

Jacek ŚCIGAŁŁO*

PROBLEMY ADAPTACJI PODZIEMNYCH KONSTRUKCJI BUNKRÓW WĘGLOWYCH W ZWARTEJ ZABUDOWIE MIEJSKIEJ

W pracy przedstawiono zagadnienie adaptacji podziemnych obiektów budowlanych, często znacznie zaniedbanych, zlokalizowanych w zwartej zabudowie miejskiej. Problem omówiono na przykładzie wyeksploatowanego i zniszczonego obiektu bunkra węglowego będącego w stanie awaryjnym. Podziemny obiekt stanowi część wielokondygnacyjnego budynku domu akademickiego Jowita w Poznaniu. Pomimo wyłączenia obiektu z eksploatacji przywrócenie jego należytego stanu technicznego jest istotne ze względów bezpieczeństwa budynku, do którego należy. Przy planowaniu koniecznych prac remontowych i wzmacniających powstał pomysł adaptacji obiektu na nowe cele. Opisane w pracy badania stanu technicznego oraz analiza statyczno-wytrzymałościowa pozwoliły na zaproponowanie metod zabezpieczenia i wzmocnienia konstrukcji.

Słowa kluczowe: korozja, adaptacja, wzmacnianie, awaria, diagnostyka

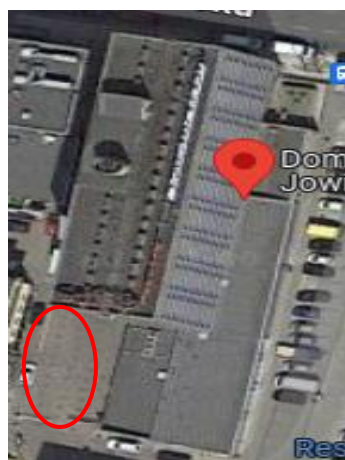
1. WPROWADZENIE

Omawiany w pracy podziemny bunkier węglowy należy do budynku domu studenckiego Jowita UAM w Poznaniu przy ul. Zwierzynieckiej 7 (rys. 1). W piwnicy budynku zlokalizowano kotłownię węglową z antresolą techniczną. Dawna, nieużywana od końca lat 90. ubiegłego stulecia kotłownia węglowa z antresolą techniczną zlokalizowana jest w piwnicy budynku. Bezpośrednio do starej kotłowni przylega podziemny bunkier węglowy (rys. 2), którego strop jest elementem konstrukcyjnym wewnętrznego, otwartego podwórza i drogijazdowej do sąsiedniego budynku (rys. 3).

* Politechnika Poznańska, Wydział Architektury, Instytut Architektury i Planowania Przestrzennego. ORCID: 0000-0001-8247-6501.



Rys. 1. Budynek DS Jowita w Poznaniu [DS Jowita 2023]



Rys. 2. Lokalizacja bunkra przy budynku [Google 2023]



Rys. 3. Strop bunkra z widocznymi węglowymi włazami wyspowymi [oprac. własne]

Bunkier węglowy przylega do południowo-zachodniego narożnika budynku głównego domu studenckiego DS Jowita i jest bezpośrednio połączony z kotłownią zlokalizowaną w piwnicy budynku. Bunkier węglowy zaprojektowano i wykonano w żelbetowej konstrukcji monolitycznej. Konstrukcję nośną bunkra stanowi żelbe-

towy, monolityczny strop płytowo-żebrowy podparty wewnętrznymi żelbetowymi słupami. Obwodowo podparcie stropu bunkra stanowią żelbetowe, monolityczne ściany oporowe.

Po zmianie systemu ogrzewania obiektu z ogrzewania węglowego na ogrzewanie gazowe, co miało miejsce w latach 90. ubiegłego stulecia, podziemne obiekty starej kotłowni węglowej zostały wyłączone z eksploatacji. Od czasu wyłączenia kotłowni węglowej podziemny obiekt cały czas jest niezagospodarowany i niszczeje, stwarzając realne, bezpośrednie zagrożenie bezpieczeństwa. Problemy z sensownym zagospodarowaniem obiektu potęgują sprawy własnościowe działki, która nie należy w całości do UAM.

2. CHARAKTERYSTYKA OGÓLNA OBIEKTU

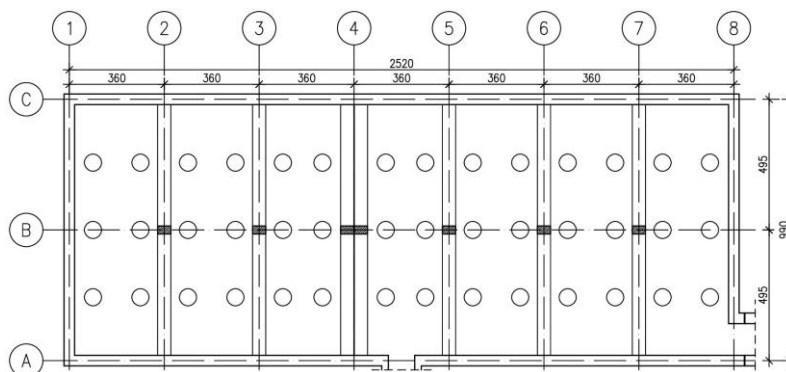
Omawiany obiekt to podziemny bunkier węglowy przylegający bezpośrednio do południowo-zachodniego narożnika budynku DS Jowita w Poznaniu. Bunkier jest połączony z kotłownią, którą zlokalizowano w pomieszczeniach piwnicznych budynku głównego. Podziemna kotłownia przylega do południowej ściany szczytowej.

Bunkier węglowy zaprojektowano i wykonano w żelbetowej konstrukcji monolitycznej. Konstrukcję nośną bunkra stanowi żelbetowy strop płytowo-belkowy. Jednokierunkowo zbrojona płyta stropowa grubości 0,22 m połączona jest monolitycznie z podciągami żelbetowych ramowych układów poprzecznych, których osiowy rozstaw wynosi 3,60 m. Poprzeczne, wsporcze układy ramowe stanowią dwuprzęsłowe podciągi o przekroju 0,50×0,50 m. Podciągi oparto przegubowo na żelbetowych, zewnętrznych ścianach oporowych bunkra, których grubość wynosi 0,40 m. Dźwigary podparto żelbetowymi słupami w połowie rozpiętości. Słupy o przekroju 0,30×0,50 m tworzą z podciągami wsporczy, monolityczny układ ramowy. Słupy posadowiono bezpośrednio na żelbetowych, monolitycznych stopach fundamentowych o wymiarach w rzucie 1,50×1,50 m i wysokości konstrukcyjnej 0,50 m.

Konstrukcję bunkra podzielono dylatacją poprzeczną obejmującą ściany i płytę stropową w klasycznym wykonaniu konstrukcyjnym na bazie bliźniaczych układów poprzecznych posadowionych na wspólnym fundamencie.

W płycie stropowej wykonano otwory, w których osadzono 42 żeliwne wysypowe włazy węglowe o średnicy 0,65 m. Włazy zlokalizowano w trzech rzędach w kierunku równoległym do długości budynku (rys. 4).

Podstawowe wymiary wewnętrzne bunkra w świetle ścian: szerokość – 9,50 m, długość – 24,80 m. Wysokość bunkra liczona od poziomu posadzki do poziomu dolnej powierzchni płyty stropowej wynosi 2,55 m.

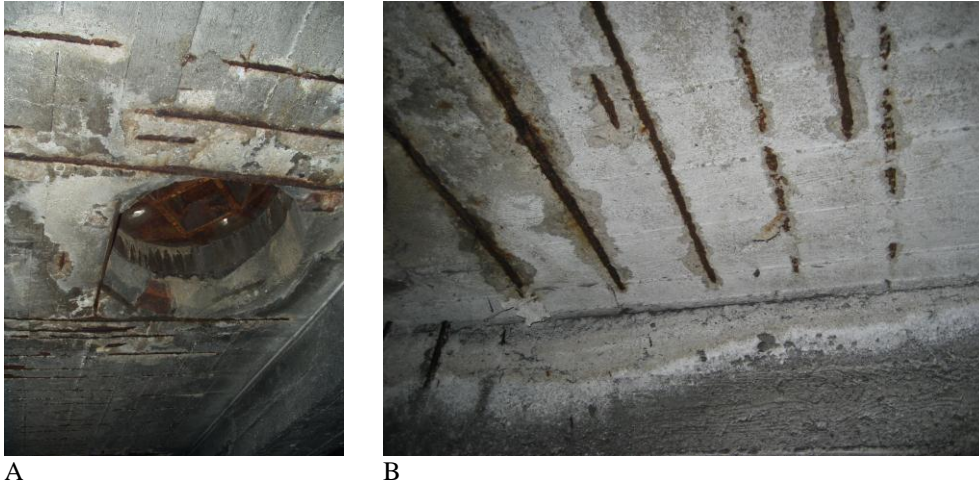


Rys. 4. Rzut konstrukcji stropowej bunkra węglowego [oprac. własne]

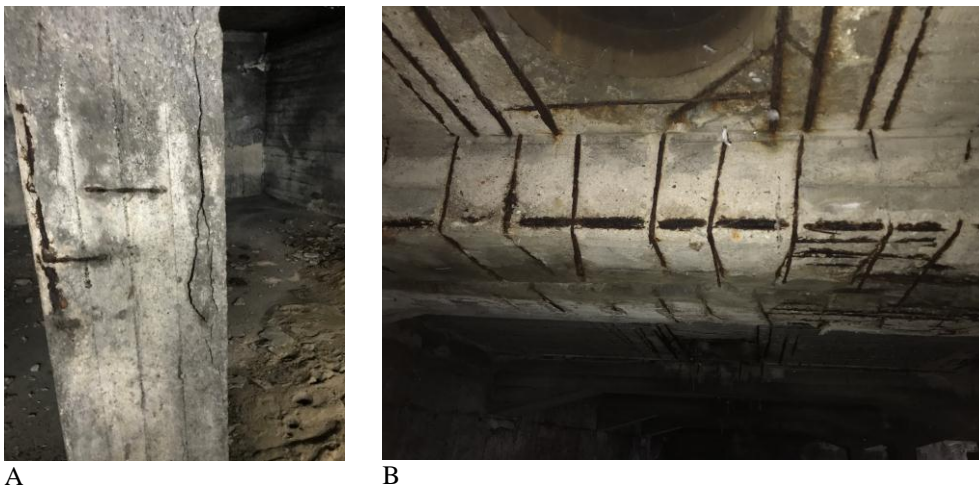
3. BADANIA OBIEKTU

3.1. Badania makroskopowe

Wykonane badania makroskopowe konstrukcji bunkra węglowego wykazały, że konstrukcja nośna obiektu jest w bardzo złym stanie technicznym, który określono jako stan awaryjny. Zaawansowana korozja i cały czas postępujące zniszczenia obejmują wszystkie nośne elementy konstrukcyjne bunkra: począwszy od płyty stropowej (rys. 5), poprzez podciąg i słupy (rys. 6), a na ścianach oporowych skończywszy. Liczne, bardzo zaawansowane ogniska korozji odkrytego zbrojenia nośnych elementów konstrukcyjnych, w zdecydowany sposób wpływają na zmniejszenie nośności stropu. Bezpośrednią przyczyną złego stanu technicznego jest woda opadowa przedostająca się do pomieszczenia bunkra węglowego przez liczne otwory włazowe oraz przez niewłaściwie zabezpieczoną dylatację poprzeczną konstrukcji (rys. 7). Płyta pełniąca funkcję drogi dojazdowej dodatkowo jest narażona na korozję wynikającą ze stosowania chemicznych środków odładzających w okresach zimowych. Niekorzystne zjawisko korozji zbrojenia zostało spotęgowane zastosowaniem zbyt małej grubości otulenia zbrojenia we wszystkich elementach konstrukcyjnych bunkra. Doprowadziło to do odspojenia otuliny betonowej i w konsekwencji odkrycia zbrojenia, co zdecydowanie przyspieszyło destrukcyjne działanie procesów korozyjnych.



Rys. 5. Zaawansowane procesy korozyjne płyty stropowej bunkra węglowego: widok płyty przy otworze wysypowym (A); płyta przy ścianie oporowej (B) [oprac. własne]



Rys. 6. Widoczne skutki korozji elementów konstrukcyjnych stropu: korozja zbrojenia słupa z widocznym odspojeniem betonu w narożach (A); podciąg układu ramowego w sąsiedztwie otworu wysypowego (B) [oprac. własne]



Rys. 7. Rozwiązanie dylatacji konstrukcyjnej płyty stropowej bunkra: widok dylatacji poprzecznej od strony zewnętrznej płyty stropowej (A); widok dylatacji płyty od strony wewnętrznej bunkra – dylatacja na bliźniaczych układach wsporczych (B) [oprac. własne]

3.2. Pomiary i odkrywki konstrukcyjne

W celu rozpoznania materiałowego konstrukcji obiektu wykonano niezbędne odkrywki elementów konstrukcyjnych bunkra: płyty stropowej, podciągów i słupów oraz zewnętrznej ściany oporowej stanowiącej jednocześnie podparcie płyty stropowej. Wykonanie odkrywek konstrukcyjnych miało na celu wyznaczenie ilości, typu i rodzaju zastosowanego zbrojenia wszystkich głównych elementów nośnych konstrukcji. Ponadto w celu wyznaczenia rzeczywistego, aktualnego na dzień badań, układu warstw stropowych bunkra węglowego wykonano przewiert stropu wiertnicą *HILTI*. Średnica wykonanego przewiertu wynosiła 150 mm.

Układ warstw stropowych bunkra, licząc od spodu płyty:

- płyta żelbetowa grubości 0,22 m,
- warstwa wyrównawcza grubości 0,05 m,
- asfalt grubości 0,05 m.

Wykonane odkrywki pozwoliły na ustalenie zbrojenia w zakresie niezbędnym do wyznaczenia aktualnej nośności stropu. Zbrojenie główne, poprzeczne i montażowe wszystkich elementów konstrukcyjnych bunkra węglowego wykonano ze stali gładkiej klasy A-0 o znaku St0S.

Zbrojenie poszczególnych elementów konstrukcyjnych badanego obiektu przedstawia się następująco:

- płyta stropowa – zbrojenie główne górą i dołem w kierunku prostopadłym do podciągów wykonano z prętów $\phi 16$ co 0,10 m ($10\phi 16/m$), zbrojenie rozdzielcze z prętów $\phi 10$ co 0,15 m ($6,6\phi 10/m$),

- podciągi układów ramowych – zbrojenie dołem $7\phi 20$, zbrojenie górą $7\phi 20$, strzemiona dwuramiennie $\phi 6$ co 0,20 m,
- słupy – zbrojenie pionowe $4\phi 16$, strzemiona dwuramiennie $\phi 6$ co 0,20 m,
- ściana oporowa – zbrojenie pionowe obustronne z prętów o średnicy $\phi 12$ mm co 0,15 m ($6,6\phi 12/m$), zbrojenie poziome obustronne z prętów o średnicy $\phi 10$ co 0,20 m ($5\phi 10/m$).

3.3. Badania nieniszczące wytrzymałości betonu na ściskanie

Badania wykonano metodą nieniszczącą przy pomocy sklerometru Schmidta typu N, przedstawiając pomiary liczb odbicia w dziennikach pomiarów sklerometrycznych. Miejsca badań wybrano losowo i odpowiednio przygotowano zgodnie z wytycznymi zawartymi w Instrukcji ITB [Instrukcja 1977]. Podczas badań przyrząd usytuowany był poziomo ($\alpha = 0^\circ$) oraz pionowo w górę ($\alpha = 90^\circ$). Badaniami objęto beton płyty stropowej, podciągów i słupów bunkra węglowego oraz beton ściany oporowej. Wyniki przeprowadzonych badań sklerometrycznych zamieszczono w tab. 1.

Tab. 1. Wyniki badań wytrzymałości betonu [oprac. własne]

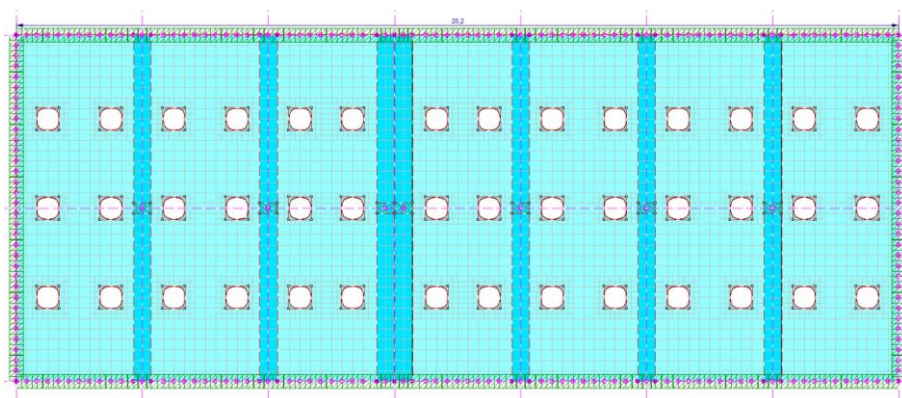
Badany element konstrukcyjny	Wytrzymałość gwarantowana	Jednorodność betonu	Klasa betonu
	[MPa]	[-]	[MPa]
Płyta stropowa	12,70	średnia	B 12,5
Podciąg	18,40	średnia	B 17,5
Słup	18,05	średnia	B 17,5
Ściana oporowa	17,96	średnia	B 17,5

Przeprowadzone badania nieniszczące wytrzymałości betonu pozwalają zaklasyfikować beton płyty stropowej do dawnej klasy B 12,5, natomiast beton pozostałych elementów konstrukcyjnych do dawnej klasy B 17,5. Wyniki badań dotyczą aktualnej wytrzymałości. Przeprowadzone badania dotyczą rdzeni przekrojów badanych elementów, po usunięciu zewnętrznych warstw przypowierzchniowych.

4. ANALIZA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWA

Sprawdzające obliczenia statyczno-wytrzymałościowe wykonano komputerowo przy wykorzystaniu programu ABC Płyta [Grajek 2023]. Przyjęty model geometryczny płyty przedstawiono na rys. 8. Płyta obwodowo-przegubowo oparta została

na zewnętrznych ścianach oporowych oraz wewnątrz na żelbetowych podciągach dwuprzęsłowych. Podciągi podparte słupami w połowie rozpiętości tworzą monolityczne poprzeczne układy wsporcze. Przyjęto trzy grupy obciążeń: ciężar własny g , powierzchniowe obciążenie zmienne q (siedem schematów), obciążenie skupione pojazdami Q (7 schematów).



Rys. 8. Model geometryczny płyty stropowej bunkra [Grajek 2023]

W wyniku przeprowadzonej analizy statyczno-wytrzymałościowej ustalono wielkości dopuszczalnych charakterystycznych wartości obciążeń powierzchniowych q na poziomie $7,50 \text{ kN/m}^2$.

5. WARUNKI BEZPIECZNEJ EKSPLOATACJI

Aktualny stan techniczny konstrukcji stropowej bunkra węglowego stwarza bezpośrednie zagrożenie bezpieczeństwa. Samo wprowadzenie ograniczenia ruchu pojazdów w żaden sposób nie rozwiązuje problemu. W porozumieniu z użytkownikiem obiektu zaproponowano pięć możliwych rozwiązań:

- wyburzenie konstrukcji stropowej i zastąpienie jej nową płytą stropową,
- naprawa i wzmocnienie istniejących elementów konstrukcyjnych bunkra,
- wzmocnienie konstrukcji polegające na przejęciu całości obciążeń przez niezależną, stalową konstrukcję wymianową,
- zasypanie bunkra kruszywem o uziarnieniu pozwalającym na skuteczne zagęszczenie materiału zasypanego,
- wypełnienie bunkra samozagęszczającą mineralną mieszanką.

6. PODSUMOWANIE

Rozpoczęta w latach 90. ubiegłego stulecia modernizacja energetyczna budynków spowodowała, że powstał problem z zagospodarowaniem nieczynnych, często bardzo zniszczonych obiektów kotłowni i podziemnych składów węglowych. Takich obiektów znajduje się jeszcze sporo w zwartej zabudowie miejskiej. Często nie są to obiekty wolnostojące, które można wyburzyć, uzyskując w ten sposób cenną, dodatkową powierzchnię do zabudowy. Niestety, bardzo często stan techniczny tych obiektów jest katastrofalny, wręcz awaryjny, grożący w każdej chwili katastrofą budowlaną. Konieczność przywrócenia obiektom warunków bezpiecznej pracy wymaga kosztownych zabiegów remontowych i wzmacniających. Można zatem przy okazji koniecznego generalnego remontu wykorzystać obiekt i adaptować go na różne cele.

LITERATURA

- Czarnecki L., Emmons P.H., 2002, *Naprawa i ochrona konstrukcji betonowych*, Polski Cement, Kraków.
- Czarnecki L., Łukowski P., Garbacz A., 2017, *Naprawa i ochrona konstrukcji z betonu*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Drobiec L., Jasiński R., Piekarczyk A., 2010, *Diagnostyka konstrukcji żelbetowych. Metodologia, badania polowe, badania laboratoryjne betonu i stali*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- DS Jowita, 2023, <https://dsjowita.home.amu.edu.pl/> (dostęp: 27.12.2023).
- Google, 2023, *Dom studencki Jowita UAM*, <https://www.google.com/maps/place/Dom+Studencki+Jowita+UAM/@52.4078198,16.9103041,292m/data=!3m1!1e3!4m6!3m5!1s0x47045b34c6e51b69:0xe8c95e035fb5a27!8m2!3d52.4076751!4d16.9103046!16s%2Fg%2F11bbmk6rjn?entry=tu> (dostęp: 27.12.2023).
- Grajek K., 2023, *ABC-Płyta 6.23. Program do obliczania płyt*, Pro-Soft, Gliwice.
- Instrukcja ITB 210, 1977, *Instrukcja stosowania młotków Schmidta do nieniszczącej kontroli jakości betonu*, Instytut Techniki Budowlanej, Warszawa.
- Rawska-Skotniczy A., 2013, *Obciążenia budynków i konstrukcji budowlanych według eurokodów*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Runkiewicz L., Sieczkowski J., 2022, *Ocena wytrzymałości betonu w konstrukcjach na podstawie badań sklerometrycznych*, Instytut Techniki Budowlanej, Warszawa.
- Starosolski W., 2011, *Konstrukcje żelbetowe według Eurokodu 2 i norm związanych*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.

**ADAPTATION PROBLEMS OF COAL BUNKERS UNDERGROUND
STRUCTURES IN COMPACT URBAN DEVELOPMENT****Summary**

The adaptation problem of underground buildings, often significantly neglected, located in compact urban development was presented in the paper. The problem was discussed using the example of a depleted and damaged coal bunker facility in a state of emergency. The underground structure is a part of the multi-story building of the Jowita dormitory in Poznan. Despite the fact that the bunker has been taken out of service, the restoration of its technical condition is important for the safety of the building to which it belongs. In the process of planning the necessary renovation and strengthening works, the idea of adapting the object for new purposes arose. The condition studies described in the paper, as well as the static-strength analysis, made it possible to propose methods for protecting and strengthening the structure.

Keywords: corrosion, adaptation, strengthening, failure, diagnostics