

TARGOSZ Jan¹

Badania symulacyjne wytrzymałości płyty wewnętrznej przejazdu kolejowego

przejazd kolejowy, płyta wewnętrzna,
symulacja wytrzymałości, wibroizolacja

Streszczenie

W pracy przedstawiono badania symulacyjne wytrzymałości płyt wewnętrznych stosowanych w wibroizolowanych przejazdach kolejowo – samochodowych, którego koncepcję przedstawiono na rys.1. Badania te prowadzone były w funkcji rodzaju betonu, średnicy drutu zbrojeniowego i obciążenia płyty.

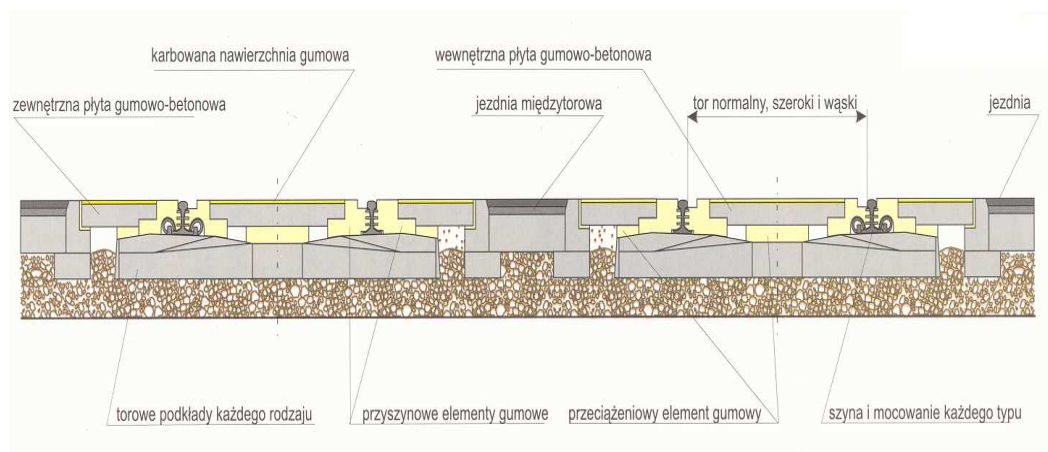
SIMULATION RESEARCH OF STRENGTH INTERNAL PLATE IN CROSSING RAILROAD

Abstract

The paper presents a simulation study of strength internal plate used in vibroisolation rail-car crossing whose concept is shown in figure 1. These studies were conducted as a function of type of concrete reinforcing wire diameter and load the plate.

1. WSTĘP

Stosowane do chwili obecnej konstrukcje zabudowy przejazdów na jednopoziomowych skrzyżowaniach dróg transportu szynowego (kolejowy, tramwajowy) z transportem samochodowym nie spełniają współczesnych wymogów transportu, ze względu na ograniczenia prędkości transportu, znaczne oddziaływania dynamiczne na środowisko (drgania, hałas) źródłami których są pojazdy szynowe i samochodowe, "klawiszowanie" płyt i związana z tym degradacja techniczna przejazdu. Towarzyszy temu przenoszenie się drgań i hałasu na sąsiadujące obiekty, często zabudowane, usytuowane obok trakcji komunikacji szynowej np. torowiska tramwajowego. Stąd też zaistniała konieczność opracowania nowych konstrukcji przejazdów które pozwoliłyby wyeliminować lub przynajmniej ograniczyć te niekorzystne zjawiska. Na podstawie badań prowadzonych w kraju i zagranicą oraz własnych doświadczeń w dziedzinie wibroizolacji maszyn, urządzeń oraz podtorzy pojazdów tramwajowych i kolejowych (dworzec Główny PKP w Krakowie, ul. Zwierzyniecka, Lubicz itd.) opracowano ideę a następnie koncepcję wibroizolowanego przejazdu kolejowo – samochodowego którego schemat przedstawiono na rys. 1. W rozwiązaniu konstrukcji przejazdu wprowadza się elementy elastyczne, mające za zadanie izolować tory kolejowe lub tramwajowe od drogi w celu ograniczenia wpływów dynamicznych pojazdów na przejazd oraz centrowanie płyt względem szyn.



Rys.1. Koncepcja techniczna wibroizolowanego przejazdu kolejowego.

Głównym elementem przenoszącym oddziaływania dynamiczne od transportu samochodowego w tym rozwiązaniu jest płyta zewnętrzna i wewnętrzna podparta na elemencie gumowym. Jej wytrzymałość na obciążenia jak i parametry

¹¹ AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, al.A.Mickiewicza, 30 30-059 Kraków. Tel: + 48 12 634-35-05, Fax: + 48 12 634-35-05, E-mail:jantargosz@interia.pl

masowe powinny być optymalne. Stąd też koniecznym było przeprowadzenie symulacji wytrzymałościowej płyty międzytorowej w zależności od jej obciążenia.

2. BADANIA WYTRZYMAŁOŚCIOWE PŁYTY NAWIERZCHNIOWEJ WEWNĘTRZNEJ PRZEJAZDU KOLEJOWEGO.

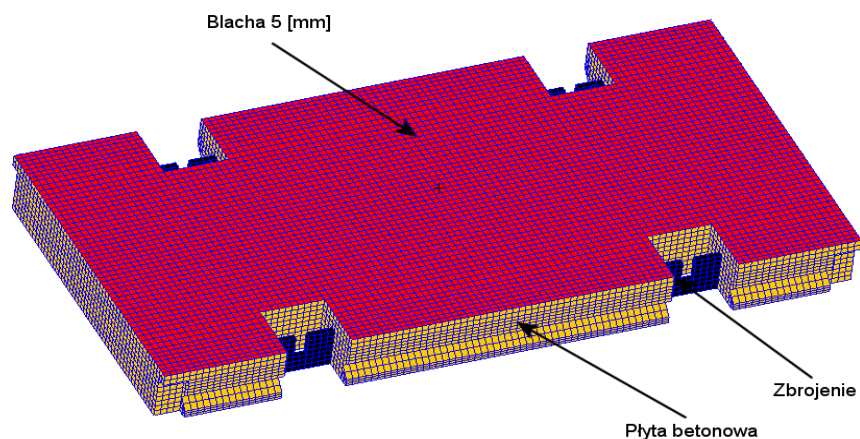
Przedmiotem obliczeń wytrzymałościowych była konstrukcja płyty betonowej, wewnętrznej, rys.1, przejazdu, która przenosi główne obciążenia dynamiczne, stanowiąc jednocześnie masę inercyjną układu wibroizolacji jaki w tym przypadku stanowi przejazd kolejowo – samochodowy. Do analizy wybrano płytę wewnętrzną, gdyż z punktu widzenia wytrzymałości stanowi najbardziej obciążony element, ze względu na swoje wymiary i sposób podparcia. Celem analizy było wyznaczenie naprężeń, odkształceń oraz optymalizacja konstrukcji płyty. Zmiennymi, które podlegały optymalizacji to parametry betonu (moduł Younga), średnica drutu zbrojeniowego, grubość blachy, odległość punktów przecięcia się warstw drutu poprzecznego z wzdłużnym. Jako kryterium oceny dla uzyskanych wartości naprężeń i odkształceń przyjęto dopuszczalne naprężenia oraz odkształcenia płyt betonowych przy jednoczesnej minimalizacji jej wysokości. Jako metodę obliczeń przyjęto metodę elementów skończonych.

Dla celów modelowania każda z części została wyodrębniona w osobnej grupie. Model geometryczny cechuje się łatwością modyfikacji własności materiałowych oraz wysokości.

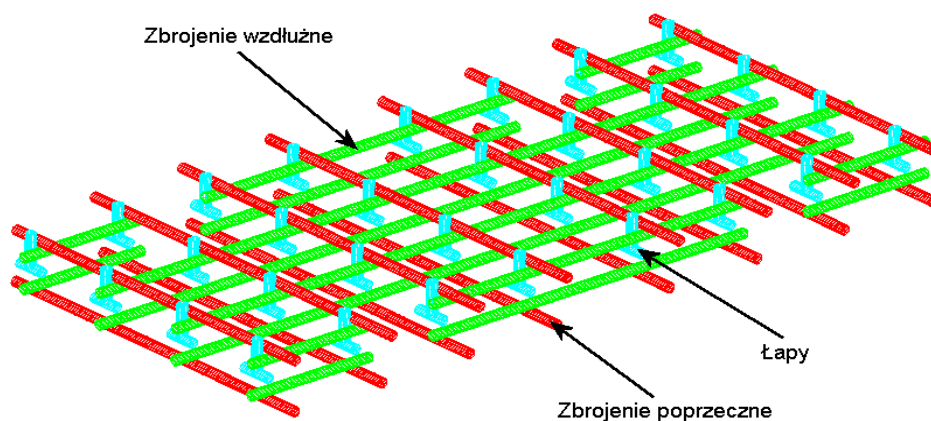
Model elementów skończonych został wykonany na podstawie dostarczonego projektu technicznego płyty, rys.2. Stworzono strukturę składającą się z 62605 węzłów i 61640 elementów skończonych. Model ten zbudowany jest z elementów typu:

- powłokowe typu QUAD 4 – reprezentujących blachę wierzchnią,
- bryłowe typu HEX 8 – reprezentujące warstwę betonu, zbrojenie,
- belkowe BAR2 – drut zbrojeniowy.

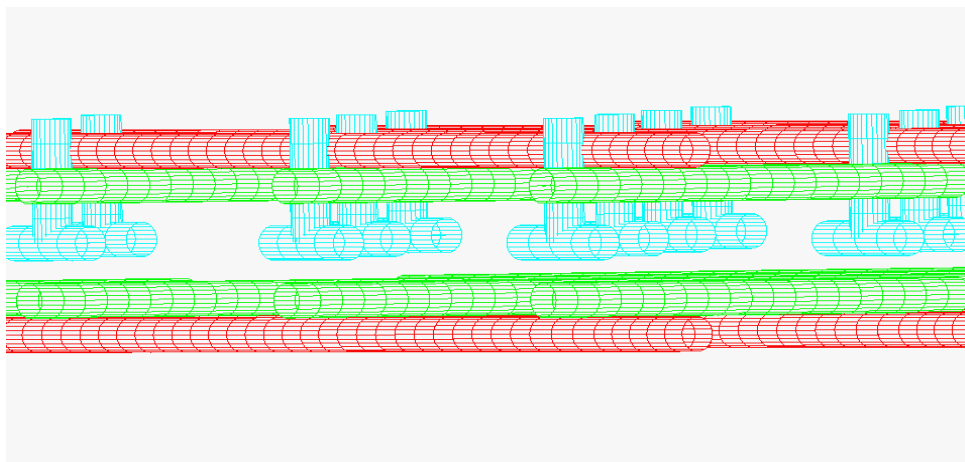
Przyjęty maksymalny wymiar elementu skończonego w metodzie przyjętej do obliczeń, to 10 mm. W miejscach przewidywanej koncentracji naprężeń, wymiary elementów były istotnie zmniejszane w celu uzyskania większej dokładności obliczeń. Na rys.2, 3 i 4 przedstawiono model płyty oraz układ jej zbrojenia.



Rys. 2. Model elementów skończonych płyty nawierzchniowej wewnętrznej.



Rys. 3. Układ drutu zbrojeniowego i łap.



Rys. 4. Układ drutu zbrojeniowego i łap (widok z boku).

2.1. Analiza statyczna.

Do analizy statycznej wytrzymałości przyjęto jako materiał beton będący podstawowym składnikiem wykonawczym płyt żelbetowej oraz jako element odpowiadający za podwyższoną wytrzymałość płyty stal w postaci prętów zbrojeniowych. Poniżej przedstawiono typy poszczególnych materiałów, które uwzględniono w analizie wytrzymałościowej. Są to:

1. beton – zostały użyte trzy rodzaje betonu o własnościach różniących się modułem Younga:

B20 – $E = 20$ [MPa], $\gamma = 0.17$

B25 – $E = 25$ [MPa], $\gamma = 0.17$

B35 – $E = 35$ [MPa], $\gamma = 0.17$

2. stal :

$E = 2,1 \cdot 10^5$ MPa

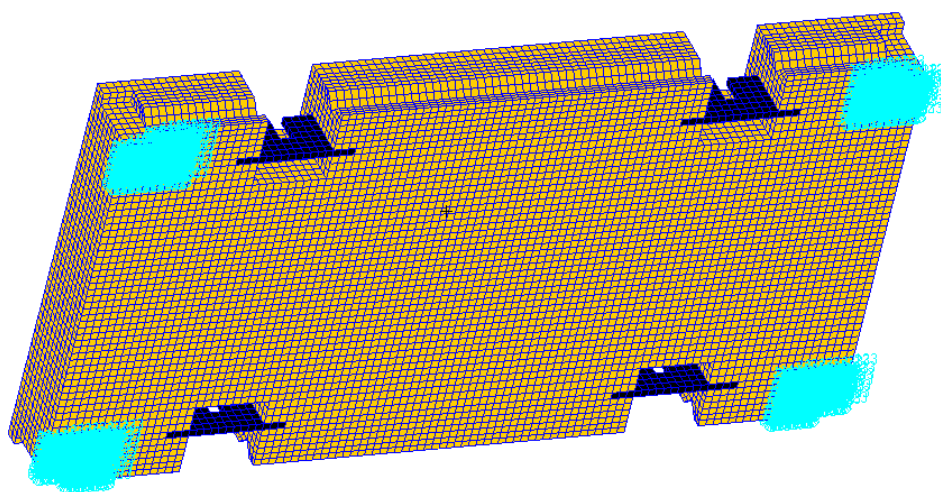
$\gamma = 0.3$

gdzie:

E - moduł Younga, γ -liczba Poissona, ρ - gęstość

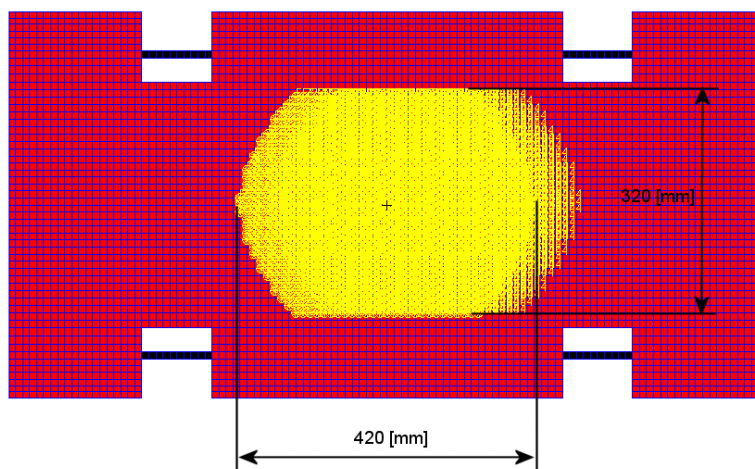
2.2. Warunki brzegowe i sposób obciążenia.

Model płyty został utwierdzony we wszystkich kierunkach, w czterech rogach na powierzchni 80 [mm] x 100 [mm], w sposób zbliżony do warunków montażowych przejazdu kolejowego, rys.5., przyjmując najmniej korzystny z punktu widzenia wytrzymałości sposób podparcia.

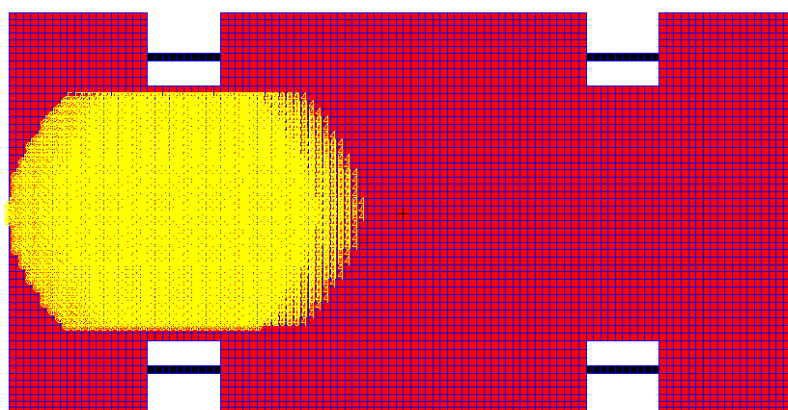


Rys.5. Schemat utwierdzenia płyty powierzchniowej wewnętrznej.

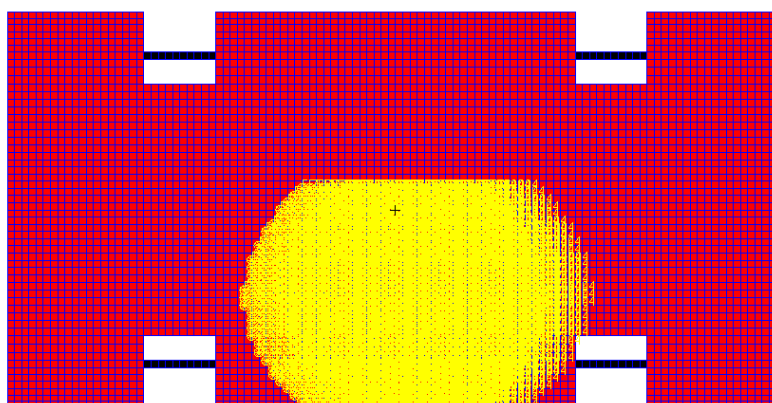
Obciążenia zostały dobrane przy uwzględnieniu maksymalnego nacisku na oś pojazdu 13 [t] to znaczy 6.5 [t] przypadające na płytę. Powierzchnia obciążenia symuluje obszar kontaktu płyty z oponą pojazdu. Zostały wybrane trzy lokalizacje styku opony z nawierzchnią, przedstawione na rys..6, 7 i .8.



Rys. 6. Schemat obciążenia płyty nawierzchniowej wewnętrznej – przypadek 1.



Rys. 7. Schemat obciążenia płyty nawierzchniowej wewnętrznej – przypadek 2.



Rys. 8. Schemat obciążenia płyty nawierzchniowej wewnętrznej – przypadek 3.

Każdy rodzaj betonu tj. B20, B25, B35 z którego zamodelowano płytę, został sprawdzony dla tych trzech przypadków obciążenia i dla dwóch średnic drutu zbrojeniowego i łap tj. $d = 12$ [mm] i $d = 14$ [mm]. Jako maksymalne dopuszczalne ugięcie zostało przyjęte 0,485 [mm], czyli o 0,015 [mm] mniej od dopuszczalnych wartości ustalonych przez normatywy

dla płyt betonowych drogowych, natomiast wartości dopuszczalne naprężeń zredukowanych dla betonu przyjęto następujące:

- B20 – $R_{max} = 30$ [MPa]
- B25 – $R_{max} = 35$ [MPa]
- B35 – $R_{max} = 40$ [MPa]

2.3. Wyniki analizy statycznej.

Wyniki statycznej analizy wytrzymałości płyty wewnętrznej na zginanie przedstawiono w postaci tabelarycznej, tabela 1 i .2, w zależności od średnicy przyjętego do analizy drutu zbrojeniowego.

Tab. 1. Wyniki analiz dla płyty nawierzchniowej z drutem zbrojeniowym o średnicy 12 [mm].

Rodzaj obciążenia	Rodzaj betonu	Wyniki	
		Naprężenia betonu [MPa]	Odkształcenia maks. [mm]
Przypadek 1	B20	37	0.32
	B25		0.27
	B35		0.22
Przypadek 2	B20	43.5	0.16
	B25		0.14
	B35		0.11
Przypadek 3	B20	56.6	0.48
	B25		0.42
	B35		0.33

Tab. 2. Wyniki analiz dla płyty nawierzchniowej z drutem zbrojeniowym o średnicy 14 [mm].

Rodzaj obciążenia	Rodzaj betonu	Wyniki	
		Naprężenia betonu [MPa]	Odkształcenia maks. [mm]
Przypadek 1	B20	37	0,31
	B25		0,27
	B35		0,21
Przypadek 2	B20	43	0,16
	B25		0,14
	B35		0,11
Przypadek 3	B20	55	0,48
	B25		0,41
	B35		0,33

W tabelach nie zostały podane naprężenia zredukowane dla elementów stalowych, gdyż wartości tych naprężeń nie przekraczały 100 [MPa], co w przypadku części stalowych pozwala na ich bezpieczną eksploatację.

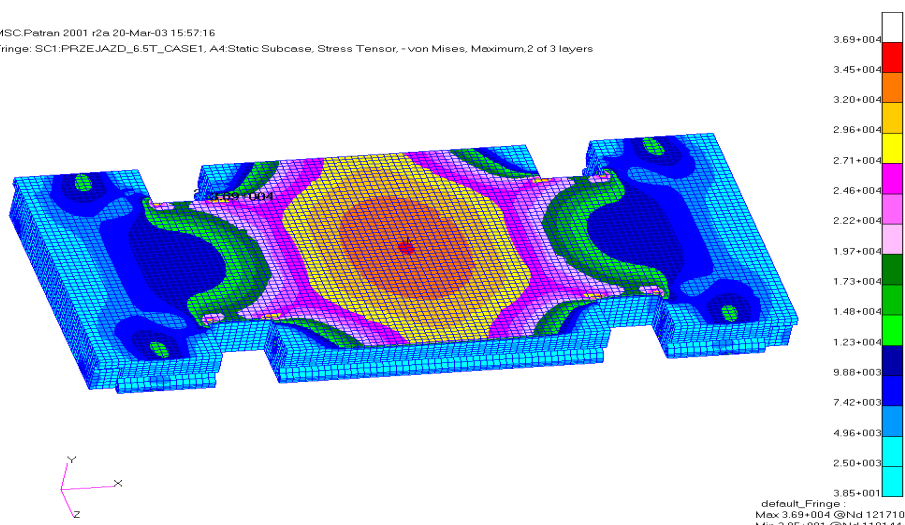
Na rysunkach 9 –36 przedstawiono wyniki badań w postaci graficznej dla dwóch typów betonu, B20 i B35 oraz drutu zbrojeniowego o średnicach $d = 12$ i 14 [mm], odniesione do odpowiadających im skal; naprężenie, odkształcenie.

1. Drut zbrojeniowy o średnicy $d = 12$ [mm].

Beton B20

MSC.Patran 2001 r2a 20-Mar-03 15:57:16

Fringe: SC1:PRZEJAZD_6.5T_CASE1, A4:Static Subcase, Stress Tensor, -von Mises, Maximum,2 of 3 layers

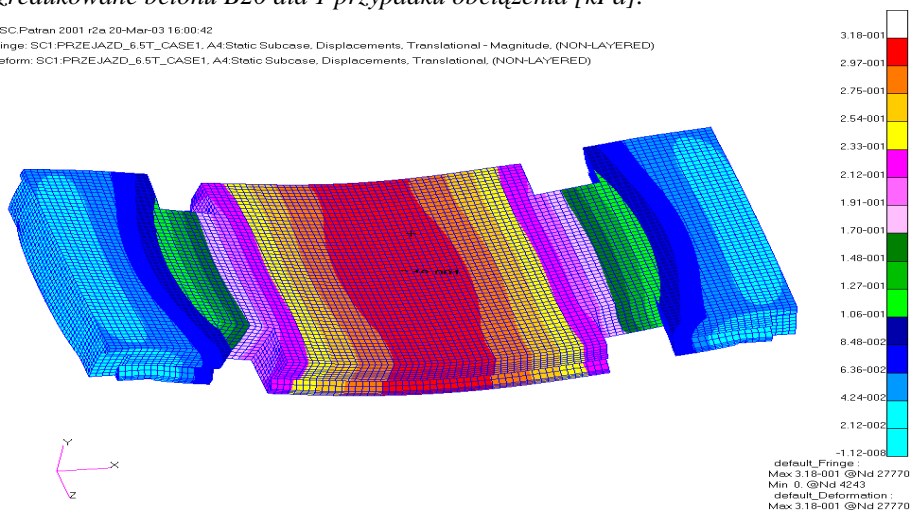


Rys. 9. Naprężenia zredukowane betonu B20 dla 1 przypadku obciążenia [kPa].

MSC.Patran 2001 r2a 20-Mar-03 16:00:42

Fringe: SC1:PRZEJAZD_6.5T_CASE1, A4:Static Subcase, Displacements, Translational - Magnitude, (NON-LAYERED)

Deform: SC1:PRZEJAZD_6.5T_CASE1, A4:Static Subcase, Displacements, Translational, (NON-LAYERED)

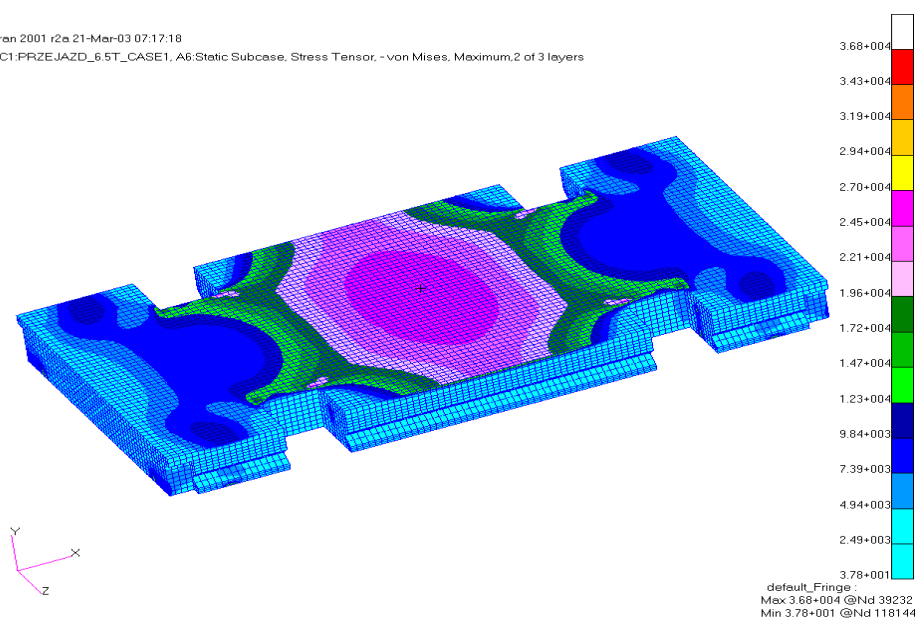


Rys. 10. Odkształcenia płyty nawierzchniowej dla 1 przypadku obciążenia [mm].

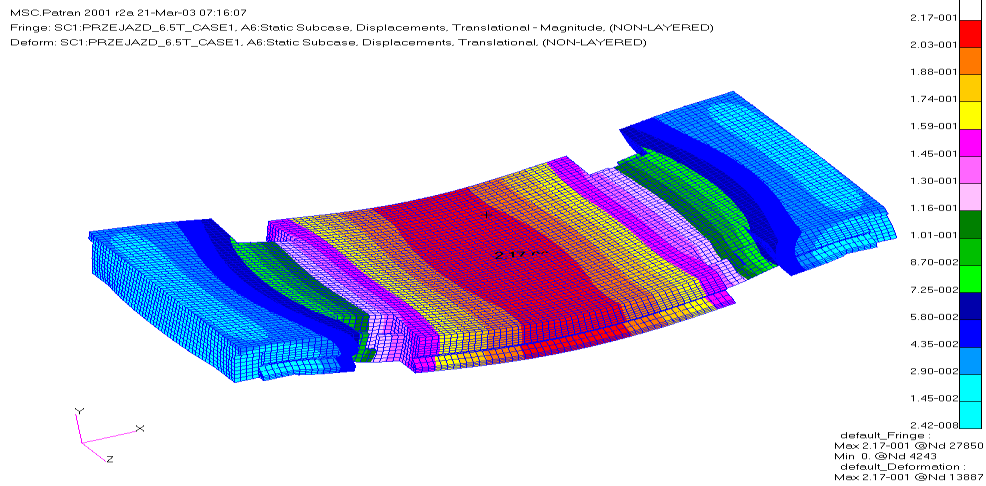
Beton B35

MSC.Patran 2001 r2a 21-Mar-03 07:17:18

Fringe: SC1:PRZEJAZD_6.5T_CASE1, A6:Static Subcase, Stress Tensor, -von Mises, Maximum,2 of 3 layers



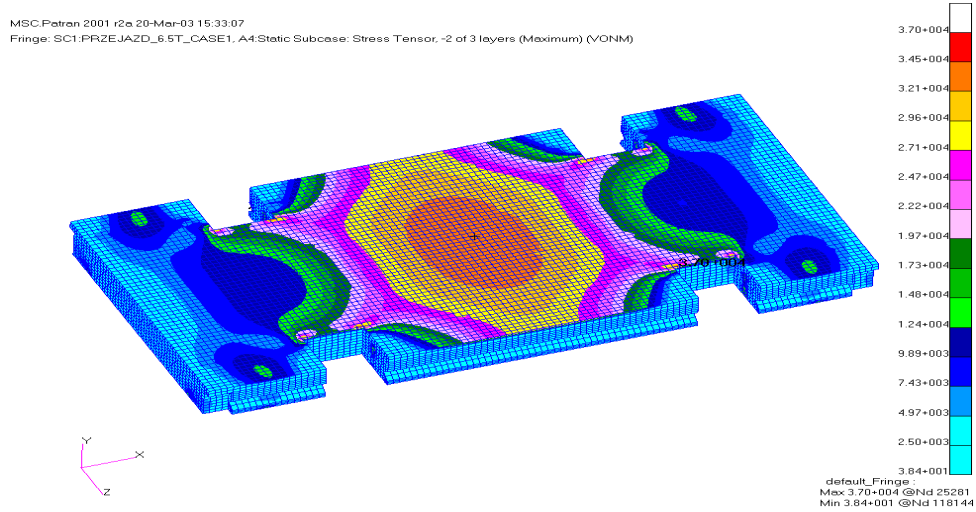
Rys. 11. Naprężenia zredukowane betonu B35 dla 1 przypadku obciążenia [kPa].



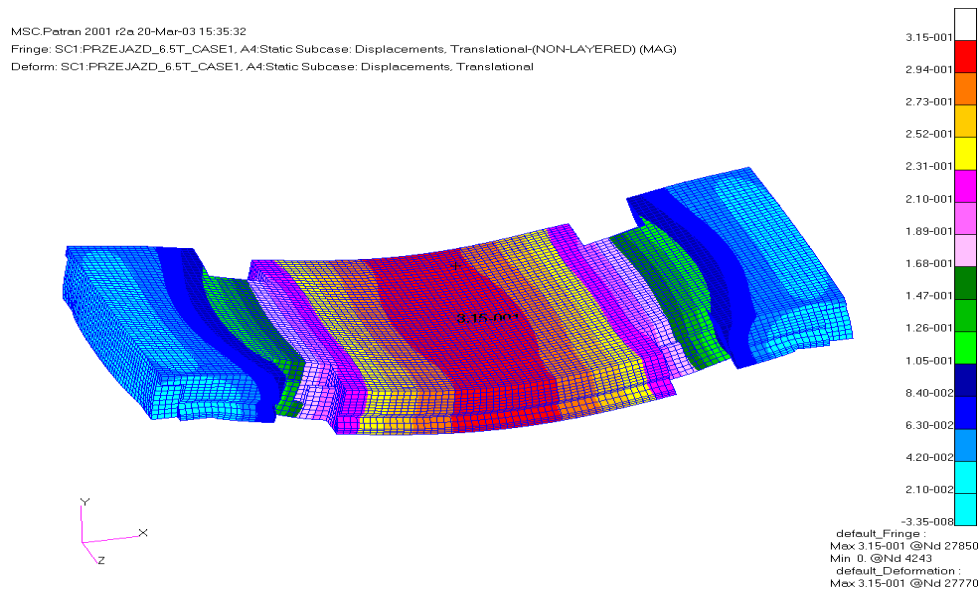
Rys. 12. Odkształcenia płyty nawierzchniowej dla 1 przypadku obciążenia [mm].

2. Drut zbrojeniowy o średnicy $d = 14$ [mm].

Beton B20



Rys. 13. Naprężenia zredukowane betonu B20 dla 1 przypadku obciążenia [kPa].

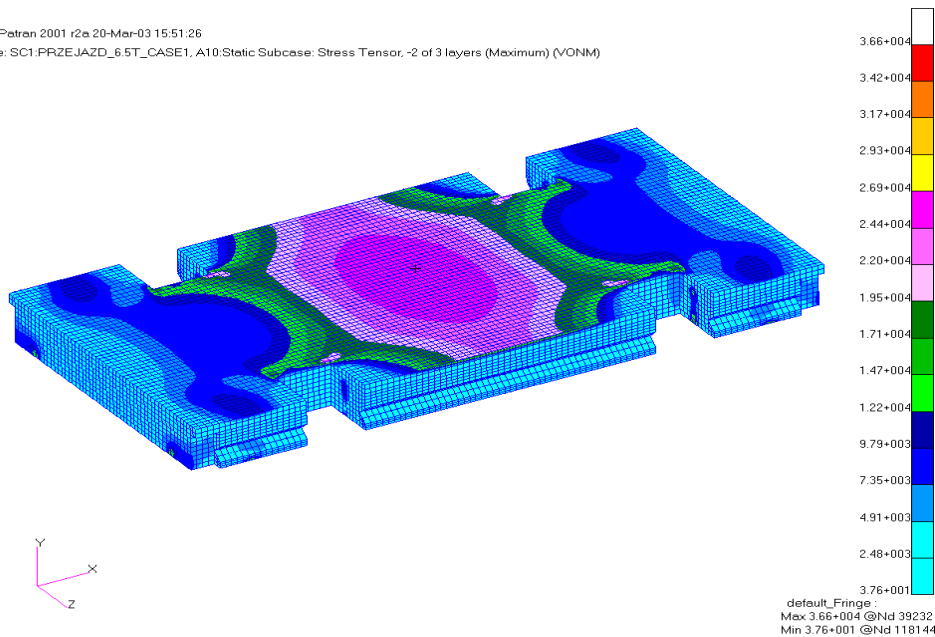


Rys. 14. Odkształcenia płyty nawierzchniowej dla 1 przypadku obciążenia [mm].

Beton B35

MSC.Patran 2001 r2a 20-Mar-03 15:51:26

Fringe: SC1.PRZEJAZD_6.5T_CASE1, A10:Static Subcase: Stress Tensor, -2 of 3 layers (Maximum) (VONM)

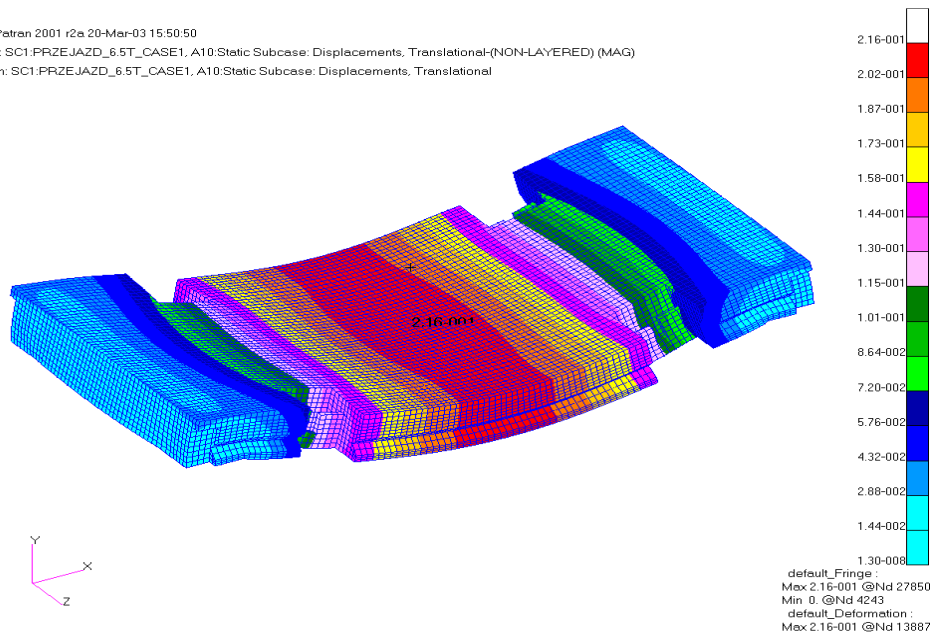


Rys.15. Naprężenia zredukowane betonu B35 dla 1 przypadku obciążenia [kPa].

MSC.Patran 2001 r2a 20-Mar-03 15:50:50

Fringe: SC1.PRZEJAZD_6.5T_CASE1, A10:Static Subcase: Displacements, Translational(NON-LAYERED) (MAG)

Deform: SC1.PRZEJAZD_6.5T_CASE1, A10:Static Subcase: Displacements, Translational



Rys. 16. Odkształcenia płyty nawierzchniowej dla 1 przypadku obciążenia [mm].

3. WNIOSKI

- Ze względu na nieliniowe zjawiska, które zachodzą w betonie, należy przyjąć, że obliczenia mają charakter przybliżony, a szczegółowa analiza powinna zostać wykonana z użyciem oprogramowania pozwalającego na badania statyki nieliniowej np. MSC/MARC,
- Przyjęta do obliczeń klasa betonu oraz typ zbrojenia wraz z jego wiązaniami (łapki rys.3 i 4), zapewniają dopuszczalne normami ugięcia i naprężenia płyty,
- Dane dotyczące wytrzymałości betonu zostały przyjęte na podstawie danych z literatury i one w sposób istotny decydują o wytrzymałości płyty betonowej i parametry te winny być kontrolowane ze względów bezpieczeństwa i trwałości przejazdów,
- Nie stwierdzono znaczącego wpływu na wytrzymałość płyty betonowej wewnętrznej przy zmianie średnicy drutu zbrojeniowego z 12 mm do 14 mm,
- Wyznaczony poziom naprężeń dla poszczególnych przypadków może być bliski dopuszczalnym naprężeniom, który można jednak zwiększyć poprzez zmianę klasy mieszanki betonowej B35 na beton klasy B40 lub wyższy.

Brak jest możliwości podwyższania wytrzymałości płyty wewnętrznej poprzez zmianę zagęszczenia zbrojenia ze względu na ograniczoną wysokość płyty wewnętrznej z uwagi na konstrukcję torowiska.

4. BIBLIOGRAFIA

- [1] Bowels, J.E., "Foundation Analysis and Design", 5th Edition, McGraw-Hill, 1996
- [2] Targosz J.: *Układy wibroizolacji w transporcie szynowym i samochodowym*, Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne AGH, 2007.
- [3] *Lipiński J. , Fundamenty pod maszyny. Arkady ,Warszawa 1985.*
- [4] DIN 4024 Part 1 (1988) Machine Foundations: Flexible Structures Supporting Machines with Rotating Masses
- [5] ACI 351.3R (2004) Foundations for Dynamic Equipment