



MAREK HANACZOWSKI

HAMAR Marek Hanaczowski
biuro@hace.pl

Uderzenia w ustroje niosące – strategie i reguły dotyczące zapewnienia bezpieczeństwa

Konsekwencje takich zdarzeń są bardzo różne, od minimalnych, technicznie nieistotnych uszkodzeń po katastrofy budow-

lane. Liczba takich zdarzeń w dużej mierze zależy od poziomu rozwoju gospodarczego i infrastruktury transportowej danego kraju. Jedną z typowych kolizji są uderzenia pojazdów w ustrój niosący obiektów mostowych, co może prowadzić do awarii każdego typu obiektu, niezależnie od sposobu, w jaki został wybudowany – czy to z belek prefabrykowanych, czy wykonanego jako stalowy czy nawet

Fot. 1. Uderzenie koparki w ustrój niosący wiadukt w pobliżu miejscowości Hays w stanie Kansas:
a) w wyniku uderzenia koparka została zrzucona z przyczepy niskopodwoziowej;
b) ramię koparki przecięto do połowy płytę nośną, [5] i [6]



Fot. 2. Przykład uderzenia pojazdów w ustrój niosący: a) uderzenia ciągnika z przyczepą w wiadukt w trakcie budowy w Salado w Teksasie [7]; b) wywrotka z otwartą skrzynią ładunkową utknęła pod wiaduktem w pobliżu Nigel w RPA [8]



Fot. 3. Przykład uderzenia ciągnika z koparką na przyczepie niskopodwoziowej w przęsło wiaduktowego w Lloydminster, Saskatchewan, Kanada:
a) przęsło stalowe z mostem ortotropowym zrzucone z łożysk i podpór – widok w kierunku jazdy pojazdu;
b) widok od strony przeciwnej do kierunku jazdy – przęsło opiera się na ciągniku siodłowym pomiędzy jego kabiną a koparką [9]



monolityczny żelbetowy, jak i bez względu na jego przeznaczenie (np. obiekt kolejowy, obiekt drogowy, kładka dla pieszych). W przypadku obiektów łukowych z jazdą dołem, do kolizji może dochodzić także z elementami konstrukcyjnymi łuku, natomiast podczas budowy obiektu może dojść do uszkodzenia rusztowań czy swobodnie ułożonych belek prefabrykowanych ustroju nośnego przęsła. Jest to jedna grupa typu kolizji ze względu na taką samą przyczynę powstania, tj. przejazd ponadgabarytowego pojazdu charakte-

ryzującego się ponadnormatywną wysokością. Druga grupa to kolizje z filarami, które wywołane są najczęściej z powodu działania kierowcy lub awarii pojazdu. Na fotografiach 1–9 przedstawiono kilka bardziej ekstremalnych przykładów kolizji pojazdów z obiektami mostowymi.

Destrukcji ulec może bezpośrednio uderzony element konstrukcyjny lub pośredni taki jak na przykład łożysko. Na fotografii 9 pokazano fragmenty trzech rodzajów konstrukcji nośnej obiektów mostowych oraz ich uszkodzenia w wyniku

Fot. 4. Uszkodzenie przęsła wiaduktu zespolonego spowodowane uderzeniem ponadgabarytowego pojazdu na drodze międzystanowej nr 95 w stanie Delaware: a) widok ogólny przęsła; b) silna deformacja skrajnego dźwigara blachownicowego [17]



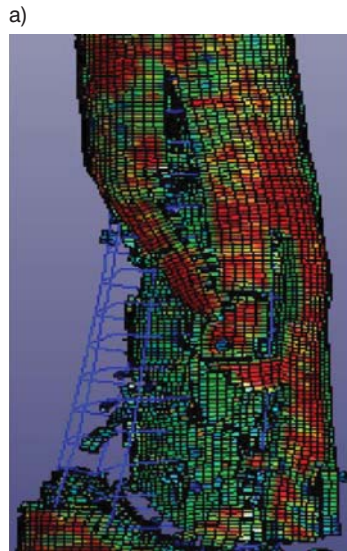
Fot. 5. Uderzenie ciągnika z naczepą w przęsło wiaduktu zespolonego: a) widok zaklinowanego pojazdu pod przęsłem oraz zniszczenie skrajnego dźwigara w Nashville w Tennessee, USA [18]; b) zrzucenie z łożysk (przesunięcie całego ustroju nośnego) na przyczółku wiaduktu autostradowego w Georgii, USA [24]



Fot. 6. Przykłady uderzenia ciągników z naczepą w filary wiaduktów: a) zniszczony filar wiaduktu w Orangeburgu, Karolina Płd., USA [19]; b) całkowicie zniszczony słup filara przez ładunek w New Madrid County, USA [20]



Fot. 7. Przykłady uszkodzenia słupa filara wskutek uderzenia pojazdu: a) symulacja komputerowa uszkodzenia; b) uderzenie w słup wiaduktu nad autostradą 145 w Teksasie w 2014 r. [21]



Fot. 8. Przykład uszkodzenia, przez pojazd z otwartą skrzynią ładunkową, ramy portalowej i górnych stężeń wiatrowych przęsła mostu na Westbound U.S. 67 na rzece Brazos w Somervell County [21]



Fot. 9. Awaryi obiektów mostowych w wyniku uderzeń pojazdów: a) przecięcie ok. 70% prętów zbrojenia głównego, b) przecięcie ok. 40% strun sprężających dźwigar, c) przecięcie ok. 20% prętów zbrojenia głównego dźwigara [22]



uderzenia pojazdów. Pomimo że fotografia 9 a) w swojej ekspresji nie przedstawia tragicznej sytuacji w obiekcie masywnym, to jednak przecięcie 70% prętów zbrojenia głównego świadczy o jego katastrofalnym stanie. Z kolei fotografie 9 b) i c) w odbiorze wizualnym powodują odczucie większego zagrożenia, jednak gdy w ustroju niosącym przeszła w przekroju poprzecznym występowałyby na przykład 9 belek (dźwigarów), to wówczas procentowa utrata zbrojenia miękkiego czy sprężenia w jednej belce nie stanowiłaby już takiego zagrożenia bezpieczeństwa.

Uszkodzenia spowodowane uderzeniem (kolizją) pojazdu możemy w bardzo różny sposób klasyfikować, natomiast z punktu widzenia trwałości i bezpieczeństwa użytkowania obiektów możemy je podzielić na cztery zasadnicze grupy:

- A. Uszkodzenia niewpływające na trwałość i bezpieczeństwo konstrukcji – niewymagające działań naprawczych (użytkowanie obiektu jest bez zakłóceń).
- B. Uszkodzenia niewpływające na bezpieczeństwo konstrukcji, ale wpływające na trwałość – wymagające ograniczonych działań naprawczych (użytkowanie obiektu może odbywać się bez ograniczeń, natomiast jeżeli zostaje ograniczone to tylko ze względu na technologię prac naprawczych).
- C. Uszkodzenia wpływające na poziom bezpieczeństwa konstrukcji – wymagające zasadniczych działań naprawczych (użytkowanie jest ograniczone aż do zakończenia działań naprawczych).
- D. Uszkodzenie powodujące katastrofę budowlaną – wymagające odbudowy obiektu lub jego znacznej części (brak użytkowania).

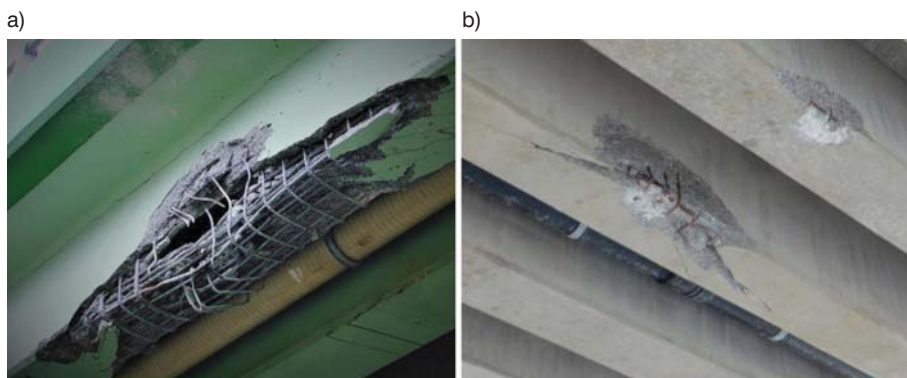
Awarie obiektów mostowych z belek prefabrykowanego typu „T” w Polsce

W Polsce, wprawdzie sporadycznie, ale również zdarzają się uderzenia pojazdów ponadgabarytowych w ustroje niosące obiektów mostowych, w tym również tych wykonanych z prefabrykowanego typu T. Ponieważ autor artykułu był bezpośrednio zaangażowany w projekt belek typu T, stąd jego szczególne zainteresowania problematyką uderzeń pojazdów w podpory i przęsła obiektów mostowych wykonanych z belek typu T.

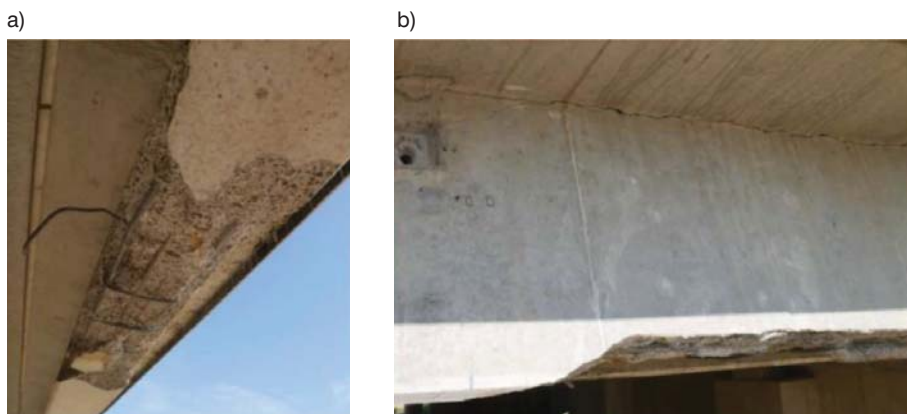
Pierwszy odnotowany przypadek uderzenia miał miejsce w Rawie Mazowieckiej w 2007 r. [fot. 10 a)]. Ponadgabarytowy pojazd uderzył w skrajną belkę wiaduktu nad drogą DK/S8 (prawdopodobnie obiekt powtórnie uszkodzony w 2012 r.). Drugi przypadek dotyczy wiaduktu WS-32 zlokalizowanego w ciągu drogi ekspresowej S5 nad drogą powiatową nr 1343D

w pobliżu węzła „Trzebnica” [fot. 11]. Kolejne zdarzenia dotyczą wiaduktu nad drogą krajową nr 16 (obwodnica Ełku) [fot. 10 b)] oraz wiaduktu WD-113 na drodze ekspresowej S6 w ciągu obwodnicy Koszalina-Sianowa [fot. 12]. W pierwszym i trzecim przypadku najprawdopodobniej w przęsło uderzyły koparki przewożone na przyczepach niskopodwoziowych. W drugim przypadku uderzenie było wynikiem przejazdu pod przęsłem woźdła z podniesioną skrzynią ładunkową. W ostatnim przypadku w będący w budowie wiadukt uderzył dźwig poruszający się po drodze pod przęsłem. Wszystkie te wypadki nastąpiły mimo zapewnienia wymaganego wyniesienia spodu konstrukcji ponad drogę. Należy tutaj zwrócić uwagę, że dwa z obiektów były uderzone podczas normalnego użytkowania, a pozostałe dwa były uderzone, kiedy jeszcze prowadzono prace budowlane.

Skutkiem uderzenia w pierwszym przypadku było zrużenie koparki z lawety i zniszczenie skrajnej belki T24 (z betonu klasy B45) na znacznym odcinku, w tym poważne zarysowanie połączenia środknika z półką górną oraz zerwanie lub odspojenia wszystkich splotów w dolnej części belki. W drugim przypadku nastąpił ubytek betonu na długości ok 1,7 m, przerwanie strzemienia, odsłonięcie podłużnych prętów zbrojeniowych oraz strun sprężających w skrajnym dźwigarze. W trzecim przypadku prawdopodobnie rozkołtany ładunek pozostał na lawecie, uderzonych zostało oprócz belki skrajnej kilka belek pośrednich. Najbardziej uszkodzona zo-



Fot. 10. Widok uszkodzonych fragmentów belek typu „T”: a) wiadukt w Rawie Mazowieckiej [10]; b) wiadukt nad DK16 [12]



Fot. 11. Widok uszkodzonej skrajnej belki typu „T” wiaduktu WS-32: a) widok od spodu – ubytek otuliny i odsłonięte zbrojenie; b) widoczne pęknięcie na połączeniu środknika z półką górną [11]



Fot. 12. Wiadukt WD-113 na drodze ekspresowej S6 w ciągu obwodnicy Koszalina-Sianowa [23]

stała belka pośrednia w rejonie osi odwodnienia, której spód jest najmniej wyniesiony nad drogę. W czwartym przypadku nastąpiły nieznaczne ubytki betonu w miejscu uderzenia, zarysowanie połączenia środka z półką, natomiast nie zauważono uszkodzeń ciągów sprężających.

Należy podkreślić, że w każdym z wyżej opisanych przypadków kolizji, po uszkodzeniu belek T wiadukty nie zostały całkowicie wyłączone z ruchu, zachowały częściowo parametry użytkowe, a naprawy były możliwe przy poniesieniu relatywnie niewielkich nakładów. Zakres naprawy często wykraczał poza niezbędne minimum celem zwiększenia trwałości obiektu.

Aspekty formalne oraz projektowe ustrojów narażonych na uderzenia przez ponadgabarytowe pojazdy

Problem kolizji pojazdów z ustrojem niosącym bardzo często jest kojarzony z uszkodzeniem belek prefabrykowanych, co z kolei związane jest z szeroko stosowaną na świecie prefabrykacją oraz jednoczesną minimalizacją zużycia materiałów. Pomimo tego w przepisach technicznych brak jest jednoznacznych wskazówek projektowych w tych kwestiach (poza podniesieniem skrajni), a problem ten jest w różny sposób oceniany i rozwiązywany przez poszczególnych uczestników procesów budowlanych. Niemniej w wielu krajach, a szczególnie w USA, zostały wypracowane rozwiązania napraw uszkodzonych belek i przy stosunkowo niewielkim nakładzie czasowo-finansowym często możliwa jest pełna rehabilitacja uszkodzonej belki.

W Europie z pomocą przychodzi nam Eurokody, a w szczególności PN-EN 1991-1-7, gdzie określono strategie oraz reguły dotyczące zapewnienia bezpieczeństwa budynków i innych budowli na wypadek możliwych i niemożliwych do określenia oddziaływań wyjątkowych (rys. 1).

Warte podkreślenia są dwa aspekty, o których wspomina Eurokod:

- EN 1991-1-7 proponuje umowne wielkości określonych oddziaływań wyjątkowych, które można zmienić w Załączniku krajowym lub projekcie indywidualnym i uzgodnić do obliczeń z inwestorem i odpowiednią władzą,
- Dla niektórych konstrukcji (np. obiektów budowlanych, gdzie nie ma zagrożenia dla życia ludzkiego i gdzie konsekwencje ekonomiczne, społeczne lub środowiskowe są pomijalne) poddanych oddziaływaniom wyjątkowym, całkowite zawalenie się konstrukcji spowodowane zdarzeniem ekstremalnym może być akceptowalne.

Co do zasady konstrukcję należy tak projektować i wykonać, aby na skutek uderzenia nie została ona uszkodzona w zakresie nieproporcjonalnym do początkowej przyczyny. Uszkodzenia nie zawsze udaje się uniknąć, dlatego należy dążyć do minimalizacji wpływu kolizji na konstrukcję stosując różne zabiegi jak np.:

- ograniczenie zagrożenia, na które konstrukcja może być narażona (np. zastosowanie barier, bram ochronnych, zwiększenie skrajni),
- projektowanie ustroju mało wrażliwego na dane zagrożenie,
- projektowanie ustroju, aby mógł przetrwać utratę pojedynczego elementu lub pewnej części konstrukcji (np. ustroje ciągłe, wielobelkowe),
- unikanie konstrukcji, które mogą ulec zniszczeniu bez uprzedniego ostrzeżenia.



Rys. 1. Strategie dla wyjątkowych sytuacji obliczeniowych [3]

Zatem można zaakceptować zniszczenie miejscowe spowodowane oddziaływaniami wyjątkowymi, o ile nie zagrazi utratą stateczności całej konstrukcji i umożliwi podjęcie działań ratowniczych. Dla konstrukcji mostowych takie działania ratownicze mogą obejmować ograniczenie częściowe lub całkowite ruchu, ale w ściśle ograniczonym okresie. W założeniu konstrukcja powinna być zaprojektowana z uwzględnieniem możliwości jej naprawy przy założonych parametrach użytkowych i czasowych znanych już na etapie projektowania, a wskazane jako oczekiwane przez inwestora. Z drugiej strony, o ile to możliwe i zasadne ekonomicznie, w pierwszej kolejności należy stosować ochronę konstrukcji przed

skutkami oddziaływania wyjątkowego np. poprzez zastosowanie odpowiednich barier ochronnych czy bramek wjazdowych, a także zmniejszenie prawdopodobieństwa występowania i wielkości oddziaływania np. poprzez zwiększenie skrajni pod obiektem (w tym aspekcie jednak należy zwrócić uwagę, że taki zabieg będzie w pełni skuteczny, kiedy przy dojeździe do takiego obiektu wystąpiły wcześniej obiekty o skrajni standardowej).

Bardzo ważnym aspektem jest ustalenie wielkości oddziaływania wyjątkowego, które uwzględnia się w obliczeniach statyczno-wytrzymałościowych, co nie jest proste ponieważ zależy m.in. od:

- działań podjętych w celu zmniejszenia dotkliwości oddziaływania wyjątkowego,
- prawdopodobieństwa ich wystąpienia,
- konsekwencji zniszczenia,
- percepcji społecznej,
- poziomu akceptowalnego ryzyka.

Dokładne określenie wszystkich parametrów wpływających na oddziaływania wyjątkowe jest niemożliwe, a istotny wpływ na ich ustalenie ma inwestor oraz władze. Przykładowo osiągnięcie zerowego ryzyka jest praktycznie niemożliwe i konieczne jest zaakceptowanie pewnego jego poziomu, który oczywiście można określić różnymi czynnikami czy parametrami takimi jak: potencjalna liczba ofiar, konsekwencje ekonomiczne, koszty działań zabezpieczających, itd. Kolejnym aspektem jest dobór metod obliczeniowych do przedmiotowego zagadnienia ewidentnie dynamicznego, jednak najczęściej modelowanego jako ekwiwalent oddziaływania statycznego.

Generalnie celem jest uzyskanie odpowiedniej niezawodności konstrukcji, ale żeby ją uzyskać oprócz określenia wielkości oddziaływania czy metod obliczeniowych należy zastosować także odpowiednie poziomy nadzoru przy pro-

Klasa U1

- obiekty mostowe, dla których dopuszcza się miejscowe zniszczenie nie zagrażające stateczności całej konstrukcji i możliwe jest podjęcie działań ratowniczych czy naprawczych np. poprzez zamknięcie lub ograniczenie ruchu na obiekcie w ściśle określonym czasie

Klasa U2

- obiekty mostowe, dla których nie dopuszcza się miejscowego zniszczenia, a jedynie lokalne uszkodzenia (np. zarysowania większe niż dopuszczalne dla SGU) umożliwiające użytkowanie obiektu, zapewniona jest nośność wg obciążeń zgodnie z PN-EN 1991-1-7:2006 pkt 4.3.2.

Klasa U3

- obiekty mostowe strategiczne, dla których nie dopuszcza się żadnych uszkodzeń, a także nie dopuszcza się istotnych ograniczeń czasowych lub ruchowych w ich funkcjonowaniu lub drogi pod nim przebiegającej. Klasa zapewniona jest poprzez wyniesienie spodu konstrukcji lub inny sposób jak np. poprzez zastosowanie dodatkowych konstrukcji wsporczych przed kluczowym obiektem

Rys. 2. Klasy odporności konstrukcji na oddziaływania od uderzeń

jektowaniu oraz inspekcje przy wykonywaniu obiektu. Tylko systemowe i kompleksowe podejście gwarantuje uzyskanie odpowiedniej niezawodności konstrukcji.

Strategie oraz reguły to kluczowy element umożliwiający optymalne projektowanie i należy je ustalać z Inwestorem i Wykonawcą, którzy określają je na podstawie kryteriów ekonomicznych, społecznych i środowiskowych, a w szczególności na podstawie zdobytego doświadczenia.

Zdaniem autora racjonalne jest wprowadzenie **klas odporności konstrukcji** na oddziaływania od uderzenia dla ustrojów niosących umożliwiających ich klasyfikację ułatwiającą ustalenie strategii (rys. 2). Proponuje się trzy klasy. Każda z proponowanych klas gwarantuje bezpieczeństwo konstrukcji (nie dojdzie do katastrofy budowlanej), jednakże różnią się one co do nakładów finansowo-czasowych. Klasę U2 można uznać za klasę o średniej odporności na uderzenia w ustrój niosący, jednocześnie należy podkreślić, że wymagania dla tej klasy są różne w zależności od kategorii drogi czy kategorii ruchu na drodze pod obiektem i wówczas dodatkowo oprócz klasy odporności należy określić wymaganą równoważną siłę statyczną spowodowaną uderzeniem w nadbudowy. Pomimo tego że w EN 1991-1-7 w tablicy 4.4 podane są obliczeniowe równoważne siły statyczne to zdaniem autora należałoby przyjąć te wielkości jako minimalne. Każdorazowo powinny być one weryfikowane i określane przez inwestora dla każdego obiektu niezależnie. Możliwe jest także w bardzo szczególnych przypadkach założenie, że obiekt jest nieodporny na oddziaływania od uderzenia. Wtedy można przyjąć, że jest to obiekt pozaklasowy czyli po prostu nie jest wymagane specjalne projektowanie i jego wykonanie pod kątem odporności na uderzenia.

Z kolei nie można pominąć w kwestii uderzenia w obiekty mostowe aspektu bezpieczeństwa w trakcie budowy, a konkretnie odporności już wykonanych czy zamontowanych ele-

mentów obiektu (np. belki prefabrykowane) na oddziaływania wyjątkowe oraz elementów technologicznych używanych do ich wznoszenia (np. rusztowania, podpory tymczasowe). Pomimo że okres budowy stanowi tylko kilka procent w stosunku do całego czasu użytkowania obiektu, to jednak w trakcie budowy dochodzi do bardzo wielu kolizji w różnych konfiguracjach. Wynika to ze wzmoczonego ruchu ciężkiego sprzętu, często poruszającego się po drodze pod budowanym obiektem jeszcze przed jego oddaniem do ruchu publicznego, co w konsekwencji obniża kulturę poruszania się pojazdami. Obiekty mostowe buduje się także nad ruchem i wówczas niezbędne jest odpowiednie zabezpieczenie elementów budowanej konstrukcji, ograniczając do niezbędnego minimum możliwość wystąpienia zagrożenia uderzenia poprzez zastosowanie odpowiednich barier ochronnych, bram ochronnych, zastosowanie odpowiedniej skrajni, a przede wszystkim precyzyjną i czytelną organizację ruchu.

Wprowadzenie do projektowania

Zdaniem autora proces projektowania należy rozpocząć od ustalenia strategii projektowej w porozumieniu z inwestorem jak i z wykonawcą. W pierwszej kolejności ustala się ważność konkretnego obiektu z uwzględnieniem aspektów ekonomicznych i społecznych. Następnie uczestnicy procesu budowlanego powinni podjąć strategiczną decyzję: czy oddziaływania od uderzeń ponadgabarytowych pojazdów ma przenieść obiekt czy zastosowane będą zabiegi ograniczające możliwość wystąpienia takiego oddziaływania, a następnie określa się wymaganą klasę odporności konstrukcji na oddziaływania od uderzenia dla ustrojów niosących. W przypadku klasy U1 inwestor powinien określić dopuszczalne ograniczenie ruchu po uderzeniu w pomost oraz dopuszczalny czas i zakres naprawy takiego obiektu, natomiast analizę obliczeniową sprowadza się do sprawdzenia globalnej stateczności konstrukcji przy utracie jednej lub kilku belek czy innego fragmentu konstrukcji. Niedopuszczalne jest stosowanie „słabych” (o bardzo niskiej nośności) belek, ponieważ mogłyby ulec destrukcji przy jednym zdarzeniu, co mogłoby doprowadzić do katastrofy budowlanej.

W Polsce prawdopodobnie najczęściej projektowane będą konstrukcje mostowe klasy U2. Wówczas podczas wykonywania obliczeń należy uwzględnić oddziaływanie wyjątkowe, jakim jest uderzenie w nadbudowę, zgodnie z PN-EN 1991-1-7:2006 pkt 4.3.2 przy założeniu równoważnej siły statycznej spowodowanej przez uderzenie w nadbudowę równej odpowiednio 500 kN, 375 kN, 250 kN. Obciążenie należy przyłożyć do bocznej powierzchni belek na obszarze o wymiarach $0,25 \times 0,25$ m jako siłę poziomą dla skrajnej belki lub odchyloną od poziomu o 10° dla pozostałych belek (rys. 3).

Norma PN-EN 1991-1-7:2006 nie definiuje precyzyjnie miejsca przyłożenia obciążenia, ale uzasadnione wydaje się ograniczenie go do obszaru nad nawierzchnią utwardzoną drogi (jezdni wraz z pasem awaryjnym, utwardzo-



Rys. 3. Widok na 1/2 modelu powłokowego z materiału liniowo-sprężystego wykonanego w programie CivilFEM

nym poboczem, opaską). Podobnie norma nie definiuje czy obciążenie wyjątkowe należy przykładać tylko w skrajnie czy tylko w najniższej położone belki i w jakim zakresie belki poprzedzające mogą chronić belki w następnej kolejności. Zasadne wydaje się, że należy co najmniej weryfikować skrajnie i najniższej położone belki, ewentualnie belki zewnętrzne poprzedzające najniższej położoną belkę, natomiast pozostałych belek można by nie sprawdzać o ile są one w cieniu belek poprzedzających lub sprawdzać je, ale na zmniejszoną siłę. Jednocześnie, zdaniem autora, w przypadku lekkich pomostów analiza powinna dodatkowo uwzględniać założenie zniszczenia jednej z belek, co nie powinno doprowadzić do katastrofy budowlanej, czyli jednocześnie powinna być spełniona klasa U1, dlatego np. w przypadku obiektów z belek typu T narażonych na uderzenia, zaleca się stosowanie w ustroju niosącym minimum 9 belek. W przypadku klasy U3 dla tzw. strategicznych obiektów należy bezwzględnie zastosować dodatkowe środki ograniczające wpływ oddziaływania uderzenia na konstrukcję np. zwiększenie skrajni pionowej do 6 m (z zaznaczeniem, że obiekt nie powinien być jako pierwsza bariera „weryfikująca” skrajnię pionową pojazdu lub skrajnia 6 m stanowi ciąg obiektów np. pomiędzy węzłami autostradowymi). W przypadku konieczności zachowania standardowej skrajni pionowej, należy dokonywać obliczeń z zastosowaniem bardziej konserwatywnych założeń zarówno co do modelu obliczeniowego, jak i założeń konstrukcyjno-projektowych w stosunku do obiektu. Ponadto obiekt należy tak projektować, by konieczność ograniczania ruchu na obiekcie i pod nim podczas całego okresu jego eksploatacji, zarówno podczas wykonywania napraw jak i remontów, była zgodna z ustaleniami strategii z inwestorem.

Innym i zarazem bardzo ważnym aspektem jest nadzór przy projektowaniu, czyli weryfikacja projektowa. Norma PN-EN 1990:2004 proponuje trzy poziomy nadzoru przy projektowaniu (DSL), ale nie uszczegóławia go w zakresie budownictwa mostowego, choć sugeruje uzależnienie poziomu nadzoru od wymaganej klasy niezawodności konstrukcji, rodzaju obiektu czy materiału. Ponadto poziom nadzoru nad projektowaniem powinien być dostosowany do warunków krajowych, lokalnych przepisów, jak i historycznych uwarunkowań.

Podsumowanie

Uderzenia w ustroje niosące to ważne zagadnienie, ale ze względu na swoją złożoność i nieprzewidywalność jest trudne do pełnej standaryzacji umożliwiającej zniwelowania ryzyka do zera. Projektowanie na zdarzenia wyjątkowe wymaga ścisłej współpracy inwestora z projektantem i wykonawcą, tak by w sposób adekwatny dostosować konstrukcję obiektu, jak i technologię budowy do wymagań i oczekiwań. Co do zasady należy dążyć do projektowania obiektów zdecydowanie sygnalizujących przeciążenie i stan przedawaryjny. Zasadniczym elementem jest sprecyzowanie wymagań przez inwestora, które powinny uwzględniać kryteria ekonomiczne, społeczne i środowiskowe dla konkretnego obiektu. Dla uporządkowania wymagań zaproponowano 3 klasy odporności konstrukcji na oddziaływania od uderzenia w nadbudowę ustrojów niosących. Odrębną kwestią jest ustalenie poziomu i procedur nadzoru przy projektowaniu jak i inspekcji w trakcie budowy, ale te kwestie ze względu na obszerność i złożoność zagadnienia (także aspekty ekonomiczne) wykraczają poza zakres tego artykułu.

Bibliografia

- [1] Prefabrykowane belki strunobetonowe typu "T", Mosty Łódź S.A., Łódź styczeń 2021
- [2] Prefabrykowane belki strunobetonowe typu "T" narażone na uderzenie pojazdu przejeżdżającego pod obiektem, Mosty Łódź S.A., Łódź lipiec 2021
- [3] PN-EN 1991-1-7:2008 Eurokod 1 – Oddziaływania na konstrukcje – Część 1-7: Oddziaływania ogólne – Oddziaływania wyjątkowe. (wraz z poprawkami i załącznikami)
- [4] CivilFEM® powered by Marc® - program obliczeniowy firmy Ingenier zawierający solver do analizy nieliniowej Marc® firmy HEXAGON® (www.civildfem.com)
- [5] <http://www.lynchjim.com/Cgi/Bridge/>
- [6] https://www2.ljworld.com/news/2006/feb/18/traffic_be_rerouted_i70_near_hays_after_overpass_d/

- [7] <https://eu.usatoday.com/story/news/nation/2015/03/26/interstate-bridge-collapse/70489884/>
- [8] <https://www.dailysun.co.za/News/National/truck-stuck-under-bridge-20171101>
- [9] <http://industrialscenery.blogspot.com/2017/03/excavator-vs-rail-road-overpass-both-lost.html>
- [10] Praca zbiorowa, Ekspertyza techniczna uszkodzonego wiaduktu nad drogą krajową nr 8 w ciągu obwodnicy Rawy Mazowieckiej, IBDiM, Warszawa-Kielce, czerwiec 2007
- [11] Żółtowski, K., Kalitowski, P. (2017). Uszkodzona belka typu t wiaduktu drogowego. Ocena uszkodzeń i naprawa., Awarie Budowlane XXVI: Zapobieganie. Diagnostyka. Naprawy. Rekonstrukcje, 1097-1105.
- [12] Czech M., Ekspertyza uszkodzonego przęsła wiaduktu nad drogą krajową nr 16 (obwodnica Elku), km 2+347, Mostoprojekt Katowice, kwiecień 2014
- [13] fib Model Code for Concrete Structure 2010
- [14] Guidelines for Nonlinear Finite Element Analysis of Concrete Structures, RTD 1016-1:2020
- [15] PN-EN 1992-1-1:2008 Eurokod 2 – Projektowanie konstrukcji z betonu – Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków (wraz z poprawkami i załącznikami)
- [16] PN-EN 1992-2:2010 Eurokod 2: Projektowanie konstrukcji z betonu – Część 2: Mosty z betonu – Obliczanie i reguły konstrukcyjne (wraz z poprawkami i załącznikami)
- [17] Harry Shenton and Matthew Dawson, „Evaluation and Rating of Damaged Steel I-Girders,” in The 3rd International Conference on Bridge Maintenance, 2006, pp. 569-570
- [18] <https://www.tennessean.com/story/news/2018/04/28/nashville-traffic-interstate-40-east-bridge-truck-crash/561358002/>
- [19] <https://www.live5news.com/2019/10/07/scdot-reopens-bridge-over-i-which-was-damaged-by-tractor-trailer/>
- [20] https://www.facebook.com/permalink.php?story_fbid=1534073240258955&id=174442809555345
- [21] Publication No. FHWA-HIF-18-062, Infrastructure Office of Bridges and Structures, September 2018. a Performance Based Approach for Loading Definition of Heavy Vehicle Impact Events
- [22] Jan Bień i inni, Uszkodzenia i awarie obiektów mostowych powodowane uderzeniami pojazdów. XXV Konferencja Naukowo-Techniczna, awarie budowlane 2011
- [23] Mikołaj Miśkiewicz, Dawid Bruski, Jacek Chróścielewski, Krzysztof Wilde, Safety assessment of a concrete viaduct damaged by vehicle impact and an evaluation of the repair. Engineering Failure Analysis 106 (2019)
- [24] <https://www.foxnews.com/auto/dump-truck-hits-bridge-6-feet>

Z SERWISU GDDKiA

(Dokończenie informacji ze strony 48)

W lutym na budowie pracowało średnio 220 jednostek sprzętowych (m.in. koparki, spycharki, wozidła, dźwigi czy betonowozy) i ok. 920 osób. Pomimo okresu zimowego wykonawca prowadzi roboty drogowe związane m.in. z wykopami w gruntach skalistych oraz nieskalistych. Zakończono już prace związane z m.in. odhumusowaniem, wycinką drzew i krzewów, rozbiórką dróg i ulic, wzmocnieniami podłoża, wymianą gruntu. W zakresie robót drogowych w lutym wykonano ok. 70 tysięcy m³ wykopów, co jest równoznaczne z wykopaniem 23 basenów olimpijskich. Od początku budowy wykonawca zabudował już prawie 1,3 mln m³ nasypów, co pozwoliłoby usypać w 60 procentach piramidę Cheopsa. Wykonawca wykopał do tej pory ponad 1,7 mln m³ gruntów. Na budowę przywieziono ponad 300 000 ton kruszyw na drogowe warstwy konstrukcyjne. Tyle wystarczy do usypania dwóch Kopców Kościuszki w Krakowie. Zaawansowanie prac bitumicznych szacuje się na około 20 proc. Wykonawca oczekuje na poprawę warunków atmosferycznych, aby niezwłocznie przystąpić do prac związanych z humusowaniem skarpi oraz umocnieniami rowów. W zakresie robót branżowych prowadzono prace związane z budową kanalizacji deszczowej oraz przebudową i budową rowów melioracyjnych rzek. Wykonano wykop pod 10 z 15 zbiorników otwartych wraz z uszczelnieniem oraz umocnieniem zbiorników

narzutem kamiennym. Na plac budowy przetransportowano największy zbiornik podziemny 6-segmentowy o łącznej długości 50 m. W okresie zimowym wykonawca realizował również prace związane z budową oświetlenia obiektów inżynierskich, oświetlenia drogowego na węzłach w zakresie tras kablowych oraz montażu fundamentów słupów oświetleniowych. Ponadto na bieżąco trwa utrzymanie wprowadzonych dotychczas tymczasowych organizacji ruchu.

Droga ekspresowa S3 Kamienna Góra – granica państwa w Lubawce, o długości ok. 15,3 km, będzie miała po dwa pasy ruchu w obie strony wraz z pasami awaryjnymi. W ramach tego odcinka wybudowane zostaną trzy węzły drogowe – Kamienna Góra Północ, Kamienna Góra Południe i Lubawka. Poza przebudową istniejącego układu drogowego, sieci i infrastruktury towarzyszącej, wykonanych zostanie 17 obiektów inżynierskich w ciągu i nad drogą ekspresową S3 oraz 13 przepustów dla celów ekologicznych (przejścia dla małych zwierząt i płazów).

Umowna wartość całej budowanej drogi ekspresowej S3 od Bolkowa do Lubawki szacuje się na prawie 2,5 mld zł. Inwestycja współfinansowana jest ze środków Unii Europejskiej z Funduszu Spójności w ramach Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko.

opracowano na podstawie komunikatu GDDKiA z dnia 02-03-2022