

WIELOSTANOWISKOWE GARAŻE PODZIEMNE – PRZYKŁADY ROZWIĄZAŃ KONSTRUKCYJNYCH

Marek Dohojda, Monika Wągrowska, Joanna Witkowska-Dobrev✉

Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Warszawa

STRESZCZENIE

W artykule podjęto tematykę projektowania i realizacji wielostanowiskowych garaży podziemnych oraz złożonych problemów inżynierskich pojawiających się w trakcie prac architektoniczno-konstrukcyjnych garaży. Ponadto przedstawiono rozwiązania konstrukcyjne wybranych elementów zastosowane w omawianych obiektach.

Słowa kluczowe: garaż wielostanowiskowy podziemny, projektowanie, eksploatacja garażu

WSTĘP

Aktualnie obserwowany jest dynamiczny rozwój aglomeracji miejskich. Urbaniści i architekci starają się sprostać temu trudnemu zadaniu tak, aby wykorzystać obszary miejskie w sposób efektywny i zrównoważony. Światowe i krajowe trendy w rozwoju gospodarczym wymuszają wręcz wzmożony rozwój budownictwa mieszkalnego i przemysłowego. Konsekwencją rozrostu urbanistycznego jest konieczność pokonywania przez mieszkańców miast coraz większych odległości w obrębie aglomeracji.

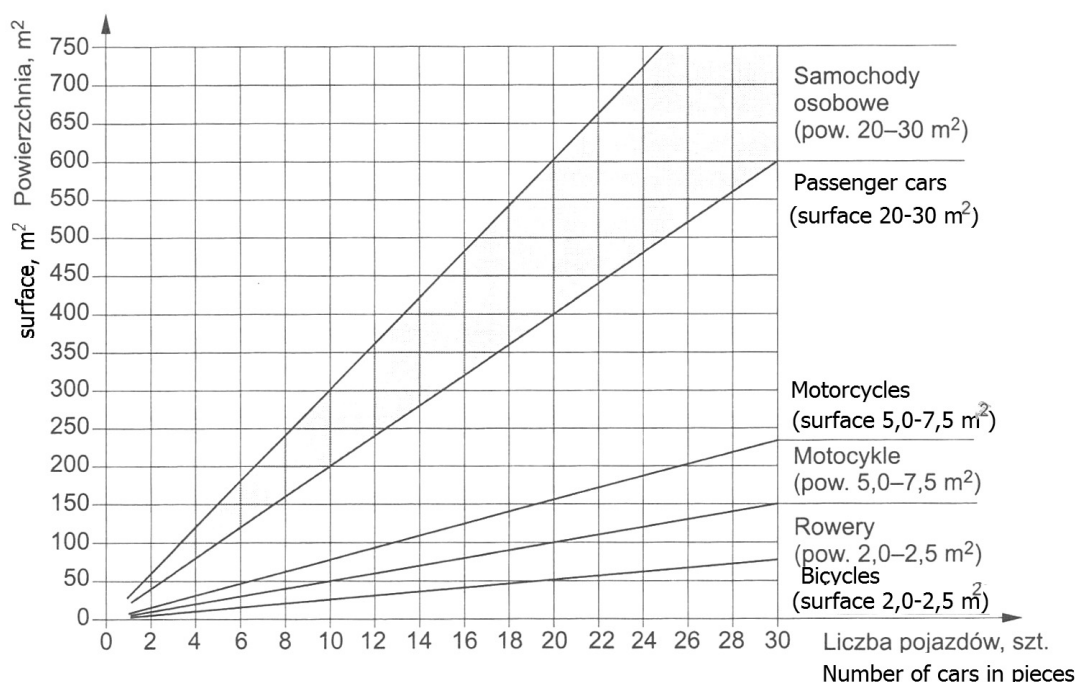
Parkowanie samochodów na obszarach miejskich sprawia coraz większe trudności, co wiąże się z większą liczbą indywidualnych uczestników ruchu drogowego (Bieda, 1976). Pociąga to za sobą potrzebę zwiększenia liczby miejsc postojowych i budowy nowych parkingów typu P+R. W dużych aglomeracjach miejskich znalezienie terenów pod budowę parkingów jest bardzo trudne i kosztowne. Jedynym z rozwiązań tego problemu jest budowa parkingów podziemnych wielostanowiskowych.

Na parkingu jednopoziomym otwartym jedno miejsce postojowe pochłania aż 25 m² powierzchni terenu parkingowego.

Można obliczyć powierzchnię całkowitej garażu (miejsc parkingowych i traktów komunikacyjnych) w zależności od liczby pojazdów, stosując prosty wykres – rysunek 1 (Neufert, 2008).

Ważnym warunkiem, jaki trzeba spełnić w trakcie użytkowania obiektów budowlanych pełniących funkcję garaży podziemnych, jest zapewnienie pełnego bezpieczeństwa pozostawionych tam pojazdów (Gradkowski, 2009). Funkcjonalność układów komunikacyjnych jest równie istotna w garażach wielostanowiskowych. Istotnymi elementami infrastruktury są też sprawność instalacji elektrycznej, wentylacyjnej i przeciwpożarowej oraz przejrzystość planów ewakuacji w sytuacjach zagrożeń, ochrona przed hałasem i drganiami oraz połączenie garaży z infrastrukturą miasta.

✉joanna_witkowska@sggw.pl



Rys. 1. Określenie powierzchni całkowitej garażu (miejsca parkingowe i komunikacja) w zależności od liczby pojazdów (Neufert, 2008)

Fig. 1. Determination of the total area of the garage (parking spots and communication), depending on the number of vehicles (Neufert, 2008)

KONSTRUKCJA

Informacje wstępne

W normie PN-EN 1990:2004 (podstawy projektowania konstrukcji) przedstawiono zasady stosowania algorytmu w procesie projektowania konstrukcji, w których muszą być uwzględnione różne warianty oddziaływania obciążeń na konstrukcje, jak również aspekty ekonomiki powstania obiektu. Należy jednak pamiętać, że podstawowym i najważniejszym wymaganiem jest niezawodność konstrukcji, która oznacza, że w przewidywanym okresie użytkowania w odpowiednich warunkach, w obiekcie o danym stopniu niezawodności nie występują przekroczenia stanów granicznych.

Oddziaływania na konstrukcję dzielimy na trzy kategorie: stałe, zmienne i wyjątkowe. Oddziaływania stałe to oddziaływania wynikające z ciężaru własnego konstrukcji. Do tej kategorii zaliczyć również można oddziaływania pośrednie, które są skutkiem skurczu i nierównomiernego osiadania fundamentu. Do grupy oddziaływań zmiennych zaliczamy obciążenia charakteryzujące się zmiennością w czasie – jest to podstawowy wymóg. Do tej grupy również klasyfikujemy obciążenia o działaniu czasowym, cyklicznym, okresowym, które wynikają z czasu trwania inwestycji albo z jej funkcji użytkowych. Należy w tej kategorii również uwzględnić obciążenia klimatyczne. Podział obciążeń zmiennych przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Podział oddziaływań zmiennych (PN-EN 1991-1-1)

Table 1. Distribution of variable interactions (EN 1991-1-1)

Długotrwałe Long-lasting	W części długotrwałe Partially long-lasting	Krótkotrwałe Short lasting
Ciężar własny urządzeń Equipment deadweight	Obciążenie ludźmi i/lub zwierzętami Load from people and/or animals	Obciążenie śniegiem Snow load
Ciężar materiałów sypkich i płynnych Weight of bulk and liquid materials	Obciążenie meblami i wyposażeniem Load from furniture and equipment	Obciążenie wiatrem Wind load
Ścianki działowe Partition walls	Obciążenie urządzeniami przenośnymi Load from portable devices	Obciążenie w czasie transportu i montażu konstrukcji Load during transport and assembly of the structure
Obciążenia magazynów, bibliotek, archiwów Loads of warehouses, libraries, archives	Obciążenia surowcami, ładowarkami, wciągarkami Load from raw materials, loaders, winches	Dobowe lub roczne zmiany temperatury Daily or annual changes of temperature
Parcie gruntu Earth pressure		
Obciążenie temperaturą Temperature load		

Obciążenia elementów konstrukcji garaży

Obciążenia zasadnicze należy ustalać zgodnie z normami: PN-EN 1991-1-1 (oddziaływania ogólne), PN-EN-1991-1-1 (oddziaływania na konstrukcje), PN-EN-1991-1-3 (obciążenia śniegiem), PN-EN-1991-1-5:2005 (oddziaływania termiczne), PN-EN-1991-1-4:2005 (oddziaływania wiatru – dotyczy części nadziemnej budynku). Obliczenia od ciężaru własnego konstrukcji dokonuje się na podstawie wymiarów podanych w projekcie i ciężarów objętościowych materiałów podanych w normach. Wartości obliczeniowe obciążeń stałych uzyskuje się poprzez pomnożenie wartości charakterystycznej przez współczynnik bezpieczeństwa $\gamma_f = 1,35$ (lub $\gamma_f = 1$ w przypadku obciążenia korzystnego lub sprawdzenia stanów granicznych użyteczności). W skrajnym przypadku konstrukcja może zostać obciążona oddziaływaniami wyjątkowymi w sytuacjach ekstremalnych. Oddziaływania takie charakteryzują się krótkotrwałością przy jednocześnie dużej wartości i dużej amplitudzie (przykładowo są to wybuchy albo uderzenia wywołane przez samochody).

W obliczeniach charakterystycznych należy uwzględnić:

- obciążenia zmienne użytkowe w części nad garażami (pomieszczenia biurowe, mieszkaniowe, galerie handlowe),
- obciążenie wywołane przez ruch pojazdów,
- obciążenia poziome barier i ścian ograniczających.

W tabeli 2 zestawiono wartości charakterystyczne zmiennych obciążeń dotyczące stropów nad garażami (w przypadku garaży pod budynkami mieszkalnymi i biurowymi oraz garaży wielopoziomowych) oraz obciążenia pojazdami samochodowymi stropów w garażach (kategoria F). W przypadku parkingów samochodowych i garaży należy uwzględnić oddziaływania wyjątkowe zgodnie z PN-EN 1991-1-7 (Rawska-Skotniczny, 2013).

Ze względu na sposób eksploatacji obiektów pełniących funkcję garaży wyróżniamy następujące obciążenia zmienne (Potrzebowski, 2006): mechaniczne, wywołane różną temperaturą, wodą, środkami odladzającymi, produktami ropopochodnymi oraz zmiennymi warunkami atmosferycznymi i mikroklimatycznymi panującymi w garażach.

Tabela 2. Obciążenia użytkowe zgodnie z PN-EN 1991-1-1, usystematyzowane przez Rawską-Skotniczny (2013)

Table 2. Utility loads according to EN 1991-1-1 systematised by Rawska-Skotniczny (2013)

Kategoria Category	Podkategoria zastosowanych powierzchni Applied surface subcategory	q_k [kN·m ⁻²]	Q_k [kN]
F	powierzchnie ruchu i parkowania pojazdów lekkich (≤ 30 kN ciężaru brutto, z liczbą miejsc ≤ 8 , poza kierowcą): garaże, powierzchnie ruchu i parkowania w budynkach – model przyłożenia obciążenia w normie PN-EN 1991-1-1 traffic and parking areas for light vehicles (gross weight ≤ 30 kN, number of seats ≤ 8 , apart of the driver): garages, traffic areas and parking areas in buildings – model of load application in EN 1991-1-1	1,5–2,5	10–20
G	powierzchnie ruchu i parkowania średnich pojazdów (≥ 30 kN, ≤ 160 kN całkowitego ciężaru pojazdu na dwóch osiach): drogi dostępu, strefy dostępne dla wozów straży pożarnej według normy PN-EN 1991-1-1 surfaces and parking areas of medium vehicles (≥ 30 kN, ≤ 160 kN of total weight of vehicle on two axles): access routes, zones available for fire brigades according to EN 1991-1-1	5	40–90

Obciążenia zmienne mechaniczne spowodowane są ruchem pojazdów, wskutek czego bezpośrednie lub cykliczne odkształcenia konstrukcji skutkują pęknięciami żelbetowych elementów. Ruch pojazdów powoduje ścieranie nawierzchni, co skutkuje ułatwionym dostępem czynników korozyjnych do konstrukcji. Środki odładzające wnikają przez rysy w nawierzchni, powodując korozję betonu i osłabienie zbrojenia, co w przypadkach ekstremalnych może być przyczyną awarii konstrukcji.

Zmienna temperatura w ciągu roku (zima, lato) jest przyczyną deformacji, które powodują zmianę szerokości szczelin dylatacyjnych i przerw roboczych. Zjawiska te szczególnie w pierwszym etapie dojrzewania konstrukcji prowadzą do uszkodzenia elastycznego materiału wypełniającego szczeliny dylatacyjne.

Śnieg z solami odładzającymi wwożony do garażu na kołach i podwoziach aut oraz woda deszczowa zanieczyszczona związkami chemicznymi stanowią poważne zagrożenie dla konstrukcji.

Oddziaływania środków odładzających są jednym z najbardziej destrukcyjnie działających czynników na żelbet. Proces rozmrażania lodu i śniegu wymaga dużej ilości ciepła, które pochłaniane jest ze stropów, co skutkuje obniżeniem temperatury konstrukcji poniżej temperatury otoczenia. Konsekwencją tego procesu może być zamarzanie wody w kapilarach betonu, która na ogół w garażach nie zamarza, pomimo że temperatura otoczenia jest kilka stopni poniżej zera.

Również wyciekające z nieszczelnych instalacji samochodowych płyny hamulcowe, smary, oleje i benzyna destrukcyjnie wpływają na niezabezpieczony beton.

Obecność spalin w pomieszczeniach garażowych generuje zwiększenie stężenia dwutlenku węgla w powietrzu, który przyspiesza karbonatyzację betonu. Beton traci właściwości ochronne w stosunku do znajdującego się w nim zbrojenia. W celu zabezpieczenia betonu przed karbonatyzacją stosuje się powłoki szczelne dla CO₂ oraz pogrubione warstwy otuliny.

PROJEKTOWANIE ELEMENTÓW KONSTRUKCYJNYCH

Wymagania ogólne

W konstrukcji garaży duże znaczenie ma swobodna przestrzeń i maksymalna rozpiętość przęsł. Projektowanie w przemyślany sposób układu gęstej siatki słupów pociąga za sobą istotne ze względów ekonomicznych oszczędności poprzez zmniejszenie kosztów budowy (pocienienie stropów). W konstrukcjach o rozpiętościach powyżej 8 m (bez słupów pośrednich) można zaoszczędzić 7–12% powierzchni (Neufert, 2008). Jednym z wymagań,

jakie muszą spełnić elementy konstrukcyjne w garażach (słupy, stropy, ściany, elementy usztywniające), jest duża ognioodporność. Elementy te wykonuje się najczęściej jako żelbetowe (monolityczne, prefabrykowane, mieszane), rzadziej jako stalowe. Elementy konstrukcyjne (stalowe), aby spełniały wymagania ochrony przeciwpożarowej, powinny być otoczone np. betonem, płytami ognioochronnymi lub tynkiem (Markiewicz, 2011). W konstrukcjach żelbetowych i murowych większą ognioodporność uzyskuje się poprzez zwiększenie wymiarów przekroju poprzecznego elementu, co wpływa na jego pojemność cieplną, lub przez izolowanie zbrojenia grubszą otuliną. Elementy konstrukcji garażu w przypadku wybuchu pożaru mogą pełnić funkcję nośną (związaną z przeniesieniem obciążeń konstrukcji), zgodnie z rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z 2002 roku w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. 2002 nr 75, poz. 690).

Podstawowe zasady projektowania elementów konstrukcji nośnej garaży nadziemnych i podziemnych, ze szczególnym uwzględnieniem wymagań przeciwpożarowych, zostały wyszczególnione w powiązaniu z zestawieniem obciążeń konstrukcji i wymiarowania jej elementów, tj. stropów (stropodachów), słupów, ścian.

W trakcie pożaru elementy konstrukcji muszą spełniać funkcję (Kosiorek i Woźniak, 2005).

- związaną z koniecznością zapewnienia nośności konstrukcji bądź elementu,
- polegającą na zachowaniu ciągłości elementu oraz/lub izolacyjności ogniowej I (w czasie pożaru po przeciwnej stronie przegrody, na którą oddziałuje ogień, a temperatura nie przekroczy wartości 140°C),
- jednocześnie nośną i oddzielającą.

W celu zapewnienia powyższych wymagań stosuje się (Schabowicz i Gorzelańczyk, 2017):

- metody obliczeniowe, których podstawowym założeniem jest zachowanie ciągłości materiału; są one przydatne przy ocenie nośności i izolacyjności elementów konstrukcji stalowych, żelbetowych, murowych i drewnianych,
- badania doświadczalne,
- metody hybrydowe polegające na zebraniu wyników badań doświadczalnych (eksperymentalnych), opracowaniu fizycznego i matematycznego modelu, a następnie ponownej ich weryfikacji doświadczalnej.

Projektowanie stropów

W garażach podziemnych stosuje się jako stropy głównie płyty monolityczne oparte bezpośrednio na słupach lub słupach i ścianach, płyty z belkami brzegowymi (wzmocnienie obrzeża stropu jest bardzo korzystne) lub płyty z głowicami (stropy grzybkowe). Na zastosowanie w danym projekcie określonego rodzaju stropu mają wpływ rodzaj i wartości obciążeń, rozpiętość oraz wymagania w zakresie ognioodporności oraz czynniki ekonomiczne.

W projektowaniu obiektów o funkcji garażu wielostanowiskowego wykorzystuje się następujące rodzaje stropów:

- stropy żelbetowe płytowe monolityczne – najczęściej stosuje się je w ustrojach słupowo-płytowych; jeżeli dominują momenty zginające działające w jednej płaszczyźnie, to płytę można zaprojektować jako jednokierunkowo zbrojoną, a jeżeli płyta pracuje w wielu kierunkach, zbroi się ją wielokierunkowo; grubość płyty w takiej konstrukcji powinna spełniać wymagania ze względu na stan graniczny nośności i stan graniczny użyteczności, co oznacza, że zależy od obciążeń, rozpiętości, schematu statycznego, klasy stali i betonu oraz stopnia zbrojenia;
- stropy prefabrykowane – wykonywane są z płyt prefabrykowanych, dobieranych w zależności od wymogów projektowanego obiektu; często stosowane są w garażach podziemnych, gdyż szybko się je konstruuje, mają przeszłą o dużej rozpiętości (9–18 m), a ich elementy mają znaczną ognioodporność i dużą trwałość; przy ich projektowaniu konieczne jest wzięcie pod uwagę sytuacji przejściowych oraz zagadnień związanych ze stosowaniem podpór tymczasowych, a następnie stałych; elementami kluczowymi w takim rozwiązaniu są złącza prefabrykatów oraz połączenia z monolityczną częścią konstrukcji;
- stropy z płyt kanałowych strunobetonowych HC – płyty strunobetonowe mają nominalną szerokość 1200 mm i produkowane są w czterech podstawowych wysokościach: 200 mm o rozpiętość do 9 m, 256 mm o rozpiętość do 13 m, 320 mm o rozpiętość do 16 m, 400 mm o rozpiętość do 18 m; krawędzie

tych płyt muszą być odpowiednio profilowane, aby zapewnić dobre przenoszenie sił ścinających pomiędzy sąsiednimi płytami;

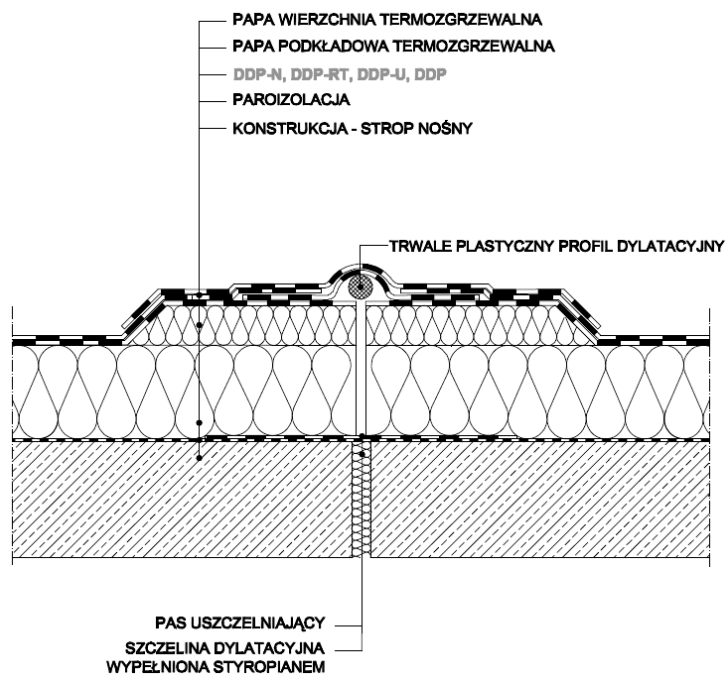
- stropy płytowo-żebrowe – standardowe wysokości płyt TT wynoszą: 400, 500, 600, 700, 800 mm, z żebrami o szerokości: 120, 200 lub 240 mm; w zależności od wielkości obciążeń i wymiarów żeber płyty mogą mieć rozpiętość od 6 do 28 m; płyty w tego typu konstrukcjach pracują jako wieloprzęsłowe, oparte na żebrach;
- stropy z płyt TT oraz płyt HC – płyty te opierają się na ryglach z zastosowaniem elastycznych podkładek dobieranych w zależności od wartości reakcji podporowych; podkładki stosuje się w celu prawidłowego przekazywania obciążeń między elementami przy jednoczesnym, możliwym swobodnym przesunięciu elementów w poziomie oraz obrocie elementów w złączu; podkładki chronią krawędzie elementów przed uszkodzeniami oraz tłumią drgania powstające podczas ruchu pojazdów.

Projektowanie ścian

Ściany murowane w garażach podziemnych są wykonywane jako jednowarstwowe. Projekt ścian musi uwzględnić zalecenia normy PN-EN 1996:2010. Projektując konstrukcje murowe, musimy przede wszystkim pamiętać o wymaganiach dotyczących ich niezawodności.

W celu zapewnienia konstrukcji garażu odpowiedniej sztywności przestrzennej i ograniczenia przemieszczeń stosuje się ściany usztywniające. W normie PN-EN 1996:2010 rozpatrywane są wyłącznie ściany usztywniające z uwzględnieniem obciążeń poziomych działających w płaszczyźnie muru (np. wyjątkowe przy uderzeniu samochodem). Konstrukcja garażu może też być poddana przemieszczeniom pionowym podłoża i siłom działającym prostopadle do płaszczyzny spoin.

Ściany żelbetowe monolityczne są elementami pionowymi. Element, w którym dłuższy bok przekroju poprzecznego jest co najmniej cztery razy większy od grubości, uważa się za ścianę (inaczej element rozpa-



Rys. 2. Dylatacja konstrukcyjna garażu podziemnego (knaufinsulation)

Fig. 2. Construction dilation of the underground garage (knaufinsulation)

truje się jako słup, a jeśli dominują siły wewnętrzne wywołujące zginanie ściany, jako płytę). Grubość ścian nośnych żelbetowych nie powinna być mniejsza niż 200 mm. Według PN-EN 1992-1-1 przy projektowaniu konstrukcji z betonu w garażach o konstrukcji żelbetowej należy stosować przerwy dylatacyjne. Położenie przerw dylatacyjnych determinowane jest pracą konstrukcji poddanej skurczowi i różnicą w wartościach temperatury. Analizę konstrukcji można pominąć, jeśli przerwy dylatacyjne są mniejsze niż podane w tabeli 3. Przerwa dylatacyjna powinna przecinać wszystkie elementy konstrukcji w jednym miejscu, od fundamentu aż po dach. Szczeliny dylatacyjne powinny być zabezpieczone we właściwy sposób przed wnikaniem wody z zewnątrz (rys. 2).

Tabela 3. Maksymalna odległość między dylatacjami według PN-EN 1992-1-1**Table 3.** The maximum distance between expansion joints in accordance with EN 1992-1-1

Rodzaj konstrukcji Type of structure	Odległość między dylatacjami – d_{joint} [m] The distance between the expansion joints – d_{joint} [m]
Konstrukcje poddane wahaniom temperatury zewnętrznej Structures subjected to external temperature fluctuations	
a) ściany niezbrojone non-reinforced walls	5
b) ściany zbrojone reinforced walls	20
c) żelbetowe konstrukcje szkieletowe reinforced concrete frame structures	30
d) dachy nieocieplane, gzymsy non-insulated roofs, cornices	20
Ogrzewane budynki wielokondygnacyjne Heated multi-storey buildings	
a) wewnętrzne ściany i stropy monolityczne betonowane w jednym ciągu internal walls and monolithic ceilings concreted in one string	30
b) jak wyżej – betonowane odcinkami nie większymi niż 15 m, z pozostawieniem przerw do późniejszego betonowania as above – concreted in the sections no more than 15 m, leaving gaps for later concreting	jak w przypadku wewnętrznych ścian prefabrykowanych as in the case of internal prefabricated walls
c) wewnętrzne ściany prefabrykowane z zewnętrznymi ścianami prefabrykowanymi internal prefabricated walls with external prefabricated walls	50
d) jak wyżej – z zewnętrznymi ścianami z betonu komórkowego as above – with external walls made of cellular concrete	40
e) jak wyżej – z zewnętrznymi ścianami lekkimi, podłużna ściana usztywniająca w środkowej części budynku as above – with light external walls, longitudinal stiffening wall in the middle part of building	70
f) jak wyżej – ze ścianami usztywniającymi w skrajnych częściach budynku as above – with stiffening walls in the extreme parts of the building	50
g) prefabrykowane konstrukcje szkieletowe i konstrukcje monolityczne z usztywnieniem w środkowej części budynku prefabricated frame structures and monolithic structures with stiffening in the middle part of building	jak w przypadku wewnętrznych ścian prefabrykowanych as in the case of internal prefabricated walls
h) monolityczne konstrukcje szkieletowe ze ścianami usztywniającymi w skrajnych częściach – odpowiednio a lub b monolithic frame structures with stiffening walls in the extreme parts – a or b respectively	jak dla a lub b as for a or b
a) $b = 0,3-0,6$ m	do 8 m to 8 m
b) $0,6 \text{ m} < b \leq 1,0$ m	do 6 m to 6 m
c) $1,0 \text{ m} < b \leq 1,5$ m	do 5 m to 5 m
d) $1,5 \text{ m} < b \leq 2,0$ m	do 4 m to 4 m

PODSUMOWANIE

Projektowanie i realizacja garaży podziemnych często wiąże się z rozwiązywaniem różnych problemów projektowo-wykonawczych. Garaże powinny być zaprojektowane i wykonane zgodnie z zasadami wiedzy technicznej, obowiązującymi aktami prawnymi i normami. Najważniejsze jednak jest, aby były one bezpieczne dla użytkowników i spełniały swoje założone funkcje. Z wieloletniej praktyki inżynierskiej wynika, że czynnikiem najbardziej destrukcyjnym jest woda pochodząca z odpadów atmosferycznych oraz woda gruntowa oddziałująca ciągle na głęboko posadowione fundamenty (PN-EN 1997-1; Dohojda i Szulc, 2015).

W celu zminimalizowania powstawania usterek zaleca się stosowanie gotowych rozwiązań systemowych opracowanych według sprawdzonych technologii, oferowanych przez producentów materiałów. Kolejnym krokiem jest koordynowanie połączeń zastosowanych systemów na poszczególnych etapach wykonywanych prac oraz rzetelny odbiór poszczególnych robót. W unikaniu błędów projektowych, a także w ograniczaniu powstawania usterek realizacyjnych jest wprowadzenie nowych technologii do projektowania dużych i skomplikowanych obiektów. Jedną z nich jest innowacyjna technologia parametrycznego modelowania informacji o budynku, znana pod nazwą BIM (ang. *building information modeling*). Powstający tak system umożliwia ciągły i natychmiastowy dostęp do informacji o projekcie, jego harmonogramach oraz kosztach. Technologia BIM w tym przypadku ma na celu uproszczenie samego procesu projektowego, poprzez testowanie w świecie wirtualnym różnych możliwych do przyjęcia wariantów i systemów. Wykorzystanie do pracy jednego wspólnego modelu umożliwia zwiększenie efektywności działań oraz redukcję do minimum błędów powstających podczas procesu projektowania, jak również tworzenia efektywnej dokumentacji projektowej i wykonawczej.

PIŚMIENNICTWO

- Bieda, K. (1976). Parkingi w osiedlach mieszkaniowych. *Teka Komisji Urbanistyki i Architektury*, 10, 41–53.
- Dohojda, M. i Szulc, J. (2015). Budownictwo ogólne. W T. Błaszczyński, T. Buczkowski, W. Jaszczak i M. Kamiński (red.), *Trwałe metody naprawcze w obiektach budowlanych* (strony 170–180). Wrocław: Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne.
- Gradkowski, K. (2009). Wielopoziomowe budowle parkingów w dużych miastach. *Przegląd Komunikacyjny*, 48(4), 41–47.
- Kosiorek, M. i Woźniak, G. (2005). Projektowanie elementów żelbetowych i murowych z uwagi na odporność ogniową. *Instrukcja ITB*, 409.
- Markiewicz, P. (2011). *Budownictwo ogólne dla architektów*. Kraków: ARCHI-PLUS Markiewicz.
- Neufert, E. (2008). *Podręcznik projektowania architektonicznego*. Warszawa: Arkady.
- PN-EN 1990:2004. Podstawy projektowania konstrukcji.
- PN-EN 1991-1-1. Oddziaływania ogólne. Ciężar objętościowy, ciężar własny, obciążenia użytkowe.
- PN-EN 1991-1-3:2005. Oddziaływania na konstrukcje. Część 1–3: Oddziaływania ogólne – Obciążenie śniegiem.
- PN-EN 1991-1-5:2005. Oddziaływania na konstrukcje. Część 1–5: Oddziaływania ogólne – Oddziaływania termiczne.
- PN-EN-1991-1-4:2005. Oddziaływania na konstrukcje. Część 1–4: Oddziaływania ogólne – Oddziaływania wiatru.
- PN-EN 1992-1-1. Projektowanie konstrukcji z betonu.
- PN-EN 1996:2010. Projektowanie konstrukcji murowych.
- PN-EN 1997-1. Projektowanie geotechniczne. Część 1.
- Potrzebowski, J. (2006). Parkingi i garaże. Część I. Obciążenia i zagrożenia konstrukcji. *Kalejdoskop Budowlany*, 4, 50–52.
- Rawska-Skotniczny, A. (2013). Zestawianie obciążeń zmiennych według PN-EN 1991-1-1. Część I. *Inżynieria i Budownictwo*, 2, 80–85.

Schabowicz, K. i Gorzelańczyk, T. (2017). *Budownictwo ogólne: podstawy projektowania i obliczania konstrukcji budynków*. Wrocław: Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne.

Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. 2002 nr 75, poz. 690).

MULTI-SPOT UNDERGROUND GARAGES – CONSTRUCTION SOLUTIONS

ABSTRACT

In this article the subject of multi-spot underground garages, as well as complex engineering problems arising in their design and implementation were taken up. In addition, the basic elements of the project and selected problems that manifest themselves in garages during their exploitation were analyses.

Key words: multi-spot underground garage, garage design, garage exploitation