

Nowy wymiar projektowania i wykonawstwa infrastruktury komunikacyjnej

Fuzja z naturą

Bernarda Ambroża-Urbaneck,
dr Tadeusz C. Alberski

Zły stan techniczny dróg, brak odpowiednio rozwiniętej sieci komunikacyjnej, ciągnące się latami remonty i uciążliwe korki, to nie jedyne problemy sektora infrastruktury komunikacyjnej. Jednym z bardziej kłopotliwych jest bez wątpienia współistnienie infrastruktury z przyrodą, w szczególności na obszarach objętych ochroną. Czy fuzja z naturą jest możliwa? Okazuje się, że tak.

Wspaniałym przykładem łagodzenia konfliktu na linii natura – technika jest Millau Viaduct. Ten najwyższy na świecie podwieszany most to nie tylko wstęga drogi, umożliwiająca pokonanie doliny Tarn w południowej Francji. To pomnik współczesnej techniki i inżynierii oraz piękne świadectwo świadomości ekologicznej człowieka.

Piękno nowoczesnej techniki

Śmiały projekt Millau Viaduct miał rozwiązać dwa trudne zadania. Pierwszym było przekroczenie rzeki Tarn, drugim – pokonanie 2,5-kilometrowej odległości między płaskowyżami. Początkowa koncepcja zejścia z drogą do poziomu rzeki i wybudowania zwykłego mostu nie była dość dobra, głównie ze względu na konieczność niein-

terferencji w środowisko naturalne. Optymalne rozwiązanie udało się znaleźć brytyjskiemu architektowi Normanowi Fosterowi, w którego pracowni powstał projekt mostu z podwieszonymi przesłami w łuku – niezwyklej konstrukcji technicznej o „delikatności motyla”.

Imponująca budowla została przerzucona przez dolinę na długości 2,5 km. Konstrukcja składa się z siedmiu betonowych filarów o wysokości od 77,56 m do 244,96 m, licząc w linii prostej od ziemi do pomostu. Rozpiętość pomiędzy sześcioma central-



nymi filarami wynosi 350 m, zaś między dwoma skrajnymi ok. 204 m. Podparcie Millau Viaduct na najwyższych do tej pory wybudowanych filarach zapewniło mu status najwyższego podwieszanego mostu na świecie. Nad pomostem wzniesiono stalowe maszty-pylony o wysokości 90 m, które zbiegając się u wierzchołka w kształt litery A tworzą wizualne wrażenie rozpiętych żagli.

Betonowe filary – podstawy sukcesu

Organizacja budowy Millau Viaduct wymagała podziału pracy na etapy. Ich doskonała synchronizacja umożliwiła zakończenie projektu w rekordowym czasie 36 miesięcy oraz gwarantowanym budżecie 400 mln euro.

Prace przy wznoszeniu betonowych filarów rozpoczęto na początku 2002 r. Każdy o średnicy 5 m został zakotwiony w betonowych fundamentach na głębokość ok. 15 m, aby zapewnić stabilność konstrukcji. Dzięki specjalnemu systemowi samopodnoszących się form szalunkowych, co trzy dni podwyższano każdy z filarów o 4 m. System samopodnoszący, który składał się z bloków kotwiących i szyn przymocowanych do trzonów filarów, umożliwiał osiągnięcie wysokości pozwalającej na następne betonowanie w ciągu 20 minut. Prace zakończono z wyprzedzeniem, tj. w niecałe 2 lata, bijąc przy okazji światowy rekord wysokości podpór mostów podwieszanych (przy filarze P2), którego wysokość sięgnęła 244,96 m.

Wysuwana jezdnia pomostu

Wysokość filarów wykluczała standardowe rozwiązania w konstruowaniu pomostu drogowego, dlatego układano go z obydwu przeciwnych końców mostu w kierunku do środka budowy. Całość pomostu, wykonanego z wysokiej jakości stali, podzielono na 173 kasetony, każdy o średnicy 4 m, długości 15–22 m i ciężarze do 90 t. Całkowita szerokość jezdni wyniosła 32 m, a jej ciężar prawie 36 000 t.

Nietypowa konstrukcja pomostu, uwzględniająca dodatkowo 3-procentowe pochylenie, mające zapewnić kierowcom dobrą orientację i widoczność, wymagała wielkiej precyzji przy montażu pomostu drogowego. Zminimalizowano także ryzyko związane z pracą na wysokościach, czemu służyło wydzielenie dwóch ogromnych placów budowy na poziomie gruntu przy każdym z krańców mostu, gdzie wykonywano niemal 95% prac spawalniczych i montażowych. Na południowym krańcu mostu zmontowano 1742 m pomostu, zaś na północnym 717 m.



Wznoszenie, czyli pokonywanie wysokości

Zainstalowanie stalowego pomostu na betonowych filarach było nie lada wyzwaniem i wymagało wykorzystania najnowocześniejszej techniki. Poszczególne odcinki jezdni były „wypychane” do środka z dwóch przeciwnych stron mostu, a do wzniesienia konstrukcji pomostu użyto 64 dźwigni hydraulicznych, które przesuwaly konstrukcję jezdni do przodu. Cylindryczne podnośniki hydrauliczne o nośności 250 t zostały wyposażone w systemy uszczelniające, zapewniając precyzyjne pozycjonowanie, kompatybilność z pozostałymi mediami oraz



wysoką odporność na tarcie. Podnośniki podparto z jednej strony na filarach, a z drugiej na tymczasowych wieżach pomocniczych (gigantycznych stalowych konstrukcjach usytuowanych pomiędzy pylonami), by umożliwić przemieszczenie 36 000 t pomostu.

System hydraulicznych urządzeń do przesuwania stalowych segmentów składał się z 250-tonowego podnośnika oraz dwóch lub czterech „ślizgów”, każdy wyposażony w 60-tonowy „popychacz”, umożliwiający przesunięcie elementów pomostu o 600 mm podczas jednej operacji.

Millau Viaduct w skrócie

Długość: 2460 m
Szerokość: 32 m
Całkowita wysokość: 343 m (20 m wyższy od Wieży Eiffla)
Nachylenie: 3,015% (wzrastające z północy na południe w kierunku Clermont-Ferrand – Béziers)
Promień krzywizny: 20 km
Wysokość najwyższego filara (P2): 245 m
Wysokość masztów: 90 m
Liczba pylonów: 7
Odległość pomiędzy filarami: 342 m
Liczba kabli mocujących: 154 (11 par dla każdego masztu)
Nośność kabli mocujących: 900 t dla najdłuższego
Całkowita waga stalowego pomostu: 36 000 t
Ilość zużytego betonu: 85 000 m³
Ilość zużytej stali zbrojeniowej: 19 000 t
Ilość zużytej stali sprężającej: 5000 t
Siła robocza: 500 osób zatrudnionych na stałe przy budowie
Całkowity koszt budowy: 400 mln euro
Czas koncesji: 78 lat – 3 lata na budowę i 75 lat na obsługę
Gwarancja: 120 lat

Za precyzję wykonania i synchronizację przesuwnic odpowiadał system sterujący, wbudowany w urządzenie hydrauliczne. W ten sposób, co cztery tygodnie przesuwno jeden segment pomostu, pracując non stop przez 48 godzin ze średnią prędkością 7 m/h, czego efektem było połączenie północnego i południowego pokładu 28 maja 2004 r.

Jeden most – siedem stalowych pylonów

By zapobiec ugięciu pomostu podczas łączenia poszczególnych części, umieszczono na końcowych sekcjach pomostu tymczasowe wysięgniki. Do regulacji wysokości wysuwanej konstrukcji użyto czterech podnośników hydraulicznych o nośności 270 t każdy. Ten niezależny system podnosił „nos” wysięgnika do momentu, kiedy konstrukcja znalazła się na poziomie „ślizgów”. Po tym następował ponownie proces przesuwania. Dwa centralne pylony zostały zamontowane na wysuwanej konstrukcji już na samym początku montażu.

Po zakończeniu procesu nasuwania na podpory (na dalszą konstrukcję wspierała się na filarach stałych i pod-

porach tymczasowych) pozostało do zamontowania pięć stalowych pylonów. Na pokład jezdni elementy pylonów dostarczono za pomocą czterech platform samojezdnych. Następnie potężne stalowe szczytce hydraulicznych wysięgników o mocy 2000 t delikatnie chwyciły leżące na jezdni zmontowane już pylony – każdy o wadze 700 t i długości 90 m – w środku punktu ciężkości i ustawiły je w pozycji pionowej.

120 lat gwarancji

Każdy z pylonów posiada 11 par symetrycznie zamontowanych kabli mocujących. W zależności od długości kable te zawierają od 55 do 91 stalowych drutów, uformowanych w wiązki. Każdy kabel składa się z siedmiu stalowych drutów – sześciu oplatających jeden centralny. Całkowita nośność kabli dochodzi do 900 t. To dzięki nim Millau Viaduct posiada 120-letnią gwarancję.

Technologia wykonania kabli zapewnia potrójną ochronę przed korozją, pokrywę z wosku naftowego oraz zabezpieczenie w postaci wtlaczanego polietylenu. Z zewnątrz, na całej długości, pokryte są one podwójnymi śrubowymi plombami, uszczelniającymi kable przed przedostaniem się do środka wody, co podczas wiatru mogłoby spowodować wibracje, wpływające w znaczny sposób na stabilność konstrukcji.

Specjalna formuła mieszanki polimerowej nawierzchni pomostu drogowego

Technologia nawierzchni jezdni (warstwa ściernalna) była rezultatem kilku miesięcy prac badawczych, prowadzonych pod kątem przeciwdziałania efektowi rozszerzania jezdni. Konstrukcja pomostu wymusiła konieczność znalezienia materiału wystarczająco elastycznego, aby bez pęknięcia dopasowywał się do zniekształceń stali, ale także wystarczająco silnego, by spełniał wymagania powierzchni autostrad (gęstość, przyczepność do drogi itd.). Wyprodukowanie odpowiedniej formuły warstwy ściernalnej zajęło dwa lata, zaś jej ułożenie na pomoście – mniej niż cztery dni. Ułożenie warstwy ściernalnej poprzedziło kilka procedur przygotowawczych: usunięcie rdzy z płyty pomostu poprzez śrutowanie, ułożenie powłoki wiążącej, a następnie 4-milimetrowej górnej warstwy z bitumu polimerowego.

Wysoki poziom bezpieczeństwa

W każdej fazie realizacji projektu szczególną uwagę skupiano na zapewnieniu najwyższego poziomu bezpieczeństwa. Temu np. posłużyły wykorzystywane w trakcie prac podpory tymczasowe, podpierające pomost podczas nasuwania poszczególnych sekcji i podwieszania przeseł. Zmontowano je w połowie odległości pomiędzy stałymi filarami betonowymi. Z kolei w celu zredukowania siły wiatru, jako że most jest odsłonięty, a poddmuchy wiatru dochodzą w dolinie do 151 km/h, zastosowano boczne ekrany ochronne, które zmniejszyły ich siłę do 50 km/h.

Millau Viaduct – budowla, która łączy

Kiedy 17 grudnia 2004 r. otwarto ten wyjątkowy most, ustanowiono ostatecznie całkiem nowy standard w projektowaniu i wykonawstwie infrastruktury komunikacyjnej. Jako element infrastruktury drogowej Francji Millau Viaduct wpisuje się w ciąg autostrady A75 z Paryża do Barcelony, powodując nie tylko obniżenie kosztów podróży, ale także podnosząc jej komfort (dwukierunkowy most posiada po trzy pasy ruchu w każdym kierunku, a pokonanie ponad 2 km odległości zajmuje zaledwie minutę).

Jako element krajobrazu doliny Tarn, Millau Viaduct stał się symbolem połączenia postępu cywilizacyjnego z naturą, zachwycającym przy każdym spojrzeniu. W kontekście powyższego być może także Dolinę Rozpudy można oszczędzić, a na infrastrukturalnej mapie Polski stworzyć taką inwestycję, jak Millau Viaduct.

Artykuł powstał w oparciu o informacje zaczerpnięte ze strony www.leviaductmillau.com.



SILMENT®

DROGOWE SPOIWO STABILIZACYJNE



SILMENT to specjalistyczne, wielofunkcyjne, drobnoziarniste spoiwo hydrauliczne nowej generacji przeznaczone do stosowania w inżynierii komunikacyjnej.

Silment to atrakcyjna alternatywa dla konwencjonalnych spoiw hydraulicznych. Przeznaczony jest do ulepszania i stabilizacji gruntu rodzimego i mieszanek kruszyw oraz poprawy ich nośności przy konstruowaniu podłoża nawierzchni drogowej (podbudowy, warstwy podjezdniowe) oraz do budowy nasypów, a także do wzmacniania podłoża gruntowego pod nawierzchnie brukowane.

Zastosowanie **Silmentu** w budownictwie komunikacyjnym oznacza szybki postęp robót drogowych dzięki gwarancji uzyskania bezkonkurencyjnie wysokich przyrostów nośności ulepszanych gruntów, przy ich zerowym skurczu liniowym. Zapewnia trwały efekt osuszenia przewilgoconego gruntu oraz jego stabilizacji.

PRODUKOWANY W DWU ODMIANACH ASORTYMENTOWYCH:

SILMENT CQ-25

SILMENT CQP-15

Właściwości techniczne i użytkowe spoiwa **Silment** potwierdzają uzyskane certyfikaty:

APROBATA TECHNICZNA IBDiM:	IBDiM-AT/2003-04-1588
ORZECZENIE Instytutu Technicznego Wojsk Lotniczych:	2/24/2005
ATEST HIGIENICZNY:	PZH-HK/B/1447/01/2003

Przykłady stosowania i referencje: www.silment.pl (publikacje)

Doradztwo techniczne: tel. 0604 613 614



ROWIS-SYSTEM Sp. J. M. Siemiński i St. Wilk
ul. Mickiewicza 56A, 42-500 BĘDZIN
tel. 032 267 08 87, fax 032 265 40 17

SILMENT®
DROGOWE SPOIWO STABILIZACYJNE