

Budowa podziemia budynku Senator

z zachowaniem zabytkowej ściany Banku Polskiego

tekst: **MIROSŁAW PRUSZKOWSKI, JAROSŁAW JANICKI, ANDRZEJ JANISZEWSKI**, WARBUD SA

zdjęcia: **WARBUD SA**

Omawiana inwestycja jest usytuowana w historycznym centrum Warszawy, pomiędzy al. Solidarności a ul. Biełańską. Działka, na której zaplanowano budowę biurowca Senator, była w części zabudowana. Na działce inwestora (nr ewid. 38/3), wchodzącej w skład nieistniejącego od II wojny światowej kompleksu bankowego, znajdują się pozostałości zabudowy dawnego Banku Polskiego. Ważne historyczne elementy Banku Polskiego zostały zintegrowane z nowym projektem. Najważniejszym obiektem, chronionym wpisem do rejestru, była szczytowa ściana sali operacyjnej (główniej), dlatego też została, po wcześniejszym zabezpieczeniu i wzmocnieniu, odtworzona do pierwotnego, historycznego wyglądu.



Ryc. 1. Lokalizacja budowy; fotografia przedstawia zbudowany obiekt [8]

W projekcie założono również zachowanie fragmentów ścian fundamentowych dawnego Banku Polskiego, tj. w zaokrąglonym narożniku budynku oraz przy wyżej wymienionej ścianie zabytkowej. Od strony wschodniej budynek graniczy z istniejącą historyczną zabudową. W bezpośrednim sąsiedztwie usytuowane są budynki mieszkalne przy ul. Daniłowiczowskiej 18A i 18B oraz przy ul. Biełańskiej 10 i przeznaczony do rozbiórki budynek restauracji.

Zaprojektowany budynek jest pięciopiętrowy z trzema poziomami garaży podziemnych. Trójkondygnacyjne podziemie o konstrukcji żelbetowej płytowo-słupowej posiada pięciopiętrową galerię przykrytą stalowym dachem ze szklanym świetlikiem oraz dwupiętrowe antresole (na 4. i 5. piętrze). W centralnej części budynku znajduje się również patio w kształcie ściętego trójkąta, zadaszone w poziomie stropu nad parterem świetlikiem o konstrukcji stalowej.

Główną konstrukcję zaprojektowano jako żelbetową. Układ konstrukcyjny budynków – generalnie podłużny. Typ konstrukcji słupowo-ryglowy z trzonami żelbetowymi. Słupy i belki są żelbetowe prefabrykowane. Trzony zaprojektowano i wykonano jako żelbetowe monolityczne.

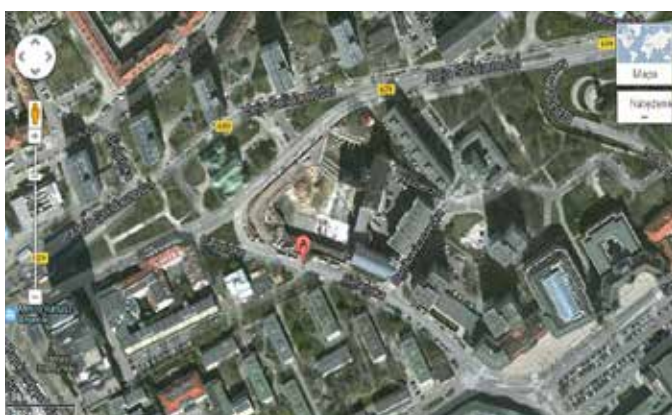
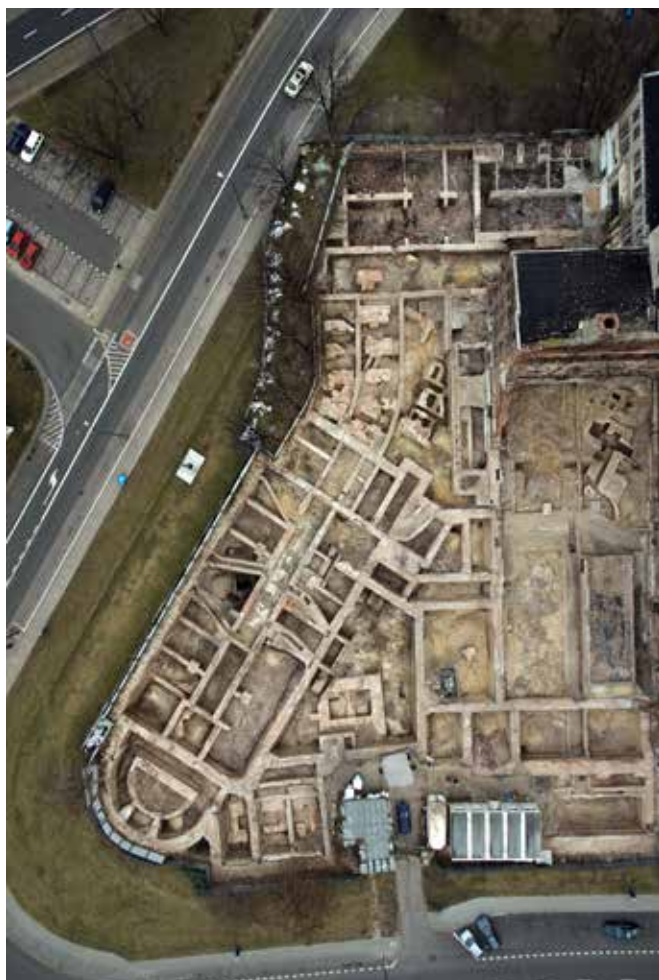
Słupy przenoszą obciążenia pionowe oraz dzięki zeszytwnianym węzłom – również w pewnym stopniu momenty od wiatru. Trzony komunikacyjne przejmują, oprócz obciążeń pionowych, wszystkie obciążenia poziome (wiatr) i zapewniają stateczność budynku.

Zewnętrzną konstrukcją części podziemnej budynku stanowią ściany szczelinowe o grubości 60 cm. W ścianie szczelinowej należało pozostawić odpowiednie bruzdy i zbrojenie w celu związania z nią płyty dennej. Ściany szczelinowe zaprojektowano i wykonano z uwzględnieniem faz realizacyjnych i fazy docelowej we współpracy z konstrukcją wewnętrzną budynku.

Fundament budynku stanowi płyta fundamentowa o grubości 60 cm z przegłębieniami w formie stóp pod słupami i trzonami.

Warunki geologiczno-inżynierskie

Uwzględniając kryteria stratygraficzno-genetyczne oraz zalecenia normy PN-81/B-03020, grunty występujące w podłożu projektowanego obiektu podzielono na siedem warstw geotechnicznych. Parametry geotechniczne dla wydzielonych w podłożu warstw gruntów mineralnych i rodzimych ustalono



Ryc. 2. Widok placu budowy przed rozpoczęciem robót, po wykonaniu platformy roboczej oraz wykopu w ścianie szczelinowej z rozporami w części północnej [8]

według powyżej wymienionej normy metodą A i B – korelacyjną w odniesieniu do cechy wodącej. Jako cechy wodące przyjęto:

- dla gruntów niespoistych – stopień zagęszczenia I_D ,
 - dla gruntów spoistych – stopień plastyczności I_L .
- Cechy wodące określono w następujący sposób:
- stopień zagęszczenia I_D – na podstawie genezy oraz sondowań gruntu sondą lekką DPL,
 - stopień plastyczności I_L – jako średnią wartość z kontrolnych badań laboratoryjnych oraz sondowań sondą SPT z uwzględnieniem wyników terenowej analizy makroskopowej.

Krótką charakterystyką wydzielonych warstw przedstawia się następująco:

Warstwa I – holocenijskie nasypy o miąższości 2,40–5,00 m.

Warstwa II, III, IV – piaski drobnoziarniste, średnioziarniste, gruboziarniste i pospółki średnio zagęszczone i zagęszczone. $I_D = 0,60$ – $0,65$.

Warstwy V i VI – gliny pylaste i pyły piaszczyste w stanie twardoplastycznym i lokalnie piaski gliniaste. $I_L = 0,10$ – $0,20$.

Warstwa VII – iły w stanie półzwałym. $I_L = 0,05$.

Istniejące warunki gruntowe uznano jako złożone, a projektowany obiekt zakwalifikowano do drugiej kategorii geotechnicznej.

Warunki hydrogeologiczne są korzystne. Wodę gruntową o zwierciadle swobodnym nawiercono w większości otworów na głębokości 5,00–6,20 m p.p.t., a jej poziom stabilizował się na rzędnej ok. 25,70 m nad poziomem 0 Wisły. Według normy PN-EN 206-1:2003 woda gruntowa wykazywała klasę ekspozycji

XA1 – podwyższona zawartość siarczanów, i wykazywała zwiększone własności korozyjne w stosunku do żeliwa i stali. Współczynnik filtracji dla piasków średnioziarnistych przyjęto w wysokości $k = 30$ m/dobę.

Przyjęty sposób zabezpieczenia wykopu (ściana szczelinowa zagłębiona w ił) nie spowodował obniżenia poziomu wody gruntowej na sąsiednich działkach i nie naruszył stosunków gruntowo-wodnych. W związku z powyższym nie zachodziła potrzeba uzyskiwania pozwolenia wodnoprawnego (art. 124 punkt 6 ustawy z 18 lipca 2001 r. Prawo wodne).

Monitoring sąsiednich budynków

W związku z wykonywaniem głębokich wykopów konieczne było założenie sieci reperów dla pomiarów kontrolnych osiadań budynków sąsiednich oraz przemieszczeń poziomych korony ściany szczelinowej. Przed przystąpieniem do wykonywania wykopów zastabilizowano punkty do pomiaru odkształceń w trzech płaszczyznach (x, y, z) oraz wykonano pierwszy pomiar zerowy – bazowy. Następnie prowadzono pomiary kontrolne w czasie budowy. Częstotliwość pomiarów dostosowano do tempa prac i potrzeb bezpieczeństwa realizowanej budowy. Pomiary wykonywano po każdym zakończonym etapie robót.

Pomiary wykonywały służby geodezyjne wyspecjalizowane w zakresie precyzyjnych pomiarów dla potrzeb budownictwa – z zachowaniem odpowiednich procedur. Wyniki pomiarów były analizowane przez kierownictwo budowy, nadzór autorski



Ryc. 3. Widok węża i sprzętu do wykonania ścian i baret



Ryc. 5. Skuty fragment odsadzki zabytkowej ściany

i inwestorski. Dla budynków sąsiednich przyjęto następujące graniczne wartości przemieszczenia liniowego:

$$[s_k]_k = 5 \div 7 \text{ mm}, [s_k]_n = 15 \div 18 \text{ mm}$$

s_k – przemieszczenie pionowe konstrukcji spowodowane przemieszczeniami podłoża,

$[s_k]_k$ – graniczna wartość przemieszczenia konstrukcji budynku, której osiągnięcie sygnalizuje możliwość wystąpienia w budynku stanów granicznych użyteczności (np. nadmiernych rys, pęknięć, deformacji),

$[s_k]_n$ – graniczna wartość przemieszczenia konstrukcji budynku, której osiągnięcie sygnalizuje możliwość wystąpienia stanów granicznych nośności (np. utraty przez elementy nośności lub stateczności).



Ryc. 4. Zabytkowa ściana Banku Polskiego

Fazy wykonywanego zakresu robót

Uwzględniając usytuowanie wykonywanego obiektu i pozostałości fundamentów ceglanych, wszystkie prace wykonywano z obniżonej platformy roboczej.

Rozpoczęto od wyburzenia fundamentów, przygotowania platformy roboczej, zasypania zabytkowych fundamentów piaskiem co najmniej 0,5 m nad wierzchem.

Po przygotowaniu platformy roboczej wykonano murki prowadzące i ściany szczelinowe.

Ze względu na możliwość istnienia nieczynnego uzbrojenia podziemnego, niewykazanego na planach sytuacyjnych, oraz pozostałości starej zabudowy lub gruntów nasypowych wykonano wzdłuż ścian szczelinowych przekopy kontrolne do poziomu gruntu naturalnego, a napotkane urządzenia podziemne i gruzowiska usunięto. W miejscach styku ściany szczelinowej projektowanego budynku z ceglаныmi fundamentami budynku istniejącego należało skuć odsadzki i umożliwić swobodne przejście chwytaka głębiarki. Miejsce gruzowisk zasypano piaskiem stabilizowanym cementem.

Wykonano ściany szczelinowe żelbetowe o grubości 60 cm z betonu klasy C30/37 XA1, W8, stanowiące konstrukcję stałą podziemnej części budynku. Ściany szczelinowe wykonano z poziomu murków prowadzących. Poziom spodu ścian wynika z warunków obciążenia i obliczeń statycznych i wynosi od 14,40 m do 14,90 m poniżej poziomu 0 budynku. Ściany szczelinowe zaprojektowano i wykonano z sekcji o długości ok. 6,5 m, dostosowanych do geometrii budynku i urządzenia głębiącego. W sąsiedztwie istniejących budynków długość sekcji została ograniczona do 3,25 m. Szczelność na stykach sekcji zapewniają podwójne uszczelki.

Szczególnym wyzwaniem było wykonanie stalowych wzmocnień zabytkowej ściany dawnego Banku Polskiego, która została wpisana na listę zabytków i była przeznaczona do zachowania oraz renowacji (ryc. 4). Ma ona następujące wymiary:

- długość – 22,38 m,
- wysokość od fundamentu – 28,02 m, a od poziomem terenu – 25,42 m,
- grubość zmienna – od ok. 100 cm nad poziomem fundamentu do ok. 70 cm w górnej części.



Ryc. 6. Widok zabezpieczanej ściany

Od strony północnej związane są ze ścianą dwa kominy ceglane o przekroju 100 x 100 cm i wysokości 28,39 m. Ściana ma fundament w formie ławy z cegły pełnej na zaprawie wapiennej. Sama ściana wykonana była również z cegły pełnej na zaprawie wapiennej. Pomimo, że posiada jednolitą konstrukcję, jednak w trakcie istnienia została osłabiona przez prowadzone przy niej prace budowlane polegające na ingerencji w jej strukturę, jak i działania wojenne, które doprowadziły do wyburzenia dużej części zabudowy. Ściana w przekrojach zarówno pionowym, jak i poziomym nie ma przekroju prostokątnego lecz nieregularny, ze względu na występowanie różnych detali architektonicznych ukształtowanych w cegle (gzysmy, glify, pilastry itp.). W ścianie są otwory okienne i pocienienia przekryte sklepieniami ceglаныmi w formie łuków kołowych. W stanie istniejącym ściana usztywniona jest przez:

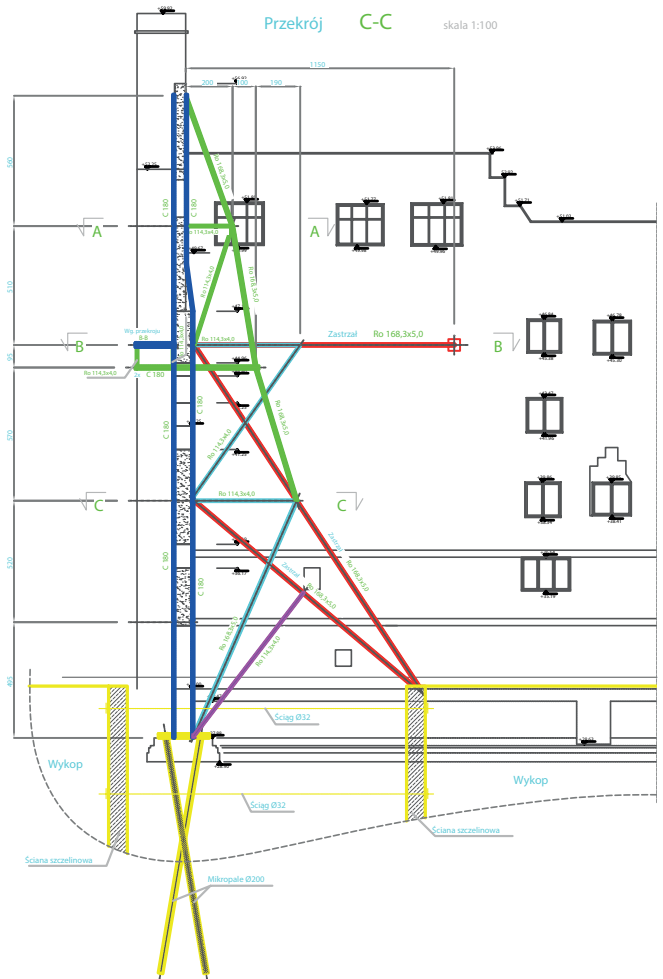
- istniejący budynek – od strony wschodniej,
- pozostawiony fragment ściany poprzecznej w formie skarpy – od strony zachodniej,
- istniejący trzypiętrowy budynek – od strony północnej.

Ściana nie ma wieńców stężających. Istniejące kominy (od strony północnej), w złym stanie technicznym, nie mogą być brane pod uwagę jako jego usztywnienie.

Ściana od czasu ostatniej wojny nie była zabezpieczona przed warunkami atmosferycznymi. Wody opadowe i działanie mrozu doprowadziły do wymywania i wykruszania zaprawy wapiennej, szczególnie w górnej części ściany, co osłabia strukturę muru. W ostatnich latach od strony południowej zostały przeprowadzone badania archeologiczne, efektem których jest usunięcie gruzu i piasku, zalegających w zniszczonych przez działania wojenne piwnicach (aż do poziomu terenu).

Przyjęto zabezpieczenie zabytkowych fundamentów od strony południowej przedmiotowej ściany przez zasypanie czystym piaskiem. Na piasku ułożone zostały płyty żelbetowe, po których mogli poruszać się robotnicy i lekki sprzęt używany do robót konstrukcyjnych podczas wzmacniania ściany. Po wykonaniu robót piasek z zasypu usunięto, a zabytkowe fundamenty, pozostawione w nienaruszonej formie, przykryte taflą szkła, są teraz eksponowane dla zwiedzających.

Przy konstruowaniu wzmocnienia istniejącej ściany zabytkowej dawnego Banku Polskiego przyjęto następujące założenia.



Ryc. 7. Zabezpieczenia zabytkowej ściany Banku Polskiego (proj. Czesław Hodurek)

Na etapie budowy wprowadzone zostały tymczasowe stężenia, zastrzały i kratownice, które wraz z budynkiem sąsiednim od strony wschodniej i skarpią od strony zachodniej usztywniły ścianę i pozwoliły rozebrać zdewastowany, zużyty technicznie budynek od strony północnej.

W stanie istniejącym fundament w formie ławy ceglanej miał wystarczającą nośność dla przejścia obciążeń od ciężaru ściany. Zaprojektowane ściany szczelinowe, zabezpieczające wykop dla trójpoziomowych garaży projektowanego budynku, usytuowane były w odległości 3,0 m od zabytkowej ściany – od strony północnej i 8,0 m – od strony południowej. Ściany szczelinowe (od strony północnej i południowej) związane zostały ze sobą cęgami stalowymi w dwóch poziomach. Rozwiązanie to pozwoliło zminimalizować przemieszczenia poziome korony ścian szczelinowych. Obliczone przemieszczenie poziome korony ściany szczelinowej nie przekraczały 10 mm. Rzeczywiste przemieszczenia były mniejsze.

Dla przeniesienia dodatkowych obciążeń od stropów projektowanego budynku wykonano mikropale w układzie kozłowym. Mikropale zostały utwierdzone w fundamencie ściany i ujęte ocepem stalowym. Pozwoliło to zwiększyć nośność fundamentów ściany zabytkowej i sprawiło, że nie wystąpi przemieszczenie pionowe ściany (osiadanie). Po wykonaniu naroża ściany szczelinowej wraz z wieńcem i wmontowanymi stalowymi markami zmontowano ukośne zastrzały, kotwiące zabytkową ścianę do ściany szczelinowej.



Ryc. 9. Wyburzenie i widok wzmocnionej północnej strony ściany

Zabezpieczenie wykopu

Ze względu na potrzebę zabezpieczenia ścian szczelinowych przed odkształceniami podziemie podzielono na dwie części. Od strony sąsiadujących budynków zastosowano dwa rzędy tymczasowych kotwów gruntowych w poziomach -3,60 i -6,60 m poniżej poziomu 0 budynku. Od strony ul. Bielańskiej i al. Solidarności zastosowano jeden rząd iniekcyjnych kotwów gruntowych powyżej zwierciadła wody gruntowej zaś drugi, dolny poziom kotwów wykonano ok. 0,6–0,8 m poniżej ustabilizowanego zwierciadła wody gruntowej. Zaprojektowano i wykonano kotwy o nośności 620 kN przy nachyleniu 12° i 15°, co pozwoliło bezpiecznie ominąć obiekty podziemnej infrastruktury. Tymczasowe kotwy zaprojektowano ze stali sprężającej $f_{pk} = 1570/1770$ MPa, ze splotów siedmiodrutowych o średnicy 15,5 mm i przekroju 140 mm². Wykonane badania przydatności tymczasowych kotwów gruntowych potwierdziły trafność przyjętych założeń.

W drugiej części budynku ściany zostały rozparte w dwóch poziomach stalowymi rozporami. Pierwszy poziom rozparcia (na rzędnej - 2,70 m i -3,94 m) był dostosowany do poziomu wieńca żelbetowego. Drugi poziom rozparcia wykonano na rzędnej -6,60 m. Drugi poziom rozparcia w części północnej rozparzał sekcje ścian szczelinowych za pośrednictwem stalowego oczepu wykonanego z dwuteownika HEB400.

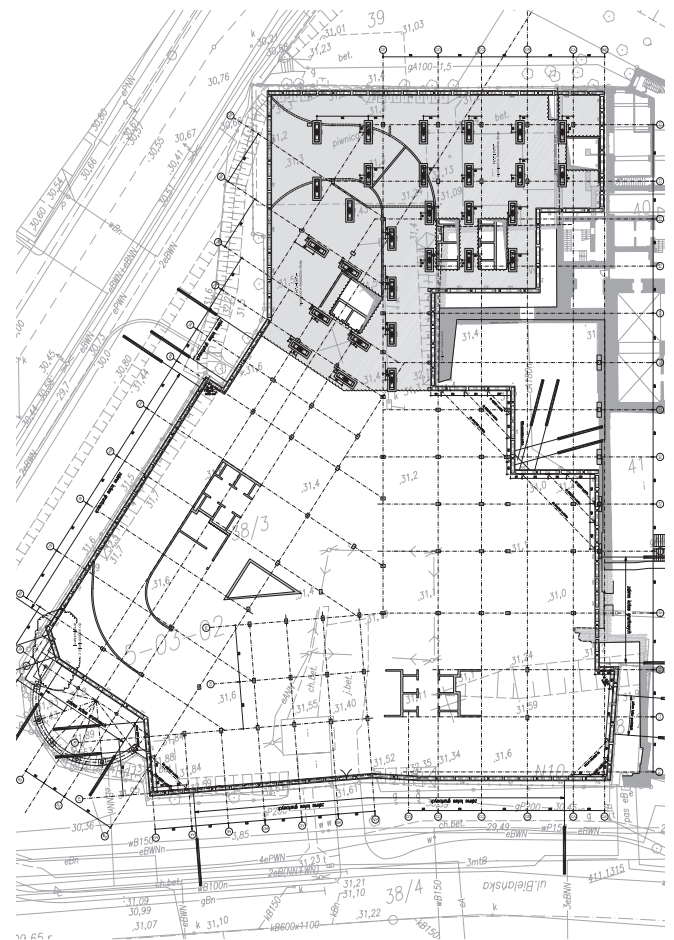
Podsumowanie

Ze względu na położenie działki, bliskie sąsiedztwo budynków zabytkowych posadowionych bezpośrednio na łąkach ceglanych oraz wysoki poziom wód gruntowych rozwiązania konstrukcyjne i kolejność wykonywania robót została przyjęta optymalnie. Fazowanie wszystkich robót wymagało dzielenia na etapy. Pomimo zastosowania dwóch technologii rozparcia, przemieszczenia ścian nie przekraczały dopuszczalnych wartości.

Ze względu na specyfikę prac budowa biurowca Senator była jedną ze sztanदारowych inwestycji w dorobku Warbud SA.

Literatura

- [1] Dokumentacja geotechniczna budynku „Senator” w Warszawie, Georem, Joanna Remiszewska. Warszawa, maj 2007 r.
- [2] PN-B-06200:2002 *Konstrukcje stalowe budowlane. Warunki wykonania i odbioru. Wymagania podstawowe.*
- [3] PN-EN 1538: 2002 *Wykonawstwo specjalistycznych robót geotechnicznych. Ściany szczelinowe.*



Ryc. 10. W części północnej, przy zabudowie, obudowę wykopu rozparczano, na pozostałym obwodzie kotwiono (proj. Jan Domurand)

- [4] PN-EN 1537: 2002 *Wykonawstwo specjalistycznych robót geotechnicznych. Kotwy gruntowe.*
- [5] ITB Instrukcja nr 230 *Wytyczne projektowania i wykonywania fundamentów szczelinowych.* Warszawa 1980.
- ITB Instrukcja nr 376/2002 *Ochrona zabudowy w sąsiedztwie głębokich wykopów.*
- ITB Instrukcja nr 351/98 *Zabezpieczenie przed korozją konstrukcji betonowych i żelbetowych.*
- [6] Fotografie z Google Maps.

Referat wygłoszony podczas seminarium IBDiM i PZWFS *Wzmacnianie podłoża i fundamentów*, Warszawa, 6 marca 2014 r.



JEDNA FIRMA WIELE POWODÓW DO DUMY

Warto budować. I warto robić to dobrze.
Bo dobrze wykonana praca zawsze procentuje.

Dzięki tej filozofii już od lat znajdujemy się w czołówce największych koncernów budowlanych w Polsce. W ciągu ponad dwudziestoletniej działalności zrealizowaliśmy 400 nowoczesnych inwestycji, uhonorowanych licznymi nagrodami. Potwierdzeniem najwyższej jakości naszych usług jest niesłabnące zaufanie Klientów, dzięki któremu możemy budować więcej.

www.warbud.pl

