

Projekt wykonania konstrukcji żelbetowej parkingu wielopoziomowego

Mgr inż. Joanna Wicher, dr hab. inż. Roman Marcinkowski, prof. uczelni – promotor,
Wydział Budownictwa, Mechaniki i Petrochemii, Politechnika Warszawska

1. Wprowadzenie

Współczesna urbanizacja, niezależnie od kraju czy regionu społeczno-gospodarczego i tempa jego rozwoju, powoduje, że większość miast dotyka problem braku miejsc postojowych. Coraz trudniej zaparkować samochody w centrum miasta – czyli tam, gdzie zazwyczaj mieści się większość biur, instytucji, sklepów czy restauracji. Powierzchnie placów, zlokalizowanych w centrach miast są zbyt cenne, aby przeznaczyć je na mało rentowne rozwiązania parkingowe. A zatem, idea parkingu wielopoziomowego w centrum miasta, wydaje się być doskonałym rozwiązaniem na miarę XXI wieku (rys. 1). Problemy budowy parkingów w przestrzeni miejskiej podejmowane są więc często przez dyplomantów i kadry uczelni, kształcących na kierunku budownictwo.

Zakres problemowy budowy parkingu wielopoziomowego pokazała w swoich pracach dyplomowych Autorka artykułu, która w pracy dyplomowej inżynierskiej zaprojektowała konstrukcję parkingu w technologii monolitycznej żelbetowej z elementami prefabrykowanymi (w płytowo-belkowo-słupowym układzie konstrukcyjnym [1]), a w pracy magisterskiej przedstawiła różne zagadnienia związane z realizacją takiego obiektu.



Rys. 1. Wizualizacja projektowanego parkingu wielopoziomowego

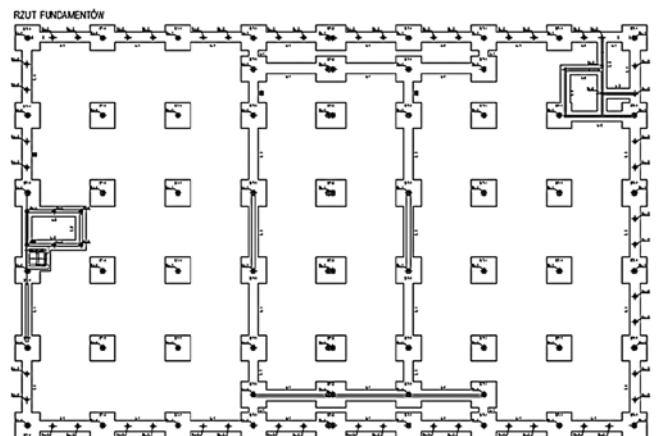
Prace dyplomowe autorki łączą zagadnienia konstrukcyjno-materiałowe z technologicznymi i organizacyjnymi. Przedstawiono w nich konstrukcję żelbetową obiektu, projekty deskowań, technologiczne warunki wykonywania robót, problemy mechanizacji robót betonowych i montażowych, rzeczowo-czasowe analizy wykonania procesów budowlanych z harmonogramem budowy. Wykorzystano przy tym współczesne możliwości wspomaganie analiz

projektowych – programy komputerowe oraz nowoczesne techniki i standardy prowadzenia robót budowlanych. Propozycje technologiczno-organizacyjne w pracy magisterskiej poprzedzone zostały studiami współczesnych możliwości mechanizacji robót, analizą możliwości wykorzystania dostępnych na rynku deskowań systemowych oraz zasadami wykonywania procesów budowlanych: betonowych, zbrojarskich i montażowych.

Opracowanie tych zagadnień ocenione zostało jako wzór opracowania technologiczno-organizacyjnego i może służyć młodym inżynierom i studentom w dydaktyce na kierunku budownictwo. Za kompleksowość i fachowość opracowania praca magisterska autorki została wyróżniona przez przewodniczącą Rady Mazowieckiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa.

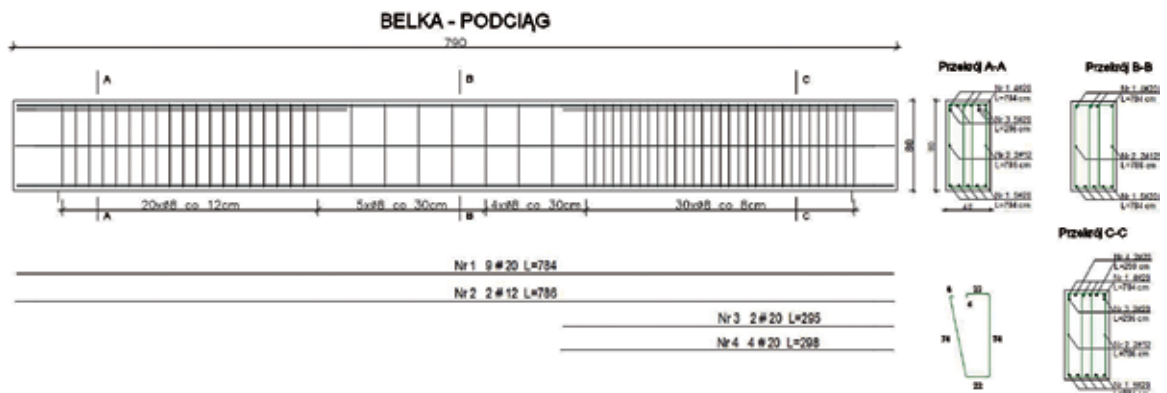
2. Konstrukcja garażu wielopoziomowego

Garaż to budynek parkingu o 3 kondygnacjach, niepodpiwniczony o długości 60,85 m i szerokości 37,90 m. Konstrukcja obiektu zaprojektowana została w technologii monolitycznej żelbetowej z elementami prefabrykowanymi. Przestrzenną sztywność obiektu zapewnia układ ramowo-belkowy, usztywniony pionowymi ścianami wewnętrznymi i ścianami klatek schodowych. Trzony komunikacyjne oprócz swej funkcji nośnej, stanowią zasadniczy element ustroju usztywniającego.



Rys. 2. Rzut fundamentów projektowanego obiektu garażowego

Rys. 6.
Konstrukcja
belek
(podciągów)



2.2. Belki

Do belek (podciągów) jako schemat statyczny przyjęto swobodne podparcie, ze względu na charakterystyczne zerowe przemieszczenie i sztywne zamocowanie, które sprawia, że kąt obrotu jest równy zero. Liczba oraz rozmieszczenie prętów zbrojeniowych określono na podstawie parametrów geometrycznych dla przekroju betonowego. Wymiary przekroju wyznaczono z uwzględnieniem wymagań związanych ze stanami granicznymi: ugięcia, zginania oraz ścinania i zarysowania [5]. Zaprojektowano belki żelbetowe o przekroju prostokątnym, jedno- i wieloprzęsłowe, o wymiarach 40x80 cm.

Podciągi zostały oparte na słupach żelbetowych oraz ścianach monolitycznych. Belki wykonane mają być z betonu klasy C30/37. W konstrukcji elementu przewidziano zbrojenie na ścinanie oraz zginanie. Do zbrojenia belki wykorzystano pręty główne (A-III 34GS) oraz strzemiona (A-0) (rys. 6).

2.3. Słupy

Projektowane słupy stanowią element ramy przyjętej konstrukcji. Jako elementy będące podparciem dla płyt stropowych, zaprojektowane zostały w technologii monolitycznej żelbetowej o prostokątnym przekroju i wymiarach 40x40 cm. Wysokość kondygnacji w świetle konstrukcji wynosi 2,50 m. Słupy zaprojektowano z betonu C30/37, w których zbrojenie główne przewidziano ze stali A-III (34GS), natomiast strzemiona ze stali A-0.

2.4. Stropy

Stropy w garażu wielopoziomowym stanowią płyty żelbetowe typu Filigran o grubości 30 cm, oparte na belkach wieloprzęsłowych (podciągach). Na zastosowany strop zespolony składa się płyta prefabrykowana o grubości 7 cm, w której „zatopione” jest dolne zbrojenie nośne oraz warstwa nadbetonu, w której znajduje się zbrojenie przenoszące momenty podporowe [10]. Zasadniczym elementem płyty zespolonej typu Filigran są przestrzenne kratownice D24-106010 wtopione dolnymi pasami w warstwę płyty prefabrykowanej. Zastosowano płyty o rozpiętości 7,5 m i szerokości 2,4 m. Elementy konstrukcyjne zaprojektowano z betonu klasy C30/37 i stali zbrojeniowej A-IIIIN (Bst500), A-III (34GS) oraz A-0.

3. Technologia i organizacja robót budowlanych

Procesem wiodącym podczas realizacji przedmiotowego obiektu są roboty betonowe służące wytworzeniu podstawowych żelbetowych elementów konstrukcji. Ich prawidłowe przeprowadzenie jest czynnikiem decydującym, wpływającym na usprawnienie i przyspieszenie realizacji projektowanego obiektu budowlanego.

Punktem wyjścia przy planowaniu i organizacji robót budowlanych stało się określenie pracochłonności i podział obiektu na działki robocze (rys. 7).



Rys. 7. Podział obiektu na działki robocze

Jednym z kryteriów podziału obiektu na działki robocze był czas wykonywania robót na sąsiednich działkach. Ważne, aby był zbliżony, a brygady robocze nie przeszkadzały sobie nawzajem. Ustalony zakres robót został tak określony, aby brygada robocza ustępująca z danej działki, udostępniała gotowość do dalszych czynności front robót kolejnej brygadzie [4]. Ze względu na fakt, że stanowiska robocze są ruchome, zachodzi konieczność wyznaczenia obszaru budowy, na którym są prowadzone prace budowlane. W danej chwili na określonej działce roboczej dana brygada wykonuje ściśle określony proces roboczy.

Podczas wyznaczania działek roboczych ze względu na potrzebę efektywnego wykonania robót uwzględniono:

- wykonanie słupów i ścian bez przerw na wysokości kondygnacji,

- wykonanie belek wraz z płytami również bez przerw oraz wykonanie ścian podpierających osobno,
 - wykonanie płyty wraz z podciągami w sposób ciągły.
- Zastosowany podział na działki robocze obejmuje zbliżone ilości robót, a ewentualne różnice nie przekraczają 10 h (15%).

Do wykonania zaprojektowanego obiektu sformułowano warunki techniczne wykonania i odbioru robót: zbrojarskich, betonowych i montażowych oraz możliwości mechanizacji tych procesów na placu budowy.

3.1. Roboty zbrojarskie

Przygotowanie dużej liczby elementów zbrojenia niezbędnych do wytworzenia elementów konstrukcyjnych spowodowało, że roboty zbrojarskie zorganizowano częściowo na placu budowy, a częściowo w wyspecjalizowanym zakładzie przemysłowym.

Wykonanie szkieletów przestrzennych poza deskowaniem zastosowano przy zbrojeniu łąw fundamentowych. Założono, że zbrojenie belek, stóp oraz słupów odbywa się w zbrojarni, które następnie transportuje się na plac budowy i umieszcza w deskowaniach. Półfabrykaty w postaci siatek w arkuszach oraz gotowych i częściowo scalonych zbrojeń, wykonane na podstawie specyfikacji dla elementów konstrukcji obiektu garażowego, poddane mają być scalaniu w przestrzenne szkielety w miejscu wbudowania.

W zależności od ciężaru i wysokości danego szkieletu zbrojenia elementu konstrukcyjnego rozpatrzono sposób jego ustawienia w deskowaniu w sposób ręczny bądź za pomocą dźwigu.

Zasady oraz warunki ustawienia niektórych elementów konstrukcji żelbetonowych dla projektowanego obiektu przedstawiono w tabeli 1.

Zbrojenie podstawowych elementów konstrukcyjnych obiektu garażowego w zależności od rodzaju i charakterystyki zbrojenia przewiduje się ustawić przy wykorzystaniu dostępnego dźwigu. Wyjątek stanowią siatki zbrojenia zastosowane w stopach fundamentowych, które będą układane ręcznie.

3.2. Roboty betonowe

Przed przystąpieniem do procesu betonowania sporządza się plan betonowania uwzględniający sposób wprowadzenia, ułożenia oraz zagęszczenia mieszanki betonowej. Plan zawiera również, układ przerw roboczych, podział konstrukcji na działki robocze wraz z określeniem kolejności betonowania oraz harmonogram dostawy mieszanki betonowej. Transport mieszanki betonowej jest procesem złożonym rozpoczynającym się od załadunku przygotowanej mieszanki betonowej na środek transportowy, a kończącym ułożeniem mieszanki w deskowaniu. Łącuch logistyczny procesu transportowego rozpoczyna się z chwilą oczekiwania środka transportowego na załadunek przygotowanej mieszanki w wytwórni. Kolejne ogniwa łańcucha

Tabela 1. Zasady i warunki ustawienia zbrojenia niektórych elementów konstrukcji [14]

Element konstrukcji	Rodzaj i charakterystyka zbrojenia	Sposób ustawiania	Warunki ustawiania zbrojenia
Słup	szkielet zbrojenia $g < 120$ kg, $h < 3,5$ m	ręcznie/ dźwig	obrót wokół dolnego końca z udziałem 3 zbrojarzy
Belka	szkielet zbrojenia $g > 180$ kg	dźwig	wstawienie z udziałem 3 zbrojarzy
Stopa fundamentowa	siatka $g < 210$ kg	ręcznie	wstawienie z udziałem 4 zbrojarzy
Ława fundamentowa	szkielet zbrojenia $g < 180$ kg	ręcznie/ dźwig	wstawienie z udziałem 4 zbrojarzy

g – masa elementu zbrojenia, h – wysokość elementu zbrojenia

transportu zewnętrznego obejmują: załadunek betonomieszarki samochodowej, przetransportowanie mieszanki na plac budowy, rozładunek oraz powrót i ponowny załadunek. Wykorzystanie betonomieszarek samochodowych, jako środka transportu, zapewnia dobrą jakość dostarczanego betonu towarowego. Kolejnym etapem jest transport wewnętrzny odbywający się bezpośrednio na budowie. Po odbiorze betonu na placu budowy następuje transport w pionie i poziomie w celu ułożenia mieszanki w uformowanych elementach przy użyciu pompy do betonu. Ze względu na swobodny dostęp w dowolne miejsce betonowanej konstrukcji i znaczący zasięg urządzeń do podawania betonu zarówno w pionie i poziomie oraz ciągłość betonowania, wykorzystano transport pompowy. Prawidłowo zaprojektowana mieszanka betonowa w trakcie pompowania nie ulega segregacji, a zastosowanie pompy powoduje dodatkowo wzrost gęstości mieszanki o kilka procent, co przyczynia się do wzrostu wytrzymałości betonu nawet o 10% [3]. Z technologicznego punktu widzenia, proces pompowania zaplanowano w sposób ciągły. Wydajność oraz zasięg transportu mieszanki betonowej zostały uwzględnione w kalkulacji możliwości betonowania konstrukcji.

Przeprowadzenie kalkulacji betonowania ustalonym zestawem maszyn służyło określeniu doboru ilości środków mechanizacji oraz liczby i częstotliwości dostaw materiałów w procesie betonowania (tab. 2).

Niezależnie od wyboru metody układania mieszanki betonowej tempo betonowania dostosowano w taki sposób, aby połączenie między kolejnymi warstwami mieszanki nie uległo pogorszeniu, przy jednoczesnym ograniczeniu parcia świeżej mieszanki betonowej na elementy deskowań. W celu zapewnienia lepszej jakości wykonania elementu w obszarze krawędzi betonowanie zaplanowano od naroży wzdłuż brzegów w taki sposób, aby kierunek przepływu mieszanki był zwrócony ku środkowi elementu [9].

Tabela 2. Kalkulacja możliwości betonowania konstrukcji optymalnym zestawem maszyn [7]

Kalkulacja możliwości betonowania konstrukcji ustalonym (lub optymalnym) zestawem maszyn z podziałem na elementy konstrukcyjne – Fundamenty		
Charakterystyka betonowanej sekcji konstrukcji		
Powierzchnia rzutu betonowanej konstrukcji	358,26	[m ²]
Objętość mieszanki betonowej do ułożenia	158,18	[m ³]
Dopuszczalne tempo napełniania deskowań	3,5	[m/godz]
Grubość warstwy układanej mieszanki betonowej	20	[cm]
Szerokość układanej warstwy mieszanki betonowej	100	[cm]
Długość układanej warstwy mieszanki betonowej	5	[m]
Charakterystyka środków mechanizacji		
Ładowność środka do transportu mieszanki betonowej	9	[m ³]
Czas załadowania środka do transportu mieszanki betonowej	10	[min]
Czas przejazdu środka transportu mieszanki betonowej na budowę	30	[min]
Czas podstawienia środka transportu mieszanki betonowej pod wyładunek	3	[min]
Wydajność pojedynczego urządzenia do podawania mieszanki betonowej	30	[m ³ /godz]
Wydajność pojedynczego urządzenia do zagęszczania mieszanki betonowej	6	[m ³ /godz]
Ograniczenia		
Czas rozpoczęcia wiązania mieszanki betonowej	120	[min]
Czas transportu gotowej mieszanki betonowej	1,0	[godz]
Niezbędna wydajność betonowania sekcji	1,017	[m ³ /godz]
Maksymalna dopuszczalna wydajność betonowania	1253,910	[m ³ /godz]
Wydajność transportu zewnętrznego	106,813	[m ³ /godz]
Wydajność urządzeń do zagęszczania mieszanki betonowej	12	[m ³ /godz]
Wydajność urządzeń do podawania mieszanki betonowej	30	[m ³ /godz]
Wyniki		
Liczba urządzeń do podawania mieszanki betonowej	1	[kpl]
Liczba urządzeń do zagęszczania mieszanki betonowej	2	[kpl]
Liczba środków do transportu zewnętrznego mieszanki betonowej	18	[kpl]
Rzeczywista wydajność betonowania sekcji	12,000	[m ³ /godz]
Czas betonowania sekcji	13,182	[godz]

Dla pozostałych elementów konstrukcyjnych przyjęto następujące miejsca:

- belki oraz podciąg – w miejscach występowania minimalnych sił poprzecznych,
- słupy – zlokalizowane w płaszczyznach belek i stropów,
- płyty – w kierunku prostopadłym do belek, na których opiera się płyta.

3.3. Roboty montażowe

Roboty montażowe w zaprojektowanym obiekcie dotyczą montażu takich elementów jak: płyty stropowe i biegi schodowe. Kluczowe i szczególnie pracochłonne czynności, takie jak: produkcja oraz dostawa i montaż gotowych elementów konstrukcyjnych wykonuje się z wykorzystaniem wysoko wydajnych maszyn budowlanych transportowych i montażowych.

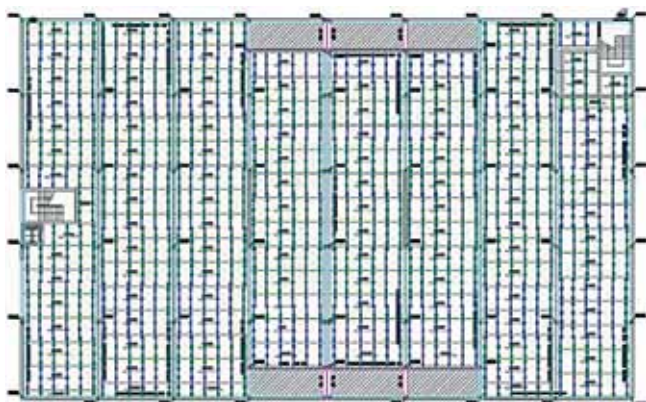
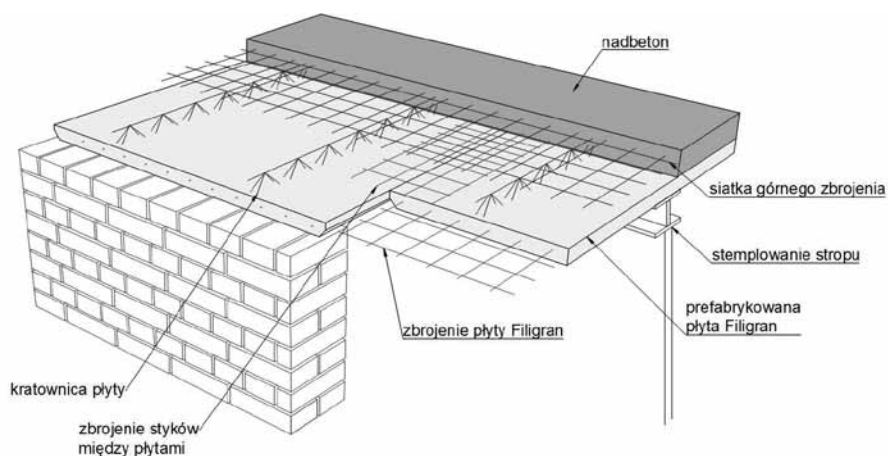
Na etapie montażu poszczególnych elementów konstrukcyjnych należy uwzględnić ewentualne tymczasowe wzmocnienie elementu zapewniające usztywnienie, aby zapobiec możliwości powstania odkształceń. Oddziaływanie innego układu obciążeń występującego w trakcie montażu elementów w stosunku do zakładanych obciążeń występujących podczas pracy w konstrukcji może niekorzystnie oddziaływać na wbudowywane elementy. W związku z tym w trakcie układania stropu prefabrykowanego zastosowano zabezpieczenie w postaci podpór stropowych, które uniemożliwiają powstanie odkształceń elementów w postaci ugięć (rys. 8).

Elementy konstrukcyjne będące w zasięgu działania urządzenia podnośnego są dostarczane z placu składowego do miejsca ich wbudowania. Elementy są przygotowywane i układane w sposób dogodny do podnoszenia i zamocowania urządzeń pomocniczych – uchwytów, linek kierujących itp. Po ułożeniu wszystkich płyt następuje kontrola i regulacja poprawności usytuowania wszystkich zmontowanych elementów konstrukcyjnych. Ostatnim etapem jest wykonanie trwałego i ostatecznego połączenia elementów konstrukcji zgodnie z zaleceniami i wymaganiami projektu konstrukcyjnego (rys. 9).

Płyty stropowe, kwalifikowane jako elementy wielkometryczne, są przeznaczone do montażu maszynami ciężkimi. Strop o grubości 30 cm, w projektowanym obiekcie, stanowią płyty żelbetowe typu Filigran, oparte na belkach wieloprzęsłowych (podciągach). Na zastosowany strop zespolony składa się płyta prefabrykowana o grubości 7 cm, w której „zatopione” jest dolne zbrojenie nośne oraz warstwa nadbetonu, w której znajduje się zbrojenie przenoszące momenty podporowe [10].

Jednym z czynników mających istotny wpływ na sprawność procesów realizacji w budownictwie jest dobór i wyposażenie procesu we właściwy sprzęt. Koncepcja mechanizacji i organizacji robót budowlanych w ramach robót betonowych i montażowych zakłada m.in. dobór maszyn głównych do zadania montażowego.

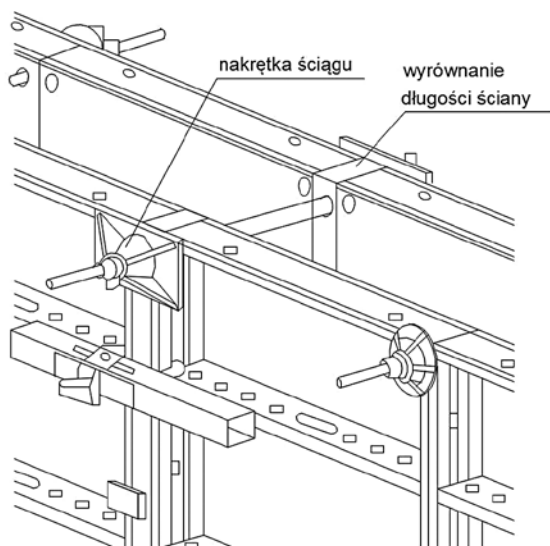
Rys. 8. Schemat układania stropu Filigran



Rys. 9. Schemat układu stropu nad parterem – podparcie stropu

Obiekt został zlokalizowany w terenie zabudowy mieszkaniowej wielorodzinnej z usługami, w nieznacznym stopniu uzupełnionej zabudową mieszkaniową jednorodziną w obszarze skoncentrowanych usług ponadlokalnych, takich jak: administracja, handel, banki, oświata, kultura czy służba zdrowia.

Ograniczone miejsce do składowania materiałów przy jednoczesnym zapewnieniu ciągłości pracy i dostaw materiałów



Rys. 10. Deskowanie scalone z elementów drobnowymiarowych

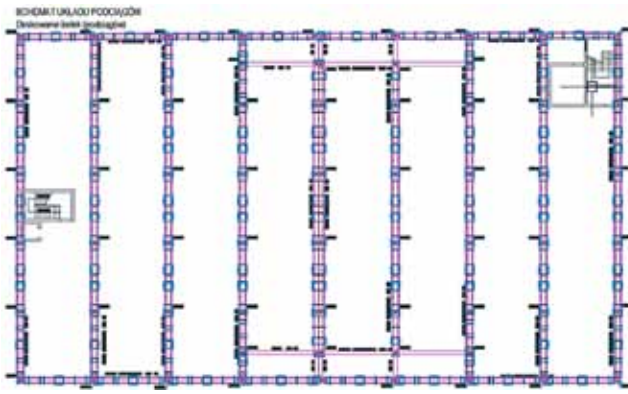
do wbudowania, stały się podstawą do stworzenia opracowań organizacyjnych, w tym harmonogramu organizacji budowy. Ponadto ograniczenie ruchu pojazdów mieszkańców okolicznych kamienic przy zachowaniu dojazdu dla służb ratowniczych, determinowało wybór technologii i organizacji prowadzenia procesu budowlanego.

Koniecznym stało się zastosowanie mieszanego wariantu organizacji pracy. Wykorzystanie metody kolejnego wykonania pozwoliła na zminimalizowanie zaangażowania środków oraz sił, tzn. najmniejsze zatrudnienie maszyn i pracowników. Dodatkowo podział obiektu na działki o porównywalnej pracochłonności robót pozwolił na wykorzystanie również metody pracy równomiernej. Rytmiczna praca wyspecjalizowanych brygad roboczych przemieszczających się z jednej działki na drugą pozwoliła na zwiększenie wydajności zatrudnionych robotników wykorzystując powtarzalność realizowanych zadań. Konieczność ograniczenia ilości materiału i sprzętu ciężkiego na placu budowy przyczyniły się do wyboru rozwiązania w zakresie form konstrukcji betonowych w postaci deskowań systemowych.

W zależności od formowanego elementu konstrukcyjnego, np. strop, ława, słupy, zastosowano dedykowany system formujący.

Elementy bazowe systemu deskowań oparte są na wielkości modularnej, aluminiowym ruszcie i poszyciu ze sklejk. Takie rozwiązanie pozwala na uzyskanie stosunkowo lekkich deskowań, których transport i ustawienie nie wymaga pomocy żurawia (rys. 10).

Analiza dostępnych na rynku budowlanym systemów deskowań wskazuje na ogromne podobieństwo techniczne i technologiczne wśród produktów różnych producentów i samych producentów [6]. Elementy składowe danego systemu charakteryzują nie tylko zbliżone wymiary elementów, ale również ich parametry techniczne. Z tego powodu do realizacji projektu konstrukcji żelbetowej parkingu wielopiętrowego wykorzystano systemy deskowań firmy Zremb oraz firmy Ulma. Oprócz ciężaru własnego i formowanych elementów żelbetowych deskowania przenoszą również obciążenia technologiczne w postaci ciężaru pracowników oraz urządzeń wykorzystywanych w procesie betonowania [2].



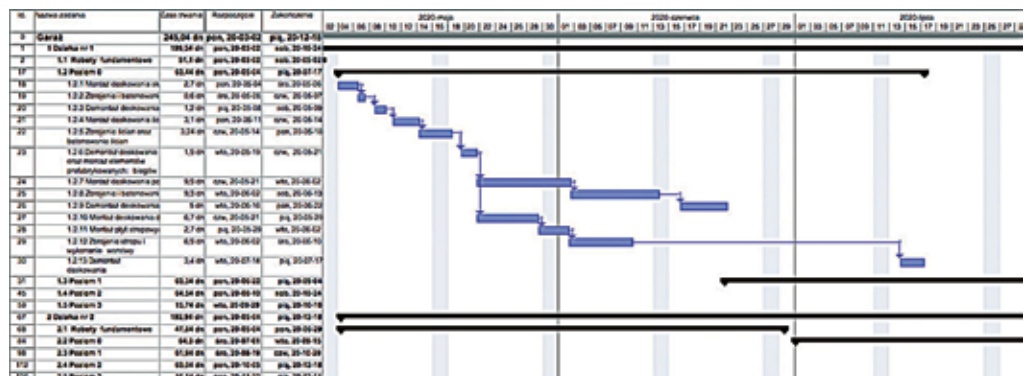
Rys. 11. Schemat deskowania systemowego ULMA belek (podciągów)

Prawidłowe zaprojektowanie i wykonanie systemu deskowań charakteryzuje się przejrzystością schematu konstrukcyjnego oraz łatwością i szybkością wykonania (rys. 11). Plan przebiegu procesów i robót budowlanych obejmujących realizację przedmiotowego obiektu zaprezentowano w postaci harmonogramu ogólnego. Harmonogram przedstawia przebieg poszczególnych robót w czasie na różnych etapach realizacji inwestycji (tab. 3).

Na potrzeby opracowania harmonogramu realizacji konstrukcji żelbetonowej parkingu wielopoziomowego przygotowano zestawienia analityczne budowy obiektu z podziałem na działki robocze (tab. 4).

Należy jednak podkreślić, że stosowane w kraju Katalogi Nakładów Rzeczowych (KNR) w oparciu których powstało zestawienie analityczne, nie jest wiarygodnym źródłem danych. Główną przyczyną jest fakt, że określenie nakładów pracy dla poszczególnych czynności procesu technologicznego często jest niemożliwe do wyznaczenia. Ograniczenie zastosowania katalogów KNR do zaplanowania przedmiotowego przedsięwzięcia ujawnia się również w niewystarczającym zakresie rzeczowym, który nie obejmuje wszystkich stosowanych aktualnie technologii. Ponadto, w odniesieniu do robót zbrojarskich, brakuje danych dotyczących montażu zbrojenia prefabrykowanego i półprefabrykowanego zastosowanego w elementach konstrukcyjnych, takie jak: ławy fundamentowe, słupy czy podciąg. W związku z tym normy czasu pracy robotników i maszyn dla poszczególnych robót zostały oszacowane na podstawie dostępnej literatury [7] oraz doświadczeń firm wykonawczych i własnych.

Tabela 3. Harmonogram budowy garażu wielopoziomowego



4. Podsumowanie

Planowanie produkcji budowlanej w ujęciu ogólnym uwzględnia określenie rodzaju, zakresu oraz możliwości i sposobu realizacji procesów budowlanych. Z perspektywy czasu realizacji i kosztów, przed przystąpieniem do budowy obiektu budowlanego, należy szczegółowo zaplanować i zidentyfikować wszelkie możliwe zagrożenia dla projektu. Prawidłowo sporządzone plany pozwalają na późniejszą sprawną realizację inwestycji. Specyfika lokalizacji i przyjętej technologii projektowanego garażu wielopoziomowego i związane z tym zagadnienia technologiczno-organizacyjne spowodowały, że należało poszukać indywidualnych rozwiązań na miarę projektowanego obiektu. Możliwości, jakie dają dostępne na rynku programy i narzędzia kalkulacji, powodują, że zaplanowanie realizacji inwestycji jest możliwe z dość dużą dokładnością.

Różnorodność programów do planowania tego typu przedsięwzięć umożliwia przeprowadzenie szczegółowych kalkulacji i analiz całego procesu inwestycyjnego.

Począwszy od prostych arkuszy kalkulacyjnych, poprzez aplikacje ułatwiające zarządzanie projektami, czasem zasobami i finansami danego projektu, aż do rozwiązań graficznych umożliwiających wizualizację planowanego przedsięwzięcia.

Współczesne narzędzia do planowania i zarządzania projektami pozwalają na zorganizowanie przepływu informacji, zapewnienie terminowego wykonania zadań i odpowiednie rozmieszczenie zasobów. Przy zarządzaniu projektami jest to niezwykle istotne. Wgląd w postęp pracy obrazujący ukończone elementy projektu spośród wszystkich rozdysonowanych prac pozwala na ewentualną optymalizację harmonogramu przy uwzględnieniu nieplanowanych zakłóceń i ich szybkiej kompensacji. Bardzo przydatne jest także tworzenie i możliwość zarządzania budżetem oraz wizualizację etapów projektu.

Wsparcie realizacji projektu z zastosowaniem narzędzi komputerowych optymalizujących proces budowy garażu wielopoziomowego pozwoliło na kompleksowe przeanalizowanie wszystkich niezbędnych procesów związanych z realizacją przedmiotowej inwestycji i wybór optymalnego wariantu wykonania inwestycji.

Tabela 4. Zestawienie analityczne do harmonogramu budowy parkingu wielopoziomowego dla działki roboczej

Zestawienie analityczne harmonogramu budowy – DZIAŁKA I									
L.p.	Wyszczególnienie robót	Jedn. miary	Ilość robót do wykonania	Norma czasu pracy robotnika lub maszyny	Pracochłonność	Liczba środków pracy	Kalkulowany czas trwania robót [h]	Przyjęty czas trwania	
1	3	4	5	6	7	8	10	11	
1. ROBOTY FUNDAMENTOWE							Σ dni = 42		
„CHUDY” BETON									
1	Podkłady betonowe na podłożu gruntowym z zastosowaniem pompy do betonu na samochodzie	m ³	34,24	R	2,900	9,930	7	14,19	1,4
2	Pompa do betonu	m-g/m ³	34,24	M	0,100	0,342	1	3,42	0,3
ŁAWY FUNDAMENTOWE									
3	Montaż deskowania STAL-Form dla ław fundamentowych	m ²	120,78	R	1,170	14,131	5	28,26	2,8
4	Zbrojenie ław fundamentowych	t	1,90	R	47,750	9,073	5	18,15	1,8
5	Betonowanie ław fundamentowych	m ³	62,18	R	0,390	2,425	5	4,85	0,5
6	Demontaż deskowania	m ²	120,78	R	0,390	4,710	5	9,42	0,9
7	Pompa do betonu	m-g/m ³	62,18	M	0,055	0,341	1	3,41	0,3
8	Wibrator	m-g/m ³	62,18	M	0,160	0,995	2	4,97	0,5
STOPY FUNDAMENTOWE									
9	Montaż deskowania STAL-Form dla stóp fundamentowych	m ²	122,34	R	1,170	14,313	5	28,63	2,9
10	Zbrojenie stóp fundamentowych	t	6,05	R	47,750	28,889	5	57,78	5,8
11	Betonowanie stóp fundamentowych	m ³	96,00	R	0,390	3,744	5	7,49	0,7
12	Demontaż deskowania	m ²	122,34	R	0,390	4,771	5	9,54	1,0
13	Pompa do betonu	m-g/m ³	96,00	M	0,055	0,526	1	5,26	0,5
14	Wibrator	m-g/m ³	96,00	M	0,160	1,536	2	7,68	0,8
IZOLACJA PRZECIWWODNA Z FOLII PE									
15	Izolacja przeciwwodna z folii polietylenowej szerokiej poziomej	m ²	316,50	R	0,360	11,381	5	22,76	2,3
SŁUPY FUNDAMENTOWE									
16	Montaż deskowania słupów ULMA – Primo na wysokość 60 cm	m ²	34,56	R	1,000	3,456	5	6,91	0,7
17	Zbrojenie słupów	t	0,99	R	47,750	4,703	5	9,41	0,9

Praca została wyróżniona przez przewodniczącego Rady Mazowieckiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa w roku 2020.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Ajdukiewicz A., Starosolski W., Żelbetowe ustroje płytowo-słupowe, Wydawnictwo Arkady, Warszawa, 1981
- [2] Furtak K., Wołowicki W., Rusztowania mostowe, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa, 2005
- [3] Jamróży Z., Beton i jego technologie, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa-Kraków, 2000

- [4] Jaworski K. M., Podstawy organizacji budowy, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2004
- [5] Kamiński M., Pędziwiatr J., Styś D., Projektowanie konstrukcji żelbetowych, Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław, 2004
- [6] Malara J., Analiza techniczno-ekonomiczna systemów deskowań, Materiały i technologie, Inżynier Budownictwa, czerwiec 2018
- [7] Marcinkowski R., Krawczyńska-Piechna A., Projektowanie realizacji budowy, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2019
- [8] Neufert E., Podręcznik projektowania architektoniczno-budowlanego, Wydawnictwo Arkady, Warszawa, 2011
- [9] Orłowski Z., Podstawy technologii betonowego budownictwa monolitycznego, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2009