



Rys. 16. Prototypowy wózek do montażu anteny sprzężonej z powietrzem

Bibliografia

- [1] Amer-Yahia C. i Majidzadeh T., 2014, "Approach to identify misaligned dowel and tie bars in concrete pavements using Ground Penetrating Radar", Elsevier, Case Studies in NDT & E, volume 2, pages 14-26;
- [2] David J., D., 2007, "Ground Penetrating Radar, 2nd edition", IET Radar, Sonar, Navigation and Avionics, series 15, London;
- [3] Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad, 2014, „Katalog Typowych Konstrukcji Nawierzchni Sztywnych”;
- [4] Hoegh K., Khazanovich L., Yu H.T., 2011, "Ultrasonic Tomography Technique for evaluation of concrete pavements", Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, no. 2232, pages 85-94;
- [5] Jol H., M., 2009, "Ground Penetrating Radar: Theory and Applications", Elsevier Science, Amsterdam;
- [6] Karczewski J., Ortyl Ł. i Pasternak M., 2011, Zarys metody georadarowej, Wydawnictwo AGH, Kraków;
- [7] Khazanovich L., 2011, "Dowel and tie bars in concrete pavements joints: theory and practice", University of Minnesota;
- [8] Lachowicz J. i Rucka M., 2017, Diagnostyka żelbetowej kładki dla pieszych z zastosowaniem metody georadarowej, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska, Politechnika Gdańska;
- [9] Lalague A., 2015, "Use of Ground Penetrating Radar for Transportation Infrastructure Maintenance", Doctoral Thesis at Norwegian University of Science and Technology, Trondheim;
- [10] MIT-Scan2-BT, 2018, „System do nieniszczących precyzyjnych pomiarów położenia dybli w drogach i nawierzchniach betonowych”, materiały producenta;
- [11] Rucka M. i Lachowicz J., 2018, Identyfikacja prędkości fali elektromagnetycznej w przegrodach budowlanych diagnozowanych metodą georadarową, Czasopismo Materiały Budowlane, nr 12/2018;
- [12] Saarenketo T., 2006, "Electrical properties of road materials and subgrade soil and the use of Ground Penetrating Radar in traffic infrastructure surveys", Doctoral Thesis at University of Oulu;
- [13] Seruga A., Seruga T. i Juliszewski L., 2011, Dyble w drogach nawierzchniach betonowych, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej;
- [14] Shaw M., 2005, "Location of steel reinforcement in concrete using Ground Penetrating Radar and neural networks", Elsevier, NDT & E International, volume 38, issue 3, pages 203-212;
- [15] Yelf R., Yelf D., 2004, "Where is true time zero?" Conference: Ground Penetrating Radar GPR 2004, Australia.



ANDRZEJ STANCZYK

Warbud SA
stanczyk.andrzej@neostrada.pl

Tunel drogowy pod Zatoką Tokijską

Imponujące i powszechnie doceniane są te osiągnięcia japońskiego mostownictwa, które można obejrzeć, dotknąć i zmierzyć, ale nie mniej fascynujące są też te budowle komunikacyjne i ich części, które

są niedostępne i niewidoczne dla obserwatorów – ukryte pod powierzchnią wody lub gruntu. Można było przekonać się o tym podczas wykładu poprzedzającego zwiedzanie mostu Akashi Kaykio, gdy na ekranie przewijały się kolejne fazy opuszczania i zagłębienia w dno morskie studni-kesonów i budowy na nich pylonów. Jeszcze bardziej dobitnym przykładem tego jest tunel drogowy pod Zatoką Tokijską – Tokyo Wan Aqua-Line, skracający przejazd ze stolicy na półwysep po przeciwnej stronie zatoki.

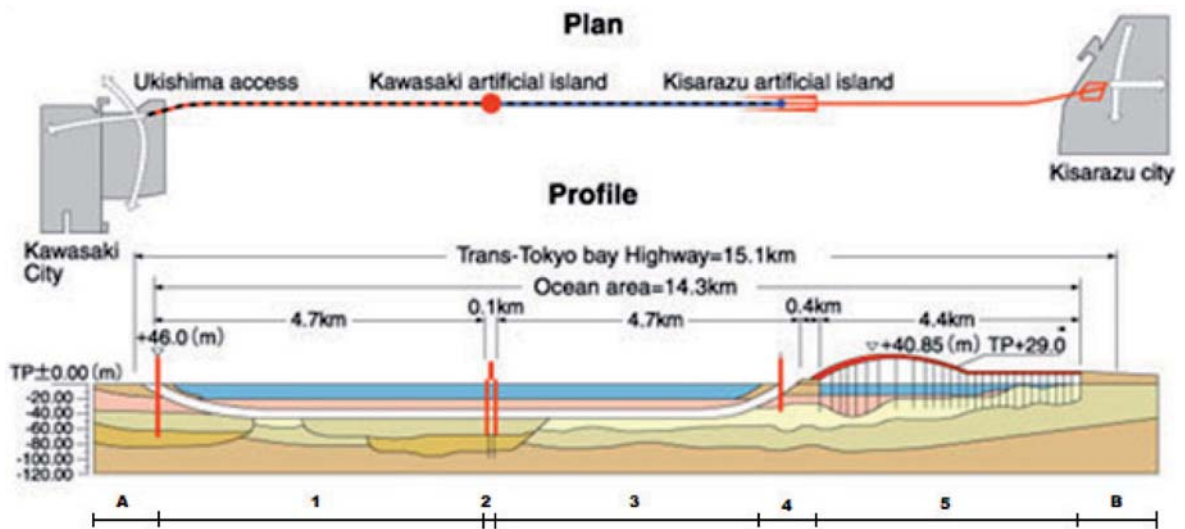
Zanim go wybudowano, utrzymywała się znaczna nierównomierność zaludnienia brzegów Zatoki. Średnia gęstość zamieszkania w zatłoczonym Tokio wynosiła w końcu ubie-

głego wieku – bezpośrednio przed otwarciem tunelu – około 13 tysięcy osób na km² [1]. Znacznie luźniej był zasiedlony półwysep po przeciwnej, wschodniej stronie zatoki, na który można było dostać się pokonując stukilometry objazd drogami wokół zatoki. Ten stan nierównowagi trwał od lat, więc od dawna przemyślano o budowie połączenia drogowego wprost przez zatokę, łączącego wybrzeża kilkudziesięciokilometrową przeprawą.

Koncepcję przeprawy pod dnem zatoki dyskutowano już w 1955 r. jako część planu rozwoju Zatoki Tokijskiej. W 1966 r. rozpoczęto badania nad możliwościami wykonania, a od 1975 r. trwały prace projektowe. Roboty budowlane rozpoczęto w maju 1989 r., a całość budowli otwarto w grudniu 1999 r.

Poszczególne elementy przeprawy pokazano na rysunku 1, składają się na nią: most dojazdowy (5) o długości 4,4 km od strony półwyspu, prowadzący na sztuczną wyspę (4), na której przeprawa przechodzi w podmorskie tunele (3) i (1), przedzielone w połowie drugą sztuczną wyspą (2), gdzie

Rys. 1. Układ budowy przeprawy przez Zatokę Tokijską (schemat z Internetu): A – przeprawa od strony miasta Kawasaki – satelity Tokio; 1 – tunel Kawasaki; 2 – sztuczna wyspa Kazenotou; 3 – tunel Centralny; 4 – sztuczna wyspa Umihotaru; 5 – most dojazdowy niski i wysokowodny; B – przeprawa od strony miasta Kisarazu na półwyspie [2]



a)



b)



Fot. 1. Wieże wentylatorni na wyspie Kazenotou: a) w oddali (w samym środku zdjęcia), b) w zbliżeniu

umieszczono wentylatornię. Nowa trasa ma parametry dwupasmowej autostrady (z możliwością poszerzenia o dodatkowe pasy ruchu) biegnącej w oddzielnych tunelach. Jest jedną z najdroższych zrealizowanych inwestycji państwowych. Koszt budowy przeprawy przekroczył 11 miliardów dolarów.

Prace budowlane rozpoczęto w środku zatoki od utworzenia sztucznej wyspy (2) Kazenotou („Wieża Wiatrów”) okrągłej w planie, o średnicy 195 m. Najpierw na jej obwodzie wbito pale ze stalowych rur średnicy 1,0 m na głębokość 32 m poniżej dna, wypełniono je piaskiem i ustabilizowano preparatem przenikającym do podłoża, wchodzącym w reakcję z gruntami i odpornym na agresywne środowisko morskie. Następnie dziesięć koparek wykonało szyb o średnicy 98 m, głęboki na 75 m, z którego rozpoczęto drążenie tuneli w obu kierunkach. Na wyspie wzniesiono dwie wieże do wyrzutu i czerpania powietrza, wystające na 81 m i 96 m nad wyspę (fot. 1) i zainstalowano urządzenia do zdalnej kontroli stabilności wyspy. Do wnętrza szybu wstawiono betonowe bloki, które połączono przez zabetonowanie, tworząc stanowiska startowe „kombajnów” wykonujących tunele.

Tunele będą 20 m pod dnem morza, które tu ma głębokość ok. 8 metrów. Wykonano je przy użyciu tarcz o największej na świecie średnicy 14,14 m. Łącznie w okresie budowy pracowało osiem tarcz, drążąc tunele z przeciwnych kierunków. Trudności tyczenia osi tuneli pokonano w mistrzowski sposób, bo odchyłki w miejscu spotkania były minimalne i wynosiły od 4 mm do 11 mm.



Fot. 2. Sztuczna wyspa Umihotaru, w głębi most dojazdowy z Kisarazu



Fot. 3. Most dojazdowy z Kisarazu na sztucznej wyspę Umihotaru

Samo połączenie wykonano po zamrożeniu odcinka dzielącego przodki tuneli i wycofaniu maszyn.

Obszar Wysp Japońskich podlega oddziaływaniom sejsmicznym, które mogą prowadzić do przemieszczenia gruntów wokół tuneli. Pylony nieodległego mostu Akashi Kaykio oddaliły się od siebie po wstrząsach podczas budowy prawie o 1 m. W stykach segmentów tunelu muszą więc znajdować się uszczelki odporne na przewidywane przemieszczenia. Podobne zabezpieczenia szczelności stosowano na kontrakcie budowy metra w Algierze wykonywanego przez górników z Lubina, gdzie podczas trzęsień ziemi osuwały się zbocza w poprzek tunelu, ale tam biegł on powyżej poziomu morza i uszczelki podlegały oddziaływaniu tylko ciśnienia wód gruntowych.

Wizytówką i symbolem przeprawy Tokyo Wan Aqua-Line jest sztuczna wyspa Umihotaru („Światlik Morski”), nazwana tak od niewielkiego skorupiaka świecącego w ciemności. Na niej most przechodzi w tunel, znajdują się tu wielopiętrowe parkingi, obiekty handlowe, usługowe i wypoczynkowe. Wyspa ma kształt statku o wymiarach w planie: w poziomie wody 170 × 750 m i powyżej w poziomie jezdni drogowej 100 × 650 m. Można stąd obejrzeć i most prowadzący z Kisarazu na półwyspie, i daleką „Wieżę Wiatrów” (fot. 2).

I wreszcie most dojazdowy do tunelu o długości 4384 m, 11-przęsłowy, ciągły, który nad trasą statków morskich wyniesiono do 27 m nad lustro wody (fot. 3). Widziany ze „Światlika Morskiego” uwytkła się w pionie i spłaszczła w poziomie, jakby oglądany przez soczewkę o różnych ogniskowych. Poprawna perspektywa wymagałaby oglądania go ze statku.

Inwestycja ta była jednym z najdroższych przedsięwzięć komunikacyjnych w Japonii. Oczywiście jest więc, że jest płatna, jak zresztą wszystkie autostrady w Japonii. Czy jednak właściwe tu jest pojęcie – autostrada, które nam kojarzy się z możliwością bardzo szybkich przejazdów? Japończycy tak cenią bezpieczeństwo, że na drogach lokalnych prędkości dozwolone nie przekraczają 30–40 km/h, a na drogach ekspresowych 80 km/h. Tylko pociągi Shinkansen pędzą z zawrotną prędkością. Wśród założeń projektu Aqua-Line jedno zawiodło zupełnie, na szczęście nie dotyczyło ono problemów inżynierskich, a „tylko” zwrotu kosztów inwestycji. W pierwszych dwóch latach użytkowania tej przeprawy ruch na niej nie przekraczał 29% przewidywanego. W trzecim roku, po obniżeniu kosztów przejazdu, wzrósł do 38%, ale nadal projekt ten przynosi

straty. Podobne przypadki są i w Europie. Na szczęście inżynierowie potrafią dokładniej przewidzieć techniczne zachowania konstrukcji, aniżeli ekonomiści – jej amortyzację. Sprawdziły się natomiast prognozy zmniejszenia gęstości zaludnienia Tokio i to znacznie – co jest związane w niemałym stopniu z urbanizacją półwyspu.

Bibliografia

- [1] Popularna Encyklopedia Powszechna, Kontynenty i Państwa, Azja, t. 1, Wyd. Fogra, Kraków i Bertelsman Warszawa 2001.
- [2] https://www.google.pl/search?q=tunel+w+tokio&tbm=isch&bo=u&source=univ&sa=X&ved=2ahUKEwjE7J22gLfAhWyk-4sKHddGA4MQ7Al6BAGAEA0&biw=1320&bih=660#imgsrc=jOHoEdqXpnW_GM:&spf=1547631725597