

Raport projektu z przedmiotu:

Obliczenia Inżynierskie w Chmurze

Temat projektu:
Obliczenia połączeń śrubowych

Autor: Patryk Ślusarski

Wprowadzenie

Cel projektu

Celem projektu jest przeprowadzenie obliczeń połączenia śrubowego w programie napisanym w języku Python przy użyciu maszyny wirtualnej na platformie Azure z użyciem PuTTY.

Opis zagadnienia

Przy rozpatrywaniu połączeń śrubowych np.: łączenie kołnierzy w zbiornikach, połączenia kołnierzowe rurociągów lub kilku częściowe zawory, należy wyznaczyć wartość momentu z którą należy dokręcić śruby oraz współczynnik bezpieczeństwa. Przygotowany program pozwala na optymalizowanie połączeń śrubowych poprzez zmianę ilości czy wielkości wykorzystanych śrub. Sam program znajduje się obecnie w fazie rozwojowej, obecnie pozwala na przeprowadzenie obliczeń połączenia kołnierzowego bez uszczelnienia. W przyszłości planowana jest implementacja naciągu wstępnego z uszczelnieniem, automatycznego optymalizowania połączenia, grafów współczynnika bezpieczeństwa w zależności od ilości i wielkości śrub oraz GUI.

Metody wykorzystane do obliczenia połączenia śrubowego opierają się na metodach uczonych na PKM [1]. Przy obliczaniu momentu dokręcającego śruby, wykorzystano najbardziej restrykcyjną metodę przedstawioną w "An Introduction to the Design and Behavior of Bolted Joints, Third Edition, Revised and Expanded" [2].

Metoda rozwiązania

Dane wejściowe

W celu przeprowadzenia obliczeń wymagane są następujące dane wejściowe:

1. Średnica wewnętrzna zbiornika (rury lub obszaru działania ciśnienia) [mm]
2. Moduł Younga zbiornika (rury lub obszaru działania ciśnienia) [mm]
3. Wielkość śruby (program posiada bazę danych gwintów w formie pliku .csv)

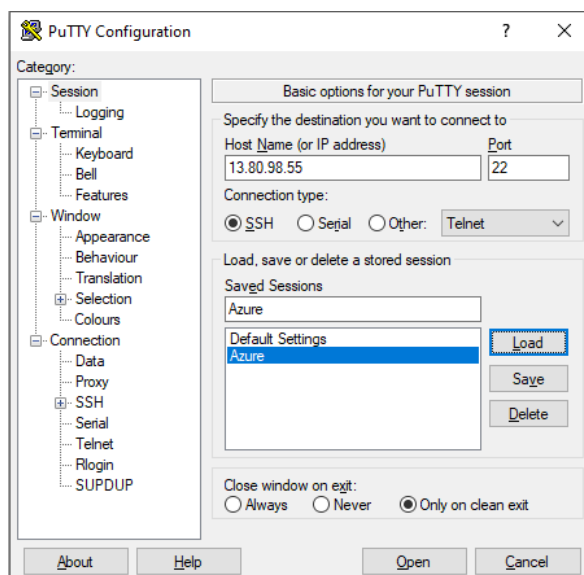
4. Klasa śruby (program posiada bazę danych śrub w formie pliku .csv)
5. Ilość śrub
6. Długość śrub
7. Moduł Young śruby [MPa]
8. Ciśnienie działające na zbiornik [barA]
9. Współczynnik bezpieczeństwa

Algorytm obliczeń

1. Pobranie danych wejściowych
 - a. Odczytanie parametrów gwintu i śruby z bazy danych
2. Obliczenie sił w układzie
 - a. Siła od ciśnienia
 - b. Naciąg wstępny
 - c. Siła całkowita
3. Obliczenie sztywności śruby
4. Obliczenie sztywności kołnierza
5. Obliczenie sił na śrubie
 - a. Siła od ciśnienia
 - b. Siła od naciągu wstępnego
 - c. Całkowita siła na śrubie
6. Obliczenie momentu dokręcającego śrubę
7. Obliczenie naprężeń w śrubie
 - a. Naprężenia rozciągające
 - b. Moment tnący
 - c. Naprężenia ścinające
 - d. Naprężenia zredukowane
8. Wyznaczenie współczynnika bezpieczeństwa

Obliczenia na maszynie wirtualnej

W celu wykonania obliczeń na platformie Azure utworzono maszynę wirtualną działającą na systemie operacyjnym Linux. Następnym krokiem jest połączenie się z maszyną przy wykorzystaniu programu PuTTY.



Rysunek 1. Łączenie się z maszyną wirtualną z użyciem PuTTY.

Następnie pobrano aktualizację na maszynie wirtualnej, a także zainstalowano instalator pakietów Python PIP oraz z jego pomocą zainstalowano bibliotekę numpy.

```
login as: WoodChopper
WoodChopper@13.80.98.55's password:
Welcome to Ubuntu 20.04.5 LTS (GNU/Linux 5.15.0-1023-azure x86_64)

 * Documentation:  https://help.ubuntu.com
 * Management:    https://landscape.canonical.com
 * Support:       https://ubuntu.com/advantage

System information as of Sat Nov 19 09:21:06 UTC 2022

System load:  0.0               Processes:    101
Usage of /:   6.6% of 28.89GB   Users logged in:  0
Memory usage: 33%              IPv4 address for eth0: 10.0.0.4
Swap usage:   0%

2 updates can be applied immediately.
2 of these updates are standard security updates.
To see these additional updates run: apt list --upgradable

New release '22.04.1 LTS' available.
Run 'do-release-upgrade' to upgrade to it.

Last login: Sat Nov 19 09:01:22 2022 from 87.207.200.226
WoodChopper@Flange-Bolt-Connection:~$
```

Rysunek 2. Logowanie na maszynę wirtualną.

Następnie używając CMD i protokołu sftp wgrano plik z kodem programu oraz 2 pliki bazy danych na maszynę wirtualną. Po czym sprawdzono czy wszystkie pliki zostały zaimportowane.

```
WoodChopper@Flange-Bolt-Connection:~$ ls
FlangeCalc
WoodChopper@Flange-Bolt-Connection:~$ cd FlangeCalc/
WoodChopper@Flange-Bolt-Connection:~/FlangeCalc$ ls
bolts_class.csv  main.py  results.txt  threads_list.csv
WoodChopper@Flange-Bolt-Connection:~/FlangeCalc$ ls -l -lt
total 32
-rw-rw-r-- 1 WoodChopper WoodChopper  364 Nov 19 09:17 results.txt
-rw-rw-r-- 1 WoodChopper WoodChopper 17442 Nov 19 09:14 main.py
-rw-rw-r-- 1 WoodChopper WoodChopper  1992 Nov 19 09:08 threads_list.csv
-rw-rw-r-- 1 WoodChopper WoodChopper   107 Nov 19 09:08 bolts_class.csv
WoodChopper@Flange-Bolt-Connection:~/FlangeCalc$
```

Rysunek 3. Sprawdzenie zaimportowanych plików.

Następnie przeprowadzono obliczenia dla zbiornika materiału pędnego satelity bez uszczelnienia o następujących parametrach:

Średnica wewnętrzna zbiornika:	100 [mm]
Moduł Younga zbiornika:	2100 [MPa]
Wielkość śrub:	M5 [-]
Klasa śrub:	12.9 [-]
Ilość śrub:	12 [-]
Długość śrub:	20 [mm]
Moduł Younga śrub:	210000 [MPa]
Ciśnienie wewnątrz zbiornika:	27 [barA]
Współczynnik bezpieczeństwa:	2 [-]

```

WoodChopper@Flange-Bolt-Connection:~/FlangeCalc$ python3 main.py
Loading threads database
main.py:87: UserWarning: [Threads] Could not load a value from line 0
  warnings.warn(f"[Threads] Could not load a value from line {linenum}")
Loading bolt class database
main.py:94: UserWarning: [Bolt class] Could not load a value from line 0
  warnings.warn(f"[Bolt class] Could not load a value from line {linenum}")
Enter tank diameter [mm]:
100
Enter tank Young modulus [MPa]:
2400
Enter bolt size (example: M4, M8x1, M10...):
M5
Matching thread found!

Thread name: M5
Thread diameter: 5.0 [mm]
Thread pitch: 0.8 [mm]
Thread pitch diameter: 4.48 [mm]
Thread core diameter: 4.0185 [mm]
Bolt hole: 5.5 [mm]

Enter bolt clas (example: 5.6, 6.8, 10.9...):
12.9
Matching class found!

Bolt class: 12.9
Yield strength: 1080 [MPa]

Enter number of bolts:
12
Enter bolt active length [mm]:
20
Enter bolt Young modulus [MPa]:
210000
Enter outer diameter of seal [mm]:
0
Enter pressure in tank [bar]:
27
Enter safety factor:
2
Force from pressure: 21486.73 [N]
Force from residual tension: 0.00 [N]
Force acting on bolts: 21486.73 [N]
Bolt stiffness: 133170.22 [N/mm]
Flange stiffness: 0.0000860967 [mm/N]
Force on single bolt from inside pressure: 21486.73 [N]
Preload on bolt: 359.10 [N]
Full force in bolt: 3652.94 [N]
Torque required on bolt: 20.69 [Nm]
Stress in bolt: 345.65 [MPa]
Safety factor calculated: 6.25

```

Rysunek 4. Dane wejściowe i wyniki obliczeń.

```

WoodChopper@Flange-Bolt-Connection:~/FlangeCalc$ cat results.txt
Force from pressure: 21486.73 [N]
Force from residual tension: 0.00 [N]
Force acting on bolts: 21486.73 [N]
Bolt stiffness: 133170.22 [N/mm]
Flange stiffness: 0.0000860967 [mm/N]
Force on single bolt from inside pressure: 21486.73 [N]
Full force in bolt: 3652.94 [N]
Torque required on bolt: 20.69 [Nm]
Stress in bolt: 345.65 [MPa]
Safety factor calculated: 6.25

```

Rysunek 5. Dane wyjściowe zapisywane do pliku tekstowego.

Spis literatury

1. „Przykłady obliczeń z podstaw konstrukcji maszyn t.1” - Mazanek Eugeniusz, Kania Ludwik, Dziurski Andrzej
2. “An Introduction to the Design and Behavior of Bolted Joints, Third Edition, Revised and Expanded” John H. Bickford