



ANDRZEJ STAŃCZYK

Warbud SA
stańczyk.andrzej@neostrada.pl

Przeprawy mostowe przez Morze Wewnętrzne w Japonii

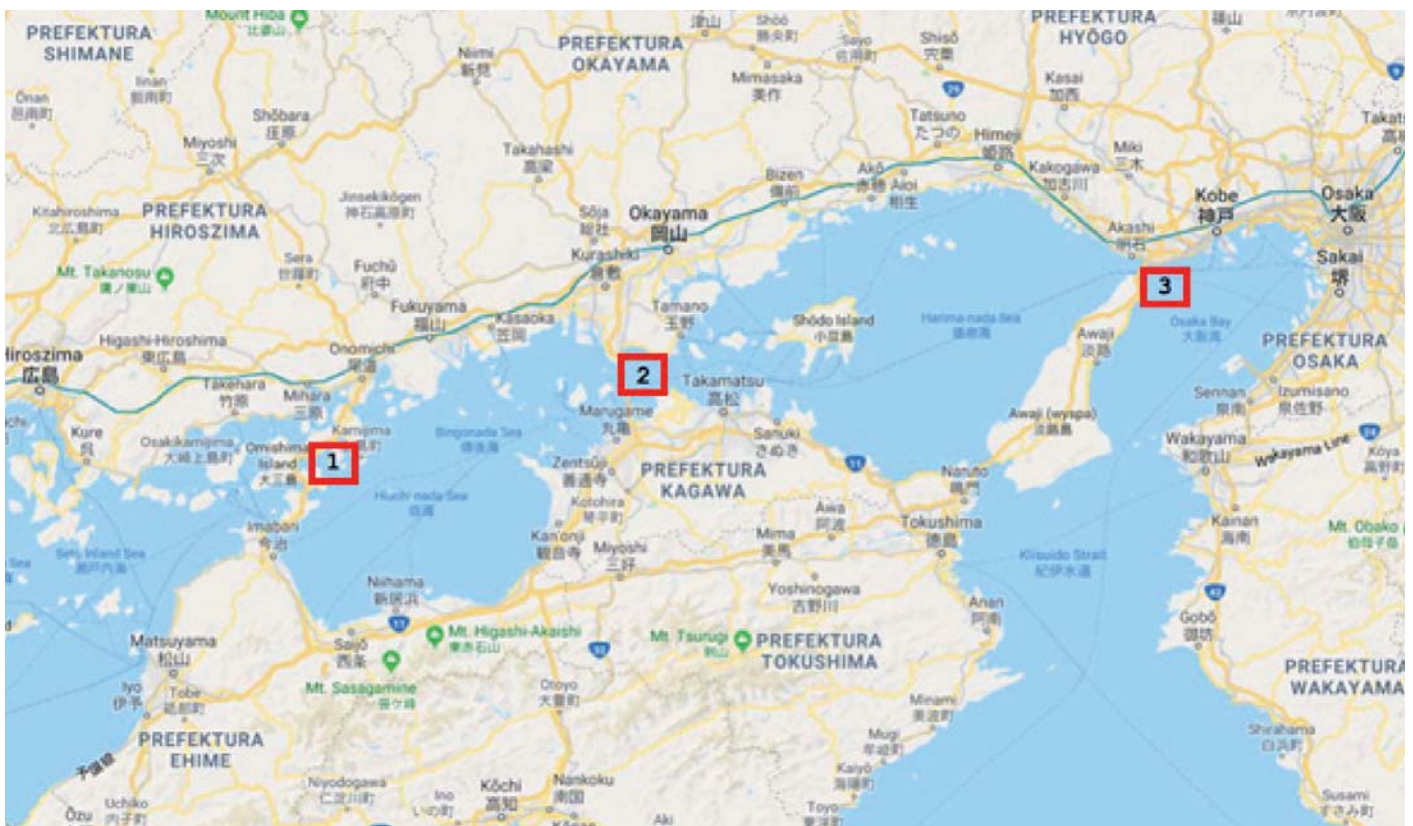
Rejs pod mostem Seto

To, że Japonia jest krajem wyspiarskim, wiemy z nauk szkolnych, ale dopiero podróżując po tym kraju uświadamia się trudności jakie trzeba było pokonać, by zapewnić komunikację kołową między wyspami. Zrobiono to w znakomity sposób i dlatego Mekką mostowców z całego świata, przykładem do naśladowania, mogą być trzy przeprawy prowadzące przez Morze Wewnętrzne Japonii (rys. 1), łączące największą wyspę tego kraju Honsiu z Shikoku, najmniejszą z jego czterech głównych wysp. Każda z tych przepraw łączy leżące na trasie małe wysepki mostami wyjątkowymi, zarówno pod względem konstrukcyjnym, jak i estetycznym.

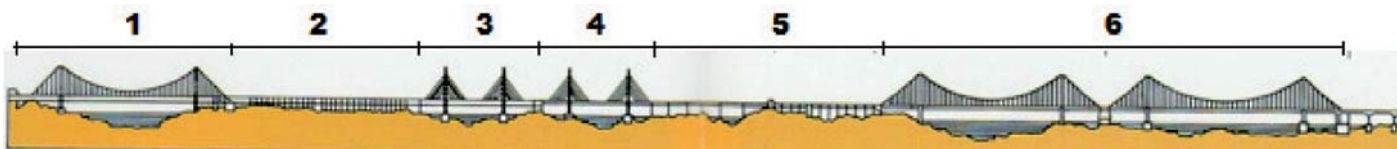
Najbardziej na zachód – od strony Hiroszimy, jest ciąg dziewięciu mostów przeprowadzających drogę ekspresową Nishi – Seto przez mniejsze wysepki. Jednym z nich jest most Tataru, byłby rekordzista pod względem rozpięto-

ści głównego przęsła (890 m) wśród mostów podwieszonych. Dziś palmę pierwszeństwa dzierży Russkij Most we Władywostoku, którego długość przęsła centralnego wynosi 1104 m, ale przez pierwsze dziesięciolecie XXI wieku przewodził w tej statystyce Tataru Bridge, wybudowany na terenach sejsmicznych, w przesmyku morskim, gdzie szaleją tajfuny.

Być może tekst ten trafi do czytelnika nie zajmującego się dotychczas mostownictwem, dlatego warto przypomnieć jeden z interesujących problemów budowy mostu Tataru. Mosty tak dużej rozpiętości przęsła są kosztowne i budowane są tam, gdzie wznoszenie podpór jest utrudnione, na przykład z powodu dużej głębokości przeszkody wodnej lub słabych gruntów w dnie. Po wzniesieniu pylonu lub równocześnie z jego podwyższaniem, podwieszane są doń segmenty przęsła wspornikowo i równomiernie z obu stron pylonu, bacząc, by żadne z nich nie „przeważało” drugiego. Statycy nazywają to wyrównaniem momentów zginających



Rys. 1. Usytuowanie przepraw przez Japońskie Morze Wewnętrzne: 1 – przeprawa z mostem Tataru; 2 – przeprawa Seto – Ohashi; 3 – przeprawa z mostem Akashi Kaikyo[1]



Rys. 2. Schemat usytuowania głównych mostów przeprawy Seto – Ohashi: 1 – most Seto; 2 – estakada z betonu sprężonego; 3 – most Hitsuishijima; 4 – most Iwakurojima; 5 – most Yoshima; 6 – most Minamisetoo [1]

nad podporą, ażeby uniknąć jej zginania w płaszczyźnie pionowej, grożącego wywróceniem powstającej budowli. Postępowanie takie nie sprawia trudności, jeśli jednocześnie można zrównoważyć obciążenie wsporników parciem wiatru, które – niejednakowe – skręcałoby podporę w płasz-

czyźnie poziomej do czasu połączenia w jedno przęsto dwóch wsporników wydłużających się ku sobie z obu pylonów. Wiatry w rejonie mostu Tataru są bardzo silne, a jeden ze wsporników osłaniała wyspa. Jak wybrnięto z tych kłopotów? Czy skuteczne byłoby np. rozpinanie żagli na końcu wspornika słabiej obciążonego wiatrem? Zachęcam do poszukania opisów budowy mostu Tataru.



Fot. 1. Widok większości mostów przeprawy Seto – Ohashi z pokładu statku



Fot. 2. Most Seto zlokalizowany w ciągu przeprawy Seto – Ohashi

Mniej więcej w połowie długości Japońskiego Morza Wewnętrznego jest przewężenie i tam powstała przeprawa Seto – Ohashi. Zbudowano ją w latach 1978–1988, więc właśnie przypadł jubileusz trzydziestolecia użytkowania. W tym miejscu różaniec maleńkich wyspek pozwolił na połączenie ich pięcioma dużymi mostami i nie mniejszą liczbą mostów o krótszych przęsłach. Pod najbardziej okazałymi można odbyć rejs statkiem. Ten sposób zwiedzania pozwala zorientować się w rozmieszczeniu obiektów (rys. 2), ocenić ich wielkość z oddalenia, poznać niektóre szczegóły konstrukcyjne podczas przepływania pod przęsłami, a także uniknąć opłaty, domyślam się niemałej, za przejazd mostem, bowiem wielki koszt budowy przeprawy (7 mld USD) musi przekładać się na wysokość opłat za przejazd. Ponadto zdjęcia przez okna pojazdu jadącego pomostem są złej jakości, w porównaniu z ujęciami z pokładu statku, co można ocenić na prezentowanych fotografiach. Przęsła, wyniesione do 65,5 m ponad lustro wody w czasie przyływu, prowadzą ruch w dwóch poziomach: na górnym autostradę, a na dolnym – kolej. Konstrukcje mostów są odporne na trzęsienia ziemi o sile do 8,5 stopnia w skali Richtera.

Przeprawa Seto – Ohashi jest przeglądem „mostowej mody” jaka panowała pod koniec ubiegłego stulecia, (fot. 1). Jak modelki na wybiegu postępują po sobie:

Most Seto, wiszący na dwóch pylonach pionowych, z dwoma poziomymi ryglami każdy (fot. 2), łączący główną



Fot. 3. Estakada z betonu sprężonego nad wyspą Hitsuishu w ciągu przeprawy Seto – Ohashi

wyspę tego kraju Honsiu z wysepką Hitsuishu, nad którą przedłuża go wieloprzęstowa estakada z betonu sprężonego (fot. 3).

Most Hitsuishijima, podwieszony do dwóch kształtnych pylonów betonowych z rygłem stężącym je w połowie wysokości (fot. 4), przefruwający tak wysoko nad wysepką Iwakuro, że – z oszczędności miejsca na niewielkiej powierzchni wysepki – zjazdy na nią poprowadzono betonową estakadą w kształcie spiralnej serpentyny (fot. 5).

Most Iwakurojima, bliźniaczy do mostu Hitsuishijima (fot. 6), doprowadzający przeprawę Seto – Ohashido wyspy

Yoshima, mający wszystkie walory swego poprzednika i doskonale go uzupełniający swym sąsiedztwem.

Most Yoshima, w formie i konstrukcji „dziewiętnastowiecznych” kratownic ze stali (fot. 7), stanowiący intrygujący kontrast z nowoczesnymi sylwetkami dwóch poprzednich mostów podwieszonych, przedłużony wysoko uniesioną estakadą dojazdową o przeszłach z betonu sprężonego.

I wreszcie **Most Minamisetoo**, arcyciekawy jak przystało na wielki finał tego pokazu, most wiszący na czterech pylonach stężonych skrzyżowanymi ukośnie prętami, ustawionymi piętrowo jedno nad drugim – nad i pod pomostem. Kształtem pylonów i zakotwieniem lin nośnych w połowie długości mostu w masywnej podporze na sztucznej wyspie, naśladuje układ mostu Oakland Bay Bridge, współtworzonego przez naszego rodaka – Rudolfa Modrzejewskiego (Ralfa Modjeskiego) w nie tak odległej stąd Kalifornii (fot. 8). Południowy koniec mostu sięga parku i Muzeum Pamięci na wyspie Shikoku.

Minęliśmy go w oddaleniu, pozostawiając pole domysłom wyobraźni i zawracając po przeciwnej stronie przeprawy, by utrwalić tę lekcję mostownictwa.

Dla mostowców był to prawdziwy rarytas..., ale nie ostatni. Największe atrakcje były jeszcze przez nami.

a)



b)



Fot. 4. Most Hitsuishijima: a) widok mostu z boku, b) widok pylonu



Fot. 5. Estakada zjazdowa z mostu Hitsuishijima na wyspę Iwakuro



Fot. 6. Most Iwakurojima na pierwszym planie, w głębi most Hitsuishijima





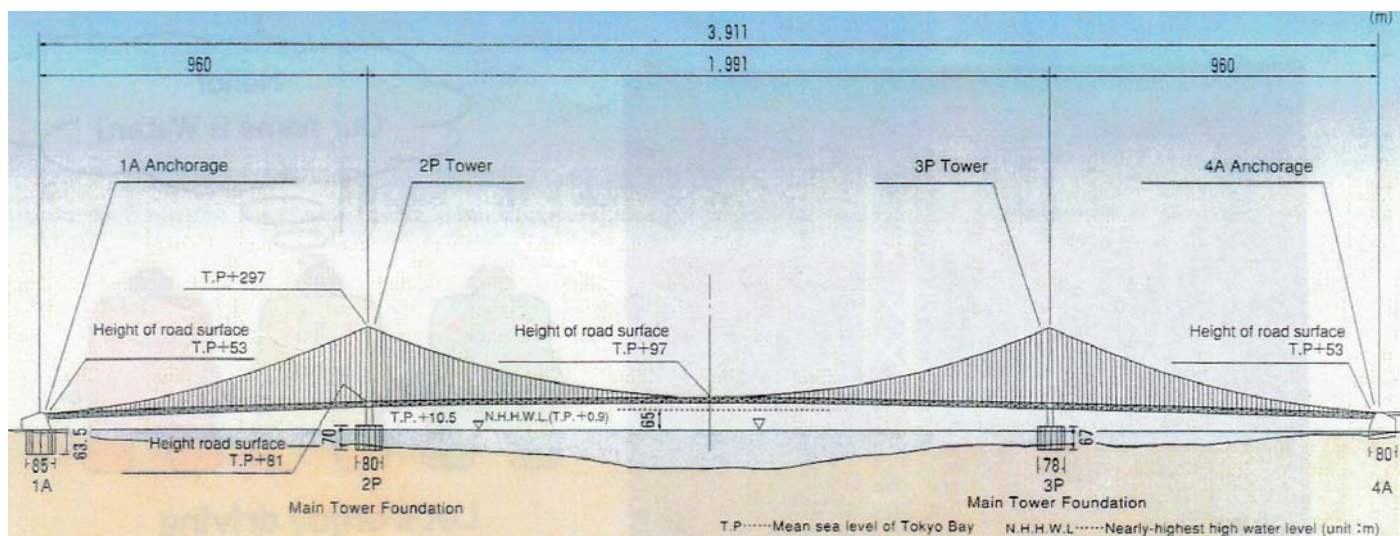
Fot. 8. Most Minamisetoo

Most Akashi Kaikyo

Program wędrowki po mostach Japonii, ułożony pod naukowym kierownictwem Profesora Kazimierza Flagi z Politechniki Krakowskiej i zrealizowany przez Państwa Brodzkich z Biura Anitour, przebiegał według scenariusza filmów Hitchcocka: zaczynał się od „trzęsienia ziemi” – pokonania kilkunastokilometrowej Zatoki Tokijskiej mostem i tunelem podmorskim oraz przepłynięcia pod kilkunastoma mostami na rzece Sumido płynącej przez Tokio, a potem napięcie już tylko rosnęło – aż do poziomu 292 m nad powierzchnią morza na pylonie mostu wiszącego Akashi Kaikyo (rys. 3 i fot. 9). Zwiedzanie tego mostu, o najdłuższym na świecie przęśle – stanowiło zwieńczenie wyprawy.

Podobnie jak przy wielu innych wyjątkowych budowlach – czego doświadczyliśmy m.in. przy tunelu pod Mont Blanc, a także w licznych oczyszczalniach ścieków we Francji – także u nasady mostu Akashi Kaikyo istnieją specjalne pomieszczenia dydaktyczne, wykładowe i muzealne, przybliżające zwiedzającym techniczne rozwiązania i walory dzieła oraz trudy jego realizacji. Tu, po wykładzie przedstawiającym etapy budowy, z których szczególnie interesujące było pokazanie prac podwodnych przy budowie podpór w morzu (fot. 10), podzielono słuchaczy na trzy grupy, poinstruowano o niebezpieczeństwach jakie mogą się przydarzyć podczas zwiedzania – wyeliminowano np. cierpiących na lęk wysokości – i ubrano w kaski. Zwiedzanie mostu obejmowało przejście pomostem roboczym w poziomie dolnego pasa kratownicy przęsła, aż do pylonu od strony miasta Akashi i wyjazd na rygiel u szczytu pylonu.

Most Akashi Kaikyo, z przęsłami rozpiętości 960 + 1991 + 960 m, ma nie tylko najdłuższe przęsło na świecie, ale też niemałej rozpiętości przęsła boczne, co odczuliśmy podczas długiego, kilometrowego marszu w każdą stronę po ażurowych kratkach pomostu roboczego (fot. 11). Stąd mogliśmy obejrzeć konstrukcję mostu „od podszewki”: pręty główne dźwigara kratowego, stężenia poprzeczne (fot. 11 i 12), połączenie prętów na śruby sprężające (fot. 13), korytkowe uźbrowanie pomostu ortotropowego (fot. 14), tłumiki drgań poprzecznych przęsła na podporze pylonowej (fot. 15), wózek rewizyjny (fot. 16), kompensacje rurociągów (fot. 17) i wiele innych ciekawych szczegółów.



Rys. 3. Schemat konstrukcji nośnej mostu Akashi Kaikyo [2]

a)



b)



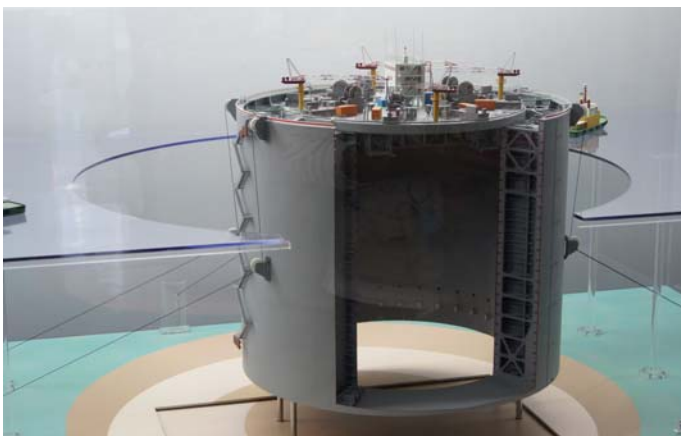
Fot. 9. Most Akashi Kaikyo: a) widok mostu od strony północnej – z pod przyczółka na wyspie Honsiu, b) widok jednej z głowic pylonów



Fot. 11. Przejście robocze w poziomie dolnego pasa kratownicy przęsła



Fot. 12. Węzły prętów głównych i stężeń



Fot. 10. Jeden z eksponatów z prezentacji wykonania mostu – model kesonu, na którym ustawiono pylon



Fot. 13. Śrubowe połączenia prętów kratownicy przęsła



Fot. 14. Widok na uźebrowanie pomostu ortotropowego



Fot. 17. Kompensacje rurociągów



Fot. 15. Tłumiki poziomych drgań poprzecznych konstrukcji przęsła na podporze pylonowej

Dalsza droga na szczyt pylonu wiodła, na szczęście, windą. Pokonanie ćwierćkilometrowej różnicy poziomów schodami w tak licznej grupie byłoby praktycznie niemożliwe. Ze szczytu pylonu otwierały się szerokie horyzonty. Byliśmy kilkadziesiąt metrów wyżej niż iglica Pałacu Kultury w Warszawie, a przejrzyste powietrze pozwalało dostrzec nawet zabudowania miasta Osaka na końcu morskiej zatoki, odległe o dwie... trzy dziesiątki kilometrów.

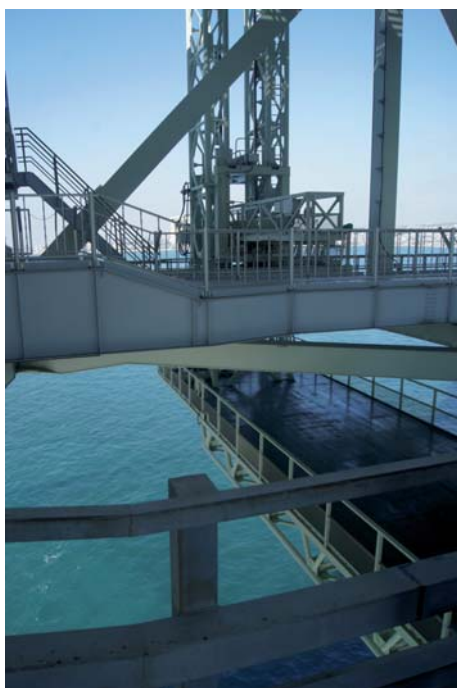
a)



b)



Fot. 18. Widoki ze szczytu pylonu: a) w kierunku wyspy Awaji, b) w kierunku miasta Kobe



Fot. 16. Wózek rewizyjny do oględzin i napraw

Blizsze widoki byly nie mniej piekne, a dla mostowcow – bardziej interesujace i byc moze dla niektorych pierwszy raz dostepne z tak malej odleglosci: szczegoly zwiezczenia pylonu, ogladany z gory pomost (fot. 18), liny nozne i zamocowania wieszakow do nich (fot. 19), a takze liny parciane nawinięte spiralnie na wieszaki – stanowiące zabezpieczenie przed powstaniem rezonansu drgan wieszakow (fot. 20).



Fot. 19. Zamocowanie wieszaków do liny nośnej



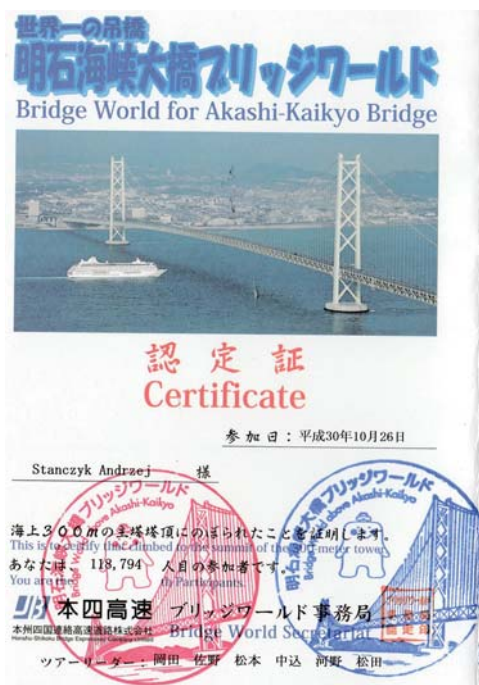
Fot. 20. Liny spiralne do tłumienia drgań wieszaków

Wizytę na pylonie kończyło pozowanie do wspólnego zdjęcia nad stosowną tablicą, zjazd windą i kilometrowa droga powrotna do przyczółka. Jakież było nasze zdziwienie, gdy przy oddaniu kasków w sali wykładowej czekały już na każdego z nas: odbitka grupowej fotografii z pylonu i certyfikat poświadczający wizytę na moście (fot. 21). Trzeba podziwiać tę szybkość działania, ale też i otwartość Gospodarzy, bo na pytanie o utrzymanie mostu dostaliśmy kartkę z podaniem harmonogramu i zakresu inspekcji.

Koszt budowy mostu Akashi Kaikyo wyniósł ok. 5 mld USD. Zbudowano go na terenie sejsmicznym, nawiedzanym przez częste tajfuny. Siły przyrody dały o sobie znać już podczas budowy – wielkie trzęsienie ziemi z epicentrum w pobliskim Kobe oddaliło od siebie pylony o 92 cm. 12 kwietnia 1998 roku, po dwunastu latach budowy most oddano do użytku i od tamtej pory przoduje on pod wzglę-



Fot. 21. Zbiorowe zdjęcie uczestników wyprawy na pylonie mostu Akashi Kaikyo



Fot. 22. Certyfikat poświadczający wizytę na moście Akashi Kaikyo

dem rozpiętości przęsła głównego – żaden inny most na świecie nie ma tak dużej odległości między sąsiednimi filarami. Wyposażony jest w tłumiki drgań wzbudzanych przez trzęsienia ziemi i wiatr i może wytrzymać wstrząsy sejsmiczne o sile do 8,5 stopnia w skali Richtera. Wydłużenia mostu w ciągu doby mogą osiągnąć dwumetrową wielkość i są kompensowane przez specjalne mechanizmy dylatacyjne.

Liny nożne zwinęto z 36830 stalowych drutów o średnicy 5,24 mm. Granica plastyczności stali drutów 1800MPa. Każdy z dwóch głównych kabli, złożonych z pojedynczych lin ma średnicę 112,5 cm i nośność 6 mln ton. Zabezpieczono je przed korozją powlekając warstwą gumy. Kilkometrowe odcinki takiego kabla złożonego z lin upakowanych jak sardynki w puszcze, wystawiono w muzeum i przy przyczółku po stronie miasta Akashi (fot. 23). Jak na most o rekordowej

rozpiętości nie wyglądają one przytłaczająco. Liny pilotażowe służące do przeciągnięcia pojedynczych lin nośnych przeciągnięto przy użyciu helikoptera.



Fot. 23. Przekrój lin głównego ciężna

Prędkość przejazdu samochodów na moście projektowaną na 100 km/h ograniczono do 80 km/h. Zrezygnowano z poprowadzenia torów kolejowych, co pierwotnie planowano.

Od zmierzchu do północy most jest podświetlany zmiennymi kolorami przez ponad tysiąc par lamp, czego nie udało się nam doświadczyć, bo z mostu udaliśmy się pociągiem wprost na lotnisko i tak skończyła się nasza przygoda z Japonią.

Wrażenia z wyprawy – nie tylko w zakresie mostownictwa – pozostaną niezapomniane. Najsilniejszym i najłatwiej dostrzegalnym jest gęstość zaludnienia i zabudowy. Japończyków, na terytorium niewiele większym niż Polska, jest trzy i półkrotnie więcej niż mieszkańców naszego kraju – średnio 333 osoby na 1 km², ale rozmieszczenie to nie jest równomierne. Na obszarze, który zwiedzaliśmy – między Tokio, Nagoją i Osaką stanowiącym 13% powierzchni kraju, żyje połowa jego mieszkańców – prawie 1300 osób

na 1 km². Jest to dziesięciokrotnie więcej od średniego zaludnienia Polski! Brak wolnych terenów jest tak dotkliwy, że np. nie ma miejsca na pastwiska, a produkty mleczarskie trzeba sprowadzać z innych krajów.

Szokują rozwiązania komunikacyjne powszechnie stosowane także w innych krajach azjatyckich: wiadukty drogowe i kolejowe prowadzące ruch nad terenem, kilka metrów od okien budynków, nierzadko bez jakichkolwiek zabezpieczeń akustycznych, podczas gdy u nas stawiamy ekrany nawet przy oplotkach zapadłych wiosek.

Podziw budzi wielość linii tokijskiego metra – zasięg i szybkość ich zbudowania mimo trudnych warunków geologicznych – wodnych, które można zgadywać porównując wyniesienie terenu nad poziom morza, z zagłębieniem tuneli. Także koleje jeżdżące z prędkością 400 km/h i minutową dokładnością, co wymusza sprawne wchodzenie do wagonów na stacjach.

Upodobniają nas dziwactwa przy powitaniach i pożegnaniach: u Japończyków przejawia się to niekończącymi się ukłonami bez podawania ręki, a u nas potrząsaniem w nieskończoność dłoni witanego lub żegnanego.

Ale podziwu godne są tam: uprzejmość i nieuzewnętrznianie emocji przez Japończyków. Nie zdarzyło się nam dostrzec ich niezadowolonych z powodu naszego zachowania na peronach i w wagonach. Tej delikatności i wrażliwości mogliśmy się spodziewać pamiętając m. in. sukcesy japońskich pianistów w Konkursie Chopinowskim, ale – co zdarzyło się na jednej ze stacji kolejowych – żeby utwory naszego rodaka brzmiały przez głośniki dla oczekujących na peronie – tego nie doświadczymy nawet w ojczyźnie kompozytora.

Jednakże – mimo zachwyty – nie starajmy się być „drugą Japonią”. Kochajmy nasze wady.

Bibliografia

- [1] <https://www.google.pl/maps/@34.3085056,133.8810409,9.3z?hl=pl>
- [2] Opracowanie własne autora artykułu na podstawie folderu reklamowego rozdawanego w muzeum budowy mostu



JACEK ALENOWICZ

Politechnika Gdańska
jacek.alenowicz@pg.edu.pl

Badania i ocena właściwości granulatu asfaltowego stosowanego w recyklingu na gorąco w otaczarkach

Destrukt asfaltowy stanowi cenny materiał, którego wykorzystanie niesie za sobą korzyści ekonomiczne i wpływa korzystnie na ochronę środowiska naturalnego. Badania destruktu i pochodzącego z niego granulatu asfaltowego muszą pozwolić

na określenie jakości tych materiałów, przede wszystkim pod względem właściwości kruszywa, asfaltu oraz jednorodności. Wiarygodna informacja, dotycząca właściwości granulatu asfaltowego jest konieczna do zaprojektowania mieszanki mineralno-asfaltowej z zawartością tego składnika.