Wytyczne doboru drogowych barier ochronnych

Bariera ochronna przejmująca energię uderzenia pojazdu jest urządzeniem służącym bezpieczeństwu ruchu drogowego, mającym na celu zapobieżenie zjechaniu pojazdu z drogi w miejscach niebezpiecznych lub przejechanie na jezdnię z przeciwnym kierunkiem ruchu, a także niedopuszczenie do kolizji z obiektami w pobliżu drogi. Bariera może być skrajna – przy krawędzi jezdni lub dzieląca – umieszczona na pasie dzielącym jezdnie o przeciwnych kierunkach.

Bariery są stosowane m.in. na wiaduktach i nasypach, jak również w miejscach, gdzie w pobliżu znajdują się obiekty i przeszkody stałe np. słupy lub budynki, kolizja z którymi może być szczególnie niebezpieczna. Podstawą orzeczeń o jakości bariery jest test zderzeniowy wykonywany wg zharmonizowanej normy europejskiej PN-EN 1317. Dopuszczenie do stosowania barier drogowych regulują aktualne przepisy prawne. Obecnie dopuszcza się do stosowania na drogach i mostach jedynie takie bariery, które mają pozytywne wyniki poligonowych prób zderzeniowych i które przeszły pomyślnie wymagany przepisami prawa budowlanego proces certyfikacji.
Norma PN-EN 1317 podaje wymagania, jakie powinny być spełnione przez bariery przy uderzeniu, przy czym duży nacisk kładzie się na zabezpieczenie pasażerów przed działaniem zbyt dużych przeciążeń i wynikającymi stąd urazami. Jednocześnie norma ta nie określa konstrukcji, kształtu czy materiału, z jakiego bariera jest wykonana (np. bariery stalowe, betonowe, linowe). Formułuje się jedynie wartości parametrów funkcjonalnych barier, potwierdzonych podczas prób zderzeniowych, tj. poziomu powstrzymywania, wielkości odkształceń bariery oraz opóźnień doznawanych przez głowę osoby jadącej w pojeździe.
Na drogach można dopuszczać stosowanie tylko takich barier, które w testach zderzeniowych udowodniły swoją skuteczność i jednocześnie barier identycznych w każdym aspekcie (fizycznym, technicznym i technologicznym) jak te, które poddawane były próbom zderzeniowym.
Norma PN-EN 1317 klasyfikuje bariery ochronne według klas działania na podstawie następujących cech funkcjonalnych:

- poziomu powstrzymywania
- odkształcenia wyrażonego szerokością pracującą
- poziomu intensywności zderzenia.

Poziom powstrzymywania w funkcji bariery

Poziom powstrzymywania jest to zdolność bariery do powstrzymywania uderzającego w nią pojazdu. Określany jest na podstawie badań zderzeniowych i dzieli się na:

- mały – T1, T2, T3 (przeznaczony tylko do tymczasowych barier ochronnych)
- normalny – N1, N2
- podwyższony – H1, H2, H3
- bardzo wysoki – H4a, H4b.

W Szczegółowej Specyfikacji Technicznej (SST) powinien być obowiązkowo podawany podstawowy parametr bariery, jakim jest poziom powstrzymywania. Parametrowi temu powinni poświęcić więcej uwagi szczególnie projektanci, gdyż to właśnie od niego w znacznym stopniu zależy bezpieczeństwo.
Jeżeli chcemy za pomocą bariery ochronnej zapobiec uszkodzeniu przez pojazdy obiektów szkolnych i sportowych, centrów handlowych – gdzie zwykle spotyka się skupiska ludzi, elementów konstrukcyjnych, których uszkodzenie grozi katastrofą, innych pojazdów, w tym pociągów przejeżdżających w pobliżu urządzeń chemicznych i gazowych, powinniśmy w pierwszej kolejności odpowiednio dobrać poziom powstrzymywania. W projektach drogowych często można zauważyć tendencję do zaniżania tego parametru, co tłumaczy się jedynie kwestiami ekonomicznymi.
Z drugiej strony chronienie np. chodnika dla pieszych przed wtargnięciem pojazdów na drogach z dużym natężeniem ruchu barierą o poziomie powstrzymywania N2 jest niewłaściwe. Bariera ta jest bowiem w stanie powstrzymać jedynie samochód o masie 1,5 t, co dopuszcza możliwość pokonania jej przez każdy większy pojazd ze wszystkimi tego skutkami. Często próbuje się uzależniać poziom powstrzymywania

zastosowanych w danym miejscu barier ochronnych, używając parametru prędkości obliczeniowej. Na przykład na drogowych obiektach inżynierskich taką graniczną wielkością, po przekroczeniu której podwyższa się poziom powstrzymywania, jest 100 km/h. Jednocześnie zapomina się o tym, że prędkość samochodu testowego przy testach na poziomy H1 i H2 norma PN-EN 1317 wyznacza na 70 km/h, a test na poziom H4 (miejsca, które winny być wyjątkowo chronione) przeprowadzany jest dla samochodu ciężarowego (masa 38 t) przy prędkości 65 km/h.
Warto wspomnieć, iż na polskich i niemieckich autostradach obowiązkowo stosowane są bariery o poziomie powstrzymywania H1 i H2, natomiast Szwecja dopuszcza bariery o poziomie N2.

Szerokość pracująca bariery w sytuacji zderzenia

W odróżnieniu od normy PN-EN 1317-2:2001, gdzie odkształcenie bariery ochronnej charakteryzowane było przez szerokość pracującą, w obowiązującej normie PN-EN 1317-2:2010 charakteryzowane jest ono przez: znormalizowane ugięcie dynamiczne (DN), znormalizowaną szerokość pracującą (WN) oraz znormalizowaną intruzję pojazdu (VIN). W zależności od rodzaju miejsca zagrożenia maksymalne dopuszczalne odkształcenie bariery ochronnej może wymagać określenia przez jeden z ww. parametrów lub w szczególnych przypadkach przez więcej niż jeden z tych parametrów jednocześnie. Znormalizowana szerokość pracująca (WN) to maksymalna poprzeczna odległość pomiędzy dowolną częścią bariery ochronnej od strony ruchu a jej maksymalnym dynamicznym położeniem. Znormalizowane ugięcie dynamiczne (DN) to maksymalne boczne przemieszczenie (w pewnych okolicznościach tylko tymczasowe) dowolnego punktu powierzchni czołowej bariery ochronnej od strony ruchu. Znormalizowana intruzja pojazdu (VIN) to maksymalna boczna odległość dowolnej części samochodu ciężarowego (HGV) lub autobusu od dowolnej nieodkształconej części bariery ochronnej od strony ruchu.
Tablica 1 przedstawia zbiorczą klasyfikację szerokości pracującej z uwzględnieniem ośmiu klas poziomów tej szerokości. Zasadniczo bariera ochronna powinna być tak dobrana i usytuowana w przekroju poprzecznym drogi, aby jej szerokość pracująca była mniejsza lub równa odległości między przednią krawędzią bariery ochronnej i przednią krawędzią miejsca zagrożenia.
Bariera o klasie poziomu szerokości pracującej wyższej niż wynikałoby to z odległości pomiędzy przednią krawędzią bariery ochronnej a przednią krawędzią miejsca zagrożenia może być wówczas zastosowana, gdy z badań wykonanych zgodnie z normą PN-EN 1317 wynika, że taka bariera o wyższej o jedną klasę poziomu szerokości pracującej jest w stanie powstrzymać pojazdy oraz, że nie zmieni się sposób działania bariery, ani nie zostanie zmniejszona skuteczność ochrony danego miejsca zagrożenia.

▼ Tablica 1. Klasyfikacja szerokości pracującej barier ochronnych

Klasy poziomów szerokości pracującej	Poziom szerokości pracującej [m]
W1	W ≤ 0,6
W2	W ≤ 0,8
W3	W ≤ 1,0
W4	W ≤ 1,3
W5	W ≤ 1,7
W6	W ≤ 2,1
W7	W ≤ 2,5
W8	W ≤ 3,5

Poziom intensywności zderzenia pojazdu z barierą

Bariery przeciwwypadkowe są zwykle tak zaprojektowane, że samochód po uderzeniu „wraca” z powrotem na drogę. Osiągane jest to zwykle dzięki podporom, które są w stanie zatrzymać zderzenie. Jednakże w niektórych przypadkach bariery takie po uderzeniu w nie, na skutek wadliwej konstrukcji przechylają się i załamują, nie spełniając tym samym swojej roli. Tradycyjne bariery mogą być również potencjalnym niebezpieczeństwem dla motocyklistów, którzy przy zderzeniu z barierą najczęściej nie mają szans na przeżycie m.in. z powodu szatkownic – najczęściej metalowych podpór podtrzymujących bariery.

By zapobiegać wypadnięciu z drogi ciężkim pojazdom, od lat 90. XX wieku zaczęto w niektórych państwach rozwijać bardziej stabilne systemy barier, które są w stanie zatrzymać pojazdy o masie do 40 ton. Generalnie, poziom intensywności zderzenia jest to parametr odzwierciedlający oddziaływanie zderzenia na osoby znajdujące się w pojeździe (określany jako A, B lub C) oceniany wskaźnikami ASI, THIV i PHD.

- ASI – wskaźnik intensywności przyspieszenia ASI jest wielkością bezwymiarową obliczaną zgodnie z normą PN-EN 1317. Maksymalna wartość jest uważana za miarę ciężkości wypadku pasażerów w uderzającym w przeszkodę pojeździe. ASI jest jednym z najważniejszych parametrów barier ochronnych.
- THIV – wartość teoretycznej prędkości uderzenia głowy osoby przebywającej w pojeździe w powierzchnię wewnątrz pojazdu, na skutek uderzenia pojazdu w barierę ochronną, zmierzona w trakcie badań zderzeniowych wykonywanych zgodnie z normą PN-EN 1317, wyrażona w km/h.
- PHD – opóźnienie głowy po zderzeniu. Jest to wartość opóźnienia, jakiej doznaje głowa osoby znajdującej się w pojeździe w momencie uderzenia pojazdu w barierę ochronną, zmierzona w trakcie badań zderzeniowych wykonywanych zgodnie z warunkami określonymi w normie PN-EN 1317, wyrażona w jednostkach przyspieszenia ziemskiego (g). Maksymalna wartość opóźnienia nie może przekroczyć 20 g.

Zgodnie z obowiązującymi wytycznymi na drogach krajowych bariera ochronna musi mieć poziom intensywności zderzenia A (również na pasach dzielących) chyba, że projektant udowodni, iż w określonych okolicznościach nie mógł zapewnić wystraczającej odległość między barierą a miejscem zagrożenia [4]. Jedynie w przypadku, gdy nie jest możliwe zapewnienie wystarczającej odległości między barierą a obszarem zagrożonym lub przeszkodą, można brać pod uwagę zastosowanie innego poziomu intensywności zderzenia bariery ochronnej niż A. Wówczas dopuszcza się możliwość zastosowania bariery o poziomie intensywności zderzenia B. W żadnej sytuacji nie dopuszcza się możliwości stosowania na drogach krajowych barier o poziomie intensywności zderzenia C.

Projektant obligatoryjnie musi sprawdzić, czy dla określonej przy pomocy przyjętego poziomu powstrzymywania i poziomu intensywności zderzenia A bariery ochronnej, nie zostały przekroczone maksymalne dopuszczalne wielkości odkształceń bariery wyrażone w zależności od przypadku: znormalizowaną szerokością pracującą (WN) albo znormalizowanym ugięciem dynamicznym (DN) albo znormalizowanym wtargnięciem pojazdu (VIN) albo więcej niż jednym z tych parametrów jednocześnie np. w przypadku gdy w obszarze zagrożonym położonym w odległości mniejszej od drogi niż odległość graniczna dla przeszkody znajduje się wysoka i masywna przeszkoda, którą trzeba uwzględnić z uwagi na możliwość wtargnięcia pojazdu.

Przeszkody obowiązkowo oddzielone barierami drogowymi

Bariera ochronna jest urządzeniem służącym bezpieczeństwu ruchu drogowego. Może być ona skrajna – przy krawędzi jezdni lub dzieląca – umieszczona na pasie dzielącym jezdnie o przeciwnych kierunkach. Bariery są stosowane m.in. na wiaduktach i nasypach, jak również w miejscach, gdzie w pobliżu znajdują się obiekty i przeszkody stałe np. słupy lub budynki. Do przeszkód szczególnie niebezpiecznych należy zaliczyć:

- podpory obiektów mostowych, w tym pełnościenne i słupowe
- słupy ekranów akustycznych
- słupy betonowe (niezależnie od średnicy)
- słupy metalowe o najmniejszym wymiarze przekroju poprzecznego (większym niż 70 mm i grubości ścianki większej niż 3 mm)
- słupy drewniane i z tworzyw sztucznych o najmniejszym wymiarze przekroju poprzecznego (większym niż 100 mm)
- cokoły betonowe wsporczych konstrukcji wystające co najmniej 0,15 m ponad poziom terenu
- drzewa o obwodzie pnia (co najmniej 30 cm) mierzonego na wysokości pierśnicy (1,30 m)
- wznoszące się skarpy o pochyleniu bardziej stromym niż 1:2, o wysokości co najmniej 1,50 m
- opadające skarpy o wysokości większej niż 2,0 m i pochyleniu bardziej stromym niż 1:3
- wody powierzchniowe o głębokości większej niż 1,20 m
- konstrukcje oporowe o wysokości większej niż 1,50 m
- rowy drogowe o głębokości co najmniej 1,50 m
- wznoszące się skarpy z wystającymi dużymi odłamkami skalnymi oraz umocnione elementami betonowymi lub kamiennymi (np. gabionami) wystającymi ponad powierzchnię skarpy na wysokość co

najmniej 0,15 m, niezależnie od pochylenia tych skarp.

Po stwierdzeniu występowania na drodze lub w jej otoczeniu zagrożeń wymagających zastosowania zabezpieczeń, należy sprawdzić możliwość usunięcia, przesunięcia lub zminimalizowania tych zagrożeń przez działania inżynierskie (np. zmianę lokalizacji przeszkód, zastosowanie konstrukcji wsporczych spełniających wymogi normy PN-EN 12767 [2], złagodzenie pochylenia skarp i wyokrąglenie ostrych krawędzi, odsunięcie drogi od przeszkody).
Na drogach i w ich otoczeniu należy unikać stosowania rozwiązań, które stanowić mogłyby zagrożenia i których zabezpieczenie wymagałoby zastosowania barier ochronnych.
W przypadku pojedynczej przeszkody, której nie można wyeliminować lub w przypadku tradycyjnej konstrukcji wsporczej, której nie można zastąpić konstrukcją spełniającą wymogi normy PN-EN 12767 [2], należy rozważyć czy dla jej zabezpieczenia bardziej efektywne i ekonomiczne będzie zastosowanie barier ochronnych czy też poduszek zderzeniowych.
Wartości wskaźnika zagęszczenia gruntu, w którym zagłębione są słupki barier ochronnych powinny być zgodne z normą PN-S-02205:1998 [3].
W procesie projektowym barier fundamentalne jest stwierdzenie, czy dany obszar lub przeszkodę należy traktować z punktu widzenia drogi jako miejsce zagrożenia następuje przez zmierzenie ich odległości od krawędzi jezdni drogi i porównanie z wartościami odległości granicznych. Z uwagi na to, że ochrona osób trzecich przebywających na obszarze zagrożonym ma szczególne znaczenie, gdyż to one odnoszą najcięższe obrażenia w przypadku wjechania pojazdu na ten obszar przyjęto, iż dla obszarów zagrożonych (poziomy zagrożenia 1 i 2) obowiązuje zwiększona odległość graniczna L_{ob}, zaś dla przeszkód (poziomy zagrożenia 3 i 4) obowiązuje odległość graniczna L_{prz}. Odległości graniczne L_{ob} i L_{prz} zależą od wysokości skarpy oraz od przyjętego dla celów obowiązujących wytycznych parametru prędkości obliczeniowej V_{obl}. Określa się je na podstawie nomogramów sporządzonych dla różnych zakresów prędkości obliczeniowej podzielonych wg. klasyfikacji:

- drogi o $V_{obl} \geq 100$ km/h oraz drogi dwujezdniowe o $V_{obl} < 100$ km/h o charakterze ruchu autostrad i dróg ekspresowych
- 100 km/h > $V_{obl} \geq 70$ km/h
- 70 km/h > $V_{obl} \geq 50$ km/h.

Wymagana długość barier ochronnych

Bariery ochronne muszą mieć minimalną długość, aby ich działanie było możliwe. Minimalna długość L_1 podana jest w sprawozdaniu z badania zderzeniowego wykonanego zgodnie z normą PN-EN 1317. Długość bariery ochronnej zastosowanej na drodze określana jako L, nie może być mniejsza od długości zalecanej L_1 podanej w sprawozdaniu z badania zderzeniowego. Bariery ochronne muszą wystawać przed miejsce zagrożenia co najmniej na długość oznaczoną L_2 po to, aby zmniejszyć możliwość wślizgu pojazdu na barierę lub wjechania pojazdu za tył bariery. Na drogach jednojezdniowych z ruchem dwukierunkowym bariera ochronna musi wystawać poza miejsce zagrożenia z przodu i z tyłu na długość L_2. Końcowe połowy długości odcinka L_2 bariery mogą mieć poziom powstrzymywania o jeden niższy od poziomu powstrzymywania zasadniczego odcinka bariery ochronnej. Jeżeli poziom powstrzymywania zasadniczego odcinka bariery ochronnej wynosi H4b można go na końcowych połowach długości zredukować do poziomu powstrzymywania H2. Gdy można wykluczyć możliwość wjechania pojazdu za tył bariery (np. wysoka, stroma skarpa wału ziemnego) oraz gdy nie występuje zagrożenie wślizgu pojazdu na barierę, długość L_2 powinna wynosić 40 m. W takim przypadku nie można redukować poziomu powstrzymywania bariery.
Drogowa bariera ochronna musi być wyposażona w odcinki początkowe i końcowe. Mogą być one albo odcinkami bariery nachylonymi do powierzchni korony drogi na odpowiedniej długości oraz zagłębionymi i zakotwionymi poniżej poziomu gruntu albo specjalnymi konstrukcjami (końcówkami) spełniającymi wymagania normy PN-EN 1317-2. Dla dróg o $V_{obl} \geq 100$ km/h długość odcinka początkowego bariery ochronnej wynosi 16 m, a końcowego 12 m. Dla dróg o $V_{obl} < 100$ km/h długość odcinka początkowego bariery ochronnej wynosi 12 m, a końcowego 8 m. Odcinki początkowe i końcowe barier ochronnych należy tak połączyć z zasadniczą barierą ochronną, aby nie ograniczały one wzajemnie swoich właściwości funkcjonalnych (m.in. efektu ciągnięcia prowadnicy bariery, bezpieczeństwa biernego odcinka

początkowego i końcowego, przenoszenia sił). Właściwości funkcjonalne tak połączonych barier powinny być potwierdzone przez producenta konstrukcji początkowej i końcowej. Jeżeli na zewnętrznych krawędziach rozgałęzień (rozjazdów) konieczne jest zastosowanie barier ochronnych, wówczas między odcinkami początkowymi barier musi być zachowany odstęp co najmniej 3 m. Na początku pasa dzielącego, w którym występują bariery, należy zastosować odcinki początkowe. W przypadku występowania miejsc zagrożeń (drugiej jezdni nie traktujemy jako miejsce zagrożenia) należy uwzględnić dodanie długości normowej L_2. Przy czasowo otwieranych przejazdach przez pas środkowy, na okres korzystania z nich, należy zastosować odcinki początkowe barier ochronnych.
Długość bariery ochronnej L dla obiektów inżynierskich ustala się tak, jak dla barier na odcinkach dróg poza obiektami. Długość ta łącznie z odcinkiem początkowym i końcowym nie może być mniejsza od: minimalnej długości L_1 podawanej w sprawozdaniu z badań zderzeniowych wykonanych zgodnie z normą PN EN 1317-2 [1], odległości między skrajnymi punktami przyczółków powiększonej z każdej strony o długość L_2 określoną normowo. W miejscach lokalizacji urządzeń dylatacyjnych bariery ochronne muszą być tak ze sobą połączone, aby zapewnić swobodę odkształceń bez znaczącego wpływu na funkcjonalność barier, a szczególnie na ich poziom powstrzymywania.

Nowoczesne wybrane systemy barier ochronnych

Na polskich drogach coraz powszechniej stosowane są bariery linowe (fot. 1). Szczególnego podkreślenia wymaga fakt, że wbrew przekonaniom nie są one barierami sprężystymi. Ich konstrukcja i właściwości są bowiem tak dobrane, by po przekroczeniu wyznaczonego obciążenia zaczepy końców liny ulegały zerwaniu i lina (określając to w dużym uproszczeniu) ulegała odpowiedniemu poluzowaniu, proporcjonalnie do siły uderzenia. Wyklucza to sprężyste odrzucenie pojazdu, a więc sytuację, która może być bardzo niebezpieczna dla innych użytkowników drogi, np. pojazdów jadących obok lub z tyłu.

Fot. 1. System barier linowych

W barierach linowych właściwości kolizyjne, a zwłaszcza wykazywany przez nią poziom powstrzymywania, zależą zwykle od odległości między słupkami (rozstawu słupków). Stąd rozstaw ten traktowany jest najczęściej jako wyznacznik odmiany bariery. Na zabudowanym na drodze odcinku bariery o określonej

długości np. 600 m, może się więc znajdować kilka jej odmian, gdy np. bariera dzieląca w swoim fragmencie przechodzi przez jednoprzestrzenny obiekt mostowy. Podobnie rozstaw słupków w poszczególnych sekcjach bariery może być różny, gdy np. część odcinka znajduje się na łuku drogi. W zależności od promienia tego łuku odległości między słupkami ulegają wtedy odpowiedniemu zmniejszeniu, co rzutuje się na oznaczenie odmiany tej sekcji bariery.

Wprowadzane na drogach w krajach o rozwiniętym poziomie BRD nowoczesne rozwiązanie FLEXTRA (fot. 2) zastępuje tradycyjne łączenia stalowo-betonowe i jednocześnie zapewnia dużo wyższy poziom bezpieczeństwa. Zadaniem nowatorskiego systemu jest nie dopuścić do rozbicia samochodu na betonowym elemencie, a auto powinno się odbić od bariery i wytracić prędkość.

Konstrukcja FLEXTRA opiera się sile uderzenia, dzięki czemu samochód odbija się od przeszkody. Można zakładać, że w większości przypadków po odbiciu od bariery kierowca będzie w stanie hamować i zatrzymać samochód. Uszkodzenia na barierze i pojeździe, szczególnie w porównaniu ze starym rozwiązaniem są bardzo małe.

Fot. 2. System barier FLEXTRA

Podsumowanie

Testy zderzeniowe (fot. 3) barier drogowych są najistotniejszym czynnikiem weryfikacji cech funkcjonalnych barier ochronnych. To na ich podstawie określa się ich spójność z zaleceniami normowymi, które klasyfikują dokładnie kryteria badań zderzeniowych i kompleksowe metody badań barier ochronnych, określając w jaki sposób bariery przejmują energię uderzenia i w jakim sposób poprawiają bezpieczeństwo na drodze.

Fot. 3.

Literatura

1. PN-EN 1317-2:2010 Systemy ograniczające drogę – Część 2: Klasy działania, kryteria przyjęcia badań zderzeniowych i metody badań barier ochronnych i balustrad.
2. PN-EN 12767:2008 Bierne bezpieczeństwo konstrukcji wsporczych dla urządzeń drogowych – Wymagania i metody badań.
3. PN-S-02205:1998 Drogi samochodowe – Roboty ziemne – Wymagania i badania.
4. *Wytyczne stosowania drogowych barier ochronnych na drogach krajowych*, GDDKiA, Warszawa 2010.
5. Materiały konferencyjne, konferencja Polska Wizja Zero 2014 i 2015.

dr inż. Beata Stankiewicz
Politechnika Opolska