

INŻYNIERIA i BUDOWNICTWO

10
2020

ISSN 0021-0315

MIESIĘCZNIK POLSKIEGO ZWIĄZKU INŻYNIERÓW I TECHNIKÓW BUDOWNICTWA



POLSKI ZWIĄZEK
INŻYNIERÓW I TECHNIKÓW
BUDOWNICTWA



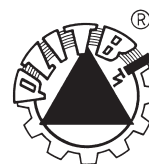
30

Konkurs PZITB
Budowa Roku 2019
edycja XXX

Artykuł na stronie 494

INŻYNIERIA i BUDOWNICTWO

Rok LXXVI (rok założenia 1938)
WARSZAWA, PAŹDZIERNIK 2020



Miesięcznik
POLSKIEGO ZWIĄZKU
INŻYNIERÓW
I TECHNIKÓW
BUDOWNICTWA

10/2020

SPIS TREŚCI

strona

Od redakcji 463

H. Michalak, W. Włodarczyk – Na 80-lecie urodzin dr. inż. Stefana Pyraka, redaktora czasopisma „Inżynieria i Budownictwo” 468

H. Michalak, S. Pyrak, W. Włodarczyk – O czasopiśmie PZITB „Inżynieria i Budownictwo” i jego redaktorach 473

MOSTY

A. Jarominiak – Rozmycia przy przeprawach mostowych 481

ZAGADNIENIA KONSTRUKCYJNE I MATERIAŁOWE

K. Konecki – Lekkie konstrukcje wsporcze urządzeń drogowych, kolejowych i telekomunikacyjnych 490

Z ŻYCIA PZITB

K. Zysk – XXX Konkurs PZITB „Budowa Roku 2019” 494

Nowe władze Polskiego Związku Inżynierów i Techników Budownictwa na kadencję 2020–2024. . . II okł.

KRONIKA

M. Maślak – Śp. Prof. Janusz Murzewski (1928–2020) 503

INFORMACJE

K. Michalak – Drewniana wieża w mieście Urbach, w Niemczech 505

K. Michalak – Pawilon z „bambusa” na Tajwanie 506

K. Michalak – Pawilon Buga Wood w Heilbronn, w Niemczech 507

K. Michalak – Pawilon Buga Fibre w Heilbronn, w Niemczech III okł.

Tematyka czasopisma

Ogólne problemy budownictwa i inżynierii lądowej, teoria konstrukcji, kształtowanie, wspomaganie komputerowe, projektowanie, realizacja, diagnostyka i utrzymanie obiektów budowlanych, inżynierskich i specjalnych, w tym mostów, budowli podziemnych i komunalnych, badania materiałów, elementów i konstrukcji, fizyka budowli, geotechnika, normalizacja, jakość i certyfikacja, kształcenie kadr oraz aktualne sprawy środowiska budowlanego.

Artykuły są recenzowane. Za publikację w czasopiśmie naukowym „Inżynieria i Budownictwo” uzyskuje się 5 punktów (Rozporządzenie MNIŚW z 22.02.2019 r. w sprawie ewaluacji jakości działalności naukowej).

Wydawca

Fundacja PZITB Inżynieria i Budownictwo 00-050 Warszawa, ul. Świętokrzyska 14
Przewodniczący Rady Fundacji prof. dr hab. inż. Kazimierz Flaga, dr h.c. multi

Redakcja

00-637 Warszawa, Al. Armii Ludowej 16, pokój 626A
Politechnika – Wydział Inżynierii Lądowej, tel./fax 22-629-69-86.
e-mail: pzitbinzynieria@neostrada.pl www.inzynieriaibudownictwo.pl
redakcja@inzynieriaibudownictwo.pl www.zgpzibt.org.pl

Kolegium Redakcyjne

Redaktor naczelna prof. dr hab. inż. Hanna Michalak, zastępca redaktora naczelnej dr inż. Stefan Pyrak, sekretarz redakcji mgr inż. Monika Kubisiak, redaktorzy tematyczni: prof. dr hab. inż. Marian Giżejowski, dr hab. inż. Aniela Glinicka – prof. PW, prof. dr hab. inż. Stanisław Kuś – dr h.c., prof. dr hab. inż. Czesław Miedziński, mgr inż. Piotr Rychlewski, prof. dr hab. inż. Anna Siemińska-Lewandowska, prof. dr hab. inż. Tadeusz Urban, prof. dr inż. Wojciech Włodarczyk, redaktor językowy mgr Barbara Gluch, redaktor statystyczny prof. dr inż. Wojciech Włodarczyk. Współpracują: prof. dr hab. inż. Piotr Noakowski (Niemcy), prof. dr inż. Andrzej Nowak – dr h.c. (USA).

Rada Programowa

Prof. dr hab. inż. Anna Halicka (przewodnicząca), prof. dr hab. inż. Jan Bień (wiceprzewodniczący), prof. dr hab. inż. Wiesław Buczkowski, dr hab. inż. Magdalena Dobiszewska (sekretarz), dr hab. inż. Jacek Domski, prof. PK, prof. dr hab. inż. Kazimierz Furtak, dr inż. Roman Gaćkowski, dr hab. inż. Barbara Goszczyńska, prof. PŚk, prof. dr hab. inż. Kazimierz Gwizdała, prof. dr hab. inż. Eugeniusz Koda, prof. dr hab. inż. Aleksander Kozłowski, dr hab. inż. Jolanta Prusiel, prof. PB, dr inż. Teresa Rucińska, prof. dr hab. inż. Leonard Runkiewicz (wiceprzewodniczący), prof. dr hab. inż. Adam Zybura.

Warunki prenumeraty

Zamówienia prenumeraty w wersji elektronicznej należy składać na jednym z wymienionych portali:

www.e-kiosk.pl (http://www.e-kiosk.pl/inzynieria_i_budownictwo),
www.egazety.pl (https://www.egazety.pl/fundacja-pzibt-e-wydanie-inzynieria-i-budownictwo.html),
www.nexto.pl (http://www.nexto.pl/e-prasa/inzynieria_i_budownictwo_p132009.xml)

Cena rocznej prenumeraty w wersji elektronicznej wynosi 125,40 zł (z VAT), cena 1 wydania w wersji elektronicznej 10,45 zł (z VAT).

* * *

Zamówienie prenumeraty w tradycyjnej, papierowej wersji „Inżynierii i Budownictwa” można składać w dowolnym terminie w siedzibie redakcji. Zamawiający może otrzymać czasopismo, począwszy od następnego miesiąca po dokonaniu wpłaty. Zamówienia zeszytów sprzed terminu wpłaty będą realizowane – w miarę możliwości – z zapasów magazynowych.

Cena rocznej prenumeraty normalnej wynosi 259,20 zł (w tym 8% VAT).

Cena rocznej prenumeraty ulgowej dla członków indywidualnych PZITB, Związku Mostowców RP, PIIB oraz studentów wynosi 155,52 zł (w tym 8% VAT).

W przypadku prenumeraty ulgowej jest wymagane podanie (odpowiednio): nazwy oddziału stowarzyszenia; numeru rejestracyjnego w Okręgowej Izbie Inżynierów Budownictwa; nazwy uczelni i wydziału. Faktura za prenumeratę ulgową może być wystawiona tylko na osobę fizyczną.

Wpłaty za prenumeratę w wersji papierowej prosimy dokonywać na konto: Fundacja PZITB Inżynieria i Budownictwo, 00-050 Warszawa, ul. Świętokrzyska 14, Bank Millennium Warszawa, nr 23 1160 2202 0000 0000 5515 9052.

REKLAMY przyjmuje redakcja

Materiały opublikowane w „Inżynierii i Budownictwie” są objęte prawem autorskim i nie mogą być – bez zgody redakcji – rozpowszechniane w żadnej postaci.

Redakcja nie odpowiada za treść zamieszczonych reklam.

Indeks 95132 Cena: 20,00 zł + 8% VAT
ISSN 0021-0315 (wersja pierwotna)



PRZYGOTOWANIE DO DRUKU I DRUK: Drukarnia „LOTOS Poligrafia” sp. z o.o.
www.lotos-poligrafia.pl, tel. 22-872-22-66, fax 22-872-22-68.

MICHALAK H., WŁODARCZYK W.: **Na 80-lecie urodzin dr. inż. Stefana Pyraka, redaktora czasopisma „Inżynieria i Budownictwo”.**

Prezentowano biogram oraz efekty twórczej pracy zawodowej, naukowo-dydaktycznej i społecznej wieloletniego pracownika redakcji czasopisma, jego redaktora naczelnego w latach 1984–2014, członka honorowego Polskiego Związku Inżynierów i Techników Budownictwa.

MICHALAK H., PYRAK S., WŁODARCZYK W.: **O czasopiśmie PZITB „Inżynieria i Budownictwo” i jego redaktorach.**

Podano wybrane informacje dotyczące historii czasopisma, scharakteryzowano sylwetki jego kolejnych redaktorów naczelnych. Przedstawiono obecne uwarunkowania wydawania czasopisma „Inżynieria i Budownictwo” i możliwości kontynuowania jego misji w tych uwarunkowaniach.

JAROMINIAK A.: **Rozmycia przy przeprawach mostowych.**

Nawiązując do mostu Południowego przez Wisłę w Warszawie, scharakteryzowano w artykule problemy rozmycia zagrażających bezpieczeństwu mostów.

KONECKI K.: **Lekkie konstrukcje wsporcze urządzeń drogowych, kolejowych i telekomunikacyjnych.**

Projektowanie konstrukcji smukłych o dużych rozpiętościach lub wysokościach, znacząco obciążonych, wymaga analizy i rozwiązania wielu zagadnień projektowych. Są to m.in.: konieczność oceny wrażliwości konstrukcji na wzbudzenia aerodynamiczne od obciążeń dynamicznych oraz analiza wpływu obciążeń wysokocyklowych na zmęczenie konstrukcji. Przedstawiono wybrane przykłady takich konstrukcji.

MICHALAK H., WŁODARCZYK W.: **For the 80th birthday anniversary of Dr. Eng. Stefan Pyrak, editor of the magazine “Civil Engineering and Building”.**

The paper presents a biography and the effects of creative professional, scientific, educational and social work of a long-term editorial staff member of the journal, its editor-in-chief in 1984–2014, honorary member of the Polish Association of Construction Engineers and Technicians.

MICHALAK H., PYRAK S., WŁODARCZYK W.: **About the PZITB magazine “Civil Engineering and Building” and its editors.**

Selected information about the history of the journal are provided, and the profiles of its successive editors-in-chief are characterized. Demonstrated conditions for publishing the magazine “Civil Engineering and Building” and the possibilities of continuing its mission in these cases are indicated.

JAROMINIAK A.: **Scour at bridge crossings.**

In reference to the South Bridge across the Vistula river in Warsaw, the article describes the problems of scour that threaten safety of the bridges.

KONECKI K.: **Light supporting structures for road, railway and telecommunications infrastructure.**

Designing slender structures with large spans or heights, and at the same time heavily loaded, poses additional challenges for designers. These are for example the need to assess the structure's susceptibility to aerodynamic excitation from dynamic loads and the analysis of the impact of high-cycle loads on fatigue. This article presents selected examples of such structures.



Forum Budowlane
„Budownictwo Zrównoważone”
Płock, 2-3 lipca 2021



Organizatorzy:



Przy współudziale:



Politechnika
Warszawska



Wydział Budownictwa,
Mechaniki i Petrochemii



MAZOWIECKA
OKRĘGOWA
IZBA
INŻYNIERÓW
BUDOWNICTWA



Polski Związek Inżynierów
i Techników Budownictwa
Oddział Płock



POLSKI ZWIĄZEK
INŻYNIERÓW I TECHNIKÓW
BUDOWNICTWA
ODDZIAŁ WARSZAWSKI



INŻYNIER BUDOWNICTWA DLA KLIMATU

FORUM BUDOWLANE „Budownictwo zrównoważone”

W związku z sytuacją epidemiologiczną w trosce o bezpieczeństwo uczestników Forum Budowlane odbędzie się w dniach **2-3 lipca 2021 r. w Płocku**. Organizatorami są: Politechnika Warszawska – Wydział Budownictwa, Mechaniki i Petrochemii w Płocku oraz Mazowiecka Okręgowa Izba Inżynierów Budownictwa. Przewodniczącym Rady Programowej jest dr hab. inż. *Roman Marcinkowski*, prof. PW, a Komitetu Organizacyjnego – dr inż. *Artur Koper*.

W ramach Forum Budowlanego odbędą się:

- Konferencja naukowo-techniczna: „Wyzwania współczesnego budownictwa” o tematyce:
 - Społeczne aspekty budownictwa zrównoważonego (w aspekcie zrównoważonego rozwoju).
 - Efektywność energetyczna w budownictwie.
 - Ochrona środowiska przyrodniczego a budownictwo.
 - Budownictwo energooszczędne.
 - Budownictwo a zmiany klimatu.
 - IoT (ang. Internet of Things) – „Internet rzeczy” w budownictwie.

- SmartCITY (Miasto inteligentne) – wyzwanie czy konieczność?
- Zagospodarowanie materiałów recyklingowych w budownictwie.
- Konferencja: „Usprawnianie procesu inwestycyjnego – efektywność procesów inwestycyjno-budowlanych” o tematyce:
 - Strategiczne kierunki rozwoju budownictwa w Polsce.
 - Programy rozwoju infrastruktury budowlanej na Mazowszu.
 - Projekty rozwojowe miasta Płocka.
 - Technologia BIM w cyklu życia obiektu budowlanego.
 - Wystawa osiągnięć i wyrobów dla budownictwa.
 - Program integracyjno-promocyjny.
 - V Regaty Żeglarskie o Puchar Przewodniczącego MOiB.

Adres Komitetu Organizacyjnego

POLITECHNIKA WARSZAWSKA

Wydział Budownictwa, Mechaniki i Petrochemii

ul. Łukasiewicza 17, 09-400 Płock

tel./fax (24) 262-42-26, e-mail: forum.budowlane@pw.edu.pl

www.fb2020.pw.plock.pl



www.facebook.com/inzynieriaibudownictwo/

Lekkie konstrukcje wsporcze urządzeń drogowych, kolejowych i telekomunikacyjnych

Przedstawiono przykłady lekkich kratowych konstrukcji stalowych oraz omówiono wybrane zagadnienia związane z ich projektowaniem. Większość przedstawionych konstrukcji została zaprojektowana przez autora artykułu, a wszystkie wyprodukowano w Szczecinie, w firmie Saferoad Pomerania. Wspólną ich cechą jest lekkość i mała wartość współczynnika będącego ilorzem masy własnej i sztywności, dzięki czemu są ekonomiczne. Niestety, jedną z negatywnych konsekwencji optymalizacji ciężaru jest zwiększanie smukłości, które powoduje, że te konstrukcje stają się wrażliwe na dynamiczne obciążenia wiatrem oraz podmuchy od przejeżdżających pojazdów. W przypadku konstrukcji lekkich często zachodzi konieczność pracochłonnych analiz dynamicznych oraz sprawdzenia wpływu obciążeń wysokocyklowych na zmęczenie. Jest to niezbędne, aby określić projektowy okres użytkowania tego rodzaju konstrukcji, który w Polsce wynosi co najmniej 25–30 lat.

W celu uniknięcia sytuowania fundamentów w pasie środkowym dzielącym kierunki ruchu rozpiętości bramownic często mają 45–50 m. W roku 2011 w firmie Saferoad zaprojektowano i wybudowano na terenie Polski 323 tego rodzaju bramownice jako elementy systemu poboru opłat viaTOLL (rys. 1). Projektantem prototypów typoszeregów konstrukcji jest autor artykułu, natomiast projekty wykonawcze wykonało biuro MTA z Rzeszowa. Podobny rodzaj konstrukcji zastosowano w Polsce w systemie preselekcyjnego ważenia pojazdów.



Rys. 1. Bramownica systemu poboru opłat viaTOLL (fot. Krzysztof Konecki)

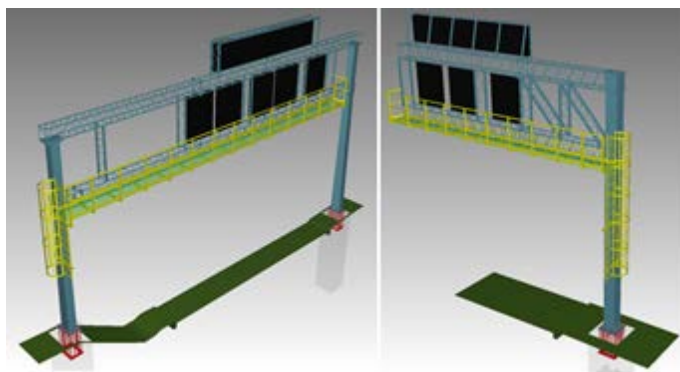
Kolejnym rodzajem są bramownice pod znaki zmiennej treści typu ciężkiego (rys. 2), projektowane głównie na rynek skandynawski. Umieszczenie znaków o masie kilku ton, wysokości często przekraczającej 5 m, usytuowanych na dużych mimośródach nad rygłem (rys. 3), przy jego rozpiętościach dochodzących do 50 m powoduje, że te konstrukcje są szczególnie podatne na oddziaływanie dynamiczne. Z uwagi na to, że konstrukcję wsporcą stanowi lekka i podatna struktura kratownicowa – często skrzętna forma drgań rygła jest pierwszą formą drgań własnych, trudną do wytłumienia ze względu na stosunkowo małą sztywność skrzętną rygła kratowego. W celu zminimalizowania zjawiska skręcania rygła stosuje się podwójne belki (rys. 4).



Rys. 2. Bramownica pod znaki zmiennej treści typu ciężkiego (fot. Krzysztof Konecki)



Rys. 3. Proporcje wielkości znaku zmiennej treści (fot. Krzysztof Konecki)



Rys. 4. Przykład konstrukcji dwurygłowej z elementami kratowymi i pełnościenneymi

Następną grupę stanowią lekkie bramownice pod tablice wielkopowierzchniowe o masie do około 30 kg/m², w których przypadku decydującym obciążeniem jest oddziaływanie wiatru oraz obciążenie podmuchami od przejeżdżających pojazdów (rys. 5).

Wpływ podmuchów (buffeting lub truck-induced wind gusts) ma szczególne znaczenie w przypadku dróg i autostrad dużych prędkości, jeżeli znaki lub pomosty robocze są położone w małej odległości od dopuszczalnej skrajni



Rys. 5. Przykład znaków typu lekkiego dużych rozmiarów (fot. Krzysztof Konecki)

drogi. W polskich normach nie podano wytycznych projektowych dotyczących określania sił od podmuchów, odwołując się tylko ogólnie do konieczności sprawdzenia zmęczenia według normy [2].

W artykule przedstawiono tylko podejście irlandzko-brytyjskie według [3], najczęściej wykorzystywane w projektowaniu. Wynika z niego, że wartości obciążeń od podmuchów są około 54% (AASHTO) mniejsze niż według podejścia amerykańskiego oraz o 65% mniejsze niż to wynika z podejścia holenderskiego (Rijkswaterstaat, 2012). W odniesieniu do autostrad w wytycznych [3] założono 7000 podmuchów dziennie od pojazdów wysokich tylko w przypadku jednego kierunku ruchu, czyli 2,5 mln cykli w ciągu jednego roku. Po uwzględnieniu co najmniej 30-letniego okresu użytkowania taka liczba cykli powoduje, że przy ocenie zmęczenia ma uzasadnienie tylko stosowanie metody bezwarunkowej żywotności według [2]. Wartość ciśnienia P_d [w N/m²] od przejeżdżających pojazdów oblicza się wówczas na podstawie [3] według wzoru

$$P_d = 600h^{-0.25} - 400.$$

Zmienna h jest określana jako jedna z dwóch odległości od najwyższego punktu pojazdu wysokiego:

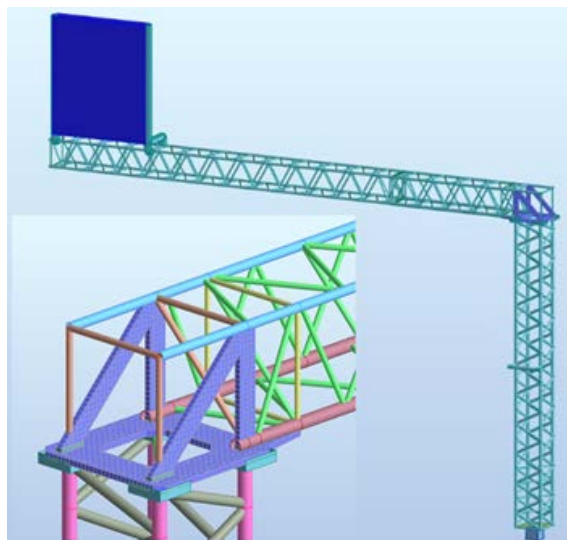
- do dolnej krawędzi poziomej powierzchni konstrukcji (np. pomostu serwisowego);
- do środka punktu ciśnienia w przypadku powierzchni pionowych.

Na podstawie pierwszej wartości określamy obciążenia pionowe, natomiast na podstawie wartości drugiej – obciążenia poziome. Podstawową wysokość pojazdu wysokiego w UK przyjmuje się równą 4,2 m, a w Polsce – 4,0 m.

Należy nadmienić, że badania zjawiska podmuchów od przejeżdżających pojazdów prowadzi się w wielu krajach w związku z pozyskiwaniem energii przekazywanej od tych podmuchów na tablice znaków oraz energii generowanej w wyniku drgań samej konstrukcji.

W przypadku konieczności ochrony konstrukcji przed wspinaniem się na nią osób trzecich są wykonywane zabezpieczenia słupów kratowych odpowiednimi ekranami lub siatkami do wysokości około 3 m bądź stosuje się słupy o przekrojach pełnościennych. Przykład konstrukcji z ryglami kratowymi i słupami pełnościennymi pokazano na rys. 4.

Jeżeli nie ma możliwości wykonania fundamentu w pasie rozdziału, to stosuje się wysięgniki lub długie bramownice nad drogami o dwóch kierunkach ruchu. Wysięgnik jest zazwyczaj rozwiązaniem droższym niż klasyczna bramownica nad jednym kierunkiem ruchu. Jeżeli jednak porówna się koszt wysięgnika i bramownicy nad dwoma kierunkami ruchu, to często okazuje się, że wysięgnik jest tańszy. Na rysunku 6 przedstawiono model obliczeniowy wysięgnika, na którym zamontowano ciężki,



Rys. 6. Model MES wysięgnika, z ciężkim znakiem umieszczonym ponad rygłem

kilkusetkilogramowy znak zmiennej treści w najbardziej niekorzystnym położeniu, tj. nad rygłem.

W przypadku większości bramownic dużych rozpiętości i (lub) takich, na których są zamontowane ciężkie urządzenia w niekorzystnych położeniach, jednym z zadań projektowych jest określenie dynamicznej wrażliwości konstrukcji. Analizy dynamiczne mają na celu określenie wpływu drgań na wartości sił wewnętrznych wskutek wzbudzenia konstrukcji, a także tłumienia i obciążeń wysokocyklowych na zmęczenie, a tym samym na jej trwałość. Częstotliwości drgań własnych omawianych konstrukcji są zazwyczaj stosunkowo małe, często poniżej 1,0 Hz. Z uwagi na częstotliwości drgań podmuchów od przejeżdżających pojazdów wysokich oraz dynamiczny charakter oddziaływania wiatru, jest to przedział niekorzystny. Jedną z bardziej pracochłonnnych jest analiza tłumienia konstrukcji, niezbędna do obliczenia współczynnika konstrukcyjnego c_{scd} . Do obliczeń logarytmicznego dekrementu tłumienia aerodynamicznego jest konieczne określenie wartości masy równoważnej. W przypadku złożonego przestrzennego kształtu konstrukcji takich jak bramownice w normie [1] zalecono stosowanie wzoru F.5 (3) (F.17) do obliczenia masy równoważnej μ_e odniesionej do jednostki pola konstrukcji, mającego postać

$$\mu_e = \frac{\int_0^h \int_0^b \mu(y,z) \Phi_1^2(y,z) dydz}{\int_0^h \int_0^b \Phi_1^2(y,z) dydz}, \quad (1)$$

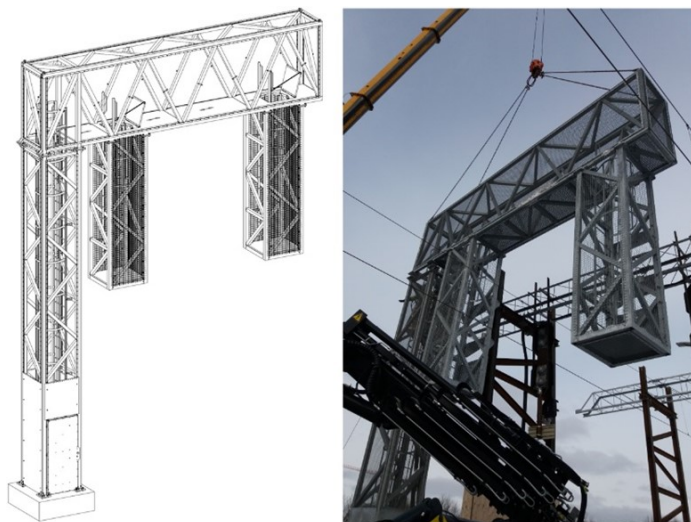
gdzie:

- $\mu(y,z)$ – masa na jednostkę pola konstrukcji,
- $\Phi_1(y,z)$ – postać drgań,
- 1 – numer postaci drgań,
- h – wysokość konstrukcji,
- b – szerokość konstrukcji.

W celu wyznaczenia masy równoważnej należy określić częstotliwości drgań własnych konstrukcji oraz unormowane wektory własne w poszczególnych postaciach drgań. Następnie należy przyporządkować masy równomiernie rozłożone od ciężaru konstrukcji oraz masy skupione od urządzeń do określonych punktów konstrukcji. Ostatecznie należy wykonać całkowanie według wzoru (1), np. z wykorzystaniem arkusza kalkulacyjnego.

Kolejnym przykładem konstrukcji jest wysięgnik do urządzeń sygnalizacyjnych zaprojektowany na linii kolejowej

w Oslo (rys. 7). Ze względu na dużą prędkość pociągów (do 250 km/h) cała konstrukcja musiała być pokryta gęstą siatką o oczku poniżej 20 mm, aby uniknąć upadku nawet najmniejszego elementu na pędzący pociąg.



Rys. 7. Wysięgnik kolei dużych prędkości w Oslo (fot. firma Brødrene Berntsen AS)

Innym przykładem lekkich konstrukcji kratowych są wieże telekomunikacyjne i słupy energetyczne projektowane i produkowane na rynek norweski i szwedzki, głównie do stosowania na terenach górskich. Masa elementów montażowych jest zazwyczaj ograniczana do 1,3 t ze względu na konieczność montażu śmigłowcami. Jest pewna charakterystyczna zależność wysokości wież od topografii terenu. W przypadku Norwegii, gdzie teren jest górzysty, wieże są zazwyczaj niskie, tj. o wysokości do 42 m, ale gęsto rozmieszczone w terenie. W Szwecji, gdzie przeważają tereny nizinne, wieże są znacznie wyższe i sytuowane w większych odległościach od siebie. Przykładowa wieża pokazana na rys. 8 ma wysokość



Rys. 8. Wieża telekomunikacyjna oraz słup energetyczny podczas montażu śmigłowcem (fot. firma Brødrene Berntsen AS)

42 m i stałe wymiary gabarytowe przekroju poprzecznego wynoszące $1,2 \times 1,2$ m, czyli jest bardzo smukła. Wieże w Skandynawii często są zlokalizowane w miejscach, w których występują ekstremalne obciążenia śniegiem, szczególnie w wysokich górach. Na rysunku 9 pokazano konstrukcję wieży w okresie letnim oraz zimowym podczas obciążenia śniegiem, a na rys. 10 – obciążenie śniegiem linii energetycznych w Skandynawii.

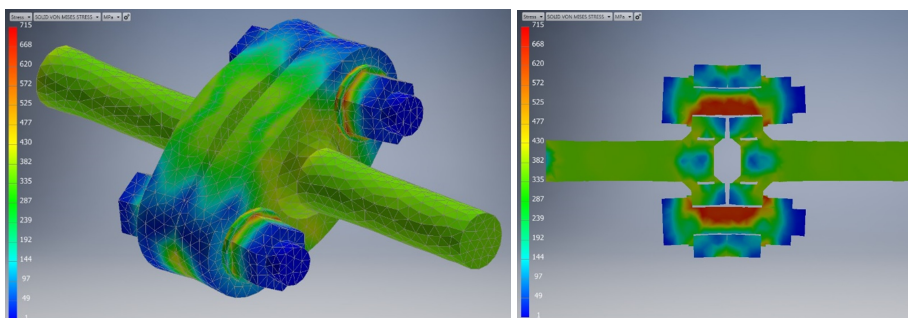


Rys. 9. Konstrukcja wieży RSB latem i zimą (fot. firma Brødrene Berntsen AS)

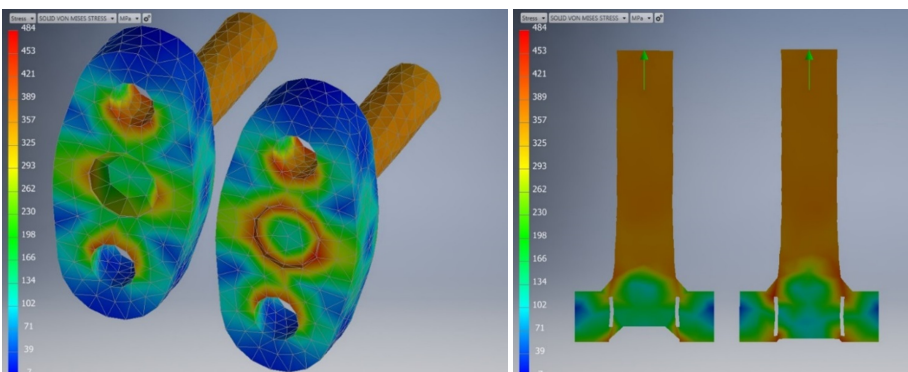


Rys. 10. Ekstremalne opady śniegu, Norwegia 1961, okolice miejscowości Voss (źródło: <https://www.tu.no/artikler/her-henger-1-5-meter-is-rundt-en-tynn-kraftledning/234878>)

W przypadku nietypowych rozwiązań projektowych nieopisanych w normach lub w celu optymalizacji połączeń śrubowych oraz spawanych są wykonywane szczegółowe analizy nieliniowe z wykorzystaniem programu Nastran. Poniżej pokazano przykład analizy doczołowego połączenia śrubowego (rys. 11), analizę wyężenia spoin (rys. 12) oraz analizę wpływu technologii wykonywania otworów na wyężenie połączenia zakładkowego (rys. 13).



Rys. 11. Analiza połączenia doczołowego – mapy naprężeń Misesa, MPa



Rys. 12. Analiza spoin – mapy naprężeń Misesa, MPa

Analizę wpływu technologii wykonania otworów przedstawiono w czasopiśmie „Inżynieria i Budownictwo”, nr 1–2/2020. Artykuł ten jest dostępny także pod adresem: <https://www.saferoad.com.pl/wytyczne/>.

W celu weryfikacji niektórych rozwiązań projektowych są wykonywane niszczące badania laboratoryjne. Na rysunku 14 pokazano przykład badania efektu dźwigni, sprawdzenie nośności śrub i spoin złącza doczołowego oraz spoin w stężeniach, a na rysunku 15 – badania makroskopowego złącza spawanego.

* * *

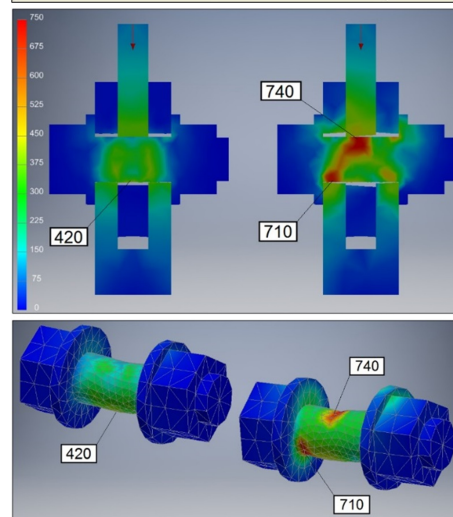
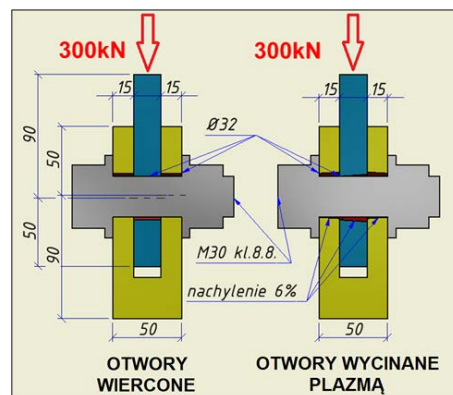
Na stronie <https://www.saferoad.com.pl/wytyczne/> zamieszczono szczegółowe wytyczne projektowania bramownic drogowych, opracowane w 2013 r. Współautorem wytycznych w części fundamentowej jest mgr inż. Marek Wąsowicz, natomiast opiniodawcami prof. Antoni Biegus oraz dr inż. Jarosław Rybak z Politechniki Wrocławskiej. Znajduje się tam także artykuł o bramownicach autorstwa Krzysztofa Koneckiego opublikowany w czasopiśmie „Drognictwo”, nr 6/2013.

PIŚMIENICTWO I WYKORZYSTANE MATERIAŁY

[1] PN-EN 1991-1-4:2008/A1:2010 Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje – Część 1-4: Oddziaływania ogólne – Oddziaływania wiatru.

[2] PN-EN 1993-1-9:2007/NA:2010 Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych – Część 1-9: Zmęczenie.

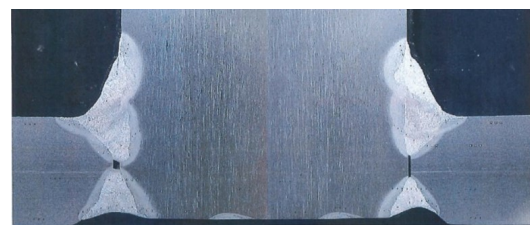
[3] Transport Infrastructure Ireland. (2014). Design of Support Structures for Roadside Furniture.



Rys. 13. Analiza wpływu technologii wykonania otworów w połączeniu zakładkowym



Rys. 14. Badania laboratoryjne śrub i spoin w złączach doczołowych oraz spoin pachwinowych stężeń (fot. Krzysztof Konecki)



Rys. 15. Badanie makroskopowe połączenia spawanego



www.inzynieriaibudownictwo.pl