



# WYBRANE PROBLEMY PROJEKTOWANIA I BUDOWY PRZĘSEŁ SPRĘŻONYCH

dr hab. inż. Krzysztof Żółtowski, prof. PG

Katedra Konstrukcji Inżynierskich  
Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska



## LOKALNE PROBLEMY W OBRĘBIE SKUPIONYCH SIŁ KABLI SPRĘŻAJĄCYCH

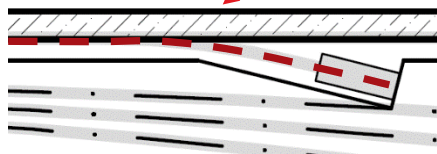
Zarysowanie w obrębie  
główicy kotwiącej



Zarysowanie płyt w obszarze  
stopniowej mobilizacji sprężenia



ZIDENTYFIKOWANE  
PROBLEMY



Zarysowanie w miejscu  
zakrzywienia kabla



Zarysowanie w miejscu  
styku segmentów



POLITECHNIKA  
GDAŃSKA

Nowoczesne metody projektowania i analizy mostowych konstrukcji sprężonych

## Awarie konstrukcji sprężonych





## Awarie konstrukcji sprężonych





## Awarie konstrukcji sprężonych





## Awarie konstrukcji sprężonych





POLITECHNIKA  
GDAŃSKA

Lokalne zarysowania w żelbetowych mostach sprężonych.  
Wybrane problemy

Podsumowanie i wnioski





POLITECHNIKA  
GDAŃSKA

Nowoczesne metody projektowania i analizy mostowych konstrukcji sprężonych

## Awarie konstrukcji sprężonych

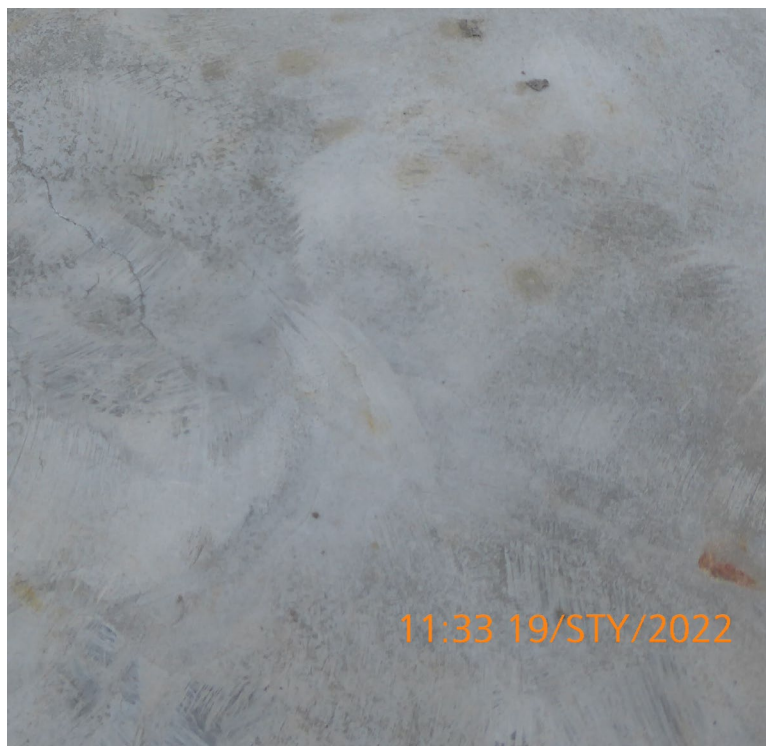






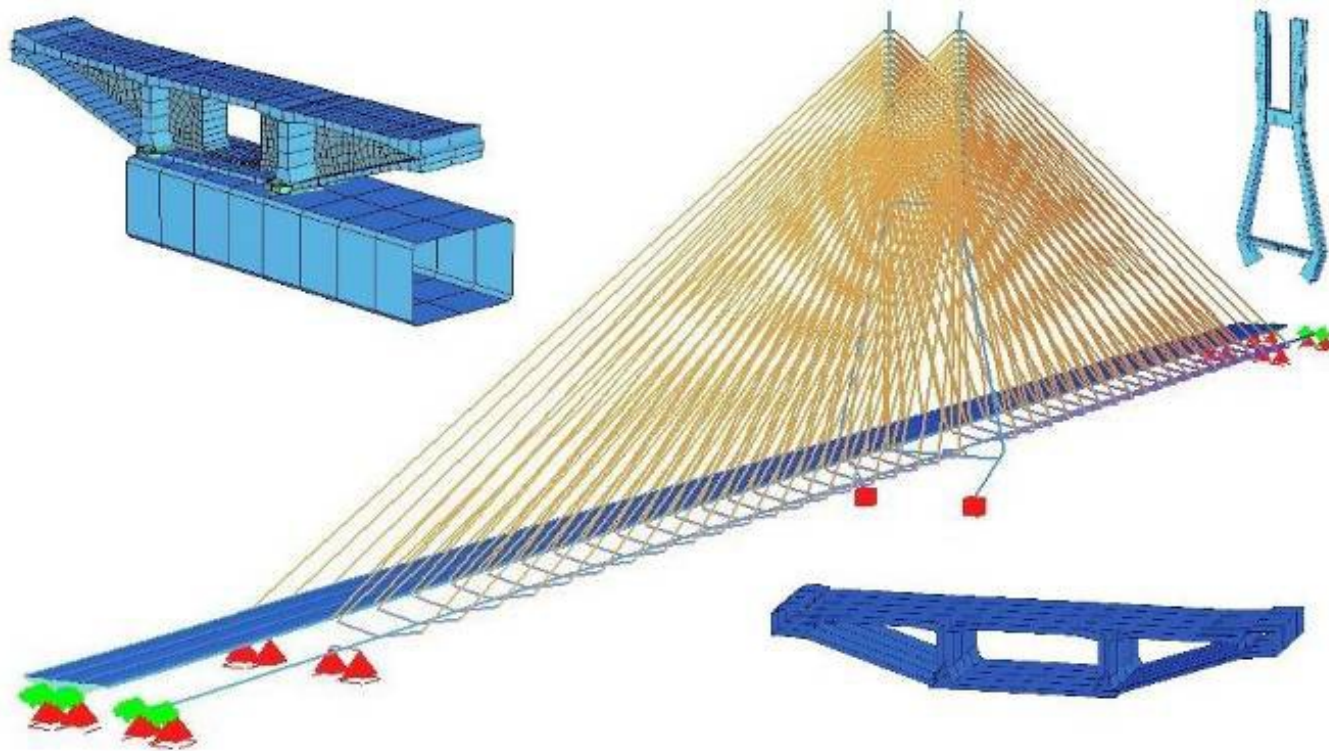


## Awarie konstrukcji sprężonych



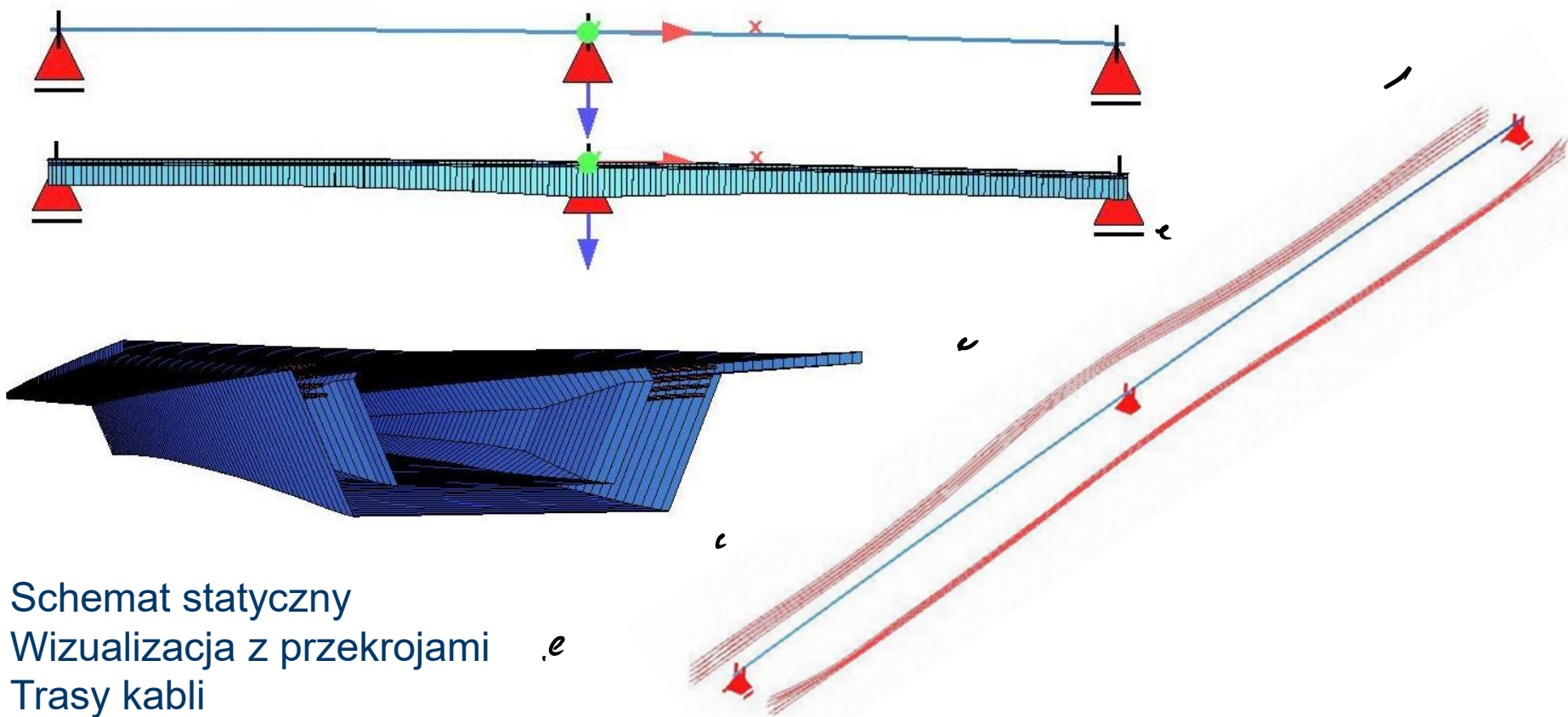


## Modele konstrukcji sprężonych





Modele globalne konstrukcji sprężonych modele belkowe



Schemat statyczny

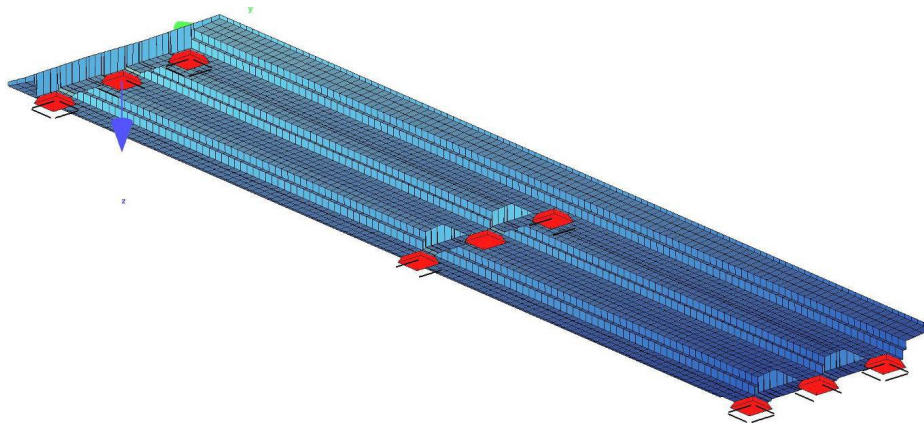
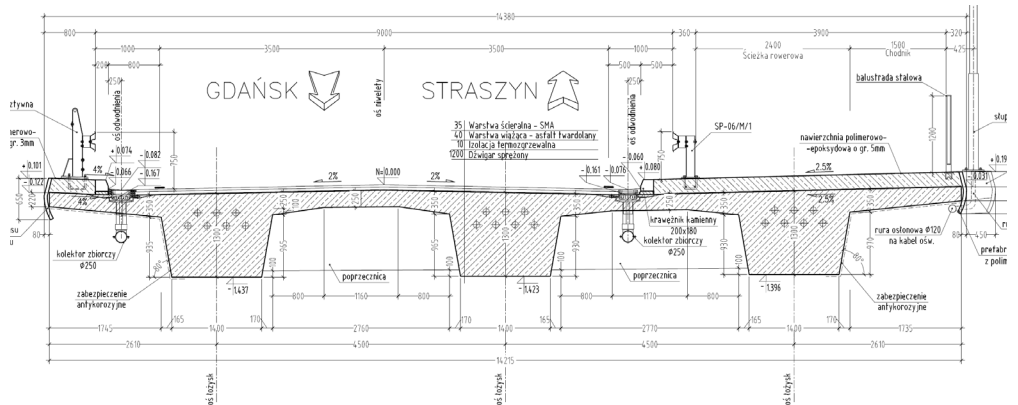
Wizualizacja z przekrojami

Trasy kabli



## Modele globalne konstrukcji sprężonych – modele powłokowe

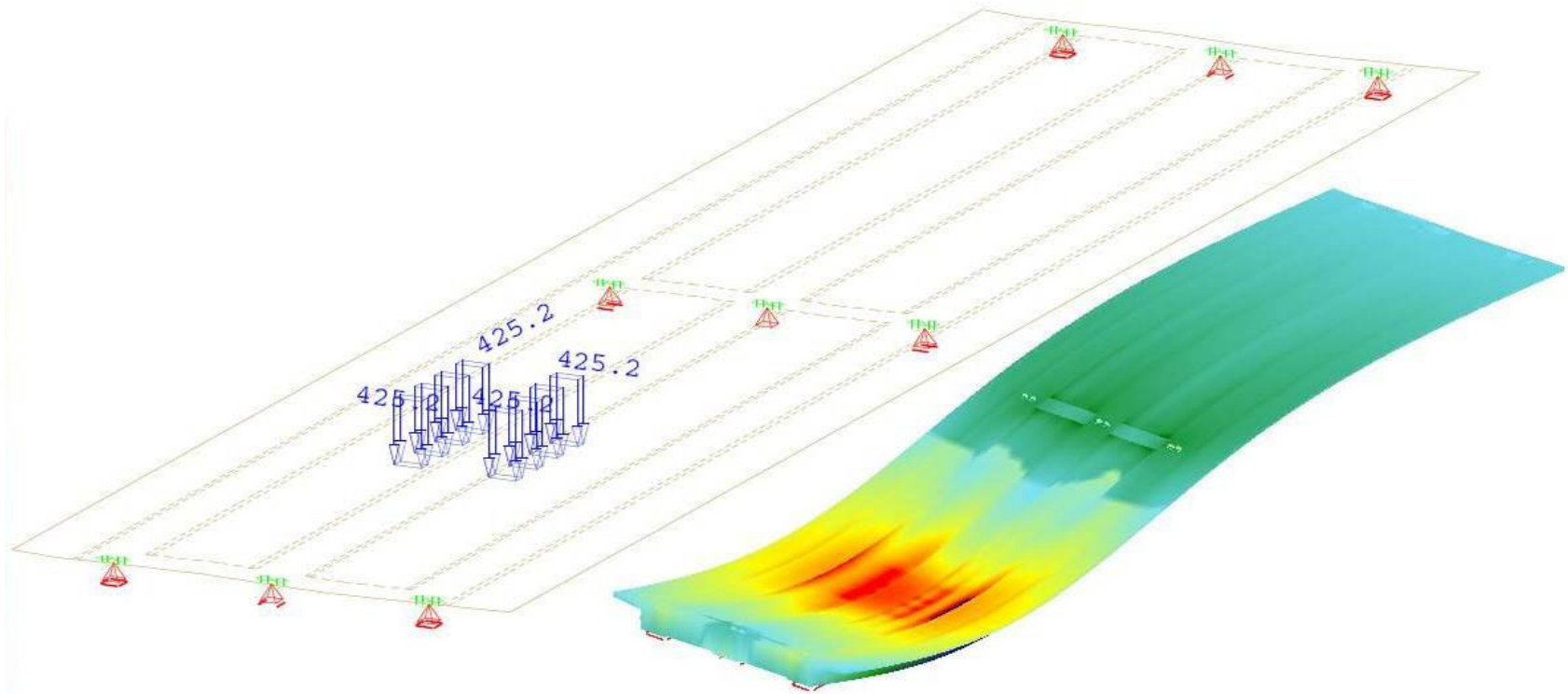
### Wiadukt Wd-3 Obwodnica Południowa Trójmiasta





## Modele globalne konstrukcji sprężonych – modele powłokowe

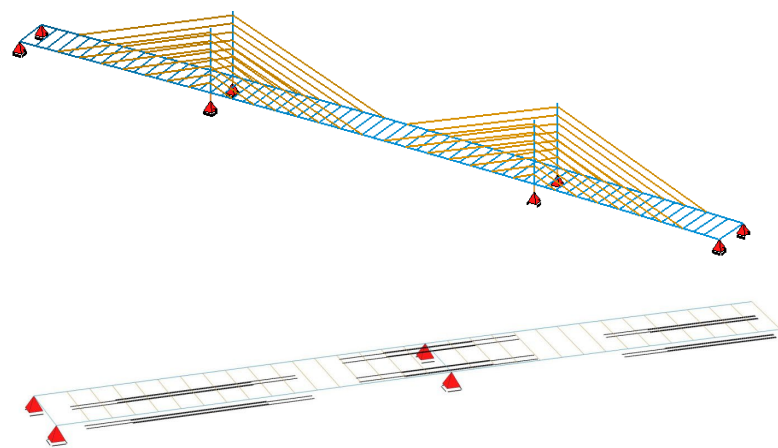
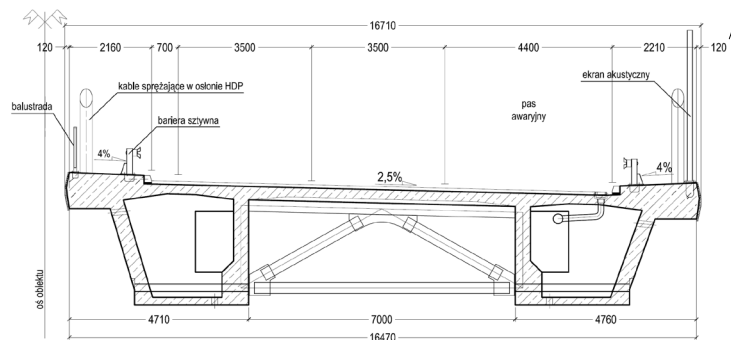
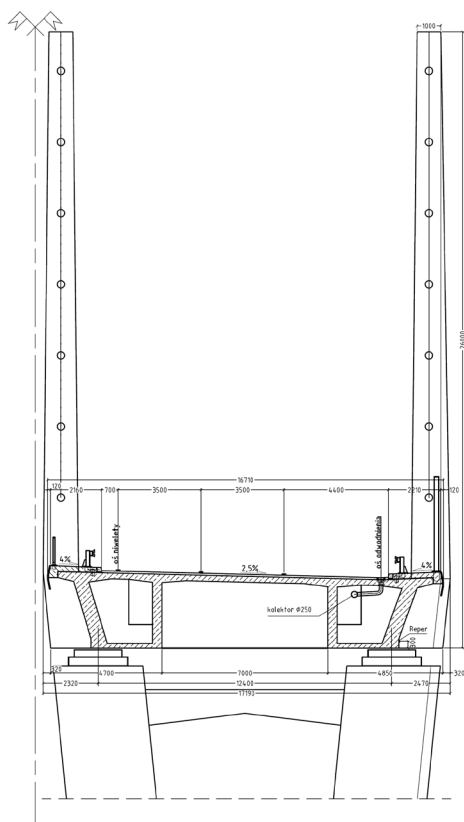
### Obciążenie ruchome – pojazd K 800 kN





Modele globalne konstrukcji sprężonych – modele belkowo, powłokowo brytowe

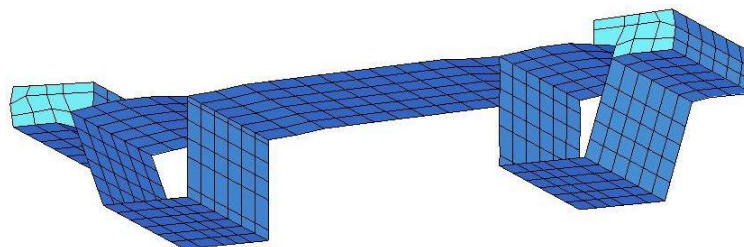
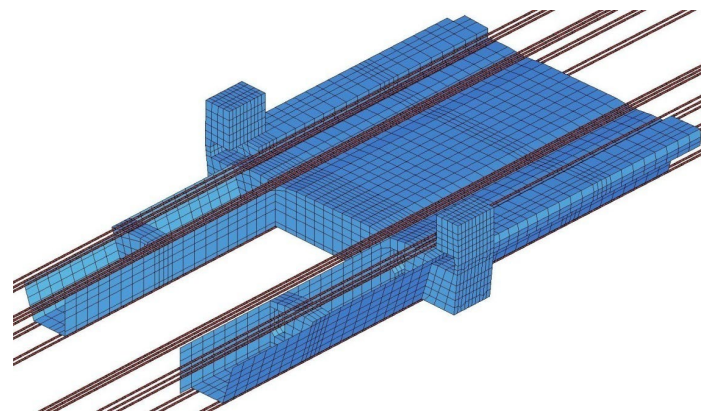
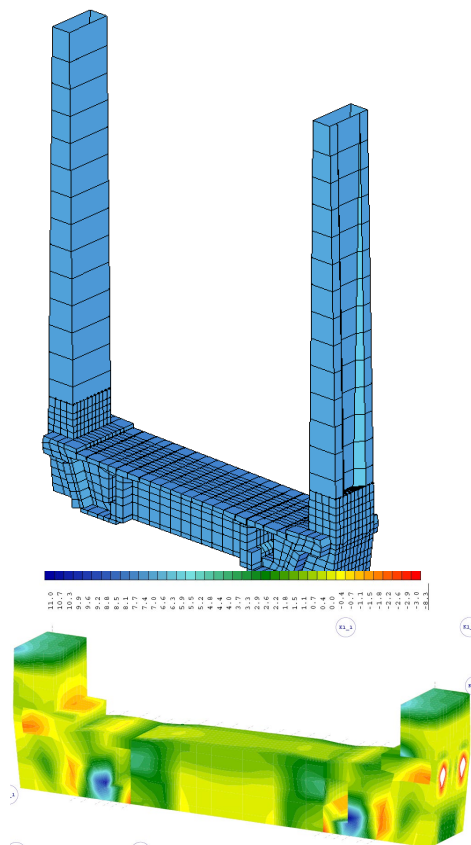
## Most M-1 Obwodnica Południowa Trójmiasta





Modele globalne konstrukcji sprężonych – modele belkowo, powłokowo, bryłowe

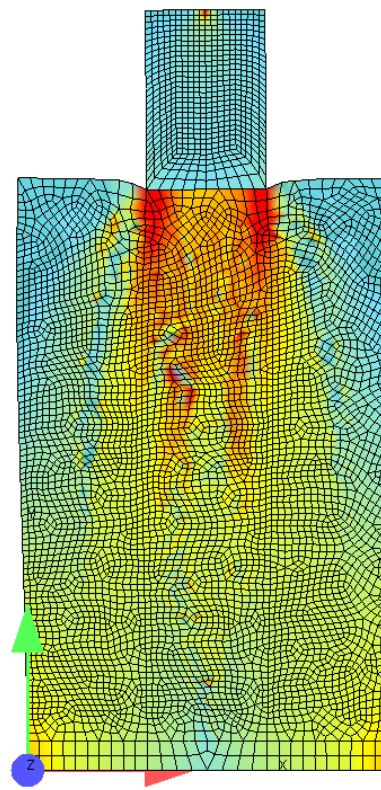
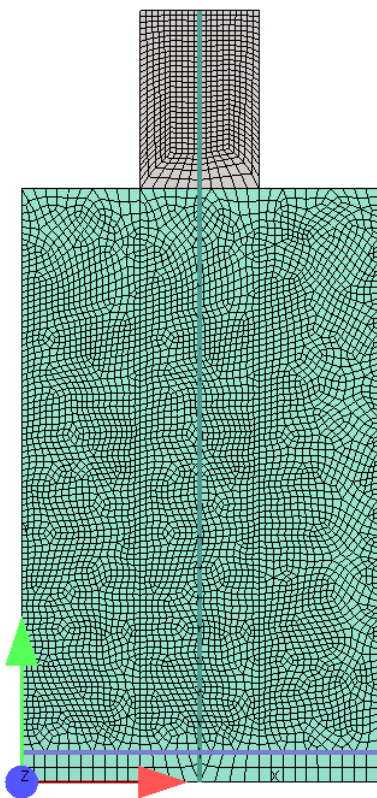
Most M-1 Model hybrydowy - belka, powłoka, bryła





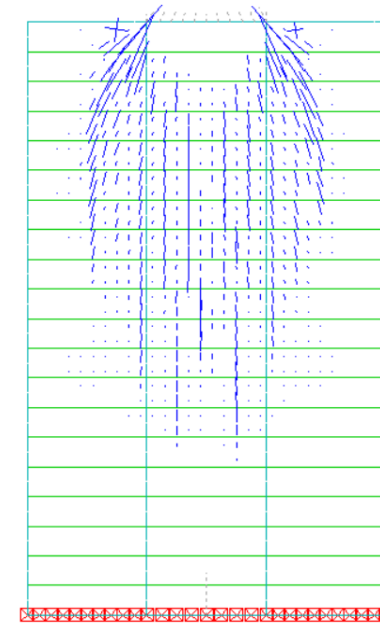
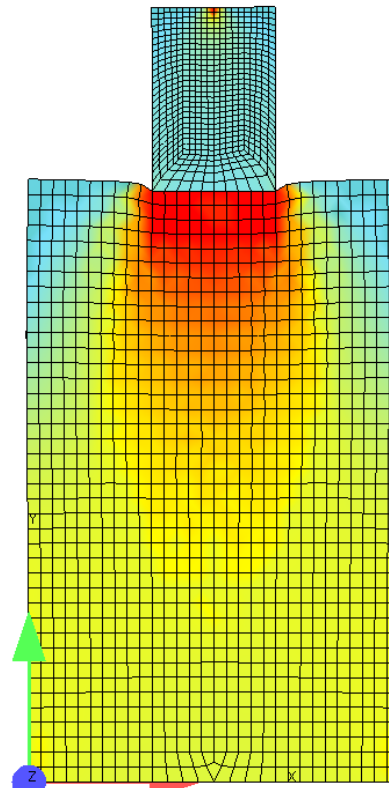
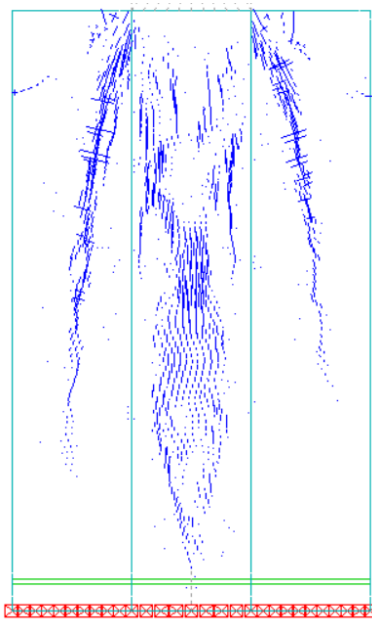
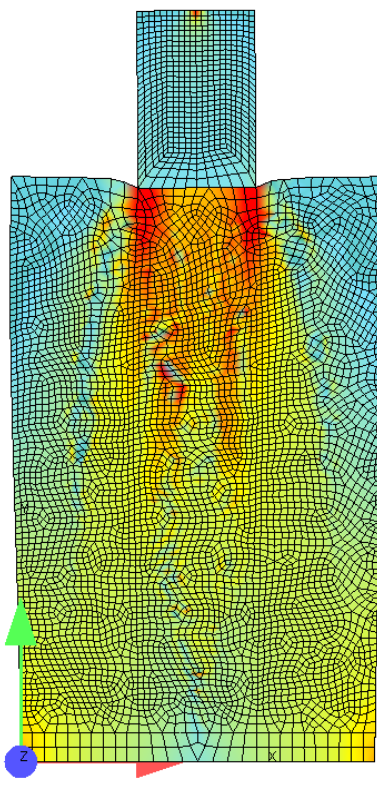


## ZAKOTWIENIE KABLA - ŚCISKANIE BLOKU BETONOWEGO I ŻELBETOWEGO



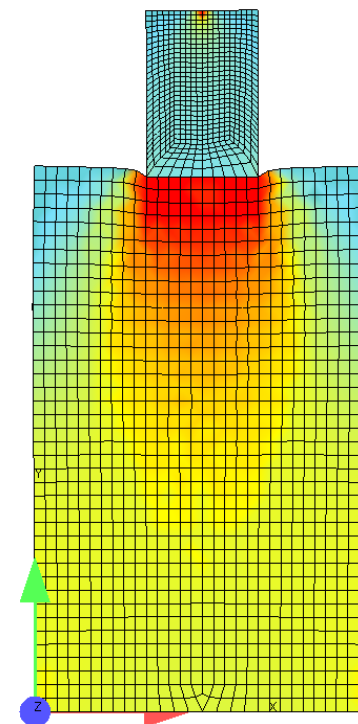
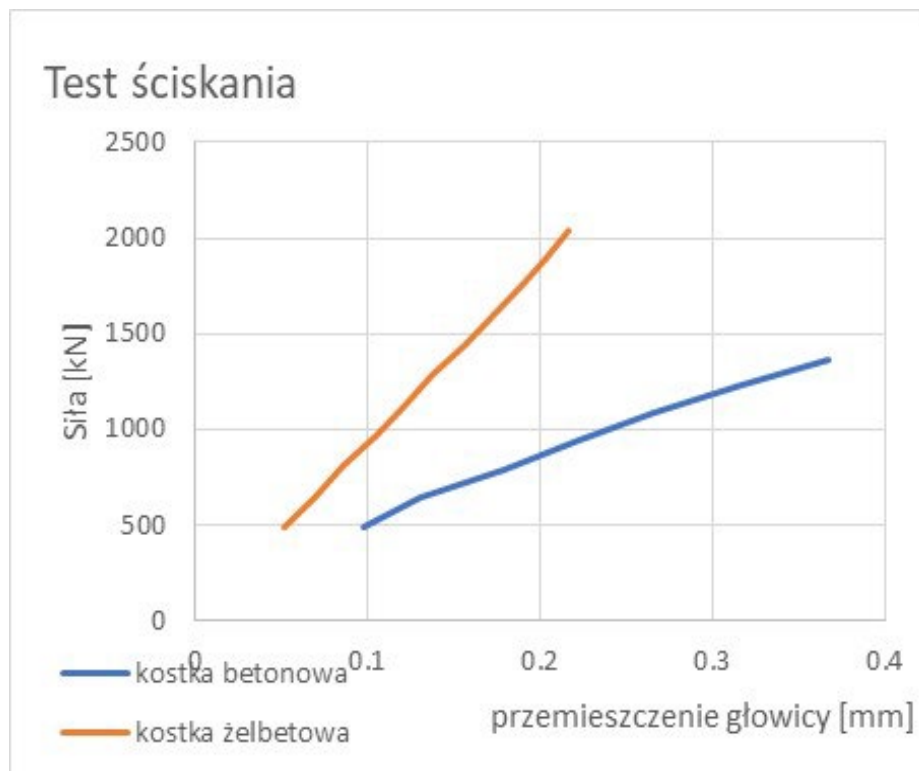
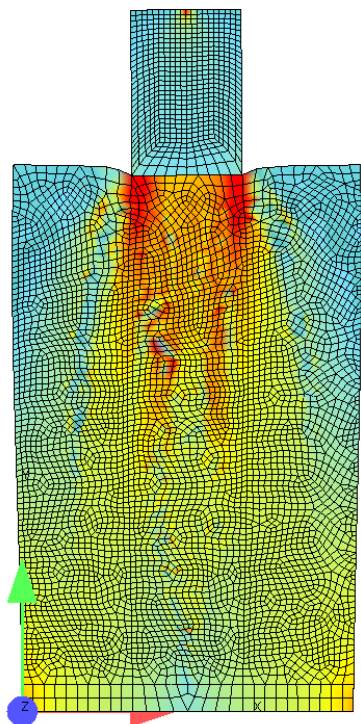


## ZAKOTWIENIE KABLA



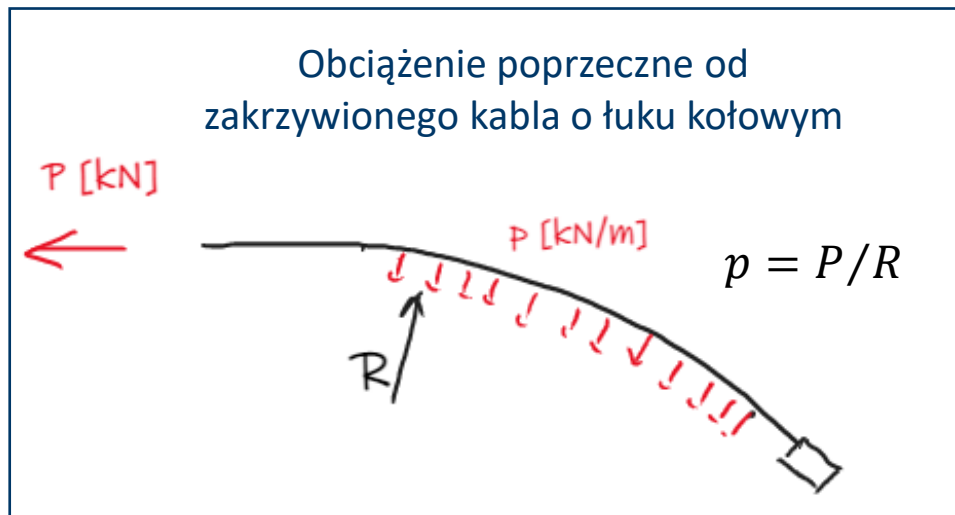
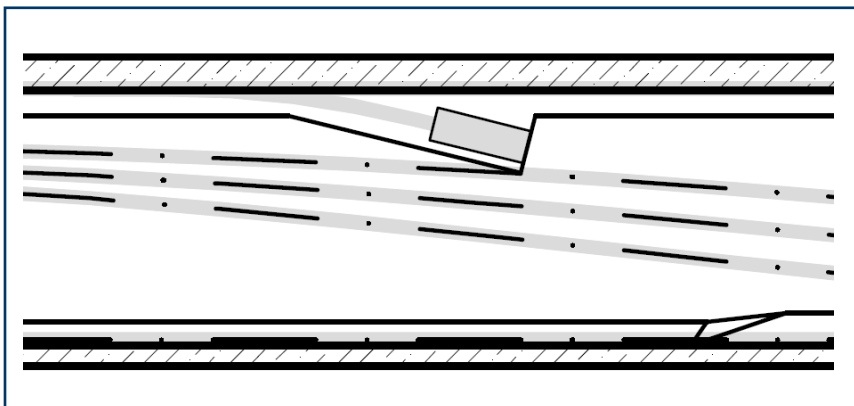


## ZAKOTWIENIE KABLA





## ZAKRZYWIENIE KABLA SPRĘŻAJĄCEGO



Przykład – kabel 19 splotowy



$$P = 3\,700 \text{ kN}$$

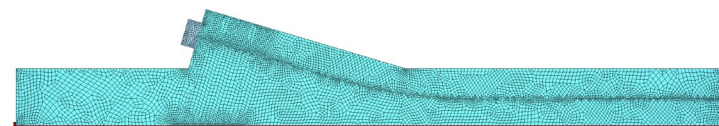
$$R = 7 \text{ m} > 6,2 = R_{\min}$$

$$p = 528 \text{ kN/m}$$



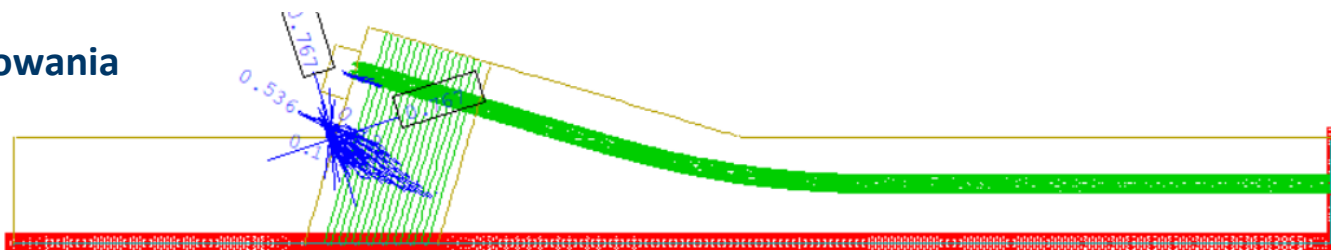


## ZAKRZYWIENIE KABLA SPRĘŻAJĄCEGO

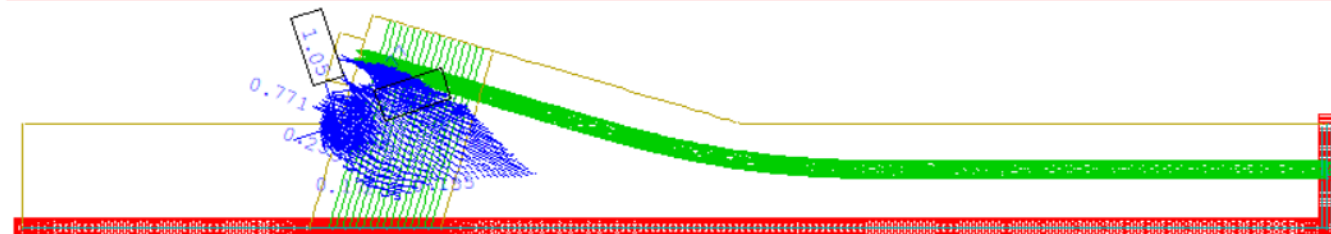


### Rozwój obszaru zarysowania

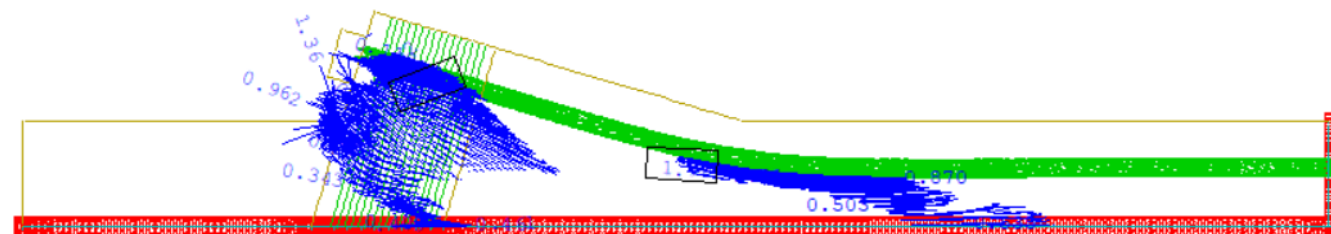
$P = 1800 \text{ kN}$



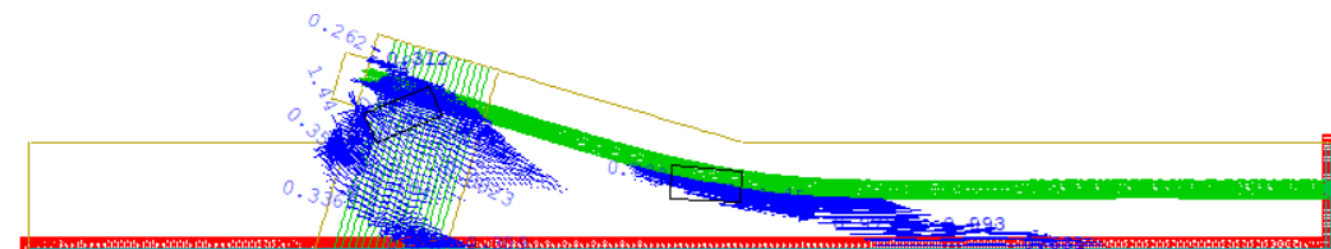
$P = 3600 \text{ kN}$



$P = 4200 \text{ kN}$

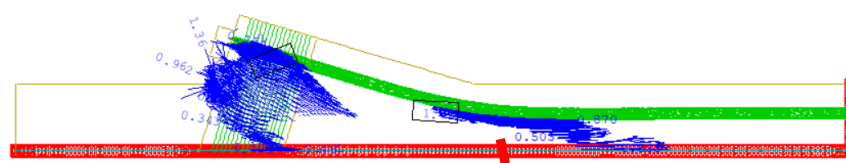
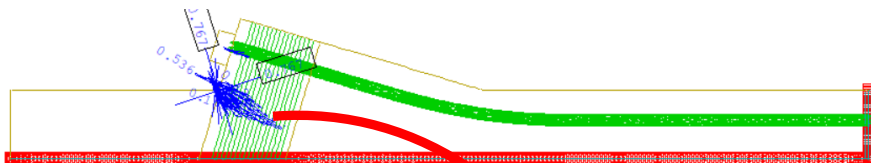
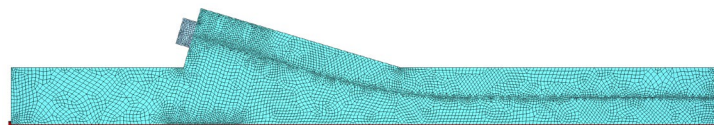


$P = 4600 \text{ kN}$



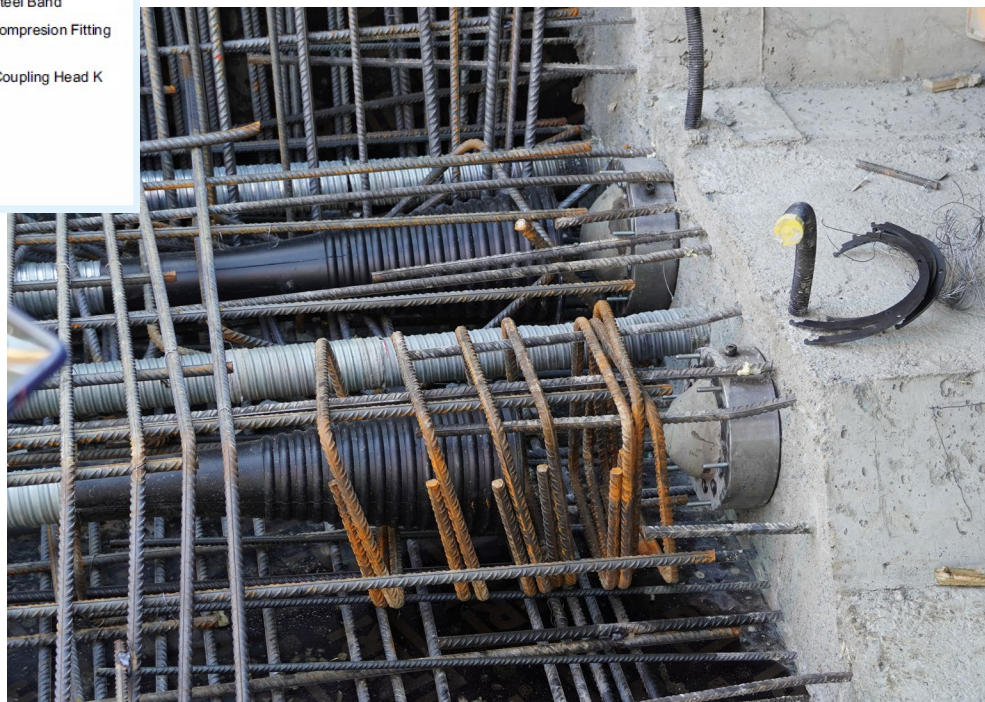
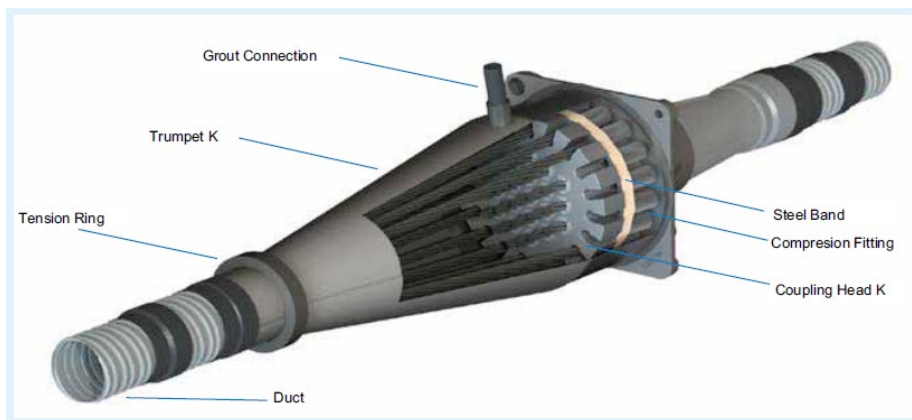


## ZAKRZYWIENIE KABLA SPRĘŻAJĄCEGO





## UCIĄGLENIE SPRĘŻENIEM SEGMENTÓW

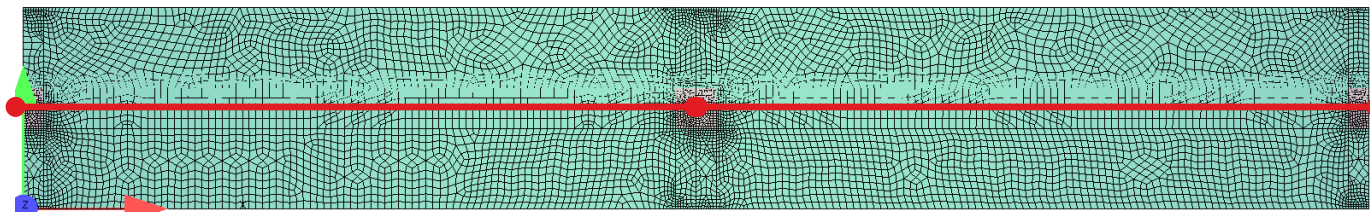




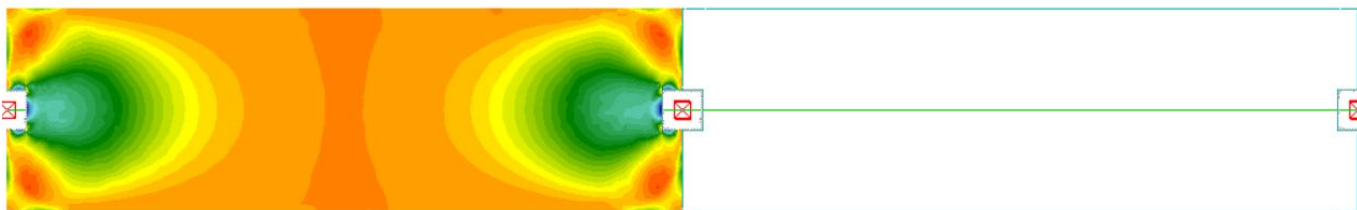
c)

## UCIĄGLENIE SPRĘŻENIEM SEGMENTÓW

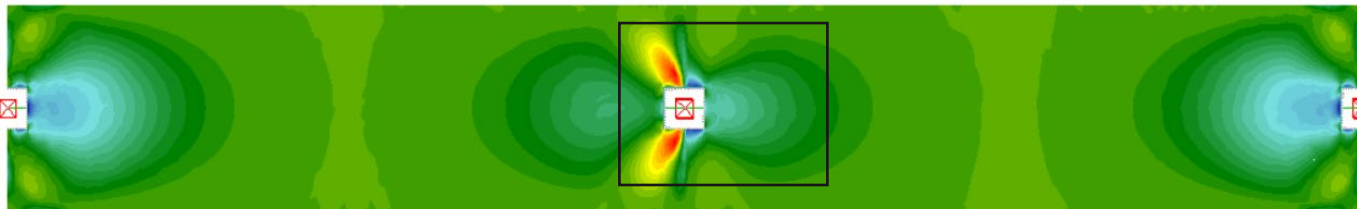
Model  
numeryczny



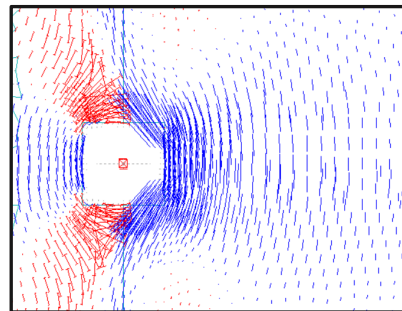
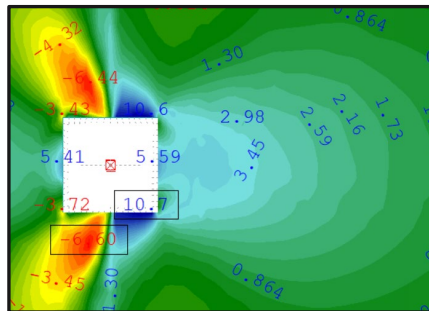
Sprężenie  
segmentu 1



Sprężenie  
segmentu 2  
za pomocą  
łącznika



Wartości naprężeń  
głównych – kierunek I

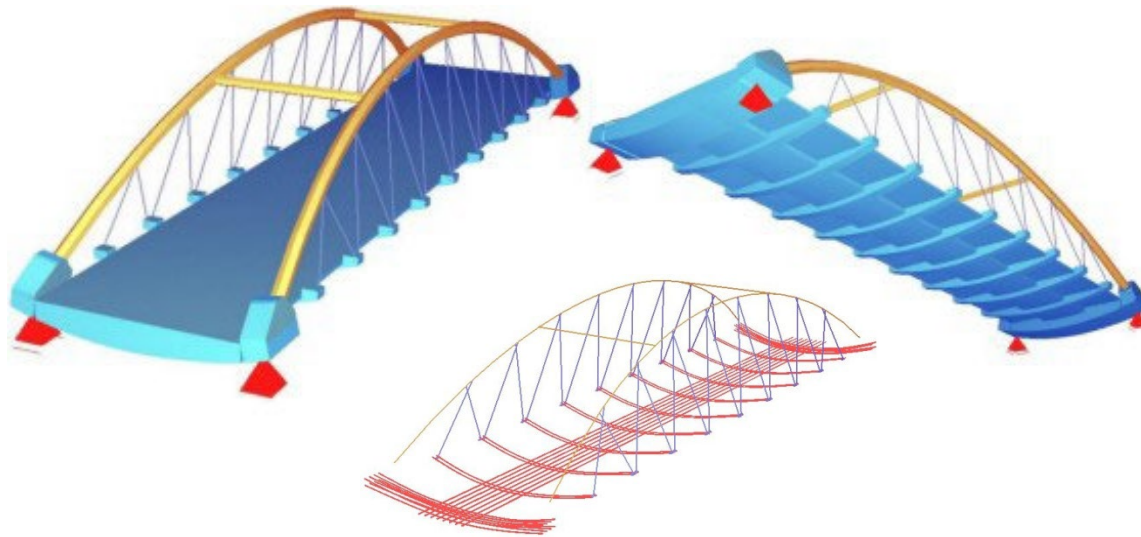


Kierunek I naprężeń  
głównych

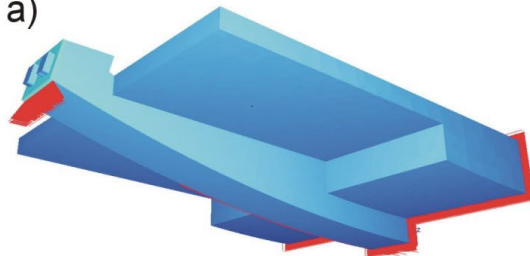




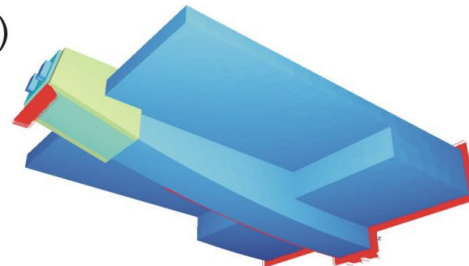
Modele globalne konstrukcji sprężonych – modele belkowo, powłokowo, bryłowe



a)

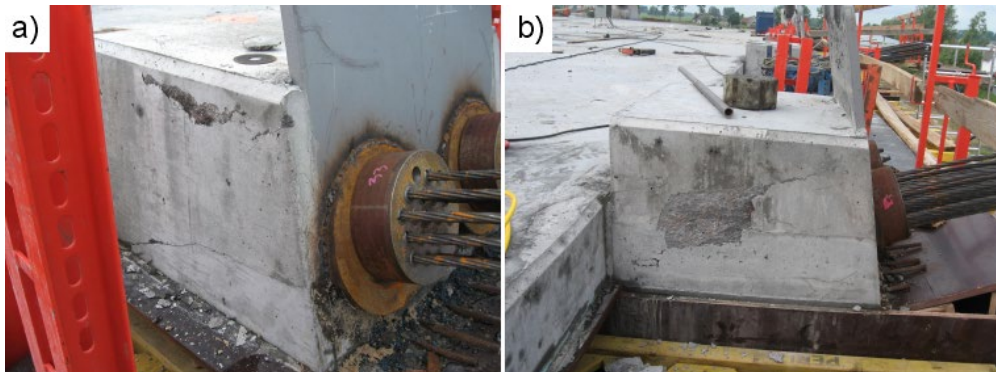
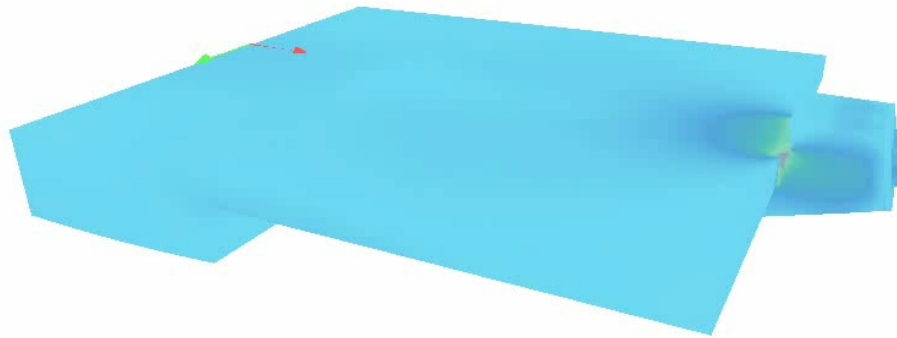


b)





## MODELE 3D KONSTRUKCJI W OBRĘBIE DUŻYCH SIŁ SKUPIONYCH

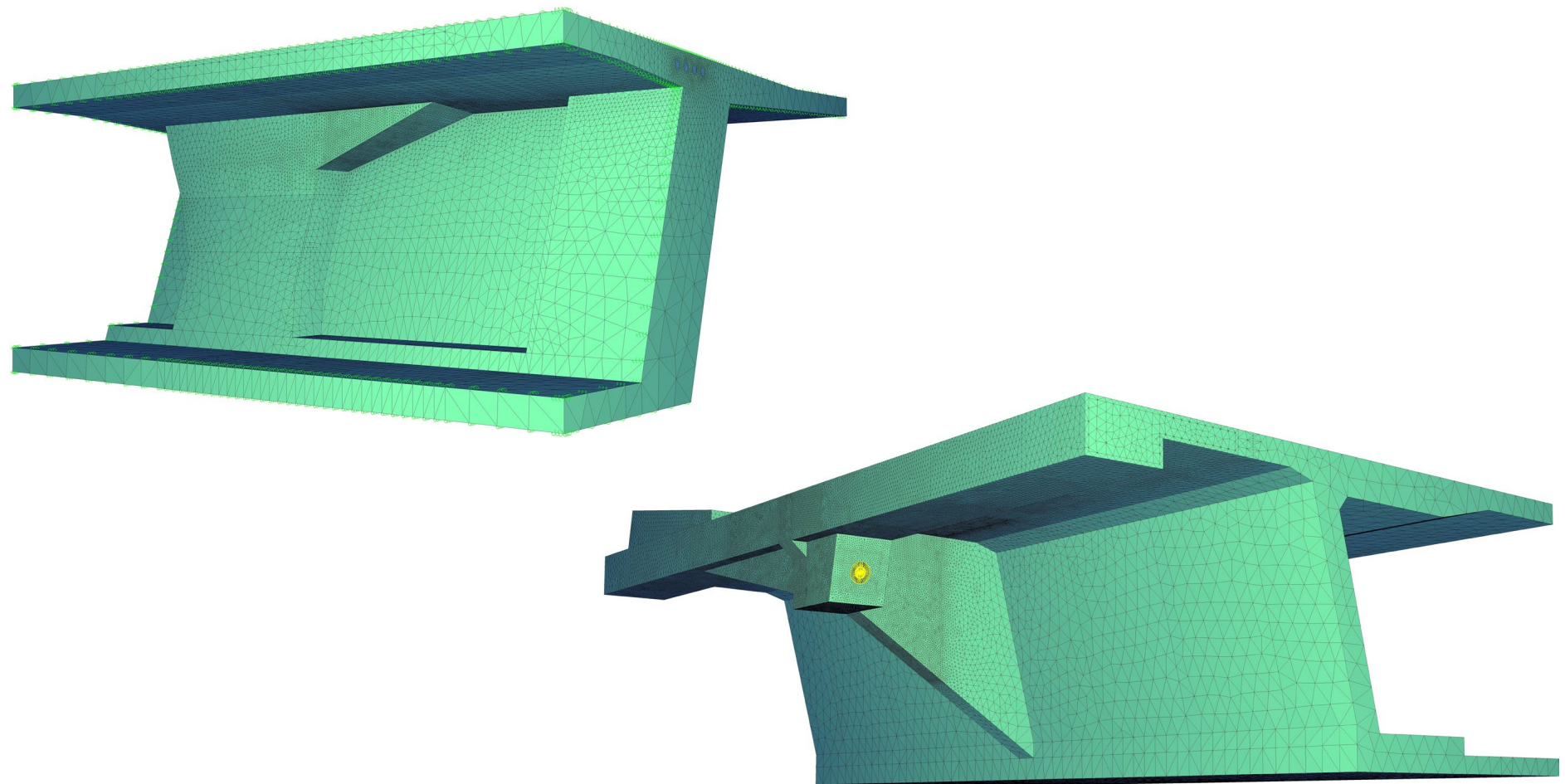




POLITECHNIKA  
GDAŃSKA

Nowoczesne metody projektowania i analizy mostowych konstrukcji sprężonych

## MODELE 3D KONSTRUKCJI W OBRĘBIE DUŻYCH SIŁ SKUPIONYCH





## MODELE 3D KONSTRUKCJI W OBRĘBIE DUŻYCH SIŁ SKUPIONYCH

fot.  
(152)



fot.  
(163)

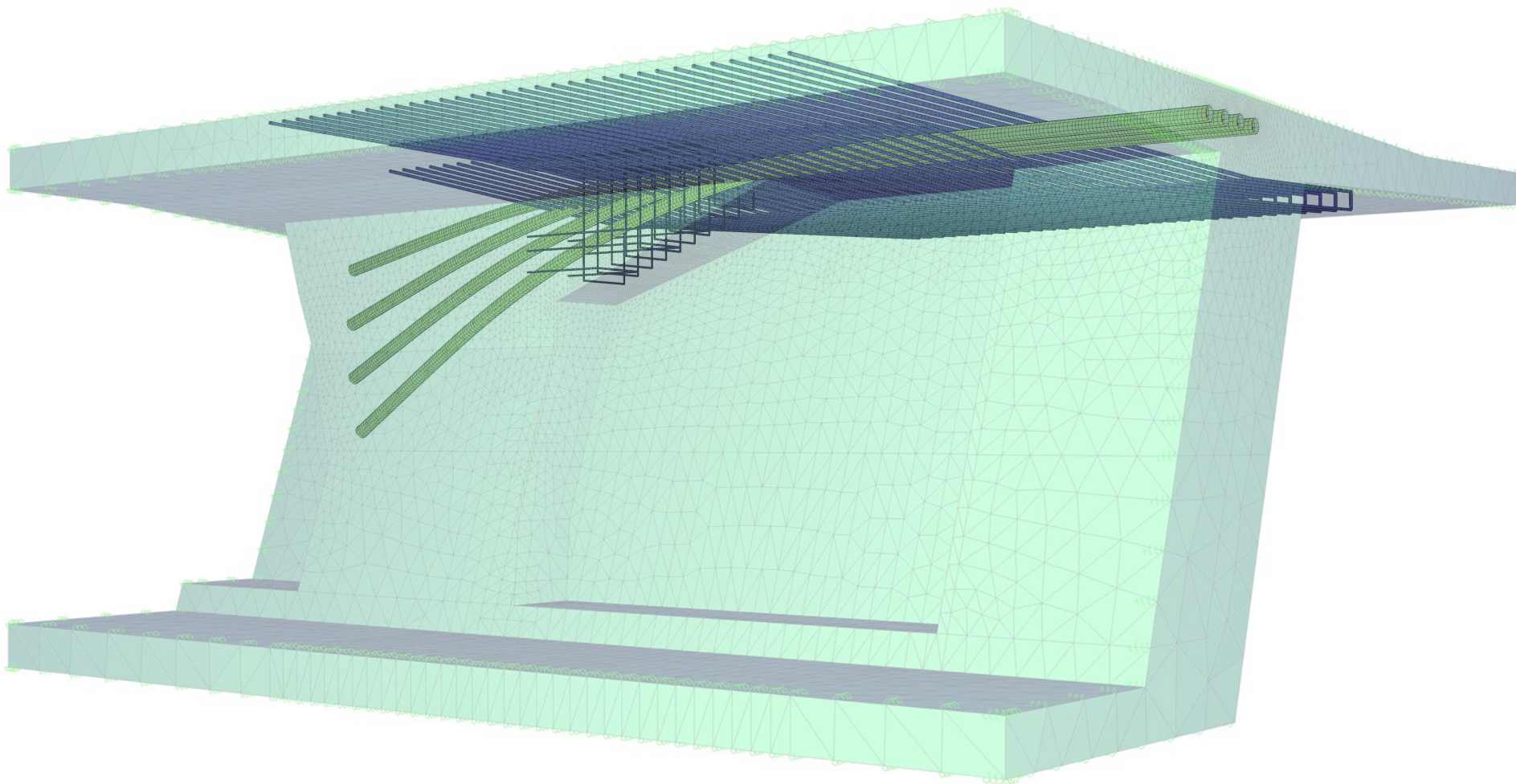




POLITECHNIKA  
GDAŃSKA

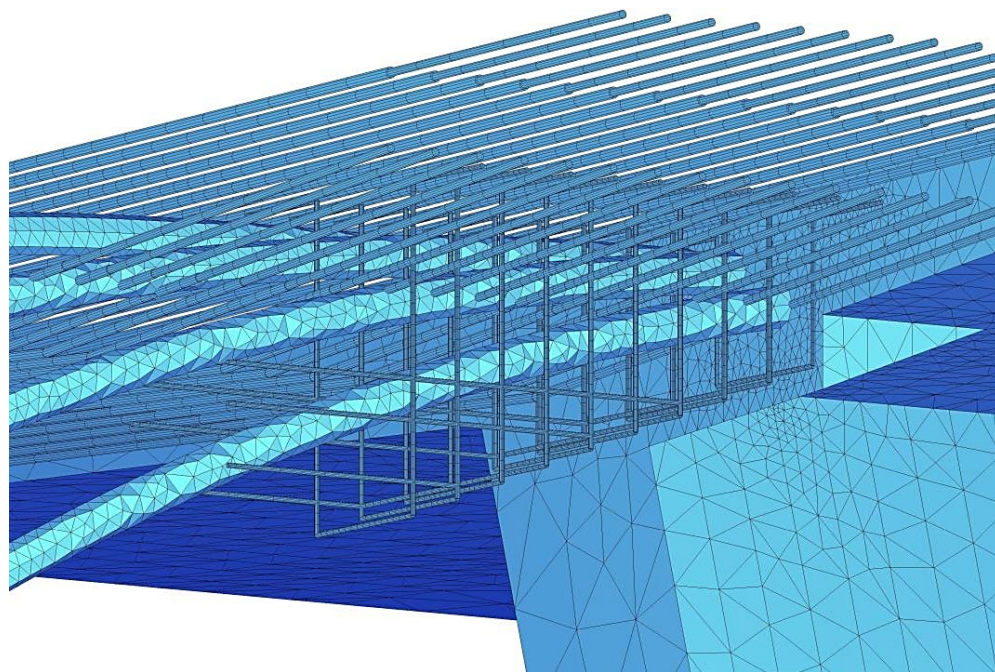
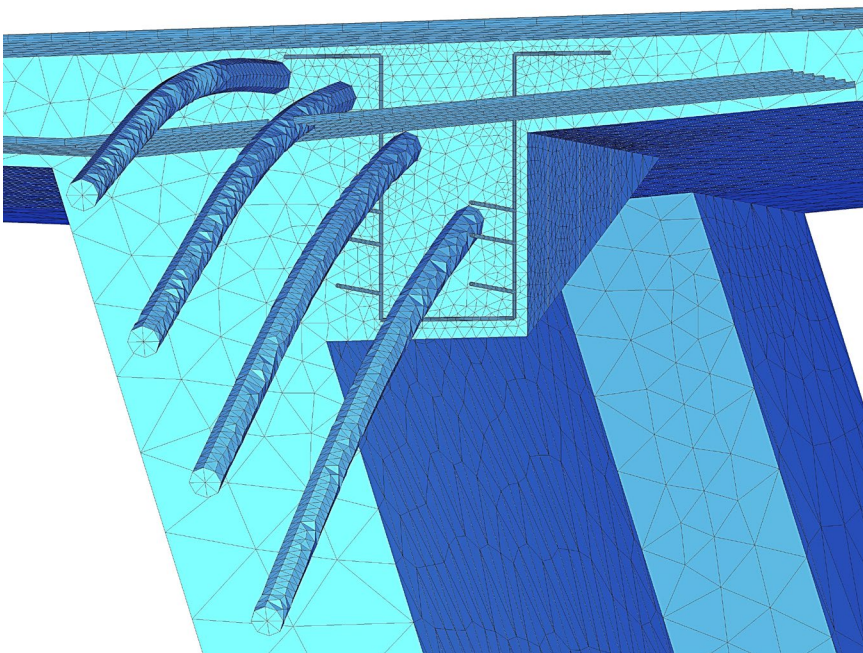
Lokalne zarysowania w żelbetowych mostach sprężonych.  
Wybrane problemy

## MODEL 3D NR 1 Z UWZGLĘDNIENIEM ZBROJENIA



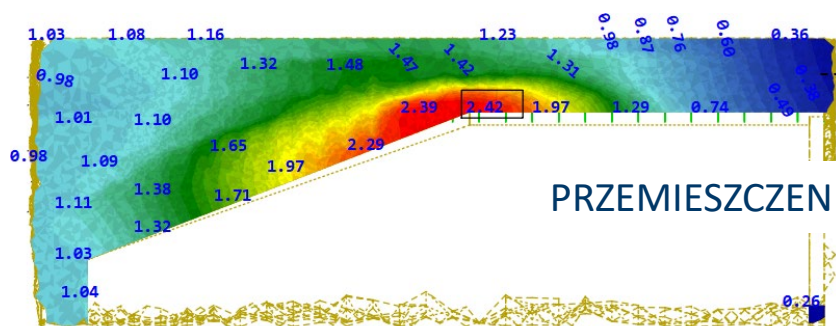
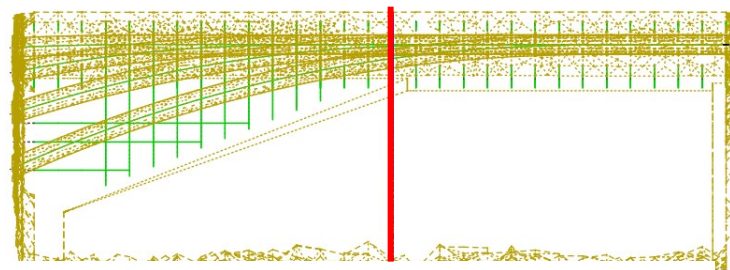
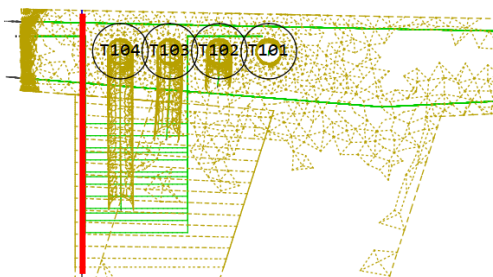


MODEL 3D NR 1 Z UWZGLĘDNIENIEM ZBROJENIA

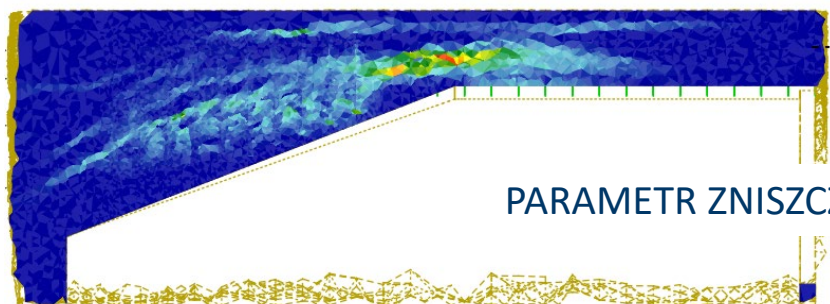
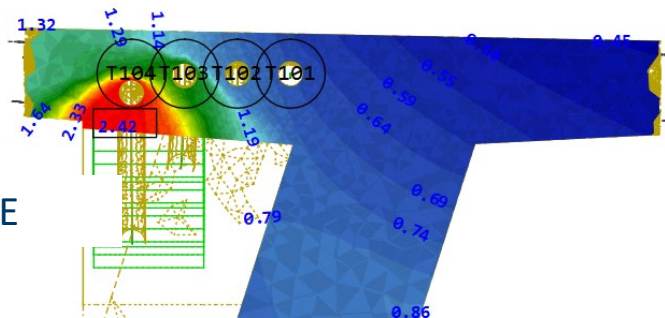




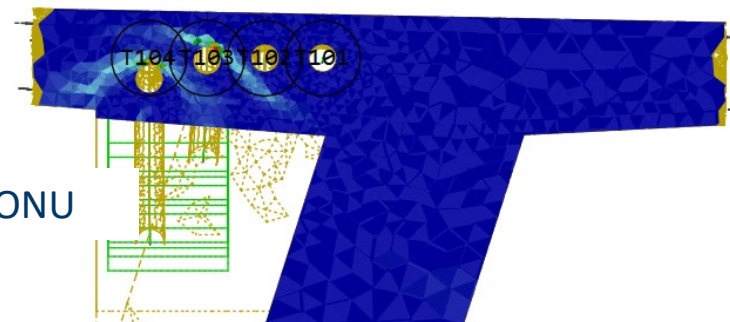
## MODEL 3D NR 1 Z UWZGLĘDNIENIEM ZBROJENIA



PRZEMIESZCZENIA PIONOWE



PARAMETR ZNISZCZENIA BETONU





POLITECHNIKA  
GDAŃSKA

Lokalne zarysowania w żelbetowych mostach sprężonych.  
Wybrane problemy

## MODEL 3D NR 2 Z UWZGLĘDNIENIEM ZBROJENIA



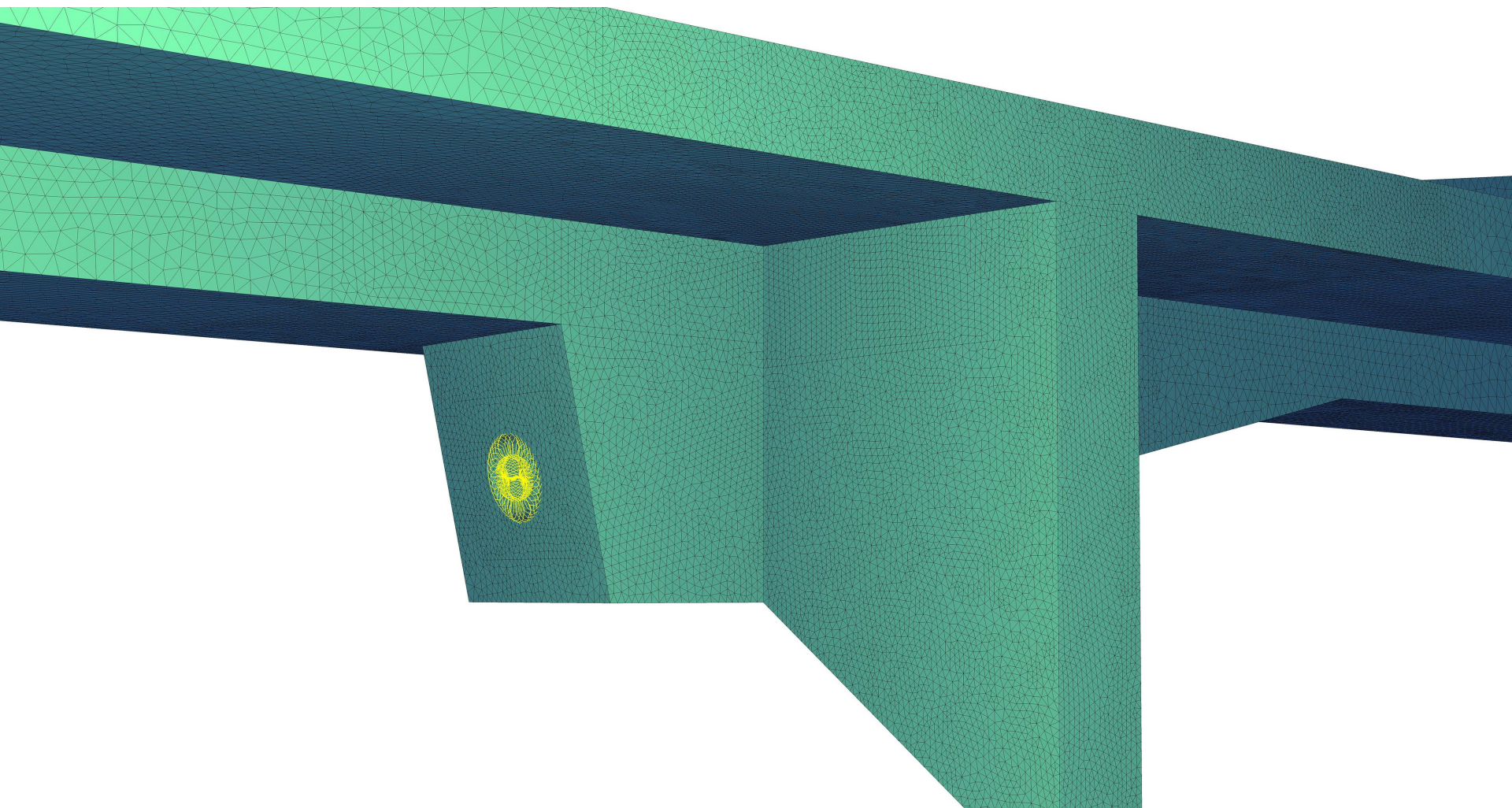




POLITECHNIKA  
GDAŃSKA

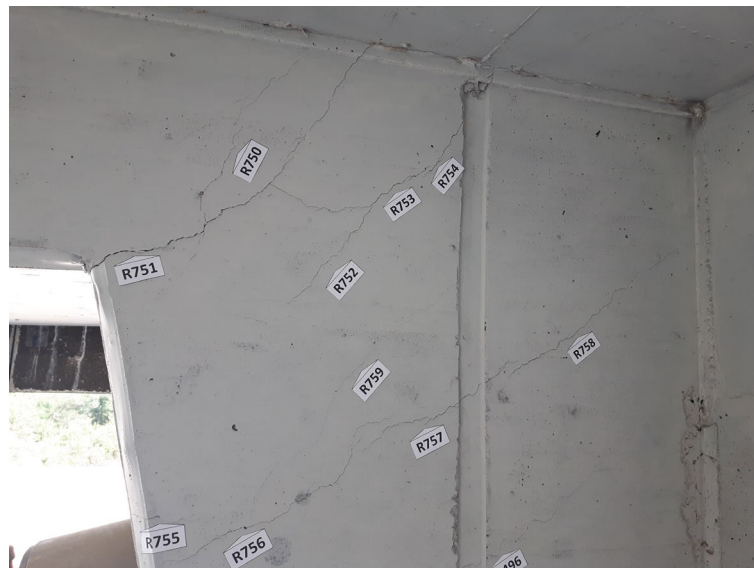
Lokalne zarysowania w żelbetowych mostach sprężonych.  
Wybrane problemy

## MODEL 3D NR 2 Z UWZGLĘDNIENIEM ZBROJENIA





MODEL 3D NR 2 Z UWZGLĘDNIENIEM ZBROJENIA

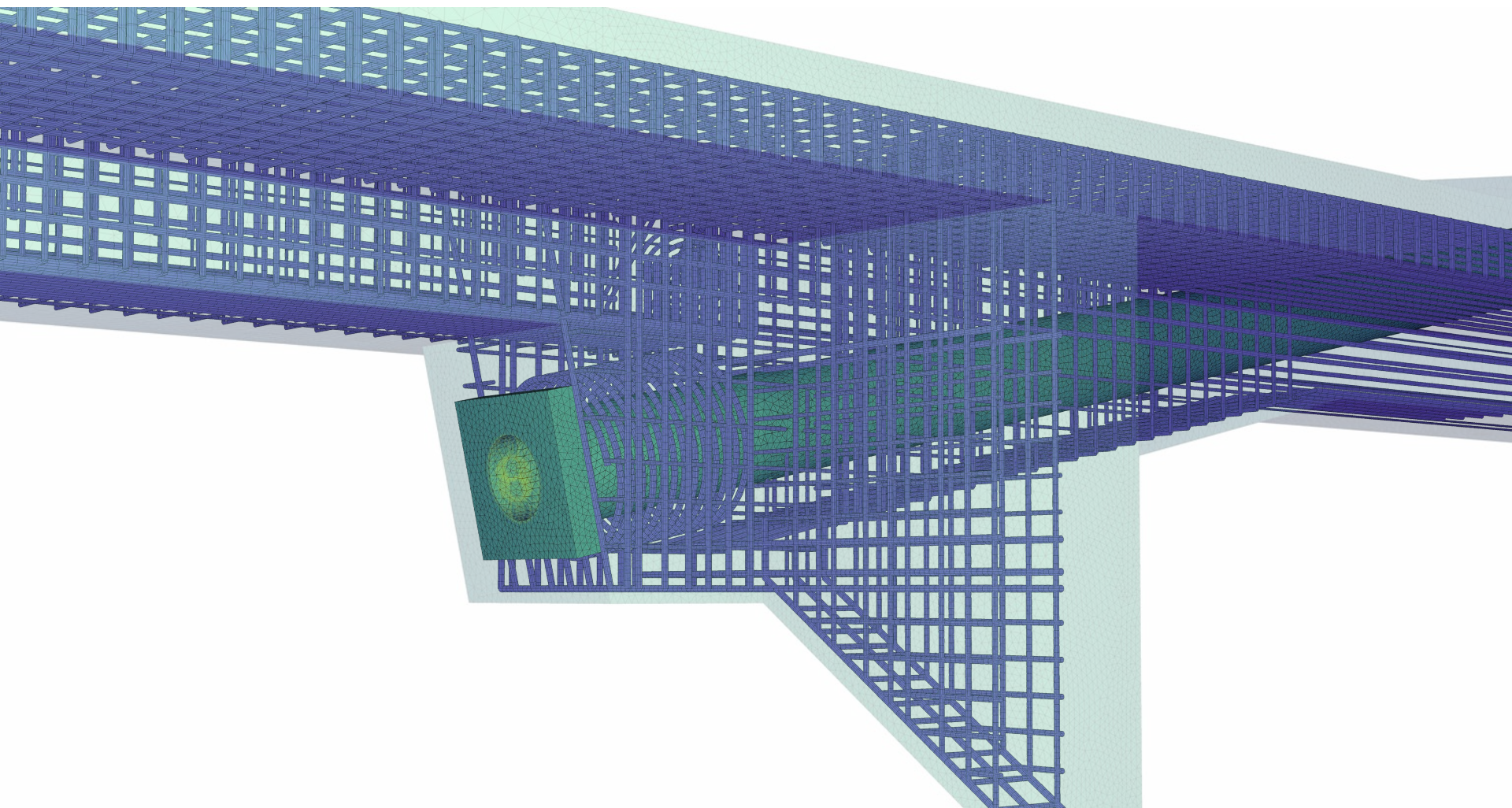




POLITECHNIKA  
GDAŃSKA

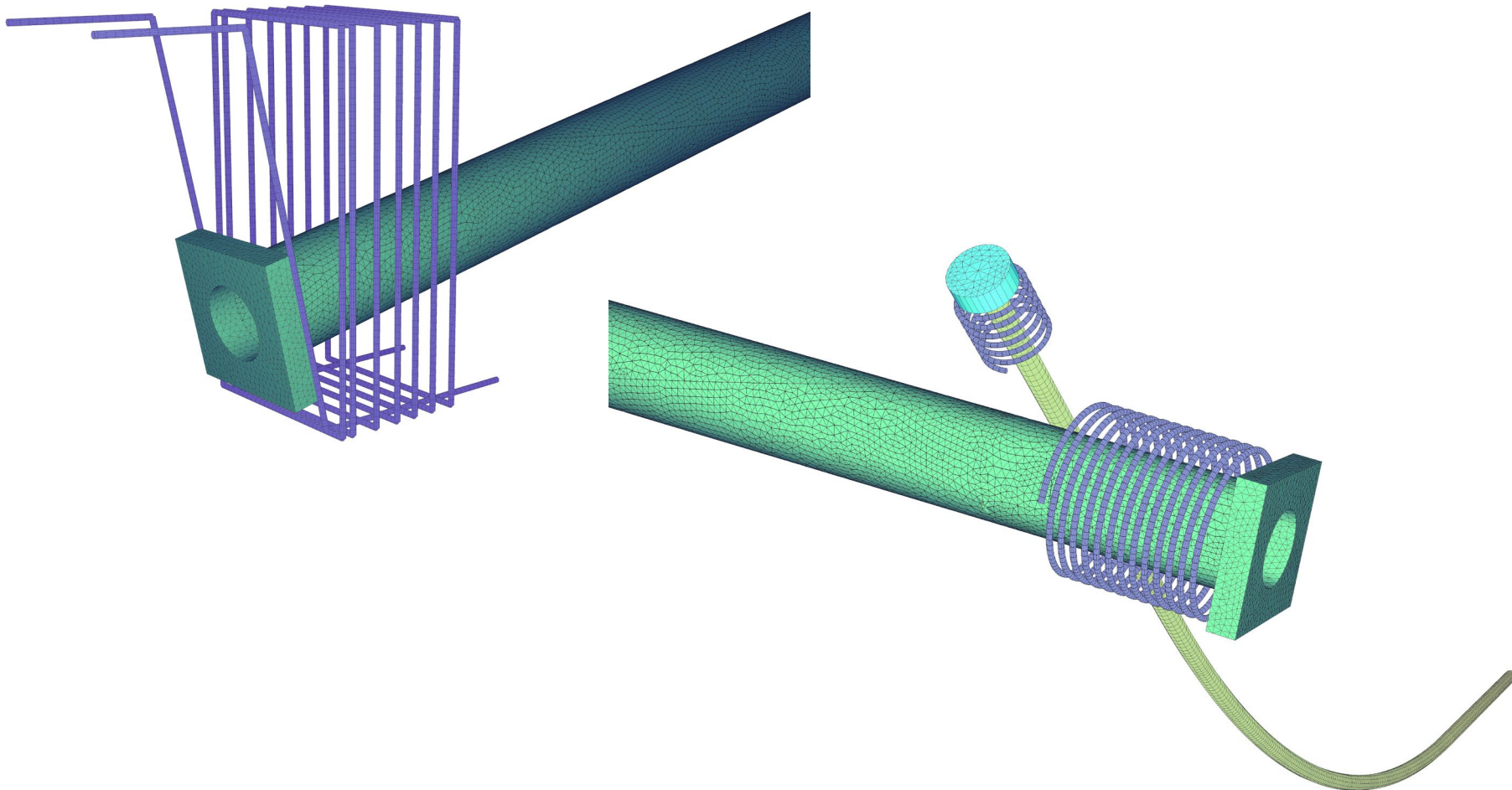
Lokalne zarysowania w żelbetowych mostach sprężonych.  
Wybrane problemy

## MODEL 3D NR 2 Z UWZGLĘDNIENIEM ZBROJENIA





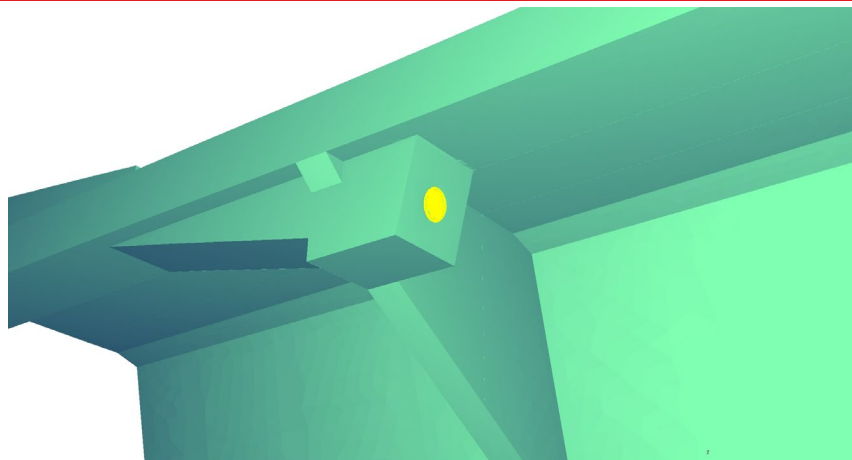
MODEL 3D NR 2 Z UWZGLĘDNIENIEM ZBROJENIA



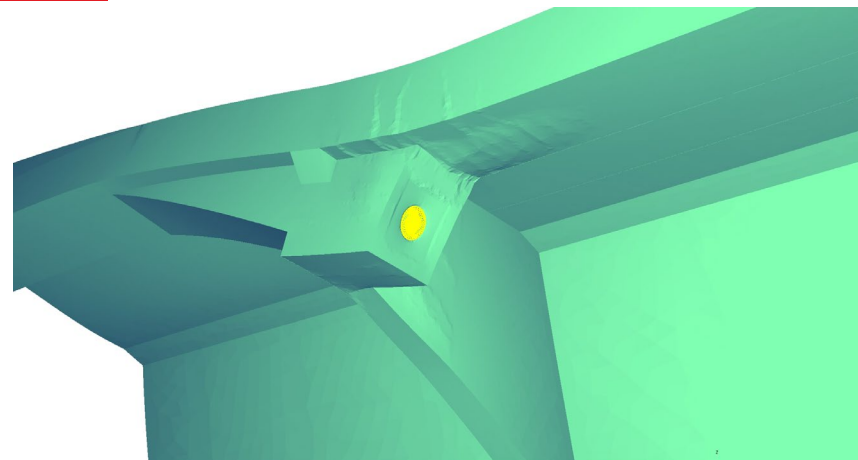


MODEL 3D NR 2 Z UWZGLĘDNIENIEM ZBROJENIA

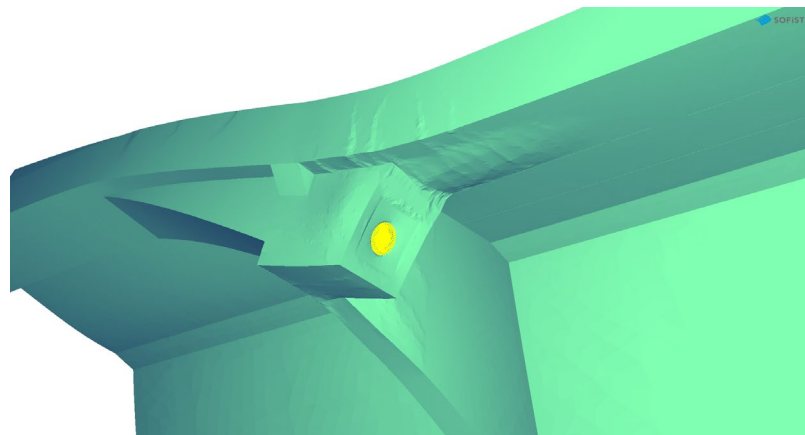
DEFORMACJA – SKALA 100:1



P = 1000 kN



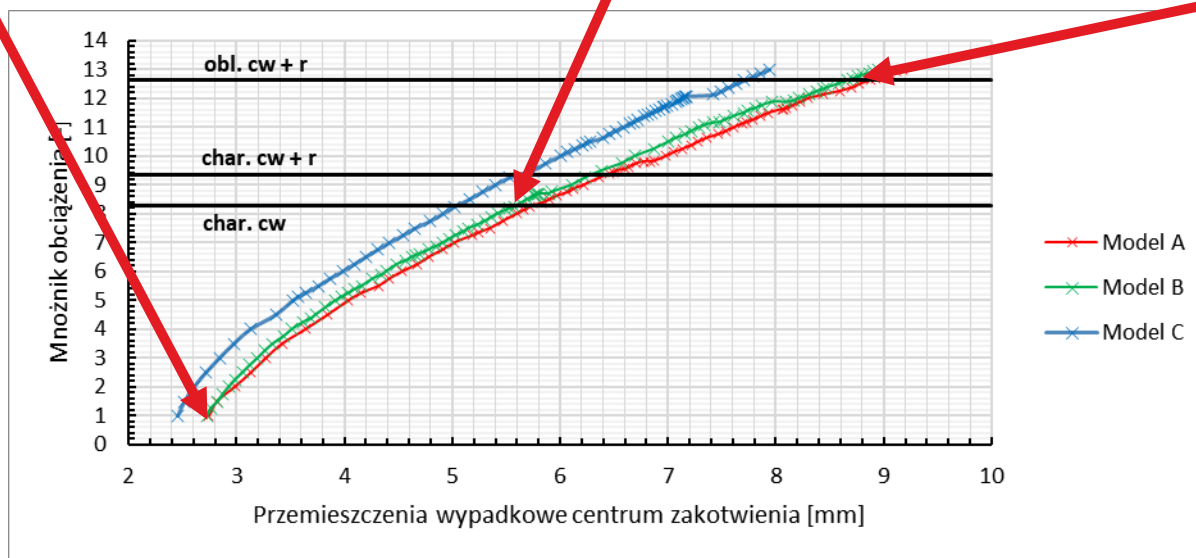
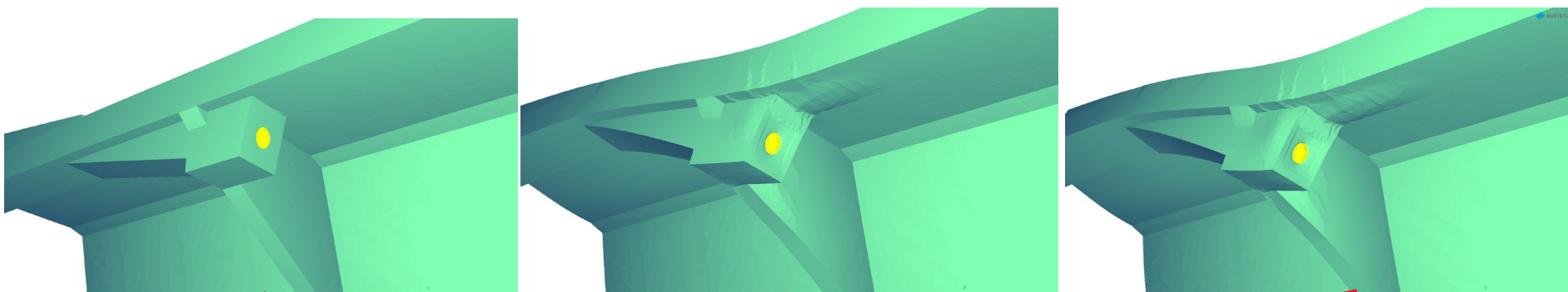
P = 8250 kN



P = 13 000 kN



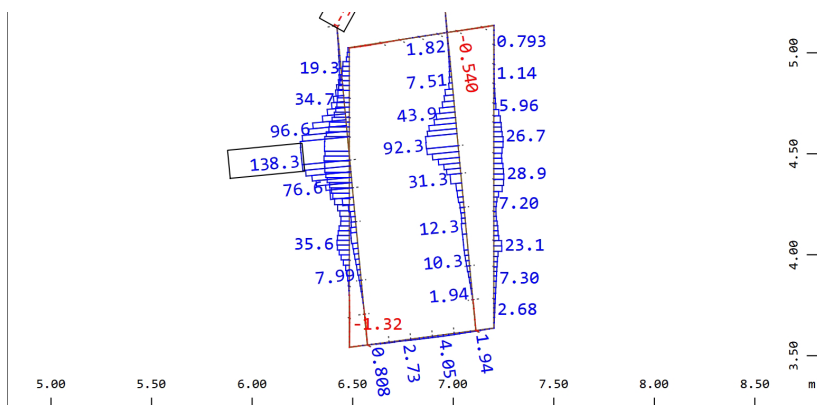
## MODEL 3D NR 2 Z UWZGLĘDNIENIEM ZBROJENIA



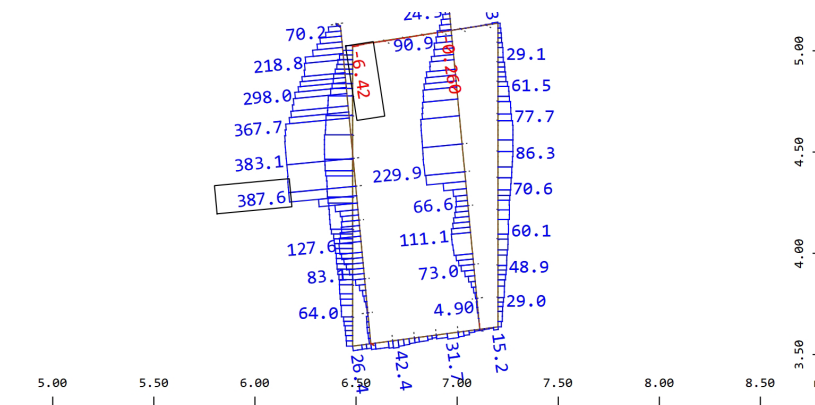


MODEL 3D NR 1 Z UWZGLĘDNIENIEM ZBROJENIA

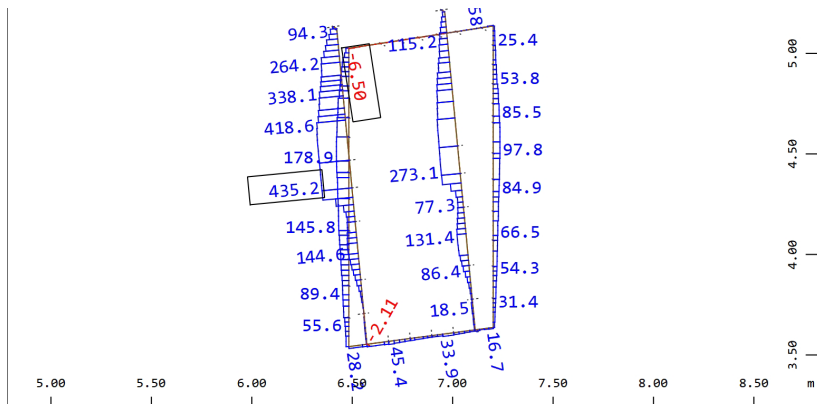
P = 1000 kN



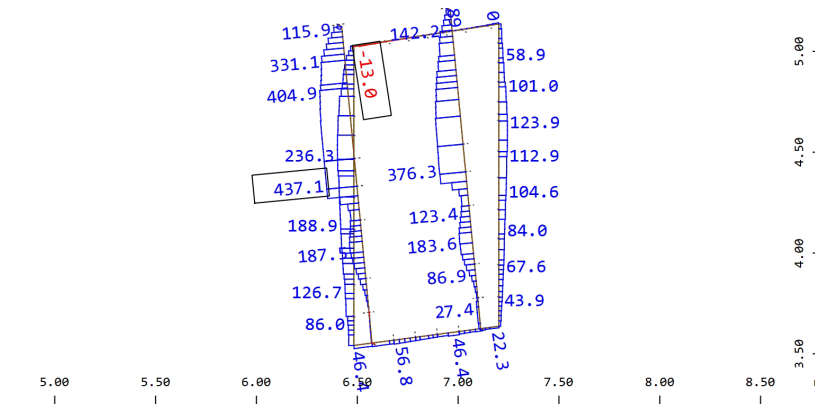
P = 8250 kN



P = 9380 kN

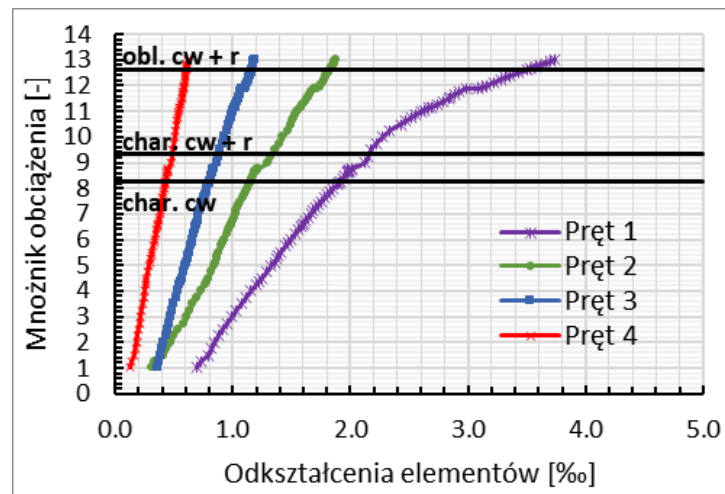
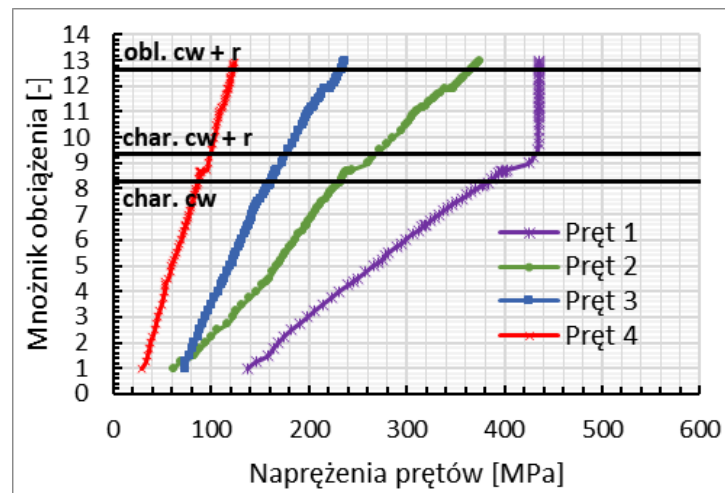
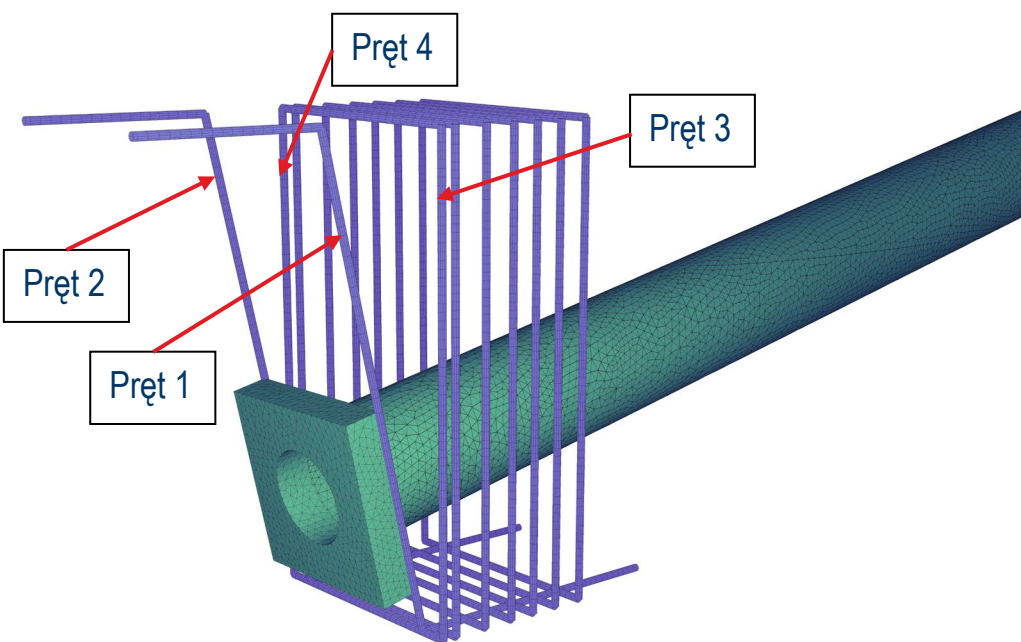


P = 13 000 kN





## MODEL 3D NR 2 Z UWZGLĘDNIENIEM ZBROJENIA







## Podsumowanie i wnioski

1. Należy wprowadzić wytyczne dotyczące projektowania konstrukcji sprężonych doprecyzujące powszechną wiedzę i określające szereg parametrów projektowych

Np...: Wytrzymałość projektowa betonu na rozciąganie

Maksymalna dopuszczalna siła sprężająca w cięgnach

Minimalne zbrojenie poprzeczne

Zbrojenie w strefach styków segmentów

Odchyłki montażowe przy nasuwaniu

Umieszczenie kanałów kablowych poza strefą podparcia w czasie nasuwki

Warunki wymiany kabli zewnętrznych

Zasady uciągania kabli

Zbrojenie stref zakotwień kabli sprężających

- wytrzymałość zbrojenia

- zagęszczenie zbrojenia



## Podsumowanie i wnioski

1. Należy wprowadzić wytyczne dotyczące projektowania konstrukcji sprężonych doprecyzujące powszechną wiedzę i określające szereg parametrów projektowych

**Np..: Wytrzymałość projektowa betonu na rozciąganie**

Maksymalna dopuszczalna siła sprężająca w cięgnach

Minimalne zbrojenie poprzeczne

Zbrojenie w strefach styków segmentów

Odchyłki montażowe przy nasuwaniu

Umieszczenie kanałów kablowych poza strefą podparcia w czasie nasuwki

Warunki wymiany kabli zewnętrznych

Zasady uciągania kabli

Zbrojenie stref zakotwień kabli sprężających

- wytrzymałość zbrojenia

- zagęszczenie zbrojenia



## Podsumowanie i wnioski

1. Należy wprowadzić wytyczne dotyczące projektowania konstrukcji sprężonych doprecyzujące powszechną wiedzę i określające szereg parametrów projektowych

Np..: Wytrzymałość projektowa betonu na rozciąganie

**Maksymalna dopuszczalna siła sprężająca w cięgnach**

Minimalne zbrojenie poprzeczne

Zbrojenie w strefach styków segmentów

Odchyłki montażowe przy nasuwaniu

Umieszczenie kanałów kablowych poza strefą podparcia w czasie nasuwki

Warunki wymiany kabli zewnętrznych

Zasady uciągania kabli

Zbrojenie stref zakotwień kabli sprężających

- wytrzymałość zbrojenia

- zagęszczenie zbrojenia



## Podsumowanie i wnioski

1. Należy wprowadzić wytyczne dotyczące projektowania konstrukcji sprężonych doprecyzujące powszechną wiedzę i określające szereg parametrów projektowych

Np..: Wytrzymałość projektowa betonu na rozciąganie

Maksymalna dopuszczalna siła sprężająca w cięgnach

### **Minimalne zbrojenie poprzeczne**

Zbrojenie w strefach styków segmentów

Odchyłki montażowe przy nasuwaniu

Umieszczenie kanałów kablowych poza strefą podparcia w czasie nasuwki

Warunki wymiany kabli zewnętrznych

Zasady uciągania kabli

Zbrojenie stref zakotwień kabli sprężających

- wytrzymałość zbrojenia

- zagęszczenie zbrojenia



## Podsumowanie i wnioski

1. Należy wprowadzić wytyczne dotyczące projektowania konstrukcji sprężonych doprecyzujące powszechną wiedzę i określające szereg parametrów projektowych

Np..: Wytrzymałość projektowa betonu na rozciąganie

Maksymalna dopuszczalna siła sprężająca w cięgnach

Minimalne zbrojenie poprzeczne

### Zbrojenie w strefach styków segmentów

Odchyłki montażowe przy nasuwaniu

Umieszczenie kanałów kablowych poza strefą podparcia w czasie nasuwki

Warunki wymiany kabli zewnętrznych

Zasady uciągania kabli

Zbrojenie stref zakotwień kabli sprężających

- wytrzymałość zbrojenia

- zagęszczenie zbrojenia



## Podsumowanie i wnioski

1. Należy wprowadzić wytyczne dotyczące projektowania konstrukcji sprężonych doprecyzujące powszechną wiedzę i określające szereg parametrów projektowych

Np..: Wytrzymałość projektowa betonu na rozciąganie

Maksymalna dopuszczalna siła sprężająca w cięgnach

Minimalne zbrojenie poprzeczne

Zbrojenie w strefach styków segmentów

**Odchyłki montażowe przy nasuwaniu**

Umieszczenie kanałów kablowych poza strefą podparcia w czasie nasuwki

Warunki wymiany kabli zewnętrznych

Zasady uciągania kabli

Zbrojenie stref zakotwień kabli sprężających

- wytrzymałość zbrojenia

- zagęszczenie zbrojenia



## Podsumowanie i wnioski

1. Należy wprowadzić wytyczne dotyczące projektowania konstrukcji sprężonych doprecyzujące powszechną wiedzę i określające szereg parametrów projektowych

Np..: Wytrzymałość projektowa betonu na rozciąganie

Maksymalna dopuszczalna siła sprężająca w cięgnach

Minimalne zbrojenie poprzeczne

Zbrojenie w strefach styków segmentów

Odchyłki montażowe przy nasuwaniu

**Umieszczenie kanałów kablowych poza strefą podparcia w czasie nasuwki**

Warunki wymiany kabli zewnętrznych

Zasady uciągania kabli

Zbrojenie stref zakotwień kabli sprężających

- wytrzymałość zbrojenia

- zagęszczenie zbrojenia



## Podsumowanie i wnioski

1. Należy wprowadzić wytyczne dotyczące projektowania konstrukcji sprężonych doprecyzujące powszechną wiedzę i określające szereg parametrów projektowych

Np..: Wytrzymałość projektowa betonu na rozciąganie

Maksymalna dopuszczalna siła sprężająca w cięgnach

Minimalne zbrojenie poprzeczne

Zbrojenie w strefach styków segmentów

Odchyłki montażowe przy nasuwaniu

Umieszczenie kanałów kablowych poza strefą podparcia w czasie nasuwki

**Warunki wymiany kabli zewnętrznych**

Zasady uciągania kabli

Zbrojenie stref zakotwień kabli sprężających

- wytrzymałość zbrojenia

- zagęszczenie zbrojenia





## Podsumowanie i wnioski

1. Należy wprowadzić wytyczne dotyczące projektowania konstrukcji sprężonych doprecyzujące powszechną wiedzę i określające szereg parametrów projektowych

Np..: Wytrzymałość projektowa betonu na rozciąganie

Maksymalna dopuszczalna siła sprężająca w cięgnach

Minimalne zbrojenie poprzeczne

Zbrojenie w strefach styków segmentów

Odchyłki montażowe przy nasuwaniu

Umieszczenie kanałów kablowych poza strefą podparcia w czasie nasuwki

Warunki wymiany kabli zewnętrznych

### Zasady uciągania kabli

Zbrojenie stref zakotwień kabli sprężających

- wytrzymałość zbrojenia

- zagęszczenie zbrojenia



## Podsumowanie i wnioski

1. Należy wprowadzić wytyczne dotyczące projektowania konstrukcji sprężonych doprecyzujące powszechną wiedzę i określające szereg parametrów projektowych

Np..: Wytrzymałość projektowa betonu na rozciąganie

Maksymalna dopuszczalna siła sprężająca w cięgnach

Minimalne zbrojenie poprzeczne

Zbrojenie w strefach styków segmentów

Odchyłki montażowe przy nasuwaniu

Umieszczenie kanałów kablowych poza strefą podparcia w czasie nasuwki

Warunki wymiany kabli zewnętrznych

Zasady uciągania kabli

**Zbrojenie stref zakotwień kabli sprężających**

- wytrzymałość zbrojenia

- zagęszczenie zbrojenia



# KSZTAŁTOWANIE OBIEKTU MOSTOWEGO W PLANIE

dr hab. inż. Krzysztof Żółtowski, prof. PG

Katedra Konstrukcji Inżynierskich  
Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska



## Powiązanie obiektu mostowego z drogą

Z uwagi na zapisy „nowego rozporządzenia” dotyczące kształtowania obiektu mostowego w drodze zachodzi konieczność sformułowanie

### **umocowanej urzędowo interpretacji**

dotyczącej zagadnień geometrycznych związanych z odcinkiem drogi na moście oraz dotyczących zasad regulujących rozpiętości i rozwiązania konstrukcyjne.

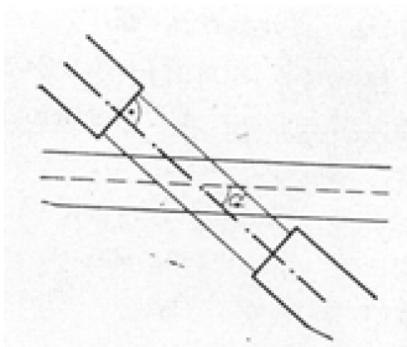
Obecnie kierując się wprost zapisami „nowego rozporządzenia” mamy wiele ograniczeń.

§ 107. Zwiększenie trwałości mostu lub wiaduktu uzyskuje się w szczególności przez:

- 1) sytuowanie mostu lub wiaduktu w planie w taki sposób, aby krzyżował się z przeszkodą pod kątem prostym lub zbliżonym do kąta prostego;
- 2) kształtowanie elementów mostu lub wiaduktu w taki sposób, aby w rzucie poziomym kąt pomiędzy osią podłużną konstrukcji przęsła a osią podparcia przęsła na podporach był prosty lub zbliżony do prostego;
- 3) sytuowanie mostu lub wiaduktu w planie na odcinku prostoliniowym;
- 4) przyjmowanie rozpiętości przęsła w zależności od szerokości przeszkody:
  - a) nie większej niż 25 m – rozpiętość teoretyczna przęsła jest o co najwyżej 50% większa niż szerokość przeszkody,
  - b) większej niż 25 m – most lub wiadukt powinien być wieloprzęsłowy, w którym rozpiętość teoretyczna przęsła jest nie większa niż 40 m;
- 5) projektowanie mostu lub wiaduktu o konstrukcji zintegrowanej, w szczególności przy rozpiętości teoretycznej przęsła nie większej niż 30 m;
- 6) projektowanie mostu lub wiaduktu w sposób zapewniający dostęp do wszystkich elementów konstrukcji, w tym przede wszystkim obszarów połączeń oraz łożysk i urządzeń dylatacyjnych, w celu oceny ich stanu technicznego;
- 7) niestosowanie pomostów ortotropowych w moście lub wiadukcie o rozpiętości teoretycznej przęsła nie większej niż 40 m lub przy pochyleniu niwelety większym niż 3%.

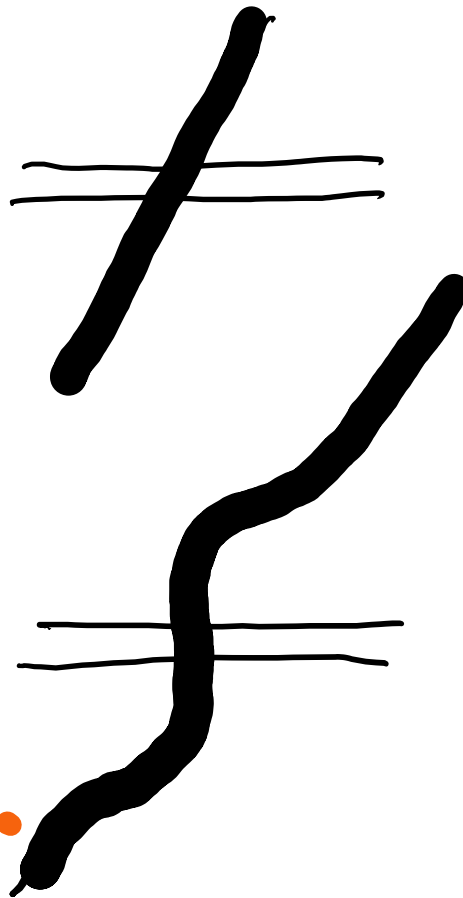
§ 107. Zwiększenie trwałości mostu lub wiaduktu uzyskuje się w szczególności przez:

- 1) sytuowanie mostu lub wiaduktu w planie w taki sposób, aby krzyżował się z przeszkodą pod kątem prostym lub zbliżonym do kąta prostego;
- 2) kształtowanie elementów mostu lub wiaduktu w taki sposób, aby w rzucie poziomym kąt pomiędzy osią podłużną konstrukcji przęsła a osią podparcia przęsła na podporach był prosty lub zbliżony do prostego;
- 3) sytuowanie mostu lub wiaduktu w planie na odcinku prostoliniowym;
- 4) przyjmowanie rozpiętości przęsła w zależności od szerokości przeszkody:
  - a) nie większej niż 25 m – rozpiętość teoretyczna przęsła jest o co najwyżej 50% większa niż szerokość przeszkody,
  - b) większej niż 25 m – most lub wiadukt powinien być wieloprzęsłowy, w którym rozpiętość teoretyczna przęsła jest nie większa niż 40 m;
- 5) projektowanie mostu lub wiaduktu o konstrukcji zintegrowanej, w szczególności przy rozpiętości teoretycznej przęsła nie większej niż 30 m;
- 6) projektowanie mostu lub wiaduktu w sposób zapewniający dostęp do wszystkich elementów konstrukcji, w tym przede wszystkim obszarów połączeń oraz łożysk i urządzeń dylatacyjnych, w celu oceny ich stanu technicznego;
- 7) niestosowanie pomostów ortotropowych w moście lub wiadukcie o rozpiętości teoretycznej przęsła nie większej niż 40 m lub przy pochyleniu niwelety większym niż 3%.



O.K.

?



Wytczne projektowania elementów powiązania drogowych obiektów inżynierskich z terenem i drog

01-2021.03.02

Wzorce i standardy rekomendowane przez Ministra właściwego ds. tra

WR-M-11



POLITECHNIKA  
GDAŃSKA

Lokalne zarysowania w żelbetowych mostach sprężonych.  
Wybrane problemy

## Podsumowanie i wnioski







Podsumowanie i wnioski



NIE



TAK



§ 107. Zwiększenie trwałości mostu lub wiaduktu uzyskuje się w szczególności przez:

- 1) sytuowanie mostu lub wiaduktu w planie w taki sposób, aby krzyżował się z przeszkodą pod kątem prostym lub zbliżonym do kąta prostego;
- 2) kształtowanie elementów mostu lub wiaduktu w taki sposób, aby w rzucie poziomym kąt pomiędzy osią podłużną konstrukcji przęsła a osią podparcia przęsła na podporach był prosty lub zbliżony do prostego;
- 3) sytuowanie mostu lub wiaduktu w planie na odcinku prostoliniowym;
- 4) przyjmowanie rozpiętości przęsła w zależności od szerokości przeszkody:
  - a) nie większej niż 25 m – rozpiętość teoretyczna przęsła jest o co najwyżej 50% większa niż szerokość przeszkody,
  - b) większej niż 25 m – most lub wiadukt powinien być wieloprzęsłowy, w którym rozpiętość teoretyczna przęsła jest nie większa niż 40 m;
- 5) projektowanie mostu lub wiaduktu o konstrukcji zintegrowanej, w szczególności przy rozpiętości teoretycznej przęsła nie większej niż 30 m;
- 6) projektowanie mostu lub wiaduktu w sposób zapewniający dostęp do wszystkich elementów konstrukcji, w tym przede wszystkim obszarów połączeń oraz łożysk i urządzeń dylatacyjnych, w celu oceny ich stanu technicznego;
- 7) niestosowanie pomostów ortotropowych w moście lub wiadukcie o rozpiętości teoretycznej przęsła nie większej niż 40 m lub przy pochyleniu niwelety większym niż 3%.



POLITECHNIKA  
GDAŃSKA

Lokalne zarysowania w żelbetowych mostach sprężonych.  
Wybrane problemy

## Podsumowanie i wnioski





POLITECHNIKA  
GDAŃSKA

Lokalne zarysowania w żelbetowych mostach sprężonych.  
Wybrane problemy





## WNIOSEK:

**Muszą powstać wiarygodne wytyczne interpretujące powyższe zapisy**



**DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ**

