

Betonowy most przez
Odrę w Opolu z przęsłem
rozpiętości 100 m



fol. Michał Braszczyski

Czy beton ma przyszłość w mostownictwie?

„Inwazja” betonu w rejony jeszcze przed mniej więcej dekadą „zastrzeżone” dla stali wynika z przesłanek technicznych i ekonomicznych – rozwój technologii betonu pozwolił na otrzymywanie tworzywa konstrukcyjnego o bardzo wysokich cechach wytrzymałościowych i jednocześnie o wysokiej trwałości, tworzywa nie wymagającego tak kosztownych zabezpieczeń antykorozyjnych, jak stal – pisze prof. Wojciech Radomski.

Redakcja „Budownictwa, Technologii i Architektury” poprosiła mnie o odpowiedź na postawione w tytule pytanie, traktując to jako głos w zainicjowanej zupełnie niedawno na łamach kwartalnika dyskusji na temat także sformułowany w formie pytania – „Dlaczego beton ma przyszłość?”. Bardzo jestem Redakcji zobowiązany za tę propozycję, co więcej, czuję się nią naprawdę zaszczycony. A samą inicjatywę podjęcia dyskusji uważam za bardzo pożyteczną. Mało jest takich inicjatyw w polskim życiu naukowym i technicznym. Dlatego, odkładając nawet inne zobowiązania, chętnie przekazuję swoje refleksje na zadane pytanie.

Wspomnianą dyskusję rozpoczął nader interesującą i świetnie uargumentowaną wypowiedzią prof. Lech Czarnecki (por. nr 3/2003). Z jego poglądami na historię i terażniejszość betonu, z których wywodzi prognozy dalszych losów tego materiału oraz uwarunkowań (także intelektualnych, badawczych i demograficznych) jego rozwoju, nie sposób się nie zgodzić, w pełni je podzielam. W podsumowaniu stwierdził, że: „Otóż beton, aby mieć przyszłość, musi się zmieniać! Tak zresztą było dotychczas”. Całkowita racja!

Niemniej oczywiste dla pierwszego dyskutanta słowo „dlaczego” pozwalał sobie jednak zmienić na mniej pewne siebie „czy” (to odróżnienie wynika z kilku wstępnych zdań wypowiedzi prof. Lecha Czarneckiego – koniecznie trzeba znać ten tekst, do którego będą

tu odniesienia). Ta zamiana „dlaczego” na „czy” ma moim zdaniem merytoryczne uzasadnienie. Prof. Lech Czarnecki wypowiadał się o przyszłości betonu jako materiału budowlanego, nie egzemplifikując obszarów jego zastosowań; była to wypowiedź o przyszłości betonu w ogóle i to w skali globalnej. To jest bardzo dobra podstawa do kontynuacji dyskusji, bardziej już szczegółowej, dotyczącej także i uwarunkowań krajowych. Moja wypowiedź nie ma zatem tak ogólnego odniesienia, jest ograniczona do określonego obszaru aplikacyjnego – do mostownictwa. W tej dziedzinie budownictwa występują wprawdzie te wszystkie uwarunkowania, na które wskazał prof. Lech Czarnecki, ale są również i inne, które wymagają zapytania ze słowem „czy” i zastanowienia się, jakie są prognozy zastosowań betonu w konstrukcjach mostowych, a nie uzasadnienia „dlaczego” beton ma przyszłość. W tym stwierdzeniu nie ma najmniejszej dozy krytyki, jest tylko dążenie do innego ujęcia wypowiedzi, nawiązującej do uwarunkowań mostownictwa właśnie.

Podstawowe czynniki wpływające na wybór materiału konstrukcyjnego mostów

O materiałowych uwarunkowaniach mostownictwa można by napisać opasłe tomy, ale tu z oczywistych względów ograniczymy się do możliwie najbardziej syntetycznego ujęcia tego tematu, niezbędnego do zastanowienia się nad przyszłością zastosowań betonu do budowania konstrukcji mostowych.

Otóż w największym skrócie o wyborze rozwiązania materiałowego danego obiektu decydują (lub decydować powinny) następujące czynniki:

- wymagane rozpiętości przęsłowe i będący w dużej mierze konsekwencją tego wymagania układ konstrukcyjny oraz skala obiektu
- rodzaj przeszkody i warunki gruntowe (w tym także podatność na wpływy sejsmiczne)
- przeznaczenie mostu (np. drogowy lub kolejowy) i warunki eksploatacji (poziom obciążenia)

użytkowych, intensywność ruchu, lokalizacja, stopień agresywności środowiska etc.)

- wymagana trwałość obiektu
- możliwe do racjonalnego zastosowania technologie wykonawcze oraz kwalifikacje przedsiębiorstw wykonawczych
- koszty budowy z uwzględnieniem kosztów materiałowych i czasu wykonania obiektu
- koszty eksploatacji z uwzględnieniem okresu użytkowania obiektu.

Truizmem, ale ważnym, jest stwierdzenie, że wszystkie wymienione czynniki, wzajemnie zresztą od siebie zależne, wymagają indywidualnej analizy w każdym konkretnym przypadku. Ograniczymy się jednak tu do najważniejszych ze względu na wybór materiału konstrukcyjnego, a więc: rozpiętości przęsłowych, wymagań co do trwałości obiektu oraz kosztów jego budowy i eksploatacji z uwzględnieniem kosztów materiałowych i czasu. Przyjmując za podstawę te właśnie czynniki będziemy dalej starać się sformułować przyszłe losy betonu w mostownictwie.

Od razu trzeba stwierdzić, iż nie jest tak, że beton nie ma w mostownictwie żadnej konkurencji – są przecież stale konstrukcyjne, stopy aluminium lub – od stosunkowo niedawna – kompozyty syntetyczne z różnego rodzaju włóknami (np. polimery zbrojone włóknem węglowym, ang. carbon fibre reinforced polymer, w powszechnie już używanym skrócie CFRP). To właśnie dążeniem do lekkości konstrukcji i podniesieniem ich trwałości, a także szybkością montażu motywowane jest wprowadzanie do mostownictwa owych kompozytów polimerowych. Równie dobrze jak o przyszłości betonu można by dyskutować o przyszłości stali, przytaczając argumenty analogiczne do użytych w cytowanym już wielokrotnie głosie prof. Lecha Czarnieckiego (np. o mniej energochłonnych metodach produkcji stali konstrukcyjnej, aspektach ekologicznych i społecznych etc.). Problem zatem polega tylko na tym, czy i jak beton potrafi sprostać tej konkurencji teraz i będzie potrafił w przyszłości. Dzięki czemu tak się może stać?

Konkurencyjności betonu w stosunku do innych materiałów konstrukcyjnych w mostownictwie nie można wprawdzie rozpatrywać w oderwaniu od tzw. warunków lokalnych (nawet w skali poszczególnych krajów), ale można wskazać na pewne wyraźne tendencje rozwojowe w stosowaniu betonu w mostownictwie i z nich wyciągnąć wnioski.

Tendencje rozwojowe stosowania betonu w mostownictwie

– aspekty techniczne i ekonomiczne

1. Mosty o małych i średnich rozpiętościach przęseł

Beton od samych początków swego nowożytnego zaistnienia (tj. od patentu Josepha Aspdina w 1824 roku) był stosowany w mostownictwie. Jest najczęściej stosowanym materiałem konstrukcyjnym. W większości krajów mosty z betonu stanowią od 60% do 80% (w Polsce nieco ponad 70%) ogólnej liczby budowli mostowych. W zakresie obiektów o małych i średnich rozpiętościach przęseł (a więc umownie do 60 m) wskaźnik ten jest jeszcze wyższy, bo wynosi około 90%. Jest to tendencja od dawna trwała i nie ma podstaw, aby nastąpiły w niej istotne zmiany w najbliższej dekadzie. Mimo iż pozycja betonu nie jest tu zagrożona, to jednak wypada nadmienić, że konkurencja nie śpi. Na

przykład w USA opracowany już jest i eksperymentalnie wdrażany system małych mostów wykonanych częściowo (pomosty) lub całkowicie z elementów kompozytowych z włóknami. Ponadto, rozwijane są zespolone konstrukcje mostowe o małych i średnich rozpiętościach przęsłowych (w przedziale od 20 do 50 m), mające stalowe dźwigary główne i betonowe płyty pomostu. Przykładem tego mogą być choćby długie estakady w ciągu tzw. nowych Alei Jerozolimskich w Warszawie.

W konstrukcjach zespolonych udział betonu jest rzecz jasna znaczny, ale nie dominujący. Argumentem budowania przęseł zespolonych typu „stal-beton” jest szybkość i stosunkowa łatwość montażu, co zwłaszcza w warunkach aglomeracji miejskich może mieć (i często ma) decydujące znaczenie.

W nawiązaniu do wspomnianego już stwierdzenia prof. Lecha Czarnieckiego o potrzebie modyfikacji betonu w imię jego istnienia w przyszłości, warto zwrócić uwagę, że wyraźnie zauważalną tendencją jest wprowadzanie nowych odmian betonu nawet do budowy stosunkowo małych obiektów (tak dzieje się na przykład w Niemczech). Dotyczy to przede wszystkim stosowania betonów wysokojakościowych (zwanych powszechnie wysokowartościowymi, BWW, ang. high strength/high performance concretes, HSC/HPC) o kruszywie naturalnym i sztucznym (a więc betonów lekkich), a także betonów samozagęszczonych (ang. self compacting concrete, SCC), zwykłej i wysokiej wytrzymałości, niekiedy z dodatkiem włókien, na ogół stalowych.

Stosowanie BWW prowadzi do oszczędności ekonomicznych, mimo iż ich cena jednostkowa jest wyższa od cen jednostkowych betonów tradycyjnych o normalnej wytrzymałości (od około 15% do 25%). Wynika to z mniejszej na ogół kubatury elementów konstrukcji wykonanych z BWW (nawet do 30%) oraz znacznie większej trwałości tego materiału, a także przyspieszenia cykli wykonawczych (wysoka tzw. wczesna wytrzymałość BWW). Wobec dużej liczby budowanych mostów o małych i średnich rozpiętościach przęseł, korzyści wynikające z użycia BWW mogą być szczególnie znaczące, także – może przede wszystkim – w uzyskaniu znacznie trwalszej konstrukcji.

W tym miejscu pragnę po raz kolejny przypomnieć, że roboty betonowe w polskim mostownictwie stanowią przeciętnie 16% globalnych kosztów budowy obiektów mostowych, przy czym koszty materiałów i robocizny są w przybliżeniu równe – koszt betonu stanowi więc około 8% sumarycznych kosztów budowy. Zakładając przeto niekorzystnie, że koszty jednostkowe BWW (np. klasy B80) są wyższe nawet o 20% od betonu tradycyjnego (np. B40), oraz że objętość obu betonów w konstrukcji pozostanie taka sama (co znów jest założeniem wysoce niekorzystnym), to sumaryczne koszty budowy wynikające z zastosowania BWW wzrosną tylko o 1,6%, czyli bardzo niewiele.

Betonowy most belkowy Stalma o rekordowym prześle rozpiętości 301 m



Tak niewielkim kosztem można otrzymać konstrukcję mostową o znacznie lepszej trwałości. Jeśli rachunek zostanie przeprowadzony z uwzględnieniem innych korzyści, a więc głównie zmniejszenia kubatury betonu (a więc i ciężaru konstrukcji), co jest w pełni uzasadnione, to okaże się, że w Polsce już teraz stosowanie BWW jest opłacalne. Tendencje światowe całkowicie to potwierdzają. Warto upowszechnić u nas świadomość tej opłacalności.

Mostownictwo jest szczególnie predestynowane także do stosowania betonów samozagęszczonych. Miałem to okazję szczegółowo uzasadniać przy innych okazjach, ostatnio podczas konferencji „MATBUD 2003” w Krakowie, więc nie chcę się powtarzać. Beton samozagęszczony ma moim zdaniem dużą przyszłość – to świetny przykład na to, że „beton musi się zmieniać” i to właśnie – zwłaszcza w ostatnich latach – czyni intensywnie i z powodzeniem.

2. Mosty o dużych rozpiętościach przęseł

Mosty z przęsłami o dużych rozpiętościach najlepiej ilustrują możliwości realizacyjne i materiałowe. W budowaniu takich właśnie mostów widoczne są ostatnio bardzo wyraźne zmiany na korzyść stosowania betonu. Dotyczy to zwłaszcza mostów belkowych, które są stosunkowo najliczniejsze i nadal najczęściej wykonywane.

Najbardziej spektakularnym przykładem możliwości, które daje stosowanie nowych generacji betonu, jest norweski most Stolma (ukończony w 1998 roku), którego główne przęsło ma 301 m i jest w klasie mostów belkowych przęsłem o bezwzględny rekordzie światowym – najdłuższe przęsło belkowego mostu stalowego ma 300 m (most Niteroi w Brazylii, 1974 rok). W moście Stolma zastosowano na znacznej długości rekordowego przęsła wysokojakościowy beton lekki klasy LC60.

Generalnie betonowe mosty belkowe o rozpiętościach przęseł w szerokich granicach od 70 m do 200 m są po prostu tańsze. Jest to potwierdzone przez liczne przykłady światowe (np. francuskie), a także przez kilka przykładów krajowych (np. wykazał to przetarg na most przez Odrę w Opolu o środkowym przęsle rozpiętości 100 m, oddany do użytku w 1999 roku). Jednym z podstawowych celów wprowadzania BWW do budowania we Francji mostów o dużych rozpiętościach przęseł jest wykazanie, że koszt ich wykonania jest ekwiwalentny lub

niższy od konstrukcji stalowych, a koszty utrzymania – znacznie niższe. Znamienym jest, że w budownictwie mostów o szczególnie długich przęsłach (nawet przekraczających 500 m), w tym także konstrukcji podwieszonych, a więc obiektów o skali do stosunkowo niedawna „zarezerwowanej” niejako dla rozwiązań czysto stalowych, udział betonu wzrasta. Na przykład znakomita większość ostatnio wykonanych mostów podwieszonych ma pylony z betonu, zaś przęsła zespolone typu „stal-beton”. Betonowe płyty pomostu są lepsze w eksploatacji od na przykład stalowych płyt ortotropowych, a ponadto dobrze usztywniają stalowe dźwigary i stanowią dla nich swoisty „parasol” ochronny, sprzyjają także tłumieniu oddziaływań dynamicznych oraz zmniejszają hałas, co niekiedy może mieć istotne znaczenia, zwłaszcza na terenach zamieszkałych. Największy całkowicie betonowy most podwieszony na świecie – most Skarnsundet w Norwegii, ukończony w 1991 roku – ma główne przęsło rozpiętości 530 m. W moście tym najbardziej wyężone obszary konstrukcji wykonano z BWW normalnej gęstości. W Polsce budowany jest obecnie we Wrocławiu całkowicie betonowy (z wyjątkiem oczywiście cięgien) most podwieszony o dwóch pylonach i z przęsłem rozpiętości 153 m. Najdłuższe przęsło zespolone typu „stal-beton” w moście podwieszonym to 602 m, należące do chińskiego mostu Yangpu (1993 rok). Warto przypomnieć, że wszystkie niedawno wybudowane w Polsce duże mosty podwieszane (Świętokrzyski i Siekierkowski w Warszawie oraz III Tysiąclecia im. Jana Pawła II w Gdańsku) są też konstrukcjami o przęsłach zespolonych, z betonowym pomostem.

Ta „inwazja” betonu w rejonie jeszcze przed mniej więcej dekadą „zastrzeżone” dla stali wynika z przesłanek technicznych i ekonomicznych – rozwój technologii betonu pozwolił na otrzymywanie tworzywa konstrukcyjnego o bardzo wysokich cechach wytrzymałościowych i jednocześnie o wysokiej trwałości, tworzywa nie wymagającego tak kosztownych zabezpieczeń antykorozyjnych, jak stal.

Trzeba jednak zdawać sobie sprawę, że absolutnie rekordowe rozpiętości przęseł mostów podwieszonych (obecnie most Tataru w Japonii, 890 m, 1999 rok) i wiszących (obecnie japoński most Akashi Kaikyo, 1990,8 m, 1998 rok), to jednak – choćby z uwagi na ciężar własny – domena stali. Beton ma jednak racjonalne ograniczenia stosowania, zależne przede wszystkim od rodzaju konstrukcji, jego schematu statycznego. W mostach belkowych jest to, jak wspomniano, do 200 m (choć światowy rekord to wspomniane 301 m), wyjątkowo więcej w mostach łukowych – do 300 m (choć betonowy rekord, to most łukowy Wanxiang w Chinach, 420 m rozpiętości, 1998 rok), w mostach podwieszonych – do około 400 m (rekord to wymieniony już most norweski z przęsłem rozpiętości 530 m).

Oczywiście mosty o rekordowych przęsłach budowane są incydentalnie. Dzień powszedni mostownictwa to obiekty o małych i średnich przęsłach. Jednak w tych „odświętnych” obiektach, i w tych „powszednich” udział betonu jest wzrastający i nic nie wskazuje, aby inne materiały stanowiły w najbliższej przyszłości poważne zagrożenie zmniejszenia masowości stosowania tego materiału w mostownictwie.

Betonowy most podwieszony Skarnsundet o rekordowym przęsle rozpiętości 530 m



foto: Archiwum

3. Nowe generacje betonów

Przemiany betonu mają swe wyraźne odniesienia aplikacyjne w mostownictwie. Poza wymienianymi już betonami wysokojakościowymi, także lekkimi, oraz betonami samozagęszczonymi powstają ostatnio nowe jeszcze rodzaje betonów, wśród których wymienić należy przede wszystkim betony z proszków reaktywnych oraz betony samozagęszczone z dodatkiem włókien (ductal). Są to sprawy znane, zwłaszcza specjalistom w dziedzinie inżynierii materiałów budowlanych. Obecnie można wytwarzać beton o wytrzymałościach na ściskanie sięgających 400 MPa. Jako egzemplifikację zastosowań tych nowych odmian betonu można wymienić kładkę Sherbrooke w Kanadzie (1997 rok) oraz most Pokoju w Seulu (2002 rok). Oba te obiekty były już opisane i zilustrowane na łamach „Budownictwa, Technologii i Architektury”. Piszę o tym dlatego, by wskazać, że to mostownictwo właśnie jest w wielu przypadkach jednym z pierwszych (jeśli nie pierwszym) „absorbentem” nowych rozwiązań materiałowych, przede wszystkim dotyczących betonów.

4. Trwałość mostów

Za przyszłością betonu w mostownictwie przemawia dodatkowo to, że w ostatnich latach – dzięki postępowi technologicznemu – uległa znacznej poprawie jego trwałość, wyrażana odpornością na różnego rodzaju czynniki agresywne, w tym – zwłaszcza w naszym klimacie – na działanie soli odładzających, a także na karbonatyzację. Pozwala to na obniżenie kosztów eksploatacji obiektów betonowych, bo ogranicza, bądź eliminuje wręcz, potrzebę napraw i remontów wynikających ze słabej odporności betonu na wymienione czynniki. Wiemy, jak częste i kosztowne są działania związane z utrzymaniem należytego stanu technicznego istniejących obiektów, wykonanych z betonów znacznie łatwiej ulegających degradacji. Jest to w mostownictwie problem ogólnosiwiatowy. Warto wspomnieć, że obecnie rozwijana jest na świecie nowa filozofia projektowania – projektowanie na trwałość (ang. durability design), nawiązujące także do zrównoważonego rozwoju. W tym aspekcie dobry beton i technicznie i kosztowo z powodzeniem wygrywa konkurencję z innymi materiałami konstrukcyjnymi, także – póki co – z kompozytami, których cena, aczkolwiek o tendencji zniżkowej, pozostaje jednak wyraźnie wyższa od betonu.

5. Czas budowy i czas eksploatacji

Oba wymienione czynniki są bardzo ważne we współczesnej ekonomice mostowej; czas jest ważną, często decydującą kategorią ekonomiczną. Generalnie, czas budowy (ściślej montażu) konstrukcji stalowej, a zwłaszcza wykonywanej z kompozytów polimerowych z włóknami, jest krótszy od budowy mostu betonowego w technologii „na mokro”; porównywalny jest tylko czas montażu przęseł z betonowych belek prefabrykowanych. Mimo to tzw. cykle wykonawcze w mostownictwie betonowym uległy w ostatnich latach, także dzięki współczesnej technologii betonu, wyraźnemu skróceniu. W stosunkowo najwolniejszej technologii wykonywania dużych przęseł – betonowaniu nawisowym – czas realizacji jednego segmentu, zwykle o długości około 5 m, to tydzień. Czas eksploatacji mostów betonowych, z uwagi na rodzaj materiału



Most Zamkowy w Rzeszowie z łukami rozpiętości 50 m, wykonane z betonu samozagęszczonego

konstrukcyjnego, był i jest określany jako dłuższy od czasu bezremontowej (tj. bez tzw. remontu kapitalnego czy naprawy głównej) eksploatacji obiektów stalowych – jednak warunkiem, aby tak było, jest odpowiednio wysoka jakość betonu oraz należyście zaprojektowany i utrzymywany obiekt. „Zagrożeniem” co do długości owej bezremontowej eksploatacji mogą być w przyszłości tylko kompozyty polimerowe oraz stale wysokojakościowe o cenach jednostkowych wyższych od cen betonu, nawet BWW. Doświadczenia w tej mierze są jednak jeszcze zbyt skromne i krótkie.

W ekonomice mostowej czas przewidywanej eksploatacji jest (albo powinien być!) bardzo ważnym czynnikiem wpływającym na rozwiązania materiałowe. Na ogół wydłużenie czasu gwarantowanej „bezremontowości” wymaga zwiększonych kosztów budowy, szczególnie materiałowych. Zwykle jednak ten zwiększony koszt jest z nadwyżką rekompensowany przez tanią i długą eksploatację. Miara efektywności inwestycji mostowych nie może być prowadzona tylko do skali nakładów inwestycyjnych.

Można zatem śmiało sformułować pogląd, że w konkurencji „cena materiału – czas bezremontowej trwałości” współczesny beton wygrywa z innymi materiałami konstrukcyjnymi.

6. Fundamenty i podpory

Jeżeli wypowiedź dotyczy przyszłości betonu w mostownictwie, to przecież nie można jej ograniczyć do samych przęseł – one przecież oparte są na podporach, a te na fundamentach; to dopiero tworzy całość budowli mostowej.

Mimo iż także w budowaniu podpór, zwłaszcza przyczółków, pojawiły się w latach ostatnich nowe rozwiązania materiałowe (np. przyczółki z gruntu zbrojonego różnego rodzaju geowłókninami), to dominująca pozycja betonu nie jest zagrożona. To samo można odnieść do fundamentów wszelkiego typu.

Trudno sobie wyobrazić, aby beton nie miał przyszłości w wykonywaniu podpór i fundamentów mostowych. Nie znaczy to jednak, że i w tym zakresie zastosowań nie ulega on i nie będzie ulegać żadnym zmianom. Dotyczy to przede wszystkim masywnych fundamentów i podpór dużych mostów, na przykład fundamentów pod pylony mostów podwieszonych. Nadmierne ciepło hydratacji w tych przypadkach może prowadzić do uszkodzeń struktury betonu już we wstępnej fazie ich wykonywania. Wymaga to specjalnych zabiegów technologicznych (np. chłodzenia mieszanki i świeżego betonu, co było stosowane także w Polsce) oraz odpowiedniego doboru składników betonu, także



Betonowy most łukowy Wanxian o rekordowej rozpiętości 420 m w trakcie budowy

pod względem domieszek i dodatków, także tych pozwalających betonowi uzyskać dużą szczelność. Ostatnio zwiększają się wymagania co do odporności betonu filarów mostowych na agresję chemiczną (zanieczyszczenie rzek!) i abrazję (powodzie!). Należy więc zaprojektowany i wykonany beton wszystkim tym zastrzeżonym warunkom potrafi sprostać.

„Świetlana” przyszłość betonu stosowanego do fundamentów i podpór mostowych jest bezdyskusyjna.

Uwagi końcowe

Rozpatrzone uwarunkowania dotyczące przyszłości betonu w mostownictwie, jednoznacznie wskazują, że w zdecydowanie dominującym obszarze mostownictwa beton pozostanie jeszcze długo materiałem niezastąpionym. Wniosek ten koresponduje z treścią wypowiedzi prof. Lecha Czarneckiego, stanowi jej egzemplifikację dotyczącą mostownictwa właśnie.

Tendencje rozwojowe mostownictwa w Polsce są zbieżne z obserwowanymi na świecie. Prognozy światowe – zachowując wszelkie proporcje – odpowiadają więc krajowym. Transfer nowoczesnej technologii betonu i jej własne rozwijanie są szczególnie zauważalne w naszym mostownictwie, co dobrze ilustruje choćby znaczące w skali światowej zastosowanie betonu samozagęszczonego w łukach mostu Zam-

kowego w Rzeszowie (ok. 900 m³, 2002 rok). Na wybór materiału konstrukcyjnego w dużej mierze wpływają relacje cenowe między nimi. Tu prognozy są może trudniejsze od prognoz technicznych, bo uwarunkowania ekonomiczne są zmienne, podlegają też naciskom polityki, także tej światowej. Niemniej nie ma chyba podstaw, aby sądzić, że ceny betonu mogą drastycznie wzrosnąć w stosunku do na przykład cen stali. Przy zachowaniu (nawet z małymi zmianami) obecnych relacji – mosty o małych i średnich rozpiętościach przęseł pozostaną domeną betonu, a – w niektórych, ale stosunkowo licznych przypadkach – beton już stanowi i będzie stanowił poważną konkurencję dla stali w budowaniu przęseł o rozpiętościach nawet kilkusetmetrowych.

Odpowiedź zatem na tytułowe pytanie „czy beton ma przyszłość w mostownictwie?” jest jednoznacznie pozytywna, zarówno w odniesieniu do Polski, jak do świata. Co więcej, owe „czy” – po rozważeniu przedstawionych tu argumentów – jest tożsame z „dlaczego”, na co odpowiedział prof. Lech Czarnecki, rozpatrując przyszłość betonu bez odniesień konstrukcyjnych.

prof. Wojciech Radomski
Politechnika Warszawska

Przewodniczący Związku Mostowców RP

Mosty betonowe i stalowe z przęsłami o największych rozpiętościach

ŚWIAT		POLSKA	
Mosty belkowe		Mosty belkowe	
Beton	Stal	Beton	Stal
1. Stolma, Norwegia, 301 m, 1998 rok	1. Coste e Silva, Brazylia, 300 m, 1974 rok	1. Most Zwierzyniecki przez Wisłę w Krakowie, 132 m, 2001 rok	1. Most przez Wisłę w Krynawie, 142,40 m, 1941/1950 rok (bud./odbud.)
2. Raftsundet, Norwegia, 298 m, 1998 rok	2. Neckartal-1, Niemcy, 263 m, 1978 rok	2. Most Autostradowy przez Wisłę k. Torunia, 130 m, 1998 rok	2. Most przez Parnicę w Szczecinie (nitka północna ¹⁾), 135,3 m, 1987 rok
3. Sundoy, Norwegia, 298 m, 2000 rok	3. Sava-1, Serbia, 261 m, 1956 rok	3. Most przez Odrę w Opolu, 100 m, 1999 rok	3. Most przez Wisłę w Kiezmarmku, 130 m, 1973 rok
Mosty łukowe		Mosty łukowe	
Beton	Stal	Beton	Stal
1. Wanxian, Chiny, 420 m, 1998 rok	1. Lupu, Chiny, 550 m, 2003 rok	1. Most Graniczny przez Odrę w Świecku, 82,30 m, 1997 rok	1. Most Kotlarski przez Wisłę w Krakowie, 166 m, 2001 rok
2. Krk-1, Chorwacja, 390 m, 1980 rok	2. New River George, USA, 518 m, 1977 rok	2. Most przez Sotę w Kobiernicach, 68 m, 1961 rok	2. Most przez Dziwnę w Wolińcu, 165 m, (w budowie)
3. Jiangjhe, Chiny, 330 m, 1995 rok	3. Bayonne, USA, 504 m, 1931 rok	3. Most przez Kanał Odry w Raciborzu, 64 m, 1964 rok	3. Most przez Wartę w Świerkocinie, 90 m
Mosty podwieszane		Mosty podwieszane	
Beton ²⁾	Stal	Beton	Stal ³⁾
1. Skarnsundet, Norwegia, 530 m, 1991 rok	1. Tatara, Japonia, 890 m, 1999 rok	1. Most w ciągu Obwodnicy Śródmiejskiej we Wrocławiu, 153 m (w budowie)	1. Most Siekierkowski przez Wisłę w Warszawie, 250 m, 2002 rok
2. Barrios de Luna, Hiszpania, 440 m, 1983 rok	2. Normandii, Francja, 856 m, 1995 rok	?	2. Most im. Jana Pawła II przez Martwą Wisłę w Gdańsku, 230 m, 2001 rok
3. Skytrain, Kanada, 340 m, 1988 rok	3. Nancha, Chiny, 628 m, 2001 rok	?	3. Most Świętokrzyski przez Wisłę w Warszawie, 180 m, 1999 rok

¹⁾ Nitka południowa ma przeszło rozpiętości 134,7 m, 1997 rok.
²⁾ Podano mosty o całkowicie betonowych pomostach i pylonach
³⁾ Wszystkie wymienione mosty mają pomosty i pylony z betonu – stalowe są dźwigary główne.

Komentarze:
a) Mosty belkowe dużych rozpiętości, to w ostatniej dekadzie domena betonu; beton dzierży tu bezwzględne rekordy światowe.
b) Polska z uwagi na warunki terenowe (brak wysp, cieśnin, wielkich rzek etc.) nie pretenduje do bicia rekordów rozpiętości przęseł