

Olgierd Puła*
Wojciech Puła*

Realizacja nowych obiektów usytuowanych w zwartej zabudowie miejskiej i ich wpływ na otoczenie

Construction of new buildings in vicinity of old structures and their impact on the surrounding

1. Wstęp

W ostatnich latach, kiedy Polska, po wstąpieniu do Unii Europejskiej, otworzyła się na kapitał i inwestorów ze świata nastąpił szybki rozwój budownictwa specjalistycznego: biurowców, apartamentowców czy wielko powierzchniowych obiektów handlowych. Równocześnie developerzy wykorzystując wszystkie uzbrojone działki gruntu budowali budynki wielorodzinne. W zachodniej części Polski, gdzie dotychczas zachowały się w centrach miast niezabudowane działki gruntu po zburzonych w czasie II wojny światowej obiektach, bardzo często występuje tak zwana zabudowa plombowa. Taki rodzaj zabudowy pojawia się również wówczas gdy ze względu na zły stan techniczny istniejącego obiektu należy go wyburzyć, a dla bezpieczeństwa sąsiednich budynków powinien powstać nowy, który będzie współpracował z budynkami w istniejącej linii zabudowy. Budynki sąsiednie to obiekty, które powstały ponad sto lat temu i ich konstrukcja (drewniane stropy, brak wieńców, ciężka ale słaba konstrukcyjnie więźba dachowa i płytke posadowienie bezpośrednio (około 2 m poniżej powierzchni terenu) staje się problemem dla powstającego nowego „sąsiada”. Nowy budynek musi, zamiast piwnic lub poniżej kondygnacji piwnic, być wyposażony w garaż podziemny – tego wymaga każda decyzja o warunkach zabudowy dla obiektów usytuowanych w śródmiejskiej strefie miast. Nowy obiekt, w tej sytuacji, jest źródłem dodatkowych osiadań dotychczasowej okolicznej zabudowy. Biorąc pod uwagę konieczność wykonania nowych głębokich wy-

1. Introduction

Recently, since Poland joined the European Union and opened to capital and investors from the world there has been a quick development of specialized construction industry: office buildings, apartment buildings or large commercial buildings. At the same time developers have been using all improved plots of land for multi-family buildings. In the western part of Poland, where still there are undeveloped plots of land in the city centers where buildings were destroyed during World War II, very often so called “infill” buildings are erected. Such buildings are erected also in the case when due to their bad technical condition the existing buildings should be demolished and in order to secure the neighboring buildings a new building should be constructed which would correspond to the other buildings within the existing setback line. The neighboring buildings are often over one hundred years old and their structure (wood floors, no tie beams, heavy but structurally weak rafter framing as well as shallow spread foundation (about 2 m below ground level) becomes a problem for the new “neighbor.” The new building, instead of basements or below the basement story level, must have an underground garage – this is required by each zoning approval for buildings located in the city centers. The new building is then a source of additional settlement of the existing neighboring buildings. Taking into account the necessity of making new deep excavations (12-15 m below the

kopów (12-15 m poniżej powierzchni terenu) dla części podziemnej powstającego budynku prawie nieuniknione wydaje się uszkodzenie konstrukcji nośnej starej niejednokrotnie zabytkowej zabudowy. Typowe sytuacje oddziaływania nowej zabudowy na istniejącą przedstawione zostaną na przykładach.

2. Przypadki sytuacji awaryjnych

2.1. Budynek mieszkalny w zabudowie zwartej (realizacja nr 1)

W wyniku powodzi stulecia w roku 1997 zatopiona została między innymi ul. Traugutta we Wrocławiu. Wzdłuż ulicy usytuowana jest zabudowa z początku dziewiętnastego wieku. Stan techniczny większości zlokalizowanych tam budynków jest bardzo zły. Utrzymująca się przez ponad trzy tygodnie woda dodatkowo pogorszyła parametry geotechniczne [1] podłoża gruntowego pod fundamentami, a także trwale zawilgociła ściany piwnic i parteru zalanych budynków. Po ustąpieniu wód powodziowych pojawiły się pęknięcia ścian nośnych i Nadzór Budowlany ocenił stan techniczny zabudowy i niektóre budynki wyłączył z użytkowania.

Ponieważ usytuowane one były wzdłuż ruchliwej ulicy (wyjazdowej w kierunku na Opole) zlecono rozbiórkę dwóch sąsiadujących kamienic w całym ciągu zwartej zabudowy. Powstała więc działka duża, z dobrą lokalizacją (blisko centrum miasta i z dobrym dojazdem), w pełni uzbrojona. Jednym utrudnieniem w zabudowie był fakt, że od strony ulicy granica działki biegła wzdłuż chodnika dla pieszych (którego nie można było zająć na plac budowy) a od strony zachodniej ściany szczytowej działki przylegała do równie starego i równie w złym stanie technicznym budynku posadowionego na głębokości 1,7 m poniżej powierzchni terenu. Zgodnie z decyzją o warunkach zabudowy, każdy nowy budynek wznoszony w centrum miasta musi posiadać podziemny parking,

ground level) for the underground part of the new building, the damage of the load-bearing structure of the old and often historical building seems almost unavoidable. The typical examples of the destructive impact of new buildings on the existing ones are presented below.

2. Examples of failures

2.1. Residential building in vicinity of old structures (Example 1)

In 1997, as a result of the flood of the century one of the streets that were flooded was Traugutta Street in Wrocław. The buildings located along the street were built at the beginning of the 19th century. The technical condition of most of them is very bad. The water which stayed there for over three weeks resulted in further deterioration of the geotechnical parameters [1] of the ground under the foundation as well as permanent moisture of the basement walls and ground floor of flooded buildings. After the flood waters receded cracks appeared in the load-bearing walls, the Building Supervision evaluated the technical condition of the buildings and some of them were condemned.

Since they are located along a busy street (leading out of the city in the direction of Opole) a demolition of two neighboring tenement houses within compact urban settlement was recommended. This left a fully improved large plot in good location (close to the city center and easily accessible.) The only difficulty was that the border of the plot from the side of the street was going along sidewalk for pedestrians (which could not be used as a construction site) and from side of the west gable wall the plot was adjoining another old building placed at the depth of 1.7 m below ground level, which was also in bad technical condition. In compliance with the zoning approval every new building erected in the city center must have an under-



Rys. 1. Elewacja frontowa budynku starego i budynku „plombowego”
Fig. 1. Front facade of old building and an “infill” building

dla samochodów mieszkańców. Z tego powodu dla nowego budynku zaprojektowano płytę fundamentową na poziomie 3,8 m poniżej powierzchni terenu [3]. Ściana wykopu od strony ulicy zabezpieczona została ścianką stalową podpartą zastrzałami z dwuteowników. Zastrzały przenosiły siłę na głowice pali stalowych wbitych w podłoże gruntowe poniżej płyty fundamentowej. Stanowiło to utrudnienie przy wykonywaniu płyty, ponieważ należało zostawić otwór w płycie, który mógł być zabetonowany dopiero po zdemontowaniu zastrzałów. Ściana stalowa podpierająca naziem od strony podwórka została zakotwiona przy pomocy kotew iniekcyjnych. Największy problem był z wykonaniem płyty fundamentowej w sąsiedztwie sąsiedniego starego budynku. Wzmocnienie łąwy fundamentowej ściany szczytowej wykonano techniką podbijania. Po wykonaniu płyty fundamentowej nowego obiektu okazało się, że D_{\min} dla wzmocnionej starej łąwy wynosi około 0,2 m; co nie spełnia wymogów normy (min 0,5 m). Również nośność wzmocnionej łąwy w takim momencie prac fundamentowych nie spełnia warunku I stanu granicznego. Po wykonaniu 40 cm grubości płyty fundamentowej oczywiście warunki zostały spełnione, ale przez krótki okres czasu stabilność ściany szczytowej starego budynku była zagrożona. Taka sytuacja spowodowała „klasyczne” uszkodzenia konstrukcji starej zabudowy (rys. 1 i 2).

2.2. Budynek handlowo-biurowy w zabudowie zwartej (realizacja nr 2)

W samym centrum Wrocławia (około 300 m od Rynku) od czasów II wojny światowej czekała na zabudowę działka o szerokości 10 m i długości 72 m usytuowana na narożniku ulic. Wzdłuż dłuższego boku granicą działki był chodnik dla pieszych a z drugiej

ground parking-lot for its residents. This is the reason why the foundation slab for the new building was designed 3.8 m below ground level [3]. The excavation wall from the side of the street was secured by a steel wall supported by I beam angle struts. The angle struts carried the force onto the heads of the steel piles driven into the ground below the foundation slab. This made the making of the slab difficult because a hole was supposed to be left in the slab to

be concreted only after disassembling the angle struts. The steel wall supporting the backfill from the side of the yard was anchored with the use of ground anchors. The biggest problem regarded the making of the foundation slab so close to the neighboring building. The footing of the end wall was strengthened by underpinning. After the foundation slab of the new building was made it turned out that D_{\min} for the strengthened old footing was about 0.2 m which does not meet the requirements of the norm (min 0.5 m.) Furthermore, the load-bearing capacity of the strengthened footing at that moment of the foundation works does not meet the condition I of the ultimate limit state. After the 40 cm thick foundation slab was made the conditions were met but for a short time the stability of the gable wall of the old

building was in danger. Such a situation caused “classic” damage to the structure of old buildings (fig. 1 and 2)

2.2. Commercial and office building within compact urban settlement (Example 2)

Since World War II, a 10 m wide and 72 m long plot located at the corner of the streets in the very center of Wrocław (about 300 m from the Main Square) has been waiting to be developed. Its longer side border was a sidewalk for pedestrians and



Rys. 2. Uszkodzenia w poziomie przyziemia starego budynku powstałe w wyniku osiadania fundamentu ściany szczytowej
Fig. 2. Damage of the ground floor of the old building caused by the settlement of the gable wall foundation

strony ściana szczytowa (nie nośna) sąsiada. Sąsiedni budynek o charakterze usługowym (biurowiec) jest pięciokondygnacyjny o ścianach nośnych prostopadłe usytuowanych dościany szczytowej (rys. 3). W wyniku prowadzonych w istniejącym budynku modernizacji wykonano duże otwory w ścianach nośnych przesklepione nadprożami. Sztywność przestrzenna bryły budynku uległa zmniejszeniu, a ściana



Rys. 3. Na pierwszym planie budynek dobudowany, w głębi spękana ściana szczytowa budynku istniejącego
Fig. 3. Annexed building – in the foreground and cracked gable wall of the existing building – in the background

na szczytowa uzyskała większą swobodę przemieszczeń poziomych. W tej sytuacji w projekcie fundamentów nowego, dobudowywanego budynku zaplanowano posadowienie na płycie fundamentowej na głębokości 4,0 m czyli 1,5 m poniżej ławy fundamentowej ściany szczytowej. Do tej głębokości zaplanowano „podbite” odcinkami starego fundamentu. Prace wzmacniające fundament prowadzono w okresie jesienno zimowym przy dużej ilości opadów śniegu. W poziomie posadowienia chudego betonu pod płytą fundamentową pojawiła się woda gruntowa. Pod „wzmocnioną”, ławą fundamentową i płytą zalega warstwa piasku średniego nawodnionego, lokalnie w stanie luźnym. W wyniku odkopywania „podbitego” fundamentu okazało się, że D_{\min} wynosi 0.

on the other side a gable wall (not the load-bearing wall) of the “neighbor.” The neighboring building is a five-storied commercial (office) building with load-bearing walls perpendicular to the gable wall (fig. 3) As a result of modernization performed in the existing building large holes spanned with lintels were made in the load-bearing walls. The spatial rigidity of the building



Rys. 4. Ukośne spęknięcia ściany szczytowej spowodowane osiadaniem dalszej części ściany szczytowej istniejącego budynku
Fig. 4. Diagonal cracks of the gable wall caused by the settlement of the further section of the gable wall of the existing building

was reduced and the gable wall became more adaptable horizontally. In that situation the new annexed building was designed to be placed on the foundation slab 4.0 m below ground level that is 1.5 m below the footing of the gable wall. The old foundation was planned to be “underpinned” down to that depth in sections. The works strengthening the foundation were conducted in autumn and winter time when the snowfall was considerable. Ground water appeared at the level of lean concrete under the foundation slab. There is a layer wet medium, locally loose, sand under the “strengthened” footing and the slab. During unearthing of the “underpinned” foundation it turned out that D_{\min} was 0.

Nośność starego fundamentu wynikała jedynie z szerokości fundamentu która wynosiła 0.95 m i była mniejsza niż obciążenia obliczeniowe przekazywane przez pięciokondygnacyjną ścianę szczytową o grubości od 0,7; 0,5; 0,35 do 0,25 m. W trakcie wznoszenia nowego budynku wystąpiły znaczne ukośne spękania (rys. 4) ściany szczytowej oraz wewnętrznych prostokątnych ścian nośnych istniejącego budynku. Właściciel budynku starego zażądał odszkodowania od właściciela dobudowywanego budynku.

2.3. Budynek wielorodzinny w zabudowie zwartej (realizacja nr 3)

Również w tym przypadku mamy do czynienia z zabudową plombową. Zabudowano działkę między dwoma istniejącymi budynkami, które zbudowano w roku 1910. Obydwa graniczące z zabudowywaną działką budynki wykonane zostały w technologii tradycyjnej: ściany murowane z cegły pełnej, stropy drewniane – bez wieńców, więźba drewniana. Zagłębienie fundamentów względem poziomu terenu 1,5 m a względem poziomu posadzki piwnicy ($D_{\min} = 0,2$ m). Linia zabudowy to krawędź chodnika od strony działki. W nowym budynku (rys. 5) zaprojektowano garaż podziemny a więc najbardziej optymalną formą posadowienia była płyta fundamentowa posadowiona 2,5 m poniżej poziomu terenu to znaczy około 1 m poniżej poziomu posadowienia fundamentów sąsiednich budynków. Tak jak w poprzednich przypadkach projektant zaproponował a wykonawca podjął się wykonać wzmocnienie fundamentów techniką „podbijania”. Skutki widoczne są na rys. 5 i 6

3. Analiza problemu

Przedstawione powyżej sytuacje są typowe dla nowych budynków budowanych na działkach usytuowanych w zwartej zabudowie miejskiej. Przy dużych obiektach, takich jak kina, supermarkety, budynki biurowe bogaty inwestor decyduje się na droższe ale pewniejsze technologie przy zabezpieczeniu sąsiedniej zabudowy. Technologie te to pale jet grouting, mikropale czy zastąpienie ścian szczelnych stalowych ściankami szczelinowymi. Natomiast dla pojedynczych wielorodzinnych obiektów plombowych kosztów wykonania części podziemnej budynku ma znaczny udział w cenie 1 m² powierzchni użytkowej i dlatego wszelkimi sposobami próbuje się go zmniejszyć. Oczywiście wówczas technologia „podbijania” wydaje się być optymalna. Niestety są to tylko pozory i to z kilku powodów.

1. po pierwsze wymaga to od projektanta szczegółowego zaplanowania poszczególnych eta-

The source of load-bearing capacity of the old foundation was only the foundation width which was 0.95 m and it was smaller than the calculation loads transferred by the five-storied gable wall whose thickness was from 0.7, 0.5, 0.35 to 0.25 m. During construction of the new building significant diagonal cracks appeared (fig. 4) on the gable wall and inner perpendicular load-bearing walls of the existing building. The owner of the old building demanded compensation from the owner of the annexed building.

2.3. Multi-family building within compact urban settlement (Example 3)

Also in this case we are dealing with an infill building which was constructed between two existing buildings which were constructed in 1910. Both of them were built in traditional technology: solid brick walls, wood floors – no tie beams, timber roof truss system. The foundation is 1.5 m below ground level and below the basement floor ($D_{\min} = 0.2$ m.) The setback line is the edge of the sidewalk from the side of the plot. An underground garage was designed in the new building (fig. 5) so the most optimal form of foundation was the foundation slab placed 2.5 m below ground level that is about 1 m below the foundation of the neighboring buildings. Just like in the case of the other examples the designer suggested strengthening the foundation by underpinning. fig. 5 and 6 show the effects.

3. Analysis of the problem

The situations described above are typical of new buildings built on plots located within compact urban settlement. With large building structures such as cinemas, supermarkets, office buildings a rich investor decides to use more expensive but also more reliable technologies to secure neighboring buildings. Such technologies include jet grouting piles, micropiles or replacing steel sheet piling with diaphragm walls. However, in the case of single multi-family infill buildings, the share of the costs of making the underground part of the building in the price of 1 m² of the floor area is significant and that is why all kinds of attempts are made at reducing it. Obviously then underpinning seems the optimal solution. Unfortunately, its advantages are only apparent for several reasons.

1. Firstly, underpinning requires from the designer detailed planning of individual stages of this process to assure that the different width and depth of the foundation guarantee uniform increase of the load-bearing ca-



Rys. 5 Budynek plombowy przylega do ściany szczytowej budynku wybudowanego na początku dziewiętnastego wieku.
Fig. 5 Infill building adjoins the gable wall of the building built at the beginning of the 19th century



Rys.6 Uszkodzenia w poziomie przyziemia budynku istniejącego wywołane osiadaniami ściany szczytowej
Fig. 6 Damage at the ground floor level of the existing building caused by the settlement of the gable wall

pów podbijania, tak aby zmieniana szerokość i głębokość posadowienia fundamentu gwarantowała równomierne narastanie nośności na długości ławy. Również aby naprężenia pod podstawą ławy spełniały warunek płaskiego stanu naprężenia.

2. po drugie wykonawca musi być doświadczony w tego typu pracach i nie poddawać się presji czasu. Podbijanie dłużnymi odcinkami niż 1-1,5 m (w zależności od długości fundamentu) będzie groziło lokalną utratą nośności istniejącego fundamentu.
3. po trzecie technologia „podbijania” jest ułomna w swoim zamyśle – nie gwarantuje dobrej jakości wzmocnionego fundamentu jeżeli w podłożu występuje woda gruntowa, w procesie wiązania betonu występuje zjawisko skurczu, co wywołuje dodatkowe osiadania konstrukcji nadziemnej.

4. Wnioski końcowe

W ostatnich kilku latach znacznie zmniejszyła się ilość działek gruntowych możliwych do zabudowy w centrach dużych miast. Ponieważ cena 1 m² grun-

capacity along the footing as well as compliance of the stresses under the footing with the condition of the state of stress in two dimensions.

2. Secondly, the contractor must be experienced in this type of works and relentless to time pressure. Underpinning sections longer than 1-1.5 m (depending on foundation length) can cause local loss of load-bearing capacity of the existing foundation.
3. Thirdly, underpinning is imperfect in its intent – it does not guarantee good quality of the strengthened foundation; if there is ground water, shrinkage occurs in the process of concrete curing, which causes additional settlement of the building structure above the ground.

4. Final conclusions

Over the last couple of years the number of plots of land where buildings could be erected in the centers of big cities has decreased substantially. Since the

tów jest porównywalna z cenami gruntów w krajach zachodnich właściciel terenu musi wykorzystać całą powierzchnię działki (również poniżej poziomu terenu) aby ulokować tam parking wielopoziomowy czy magazyn. W tej sytuacji praktycznie jedynym rozwiązaniem jest posadowienie obiektu na płycie fundamentowej i jej projekt nie stanowi problemu dla projektantów. Natomiast wyzwaniem jest zaprojektowanie zabezpieczenia ścian głębokiego wykopu (8 do nawet 15 m) i stabilności fundamentów starej (często stuletniej) istniejącej zabudowy. Obecnie dostępnych jest kilka metod:

- do wzmacniania fundamentów istniejących budynków pale jet grouting, mikropale [2]
- do zabezpieczania ścian głębokiego wykopu: szczelne ścianki stalowe, ścianka berlińska (przy braku wody gruntowej) ścianka szelinowa, kolumny DSM czy kotwienie prawie pionowych skarp gruntowych zabezpieczonych siatką stalową i narzutem betonowym.

Projektanci powinni pamiętać, że nie wystarczy sprawdzić warunki nośności fundamentów nowego i starego w finalnej fazie wykonawstwa ale także we wszystkich fazach pośrednich.

price of 1 m² of land is comparable to the prices of land in the West the owner of the land must use the whole area of the plot (also below ground level) to locate there a multi-level parking lot or a warehouse. In such a situation practically the only solution is building on a foundation slab whose design is not a problem for designers. However, designing a reliable protection of deep excavation walls (8 to even 15 m) and maintaining the stability of the old foundation (often one hundred years old) of existing buildings is a challenge. A few methods are available at present:

- to strengthen the foundation of existing buildings: jet grouting piles or micropiles [2]
- to secure deep excavation walls: tight steel sheet piling, soldier pile and cladding wall (when there is no ground water), diaphragm wall, DSM columns or anchoring almost vertical ground slopes secured with steel mesh and concrete bed.

Designers should remember that it is not enough to check the load-bearing capacity of the new and old foundation in the final stage of works but also at all interim stages.

Literatura • References

- [1] Wiłun Z., *Zarys geotechniki* Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1976.
- [2] Stiller Szydło E., *Posadowienia budowli infrastruktury transportu lądowego*, Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław 2005.
- [3] Kotlicki W., Wysokiński L., *Ochrona zabudowy w sąsiedztwie głębokich wykopów*, Instytut Techniki Budowlanej nr 376/2002, Warszawa 2002.

* Politechnika Wroclawska, Wroclaw, Polska

* Wroclaw University of Technology, Wroclaw, Poland

Streszczenie

Budowa budynków „plombowych” w zwartej zabudowie miejskiej wymaga szczególnie rzetelnego rozpoznania poziomu posadowienia budynków istniejących (po obu stronach nowej zabudowy). Informacja ta pozwala na dobór właściwej technologii wzmocnienia istniejących fundamentów. Projektant nowego fundamentu, w tych warunkach, musi mieć świadomość, że tradycyjna technika „podbijania” jest techniką złą i nie gwarantująca właściwej pracy tak wzmocnionych starych fundamentów. Jedynie pale jet – greting, mikropale czy wciskane odcinkowe pale prefabrykowane dają taką gwarancję. W artykule zaprezentowano trzy przypadki złego wzmocnienia i skutki dla sąsiednich budynków.

Abstract

The construction of new "infill" buildings within high-density city housing requires that the level of foundation of the existing structures should be thoroughly investigated (on both sides of the new structure). Information thus obtained makes it possible to select an appropriate technology of reinforcement of the existing foundations. A designer of a new foundation in such circumstances has to be aware that the traditional technique of underpinning is a wrong practice, which does not guarantee proper work of the foundations reinforced in that way. Only such technologies as jet-grouting, micropiles or pre-cast concrete sectional pile driving ensure safety to adjacent structures. This article presents three examples of faulty foundation reinforcement and its impact on neighbouring buildings.