



Porównanie sił występujących w przęśle mostu wspornikowego wykonanego z betonu lub stali konstrukcyjnej przy użyciu programu ANSYS

G. Gunia^a, K. Olszowska^a, L. Sotniczuk^a, A. Śliwa^b

^a Studenci Politechniki Śląskiej, Wydział Mechaniczny Technologiczny
email: gregix2@o2.pl, karolina.olszowska91@gmail, leszekstotniczuk@gmail.com

^b Politechnika Śląska, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych
email: agata.sliwa@polsl.pl

Streszczenie: W poniższej pracy przedstawiono analizę zmęczeniową przęsła mostu wspornikowego wykonanego z dwóch różnych materiałów – betonu oraz stali konstrukcyjnej. Przeprowadzenie analizy wytrzymałościowej przęsła miało na celu wyznaczenia miejsc, w których możliwe jest występowanie największego spiętrzenia naprężeń, przemieszczeń i odkształcenia. Otrzymane wyniki analiz mają pomóc w wybraniu lepszego materiału do wykonania przęsła mostu wspornikowego.

Abstract: The following paper presents the analysis of the fatigue of the span of cantilever bridge made of two different materials – concrete and constructional steel. Carry out an analysis of span strength was used to determine the places where it is possible occurrence of the greatest stress concentration, displacement and strain. The results of analyzes were used to help choose better material for making the span cantilever bridge.

Słowa kluczowe: MES, rozkład naprężeń, rozkład przemieszczeń, ANSYS

1. WPROWADZENIE

Do przeprowadzenia analizy wytrzymałościowej przęsła mostu skorzystano z zaawansowanej metody rozwiązywania układów równań różniczkowych zwaną Metodą Elementów Skończonych lub Metodą Elementu Skończonego (MES, z jęz. ang. FEM – *Finite Element Method*). Metoda ta polega na podziale badanego modelu na skończone elementy, których rozwiązanie otrzymuje się poprzez zastosowanie konkretnych funkcji i wykonaniu właściwych obliczeń dla węzłów tego podziału. Stosuje się ją do badania wytrzymałości konstrukcji, sztywności, optymalizacji geometrii oraz masy elementów konstrukcji, symuluje się występujące naprężenia, odkształcenia, przemieszczenia, wynikające podczas przyłożenia odpowiednich czynników zewnętrznych. Dzięki zastosowaniu metody MES możliwe jest uzyskanie względnie dokładnych wyników dla złożonych modeli, które byłyby niemożliwe podczas przeprowadzenia obliczeń analitycznych ze względu na skomplikowaną analizę

konstrukcji. Bez konieczności budowania prototypu, badany problem jest symulowany w pamięci komputera, dzięki czemu proces projektowania zostaje znacznie przyspieszony. Program ANSYS umożliwia szybką oraz wiarygodną analizę konstrukcji w wirtualnych warunkach, umożliwiając zmniejszenie kosztów i skrócenie czasu tworzenia projektu.

Mosty stanowią nierozłączny element naszego życia. Są to budowle, które służą do przeprowadzenia dróg komunikacyjnych ponad naturalnymi przeszkodami, takimi jak rzeka, kanał czy przepaść [1].

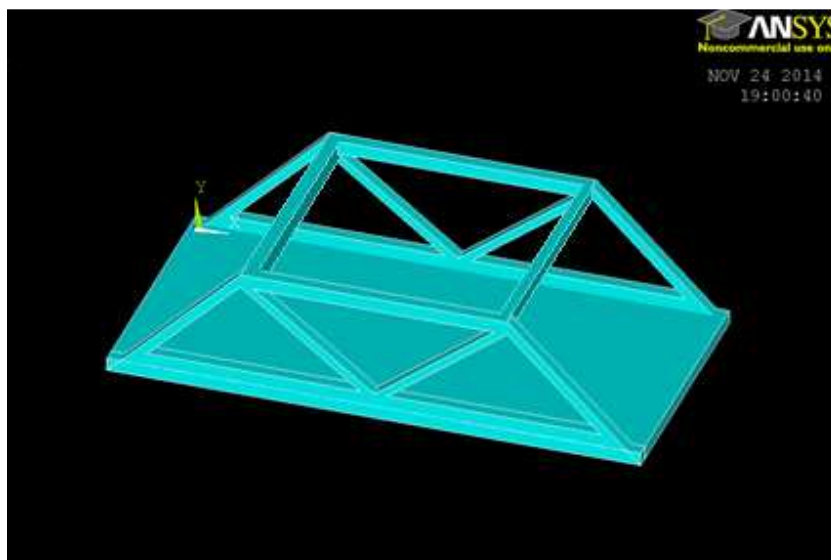
Mosty wspornikowe powstały przez dodanie odpowiednich wsporników do mostów leżących, w których główne dźwigary, czyli belki podporowe spoczywają na łożyskach, z których jedno jest nieruchome, a drugie przesuwalne. W mostach leżących, gdy są one wsparte na większej liczbie słupów (tworząc tzw. dźwigary wieloprzęsłowe), jako belki są statycznie niewyznaczalne, ponieważ istnieje możliwość narażenia ich na ewentualne obniżenie jednej z podpór. W mostach wspornikowych ten problem został zniwelowany [1].

Przęsło mostu jest to konstrukcja tworząca układ nośny, który składa się z dźwigarów głównych, pomostu i elementów stężających. Pomost jest częścią przęsła przekazującą oddziaływanie eksploatacyjne na dźwigary główne, które przenoszą je na podpory [2].

2. ANALIZA ZMĘCZENIOWA PRZĘSŁA MOSTU WYKONANEGO Z BETONU

W pierwszej kolejności ustalono wymiary mostu i przęsła, które poddano późniejszej analizie. Ustalono most o długości 20000 mm, szerokości 10000 mm oraz wysokości 5000 mm. Elementy konstrukcyjne mają przekrój kwadratu o boku 500 mm (rys. 1). Siła działająca na płaski model przęsła to 2000 N, która ma stanowić przykładową wartość powstałą w wyniku zatrzymania na moście pewnej liczby samochodów.

Wybranymi materiałami do wykonania przęsła są stal konstrukcyjna stopowa S550Q oraz beton C50/60.



Rysunek 1. Obraz rzeczywisty mostu
Figure 1. Real model of the bridge

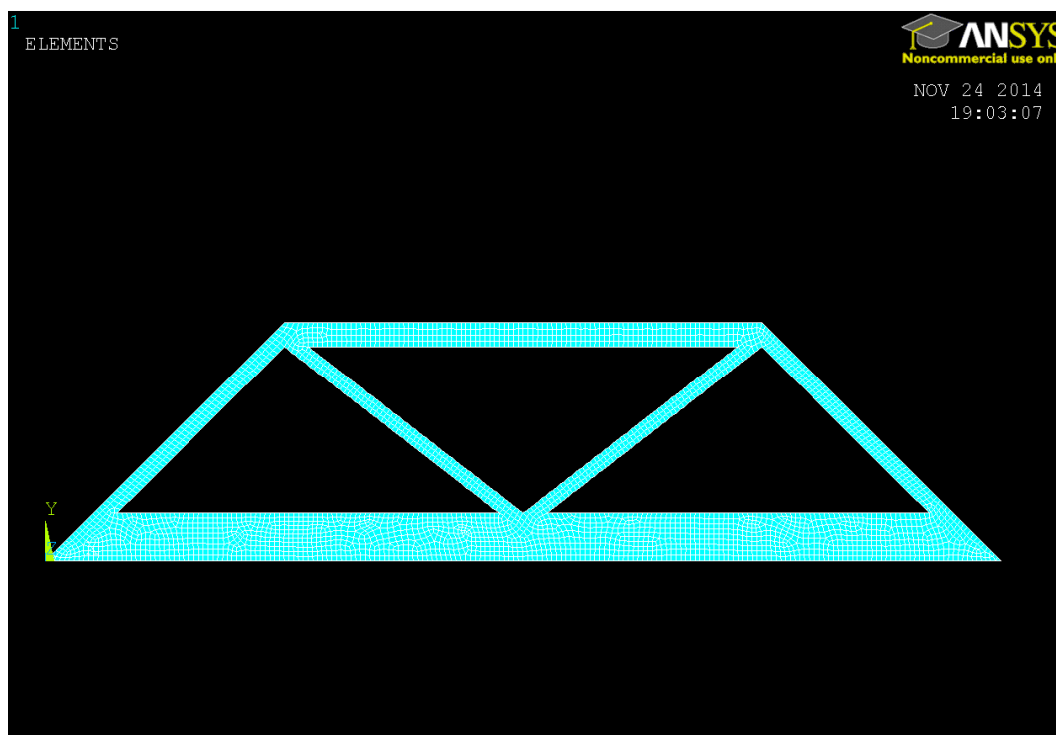
W pierwszym kroku przeprowadzono analizę przęsła wykonanego z betonu C50/60. W tabelicy 1 przedstawiono parametry materiału.

Tablica 1. Charakterystyczne wartości dla betonu C50/60 [3]

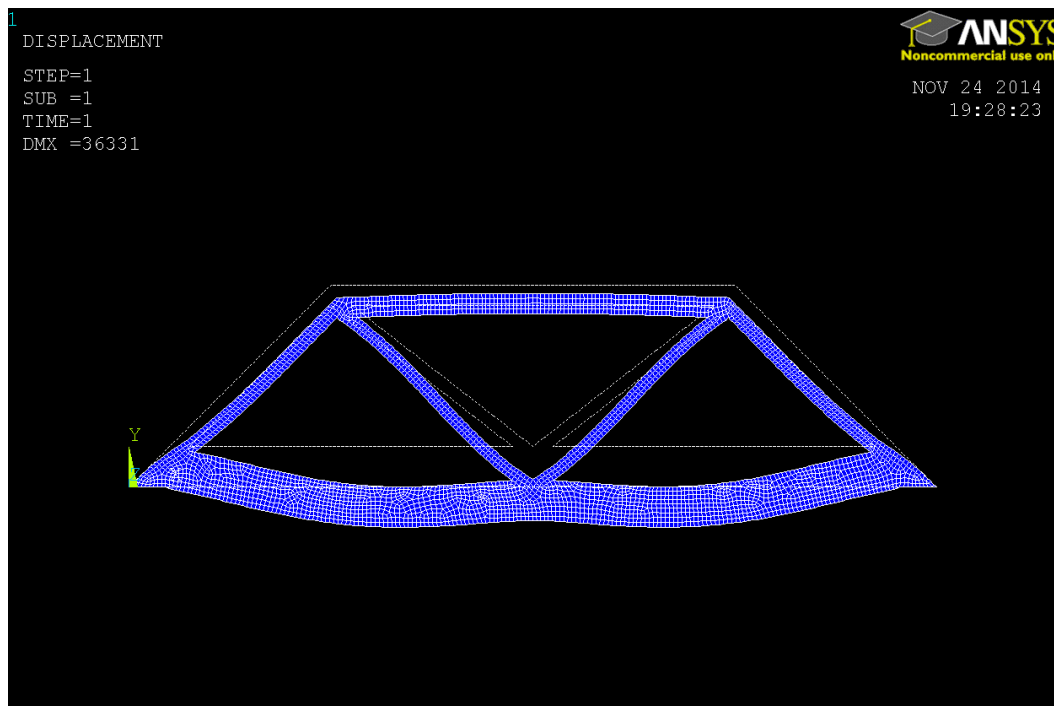
Table 1. Characteristic values for concrete C50/60 [3]

Rodzaj wytrzymałości	Oznaczenie	C50/60
Wytrzymałość gwarantowana, MPa	$f_{c,cube}^G$	60
Wytrzymałość charakterystyczna na ściskanie, MPa	f_{ck}	50
Wytrzymałość charakterystyczna na rozciąganie, MPa	f_{ctk}	2,9
Wytrzymałość średnia na rozciąganie, MPa	f_{ctm}	4,1
Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie, MPa	f_{cd}	33,3
Wytrzymałość obliczeniowa na rozciąganie, MPa	f_{ctd}	1,93
Moduł Younga, GPa	E_{cm}	37
Współczynnik Poissona	ν	0,2

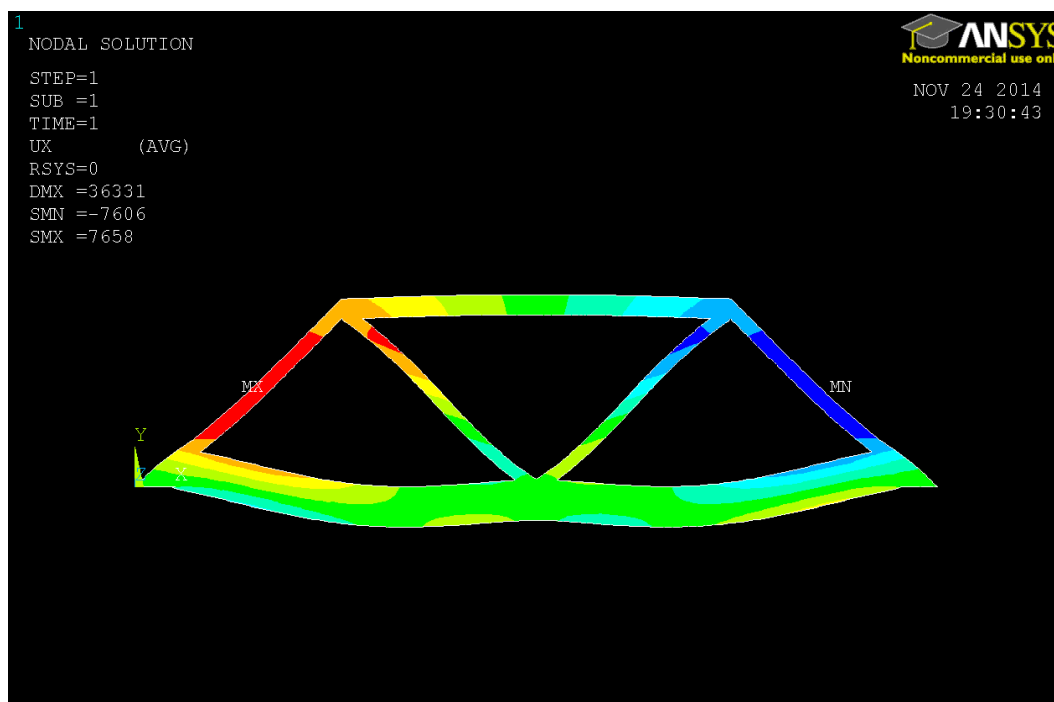
Na wykonany model geometryczny mostu nałożono siatkę elementów skończonych, co przedstawiono na rysunku 2. Posiadając zdefiniowany model, określono typ analizy statycznej oraz zadano warunki brzegowe, utwierdzono dwa końce przęsła znajdujące się u jego podstawy, co oznacza, że zablokowano wszystkie stopnie swobody dla tych punktów. W dalszym etapie analizy zadano odpowiednie obciążenie w postaci 2000 N, rozwiązano układy równań i przystąpiono do przeglądania otrzymanych wyników (rys. 3÷5).



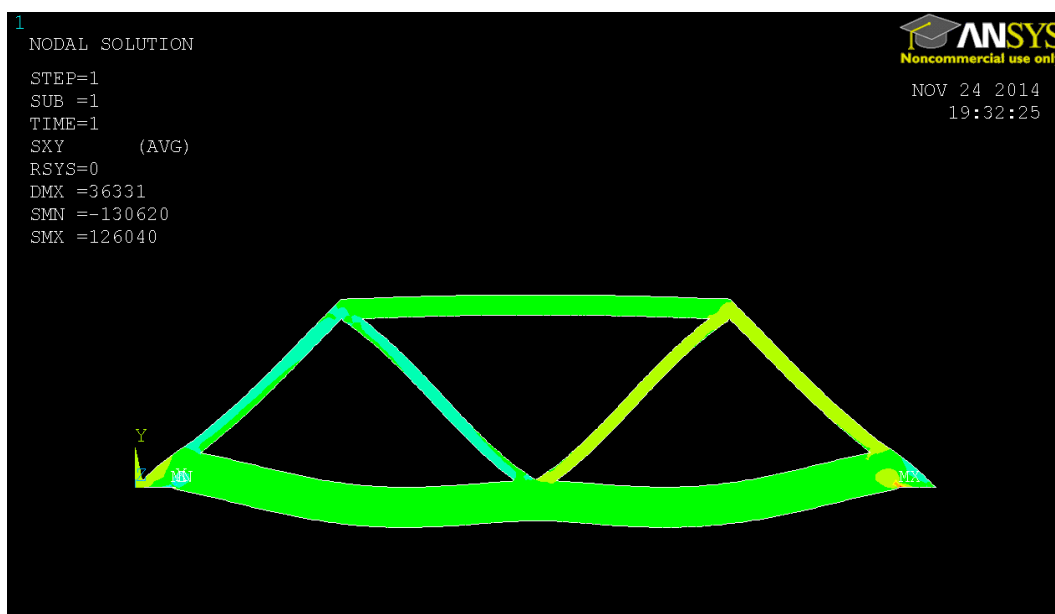
Rysunek 2. Badana płaska i zmeshowana część mostu – przęsło
 Figure 2. Investigated flat and meshed part of the bridge – span



Rysunek 3. Analiza ugięcia dla przęsła wykonanego z betonu c 50/60
Figure 3. Analysis deflection of the span made from concrete c50/60



Rysunek 4. Suma wektorów przemieszczenia – rozwiązanie węzłowe
Figure 4. Displacement vector sum – nodal solution



Rysunek 5. Analiza ścinania dla przęsła wykonanego z betonu c 50/60

Figure 5. Analysis of shear for a span made from concrete c50/60

3. ANALIZA ZMĘCZENIOWA PRZĘSŁA MOSTU WYKONANEGO ZE STALI

Po wykonaniu analizy przęsła wykonanego z betonu C50/60 przystąpiono do badania modelu przęsła wytworzonego ze stali konstrukcyjnej stopowej S550Q. Jest to stal konstrukcyjna o podwyższonej wytrzymałości ulepszona cieplnie, stosowana głównie na obciążone części konstrukcji, także spawanych, np. dźwigów, mostów, budynków, cystern, zbiorników wodnych i śluz pracujących w temperaturze pokojowej i obniżonej. Własności materiałowe stali przedstawiono w tabelcy 2

Tabela 2. Charakterystyczne wartości dla stali konstrukcyjnej stopowej S550Q [4÷5]

Table 2. Characteristic values for structural steel alloy S550Q [4-5]

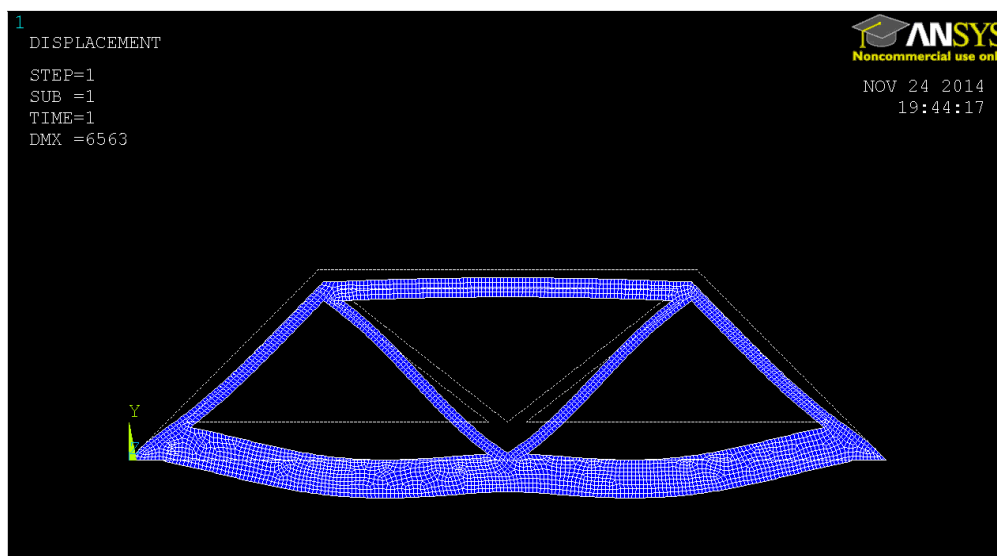
Rodzaj wytrzymałości	Oznaczenie	Stal S550Q		
Grubość przekroju, mm	d	3-50	>50-100	>100-150
Granica plastyczności, MPa	R_{eH} ($R_{p0,2}$)	≥550	≥530	≥490
Wytrzymałość na rozciąganie, MPa	R_m	640-820		590-770
Wydłużenie, %	A	≥16		
Moduł Younga, GPa	E_{cm}	205		
Współczynnik Poissona	ν	0,3		

Skład chemiczny stali konstrukcyjnej stopowej S550Q [4]:

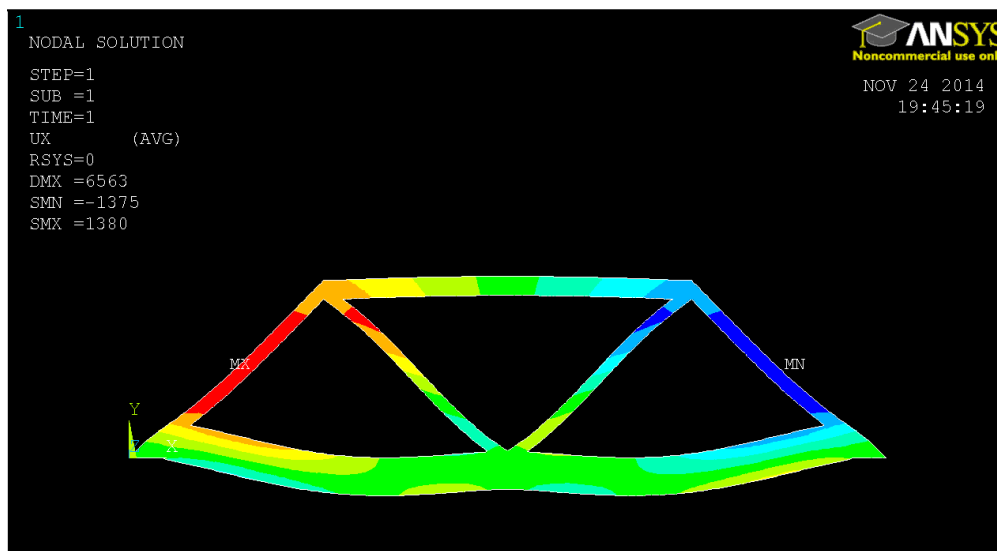
- chrom (Cr) ≤ 1,5%,
- węgiel (C) ≤ 0,2%,
- krzem (Si) ≤ 0,8%,
- mangan (Mn) ≤ 1,7%,

- aluminium (Al) $\geq 0,015\%$,
- fosfor (P) $\leq 0,025\%$,
- azot (N) $\leq 0,015\%$,
- siarka (S) $\leq 0,015\%$,
- cyrkon (Zr) $\leq 0,15\%$,
- tytan (Ti) $\leq 0,05\%$.

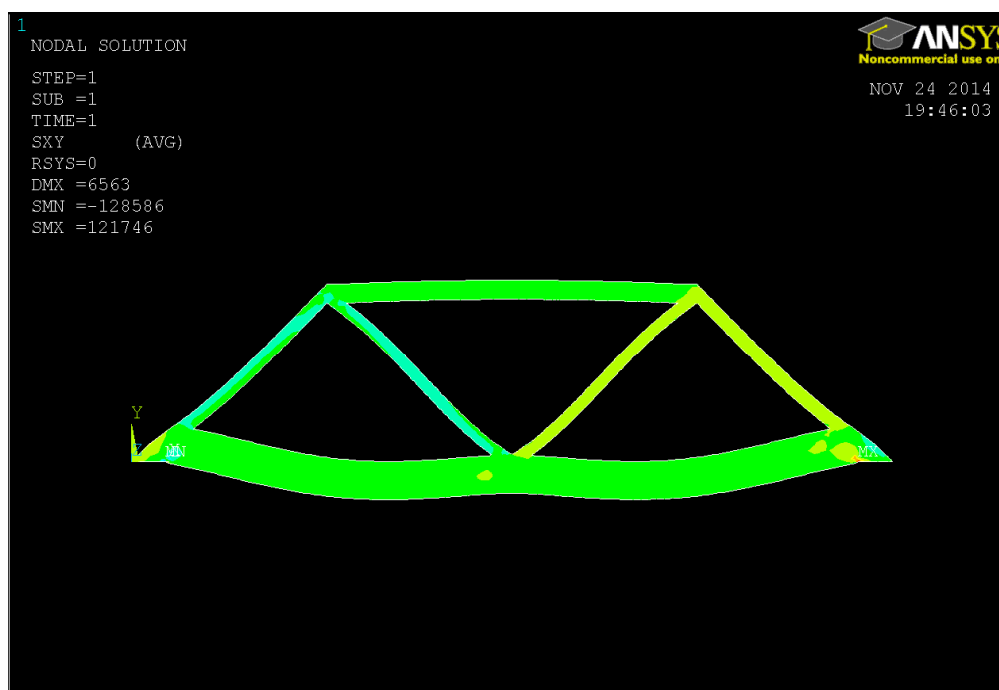
Postępując podobnie jak w analizie przęsła wykonanego z betonu C50/60, zmieniając własności materiałowe odpowiadające dla stali S550Q (tab. 2), otrzymano następujące wyniki (rys. 6÷8).



Rysunek 6. Analiza ugięcia dla przęsła wykonanego ze stali konstrukcyjnej stopowej S550Q
 Figure 6. Analysis deflection of the span made from alloy structural steel S550Q



Rysunek 7. Suma wektorów przemieszczenia – rozwiązanie węzłowe
 Figure 7. Displacement vector sum – nodal solution



Rysunek 8. Analiza ścinania dla przęsła wykonanego ze stali konstrukcyjnej stopowej S550Q
Figure 8. Analysis of shear for a span made from alloy structural steel S550Q

4. PODSUMOWANIE

W powyższej pracy przeprowadzono wstępne analizy wytrzymałościowe przęsła mostu wspornikowego wykonanego z dwóch materiałów – z betonu oraz stali konstrukcyjnej, w celu określenia miejsc, w których występowały największe przemieszczenia oraz spiętrzenia naprężeń. Analizy te miały na celu wybór lepszego materiału na przęsło mostu.

Na podstawie przeprowadzonych analiz wytrzymałości przęsła mostu określono, że ponieważ wyniki analizy są podobne, wybierając materiał na przęsło mostu wspornikowego należy kierować również innym kryterium, min. ceną.

Analizując wyniki badań analizy zmęczeniowej przęsła mostu wspornikowego wykonanego z dwóch różnych materiałów – betonu oraz stali konstrukcyjnej oraz ich cenę można stwierdzić że najlepszym wyborem materiału na przęsło mostu wspornikowego będzie beton, które łączy dobre własności wytrzymałościowe oraz niską cenę.

LITERATURA

1. Wielka Ilustrowana Encyklopedia Powszechna, tom XI, Wydawnictwo Gutenberga, Kraków.
2. strona internetowa: <http://www.kolejpedia.pl/infrastruktura/przeslo-mostu.html>.
3. strona internetowa: <http://www.ls.zut.edu.pl/pdf/wlasciwosci.pdf>.

4. L.A. Dobrzański (red.), *Leksykon materiałoznawstwa. Metale. Polimery. Ceramika. Kompozyty*, Wydawnictwo Verlag Dashöfer, Wydanie II, Warszawa, 2004-2012.
5. strona internetowa: <http://ctntw.prz.edu.pl/show/8737>.