odciążenia i rozluźnienia gruntu, które prowadziłyby następnie do wzmożonego osiadania po zakończeniu robót. Ich realizacja nie jest również związana z wysokim poziomem zagrożenia bezpieczeństwa pracowników tak jak w przypadku tradycyjnych podbić fundamentów. Większość prac budowlanych związanych np. z betonowaniem oczepów i ich scalaniem ze starymi murami wykonuje się w poziomie posadzki piwnicy lub parteru.

O nośności mikropala decyduje nośność samego rdzenia w postaci stalowej rury lub żerdzi oraz długość jego odcinka osadzonego w nośnej warstwie gruntu. Pomija się współpracę nienośnych warstw gruntu w przenoszeniu obciążeń. Wspecjalizowane firmy wykonujące mikropale dysponują doświadczalnymi tablicami umożliwiającymi dobór tych parametrów. Zaleca się jednak wykonywanie obciążeń próbnych.

Przykłady zastosowań dotyczą nie tylko sytuacji, w których mikropale zapewniły stabilizację posadowienia budynku. Możliwość realizacji mikropali w trudnodostępnych miejscach historycznych budynków stwarza możliwość ochrony tych obiektów poprzez niezależne przejście dodatkowych obciążeń bez dociążania i perforowania przebiciami historycznej struktury murów - jak to miało miejsce w opisanym przypadku konstrukcji płyty rynku Głównego w jej styku z Sukiennicami.

Zastosowanie mikropali w opisanym przypadku projektowych dało dobre rezultaty, choć poparte są one na razie niedługim, bo zaledwie kilkuletnim okresem obserwacji stanu zabezpieczonych budynków.

Literatura

- [1] Karczmarczyk S., Jurczakiewicz S., *Opinia konstrukcyjno-budowlana na temat stanu technicznego zabytkowego budynku przy ul. Pijarskiej 7 w Krakowie wraz z programem prac zabezpieczających i kosztorysem*, Kraków 2003, Archiwum Zakładu Technik Budowlanych Politechniki Krakowskiej.
- [2] Karczmarczyk S., Jurczakiewicz S., *Projekt bud. wzmocnienia i stabilizacji posadowienia budynków oficyny tylnej i bocznej, ul. Św. Marka 19 i ul. Floriańska 26 w Krakowie*, Kraków 2004, Archiwum Zakładu Technik Budowlanych PK.
- [3] Karczmarczyk S., Jurczakiewicz S., *Opinia konstrukcyjno-budowlana dotycząca stanu technicznego ściany granicznej na odcinku przyległej galerii budynku nr 6. Proj. budowlany wzmocnienia i stabilizacji posadowienia ściany granicznej. Kraków, ul. Gołębia nr 6 i nr 8*, Kraków 2004, Archiwum Zakładu Technik Budowlanych PK.
- [4] Karczmarczyk S., Berezka W., *Projekt płyty zabezpieczającej wykopy badawcze nad Kramami Bogatych na Rynku Głównym w Krakowie*, Kraków 2008, Archiwum Zakładu Technik Budowlanych Politechniki Krakowskiej.