
**Katalog
Cyfrowych
Narzędzi
Mostowych**

CNM-04-20-01

**Wyznaczanie sił
przekazywanych
przez barierę
ochronną na
pomost**

Katalog Cyfrowych Narzędzi Mostowych

CNM-04-20-01 **Wyznaczanie sił przekazywanych przez barierę ochronną na pomost**

Przedmiotowe opracowanie nie stanowi przepisów techniczno-budowlanych w rozumieniu art. 7 ustawy – Prawo budowlane i zgodnie z art. 17 ust. 4 ustawy o drogach publicznych, przeznaczone jest do dobrowolnego stosowania.

Spis opracowań z serii wzorce i standardy oraz informacje na temat ich nowelizacji znajdują się w dokumencie głównym zatytułowanym „Powiązanie wymagań technicznych dotyczących drogowych obiektów inżynierskich z narzędziami cyfrowymi”.

Opracował Zespół w składzie: Janusz RYMSZA - Koordynator realizacji przedmiotu zamówienia
Marek SALAMAK – Kierownik Zespołu
Tomasz KACZMAREK

Jednostka odpowiedzialna: Ministerstwo Infrastruktury
Departament Dróg Publicznych
ul. Chałubińskiego 4/6
00-928 Warszawa

Opracowanie sfinansowano ze środków Funduszu Spójności w ramach działania 2.1 Programu Operacyjnego Pomoc Techniczna 2014-2020.



Fundusze Europejskie
Pomoc Techniczna



**Rzeczpospolita
Polska**

Unia Europejska
Fundusz Spójności



Spis treści

1	PRZEDMIOT, ZAKRES I PODSTAWY IMPLEMENTACJI NARZĘDZIA	1
1.1	PRZEDMIOT	1
1.2	ZAKRES	1
1.3	PODSTAWY	1
1.4	NAJWAŻNIEJSZE DEFINICJE	1
2	OPIS NARZĘDZIA	2
2.1	WPROWADZENIE	2
2.2	DANE WEJŚCIOWE	2
2.3	ALGORYTM PRZETWARZANIA	4
2.4	INTERPRETACJA WYNIKÓW	6
2.5	OGRANICZENIA	7
2.6	RAPORT	7
3	PRZYKŁAD DZIAŁANIA PROGRAMU	8
3.1	DANE WEJŚCIOWE	8
3.2	WYNIKI	12
	ZAŁĄCZNIKI	13
	ZAŁĄCZNIK NR 1. RAPORT Z WYNIKAMI DZIAŁANIA NARZĘDZIA	13

1 Przedmiot, zakres i podstawy implementacji narzędzia

1.1 Przedmiot

Przedmiotem zaimplementowanego narzędzia cyfrowego, oznaczonego w Katalogu Cyfrowych Narzędzi Mostowych jako **CNM-04**, jest wyznaczanie sił przekazywanych przez barierę ochronną na pomost obiektu mostowego.

1.2 Zakres

Narzędzie służy do obliczeniowego wyznaczania maksymalnych sił, jakie może przekazać na pomost obiektu mostowego pojedynczy słupek stalowej bariery ochronnej podczas uderzenia pojazdu w barierę.

Siły wyznaczone są na podstawie parametrów geometrycznych przekrojów słupka, parametrów geometrycznych zakotwienia słupka oraz właściwości materiałowych słupka i śrub kotwiących.

Narzędzie ma zastosowanie dla barier z słupkami o stałym i zmiennym przekroju poprzecznym.

1.3 Podstawy

Podstawą formalną jest umowa nr DDP-POPT-U-96/18 z dnia 18.10.2018 r. zawarta w Warszawie między konsorcjum, którego liderem jest Instytut Badawczy Dróg i Mostów w Warszawie a Skarbem Państwa – Ministrem Infrastruktury.

1.3.1 Normy

- [1] PN-EN 1993-1-1:2006. Eurokod 3: projektowanie konstrukcji stalowych – Część 1: Reguły ogólne i reguły dla budynków.
- [2] PN-EN 10025-2 Wyroby walcowane na gorąco ze stali konstrukcyjnych -- Część 2: Warunki techniczne dostawy stali konstrukcyjnych niestopowych.

1.3.2 Instrukcje i wytyczne

- [3] COPRO vzw Impartial Certification Body for the Construction Industry: Technical Regulations. PTV 869 Road Restraints Systems. COPRO 2016, www.copro.eu.

1.3.3 Inne publikacje

- [4] Kaczmarek T., Radziecki A.: Współczesne bariery ochronne. Propozycja projektowania płyt chodnikowych i wsporników podchodnikowych mostów na uderzenia pojazdów. MOSTY 6/2017.

1.4 Najważniejsze definicje

Bariera ochronna. Bariera zainstalowana wzdłuż drogi po stronie zewnętrznej lub w pasie rozdziału, zapewniająca określone powstrzymanie źle skierowanego pojazdu.

Bariera ochronna stalowa. Bariera ochronna wykonana ze stali.

Pomost. Element drogowego obiektu inżynierskiego w którym są zamocowane słupki bariery ochronnej i na który, poprzez słupki bariery, są przekazywane siły podczas uderzenia pojazdu w barierę.

2 Opis narzędzia

2.1 Wprowadzenie

Narzędzie umożliwia analityczne wyznaczenie zestawu sił, w postaci siły poziomej H i momentu zginającego M , jakie może przekazać pojedynczy słupek stalowej bariery ochronnej na pomost podczas uderzenia pojazdu w barierę. Sprzężone wartości H i M podane są w formie wykresu $M=f(H)$, w zakresie od maksymalnej do minimalnej możliwej wysokości uderzenia pojazdu w barierę. Wysokość maksymalna uderzenia słupka w barierę równa jest wysokości słupka. Wysokość minimalna przyjęta jest umownie jako 0,25 m powyżej płaszczyzny ruchu pojazdu. Oprócz sprzężonych wartości H i M podanych w formie wykresu, program podaje liczbowe wartości H i M dla dwóch wyżej określonych skrajnych wysokości uderzenia pojazdu w barierę i jednej wysokości pośredniej. Każdej możliwej wysokości uderzenia pojazdu w barierę z przyporządkowana jest jedna para sił H i M związana zależnością $z=M/H$.

Maksymalne siły przekazywane przez słupki bariery na pomost określane są poprzez maksymalną nośność plastyczną na zginanie z uwzględnieniem ścinania przekrojów charakterystycznych słupka i maksymalną nośność zakotwienia. Wyznaczane w programie siły H i M dla danej wysokości uderzenia pojazdu w barierę są równe wartościom minimalnym H i M wyznaczonym z wartości maksymalnych H i M dla przekrojów charakterystycznych słupka i dla zakotwienia.

Wyznaczone przez program wartości H i M , po przyjęciu przez projektanta liczby słupków obciążonych jednocześnie w czasie uderzenia pojazdu, mogą być wykorzystane jako obciążenia modelu kapy obliczeniowego w analizie kap chodnikowych, połączenia kap z płytą pomostu, wsporników i płyt pomostowych, gzymsów konstrukcji oporowych i innych elementów, w których wartość sił wewnętrznych wywołanych uderzeniami pojazdów w barierę jest znacząca. Informacje związane z modelowaniem i obciążaniem kap chodnikowych można znaleźć w artykule [4] i literaturze cytowanej w tym artykule.

2.2 Dane wejściowe

Dane wejściowe podzielone są na 5 grup:

- dane identyfikacyjne,
- dane materiałowe,
- dane wysokościowe określające położenie przekrojów słupka i poziomy uderzenia pojazdu w barierę,
- dane geometryczne przekroju słupka
- dane geometryczne zamocowania słupka.

2.2.1 Dane identyfikacyjne

Użytkownik podaje następujące dane:

- nazwa zadania,
- element mostu będący przedmiotem obliczeń.

2.2.2 Dane materiałowe

Użytkownik podaje następujące dane:

- klasa wytrzymałościowa stali słupka,
- maksymalna wytrzymałość na rozciąganie stali słupka $f_{u'}$ [MPa],
- klasa śrub mocujących,
- maksymalna wytrzymałość na rozciąganie stali śrub f_{uS} [MPa].

Maksymalną wytrzymałość na rozciąganie stali słupka należy podawać wg tablicy 7 normy 2, stosując górne graniczne wartości dla podanych zakresów wytrzymałości.

Maksymalne wytrzymałości na rozciąganie śrub nie są znormalizowane. Dla śrub klasy 8.8 przyjmuje się $f_{uS} = 1100$ MPa, dla śrub innych klas wytrzymałości maksymalne są dyskutowane.

2.2.3 Dane wysokościowe

Użytkownik podaje następujące dane:

- wysokość słupka h_s [m], liczona od powierzchni górnej płyty podstawy, *Wysokość ta określa jednocześnie najwyższy poziom, na którym może nastąpić uderzenie pojazdu w barierę.*
- wysokość położenia prowadnicy bariery z_{prow} [m] względem górnej powierzchni podstawy słupka, *Jest to zadany przez użytkownika poziom pośredni uderzenia pojazdu w barierę, dla którego program ma obliczyć siły przekazywane na pomost. Poziomem sugerowanym jest środek górnej prowadnicy bariery, ale użytkownik może wybrać dowolny inny poziom nie przekraczający wysokości słupka.*
- wysokość położenia górnej powierzchni podstawy słupka bariery względem poziomu ruchu pojazdu z_{podst} [m]. *Wysokość ta służy do obliczania najniższego poziomu uderzenia pojazdu w barierę względem powierzchni górnej podstawy słupka. Przyjmuje się, że uderzenie nie jest fizycznie możliwe poniżej wysokości 0,25 m mierzonej od płaszczyzny ruchu pojazdu. Wysokość z_{podst} zadaje się jako dodatnią.*

2.2.4 Dane geometryczne przekroju słupka

Można zadawać do 5 przekrojów słupków. Dla każdego przekroju należy podać wysokość jego położenia względem powierzchni górnej podstawy słupka z [m]. Tworzenie nowego przekroju odbywa się poprzez „Dodaj przekrój +”. Edytowany jest przekrój zaznaczony jako aktywny.

Przekrój słupka może być złożony z elementów o przekroju prostokątnym (blach) lub rurowym. Liczba elementów składowych słupka ograniczona jest do 20. Tworzenie kolejnych elementów składowych przekroju inicjuje się poprzez „Dodaj element  ”. Położenie elementów składowych przekroju określa się w przyjętym przez użytkownika układzie współrzędnych Oxy. Przekrój należy tak sytuować, aby siła uderzenia pojazdu w barierę (z założenia prostopadła do prowadnicy bariery) była równoległa do osi Oy. Dla każdego elementu składowego podawane są:

- kształt elementu, poprzez wybór elementu o przekroju prostokątnym (blachy) lub rury,
- wymiar dłuższego boku elementu o przekroju prostokątnym h [mm] lub średnica zewnętrzna rury D [mm],
- wymiar krótszego boku elementu o przekroju prostokątnym lub grubość ścianki rury g [mm],
- odcięta środka ciężkości elementu x_0 [mm],
- rzędna środka ciężkości elementu y_0 [mm],
- kąt obrotu elementu prostokątnego α [°], przyjmowany jako kąt między dłuższą osią elementu a dodatnim kierunkiem osi Ox,
- kwalifikacja elementu jako pracującego na ścinanie (poprzez zaznaczenie pola).

Kwalifikując elementy składowe przekroju jako pracujące na ścinanie należy się kierować zasadami normy [1]. Przybliżając profile walcowane elementami prostokątnymi należy zwrócić uwagę na wyokrąglone obszary połączeń między średnicami i półkami i zadać w tych miejscach odpowiednie elementy prostokątne pracujące na ścinanie, tak aby przybliżyć „od góry” pole przekroju pracującego na ścinanie. Zaleca się takie przybliżenie przekroju elementami prostokątnymi, aby pracujące na ścinanie elementy prostokątne miały jak największą wysokość (wymiar w kierunku działania siły poziomej).

Po wczytaniu wszystkich elementów składowych uruchomienie „Rysuj i oblicz” powoduje wyświetlenie rysunku przekroju i obliczenie nośności przekroju na zginanie M_u i ścinanie V_u .

Dla słupków o zmiennym przekroju zaleca się analizować:

- przekrój przy podstawie słupka,
- przekrój położony w pobliżu górnego końca słupka,
- przekrój (przekroje) w miejscach nieciągłości słupka,
- inne przekroje w wybranych lokalizacjach, możliwie w górnej części słupka

2.2.5 Dane geometryczne zamocowania słupka

Dane geometryczne zamocowania słupka zadawane są w układzie współrzędnych Oxy. Układ ten nie musi pokrywać się z układem utworzonym dla potrzeb zadawania przekroju słupka. Podawane są:

- rzędna tylnej krawędzi przekroju słupka y_{kr} [mm],

oraz dla każdej zadawanej śruby zamocowania:

- średnica nominalna gwintu metrycznego śruby d [mm]
- odcięta środka śruby x_o [mm],
- rzędna środka śruby y_o [mm],
- kwalifikacja śruby jako rozciąganej podczas uderzenia pojazdu w barierę (przez zaznaczenie pola).

Wczytanie kolejnej śruby następuje po uruchomieniu „Dodaj śrubę **○**”. Liczba śrub mocujących ograniczona jest do 9.

Uruchomienie „Rysuj i oblicz” powoduje wyświetlenie rysunku zamocowania i obliczenie nośności zamocowania na zginanie M_u i ścinanie V_u .

2.3 Algorytm przetwarzania

Algorytm obliczeń zaczerpnięty jest z publikacji [3]. Metoda jest opisana w języku polskim w artykule [4].

2.3.1 Maksymalne siły, jakie może przekazać słupek na pomost z uwagi na nośność przekrojów słupka

Dla każdego zadanego przekroju słupka program oblicza rzędną środka ciężkości przekroju słupka y_c z następujących zależności:

$$A = \sum_{j=1}^{jmax} A_j$$

$$S_x = \sum_{j=1}^{jmax} A_j \times y_j$$

$$y_c = \frac{S_x}{A}$$

gdzie: A – pole przekroju słupka,
 S_x – moment statyczny przekroju słupka względem osi x przyjętego układu współrzędnych,
 A_j – pole przekroju elementu składowego słupka,
 y_j – rzędna środka ciężkości elementu składowego słupka w przyjętym układzie współrzędnych
 j_{max} – liczba elementów składowych przekroju słupka.

Następnie program metodą prób dobiera takie przybliżone położenie osi obojętnej przekroju przy zginaniu plastycznym y_o , dla którego pole części przekroju słupka A_o położonej poniżej osi obojętnej spełnia zależność:

$$\left| A_o - \frac{A}{2} \right| < 0,5 \text{ mm}^2$$

Dla wyznaczonego położenia osi obojętnej przekroju przy zginaniu plastycznym program oblicza plastyczny wskaźnik wytrzymałości przekroju W_{pl} jako:

$$W_{pl} = 2 \times \sum_{j*=1}^{jmax*} A_{j*} \times (y_c - y_{j*})$$

gdzie: A_{j*} – pole przekroju elementu składowego przekroju słupka lub jego części położonych poniżej osi y_o ,
 y_{j*} – środek ciężkości elementu składowego przekroju słupka lub jego części położonych poniżej osi y_o ,
 j_{max*} – liczba elementów składowych przekroju słupka lub ich części położonych poniżej osi y_o .
pozostałe oznaczenia – jak we wzorach i tekście powyżej.

Nośność graniczna przekroju słupka przy zginaniu $M_{u'}$ obliczana jest jako:

$$M_{u'} = W_{pl} \times f_u'$$

gdzie: f_u' – górna graniczna wytrzymałość na rozciąganie stali słupka, przyjmowana wg tablicy 7 normy [2].

Nośność graniczna przekroju słupka przy ścinaniu $V_{u'}$ obliczana jest jako:

$$V_{u'} = \sum_{j=1}^{j_{tmax}} A_j \times \frac{f_u'}{\sqrt{3}}$$

gdzie: A_j – pole przekroju elementu składowego słupka zaznaczonego przez użytkownika programu jako wchodzącego w skład przekroju czynnego przy ścinaniu wg zasad normy [1],
 j_{tmax} – liczba elementów składowych przekroju słupka wchodzących w skład przekroju czynnego przy ścinaniu.

Program tworzy rysunek pokazujący elementy składowe przekroju słupka oraz osie y_c i y_o . Pod przekrojem wyświetlane są wartości $M_{u'}$ i $V_{u'}$.

Wartości maksymalnego z uwagi na nośność przekroju słupka momentu M , przekazywanego przez barierę ochronną na pomost oraz towarzyszącej momentowi siły poziomej H wyznacza się z zależności:

– dla $H \leq V_{u'}/2$:

$$M = M_{u'} + H \times z$$

– dla $H > V_{u'}/2$:

$$M = (1 - \rho) \times M_{u'} + H \times z$$

gdzie: z – położenie analizowanego przekroju słupka względem górnej powierzchni blachy podstawy,

$1 - \rho$ – współczynnik redukujący nośność przekroju z uwagi na redukcję granicy plastyczności w polu czynnym przy ścinaniu, określony zależnością:

$$1 - \rho = 1 - \left(\frac{2H}{V_{u'}} \right)^2$$

2.3.2 Maksymalne siły, jakie może przekazać słupek na pomost z uwagi na nośność zakotwienia

Maksymalna nośność zakotwienia na zginanie $M_{u',s}$ obliczana jest z zależności:

$$M_{u',s} = \sum_{k=1}^{k_{tmax}} A_{s,t} \times (y_{kr} - y_{s,kt}) \times f_{u',s}$$

gdzie: $A_{s,k}$ – pole przekroju czynnego śruby określonej przez podanie gwintu M i wskazanej przez użytkownika jako śruba rozciągana,

y_{kr} – rzędna tylnej krawędzi podstawy słupka w przyjętym dla zakotwienia układzie współrzędnych,

$y_{s,k}$ – rzędna środka przekroju śruby rozciąganej w przyjętym dla zakotwienia układzie współrzędnych,

$f_{u',s}$ – górna graniczna wytrzymałość na rozciąganie materiału śruby danej klasy,

k_{tmax} – liczba śrub rozciąganych.

Maksymalna nośność zakotwienia na ścinanie $V_{u',s}$ obliczana jest z zależności:

$$V_{u',s} = \sum_{k=1}^{k_{max}} A_{s,k} \times \frac{f_{u',s}}{\sqrt{3}}$$

gdzie: k_{max} – liczba śrub kotwiących,

pozostałe oznaczenia jak w poprzednim wzorze i tekście powyżej

Wartości maksymalnego momentu M , jaki może przekazać zakotwienie słupka na pomost oraz towarzyszącej momentowi siły poziomej H określa zależność:

$$\left(\frac{M}{M_{u',s}} \right)^2 + \left(\frac{H}{V_{u',s}} \right)^2 = 1$$

Program tworzy rysunek pokazujący śruby kotwiące i tylną krawędź podstawy słupka oraz podaje wartości $M_{u',s}$ i $V_{u',s}$.

2.3.3 Wykres i wartości liczbowe sił przekazywanych przez słupek na pomost

Dla każdego zadanego przekroju słupka i dla zakotwienia program tworzy wykres $M = f(H)$.

Program oblicza współrzędne punktów krzywych $M=f(H)$ wyznaczonymi dla każdego z przekrojów słupka i dla zakotwienia z prostymi:

$$M = H \times h_s$$

$$M = H \times z_{prow}$$

$$M = H \times (0,25 - z_{podst})$$

gdzie: h_s – wysokość słupka liczona od powierzchni górnej podstawy słupka,
 z_{prow} – położenie przekroju pośredniego słupka, przyjęte np. dla środka prowadnicy bariery,
 z_{podst} – położenie górnej powierzchni podstawy słupka względem powierzchni ruchu pojazdu.

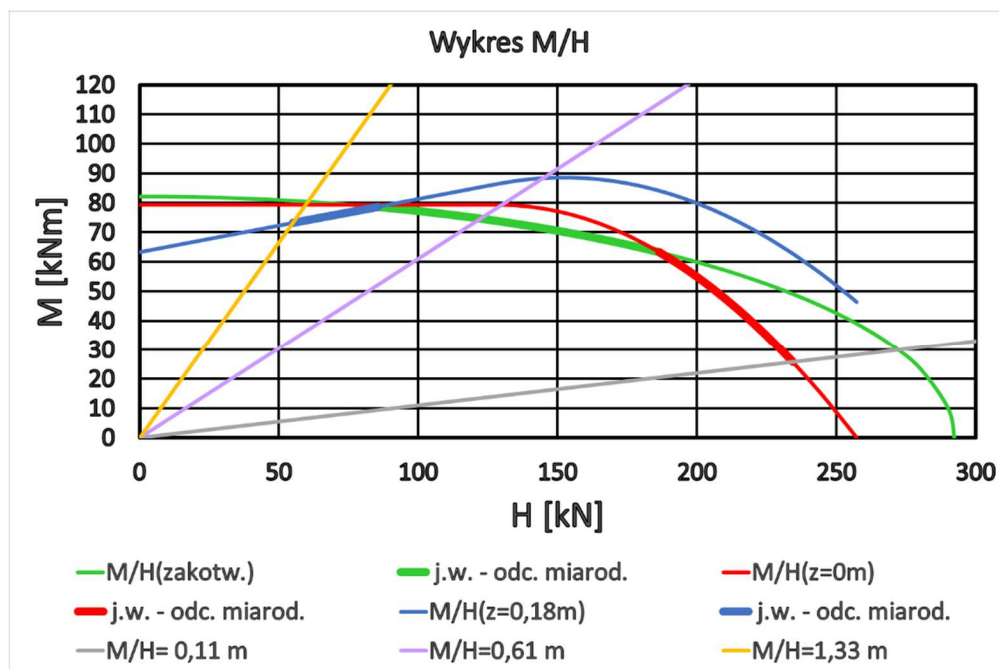
Współrzędne punktów przecięcia wykresów i prostych obliczane są w zakresie ważności krzywych, który dla każdej krzywej określony jest odciętymi $H_{min} = 0$ i $H_{max} = V_{u'}$ lub $H_{max} = V_{u',s}$.

Wartości H i M będące współrzędnymi punktów przecięcia każdej z prostych z najniższej przecinającą się z nią krzywą są maksymalnymi siłami, jakie może przekazać słupek na pomost przy wysokości uderzenia pojazdu w barierę równej h_s , z_{prow} lub $0,25 - z_{podst}$.

Dwa skrajne z wymienionych poziomów uderzenia pojazdu w barierę wynikają z założenia, że uderzenie jest fizycznie możliwe od poziomu 0,25 m powyżej poziomu ruchu pojazdu do poziomu równego wysokości słupka bariery.

2.4 Interpretacja wyników

2.4.1 Interpretacja wykresu M/H



Rys. 1. Przykładowy wykres M/H

Wykres M/H zawiera:

- krzywe $M=f(H)$ dla wszystkich zadanych przekrojów słupków,
- krzywą $M=f(H)$ dla zakotwienia,
- prostą $M=H \times h_s$
- prostą $M=H \times (0,25-z_{podst})$
- prostą $M=H \times z_{prow}$

Miarodajna do określenia zestawów sił M i H , jakie słupek może przekazać na pomost, jest dolna obwiednia krzywych $M=f(H)$ dla przekrojów słupka i zakotwienia na odcinku od przecięcia z prostą $M=H \times h_s$ (uderzenie pojazdu na wysokości górnego końca słupka) do przecięcia z prostą $M=H \times (0,25-z_{podst})$ (uderzenie pojazdu na wysokości 0,25 m powyżej poziomu ruchu).

Przykładowy wykres M/H pokazany na rys. 1. Wykres jest sporządzony dla słupka ze wzmocnieniem na odcinku dolnym, sięgającym do 0,18 m powyżej górnej powierzchni blachy podstawy. Powierzchni górna blachy podstawy położona jest 0,14 m powyżej poziomu ruchu pojazdu, co daje minimalną możliwą wysokość uderzenia pojazdu w słupek $z=0,25-0,14 = 0,11$ m. Wysokość słupka wynosi 1,33 m. Zadano również dodatkową wysokość uderzenia pojazdu w barierę $z=0,61$ m. Wykres zawiera:

- krzywą $M=f(H)$ dla przekroju wzmocnionego przy podstawie, to jest dla $z=0$ (krzywa czerwona),
- krzywą $M=f(H)$ dla przekroju bez wzmocnienia położonego na wysokości $z=0,18$ m (krzywa niebieska),
- krzywą $M=f(H)$ dla zakotwienia (krzywa zielona),
- prostą $M=1,33 \times H$ (prosta żółta),
- prostą $M=0,11 \times H$ (prosta szara)
- prostą $M=0,61 \times H$ (prosta fioletowa).

Odcinek dolnej obwiedni krzywych M/H długości od przecięcia z prostą $M=1,33 \times H$ do przecięcia z prostą $M=0,11 \times H$ składa się z odcinka krzywej niebieskiej, odcinka krzywej zielonej i odcinka krzywej czerwonej. Tę część wykresu, miarodajną do odczytu zestawów sił H i M , które mogą zostać przekazane przez słupek bariery na pomost podczas uderzenia pojazdu, zaznaczono na rys. 1 liniami pogrubionymi.

2.4.2 Interpretacja wyników liczbowych

Program podaje zestawy sił H i M dla trzech wysokości uderzenia pojazdów w barierę: dwóch wysokości skrajnych, równych wysokości słupka bariery i poziomu 0,25 m powyżej poziomu ruchu, oraz trzeciej wysokości pośredniej, zadanej jako z_{prow} .

- dla przykładowego wykresu pokazanego na rys. 1 program byłyby to następujące siły:
- dla uderzenia pojazdu w barierę na wysokości $z=1,33$ m:
 $H = 54,99$ kN $M = 73,14$ kNm
 (na wykresie M/H są to współrzędne punktu przecięcia żółtej prostej z krzywą niebieską),
- dla uderzenia pojazdu w barierę na wysokości $z=0,61$ m:
 $H = 122,39$ kN $M = 74,66$ kNm
 (na wykresie M/H są to współrzędne punktu przecięcia prostej fioletowej z krzywą zieloną),
- dla uderzenia pojazdu w barierę na wysokości $z=0,11$ m:
 $H = 234,38$ kN $M = 25,78$ kNm

2.5 Ograniczenia

Zakres stosowania narzędzia ogranicza się barier stalowych z słupkami, których przekroje mogą być przybliżane przez zestaw elementów prostokątnych i rurowych. Liczba analizowanych przekrojów słupka ograniczona jest w programie do 5. Liczba elementów składowych przekroju słupka ograniczona jest do 20.

Program ogranicza rodzaj śrub mocujących słupki do śrub o gwincie metrycznym M od M8 do M36. Analiza nośności zakotwienia ograniczona jest do wyznaczenia maksymalnej nośności śrub jako elementów stalowych; nośność zakotwienia z uwagi na beton nie jest analizowana. Z uwagi na trudności określenia maksymalnej wytrzymałości betonu w strefie docisku nośność zakotwienia obliczana jest z nadmiarem – zamiast ramion sił rozciągających poszczególne śruby wyznaczanych względem wypadkowej strefy ściskanej do obliczania maksymalnego momentu zginającego, jaki może przenieść zakotwienie z uwagi na wytrzymałość śrub na rozciąganie, przyjmowane są ramiona działania sił względem krawędzi podstawy słupka od strony ściskanej.

2.6 Raport

Wzór raportu znajduje się w załączniku nr 1. Na wydruku podawane są wyniki obliczeń.

3 Przykład działania programu

Poniżej zaprezentowano przykład wyznaczania sił na pomost przez słupkę bariery ochronnej o wysokości 1,33 m. Przekrój słupki jest wzmocniony do wysokości 0,18 m. Słupkę wykonany jest ze stali S235. Poziom górnej powierzchni blachy podstawy jest wzniesiony o 0,14 m względem płaszczyzny ruchu pojazdu. Podstawa słupki jest zamocowana 4 śrubami M16 klasy 8.8. Zadano dodatkowy poziom uderzenia pojazdu w barierę 1,13 m – jest to poziom środka górnej prowadnicy bariery.

3.1 Dane wejściowe

3.1.1 Dane identyfikacyjne

CNM-04-19-01 Wyznaczanie sił przekazywanych przez barierę ochronną na pomost
?

1
Strona główna

2
Nowe zadanie

3
Lista elementów

4
Analiza elementów

5
Raport PDF

6
Raport CSV

Zadanie

☒ Nowe
☐ Z pliku

Nazwa zadania

Wiadukt WD-888 nad drogą ekspresową S-88

Elementy mostu

Bariera skrajna

Rozdziel elementy średnikiem, żeby wprowadzić więcej niż 1 element oddzielnie analizowany

Zapisz

3.1.2 Dane materiałowe

Element: Bariera skrajna

[1]

Stal słupka

Klasa wytrzymałości:

S235

Wytrzymałość na rozciąganie f_u :

510

[MPa]

Stal śrub mocujących

Klasa śrub:

8.8

Wytrzymałość na rozciąganie f_u :

1100

[MPa]

3.1.3 Dane wysokościowe

[2]

Wysokość słupka

 h_s :

1,33

[m]

Położenie górnej prowadnicy bariery

 z_{prow} :

1,13

[m]

Położenie górnej powierzchni podstawy słupka

względem poziomu ruchu z_{podst} :

0,14

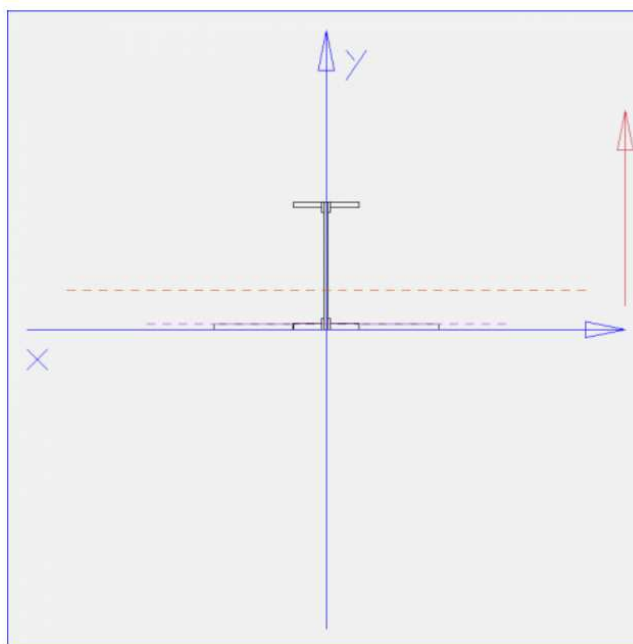
[m]

3.1.4 Dane przekroju przy podstawie słupka (z=0).

[3] Przekrój słupka

Dodaj przekrój:  Liczba przekrojów: 2

Przekrój	Aktywny	Położenie przekroju z [m]	Nośność graniczna Mu [kNm]	Nośność graniczna Vu [kN]	Usuń
1		0	79.32	282.91	
2		0,18	63.22	282.91	



Legenda:

-  kierunek działania siły
-  oś współrzędnych x,y
-  yc rzędna środka ciężkości przekroju
-  yo oś obojętna przekroju słupka przy plastycznym zginaniu

Dodaj element:   Liczba elementów: 11

Pomyślnie wygenerowano obraz

Rysuj i oblicz

Element	Kształt	Kolor	Wymiary		Położenie środka ciężkości		Obrót α [°]	Element ściany	Usuń
			h [mm] / D _{zew} [mm]	g [mm]	x0 [mm]	y0 [mm]			
1			35,5	7,4	-23,25	156,30	0		
2			35,5	7,4	23,35	156,30	0		
3			13,4	3	-4	153,30	90		
4			13,4	3	4	153,30	90		
5			160	5	0	80	90		
6			13,4	3	-4	6,7	90		

7	☐	v	13,4	3	4	6,7	90	☒	x
8	☐	v	35,5	7,4	-23,35	3,7	0	☐	x
9	☐	v	35,5	7,4	23,35	3,7	0	☐	x
10	☐	v	100	7	-91	3,5	0	☐	x
11	☐	v	100	7	91	3,5	0	☐	x

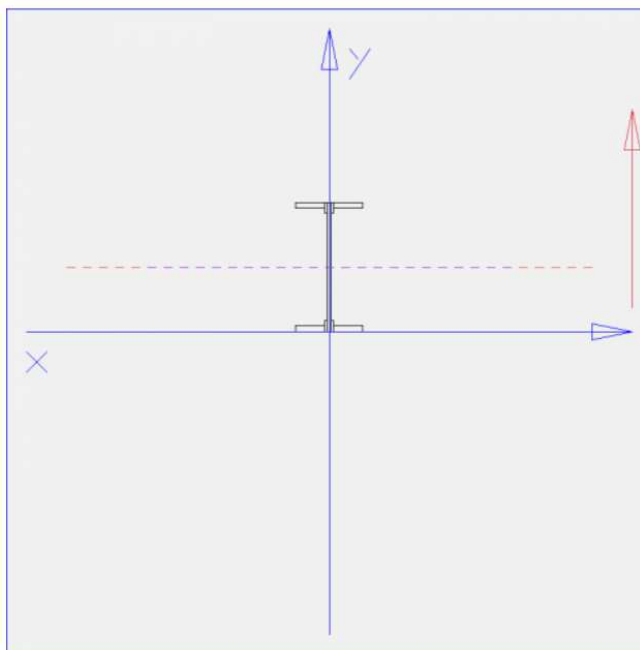
Nośność graniczna przekroju:		przy zginaniu:	M_u [kNm]	79.32
		przy ścinaniu:	V_u [kN]	282.91

3.1.5 Dane przekroju bez wzmocnienia na wysokości $z=0,18$ m

[3] Przekrój słupka

Dodaj przekrój: Liczba przekrojów: 2

Przekrój	Aktywny	Położenie przekroju z [m]	Nośność graniczna M_u [kNm]	Nośność graniczna V_u [kN]	Usuń
1	☐	0	79.32	282.91	
2	☒	0,18	63.22	282.91	x



Legenda:

- kierunek działania siły
- osie współrzędnych x,y
- *** yc rzędna środka ciężkości przekroju
- *** yo oś obojętna przekroju słupka przy plastycznym zginaniu

Dodaj element: ☐ ☐ Liczba elementów: 9 Rysuj i oblicz

Element	Kształt	Kolor	Wymiary		Położenie środka ciężkości		Obrót α [°]	Element ściany	Usuń
			h [mm] / D _{zew} [mm]	g [mm]	x0 [mm]	y0 [mm]			
1	☐	☐	35,5	7,4	-23,35	156,30	0	☐	X
2	☐	☐	35,5	7,4	23,35	156,3	0	☐	X
3	☐	☐	13,4	3	-4	153,30	90	☒	X
4	☐	☐	13,4	3	4	153,30	90	☒	X
5	☐	☐	160	5	0	80	90	☒	X
6	☐	☐	13,4	3	-4	6,7	90	☒	X
7	☐	☐	13,4	3	4	6,7	90	☒	X
8	☐	☐	35,5	7,4	-23,35	3,7	0	☐	X
9	☐	☐	35,5	7,4	23,35	3,7	0	☐	X

Nośność graniczna przekroju:	przy zginaniu:	M _u [kNm]	63.22
	przy ścinaniu:	V _u [kN]	282.91

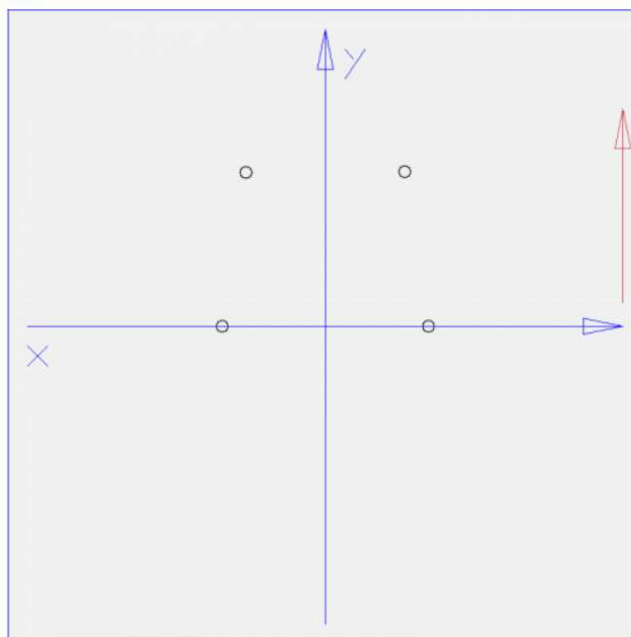
3.1.6 Dane zamocowania słupka

[4] Zamocowanie słupka

Rzędna tylnej krawędzi podstawy słupka y_{kr}

260

[mm]



Legenda:

- kierunek działania siły
- osie współrzędnych x,y

Dodaj śrubę:



Liczba śrub: 4

Rysuj i oblicz

Śruba	Oznaczenie gwintu	Średnica nominalna d [mm]	x0 [mm]	y0 [mm]	Śruba rozciągana	Usuń
1	M	16	-130	0	☒	☒
2	M	16	130	0	☒	☒
3	M	16	-100	195	☒	☒
4	M	16	100	196	☒	☒

Nośność graniczna zamocowania:

przy zginaniu:

 M_u [kNm]

112.08

przy ścinaniu:

 V_u [kN]

398.83

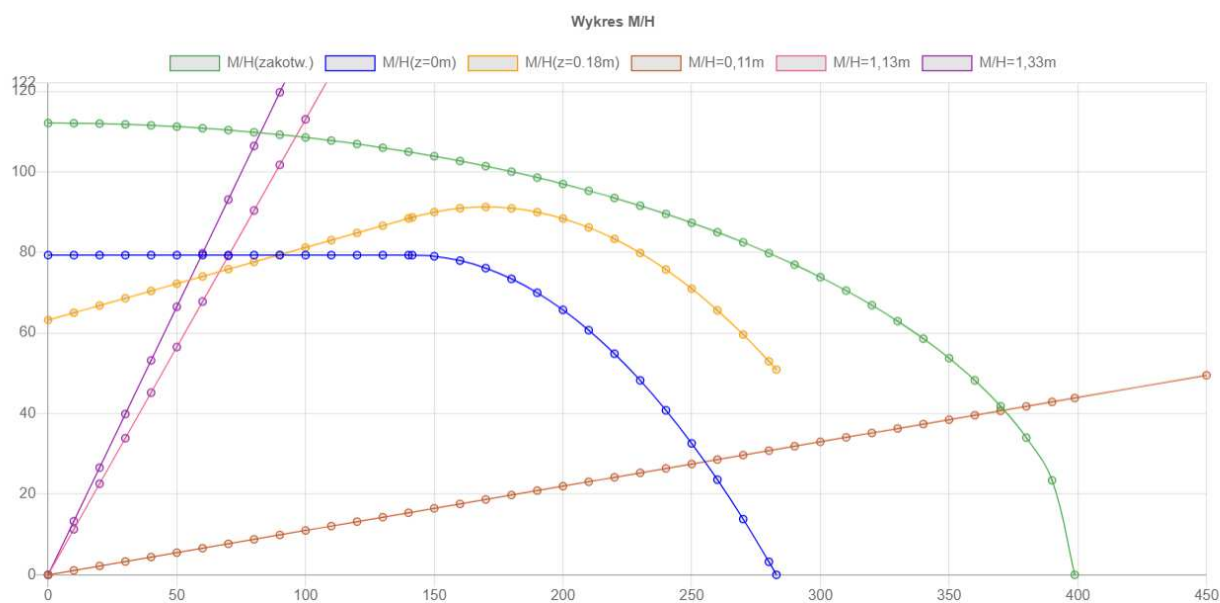
3.2 Wyniki

[5] Wyniki

Siły przekazywane przez 1 słupkę bariery na pomost:

Rysuj i oblicz

Poziom uderzenia pojazdu z [m] :	Siła pozioma H [kN]:	Moment M [kNm]
0.11	255.16	28.07
1.13	66.55	75.2
1.33	54.97	73.12



Zapisz

Załączniki

Załącznik nr 1. Raport z wynikami działania narzędzia

Wyznaczanie sił przekazywanych przez barierę ochronną na pomost

Nr katalogowy: CNM-04

Raport

Data: 24.09.2019

Nazwa zadania:	Wiadukt WD-888 nad drogą ekspresową S88
----------------	--

Nazwa elementu: **Bariera skrajna**

Dane wejściowe:

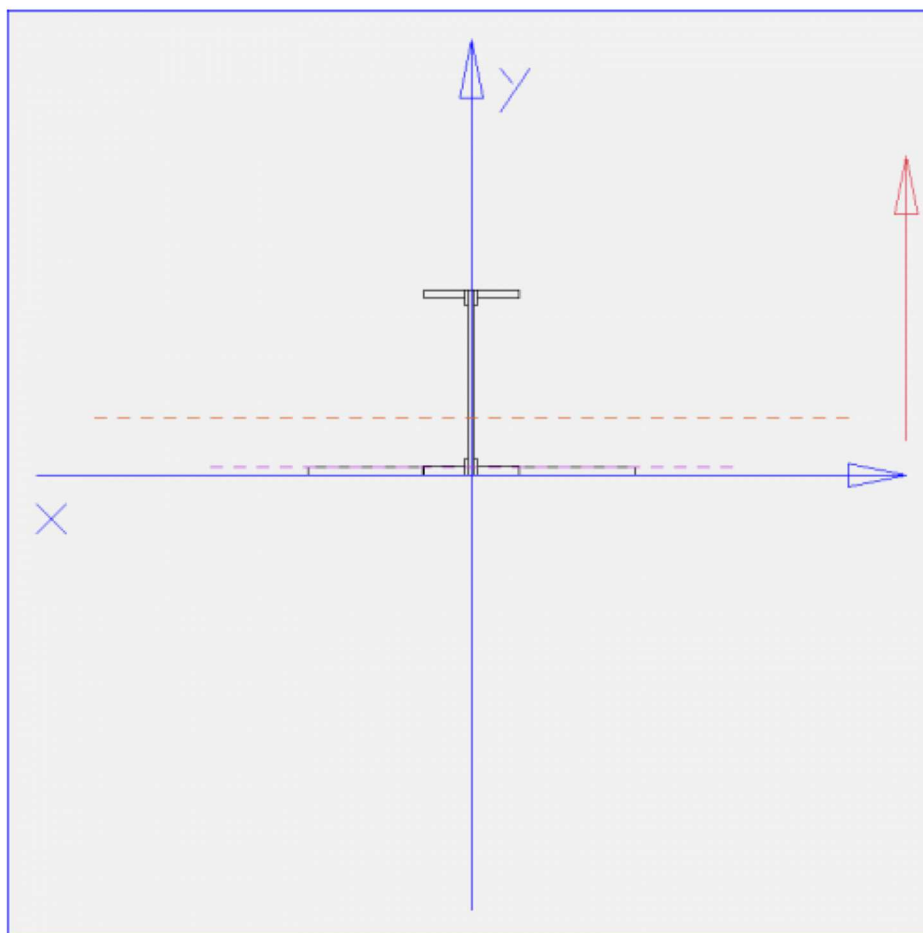
Stal słupka		Stal śrub mocujących	
Klasa wytrzymałości	Wytrzymałość na rozciąganie f_u	Klasa śrub	Wytrzymałość na rozciąganie f_u
S235	510 [MPa]		1100 [MPa]

Wysokość słupka h_s	Położenie górnej prowadnicy bariery z_{prov}	Położenie górnej powierzchni podstawy słupka względem poziomu ruchu z_{podst}
[m]	[m]	0.14 [m]

Przekroje słupka			
Nr przekroju	Położenie przekroju z [m]	Nośność graniczna M_u [kNm]	Nośność graniczna V_u [kN]
1	0	79.32	282.91
2	0.18	63.22	282.91

Elementy przekrojów słupka

Nr przekroju		1					
Nr elementu	Kształt	Wymiary		Położenie środka ciężkości		Obrót	Element ścinany
		h [mm] / D _{zew} [mm]	g [mm]	x0 [mm]	y0 [mm]	α [°]	
1		35.5	7.4	-23.25	156.30	0	nie
2		35.5	7.4	23.35	156.30	0	nie
3		13.4	3	-4	153.30	90	tak
4		13.4	3	4	153.30	90	tak
5		160	5	0	80	90	tak
6		13.4	3	-4	6.7	90	tak
7		13.4	3	4	6.7	90	tak
8		35.5	7.4	-23.35	3.7	0	nie
9		35.5	7.4	23.35	3.7	0	nie
10		100	7	-91	3.5	0	nie
11		100	7	91	3.5	0	nie

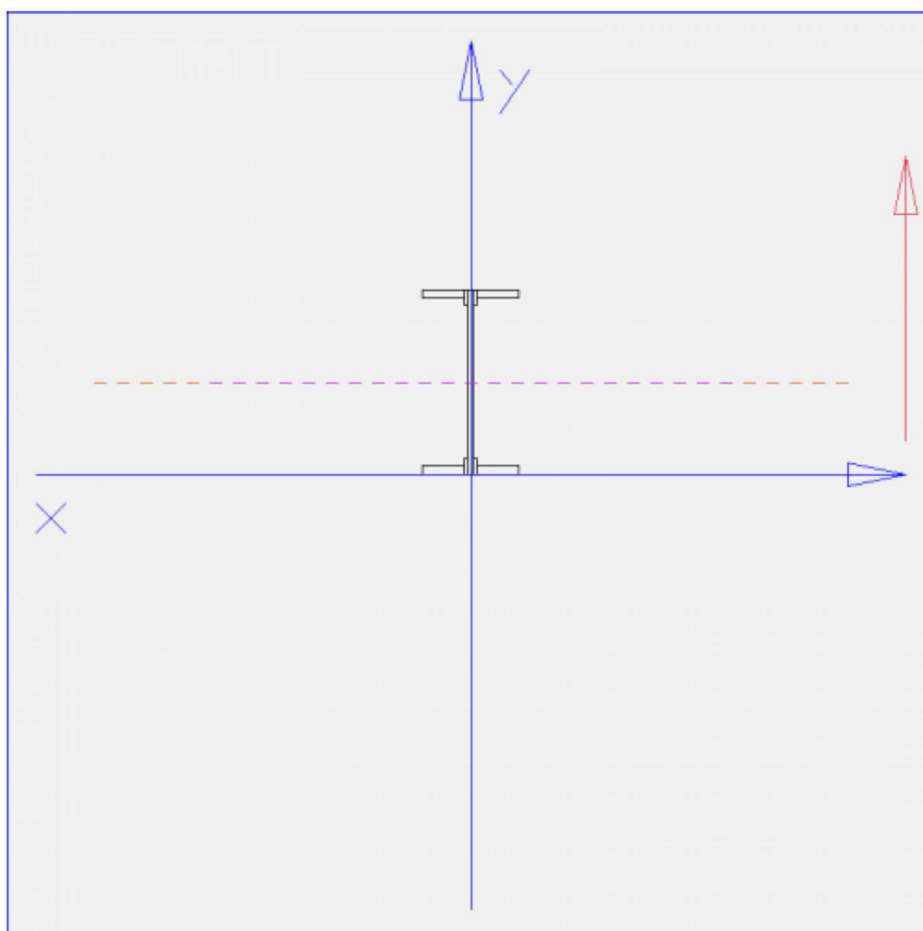


Legenda:

- > kierunek działania siły
- > osie współrzędnych x,y
- - - yc

Nr przekroju		2					
Nr elementu	Kształt	Wymiary		Położenie środka ciężkości		Obrót	Element ścinany
		h [mm] / D _{zew} [mm]	g [mm]	x0 [mm]	y0 [mm]	α [°]	
1	☐	35.5	7.4	-23.35	156.30	0	nie
2	☐	35.5	7.4	23.35	156.3	0	nie
3	☐	13.4	3	-4	153.30	90	tak
4	☐	13.4	3	4	153.30	90	tak
5	☐	160	5	0	80	90	tak
6	☐	13.4	3	-4	6.7	90	tak

7	☐	13.4	3	4	6.7	90	tak
8	☐	35.5	7.4	-23.35	3.7	0	nie
9	☐	35.5	7.4	23.35	3.7	0	nie



Legenda:

- > kierunek działania siły
- > osie współrzędnych x,y
- - - yc

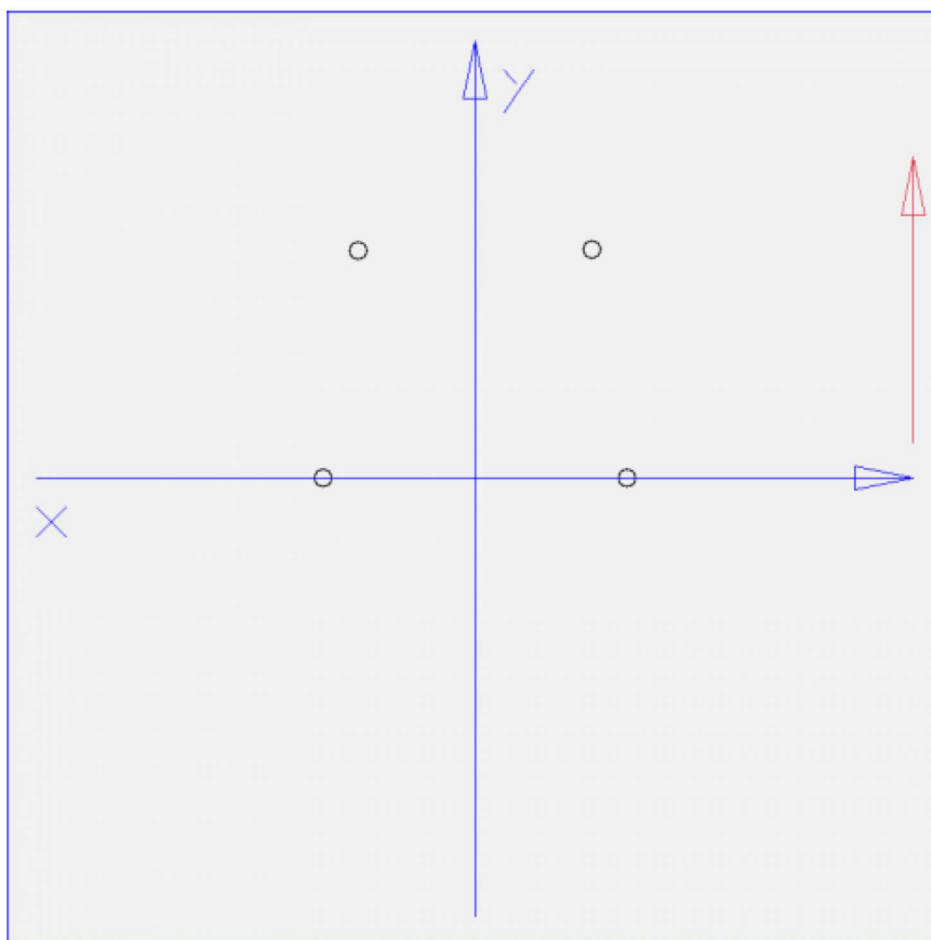
Zamocowanie słupka

Rzędna tylnej krawędzi podstawy słupka y_{kr} [mm]	Nośność graniczna M_u [kNm]	Nośność graniczna V_u [kN]
260	112.08	398.83

Śruby

Nr śruby	Oznaczenie gwintu	Średnica nominalna d [mm]	x_0 [mm]	y_0 [mm]	Śruba rozciągana
----------	-------------------	--------------------------------	------------	------------	------------------

1	M	16	-130	0	tak
2	M	16	130	0	tak
3	M	16	-100	195	tak
4	M	16	100	196	tak



Legenda:

- > kierunek działania siły
- > osie współrzędnych x,y

Wyniki:

Siły przekazywane przez 1 słupkę bariery na pomost		
Poziom uderzenia pojazdu z [m]	Siła pozioma H [kN]	Moment M [kNm]
0.11	255.16	28.07
0	282.91	0
0	282.91	0

