

Warsztat inżyniera mostowego

– autorskie rozwiązania wspierające budowę

mgr inż. Błażej Cackowski,
mgr inż. Mateusz Stefańczyk
mgr inż. Joanna Przerwa

Nowoczesna inżynieria mostowa coraz częściej opiera się na prefabrykowanych elementach, które pozwalają znacząco skrócić czas realizacji inwestycji, zwiększyć jakość konstrukcji i ograniczyć prace wykonywane bezpośrednio na placu budowy. Dzięki takim rozwiązaniom możliwe jest szybkie i bezpieczne montowanie obiektów mostowych nawet w trudnych warunkach terenowych i wodnych, przy jednoczesnym zachowaniu precyzji wymiarowej i trwałości konstrukcji.

Od ponad trzech dekad firma OPTEM rozwija i wdraża autorskie technologie inżynierskie, które stanowią odpowiedź na rosnące wymagania rynku infrastrukturalnego. Prefabrykacja, jako fundament stosowanych systemów, pozwala na znaczące przyspieszenie procesu budowy, zwiększenie jakości wykonania i ograniczenie prac na placu budowy. Rozwiązania takie jak: optemBLOK, optemPANEL, optemARCH, optemFRAME oraz optemFRP stały się rozpoznawalnym elementem współczesnej inżynierii mostowej w Polsce, a ich praktyczne zastosowanie w wielu inwestycjach potwierdza skuteczność tego podejścia. W ostatnich latach szczególnie dynamicznie rozwija się system optemFRAME, dedykowany obiektom o małych i średnich rozpiętościach. Zastosowanie prefabrykowanych segmentów ramowych umożliwia ograniczenie czasu realizacji inwestycji. Dzięki temu wykonawcy mogą minimalizować ryzyka związane z wydłużającymi się procesami budowy, a inwestorzy zyskują pewność dotrzymania terminów i stabilności kosztów.

Prefabrykowane ramy mostowe

System optemFRAME składa się z segmentów żelbetonowych, które połączone są zamkami monolitycznymi. Taka technologia zapewnia trwałość i sztywność konstrukcji, a jednocześnie eliminuje potrzebę budowy deskowań i rusztowań. Prefabrykacja pozwala na równoległe prowadzenie robót: gdy fundamenty wykonywane są na placu budowy, w zakładzie produkcyjnym powstają już gotowe elementy ustroju niosącego.

W odróżnieniu od metod tradycyjnych, w których czasochłonne jest wykonywanie zbrojenia i dojrzewanie betonu na miejscu, system optemFRAME pozwala rozpocząć montaż niemal natychmiast po przygotowaniu podpór. Do ustawienia elementów zwykle wystarcza jeden dźwig, co ogranicza koszty sprzętowe i logistyczne. Dodatkową zaletą jest brak ograniczeń sezonowych – prace montażowe mogą być prowadzone niezależnie od warunków pogodowych.

W zależności od specyfiki inwestycji w systemie optemFRAME istnieje również możliwość prefabrykacji podpór. Rozwiązanie to jeszcze bardziej skraca czas realizacji i pozwala ograniczyć prace żelbetowe wykonywane w warunkach terenowych. Prefabrykowane podpory dostosowywane są do geometrii ustroju nośnego i mogą być wykonane zarówno w formie elementów ramowych, jak i oddzielnych przyczółków. Dzięki zastosowaniu tej technologii uzyskuje się wysoką dokładność wymiarową i powtarzalność oraz znacznie lepszą jakość powierzchni betonu niż w przypadku konstrukcji wykonywanych „na mokro”. Dodatkową korzyścią jest możliwość montażu całych segmentów ustroju wraz z podporami w cyklu



Fot. 1. Stawiszyn – obiekt przed remontem

ciągłym, co zwiększa trwałość całej konstrukcji. Prefabrykaty pozwalają też na sprawne ukończenie realizacji, w których montaż wykonywany jest połową przekroju poprzecznego. W konsekwencji w krótkim czasie można przywrócić ruch na pełnej szerokości konstrukcji.

Przykład realizacji – mosty w Stawiszynie

Budowa dwóch mostów przez rzekę Bawół w miejscowości Stawiszyn to doskonały przykład praktycznego



Fot. 2. Stawiszyn – ustawianie prefabrykatów optemFRAME



Fot. 3. Stawiszyn – ukończona inwestycja



Fot. 4. Szwedzki Ostrów – montaż prefabrykatów ramowych optemFRAME



Fot. 5. Szwedzki Ostrów – ustawienie pierwszego elementu



Fot. 6. Szwedzki Ostrów – ukończona inwestycja

zastosowania systemu optemFRAME. Inwestycja realizowana była w formule „buduj”, przy czym technologia prefabrykacji została wprowadzona jako projekt zamienny. Decyzja ta okazała się kluczowa dla powodzenia całego przedsięwzięcia.

Założenia projektowe i wykonawcze

Nowy obiekt zaprojektowano jako ramę żelbetową z prefabrykowanych segmentów łączonych monolitycznymi zamkami. Parametry techniczne mostu:

- długość całkowita – 16,14 m,
- szerokość jezdni – 9,1 m,
- posadowienie – bezpośrednie na ławach fundamentowych.

Realizacja

Całość inwestycji wraz z infrastrukturą towarzyszącą została ukończona w 5,5 miesiąca. Montaż konstrukcji rozpoczęto po 1,5 miesiąca od przejęcia placu budowy, a ustawienie segmentów prefabrykowanych na podporach trwało zaledwie 4 godziny. Wykorzystanie jednego dźwigu uprościło prace i zminimalizowało ryzyko ingerencji w koryto rzeki.

Przykład realizacji – most w Szwedzkim Ostrowie

Innym przykładem skutecznego zastosowania prefabrykacji jest budowa mostu przez rzekę Wdę w miejscowości Szwedzki Ostrów. Obiekt powstał w formule „buduj”, a wybór prefabrykacji pozwolił na istotne skrócenie czasu realizacji.

Założenia projektowe i wykonawcze

Most zaprojektowano jako żelbetową ramę z segmentów prefabrykowanych łączonych monolitycznymi zamkami. Podstawowe parametry konstrukcji to:

- długość całkowita – 11,40 m,
- szerokość jezdni – 4,0 m,
- posadowienie – bezpośrednie w osłonie ścianek szczylnych traconych.

Realizacja

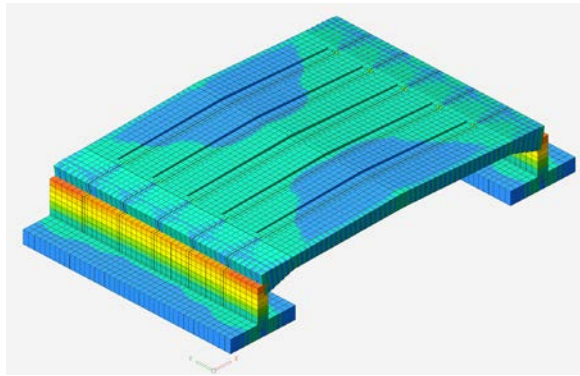
Inwestycja wraz z robotami towarzyszącymi została zakończona w 2,5 miesiąca. Montaż rozpoczęto miesiąc po przejęciu placu budowy, a ustawienie elementów prefabrykowanych na podporach zajęło zaledwie 3 godziny. Do prac również wystarczył jeden dźwig, co uprościło organizację i ograniczyło ingerencję w środowisko wodne.

Bezpieczny transport prefabrykatów

Transport prefabrykowanych elementów mostowych stanowi kluczowy etap całego procesu realizacji,



Fot. 7. Transport prefabrykatów ramowych optemFRAME



Rys. 1. Schemat modelu obliczeniowego konstrukcji w środowisku MES

ponieważ od jego jakości i organizacji zależy nie tylko terminowość dostaw, lecz także bezpieczeństwo późniejszego montażu. Elementy systemu optemFRAME charakteryzują się dużą masą i gabarytami, dlatego wymagają starannego przygotowania logistycznego oraz stosowania odpowiednich zabezpieczeń. Prefabrykaty produkowane w zakładach OPTEM są projektowane z uwzględnieniem transportu drogowego – posiadają specjalnie zaprojektowane punkty do zaczepiania zawiesi, co ułatwia zarówno załadunek, jak i późniejsze operacje dźwigowe na budowie. Do ich przewozu wykorzystywane są naczepy niskopodwoziowe przystosowane do transportu elementów wielkogabarytowych.

Każdy element zabezpiecza się przed możliwością jego przesunięcia się podczas transportu poprzez zastosowanie klinów, pasów mocujących oraz blokad stalowych. Dodatkowo powierzchnie stykowe prefabrykatów oddzielane są przekładkami dystansowymi z drewna lub gumy, które zapobiegają uszkodzeniom krawędzi i naroży.

Bezpieczny transport prefabrykatów optemFRAME ma także wymiar organizacyjny – dzięki odpowiedniemu planowaniu dostawy zsynchronizowane są z harmonogramem montażu. Elementy trafiają na plac budowy w kolejności odpowiadającej etapom instalacji, co eliminuje konieczność czasochłonnego składowania i wielokrotnego przemieszczania segmentów. Takie podejście pozwala ograniczyć ryzyko wypadków na budowie, a jednocześnie skraca czas realizacji całego przedsięwzięcia.

Indywidualne podejście do projektowania prefabrykatów

Każdy element systemu optemFRAME projektowany jest indywidualnie, z uwzględnieniem specyfiki danej inwestycji. Geometria segmentów ramowych, grubość ścianek, kształt zamków monolitycznych czy sposób posadowienia są dostosowywane do warunków gruntowo-wodnych oraz przewidywanych obciążeń eksploatacyjnych. Dzięki temu możliwe jest uzyskanie optymalnych przekrojów, które gwarantują zarówno bezpieczeństwo konstrukcji, jak i ekonomiczność całego przedsięwzięcia.

Proces projektowania wspierany jest zaawansowanymi analizami numerycznymi MES, które pozwalają precyzyjnie określić współpracę ustroju z gruntem oraz zachowanie się konstrukcji pod wpływem obciążeń dynamicznych i statycznych. Taka personalizacja oznacza, że każdy prefabrykat jest w praktyce „szyty na miarę” konkretnego obiektu, co eliminuje ryzyko nadmiernego zużycia beto-

nu i stali zbrojeniowej, a jednocześnie zapewnia trwałość mostu i minimalizuje koszty utrzymania w przyszłości. System optemFRAME jest rozwiązaniem stale rozwijanym i udoskonalanym w odpowiedzi na zmieniające się wymagania rynku oraz rosnące oczekiwania inwestorów. Każda zrealizowana inwestycja stanowi źródło doświadczeń, które przekładają się na dalsze optymalizacje technologiczne i projektowe. Dzięki dużej liczbie obiektów zrealizowanych w różnych warunkach gruntowo-wodnych oraz środowiskowych możliwe jest ciągle doskonalenie zarówno geometrii elementów, jak i sposobów ich łączenia oraz montażu. Zespół projektowy OPTEM na bieżąco analizuje wnioski z realizacji, wprowadzając ulepszenia w zakresie kształtu zamków monolitycznych, systemu zbrojenia czy sposobu prefabrykacji podpór. Efektem tego procesu jest rozwiązanie elastyczne, niezawodne i coraz lepiej dostosowane do indywidualnych potrzeb poszczególnych inwestycji, niezależnie od ich skali i lokalizacji.

Posadowienie obiektów

W przypadku realizacji obiektów w trudnych warunkach gruntowych w ramach systemu optemFRAME stosowane są różne metody wzmacniania podłoża, w tym wykorzystanie geosyntetyków. Ich zadaniem jest poprawa nośności gruntu oraz równomierne rozłożenie obciążeń przekazywanych przez fundamenty mostu. Zastosowanie geosiatek i georusztów pozwala ograniczyć nadmierne różnice osiadań między podporami oraz zapobiec utracie stateczności nasypu, szczególnie w strefach o wysokim poziomie wód gruntowych lub słabych gruntach organicznych. Dzięki tym rozwiązaniom możliwe jest bezpieczne i ekonomiczne posadowienie prefabrykowanych elementów ramowych nawet w miejscach, gdzie tradycyjne technologie wymagałyby znacznego wzmocnienia podłoża lub głębokiego fundamentowania. Integracja geosyntetyków z systemem optemFRAME stanowi przykład synergii konstrukcji mostowej z rozwiązaniami geotechnicznymi, co przekłada się na większą trwałość obiektu oraz ograniczenie kosztów eksploatacyjnych w całym cyklu życia mostu.

Podsumowanie

System optemFRAME jest przykładem nowoczesnego podejścia do inżynierii mostowej, w którym prefabrykacja stanowi narzędzie skracające czas budowy, redukujące koszty oraz podnoszące jakość konstrukcji. Realizacje w Stawiszynie i Szwedzkim Ostrowie potwierdzają, że technologia ta sprawdza się w praktyce i może stanowić wzorzec dla przyszłych inwestycji infrastrukturalnych. □