

Remonty mostów w Stanach Zjednoczonych

# Przebudowa mostu San Francisco – Oakland

Krzysztof Dąbrowiecki



Fragment mostu, który ulegnie rozebraniu po wybudowaniu objazdu



Grupa inżynierów Bay Bridge dokonująca końcowej inspekcji mostu w 1936 r. Od prawej: Charles Andrew, Ralph Modjeski, Carlton Proctor, Charles Purcell, Henry Brunner, Leon Moisseiff, Glenn Woodruff, Charles Derleth. Źródło: H. Petroski: *Engineers of Dreams*. New York 1996, fot. Łukasz Dąbrowiecki



Mosty wiszące po zachodniej stronie wyspy Yerba Buena

Wybudowany w 1936 r. most San Francisco – Oakland, potocznie zwany *Bay Bridge*, od kilku lat znajduje się w fazie modernizacji od strony miasta San Francisco i w fazie budowy całkowicie nowej, wschodniej części, łączącej wyspę Yerba Buena z Oakland. Całkowita długość mostu ponad wodą wynosi przeszło 7 km, a z dojazdami po obu stronach zatoki ponad 13 km.

Już same rozmiary konstrukcji i związany z koniecznymi pracami zakres projektu stanowią poważne wyzwanie technologiczno-inżynierskie. Dodatkowym utrudnieniem jest prowadzenie całej przebudowy bez wstrzymywania ruchu samochodowego, co przy natężeniu wynoszącym 280 tys. pojazdów na dobę stanowi

ogromne obciążenie związane z organizacją i zabezpieczeniem wszelkiego rodzaju prac.

Analiza i prace projektowe nad modernizacją mostu zostały podjęte wkrótce po pamiętnym trzęsieniu ziemi w 1989 r. (7,1 stopnia w skali Richtera), podczas którego zawaleniu uległa część 250-tonowego przęsła kratownicowego. Zerwaniu uległo również jedno z zamocowań kratownicy górnej jezdni. Bezpośrednią przyczyną uszkodzenia było posadowienie fundamentów podpór na piaszczystym podłożu, podatnym na przenoszenie dużych amplitud drgań w czasie ruchów ziemi. Wstrzymanie ruchu na miesiąc w tym newralgicznym miejscu spowodowało



Pylony mostu

kolosalne problemy komunikacyjne na całym obszarze Zatoki San Francisco, dlatego władze stanu i miasta podjęły decyzję o tej najdroższej w historii stanu, ale niezbędnej inwestycji.

Konstrukcja *Bay Bridge* składa się z kilku rodzajów mostów – dwóch wiszących po zachodniej stronie wyspy Yerba Buena, przedzielonych ogromnym fundamentem kotwiącym oraz wspornikowego i kratownicowego po wschodniej stronie. Obie części łączy przekopany pod wzgórzem wyspy Yerba Buena 164-metrowy dwupoziomowy tunel. W latach 1930–1931, kiedy opracowywano wstępne założenia mostu, Charles Purcell (główny budowniczy mostu), Glenn B. Woodruff (projektant mostu), Charles E. Andrew (inżynier mostu), Leon Moiseiff, Charles Derleth, Andrew Lawson i Ralph Modjeski (szef grupy konsultantów) rozważali połączenie San Francisco z wyspą Yerba Buena pojedynczym mostem wiszącym, ale uznali, że pociągnęłoby to za sobą ogromne ryzyko zarówno w projektowaniu, jak i w budowie. Dlatego do realizacji przyjęto wersję dwóch mostów wiszących jako mniej ryzykowną. Nawet dzisiaj, ponad 75 lat później, przy współczesnych możliwościach techniczno-technologicznych, rozpiętość pojedynczego przęsła wynoszącego prawie 2 km przy całkowitej długości mostu ponad 3 km stanowi niemałe wyzwanie inżynierskie.

Każdy z dwóch mostów wiszących *Bay Bridge* ma rozpiętość przęsła głównego 704 m i 354 m przęsła bocznych. Przez cztery pary połączonych krzyżulcami pylonów o wysokości 144 i 158 m ponad powierzchnią wody, przeprowadzono dwa kable nośne o średnicy 0,73 m, do których podczepiono 1192 pionowe wieszaki linowe o średnicy 0,068 m. Utrzymują one konstrukcję dwupoziomowego, pięciopasmowego mostu. Jak wszystkie mosty budowane w tamtym okresie, jest to konstrukcja całkowicie nitowana.



Fundament kotwiący po stronie San Francisco

Po wschodniej stronie wyspy Yerba Buena została wybrana przez projektantów tania koncepcja konstrukcji mostu wspornikowego o długości 426 m, umieszczonego na wysokości 58 m ponad powierzchnią wody. Podpory tej części mostu osadzono na głębokości 73 m na twardej glinie i piasku. Lita skała w tym miejscu występuje dopiero na głębokości 91 m pod powierzchnią wody, a brak odpowiedniego sprzętu i technologii podwodnego montażu uniemożliwiły osadzenie fundamentów na twardym gruncie. Przedłużeniem przęsła wspornikowego jest dwupoziomowa konstrukcja kratownicowa, wsparta na 20 podporach, których fundamenty również zostały osadzone na piaszczystym dnie zatoki.



Wjazd w kierunku San Francisco



Wieszaki mostów wiszących



Mosty wspornikowy i kratownicowy po wschodniej stronie wyspy Yerba Buena



Dwa mosty – nowy i stary



Nowa konstrukcja skyway ukończona w 2007 r.



Wspornikowa część mostu Bay Bridge

W 1997 r., po wielu technicznych i publicznych dyskusjach, licznych kontrowersyjnych opiniach ze strony grup inżynierskich, Caltrans (Kalifornijski Zarząd Dróg i Autostrad) wybrał dwie firmy: T.Y. Lin International i Moffat & Nichol Engineers do przedstawienia wersji projektów dwuprzęsłowego mostu w części wschodniej Bay Bridge. W lipcu 1998 r. Komisja MTC (*Metropolitan Transportation Commission*) na podstawie rekomendacji EDAP (*Engineering and Design Advisory Panel*) i BBDF (*Bay Bridge Design Task Force*) dokonała wyboru projektu. Jest nim most wiszący, jednopoziomowy, typu SAS (*Self-Anchored Suspension* – wiszący samokotwiący), z pojedynczym pylonem o wysokości 160 m, podtrzymującym dwa przęsła o długości 180 i 385 m. Pylon został zaprojektowany jako cztery samodzielne kolumny, spięte ze sobą poprzecznymi wiązaniami belkowymi. Takie rozwiązanie ma pozwolić elementom pylonu na niezależne się przemieszczanie i absorbowanie energii powstałej w wyniku trzęsienia ziemi, a tym samym chronić główną konstrukcję przed zniszczeniem. Interesującym rozwiązaniem do podtrzymywania obu przęseł, a zarazem odmiennym od tradycyjnych, jest użycie jednego kabla nośnego. W przypadku mostu SAS kabel zakotwiony jest po dłuższej stronie przęsła, następnie biegnie przez szczyt pylonu na jego drugą stronę, na końcu krótszego przęsła przechodzi pod jezdnią na przeciwną stronę mostu, by przejść znowu poprzez szczyt pylonu i być zakotwionym w tym samym fundamencie, co jego początek. Dla kompensacji rozszerzalności konstrukcji pod wpływem temperatur otoczenia, a także minimalizacji zniszczeń w wyniku trzęsienia ziemi zainstalowano 20 rurowych zawiasów, łączących most SAS po obu jego stronach. Fundamenty pylonu T1, zakotwienia E2 i W2, dzięki doskonałej technice wiertniczej i technologii odlewania betonu w formach (*Cast In Drilled Hole – CIDH*) mają swoje posadowienie w litej skale, 93 m pod powierzchnią wody i gwarantują najwyższy poziom bezpieczeństwa konstrukcji.

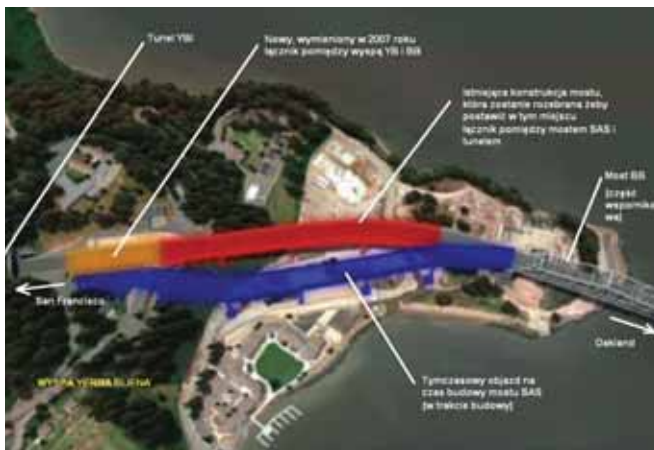
Przedłużeniem wiszącej części w kierunku wschodnim są dwa jednopoziomowe, pięciopasmowe mosty betonowe, uzupełnio-



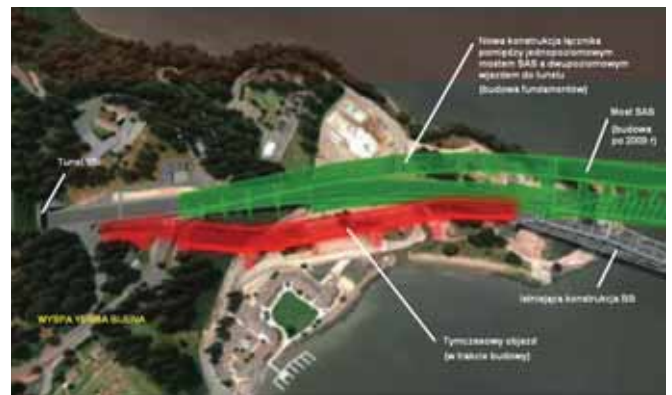
Fundamenty W2 zakotwienia mostu SAS



Budowa konstrukcji objazdu widziana od spodu



Graficzny plan lokalizacji budowanego objazdu (źródło: BBSSP)



Graficzny plan lokalizacji łącznika pomiędzy mostem SAS a tunelem YBI. Przejście jednopoziomowych jezdni z mostu SAS do dwupoziomowej konfiguracji w tunelu (źródło: BBSSP)

ne po południowej stronie ścieżką dla pieszych i rowerzystów. Na 28 filarach w kształcie litery T, o wysokości od 13 do 35 m, zamontowanych zostało 452 trapezoidalnych segmentów betonowych. Betonowe segmenty zostały sprefabrykowane na terenie stoczni w Stockton, odległej o 130 km od miejsca budowy. Do transportu w rejon montażu wykorzystano barki, które zabierały po dwa segmenty każda. Po przeholowaniu na miejsce budowy mostu bloki zostały podwieszane do uprzednio przygotowanych filarów mostu. Całkowita długość *skyway* wynosi 1,92 km przy szerokości 18 m każdej ze stron. Budowa tej części projektu została ukończona w 2007 r.

Pod koniec zeszłego roku ukończono także budowę i wymianę zjazdu do tunelu po stronie wschodniej. Ten krótki, bo liczący zaledwie 105 m, odcinek był ważnym sprawdzianem zdolności organizacyjnych nadzoru, sprawności grup montażowych, a także organizacji komunikacji w całym rejonie zatoki, gdyż operacja ta wiązała się z całkowitym zamknięciem *Bay Bridge* na trzy dni. W tym celu wykorzystano długi weekend związany ze świętem pracy. W czasie kilku dni wyburzono starą część mostu, łącznie z podporami, usunięto gruz, a następnie przesunięto wybudowaną wcześniej, równoległą do osi mostu, nową dwupoziomową konstrukcję i posadowiono ją na uprzednio wybudowanych 12 kolumnach. W końcowym etapie prac połączono nową część z istniejącą konstrukcją. Most został otwarty na 11 godzin przed planowanym terminem.

Obecnie trwają prace związane z budową fundamentów SAS pylonu i konstrukcji objazdu, przez który będzie prowadzony ruch tymczasowy. Objazd ma zapewnić ciągłość ruchu w okresie montażu pylonu i łącznika pomiędzy mostem SAS a tunelem na wyspie Yerba Buena (YBI), a także pozwolić na rozbiórkę fragmentu obecnej konstrukcji. Ich zakończenie przewidziane jest w 2009 r. Wtedy też rozpocznie się instalacja mostu SAS. Całość prac zostanie ukończona w 2013 r., kiedy nowa konstrukcja wschodniej części *Bay Bridge* będzie oddana do użytku, a część kratownicowa zostanie rozebrana.



Fundamenty i konstrukcja objazdu w trakcie budowy



Podpora tymczasowego objazdu