



GRZEGORZ LUDWIK
GOLEWSKI

Politechnika Lubelska
glgol@wp.pl

Konstrukcja żelbetowego garażu naziemnego obliczanego jako ustrój płytowo-słupowy MES

W dobie dynamicznego rozwoju infrastruktury miejskiej oraz migracji ludzi z obszarów wiejskich do miast, architekci stają przed trudnym zadaniem rozsądnego zagospodarowania terenów znajdujących się w centrach dużych aglomeracji. Rozwijające się gospodarki światowe oraz wzrost populacji ludzi powodują ciągłe zmiany w kształtowaniu nowoczesnej infrastruktury miejskiej. Trendy rozwojowe w Polsce i na świecie sprawiają, że zwiększa się zapotrzebowanie w największych miastach zarówno na budynki mieszkalne, jak również na budynki użyteczności publicznej, takie jak banki, centra handlowe, hotele, uniwersytety, restauracje, kina itp.. Powoduje to konieczność pokonywania przez ludzi tam mieszkających coraz większych odległości. Niewygodne i zazwyczaj zatłoczone autobusy bądź tramwaje nie zachęcają do korzystania z komunikacji miejskiej, co z kolei wpływa na zwiększenie użytkowników aut osobowych. Liczba samochodów nieustannie wzrasta. Według danych statystycznych i literaturowych ich liczba zwiększyła się w Polsce czterokrotnie w ciągu dwudziestu lat, a liczba aut przypadających na 1 mieszkańca ponad pięciokrotnie. Zmieniennym jest fakt, iż jeszcze 20 lat temu jeden samochód osobowy przypadał w Polsce na 10 osób, podczas gdy obecnie na 1,35 osoby [6]. Czynniki te wymuszają konieczność zapewnienia mieszkańcom dużych miast wystarczającej liczby miejsc parkingowych w samym centrum. Parkowanie pojazdów wzdłuż ulic, bądź na niewielkich, zatłoczonych parkingach jest bardzo uciążliwe. Pod określeniem uciążliwości parkowania kryją się wszelkie negatywne skutki, jakie powodują parkujące samochody w środowisku miejskim. Zaliczyć do nich trzeba: ograniczenie ruchu dostawczego, pogorszenie bezpieczeństwa ruchu, ujemny wpływ na estetykę otoczenia miejskiego, utrudnienia dla pieszych.

Ponadto prócz znacząco rosnącej liczby samochodów istotnym czynnikiem jest również czas, który samochód w trakcie swojej eksploatacji spędza na miejscu postojowym, a który wynosi od 95% do nawet 98% całkowitego wieku auta [6].

Przedstawione zagadnienia związane z bezpiecznym i sprawnym przemieszczaniem się ludzi i samochodów w centrach miast sprawiają, że najwłaściwszym rozwiązaniem jest budowanie garaży wielokondygnacyjnych naziemnych bądź podziemnych mogących zapewnić efektywne wykorzystanie powierzchni służącej do parkowania aut.

Rozwiązania konstrukcyjne garaży wielopoziomowych

Pierwsze garaże wielopoziomowe powstały na początku XX w. i były odpowiedzią na prężnie rozwijający się przemysł

produkujący seryjnie auta w USA. W Polsce pierwsze budynki tego typu powstały przed II wojną światową. Za pionierską konstrukcję z tego okresu uznaje się garaż zajezdni samochodów w Warszawie, w którym zaprojektowano 300 miejsc parkingowych. Obiekt ten, o konstrukcji szkieletowej prefabrykowanej, miał cztery kondygnacje z dwoma blokami obudowanych ramp półkolistych, umieszczonych symetrycznie po obu krótszych bokach obiektu [6].

Obecnie garaże wielokondygnacyjne powstają z uwagi na wymogi prawne, które wymuszają konieczność zapewnienia odpowiedniej liczby miejsc parkingowych w nowo wznoszonych budynkach. Ponadto są one również stałym elementem polityki planowania przestrzennego w miastach [8].

Konstrukcję garaży wielokondygnacyjnych stanowi najczęściej szkieletowy układ płytowo – słupowy monolityczny bądź prefabrykowany. Możliwe jest również stosowanie układów ścianowych, jednak z uwagi na: znaczne zużycie powierzchni na uzyskanie stanowiska postojowego, dyskomfort użytkownika (wykonywania manewrów samochodem), utrudnienia w zapewnieniu bezpieczeństwa osób i pozostawionego mienia, konstrukcje tego typu są stosowane jedynie w garażach jednokondygnacyjnych [12].

W zależności od usytuowania pomieszczeń do przechowywania samochodów w stosunku do powierzchni terenu wyróżnia się wielokondygnacyjne garaże [10]:

- podziemne
- naziemne
- o miejscach postojowych znajdujących się w części podziemnej i naziemnej.

Garaże podziemne

Wielostanowiskowe garaże podziemne są najczęściej wznoszone w dużych miastach jako budynki pełniące wyłącznie funkcję garażową, bądź obiekty łączące w swojej formie architektonicznej część, w której znajdują się miejsca postojowe dla samochodów i część (zazwyczaj naziemną) z pomieszczeniami mieszkalnymi, usługowymi bądź rekreacyjnymi.

Z uwagi na racjonalne wykorzystanie terenu w miejscu wznoszenia konstrukcji garażu podziemnego częstszym i bardziej trafnym rozwiązaniem jest wykonywanie tych budynków jako obiektów wielofunkcyjnych tzn. z przeznaczeniem części powierzchni na inne cele niż tylko miejsca postojowe aut. Przykładem tego typu konstrukcji może być ogólnodostępny parking podziemny zlokalizowany w Krakowie, na którego powierzchni zbudowano boiska i bieżnie służące do uprawiania dyscyplin sportowych oraz skwer z fontannami do biernego wypoczynku [9]. Inne możliwości wykorzystania

części powierzchni w obrębie garaży podziemnych przedstawia budynek wykonany w centrum Lublina, gdzie w części naziemnej znajdują się sklepy, zakłady usługowe, apteka i prywatna przychodnia [7].

Niestety realizacja parkingów podziemnych wymaga poniesienia znacznych nakładów finansowych, w pewnych warunkach nieporównywalnych z nakładami na budowę np. parkingu naziemnego [13]. Ponadto projektowanie (szczególnie posadowienia [3]) i realizacja konstrukcji tego typu sprawia wiele trudności, które przy nieodpowiednim ich rozpoznaniu mogą prowadzić w trakcie wykonywania garaży do powstawania usterek, uszkodzeń bądź nawet katastrof budowlanych. Sytuacje takie mogą występować zarówno w miejscu wykonywania garażu podziemnego, jak również w jego bliskim sąsiedztwie, a głównymi zagrożeniami opisanymi np. w pracy [11] mogą być:

- niewystarczające rozpoznanie usytuowania warstw wodonośnych,
- przyjęcie zawyżonych parametrów charakteryzujących grunty podłoża, np. spójności gruntu,
- błędne zabezpieczenie wykopu w obrębie wykonywanego garażu,
- odstępstwa od ustaleń wykonawczych dotyczących odwiertów np. zastąpienie wiercenia metodą jednoprzewodową z płuczką powietrzną na wiercenie z płuczką wodną,
- uszkodzenia i zarysowania ścian w budynkach sąsiednich podczas wykonywania wbijania pali metodą udarową.

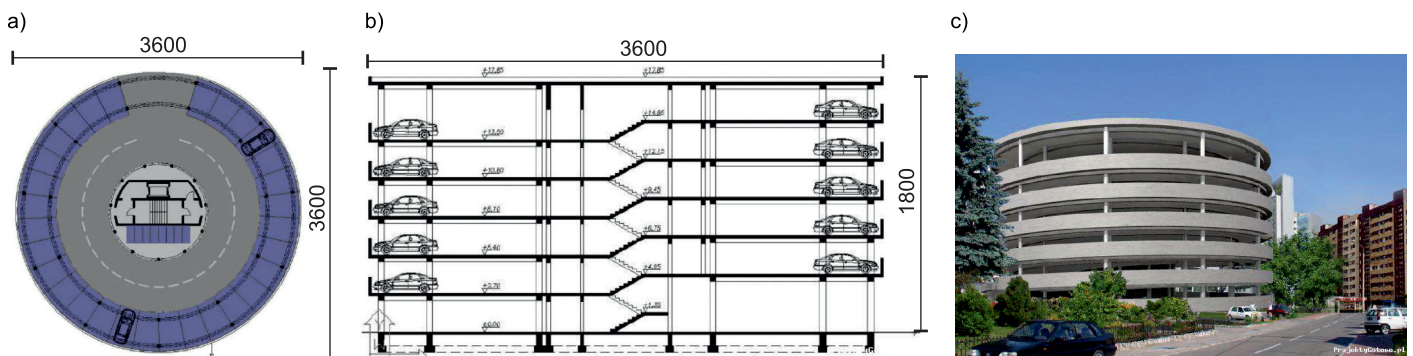
Duży koszt związany z budową parkingów podziemnych oraz niedogodności związane z ich skomplikowanym wykonaniem sprawiają, że prostszym i bardziej ekonomicznym rozwiązaniem jest budowanie garaży naziemnych.

Garaże naziemne

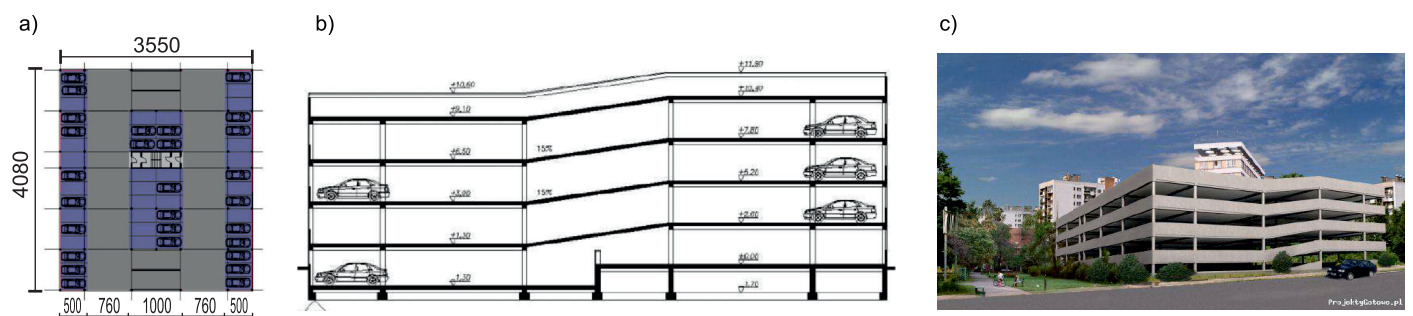
Wielokondygnacyjne garaże naziemne wykonywane są najczęściej jako ustroje żelbetowe monolityczne bądź prefabrykowane. W rzucie mają one kształt: kołowy lub eliptyczny (rys. 1), prostokątny albo złożony z prostokątów (rys. 2), rzadziej nieregularny. Charakterystyczną cechą garaży naziemnych jest to, że są to zazwyczaj obiekty otwarte, w których występują ażurowe przegrody (rys. 1c, rys. 2c).

Zalety tych konstrukcji odnoszące się do dużej mobilności aut w obrębie miejsc postojowych sprawiają, że są one w niektórych krajach wykorzystywane nie tylko jako obiekty z miejscami parkingowymi dla samochodów, ale również dla innych pojazdów. Znakomitym przykładem jest tutaj proekologiczna Holandia, gdzie problemem dla osób przemieszczających się nie jest znalezienie w centrum miasta miejsca, gdzie będzie można bezpiecznie zaparkować samochód, ale rower (fot. 1). Wykorzystywanie rowerów jako środków transportu jest zresztą uzasadnione nie tylko względami ekologicznymi czy ekonomicznymi, lecz również wskaźnikami zużycia powierzchni garaży na stanowisko postojowe W jest najmniejsza właśnie w przypadku rowerów i wynosi od 2,0 do 2,5 m², podczas gdy w odniesieniu do samochodów może ona przekraczać nawet 30 m² [10], [12].

Rachunek ekonomiczny wskazuje, że przy tej samej liczbie kondygnacji wykonanie garaży naziemnych jest tańsze w stosunku do garaży podziemnych, a najlepszy wskaźnik W uzyskuje się przy garażach: o rzucie prostokątnym i liczbie kondygnacji równej 6 oraz o rzucie kołowym lub eliptycznym i liczbie kondygnacji równej 3 [12].



Rys. 1. Konstrukcja wielopoziomowego garażu naziemnego o rzucie kołowym: a) rzut, b) przekrój poprzeczny, c) widok [20]



Rys. 2. Konstrukcja wielopoziomowego garażu naziemnego o rzucie prostokątnym: a) rzut, b) przekrój poprzeczny, c) widok [20]



Fot. 1. Widok wielokondygnacyjnych garaży naziemnych dla postoju rowerów w Amsterdamie (fot. G.L. Golewski)

W projektowaniu garaży wielopoziomowych istotnym zagadnieniem jest również odpowiednie przyjęcie transportu samochodów poruszających się w obrębie stanowisk postojowych. Prócz tradycyjnego przemieszczania się aut w sposób niezmechanizowany tzn. z wykorzystaniem własnego napędu silnika możliwe jest również zastosowanie nowoczesnych rozwiązań pozwalających na przemieszczanie się samochodów między poszczególnymi poziomami i miejscami parkingowymi w sposób zmechanizowany bądź zautomatyzowany. Zalety tego typu koncepcji, które do technologii wykonawstwa garaży wielostanowiskowych weszły dosyć niedawno, szczegółowo opisano w pracach [2], [10], [12], [13], [18], [19].

Projektowanie garaży naziemnych

Konstrukcja garaży naziemnych

Wielokondygnacyjne garaże naziemne są najczęściej projektowane o żelbetowej konstrukcji szkieletowej płytowo-słupowej. Liczba kondygnacji w takich garażach waha się zazwyczaj od 3 do 6. Rzadko spotykane są tego typu konstrukcje o wysokości tylko jednej lub dwóch kondygnacji ze względu na nieekonomiczność budowy i eksploatacji takich obiektów, wynikającą z dużych nakładów kosztu terenu i wspólnych elementów budowlanych przypadających na jedno stanowisko postojowe [8].

Rozstaw, czyli tzw. moduł słupów wpływa bezpośrednio na efektywność wykorzystania powierzchni oraz rozwiązania funkcjonalno-przestrzenne wewnątrz garaży. Moduł określa m. in. jaką liczbę samochodów można usytuować w jego obrębie (dwa, trzy, rzadko cztery) oraz wskazuje na rodzaj organizacji ruchu (jedno- bądź dwukierunkowy) [12]. Najczęściej spotykane są moduły konstrukcyjne o siatce słupów: $6,0 \times 6,0$ m, $7,2 \times 6,0$ m, $7,5 \times 6,0$ m i $7,8 \times 6,0$ m. Stosowane są również inne, czasami niekonwencjonalne rozwiązania dotyczące wymiarów i parametrów parkingów. W przypadku samochodów osobowych ciężarowych i autobusów przedstawiono je np. w pracy [5].

Obliczanie ustrojów płytowo – słupowych

Konstrukcje płytowo-słupowe są przykładem stropów bezbelkowych, które bardzo często są wykorzystywane jako

ustroje nośne w garażach naziemnych. Ich głównymi zaletami jest prostota wykonania oraz łatwość kształtowania przestrzeni w obrębie stropów. Ustroje takie, według zaleceń literaturowych, można obliczać korzystając z analitycznej metody ram zastępczych lub programów komputerowych opartych na metodzie elementów skończonych – MES [1], [15].

Metoda ram zastępczych jest powszechnie znana i często wykorzystywana w obliczeniach ustrojów płytowo-słupowych, mimo że jest metodą dość pracochłonną. W metodzie tej zakłada się sprężystą pracę ustroju oraz izotropowość materiału. Ustrój rzeczywisty dzieli się myślowo na układ ram zastępczych, krzyżujących się w dwóch wzajemnie prostopadłych kierunkach. Otrzymane w wyniku podziału ustroju wielokondygnacyjne ramy zastępcze upraszcza się do układów jednokondygnacyjnych złożonych z rygla w postaci pasma stropu oraz połączonych z nim monolitycznie słupów. Słupy takie traktuje się jako utwierdzone w poziomie wyższej i niższej kondygnacji szkieletu. Przy przyjętym schemacie statycznym przyjmuje się przekazywanie obciążeń z całkowitej szerokości rygla zastępczego [15].

Do niedawna metoda ram zastępczych była najpopularniejszą, jeżeli chodzi o obliczenia stropów płaskich, a szczególności dotyczące jej zastosowania podano np. w pracach [1], [15]. Obecnie efektywniejszymi sposobami wykorzystywanymi do modelowania pracy tego rodzaju ustrojów, sugerowanymi np. przez W. Starosolskiego [15], stały się programy komputerowe wykorzystujące MES. Szybki rozwój i rozpowszechnienie tych programów umożliwiło bowiem projektantom szerokie zastosowanie metod numerycznych przy rozwiązywaniu zadań inżynierskich, np. [4].

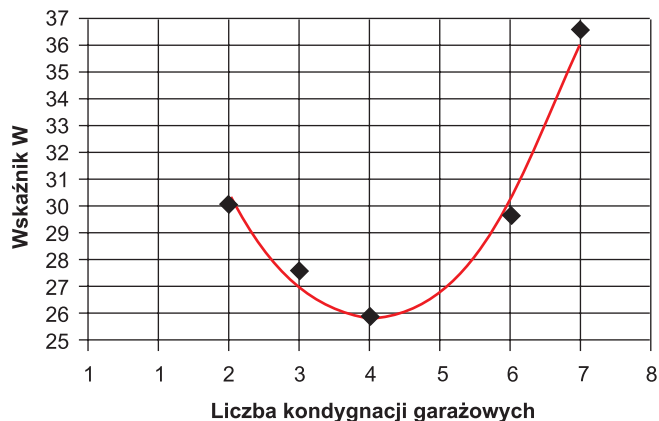
W przypadku obliczania stropów płaskich MES wydaje się najodpowiedniejsza, ponieważ prócz możliwości związanych z precyzyjnym ustaleniem sił wewnętrznych i przemieszczeń w konstrukcji, umożliwia również uwzględnienie (występujących często w ustroju) różnego rodzaju nieciągłości płyty. Możliwe jest zatem obliczenie zaburzeń w konstrukcji pochodzących np. od występujących: otworów, uskoków czy pogrubień stref przysłupowych.

Przykład wymiarowania elementów konstrukcyjnych naziemnego garażu wielokondygnacyjnego

Przyjęte założenia architektoniczne

W projekcie garażu przyjęto parkowanie samochodów prostopadłe do osi jezdni, jako najbardziej popularne w większości tego rodzaju obiektów. Założono moduł o siatce słupów $6,0 \times 6,0$ m zapewniający wygodę manewrowania samochodom najszerszym i najdłuższym. Głównym zaleceniem był komfort przyjętych rozwiązań użytkowych, dlatego też mniej istotnym okazał się fakt dużego wskaźnika W dla tego typu modułów, który wynosi $27,0 \text{ m}^2$ [10], [12].

W celu poprawienia parametrów wykorzystania powierzchni garażu przyjęto najkorzystniejszy sposób transportu wewnętrznego pionowego niezmechanizowanego w postaci ramp łukowych oraz 4 kondygnacje garażowe. W tym przypadku minimalny wskaźnik W równy jest $22,04 \text{ m}^2$. Wykres obrazujący tę zależność na podstawie pracy [12] pokazano na rysunku 3.



Rys. 3. Wykres zależności średniego wskaźnika powierzchni W [m^2] na jedno stanowisko postojowe od liczby kondygnacji garażowych w przypadku ramp kołowych i tukowych [12]

Z uwagi, iż projektowany parking był przewidziany na około 500 aut, na każdej kondygnacji przewidziano 128 miejsc postojowych z wyjątkiem parteru, na którym przewidziano 122 miejsca. Wysokość kondygnacji przyjęto równą 2,50 m. Na rysunku 4 pokazano przekrój projektowanego garażu naziemnego.

Zastosowanie programu Plato w obliczeniach konstrukcji garażu MES

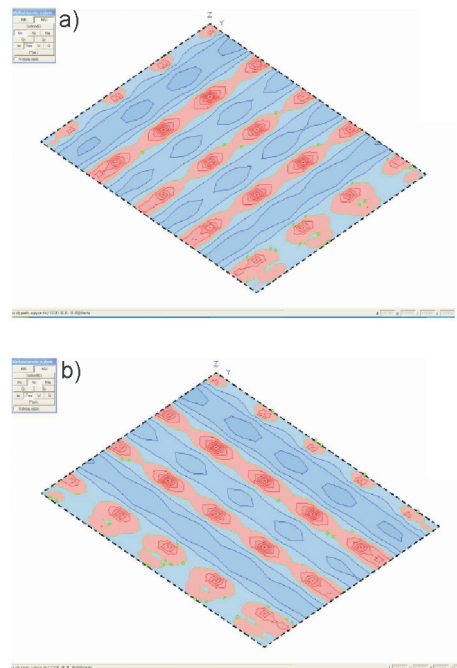
Przy obliczaniu elementów konstrukcyjnych garażu jako ustroju płytowo-słupowego posłużono się programem komputerowym Plato wykorzystującym MES. Program ten jest idealnie stworzony do obliczania tego rodzaju konstrukcji, gdyż służy głównie do kompleksowej analizy statycznej i wymiarowania żelbetonowych układów płytowych. Dzięki niemu możliwe jest definiowanie płyt o dowolnej geometrii, zadawanie dowolnych obciążeń i schematów statycznych oraz import danych między programami typu CAD. Szczególną wygodą jest automatyczne tworzenie siatek MES przez program, co nie wymaga dodatkowej umiejętności modelowania w programach numerycznych. W odniesieniu do projektowania garaży wielopoziomowych istotne są również możliwości programu dotyczące obliczania żelbetonowych płyt fundamen-

towych przy założeniu podłoża sztywnego bądź podatnego. Inne istotne szczegóły dotyczące programu Plato podano w pracy [21].

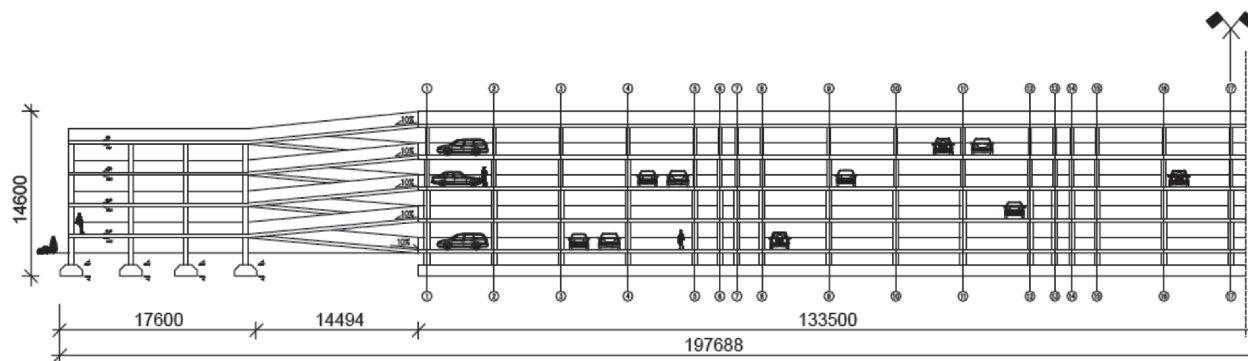
W procesie wymiarowania elementów konstrukcyjnych garażu zaprojektowano płyty stropowe najwyższej kondygnacji i kondygnacji powtarzalnych o grubości 0,3 m, oparte w sposób bezgłowicowy na słupach niższych kondygnacji. Przykładowe wykresy momentów zginających w tych elementach konstrukcyjnych pokazano na rysunku 5. Aby zapobiec zjawisku przebicia [16], [17], zastosowano w obrębie stref przypodporowych nad słupami specjalny dybel – listwy HDB firmy Halfen [22].

Zwymiarowano również płytę fundamentową o grubości 1,0 m, która przekazywała obciążenia z całego budynku na podłoże gruntowe zamodelowane jako sprężyste.

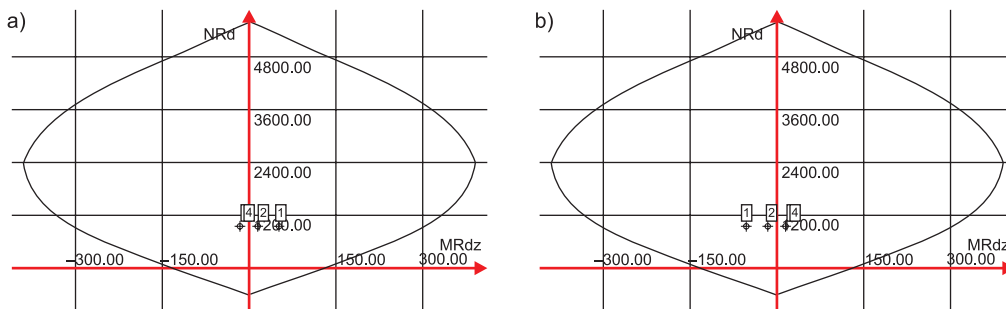
W dalszej kolejności obliczono słupy na poszczególnych kondygnacjach, które różniły się pod względem rodzaju działających obciążeń. Pierwszy słup – zewnętrzny był obciążony wiatrem w jednej płaszczyźnie, siłą pionową oraz momentami w kierunku osi x i y , wynikającymi z monolitycznego połączenia z płytą. Drugi słup zwymiarowano na największą siłę pionową oraz momenty odczytane z programu Plato, bez



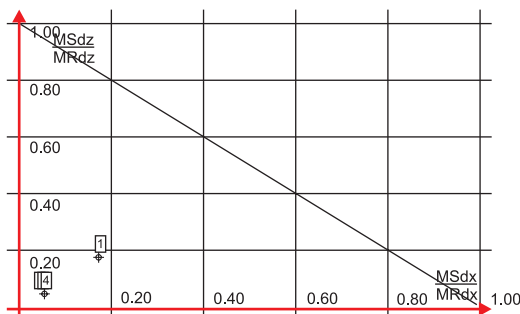
Rys. 5. Wykresy momentów wykonane w programie Plato w kierunku osi: x) i y)



Rys. 4. Przekrój podłużny projektowanego garażu



Rys. 6. Wykresy obwiedni sił wewnętrznych słupa wewnętrznego najniższej kondygnacji: a) $N-M_z$, b) $N-M_x$; numery od 1 do 4 oznaczają analizowane przekroje



Rys. 7. Wykres obwiedni nośności w dwukierunkowym stanie obciążenia słupa wewnętrznego najniższej kondygnacji; numery od 1 do 4 oznaczają analizowane przekroje

przykładania do niego obciążenia od wiatru (słup wewnętrzny). Słup trzeci był słupem skrajnym, umiejscowionym w pobliżu dwóch stykających się, prostokątnych krawędzi płyty. Przyłożono do niego obciążenie wiatrem, równomiernie rozłożone (w dwóch płaszczyznach), siłę pionową oraz momenty w kierunku osi x i y.

Z uwagi na zróżnicowanie wartości sił wewnętrznych, w słupach wyższych kondygnacji przyjęto przekrój $0,3 \times 0,3$ m, natomiast w słupach najniższej kondygnacji – $0,5 \times 0,5$ m.

Siły wewnętrzne w słupach z uwzględnieniem ich smukłości wyznaczano w czterech przekrojach tzn.: przy ich połączeniach z podporą górną i dolną (przekrój 1 i 2) oraz w miejscach, gdzie momenty M_z i M_x osiągały maximum (przekrój 3 i 4). Na rysunku 6 pokazano przykładowe wykresy obwiedni sił wewnętrznych wykonane programem Plato, natomiast na rysunku 7 wykres obwiedni nośności w jednym ze słupów najniższej kondygnacji.

Podsumowanie

Żelbetowe wielostanowiskowe garaże naziemne są konstrukcjami, przed którymi stawiane są przede wszystkim zadania zapewnienia parkującym w nich samochodom odpowiednich warunków funkcjonalnych. Na właściwe spełnienie tego wymagania wpływ ma wiele czynników, wśród których najistotniejszymi są: odpowiedni dobór bryły budynku, liczby kondygnacji i rodzaju transportu samochodów w obrębie stanowisk postojowych, przyjęcie kierunku parkowania samochodów w odniesieniu do kierunku osi jezdni, wielkość zastosowanego modułu siatki słupów itp. Przyjęcie najko-

rzystniejszych rozwiązań architektonicznych implikuje ograniczenie wskaźnika powierzchni garażowej W oraz znacząco upraszcza wymiarowanie elementów konstrukcyjnych będących częścią garażu.

Zastosowanie nowoczesnych programów komputerowych pozwala na precyzyjne, bezpieczne i optymalne obliczanie przekrojów, a co za tym idzie ograniczenie kosztów związanych z realizacją projektu. W artykule przedstawiono praktyczne możliwości zastosowania

jednego z popularnych programów wykorzystujących w swoich obliczeniach MES jako pomocne i cenne narzędzie stosowane w projektowaniu prostych architektonicznie, lecz kłopotliwych obliczeniowo ustrojów płytowo-słupowych.

Bibliografia

- [1] Ajdukiewicz W., Starosolski W.: *Żelbetowe ustroje płytowo-słupowe*. Wydawnictwo Arkady. Warszawa 1981
- [2] Chrzanowski A., Bartoszewski W., Kotlicki W., Wysokiński L.: *Koncepcja zautomatyzowanego parkingu wielopiętrowego w Warszawie*. Materiały Budowlane, nr 2, 2008, 55-57
- [3] Golewski G.L.: *Zastosowanie modelu płyty na podłożu sprężystym w obliczeniach posadowienia piętrowego garażu podziemnego*. Drogownictwo, nr 8, 2009, 261-265
- [4] Golewski P., Golewski G.L.: *Przykłady zastosowania programu Solidworks w obliczeniach inżynierskich MES*. Materiały Budowlane, nr 12, 2008, 3-6
- [5] Gradkowski K.: *Parkingi w aglomeracjach miejskich*. Transport Miejski i Regionalny, nr 10, 2009, 13-15
- [6] Gradkowski K.: *Wielopiętrowe budowle parkingów w dużych miastach*. Przegląd Komunikacyjny, nr 4, 2009, 41-47
- [7] Jargiełło J., Sulik P., Mazur S.: *Konstrukcja ścian zewnętrznych garażu podziemnego w Lublinie*. Inżynieria i Budownictwo, nr 3, 2001, 157-159
- [8] Korzeniewski W.: *Parkingi i garaże dla samochodów osobowych. Wymagania techniczno-prawne*. Wydawnictwo COIB, Warszawa 2000
- [9] Lorenc M.: *Pierwszy ogólnodostępny podziemny parking w Krakowie*. Geoinżynieria. Drogi Mosty Tunele, nr 4, 2008, 56-58
- [10] Michałak H.: *Garaże wielostanowiskowe. Projektowanie i realizacja*. Wydawnictwo Arkady, Warszawa 2009
- [11] Michałak H.: *Projektowanie i realizacja wielokondygnacyjnych garaży podziemnych*. Geoinżynieria. Drogi Mosty Tunele, nr 3, 2009, 32-39
- [12] Michałak H.: *Rozwiązania funkcjonalne i konstrukcyjne garaży wielokondygnacyjnych a efektywność wykorzystania ich powierzchni*. Inżynieria i Budownictwo, nr 5, 2006, 251-254
- [13] Michałak H.: *Wybrane problemy projektowania garaży podziemnych na terenach zurbanizowanych*. Inżynieria i Budownictwo, nr 11, 2005, 599-603
- [14] Neufert E.: *Podręcznik projektowania architektoniczno-budowlanego*. Wydawnictwo Arkady. Warszawa 2003
- [15] Starosolski W.: *Konstrukcje żelbetowe wg PN-B 03264:2002 i Eurokodu 2*. Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa 2008
- [16] Urban S. T.: *Przebiecie w żelbecie. Wybrane zagadnienia*. Zeszyty Naukowe nr 962. Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej. Łódź 2005
- [17] Urban T.: *Diagnostyka i wzmacnianie płyt żelbetowych na przebiecie*. Przegląd Budowlany, nr 11, 2008, 33-40
- [18] Wesółowski M., Janek A.: *Parkingi i garaże wielopiętrowe*. Budownictwo Fachowe, nr 2, 2000, 42-43
- [19] Wesółowski M., Janek A.: *Wielokondygnacyjne parkingi automatyczne*. Budownictwo Fachowe, nr 3, 2000, 38-40
- [20] <http://www.projektygotowe.pl/katalog/40/l.html>
- [21] Plato 4.0 Podręcznik użytkownika. INTERsoft Sp. z o.o. (wersja elektroniczna)
- [22] Przegląd produktów firmy Halfen. Katalog informacyjny No 08-PL. (wersja elektroniczna) ■