

Mieczysław Kamiński*

Michał Musiał*

Badania i koncepcja modernizacji schronu przy Dworcu Głównym PKP we Wrocławiu

Studies and the conception of modernization of the bunker by Wrocław Railway Station

1. Wstęp

Modernizacja Dworca Głównego PKP we Wrocławiu, wymuszona zbliżającymi się Mistrzostwami Europy w piłce nożnej w 2012, obejmuje m.in. remont zabytkowego budynku dworca, peronów, wiat, placu przed obiektem oraz budowę jednopoziomowego parkingu podziemnego. Koszt całej inwestycji szacuje się na około 200 mln złotych.

Przedmiotem opracowania jest schron, zagłębiony w gruncie, znajdujący się pod placem od frontu dworca. Koncepcja modernizacji zakłada w tym miejscu wybudowanie parkingu podziemnego. Lokalizacja schronu częściowo pokrywa się z lokalizacją parkingu, stąd pomysł pozostawienia płyty fundamentowej bunkra pod nowo budowanym parkingiem. Plan sytuacyjny zamieszczono na rysunku 1.

2. Rys historyczny obiektu

Dworzec Główny we Wrocławiu jest jedną z najstarszych tego typu budowli w Polsce. Wybudowano go w stylu neogotyckim na przestrzeni lat 1855-1857 [1]. Na przełomie XIX i XX wieku dworzec rozbudowano. Było to następstwem prężnego rozwoju kolei oraz podłączeniem nowych miast do tzw. trasy wrocławskiej.

W niezmienionej formie dworzec pozostawał do II wojny światowej. Kolejna modernizacja poddyktowana była względami strategicznymi. Wrocław znajdował się bowiem na trasie biegnącej do

1. Introduction

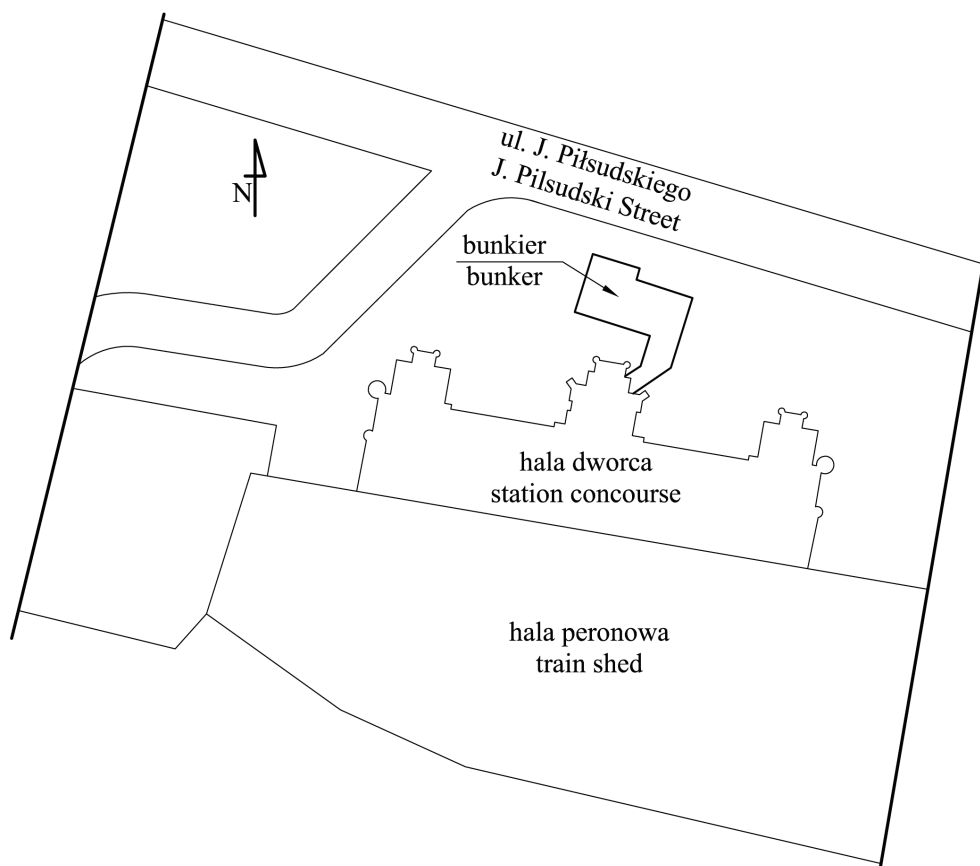
Modernization of Wrocław Railway Station, which is necessary because of the European Football Championship in 2012, includes among others renovation of the historical building of the Railway Station, its platforms and sheds as well as the square in front of the Station and construction of a one-level underground car-park. The cost of the whole investment is estimated at about PLN 200 million.

The paper concerns the underground bunker located under the square in front of the Station. The conception of modernization includes construction of underground car-park in this place. The location of the bunker and the location of the car-park partly overlap and that is why the idea came up to leave the foundation slab of the bunker for the newly-built car-park. Fig. 1 shows the location plan.

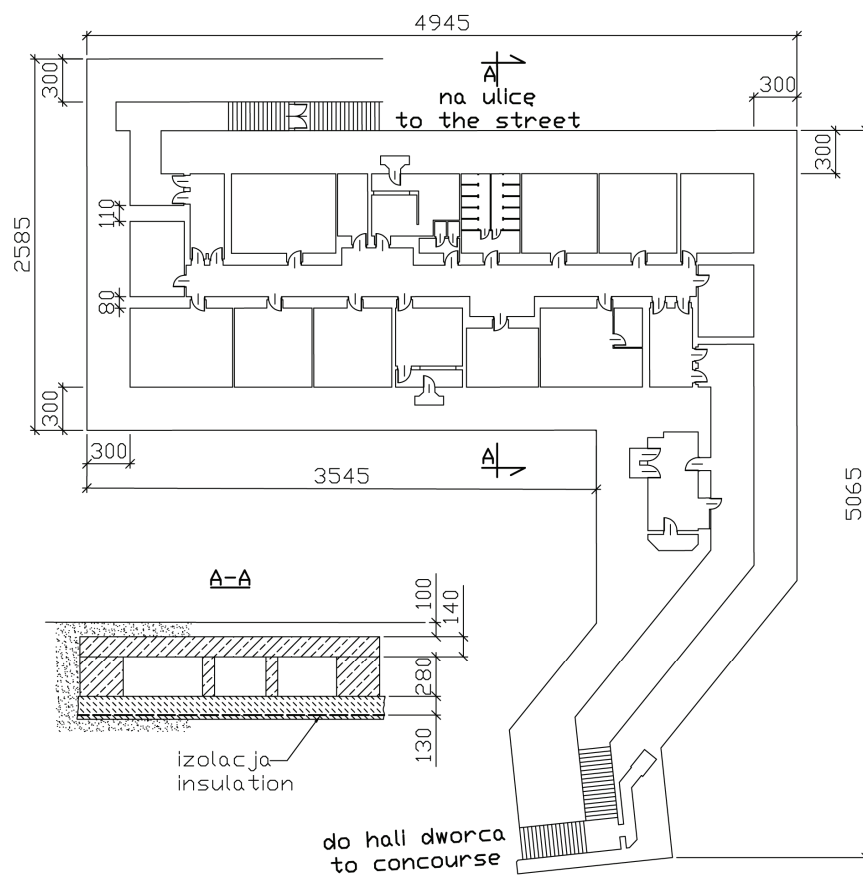
2. Outline history of the object

Wrocław Railway Station is one of the oldest buildings of this type in Poland. It was built in Neo-Gothic style in the years 1855-1857 [1]. At the turn of the 19th and 20th centuries the Station was extended. This was the result of great development of railways and connecting new cities into so called Wrocław Route.

The Station virtually did not change its form until World War II. The station was later modernized for strategic purposes as Wrocław was located on the way to Berlin. The extension of the underground



Rys. 1. Plan sytuacyjny
Fig. 1. Location plan



Rys. 2. Rzut bunkra [cm]
Fig. 2. View of the bunker [cm]

Berlina. Rozwinięto wówczas podziemia dworca – wykonano betonowe schrony przeciwlotnicze, składy amunicji, żywności, tunele do podziemnego transportu. Wtedy też wybudowano schron, będący przedmiotem opracowania. Schron po wojnie zamknięto. Dopiero pod koniec XX wieku udostępniono go dla potrzeb drobnego handlu. Znajdują się tam także pomieszczenia techniczne dworca (m.in. pompownia).

3. Opis obiektu

Schron ma konstrukcję żelbetową. Płyta, na której posadowiony jest obiekt jest betonowa. Przeprowadzone badania nie wykazały występowania w niej zbrojenia. Pobrano z niej, do badań niszczących betonu, 6 odwiertów. Ich lokalizacje wybrano losowo i w żadnej z nich nie natrafiono na występowanie zbrojenia. Brak zbrojenia potwierdzono dodatkowo detektorem oraz miejscową odkrywką. Kontrolnie przebadano detektorem także ściany bunkra. Badania wykazały regularną siatkę zbrojenia pionowego i poziomego.

Stan techniczny konstrukcji nie budził zastrzeżeń. Wykonane oględziny nie wykazały niepokojących rys i spękań. Na uwagę zasługiwało jedynie znaczne zawilgocenie, a nawet zalanie niektórych pomieszczeń. Zdaniem autorów wynikało ono z przerwania ciągłości izolacji poziomej przy pobieraniu odwiertów. Zaślepienie otworów rozprężnymi korkami oraz zaczynem cementowym lub staranność ich wykonania okazały się zatem niewystarczające.

4. Koncepcja modernizacji placu przed budynkiem dworca

Koncepcja modernizacji obejmuje budowę podziemnego parkingu przed budynkiem dworca. Lokalizacja projektowanego parkingu pokrywa się z istniejącym bunkrem (rys. 3). W związku z tym zaproponowano, aby pozostawić płytę schronu i na niej posadzić parking.

Początkowo płyta fundamentowa bunkra miała być częścią płyty jezdnej podziemnego parkingu. Inwentaryzacja geodezyjna wykazała jednak znaczną różnicę poziomów. Płyta fundamentowa schronu jest niżej od poziomu posadzki projektowanego parkingu o około 1,30 m. Postanowiono zatem określić stan techniczny płyty fundamentowej i rozważyć możliwość pozostawienia jej pod płytą fundamentową parkingu. Pozwoliłoby to uniknąć potrzeby rozkruszenia i wywiezienia gruzu betonowego o objętości około 2500 m³.

structure of the Station included construction of concrete air-raid shelters, ammunition bunkers, food storage facilities and tunnels for underground transport. The bunker, which is the object of this study, was also built then. It was closed after the War. Only at the end of the 20th century was it made available for small commerce. It also houses technical facilities of the Station (e.g. pump station.)

3. Description of the building

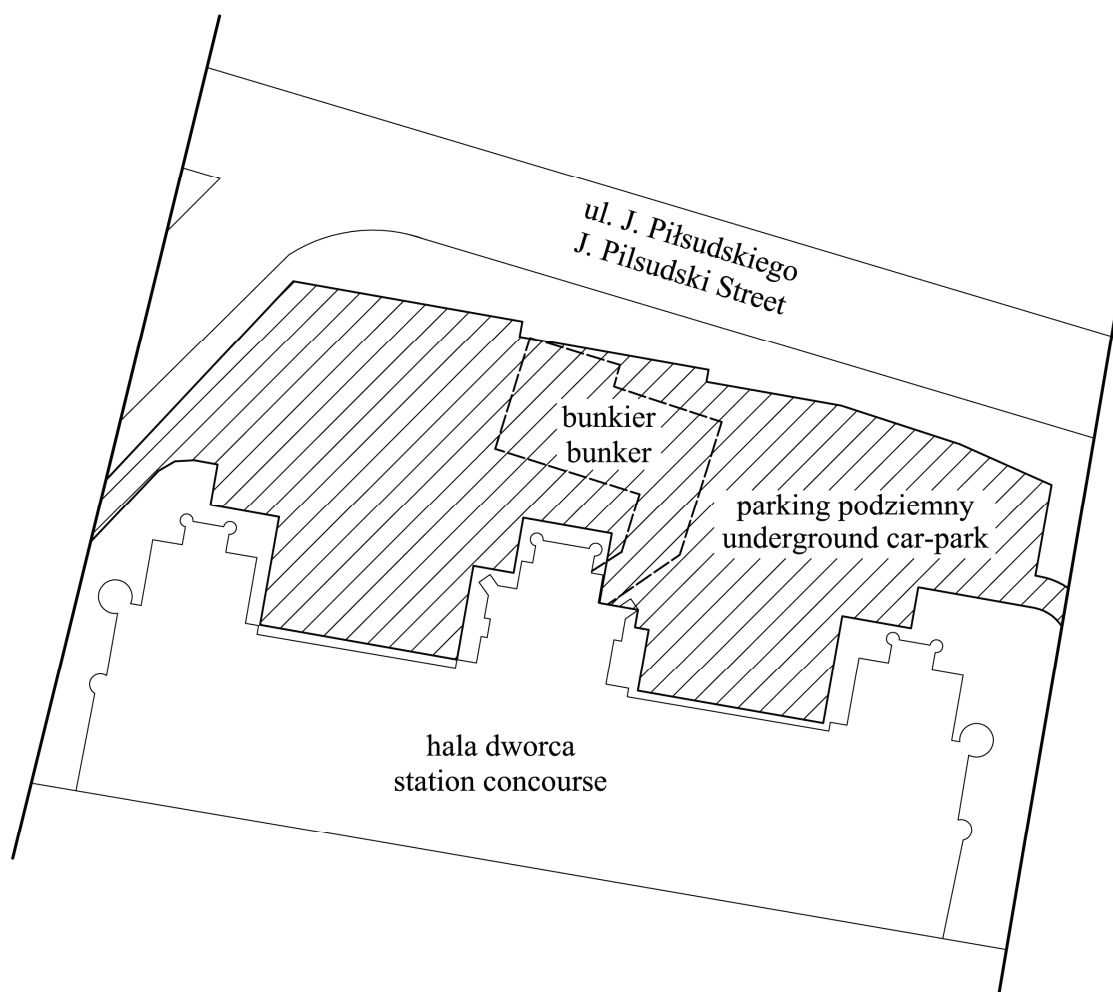
The bunker has a reinforced concrete structure. The foundation of the structure is a concrete slab. The survey which was conducted did not demonstrate any reinforcement in it, 6 bores were made in the slab to take concrete specimens for destructive tests. Their locations were selected at random and none of them indicated the presence of reinforcement. The lack of reinforcement was additionally confirmed with the use of detector and local test pit. The walls of the bunker were also inspected. The survey indicated a regular vertical and horizontal reinforcing mesh.

There are no reservations to the technical condition of the structure. Its inspection did not show any disturbing scratches or cracks. It is worth noting, however, that the level of moisture is high and some rooms are even flooded. In the opinion of the authors it was caused by breaking the horizontal insulation when making bores to take test specimens. Precise sealing of the bores with expansion plugs and cement paste proved insufficient.

4. Conception of modernization of the square in front of the Station building

The conception of modernization covers the construction of underground car-park in front of the Station building. The location of the car-park and the location of the existing bunker overlap (fig. 3.) Consequently, it was suggested that the slab of the bunker be used as a foundation for the car-park.

At first the foundation slab of the bunker was supposed to be a part of the underground car-park driveway. The geodetic survey demonstrated, however, a significant difference of levels. The foundation slab of the bunker is about 1.30 m lower than the level of the car-park floor. It was decided then to evaluate the technical condition of the foundation slab and consider the possibility of using it under the car-park foundation slab. It would eliminate the need to crush it and remove about 2500 m³ of concrete rubble.



Rys. 3. Koncepcja rozbudowy
Fig. 3. The conception of the extension

5. Rozbiórka obiektu

Elementem ekspertyzy było przeprowadzenie analiz pod kątem rozbiórki obiektu. Pod uwagę wzięto następujące metody:

- metoda mechaniczna z wykorzystaniem sprzętu ciężkiego – kującego, w postaci młotów hydraulicznych (masa ok. 2 ton), zamocowanych do ciężkich koparek gaśnicowych,
- metoda wybuchowa z wykorzystaniem odpowiedniego materiału wybuchowego o różnych technikach inicjowania wybuchu,
- metodę cięcia na mniejsze elementy lancami wodnymi lub plazmowymi,
- metodę cięcia na bryły tarczami diamentowymi lub linami,
- metodę kruszenia rozłupiarkami mechanicznymi,
- metodę kruszenia uwodnionymi materiałami rozprężnymi.

Metody wymienione w punktach c – f są wielokrotnie droższe niż opisane w punktach a i b oraz mało skuteczne w przypadku betonu zbrojonego. Ponadto nie są przeznaczone do konstrukcji o dużej masie, a o takiej jest mowa w opracowaniu.

5. Demolition of the structure

Part of the expert report was conducting analyses of the possible demolition of the structure. The following methods were taken into consideration:

- mechanical method with the use of heavy duty equipment such as hydraulic hammers (weighing about 2 tons) on heavy tracked excavators,
- explosion method with the use of appropriate explosives with different detonation initiation techniques,
- cutting into smaller sections with water and plasma lances,
- cutting into blocks with diamond disks or ropes,
- crushing with mechanical crushers,
- crushing with water expansion materials.

The methods listed in points c)-f) are much more expensive than those described in points a) and b) and they demonstrate little efficiency in the case of reinforced concrete. Furthermore, they are not proper for huge mass structures like the one in question.

Bliskie sąsiedztwo innych budynków (przeważnie podlegających ochronie) nakazało wykluczyć metodę z wykorzystaniem ciężkiego sprzętu do kucia, jako wiodącą. Uderzenia ciężkiego młota hydraulicznego powodują, narastające na skutek interferencji fal, drgania, które mogą prowadzić do rezonansu. Wibracje przenoszące się przez podłoże gruntowe mogłyby zagrozić sąsiadującym obiektom.

Najefektywniejszą metodą rozbiórki omawianego schronu wydała się być metoda wybuchowa. Wybuch ładunków powoduje impulsowe, milisekundowe obciążenie konstrukcji ciśnieniem gazów powybuchowych. Drgania pochodzące od wybuchu są silnie tłumione i nie przenoszą się na sąsiednie konstrukcje.

Eksplozja powoduje rozkruszenie tylko tej części konstrukcji, do której przyłożono ładunek materiału wybuchowego w tzw. otworze strzałowym, na zaprojektowaną głębokość i kierunek.

Do najważniejszych zalet metody wybuchowej można zaliczyć:

- brak nakładania się obciążeń dynamicznych od eksplozji ładunku (oddziaływania na burzoną konstrukcje nie zwielokrotniają się),
- wyeliminowanie rezonansu od powtarzających się obciążeń ciśnieniem gazów powybuchowych (następny ładunek uruchamiany jest dopiero po wygaśnięciu drgań pochodzących od poprzedniego wybuchu),
- krótkotrwale szkodliwe oddziaływanie na konstrukcje (szybkie narastanie i natychmiastowy spadek ciśnienia po wykonaniu pracy przez gazy powybuchowe),
- widoczny efekt po każdorazowym zdetonowaniu ładunków,
- szybkość urabiania dużych mas konstrukcji, bez skutków ubocznych dla otoczenia (przy zastosowanych zabezpieczeniach).

Proponowany sposób rozbiórki zależy tylko od projektanta i osoby realizującej wyburzenia. W przypadku metody mechanicznej natomiast, należałoby zdać się na umiejętności operatora maszyny burzącej. Zalecany sposób jest przewidywalny, ze względu na przemyślaną technologię i nie pozostawia miejsca na improwizację w czasie prac rozbiórkowych.

Ostatecznie zalecono inwestorowi przeprowadzenie rozbiórki z wykorzystaniem metody wybuchowej jako wiodącej, ze wspomaganie metodą mechaniczną. Zastosowanie tej metody oczywiście pociąga za sobą pewne zagrożenia (falę parasejsmiczną od drgań wywołanych detonacją ładunku lub upadkiem masy, oddziaływanie powietrznej fali nadciśnienia, rozrzut odłamków, zapylenie spowodowane upadkiem masy). Umiejętne przeprowadzenie procesu rozbiórki oraz zastosowa-

Due to close proximity of other buildings (mostly protected by law) the methods which use heavy duty hammering equipment as primary method had to be excluded. Hammering with heavy hydraulic hammers causes vibrations, increased by the interference of waves, which can result in resonance. The vibrations which are transferred through the ground could threaten the neighbouring buildings.

The explosion method seemed to be the most effective method of demolition of the bunker in question. The explosion causes impulse, millisecond long load of the structure with after-damp pressure. The vibrations caused by the explosion are strongly absorbed and they do not transfer to the neighbouring structures.

The explosion causes crushing of only that part of the structure in which the explosives are planted so called blast hole at specific depth and in specific direction.

The most significant benefits of the explosion method include the following:

- no accumulation of dynamic loads caused by the detonation of the explosives (impacts on the structure being demolished do not accumulate),
- elimination of the resonance from repetitive loads of after-damp (next explosive is detonated only after the vibrations caused by previous explosion die),
- short-term harmful impact on the structure (quick growth and immediate drop of pressure caused by after-damp),
- evident effect after each detonation,
- high rate of blasting huge masses of structure without side effects for the surrounding (with protection measures.)

The suggested method of demolition depends only on the designer and the person performing the demolition work. In the case of the mechanical method, however, the skills of the demolishing machine operator should be relied on. The recommended method is predictable due to its reliable technology and it does not leave any room for improvisation during demolition.

Ultimately, the explosion method of demolition was recommended to the investor as primary method and the mechanical method as a secondary one. The application of this method obviously causes some threats (the paraseismic wave from the vibrations caused by the detonation of the explosive or collapse of the mass, impact of the blast wave overpressure, spread of rubble, dust caused by the collapse of mass). Smooth conducting of the demolition process and pre-

nie odpowiednich sposobów zaradczych pozwoli jednak znacznie ograniczyć wszystkie zagrożenia.

6. Płyta fundamentowa bunkra

W badanej płycie fundamentowej nie stwierdzono występowania wkładek zbrojeniowych. Za podstawowe kryterium oceny przyjęto zatem klasę betonu, z jakiego wykonano obiekt.

Początkowo planowano wykonać badania niszczące przy pomocy młotka sklerometrycznego. Ze względu na masę konstrukcji oraz liczne zawilgocenia, które wykluczyły skutecznie użycie młotka postanowiono wykonać badania niszczące. W tym celu pobrano z płyty fundamentowej 6 odwiertów z losowo wybranych lokalizacji. Odwierty miały nominalną średnicę 100 mm. Z każdego odwiertu wycięto próbki o długości 100 mm [2]. Wytrzymałość na ściskanie takich próbek walcowych odpowiada w przybliżeniu wytrzymałości kostek betonowych o wymiarach 150×150×150 mm. Powierzchnie docisku próbek zakapslowano, a równomierność obciążenia zapewniono drobnym piaskiem (rys. 4).

W sumie otrzymano 32 próbki walcowe, przy czym zgodnie z [3] odrzucono próbki porowate i spękane (jeden z odwiertów wykonany był w przerwie technologicznej). Badania wytrzymałości na ściskanie przeprowadzono na 29 walcach w prasie hydraulicznej typu ZD100 (rys. 5) w Akredytowanym Laboratorium Instytutu Budownictwa Politechniki Wrocławskiej.



Rys. 4. Próbkę gotowe do badania
Fig. 4. Specimens prepared for the test

Wyniki prób ściskania (wytrzymałość średnia $f_{cm} = 50,7$ MPa, wytrzymałość minimalna $f_{ci,min} = 22,0$ MPa, odchylenie standardowe $\sigma = 13,4$ MPa) pozwoliły zaklasyfikować beton jako C25/30 (B30) [4], przy czym zastosowano współczynnik zwiększający $(0,85)^{-1}$ [5], wynikający z osłabienia próbek wierceniem.

Dodatkowo na 3 próbkach sprawdzono wytrzymałość na rozciąganie przy rozłupywaniu (rys. 6).

ventive measures can, however, significantly reduce all threats.

6. The bunker foundation slab

No reinforcement was detected in the foundation slab, so the class of concrete which was used to build the structure was assumed as the basic criterion of the evaluation.

Originally it was planned to conduct non-destructive tests with the use of sclerometric hammer. Due to the massive character of the structure and high level of moisture that excluded the effective use of the hammer it was decided to perform destructive tests. 6 bores were made in random locations in the foundation slab. The bores' nominal diameter was 100 mm. The 100 mm long specimens were cut from each bore [2]. The compression strength of the cylindrical specimens approximately corresponds to the strength of concrete blocks with the dimensions of 150×150×150 mm. The compression areas of the specimens were capped and the uniformity of the load was assured with fine sand (fig. 4).

In total 32 cylindrical specimens were obtained. In compliance with [3] porous and cracked specimens were rejected (one of the bores was made in the technological joint.) The compression strength tests were conducted on 29 rolls in the ZD100 hydraulic press (fig. 5) in the Accredited Laboratory of the Institute of Building Engineering at Wrocław University of Technology.



Rys. 5. Próba ściskania
Fig. 5. Compression test

The results of the compression tests (mean strength $f_{cm} = 50.7$ MPa, minimum strength $f_{ci,min} = 22.0$ MPa, standard deviation $\sigma = 13.4$ MPa) allowed for the classification of concrete as C25/30 (B30) [4]. The increase ratio of $(0.85)^{-1}$ [5], which results from the weakening of the specimens with drilling, was applied.

Additionally, 3 specimens were tested for tensile strength by splitting (fig. 6). The results

Rezultaty (wytrzymałość średnia $f_{ctm} = 4,00$ MPa, wytrzymałość minimalna $f_{cti,min} = 3,15$ MPa) potwierdziły przynależność badanego betonu do klasy C25/30.

Wyniki charakteryzowały się dużym rozrzutem, co było szczególnie widoczne przy próbach ściskania (współczynnik zmienności około 25%). Najprawdopodobniej jest to następstwem procesu wykonawstwa. Jak już wspomniano, obiekt wykonywano w latach czterdziestych XX wieku. Można przypuszczać, że jako budowla obronna wykonywany był w szybkim tempie. Dodatkowym

aspektem jest masywny charakter obiektu, co także nie pozostało bez wpływu na rozrzut wyników.



Rys. 6. Próba rozłupywania
Fig. 6. Split test

(mean strength $f_{ctm} = 4.00$ MPa, minimum strength $f_{cti,min} = 3.15$ MPa) confirmed that the concrete belonged to class C25/30.

The results demonstrated huge inconsistency, which was especially evident in compression tests (inconsistency rate of about 25%.) Most probably this is the result of workmanship level. As already mentioned the structure was built in the 1940s. It can be presumed that as a defence structure it was erected quickly. Additionally, it is massive,

which also had some influence on the inconsistency of the results.

7. Wnioski

Ogólny stan konstrukcji określono jako dobry. Wstępne analizy dopuszczały pozostawienie płyty fundamentowej bunkra pod konstrukcją nowoprojektowanego parkingu. Ze względu na różnice poziomów zalecono posadwienie nowej płyty nad starą na podbudowie z piasku stabilizowanego cementem. Jako rozwiązanie alternatywne zaproponowano wykonanie żelbetowej konstrukcji kasetonowej – płyty jedno- lub dwukierunkowo zbrojonej opartej na układzie żeber – belek podwalinowych, ułożonych na istniejącej płycie bunkra.

Ogledziny obiektu wykazały występowanie wody gruntowej pod ciśnieniem. Wykonane odwierty naruszyły izolację poziomą płyty bunkra, co spowodowało sączenie się wody lub nawet zalanie niektórych pomieszczeń. Zalecono zatem staranne zabezpieczenie płyty parkingu przed wpływami wody gruntowej.

Konieczne będzie wykonanie dylatacji między płytą denną nowego parkingu, wykonaną nad istniejącą płytą bunkra, od projektowanej pozostałej płyty parkingu. Projektowana dylatacja powinna zapewnić równomierność osiadań obu konstrukcji oraz wodoszczelność.

Należy jednocześnie pamiętać, że dopiero szczegółowe obliczenia statyczne, uwzględniające interakcję budowli z gruntem, pozwolą jednoznacznie osądzić czy nie należałoby rozważyć wariantu rozbiórki całego schronu, łącznie z istniejącą płytą denną dla pewniejszego wyeliminowania nierównomierności osiadań.

7. Conclusions

The general condition of the structure was defined as good. The preliminary analyses did not rule out leaving the bunker foundation slab under the structure of the new car-park. Due to the difference of levels placing a new slab above the old one on the course of sand stabilized with cement was recommended. As an alternative solution a reinforced concrete panel construction was suggested – a slab reinforced unidirectionally or crosswise with ribs – ground beams placed on the existing bunker slab.

The inspection of the structure indicated the presence of ground water under pressure. Drilling of the bores caused some damage to the horizontal insulation of the bunker slab, which in turn caused the leakage of water or even flooding some rooms. A careful protection of the bunker slab against the effects of ground water was then recommended.

It will be necessary to design an expansion joint between the foundation slab of the new car-park, made above the existing bunker slab, and the remaining slab of the car-park. The expansion joint should provide for the uniform settlement of both structures and water tightness.

At the same time it should be remembered that only with static detailed calculations, taking into account the interaction between the structure and the ground, will it be possible to unambiguously determine whether it would be worth considering the variant of demolition of the whole bunker together with the existing foundation slab in order to completely eliminate the irregular settlement.

Literatura • References

- [1] Zwierz M., *Wrocławskie dworce kolejowe*, Wydawnictwo Muzeum Architektury we Wrocławiu, Wrocław 2006.
- [2] PN-EN 12390-1:2002. *Badania betonu. Część 1: Kształt, wymiary i inne wymagania dotyczące próbek do badania i form.*
- [3] PN-EN 12504-1:2001. *Badania betonu w konstrukcjach. Część 1: Odwierty rdzeniowe. Wycinanie, ocena i badanie wytrzymałości na ściskanie.*
- [4] Jamrozy Z., *Beton i jego technologie*, PWN, Warszawa 2006.
- [5] *Beton według normy PN-EN 206-1 – komentarz*, praca zbiorowa pod kierunkiem Lecha Czarneckiego, Polski Komitet Normalizacyjny, Kraków 2004.

* Politechnika Wroclawska, Wrocław, Polska
Wroclaw University of Technology, Wrocław, Poland

Streszczenie

Niniejsza praca dotyczy podziemnego bunkra zbudowanego podczas II wojny światowej przy Dworcu Głównym PKP we Wrocławiu. Obejmuje ona opis stanu technicznego budowli wykonany w oparciu o badania eksperymentalne na miejscu oraz laboratoryjne. Przedstawiono koncepcję modernizacji bunkra jak również możliwości wybudowania parkingu podziemnego w miejscu bunkra. Autorzy zaprezentowali metody rozbiórki obiektu oraz wnioski.

Abstract

The paper regards the underground bunker built during the Second World War by Wrocław Railway Station. It contains the description of the technical condition of the structure based on the experimental studies in-situ and in the laboratory. The conception of the modernization is also presented. The possibilities of construction of underground car-park in the place of the bunker are considered. The authors present methods of demolition and conclusions.