
Projekt (ABAQUS)

Michał Pazdanowski

ABAQUS
Tutorials i User Manual

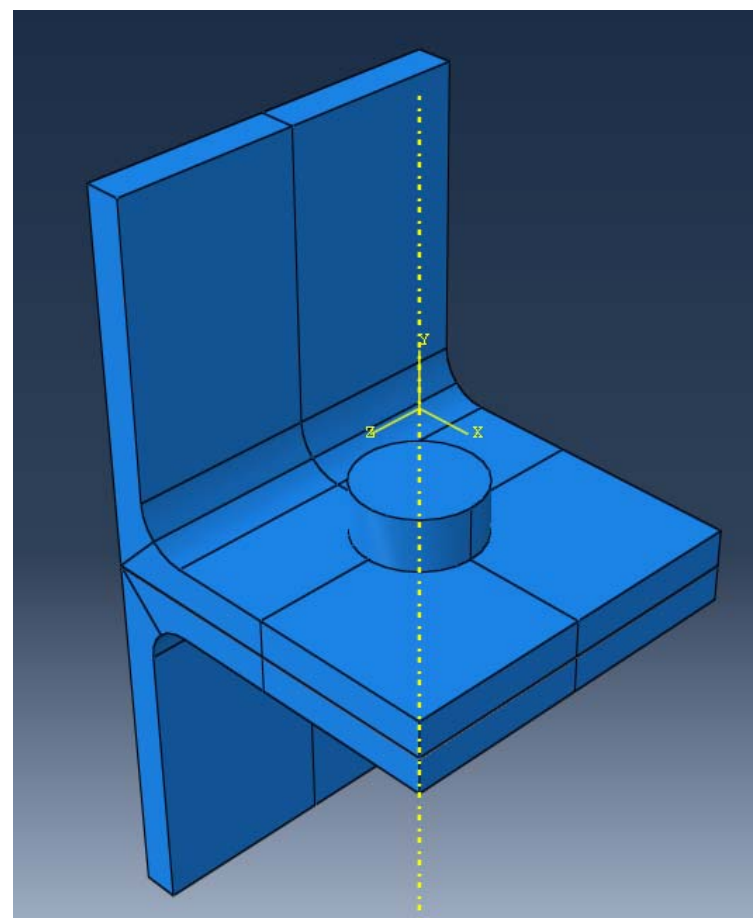
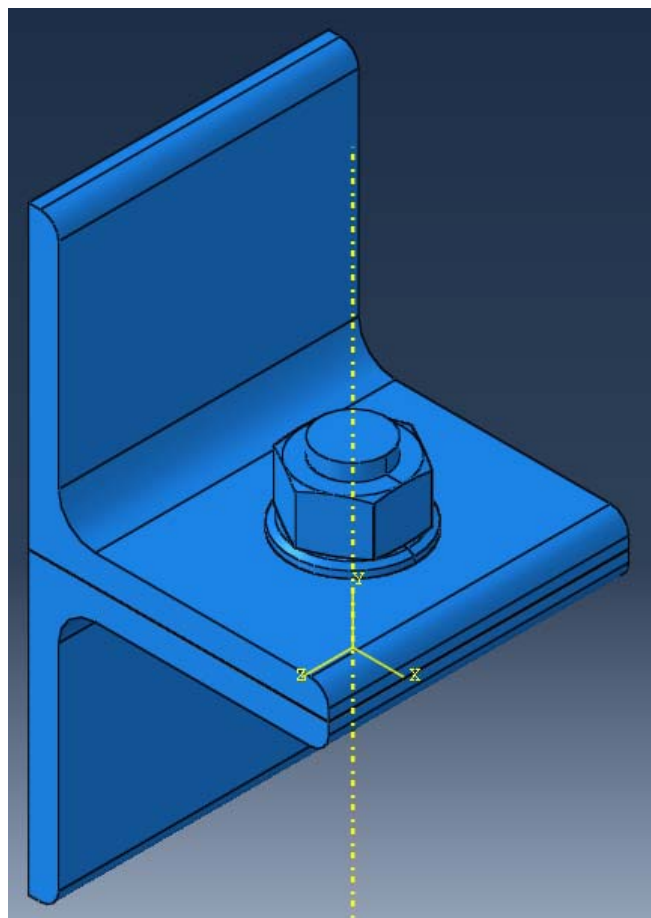
Projekt (ABAQUS)

Temat:

znaleźć nośność połączenia na śruby
sprężające elementów metalowych w
warunkach podwyższonej temperatury

Projekt (ABAQUS)

Model BRYŁOWY połączenia:



Projekt (ABAQUS)

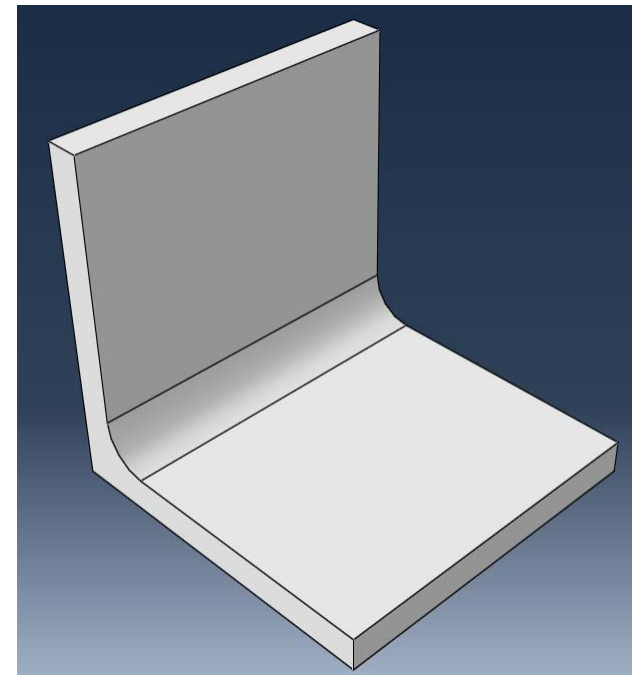
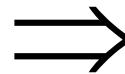
Analiza wstępna - uproszczenia:

- ◆ ograniczony rozmiar zadania,
- ◆ zachowanie informacji istotnych,
- ◆ pominięcie informacji nieistotnych,
- ◆ uproszczenia:
 - geometria,
 - model materiału,
 - gęstość siatki MES.

Projekt (ABAQUS)

Łączone elementy:

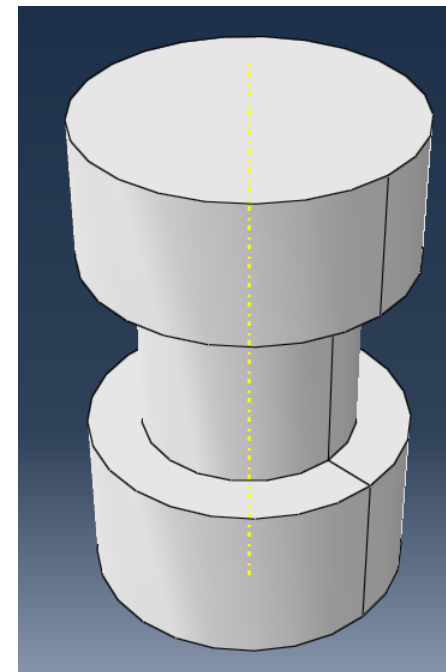
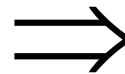
- ◆ tablice do projektowania konstrukcji metalowych:



Projekt (ABAQUS)

Łączniki:

- ◆ katalogi producentów,
- ◆ katalogi typowych łączników:



Projekt (ABAQUS)

Połączenie na śruby sprężające:

- ◆ średnica otworu większa od średnicy śruby,
- ◆ sprężenie – docisk łączonych powierzchni,
- ◆ obciążenia przenoszone przez tarcie pomiędzy łączonymi elementami i rozciąganie śruby,
- ◆ symulacja sprężania:
 - siła osiowa w śrubie,
 - temperatura.

Projekt (ABAQUS)



Przygotowanie zadania do modelowania:

- ◆ temat (kształtowniki, łącznik),
- ◆ model bryłowy kompletnej „konstrukcji”:
 - program do modelowania bryłowego,
 - preprocesor ABAQUS,
- ◆ obliczenia (ABAQUS),
- ◆ raport.

Projekt (ABAQUS)

ABAQUS:

- ◆ wiodący pakiet MES,
- ◆ szerokie możliwości modelowania zagadnień mechaniki:
 - model materiału (sprężystość, sprężysto-plastyczność, własności lepkie, kruche, ...),
 - zjawiska fizyczne (kontakt, pękanie, ...);
- ◆ bogata biblioteka elementów skończonych 1D, 2D, 3D,
- ◆ wygodne środowisko pracy (pre i post procesor),
- ◆ możliwość dołączania procedur użytkownika.

Projekt (ABAQUS)

Program dostępny:

<https://academy.3ds.com/en/software/abaqus-student-edition>

- ◆ wyłącznie w systemie Windows,
- ◆ pełna wersja,
- ◆ pełna dokumentacja (HTML),
- ◆ ograniczony rozmiar zadania (1000 węzłów),
- ◆ NIE MA domyślnego układu jednostek (SI).

Projekt (ABAQUS)

Tryb pracy:

- ◆ preprocesor – definicja zadania:
 - geometria,
 - oddziaływania,
 - siatkowanie,
- ◆ generuje *plik.cae* (definicja zadania),
- ◆ generuje *plik.inp* (wsadowy do procesora),
- ◆ procesor – obliczenia,
- ◆ generuje *plik.odt*, *plik.sta* (wyniki obliczeń),
- ◆ postprocesor – analiza wyników.

Projekt (ABAQUS)

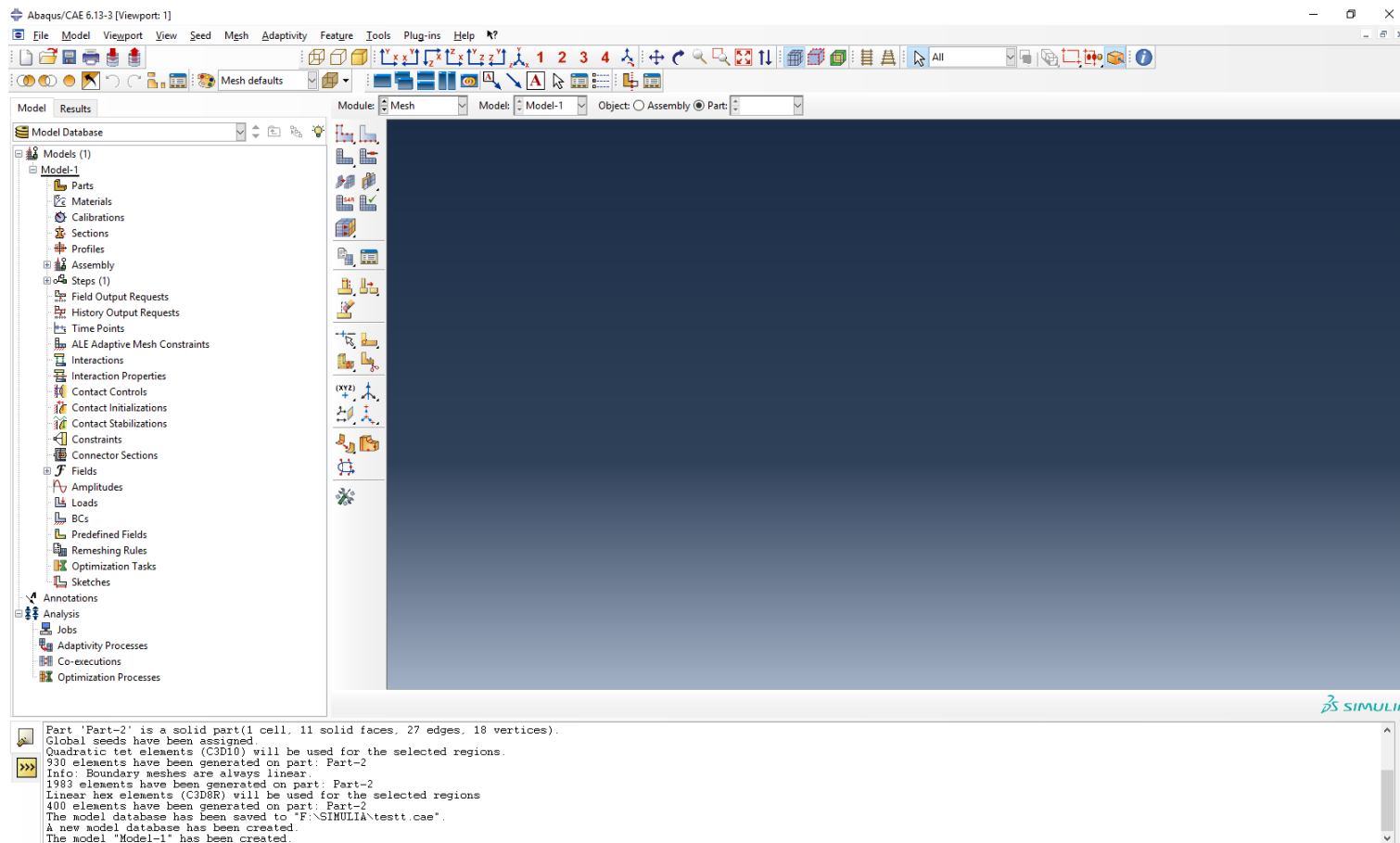


```
*Heading
** Job name: Job-1 Model name: Model-1
** Generated by: Abaqus/CAE 6.13-3
*Preprint, echo=NO, model=NO, history=NO, contact=NO
**
** PARTS
**
*Part, name=Part-1
*Node
    1,      90.,      0.,      45.
    2,      56.,      0.,      45.
...
    2831, 5.98888874, 85.2222214,      85.
    2832, 2.99444437, 85.1111145,      85.
*Element, type=C3D8R
    1, 38, 37, 433, 434, 510, 509, 1809, 1864
    2, 1, 38, 434, 39, 46, 510, 1864, 447
...
    1934, 2831, 1521, 1522, 2832, 1505, 414, 415, 1506
    1935, 2832, 1522, 381, 1642, 1506, 415, 36, 416
*Nset, nset=Set-24, generate
    1, 2832, 1
*Elset, elset=Set-24, generate
    1, 1935, 1
** Section: Section-1
** Solid Section, elset=Set-24, material=Material-1
,
*End Part
```

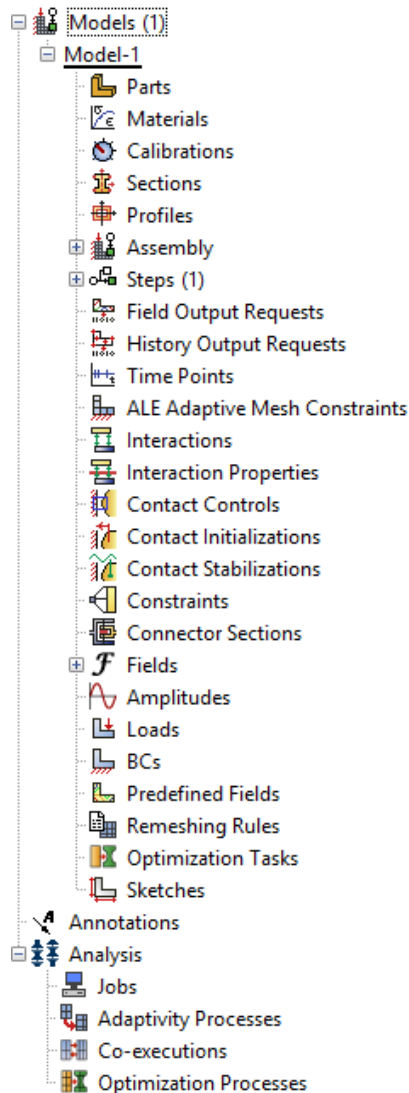
```
**
** ASSEMBLY
**
*Assembly, name=Assembly
**
*Instance, name=Part-1-1, part=Part-1
*End Instance
**
*Instance, name=Part-1-2, part=Part-1
    0.,      0.,      90.
    0.,      0.,      90.,      1.,      0.,      90.,      180.
*End Instance
**
*Instance, name=Part-2-1, part=Part-2
    45.,     -25.,      45.
*End Instance
**
*Nset, nset=Set-1, instance=Part-1-2
    22,
*Nset, nset=Set-2, instance=Part-1-2
    28,
*Nset, nset=Set-3, instance=Part-1-2
    28, 31, 36, 331, 332, 333, 334, 335, 336, 337, 338, 374, 375, 376,
    377, 378
    379, 380, 381
*Elset, elset=Set-3, instance=Part-1-2, generate
    1017, 1935, 54
*Nset, nset=Set-4, instance=Part-1-1, generate
    1, 2832, 1
```

Projekt (ABAQUS)

Instytut Technologii Informatycznych
w Inżynierii Lądowej WIL PK



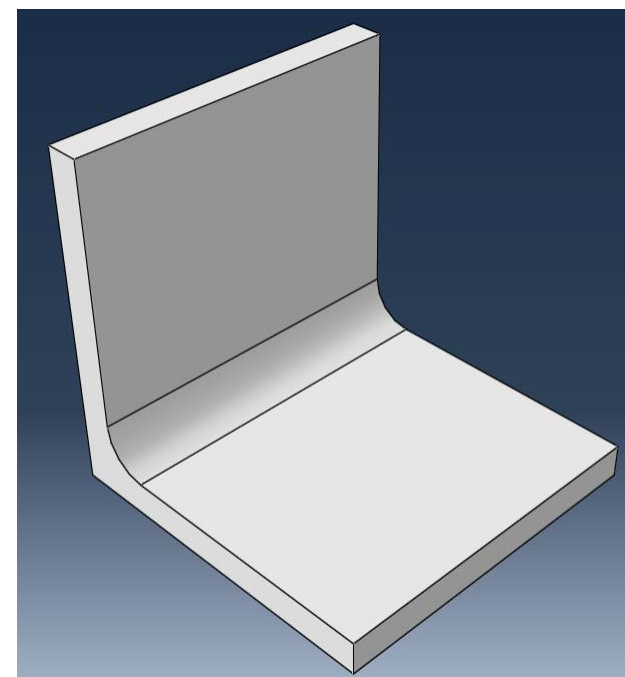
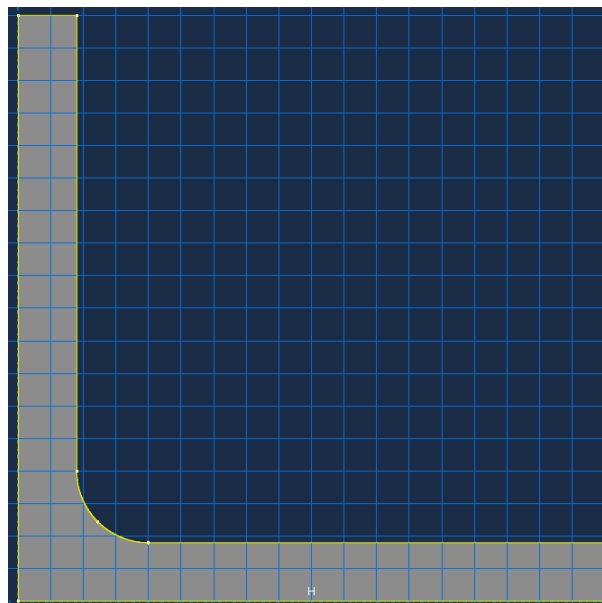
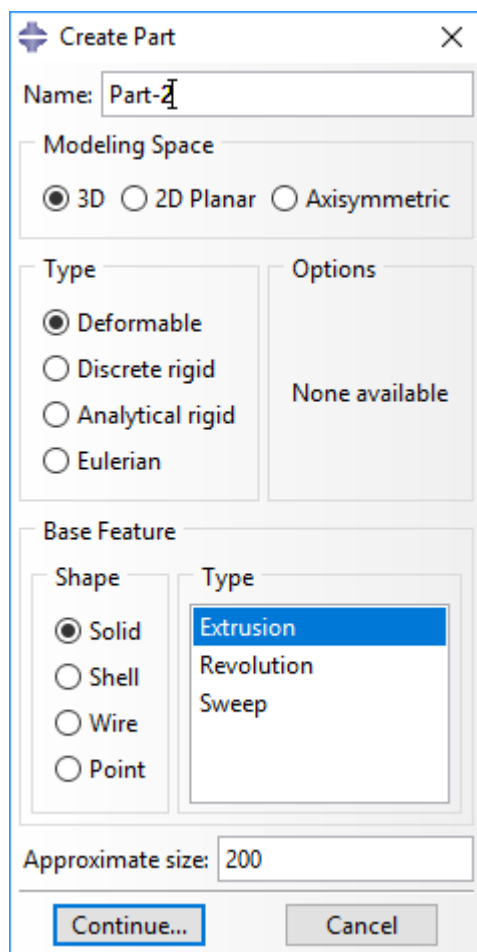
Projekt (ABAQUS)



Drzewo projektu:

- ◆ parts (komponenty modelu),
- ◆ materials (własności),
- ◆ sections (cechy),
- ◆ assembly (łączenie komponentów),
- ◆ constraints (ograniczenia),
- ◆ steps (etapy obliczeń):
 - interactions (oddziaływania),
 - predefined fields (pola zewnętrzne),
 - boundary conditions (warunki brzegowe),
 - loads (obciążenia).

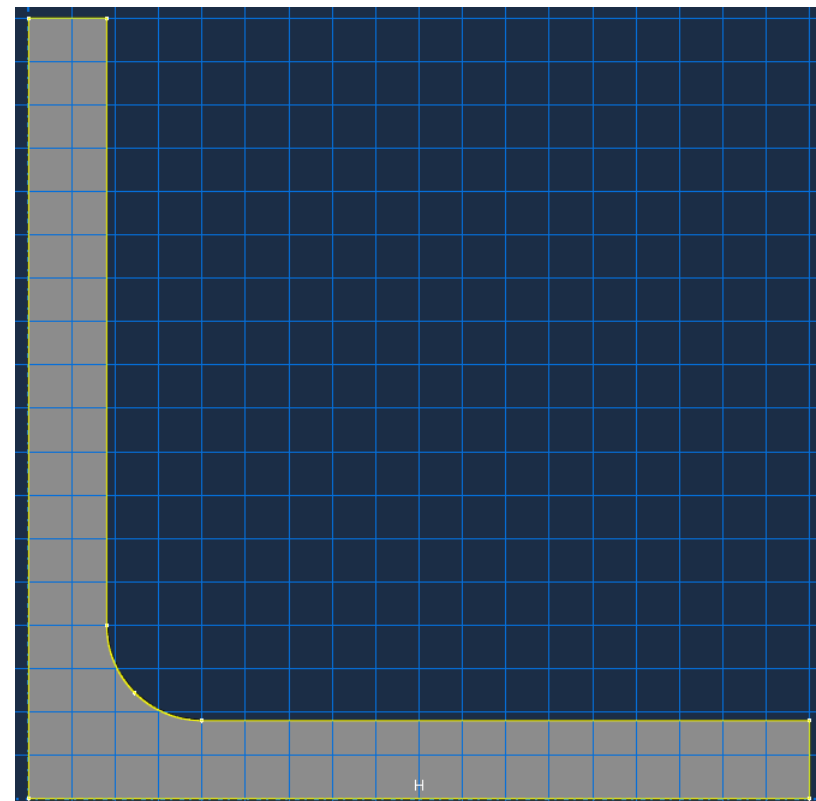
Projekt (ABAQUS)



Projekt (ABAQUS)

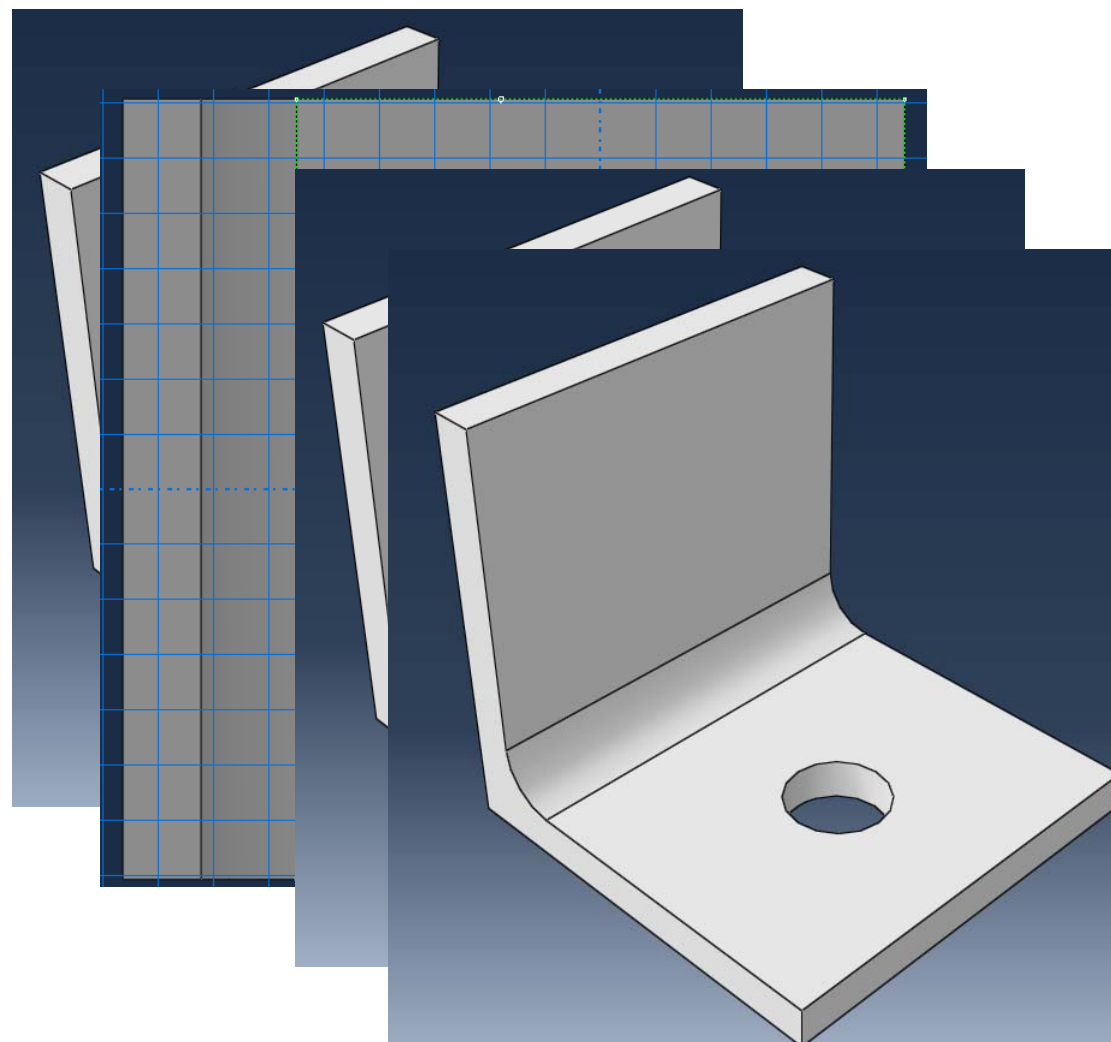
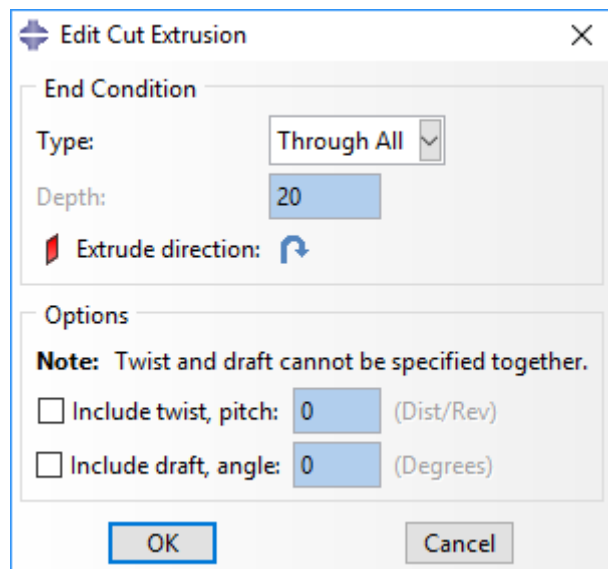
Tworzenie geometrii:

- ◆ linie,
- ◆ łamane,
- ◆ elipsy,
- ◆ łuki kołowe,
- ◆ docinanie,
- ◆ zaokrąglanie,
- ◆ ...



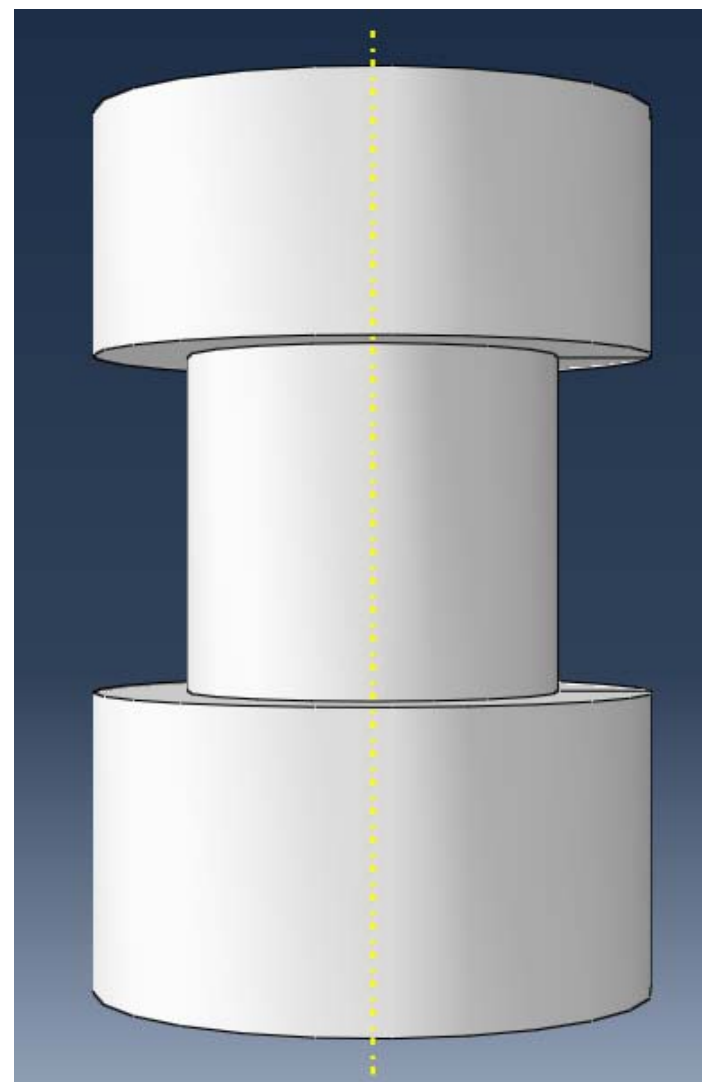
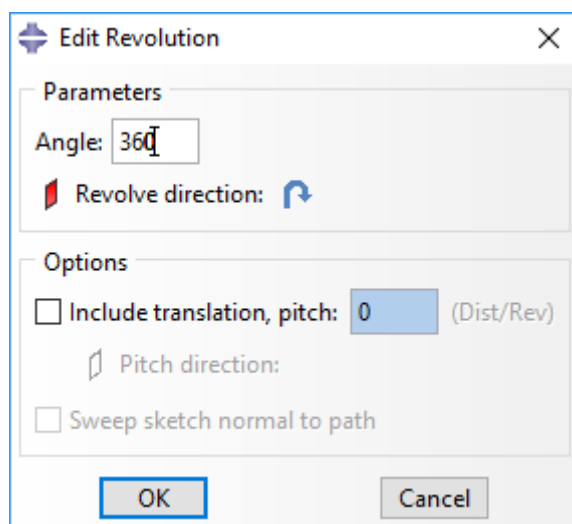
Projekt (ABAQUS)

Tworzenie geometrii:

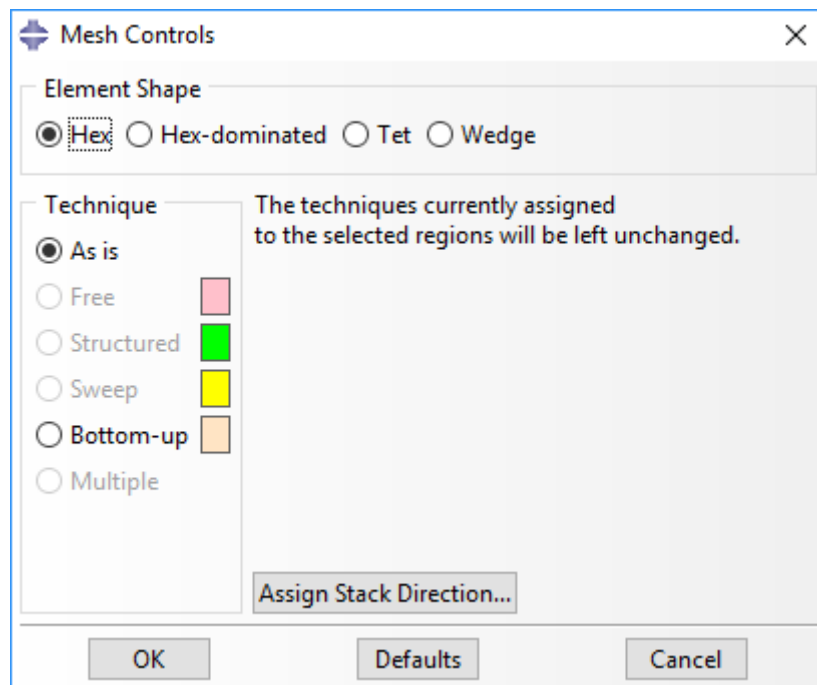


Projekt (ABAQUS)

Tworzenie geometrii:



Projekt (ABAQUS)



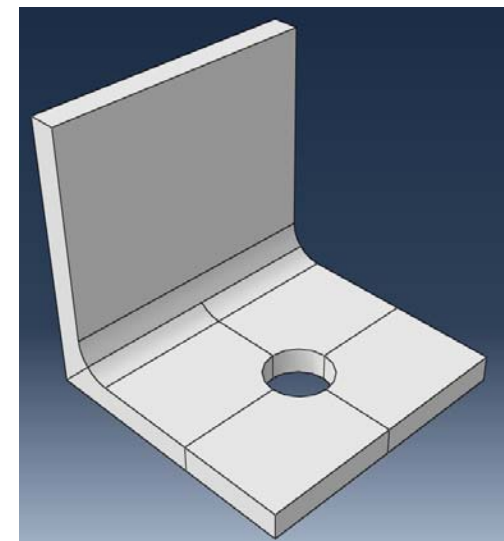
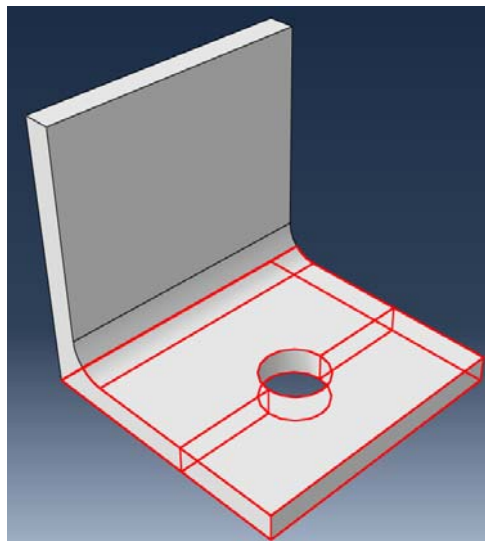
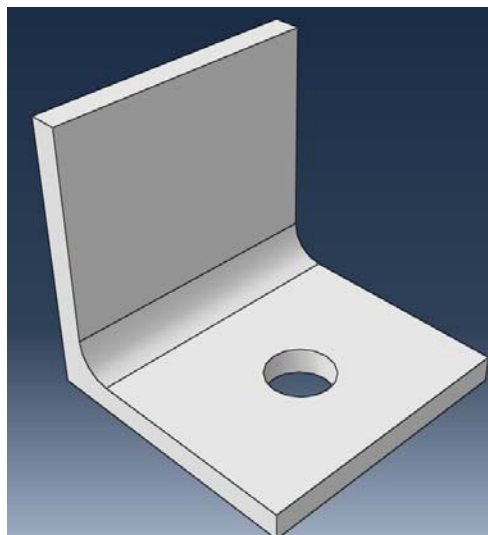
Siatkowanie:

- ◆ czworościany lub prostopadłościany,
- ◆ ograniczenia generatora siatki,
- ◆ ograniczony rozmiar zadania (1000 węzłów).

Projekt (ABAQUS)

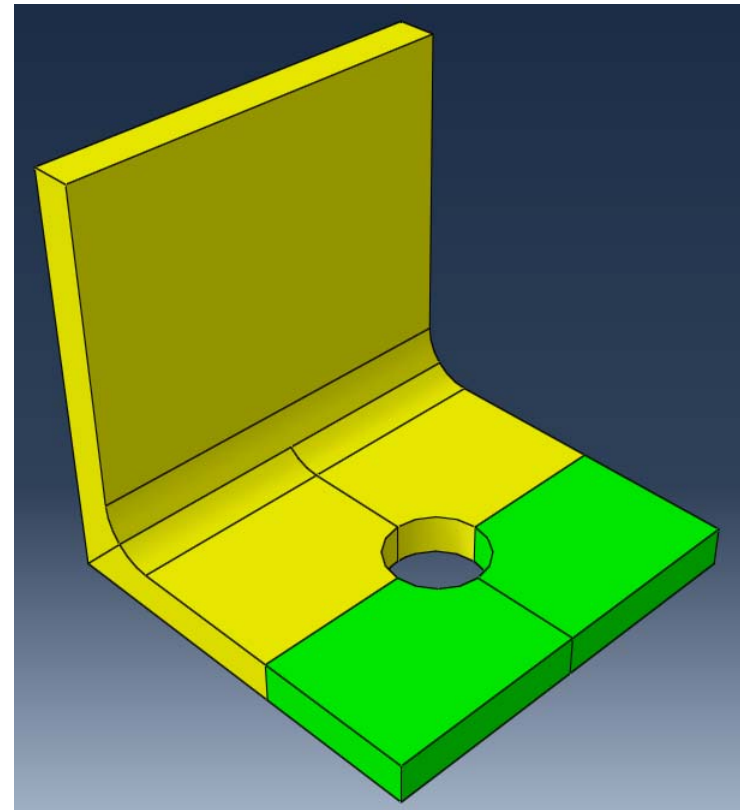
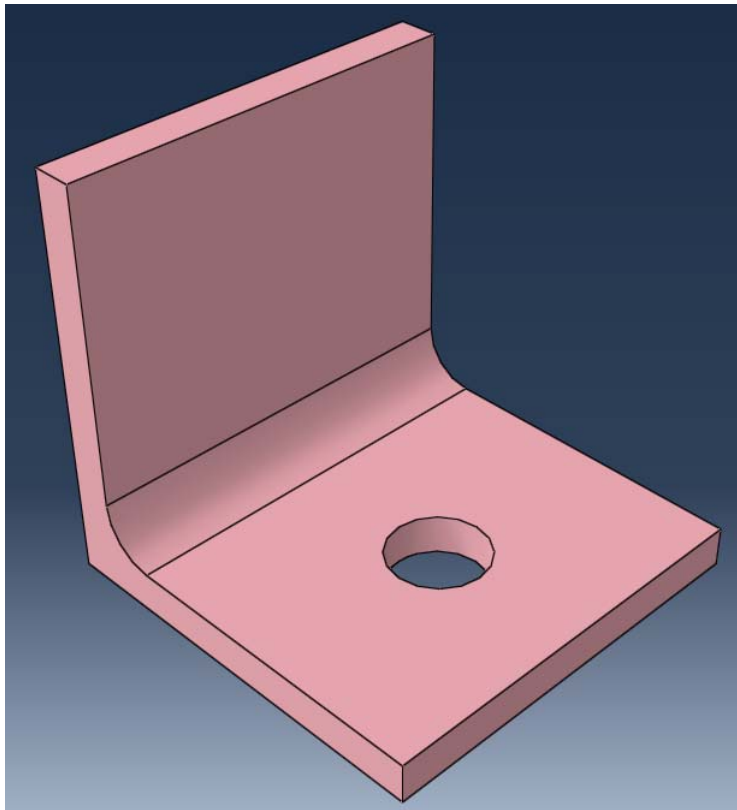
Dekompozycja obszaru złożonego:

- ◆ podział na bryły proste,
- ◆ ułatwia siatkowanie (algorytmy dekompozycji),
- ◆ umożliwia nadanie różnych własności fizycznych w podobszarach.



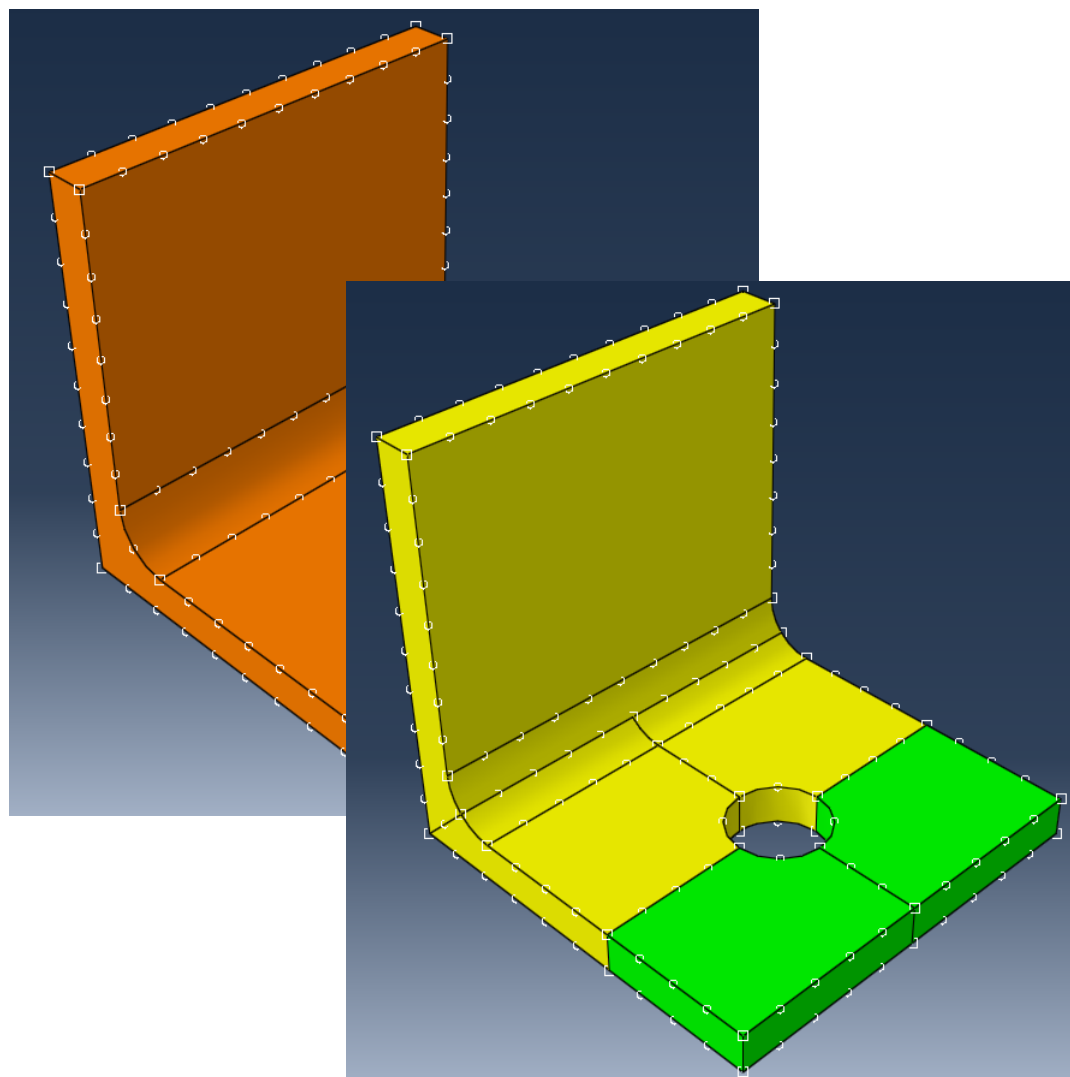
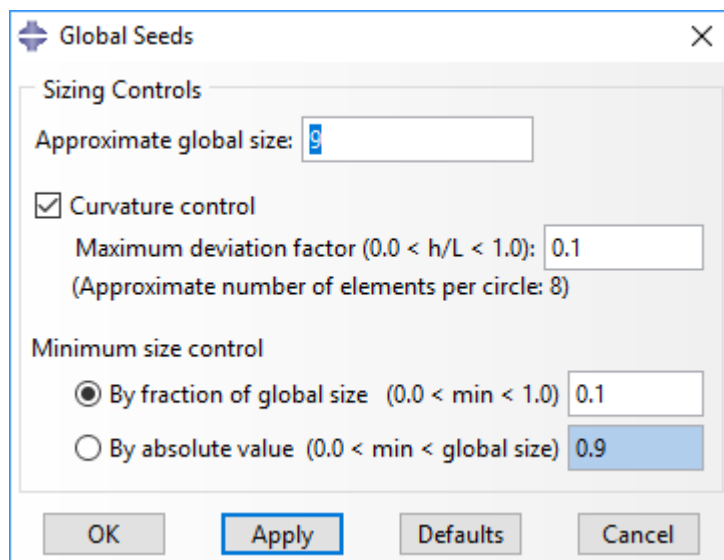
Projekt (ABAQUS)

Siatka:



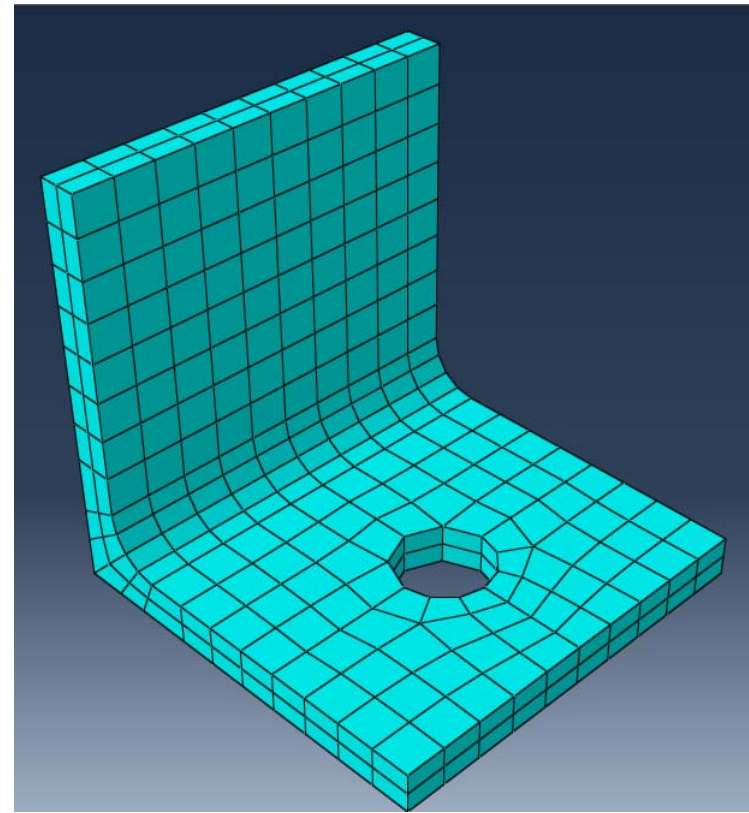
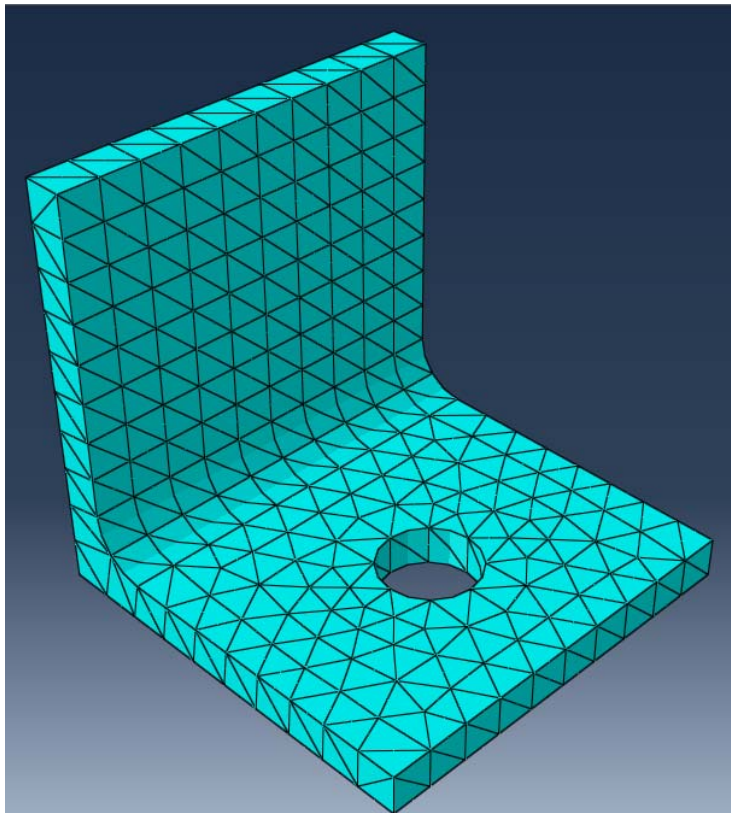
Projekt (ABAQUS)

Siatka:



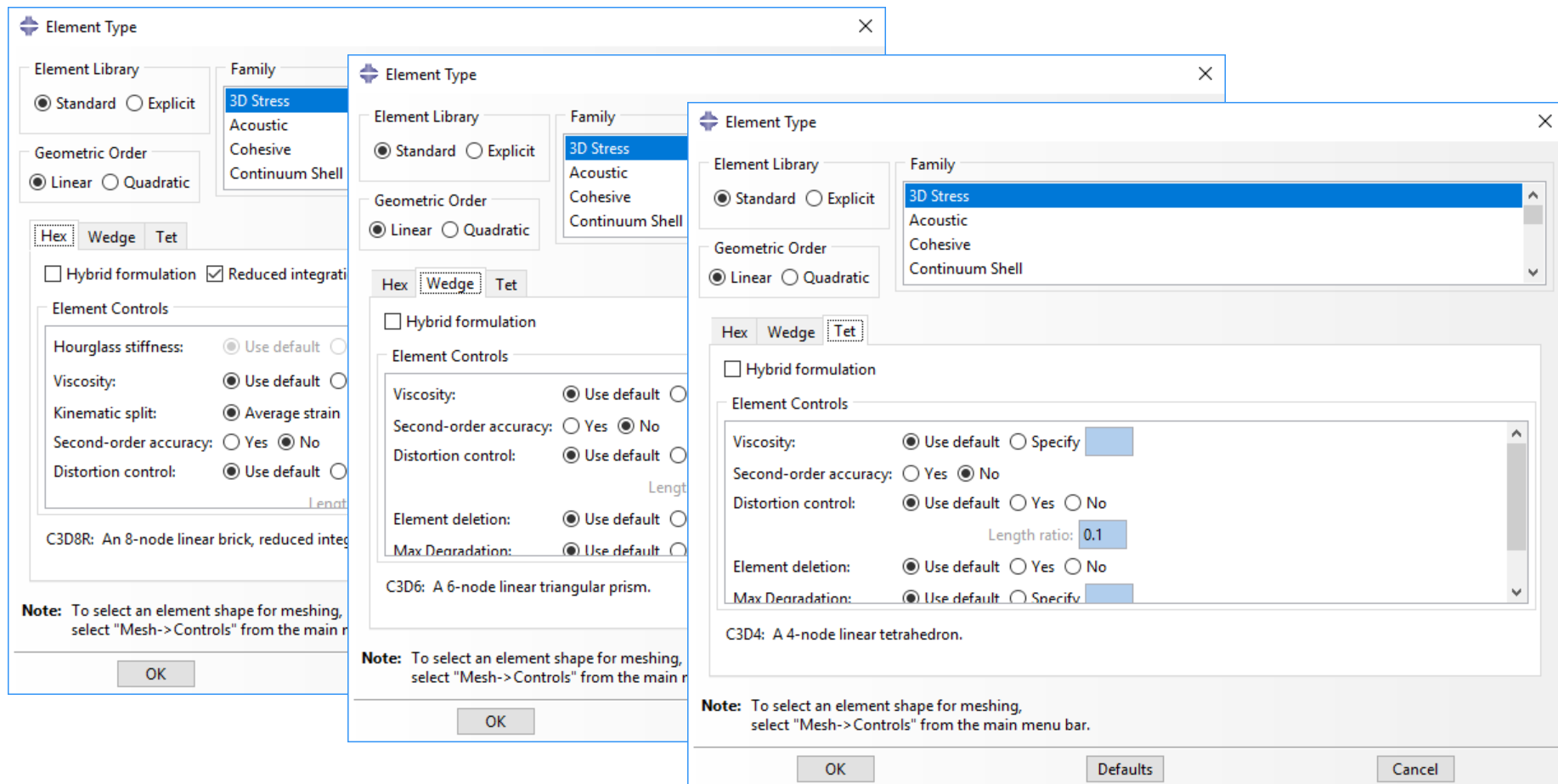
Projekt (ABAQUS)

Siatka

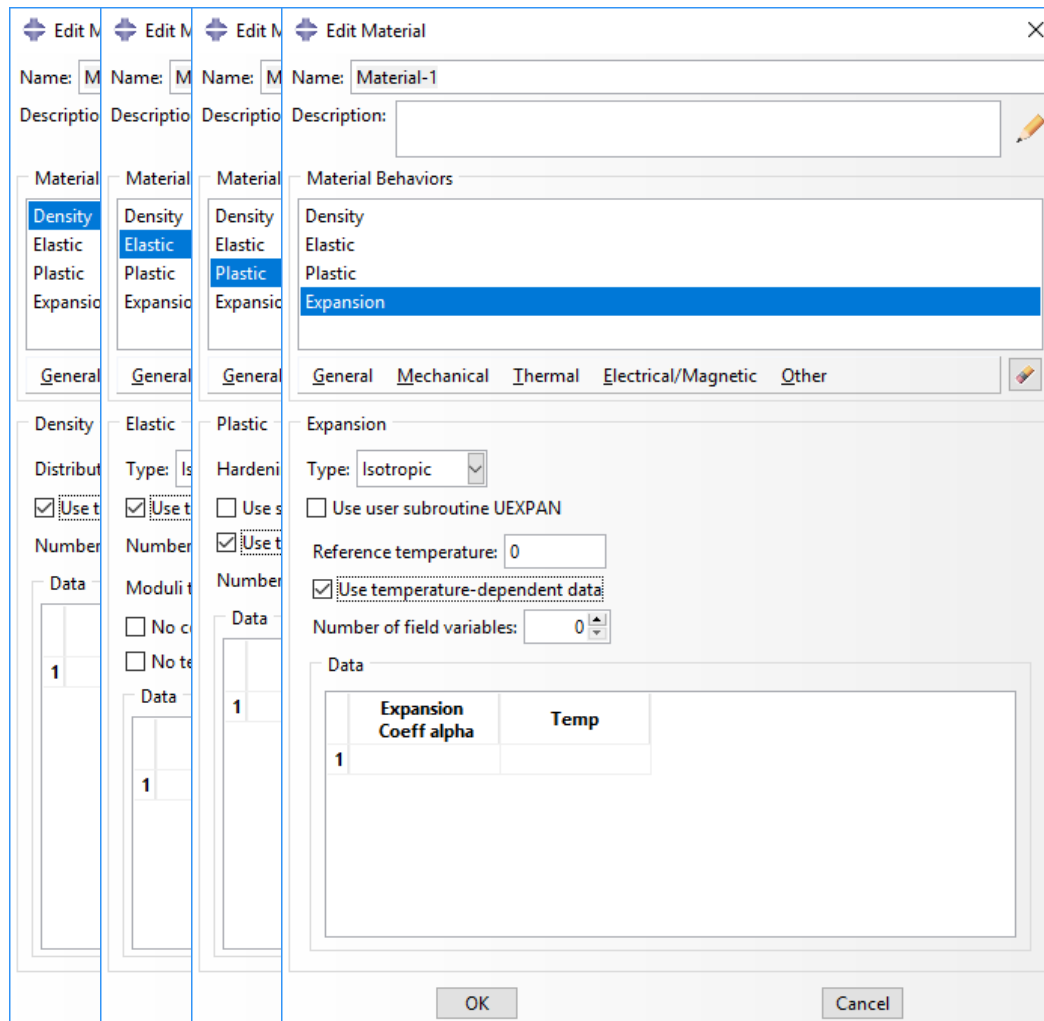


Projekt (ABAQUS)

Przypisanie typu elementu skończonego



Projekt (ABAQUS)



The screenshot shows the ABAQUS 'Edit Material' dialog box for 'Material-1'. The 'Expansion' property is selected under 'Material Behaviors'. The 'Expansion' tab is active, showing the following settings:

- Type: Isotropic
- Use user subroutine UEXPAN: ☐
- Reference temperature: 0
- Use temperature-dependent data: ☒
- Number of field variables: 0

The 'Data' table at the bottom shows the expansion coefficient (alpha) for different temperatures:

Expansion Coeff alpha	Temp
1	

Materiał:

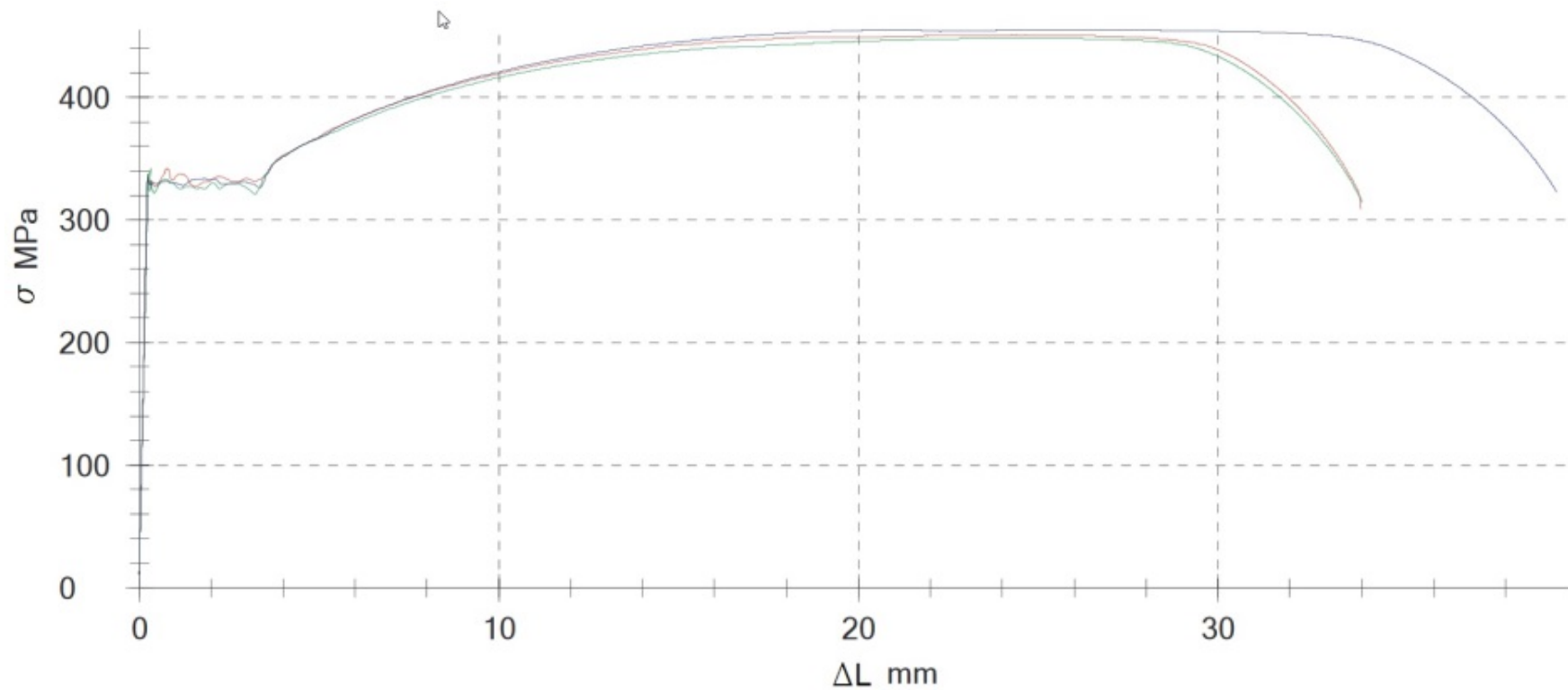
- ◆ gęstość,
- ◆ własności sprężyste,
- ◆ własności plastyczne,
- ◆ współczynnik rozszerzalności cieplnej.

Projekt (ABAQUS)

Materiał (temp. 20°C):

- ◆ gęstość $\Rightarrow$ stal $\Rightarrow$ tablice,
- ◆ stałe materiałowe sprężyste $\Rightarrow$ stal $\Rightarrow$ tablice,
- ◆ stałe materiałowe plastyczne $\Rightarrow$ próba rozciągania,
- ◆ współczynnik rozszerzalności termicznej $\Rightarrow$ stal $\Rightarrow$ tablice.

Stałe materiałowe plastyczne – stal S325:

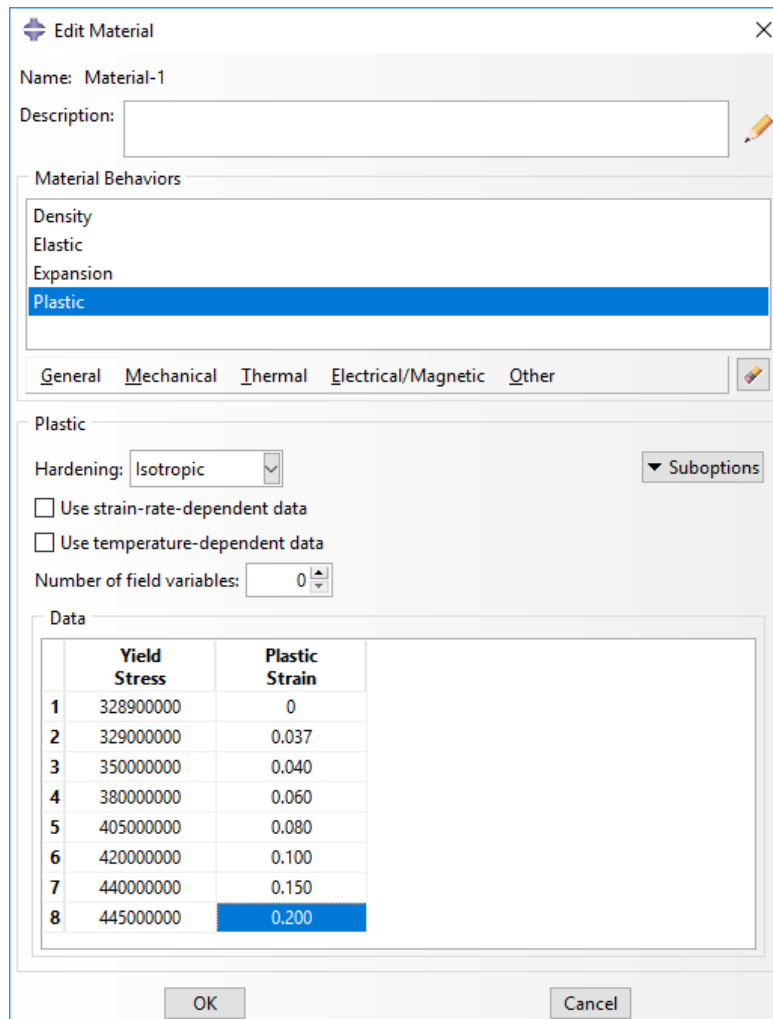


Projekt (ABAQUS)

Stałe materiałowe plastyczne:

- ◆ śruby klasy 8.8,
- ◆ śruby klasy 10.9,
- ◆ brak półki płynięcia,
- ◆ zniszczenie kruche.

Projekt (ABAQUS)



The image shows the 'Edit Material' dialog box in ABAQUS. The 'Name' is 'Material-1'. The 'Description' field is empty. Under 'Material Behaviors', 'Plastic' is selected. The 'Plastic' section shows 'Hardening' set to 'Isotropic'. There are checkboxes for 'Use strain-rate-dependent data' and 'Use temperature-dependent data', both of which are unchecked. The 'Number of field variables' is set to 0. The 'Data' section contains a table with 8 rows of yield stress and plastic strain data.

	Yield Stress	Plastic Strain
1	328900000	0
2	329000000	0.037
3	350000000	0.040
4	380000000	0.060
5	405000000	0.080
6	420000000	0.100
7	440000000	0.150
8	445000000	0.200

- Własności plastyczne:
- ◆ idealizacja próby rozciągania,
 - ◆ przyrost długości na znanej bazie pomiarowej,
 - ◆ odkształcenie plastyczne $\Rightarrow$ odkształcenie trwałe.

Projekt (ABAQUS)

Materiał (temp. $> 20^{\circ}\text{C}$) $\Rightarrow$ krzywe normowe
(PN-EN 1993-1-2 EC 3)

- ♦ zależność $E=E(T)$,
- ♦ zależność $Y=Y(T)$.

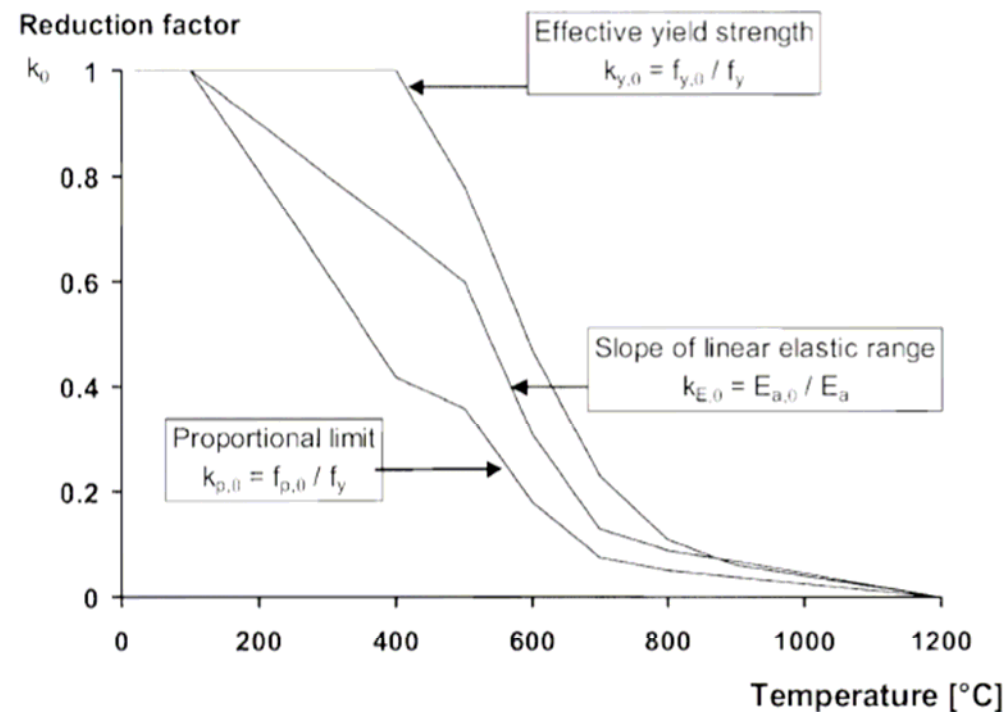
$$y_{\Theta} = y_{20} \cdot k_{y,\Theta}$$

$$E_{\Theta} = E_{20} \cdot k_{E,\Theta}$$

$$\nu = \text{const.}$$

Projekt (ABAQUS)

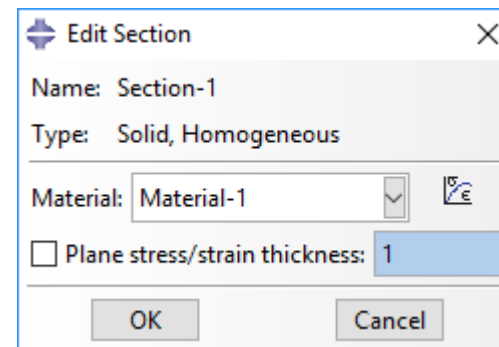
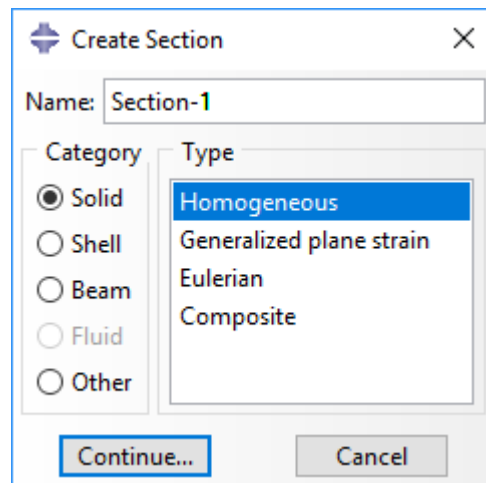
Materiał (temp. $> 20^{\circ}\text{C}$) $\Rightarrow$ krzywe normowe
(PN-EN 1993-1-2 EC 3)



Projekt (ABAQUS)

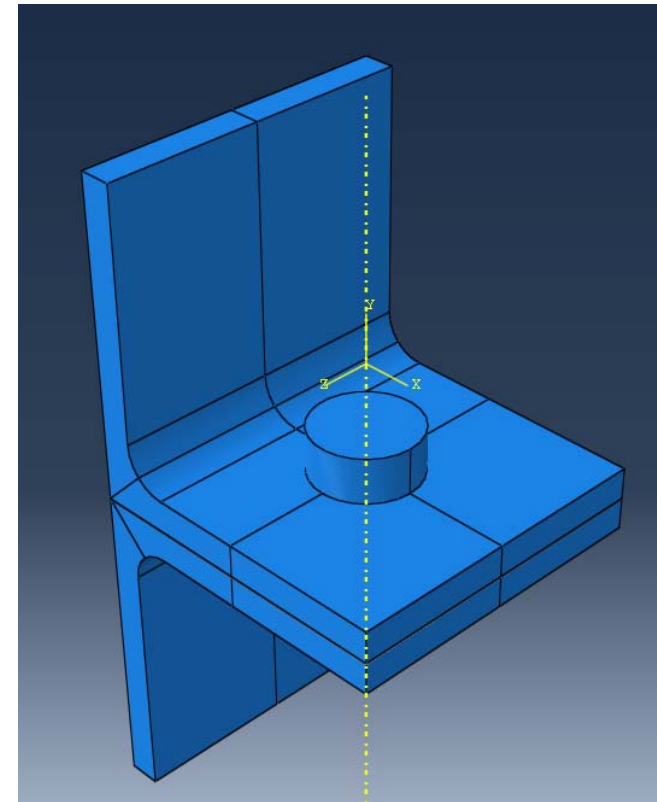
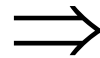
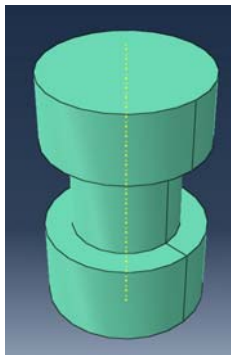
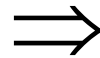
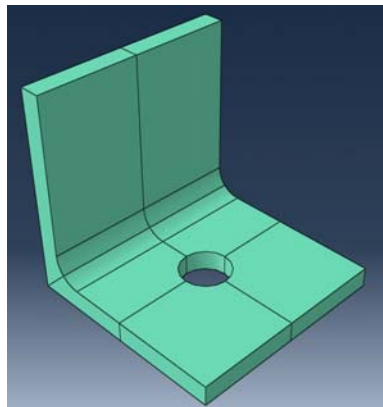
Cechy:

- ◆ typ materiału,
- ◆ własności materiału,
- ◆ przypisujemy do komponentów.



Projekt (ABAQUS)

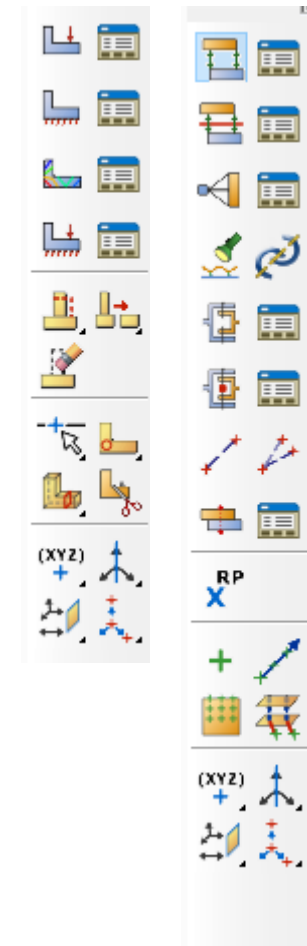
Asemblacja:



Projekt (ABAQUS)

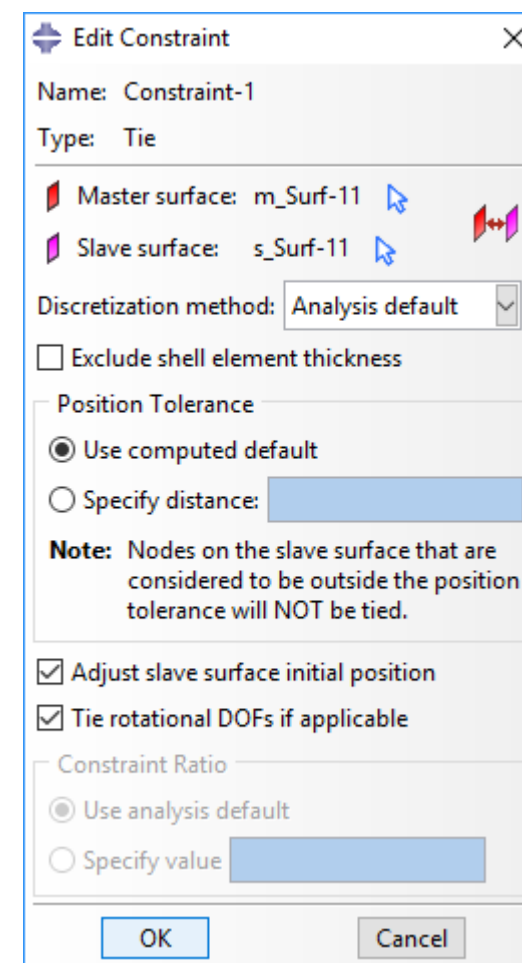
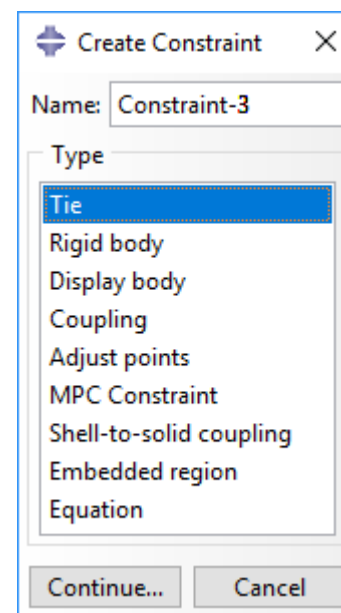
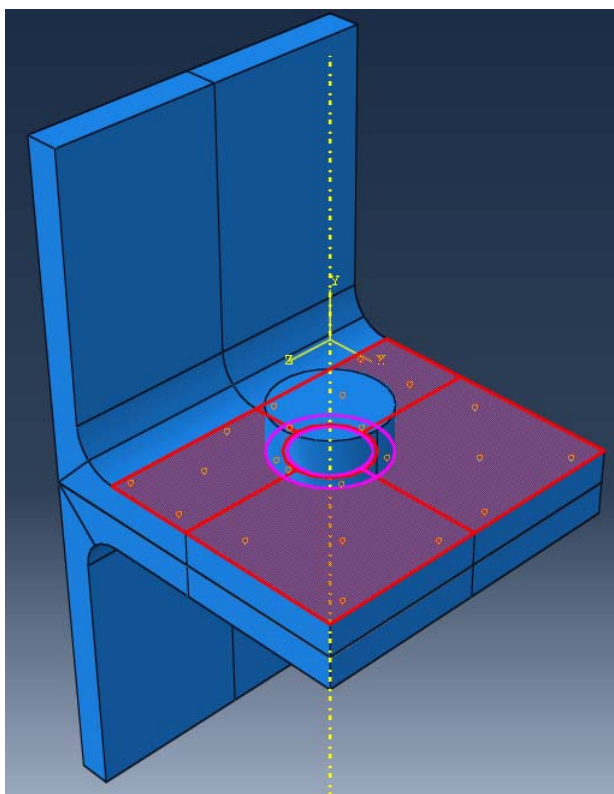
Warunki dodatkowe:

- ◆ ograniczenia, interakcje, obciążenia, podparcie,
- ◆ nakładanie:
 - wybór rodzaju,
 - definicja parametrów,
 - określenie instancji (komponentów) na które działa.



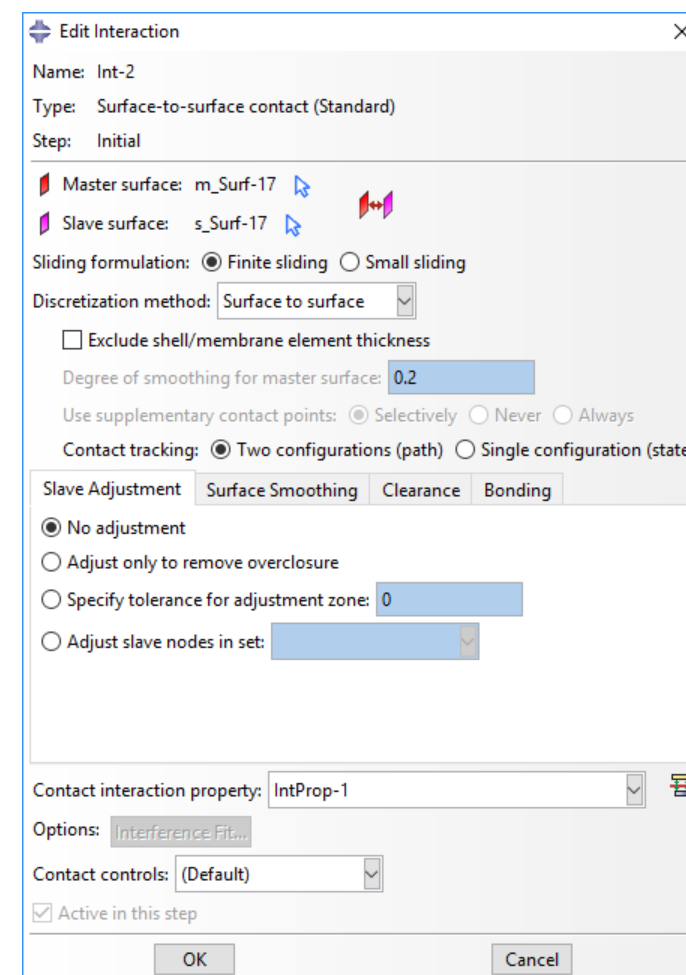
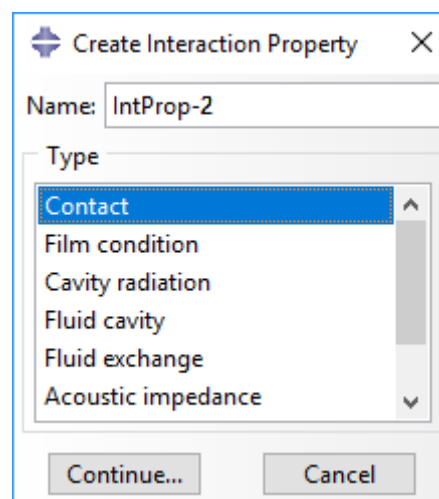
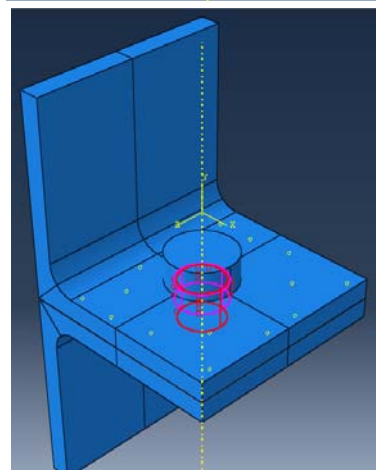
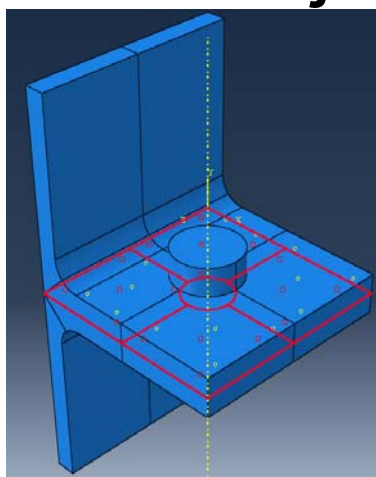
Projekt (ABAQUS)

Ograniczenia:



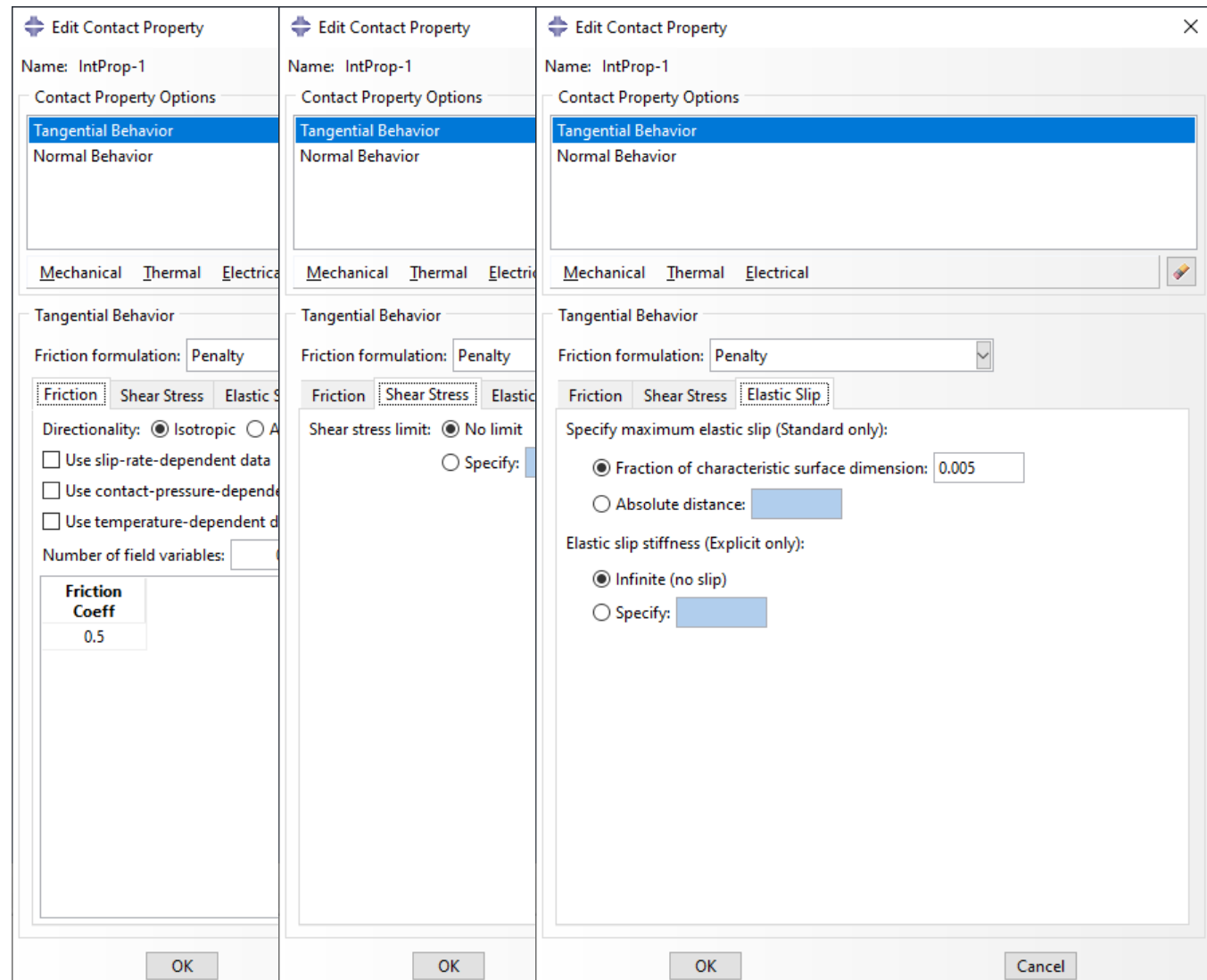
Projekt (ABAQUS)

Interakcje:



Projekt (ABAQUS)

Interakcje:



The image displays three sequential screenshots of the 'Edit Contact Property' dialog box in ABAQUS, illustrating different configurations for the 'Tangential Behavior' of a contact property named 'IntProp-1'.

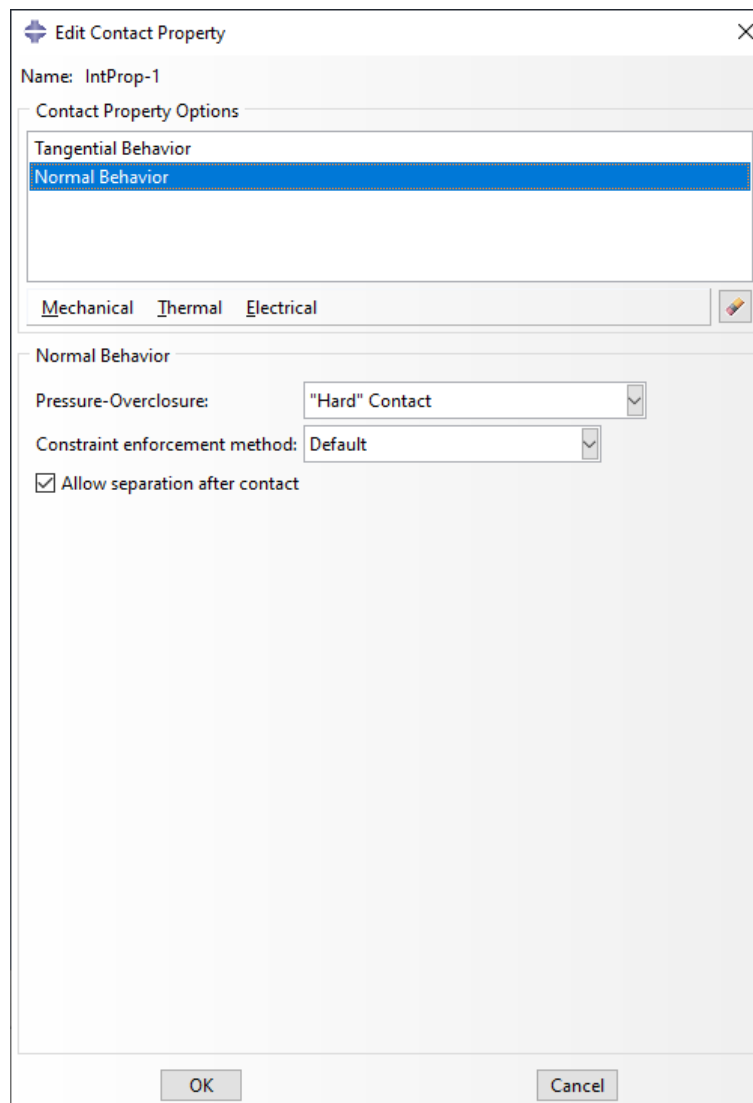
Left Screenshot: The 'Friction' tab is selected. The 'Friction formulation' is set to 'Penalty'. The 'Directionality' is set to 'Isotropic'. The 'Friction Coeff' is set to 0.5. The 'Number of field variables' is set to 1.

Middle Screenshot: The 'Shear Stress' tab is selected. The 'Friction formulation' is set to 'Penalty'. The 'Shear stress limit' is set to 'No limit'.

Right Screenshot: The 'Elastic Slip' tab is selected. The 'Friction formulation' is set to 'Penalty'. The 'Specify maximum elastic slip (Standard only)' section is active, with 'Fraction of characteristic surface dimension' set to 0.005. The 'Elastic slip stiffness (Explicit only)' section is also active, with 'Infinite (no slip)' selected.

Projekt (ABAQUS)

Interakcje:



Edit Contact Property

Name: IntProp-1

Contact Property Options

Tangential Behavior

Normal Behavior

Mechanical Thermal Electrical

Normal Behavior

Pressure-Overclosure: "Hard" Contact

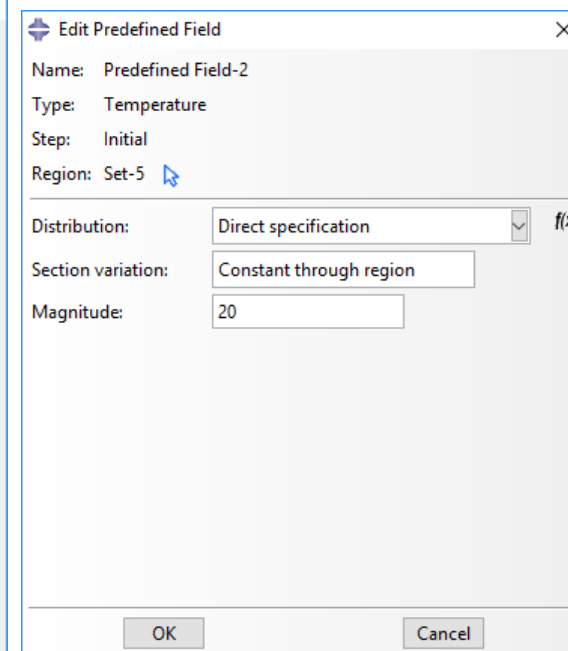
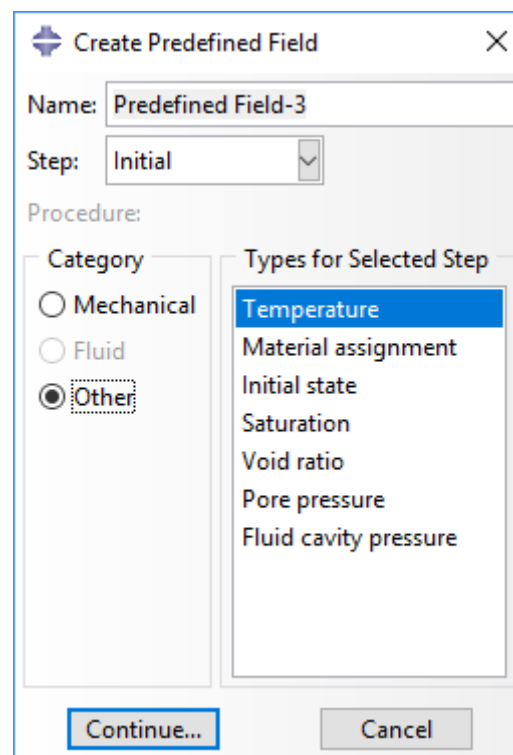
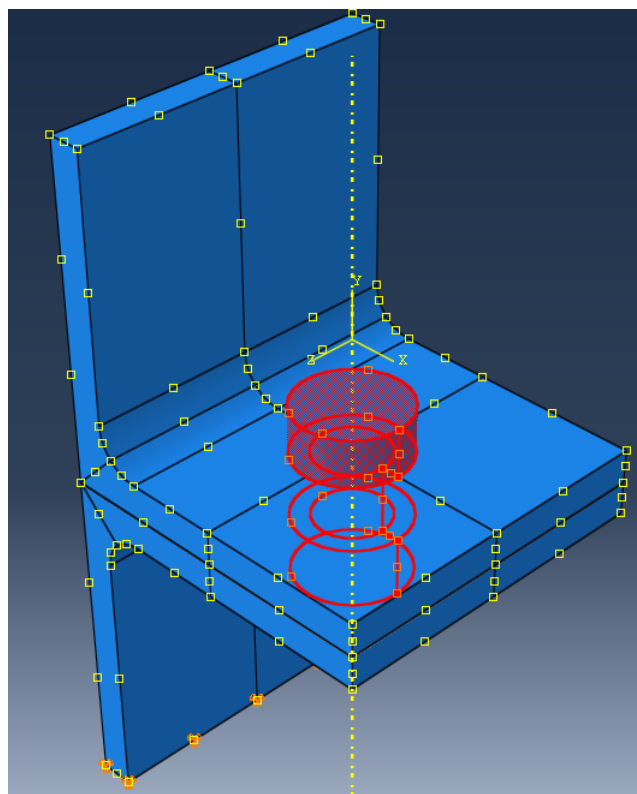
Constraint enforcement method: Default

☒ Allow separation after contact

OK Cancel

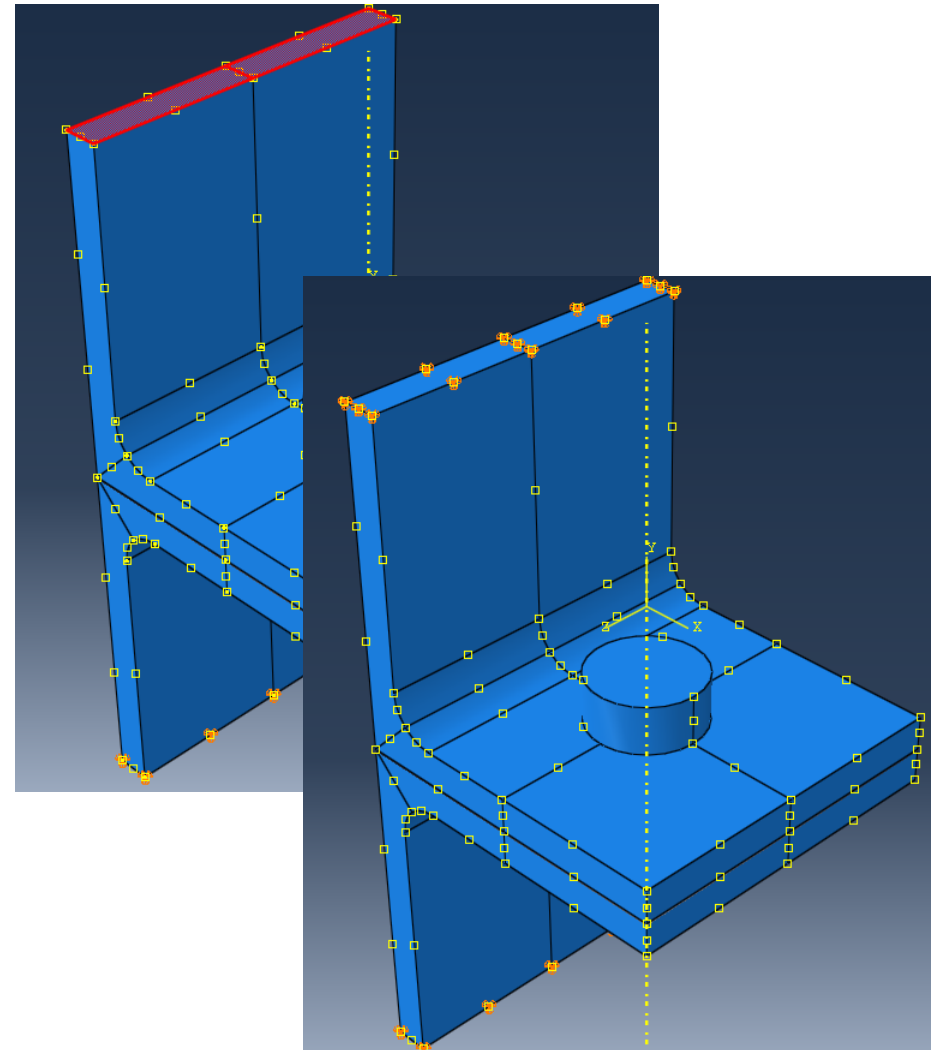
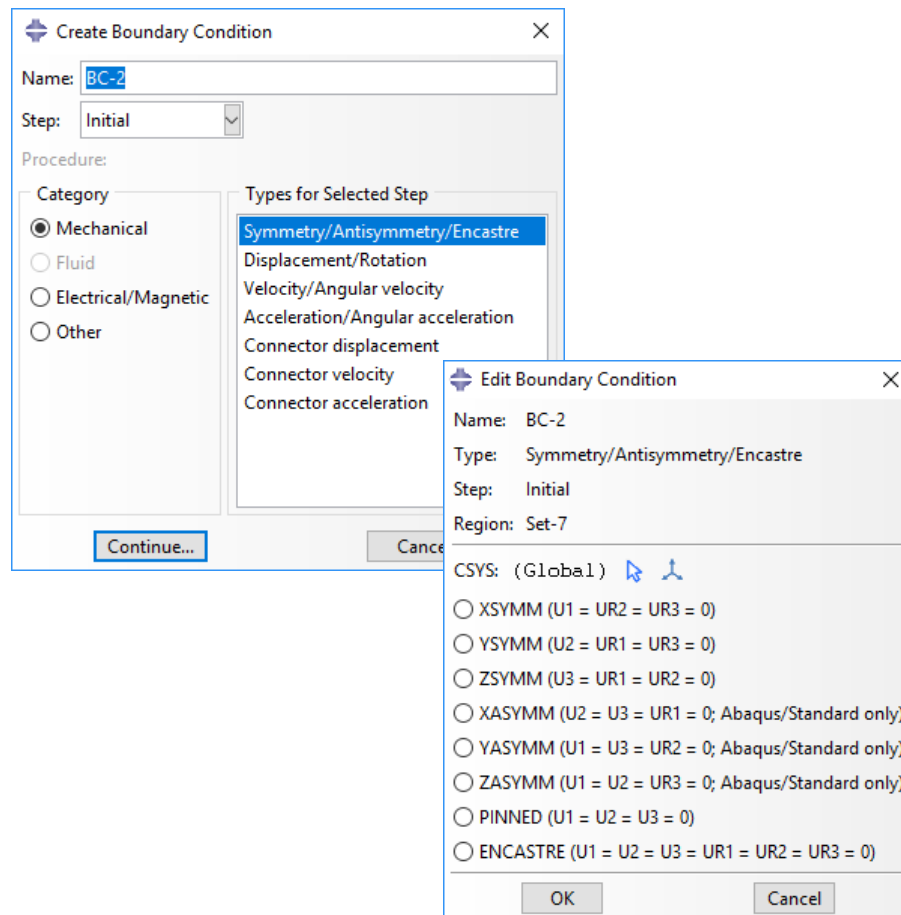
Projekt (ABAQUS)

Pola zewnętrzne:



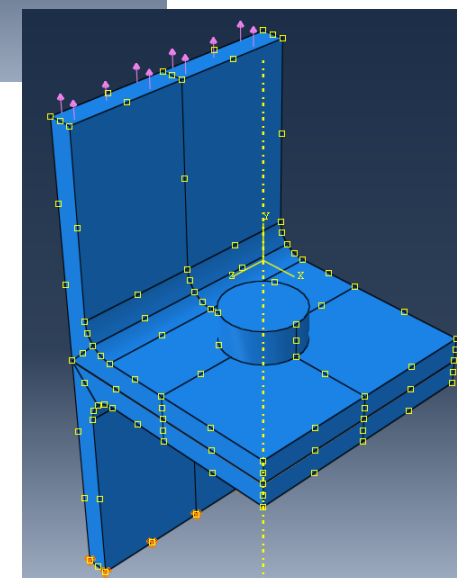
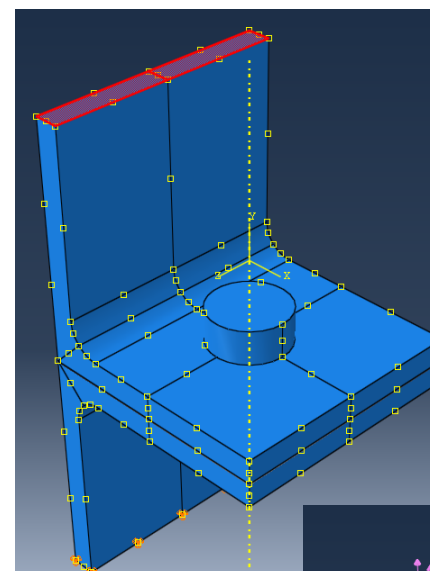
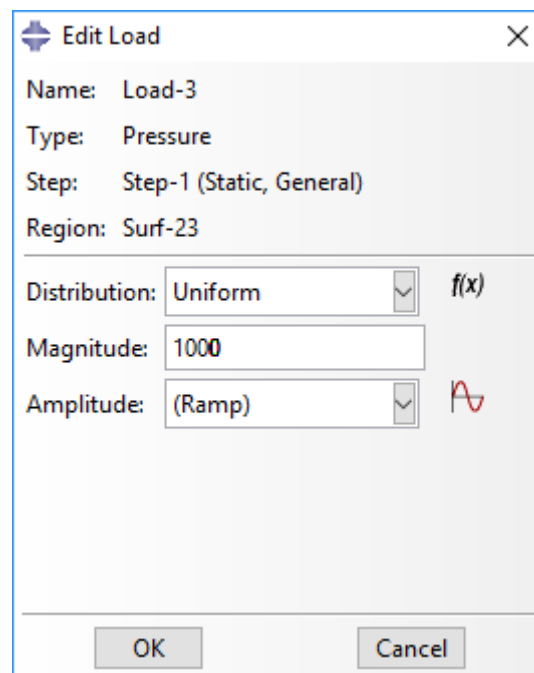
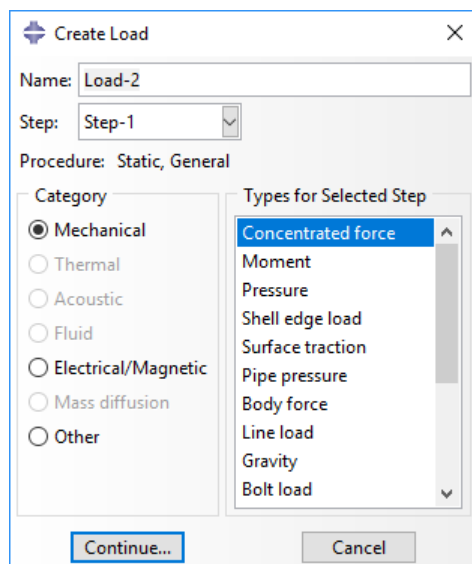
Projekt (ABAQUS)

Podparcie:



Projekt (ABAQUS)

Obciążenie:



Projekt (ABAQUS)

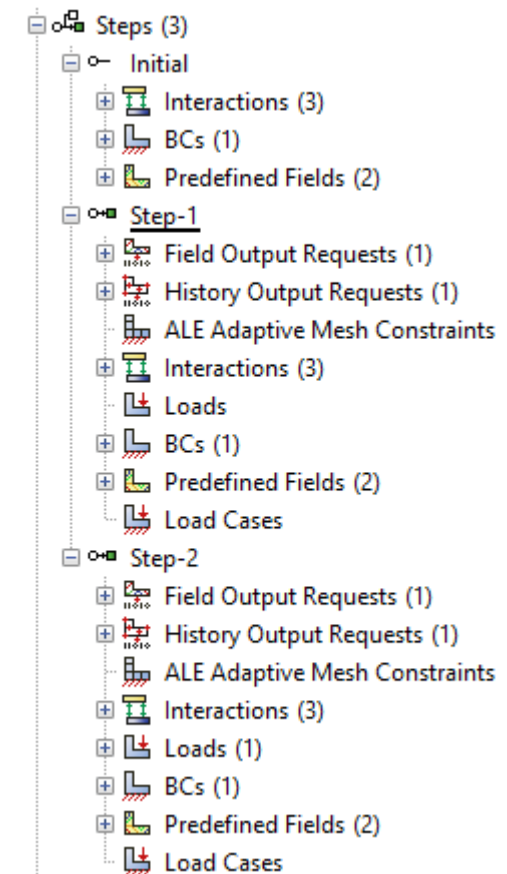
Analiza (ABAQUS Standard):

- ◆ analiza przyrostowa,
- ◆ poszukujemy konfiguracji równowagi na kolejnych krokach przyrostowych,
- ◆ etapy analizy (steps):
 - initial (oddziaływania wstępne),
 - sekwencja przykładania obciążeń,
 - obciążenia z poprzedniego kroku są dziedziczone (mogą być modyfikowane),
 - obciążenia na danym kroku mogą mieć różne programy przykładania.

Projekt (ABAQUS)

Analiza (steps):

- ◆ initial:
 - interakcje,
 - warunki brzegowe,
 - predefiniowane pola,
- ◆ kolejne kroki:
 - dziedziczą z poprzednich,
 - obciążenia.



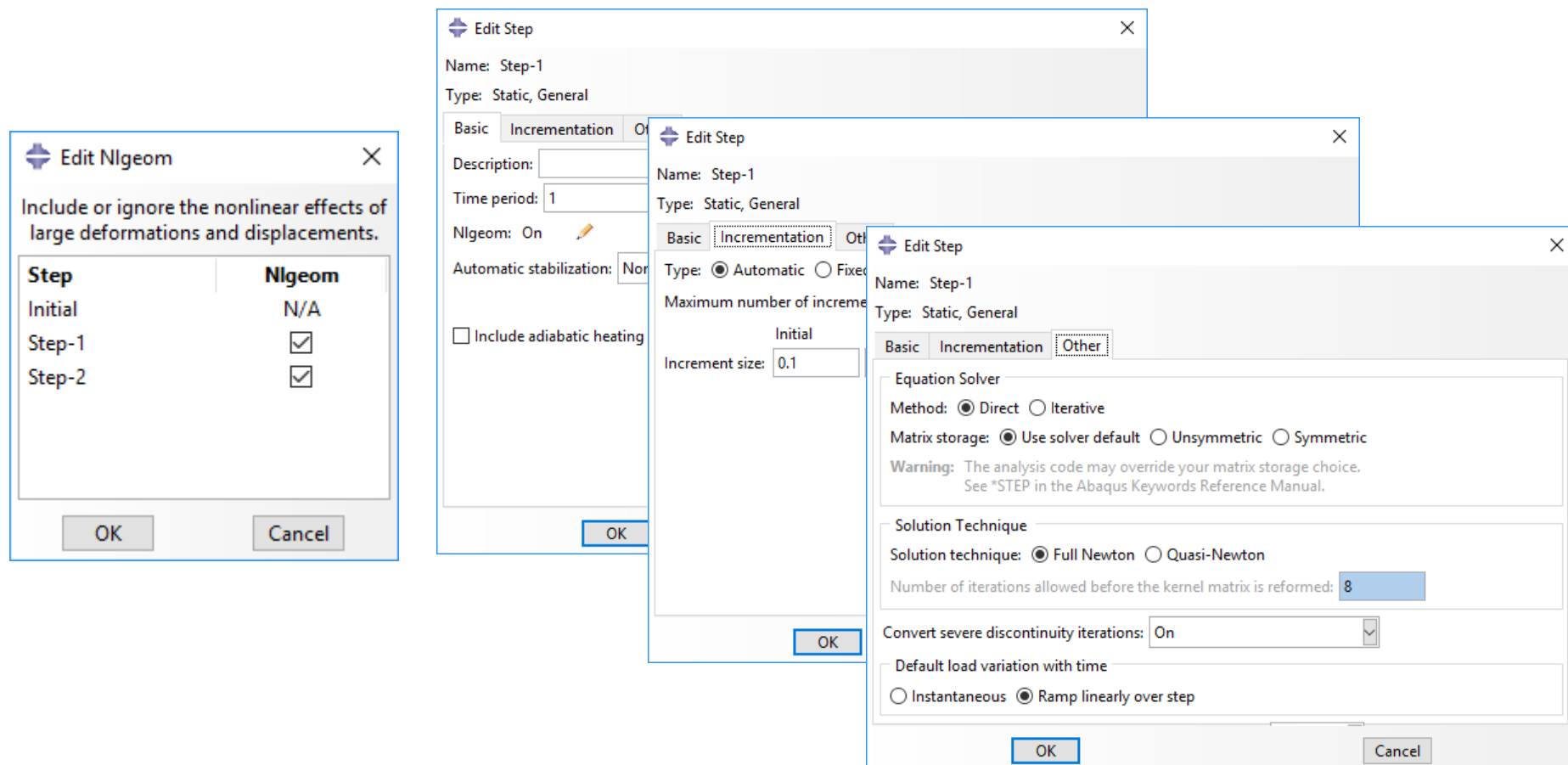
Projekt (ABAQUS)

Parametry numeryki:

- ◆ równowaga,
 - ◆ całkowanie,
 - ◆ krok czasowy,
- ustalane niezależnie dla każdego kroku analizy.

Projekt (ABAQUS)

Parametry numeryki:



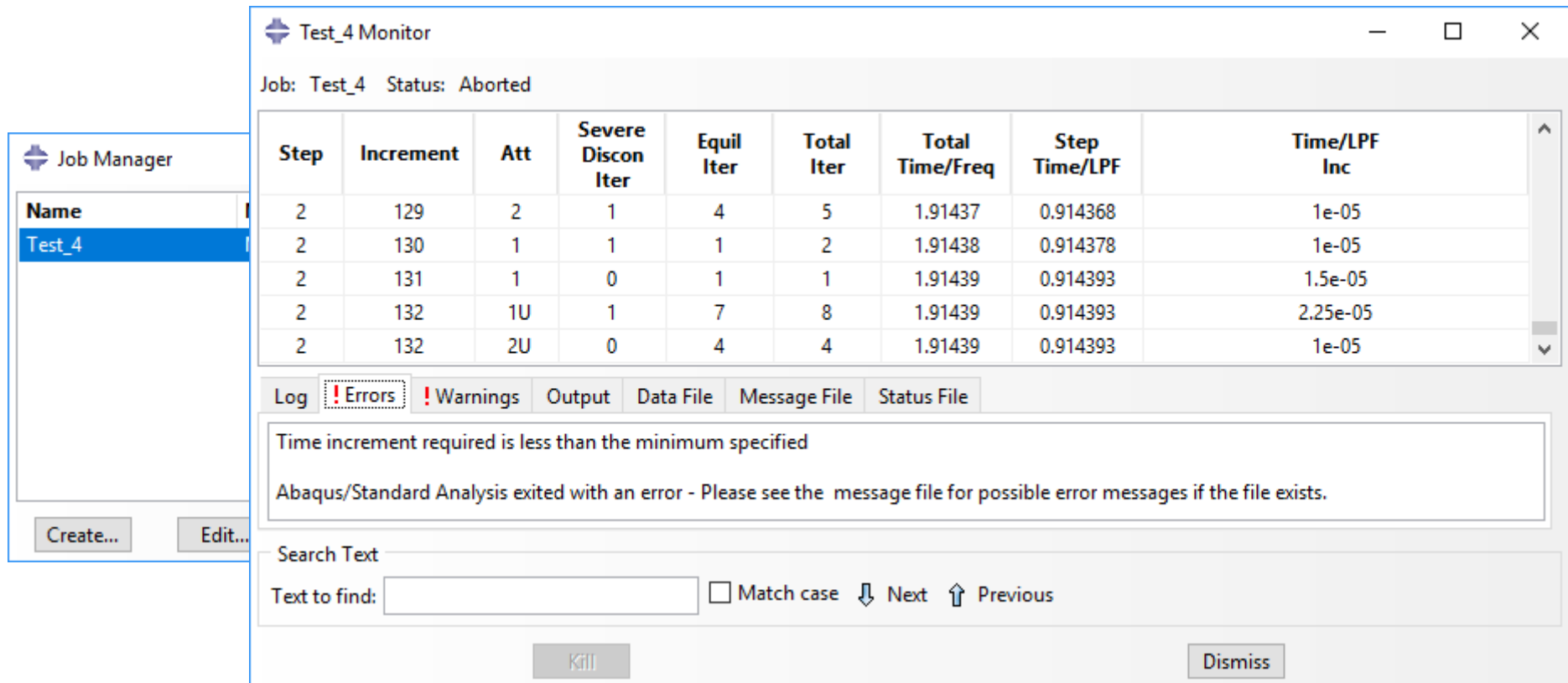
Projekt (ABAQUS)

Zarządzanie zadaniem:

- ◆ utworzenie,
- ◆ zapis pliku wsadowego,
- ◆ formalna kontrola poprawności,
- ◆ uruchomienie analizy,
- ◆ nadzór nad przebiegiem procesu,
- ◆ rozwiązywanie ewentualnych problemów,
- ◆ wyniki.

Projekt (ABAQUS)

Zarządzanie zadaniem (*plik.sta*):



The screenshot displays the ABAQUS Job Manager and Test_4 Monitor windows. The Job Manager window on the left shows a list of jobs with 'Test_4' selected. The Test_4 Monitor window on the right provides detailed information about the job's status and execution.

Test_4 Monitor
Job: Test_4 Status: Aborted

Step	Increment	Att	Severe Discon Iter	Equil Iter	Total Iter	Total Time/Freq	Step Time/LPF	Time/LPF Inc
2	129	2	1	4	5	1.91437	0.914368	1e-05
2	130	1	1	1	2	1.91438	0.914378	1e-05
2	131	1	0	1	1	1.91439	0.914393	1.5e-05
2	132	1U	1	7	8	1.91439	0.914393	2.25e-05
2	132	2U	0	4	4	1.91439	0.914393	1e-05

Log **! Errors** ! Warnings Output Data File Message File Status File

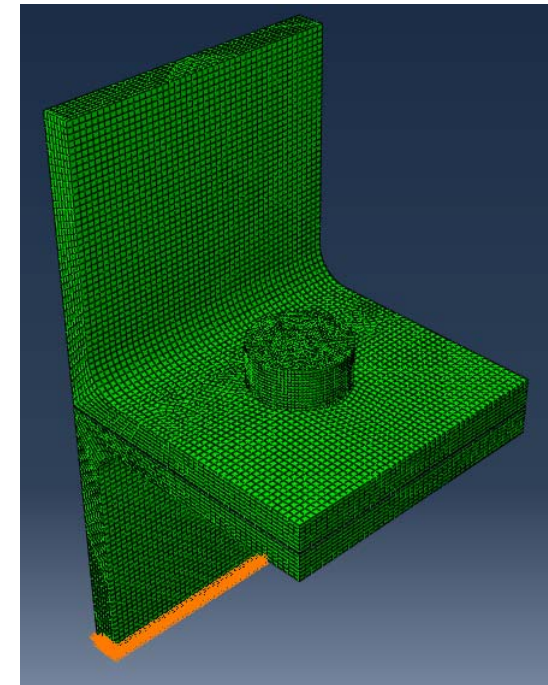
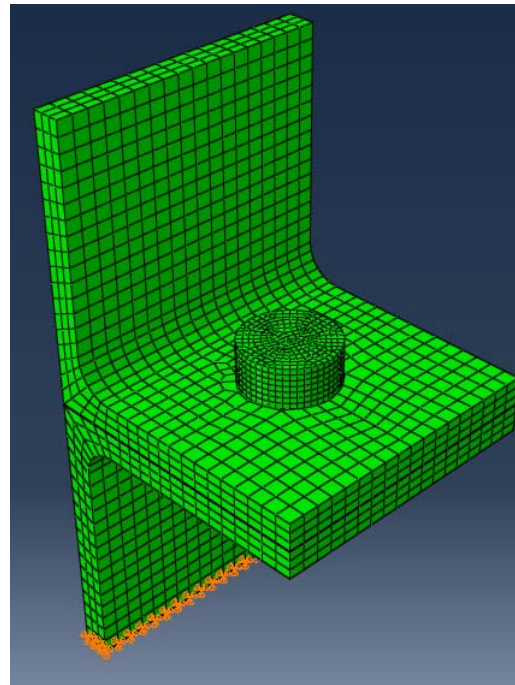
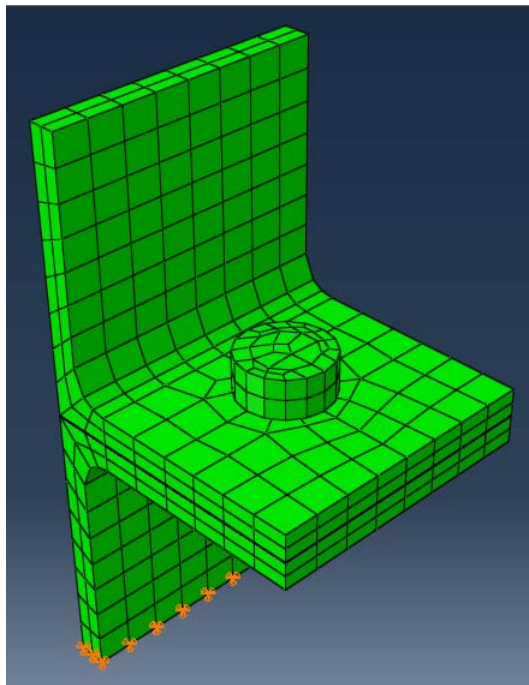
Time increment required is less than the minimum specified

Abaqus/Standard Analysis exited with an error - Please see the message file for possible error messages if the file exists.

Search Text
Text to find: ☐ Match case

Projekt (ABAQUS)

Wyniki - siatka:



Projekt (ABAQUS)

Wyniki:

- ◆ w przestrzeni - mapy:
 - przemieszczeń,
 - naprężeń,
 - odkształceń (całkowitych, sprężystych, plastycznych),
 - ...
- ◆ w „czasie”:
 - zmiany powyższych wielkości w wybranym punkcie w trakcie analizy,
 - wielkości pochodne.

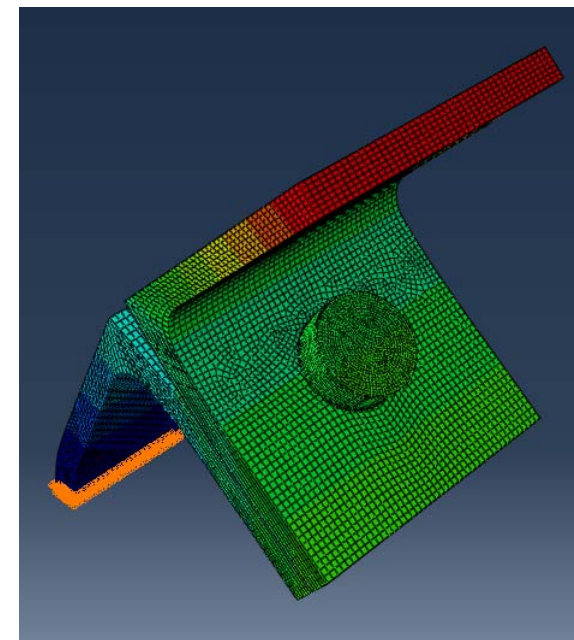
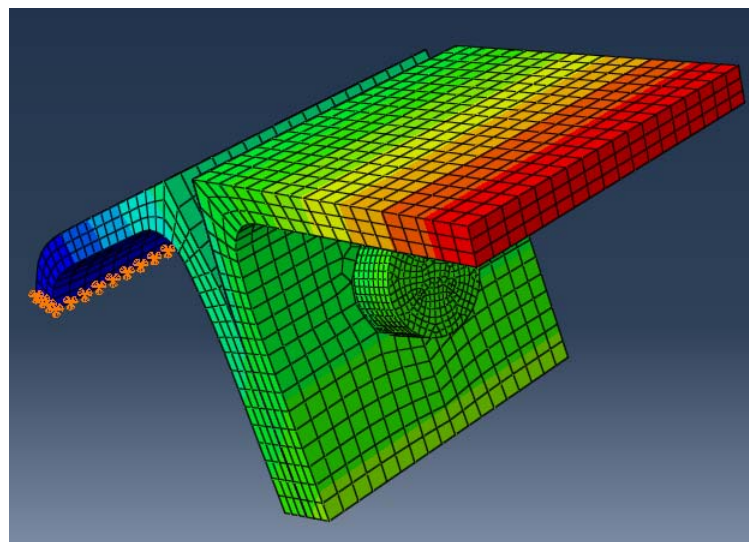
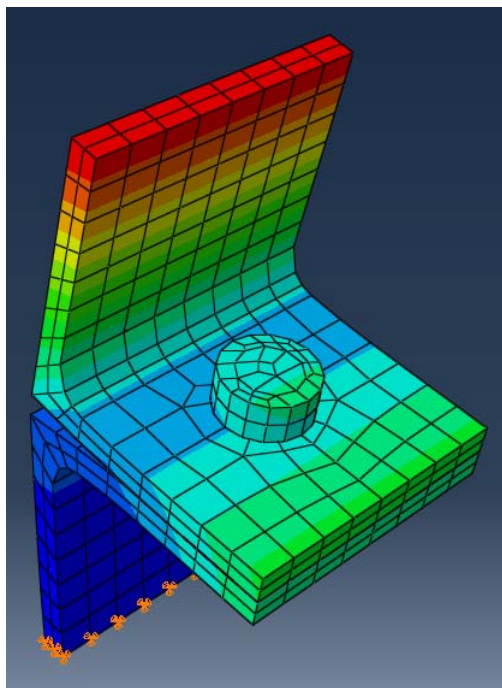
Projekt (ABAQUS)

Technika prezentacji:

- ◆ widoki, przekroje,
- ◆ widoczność komponentów,
- ◆ obróbka wyników:
 - wartości „surowe”,
 - uśrednianie w węzłach,
- ◆ ocena jakości rozwiązania.

Projekt (ABAQUS)

Wyniki – przemieszczenia całkowite:

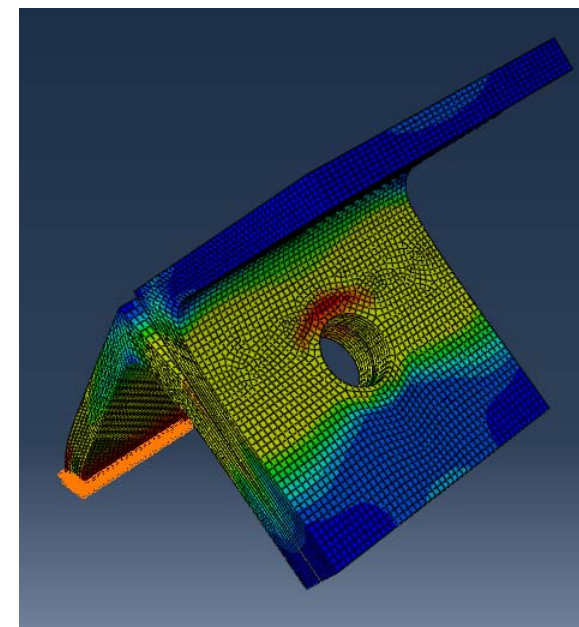
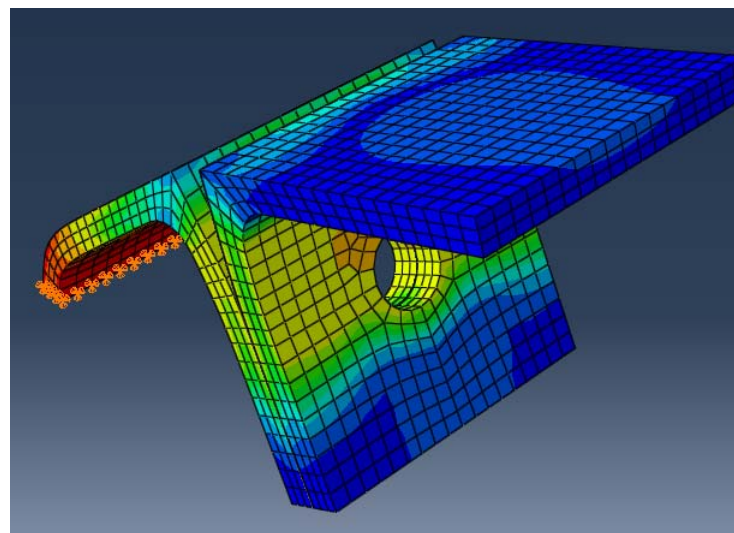
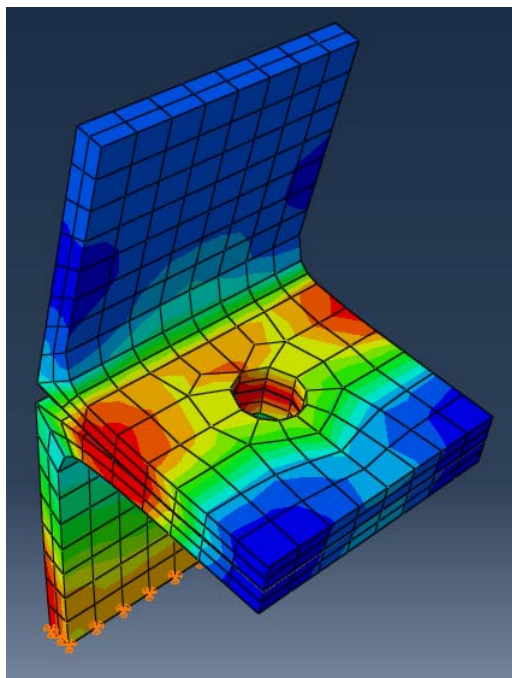


Projekt (ABAQUS)

Instytut Technologii Informatycznych
w Inżynierii Lądowej WIL PK

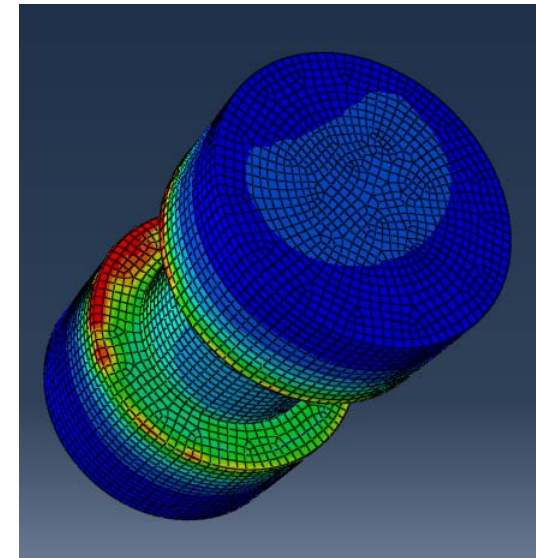
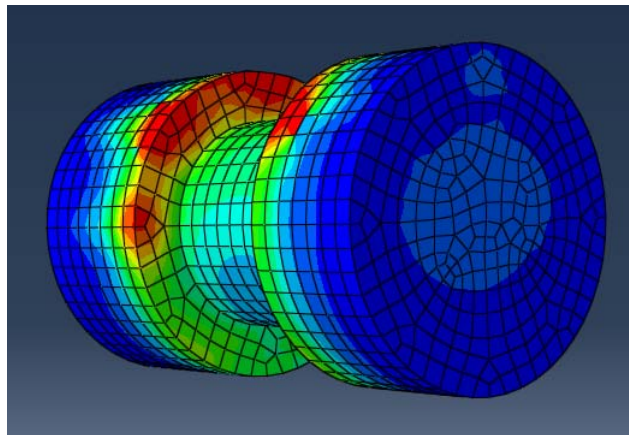
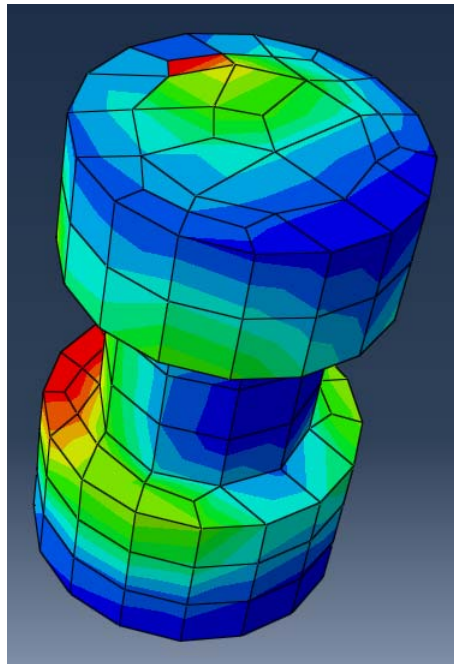


Wyniki - naprężenia zastępcze HMM:



Projekt (ABAQUS)

Wyniki - naprężenia zastępcze HMM:



Projekt (ABAQUS)

Mnożnik obciążenia:

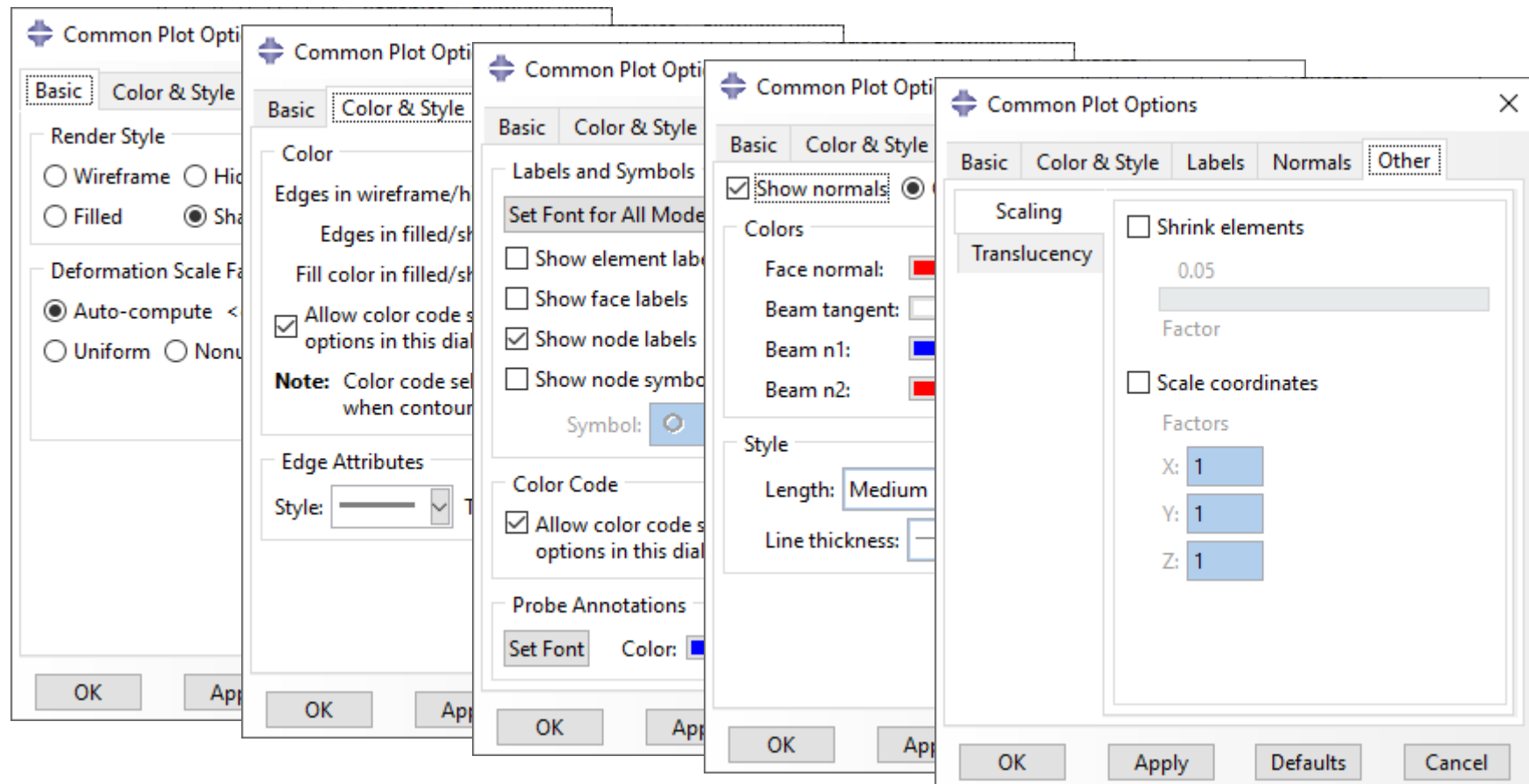
- ◆ siatka 1 – 3.832
- ◆ siatka 2 – 3.028
- ◆ siatka 3 – 3.200

Maksymalne przemieszczenie całkowite:

- ◆ siatka 1 – 2.973
- ◆ siatka 2 – 17.700
- ◆ siatka 3 – 10.442

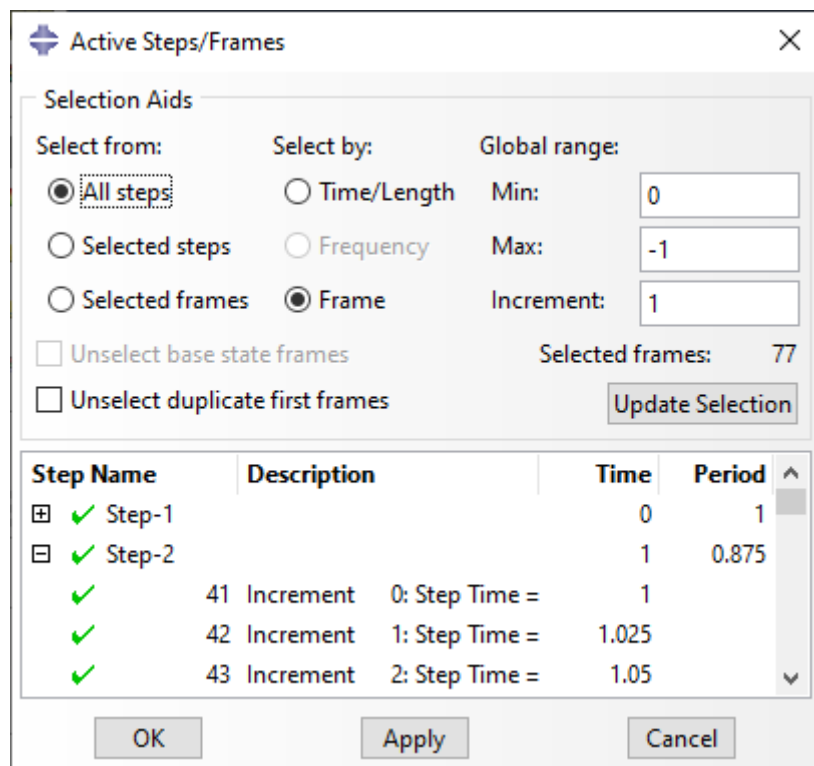
Projekt (ABAQUS)

Wizualizacja wyników:



Projekt (ABAQUS)

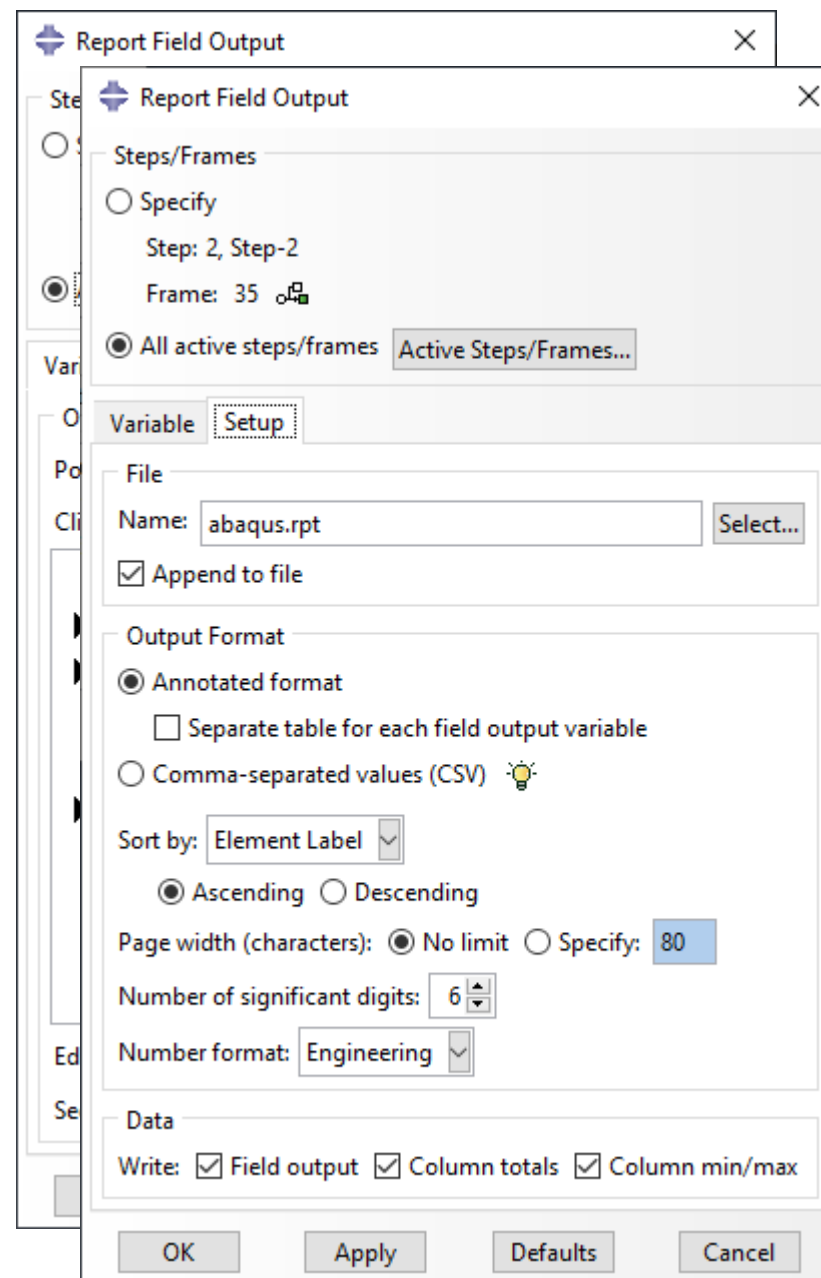
Zrzut wyników do pliku:



Active Steps/Frames dialog box. Selection Aids: Select from: ☒ All steps, ☐ Selected steps, ☐ Selected frames. Select by: ☐ Time/Length, ☐ Frequency, ☒ Frame. Global range: Min: 0, Max: -1, Increment: 1. Unselect base state frames: ☐. Unselect duplicate first frames: ☐. Selected frames: 77. Update Selection button.

Step Name	Description	Time	Period
✓ Step-1		0	1
✓ Step-2		1	0.875
✓ 41 Increment	0: Step Time =	1	
✓ 42 Increment	1: Step Time =	1.025	
✓ 43 Increment	2: Step Time =	1.05	

OK Apply Cancel



Report Field Output dialog box. Steps/Frames: ☐ Specify (Step: 2, Step-2; Frame: 35), ☒ All active steps/frames (Active Steps/Frames...). Variable: Setup. File: Name: abaqus.rpt, Select... button, Append to file: ☒. Output Format: ☒ Annotated format, ☐ Separate table for each field output variable, ☐ Comma-separated values (CSV). Sort by: Element Label, ☒ Ascending, ☐ Descending. Page width (characters): ☒ No limit, ☐ Specify: 80. Number of significant digits: 6. Number format: Engineering. Data: Write: ☒ Field output, ☒ Column totals, ☒ Column min/max. OK Apply Defaults Cancel

Projekt (ABAQUS)

Wykresy w funkcji „czasu”:

