

Zabezpieczenie budynku murowanego przed wpływem głębokiego wykopu

Protection of a brick building against the impact of deep excavation

dr inż. Ryszard Antonowicz (ORCID: 0000-0002-0026-9961), dr inż. Adam Klimek (ORCID: 0000-0002-4945-4121), Politechnika Wroclawska

DOI: 10.5604/01.3001.0054.6395

Streszczenie: Praca dotyczy oceny stanu technicznego ponad stuletniej kamienicy zlokalizowanej w centrum Wrocławia, do której zaplanowana jest dobudowa budynku o 3 kondygnacjach podziemnych. Kamienica ma konstrukcję tradycyjną murowano-drewnianą bez żelbetowych elementów usztywniających i jest wrażliwa na nierównomierne osiadania. Opisano zagrożenia wynikające z planowanej dobudowy oraz sposób jej wznoszenia, pozwalający zminimalizować ryzyko powstania uszkodzeń. Podano również zakres niezbędnych wzmocnień istniejącego budynku, mający na celu zapobieganie negatywnemu oddziaływaniu wykopu zlokalizowanemu tuż przy jego ścianie szczytowej.

Słowa kluczowe: głęboki wykop, budynek istniejący, mur, osiadania.

Abstract: The work concerns the assessment of the technical condition of an over 100-year-old tenement house located in the center of Wrocław, to which an extension of a building with 3 underground floors is planned. The tenement house has a traditional brick and wooden construction without reinforced concrete stiffening elements and is sensitive to uneven subsidence. Threats resulting from the planned extension and the method of its erection, allowing to minimize the risk of damage, were described. The scope of the necessary reinforcements of the existing building is also given, aimed at preventing the negative impact of the excavation located right next to its gable wall.

Keywords: deep excavation, existing building, masonry structure, subsidence.

1. Wprowadzenie

Praca dotyczy zagadnień związanych z budownictwem mieszkaniowym w zwartej zabudowie miejskiej. Nowe budynki, z wielokondygnacyjną częścią podziemną wznoszone są często w pobliżu budynków istniejących, a nawet jako bezpośrednio do nich przylegające. Wymusza to zarówno specjalną technologię wznoszenia nowych budynków w głębokich wykopach, jak również potrzebę zabezpieczenia i monitorowania budynku istniejącego.

2. Konstrukcja oraz stan techniczny istniejącego budynku

Analizowany budynek mieszkalny, wybudowany w 2 połowie XIX wieku, ma 5 kondygnacji, piwnicę i poddasze użytkowe [1, 3]. Posadowiony jest na ławach fundamentowych murowanych z cegły pełnej. Konstrukcja budynku jest tradycyjna, o podłużnym układzie ścian nośnych. Ściany budynku są murowane na zaprawie cementowo-wapiennej i wapiennej w obrębie poddasza.

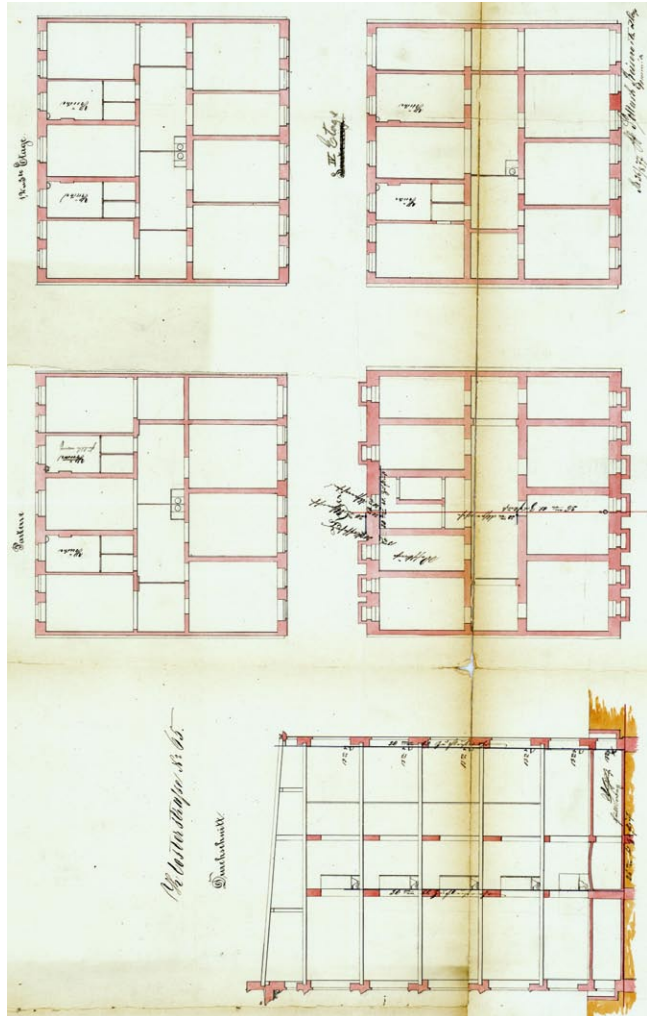
Podobnie jak w innych budynkach z tego okresu, stropy nad piwnicami są odcinkowe na belkach stalowych oraz w postaci sklepień murowanych odcinkowych i beczułkowych. Na podstawie oględzin oraz odkrywek stwierdzono, że stropy nad piwnicami wykonano zarówno z cegły pełnej,

jak i cegły dziurawki. Grubości sklepień wynoszą 12 cm. Belki stalowe stropów odcinkowych wykonano z szyn kolejowych. Sklepienia stropów odcinkowych są dość dobrze zachowane i mają prawidłową geometrię. Ich belki stalowe są powierzchniowo skorodowane; ubytki korozyjne są płytkie i nie mają istotnego wpływu na nośność belek. Stan pozostałych sklepień jest zróżnicowany. Niektóre z nich utraciły pierwotną geometrię i zagrażają awarią budowlaną (rys. 2). Obliczenia sprawdzające wykazały spełnienie warunków nośności sklepień stropów odcinkowych. Belki stalowe tych stropów wykazują niedobory nośności i sztywności. Konstrukcje tych stropów nie uległy awarii dzięki powstaniu wtórnych układów konstrukcyjnych: belki stalowe oparły się na ścianach działowych, a w sklepieniach nastąpiła redystrybucja sił wewnętrznych w układach odkształconych.

Stropy kondygnacji nadziemnych są drewniane, ze ślepym pułapem, zasypką oraz podłogami z desek. Maksymalna rozpiętość stropów drewnianych wynosi 5,90 m. Konstrukcja stropu nad III piętrzem została zbadana za pomocą odkrywki i jest ona typowa dla budownictwa z końca XIX wieku (rys. 3). Stropy drewniane są dobrze zachowane, pod względem obliczeniowym spełniają warunki obu stanów granicznych. Belki stropowe nie są skorodowane ani odkształcone, jedynie wierzchnia warstwa podłogi jest wyeksploatowana. Stropy wykazują drgania pod obciążeniami dynamicznymi, co jest naturalne w tego typu konstrukcjach.

Klatka schodowa ma konstrukcję stalową: belki policzkowe i ramki podstopnic są stalowe, a podstopnice drewniane. Podesty schodów na poziomach stropów wykonane są jako sklepienia odcinkowe na belkach stalowych. Schody są dobrze zachowane.

Konstrukcja dachu jest tradycyjna o niewielkim spadku, drewniana, płatwiowa, pokryta papą na deskowaniu. Dach nie jest ocieplony. Konstrukcja dachu nie jest odkształcona, płatwie

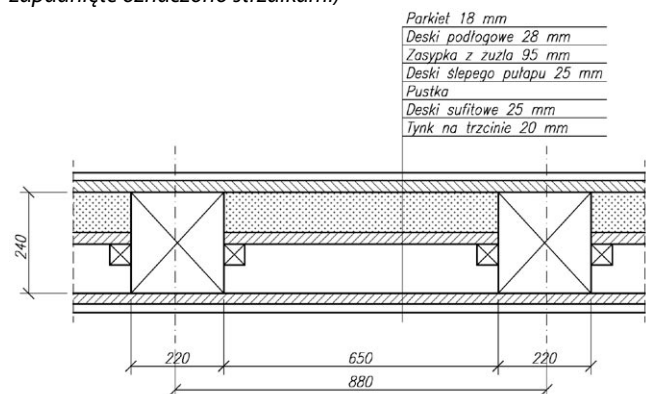


Rys. 1. Budynek, do którego przedniej ściany szczytowej planuje się dobudowę oraz jego przekrój z dokumentacji archiwalnej [3]

i słupy mają podłużne pęknięcia wynikające ze zjawisk reologicznych oraz wieku drewna. Połączenia elementów drewnianych są stabilne, nie stwierdzono ich korozji biologicznej. Pod względem obliczeniowym dach wykazuje zapas nośności oraz sztywności. Jedyne deskowanie dachu oraz jego pokrycie z papy powinny zostać wymienione na nowe. Pokrycie z papy jest nieszczelne i porośnięte mchem.



Rys. 2. Nierówno odkształcone sklepienia beczułkowe (miejsca zapadnięte oznaczono strzałkami)



Rys. 3. Przekrój przez strop drewniany nad 3 piętrem

Sprawdzono również najmocniej obciążone filary i ławy fundamentowe. Spełniają one warunki nośności. Budynek nie ma wieńców, zbrojonych podłużnie ław fundamentowych ani sztywnych poziomych tarcz stropowych, zabezpieczających go przed konsekwencjami osiadań oraz

rozpelzań poziomych. Belki stropów drewnianych są oparte bezpośrednio na murach, bez zakotwień na siły poziome. Ściany murowane nie są spięte ściągamami. Biorąc dodatkowo pod uwagę przedawaryjny stan techniczny części sklepień nad piwnicą, jego konstrukcję należy określić jako bardzo wrażliwą na wpływy od planowanego wykopu pod nowy budynek, który ma zostać wykonany na styk do widocznej na rysunku 1 ściany szczytowej.

3. Zasady postępowania przy wykonywaniu głębokich wykopów w sąsiedztwie istniejącej zabudowy

Według instrukcji ITB [2] należy każdorazowo oceniać oddziaływanie wykopu na stan techniczny istniejącego budynku. Kryterium, które należy sprawdzić, to wartość przemieszczeń konstrukcji s_k i sprawdzenie, czy przemieszczenia nie powodują zagrożenia nośności konstrukcji lub powstania niedopuszczalnych uszkodzeń. Należy zinwentaryzować uszkodzenia istniejącego obiektu przed rozpoczęciem budowy nowego budynku w jego sąsiedztwie. W przypadku głębokich budynków wykonywanych w bezpośredniej bliskości istniejących budynków, kiedy ich przemieszczenia należy ograniczyć do minimum, instrukcja ITB zaleca jako obudowy wykopów ścianę szczelinową wykonywaną metodą stropową, tzn. podpieraną stropami nowego budynku wykonywanymi od góry do dołu. Ma to również znaczenie psychologiczne, unika się bowiem pokazania bardzo głębokiego wykopu w sąsiedztwie istniejącego budynku. Orientacyjne graniczne wartości przemieszczeń konstrukcji dla różnych rodzajów budynków zestawiono w tabeli 1 [2].

Budynki usytuowane w całości lub częściowo w tzw. strefie wpływów bezpośrednich S_I należy poddać szczegółowym oględzinom i badaniom. Dotyczy to zwłaszcza budynków starych, sprzed lat 30. XX wieku. Nie mają one zwykle wieńców i sztywnych stropów i są bardzo wrażliwe na nierównomierne osiadania. Zakres oględzin dotyczy konstrukcji (rysy, spękania, odkształcenia) oraz elementów wypełniających (np. ścian działowych), a także elementów wykończeń.

W myśl instrukcji ITB w czasie wykonywania części podziemnej budynku należy prowadzić monitorowanie zachowania wszystkich budynków istniejących usytuowanych w zasięgu strefy oddziaływania wykopu, na podstawie programu opracowanego przed rozpoczęciem budowy. Zadanie to spoczywa na inwestorze nowego budynku, wykonuje je kierownik budowy, a wyniki analizuje inspektor nadzoru inwestorskiego. Pomiaru należy rozpocząć od tzw. pomiaru zerowego, wykonanego przed rozpoczęciem prac i prowadzić do czasu zakończenia budowy lub ustabilizowania się wyników. Liczba punktów pomiaru przemieszczeń nie powinna być mniejsza niż 6 dla budynków usytuowanych w strefie S_I (strefa bezpośrednich oddziaływań

Tabela 1. Orientacyjne wartości przemieszczeń granicznych

Rodzaj konstrukcji	Graniczna wartość przemieszczenia $[s_k]_u$ [mm]	Graniczna wartość przemieszczenia $[s_k]_n$ [mm]
Budynki murowane bez wieńców, ze stropami drewnianymi lub ceramicznymi typu Kleina	5–7	15–18
Budynki murowane ze stropami gęstożebrowymi lub żelbetowymi, albo budynki prefabrykowane	7–9	20–25
Budynki o konstrukcji monolitycznej	9–11	25–35
<p>$[s_k]_u$ – graniczna wartość przemieszczenia konstrukcji budynku, której osiągnięcie sygnalizuje możliwość wystąpienia w budynku stanów granicznych użyteczności (np. nadmiernych rys, pęknięć, deformacji)</p> <p>$[s_k]_n$ – graniczna wartość przemieszczenia konstrukcji budynku, której osiągnięcie sygnalizuje możliwość wystąpienia w budynku stanów granicznych nośności (np. utraty przez elementy nośności lub stateczności)</p>		

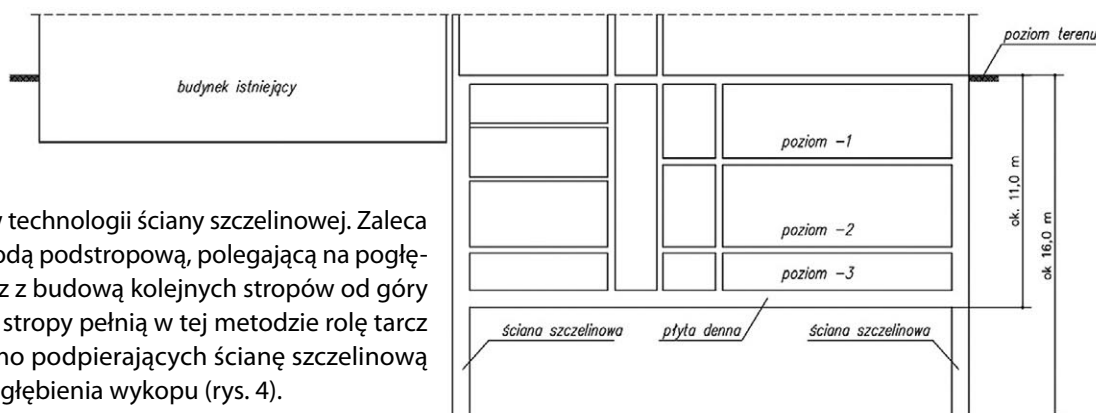
wykopu) oraz 4, dla budynków usytuowanych w strefie S_{II} (strefa wpływów wtórnych). W przypadku gdy nie przeprowadza się szczegółowych analiz oddziaływań wykopu, jako graniczne pionowe przemieszczenie konstrukcji budynku w strefie S_{II} przyjmuje się $[s_k]_u = 5$ mm. W instrukcji podano też wytyczne dotyczące częstotliwości wykonywania pomiarów oraz propozycję rozmieszczenia punktów pomiarowych. Obecnie dzięki powszechnemu dostępowi do czujników odkształceń, narzędzi pomiarowych i oprogramowania proces monitorowania można zautomatyzować. W pracy [4] opisano sposoby monitorowania budynków, do których wykorzystano tradycyjną i współczesną technikę pomiarową opartą o radiową transmisję danych z czujników i odpowiednie oprogramowanie.

4. Analiza wpływu planowanego wykopu na przedmiotowy budynek

Bezpośrednio przy analizowanym budynku planuje się budowę budynku wielorodzinnego z 3 kondygnacjami parkingów podziemnych. Nowy budynek ma przylegać do istniejącego.

Według zasad przedstawionych w [2] budynek istniejący znajdzie się w strefie bezpośredniego oddziaływania wykopu, a jego graniczne przemieszczenia wynoszą 15–18 mm w stanie granicznym nośności oraz 5–7 mm w stanie granicznym użyteczności. Stąd zalecaną metodą zabezpieczenia wykopu i ograniczenia osiadań jest wykonanie piwnic

Rys. 4. Przekrój pionowy przez budynki, nowy budynek po prawej



nowego budynku w technologii ściany szczelinowej. Zaleca się wykonać ją metodą podstropową, polegającą na pogłębieniu wykopu wraz z budową kolejnych stropów od góry do dołu, przy czym stropy pełnią w tej metodzie rolę tarcz poziomych, poziomo podpierających ścianę szczelinową w kolejnych fazach głębienia wykopu (rys. 4).

W nowym budynku występują łącznie trzy kondygnacje podziemne, stąd ściana szczelinowa podparta będzie przynajmniej 4 przeponami poziomymi (w tym wykonaną w ostatnim etapie płytą denną). Obliczenia osiadań budynku w takim przypadku wykonuje się w kilku fazach, wynikających z kolejności głębienia wykopu i wykonywania poszczególnych stropów, pełniących rolę rozpór poziomych dla ściany szczelinowej. Wykonana w ten sposób analiza wykazała możliwość zachowania ograniczenia osiadania istniejącego budynku do 5 mm, a więc zgodnie z zaleceniami opracowania [2]. Jak wynika z doświadczeń z realizacji innych budynków w centrum Wrocławia, zachowanie wyżej podanych warunków osiadań nie gwarantuje pełnej ochrony istniejącej zabudowy przed zarysowaniami. Dlatego przed rozpoczęciem wykonywania wykopu ważne jest wykonanie pełnej inwentaryzacji uszkodzeń istniejących budynków w celu ustalenia zakresu ewentualnych odszkodowań.

5. Podsumowanie – zalecenia

W przedmiotowym przypadku zalecono:

- wykonanie zabezpieczenia wykopu pod planowany budynek w technologii ściany szczelinowej; ściana powinna zostać tak zaprojektowana, aby osiadania gruntu pod istniejącym budynkiem nie przekroczyły 7 mm, przy czym zalecana wartość osiadań wynosi 5 mm;
- w celu ograniczenia odkształceń ściany szczelinowej w przejściowych schematach statycznych budowanie kondygnacji podziemnych sąsiedniego budynku metodą stropową, pozwalającą uzyskać najbardziej efektywne podparcia poziome;
- ograniczenie do minimum długości sekcji roboczych ściany szczelinowej w sąsiedztwie istniejącego budynku;
- przez cały okres budowy sąsiedniego budynku prowadzenie monitoringu geotechnicznego w zakresie pomiarów osiadań istniejącego budynku oraz przemieszczeń ścian szczelinowych; liczba punktów do pomiarów osiadań budynku nie powinna być mniejsza niż 6;
- bezpośrednio przed rozpoczęciem budowy wykonanie inwentaryzacji uszkodzeń istniejącego budynku; inwentaryzacja powinna zawierać dokumentację rysunkową

i fotograficzną, dokumentującą ich rodzaj, miejsca oraz intensywność uszkodzeń;

- wykonanie w poziomie posadzki w piwnicy poziomej przepony w postaci płyty żelbetowej o grubości około 30 cm, skotwionej ze wszystkimi ścianami nośnymi; płyta taka powinna zostać wprowadzona odcinkami pod istniejące ściany, wskutek czego zmniejszy i wyrówna osiadania, które wystąpią podczas głębienia wykopu oraz zapobiegnie poziomym deformacjom fundamentów. Alternatywnie można rozważyć podbicie fundamentów budynku przy pomocy mikropali lub metodą iniekcji wysokociśnieniowej (jet-grouting) na głębokość poniżej umownego klina odłamu;
- wykonanie w poziomach wszystkich stropów drewnianych ściągów z prętów stalowych, zapobiegających pionowym pęknięciom ścian od nierównomiernych osiadań; ściągi takie powinny zostać wykonane wzdłuż wszystkich ścian nośnych i zostać wstępnie napięte;
- rozbiórkę odkształconych sklepień nad piwnicą (rys. 2), oraz wykonanie w ich miejscach nowych stropów żelbetowych; alternatywnie można je wzmocnić poprzez podparcie belkami lub słupkami stalowymi; podobnie zalecono tymczasowo podstemplować sklepienia nad piwnicą w pierwszym paśmie od strony dobudowy (na szerokości około 6 m od ściany szczytowej, gdzie wystąpią największe osiadania);
- wzmocnienie szyn stalowych stropów odcinkowych nad piwnicą lub wykonanie ich dodatkowych podparć słupkami stalowymi, np. w sąsiedztwie istniejących ścian działowych; stopki szyn należy oczyścić z rdzy oraz zabezpieczyć antykorozyjnie przez malowanie.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Klimek A., Ekspertyza stanu technicznego budynku mieszkalnego przy ul. Traugutta 68 we Wrocławiu, Wrocław, 2022
- [2] Instrukcja Instytutu Techniki Budowlanej nr 376/2002 Ochrona zabudowy w sąsiedztwie głębokich wykopów, Wydawnictwo Instytutu Techniki Budowlanej, Warszawa, 2002
- [3] Materiały archiwalne dotyczące konstrukcji budynku, udostępnione przez Archiwum Miejskie Wrocławia, autor projektu nieznan
- [4] Dmochowski G., Szolomicki J., Technical and Structural Problems Related to the Interaction between a Deep Excavation and Adjacent Existing Buildings, Applied Sciences 11/2021, str. 481, <https://doi.org/10.3390/app11020481>