DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

ÖRNEKLERLE ANSYS WORKBENCH'E GİRİŞ

ŞUBAT 2007
İZMİR

Hazırlayanlar
Mehmet Zor - Ozan Güzenge

Önsöz

ANSYS programının yeni.arayüzü olan Workbench, modelleme ve analiz aşamalarında getirdiği kullanım kolaylıkları açısından kullanıcılara büyük avantajlar sunmaktadır. Hazırladığımız bu giriş notlarının WorkBench kullanmaya yeni başlayanlar için sağlam bir adım niteliğinde olduğuna inanıyoruz. Yapacağınız orijinal çalışmaların tüm adımlarını detaylı bir şekilde anlatıp herkesin istifadesine sunmanız ve paylaşmanın güzelliğini içinizde hissetmeniz temennisiyle...

20 Şubat 2007

Doç.Dr. Mehmet Zor
Dokuz Eylül Üniversitesi
Makine Mühendisliği Bölümü
Öğretim Üyesi

İçindekiler

1-GİRİŞ BİLGİLERİ	**Sayfa**
1.1 Ansys Workbench Programının Açılması	**5**
1.2 Program Modüllerinin Tanıtımı	**6**
1.3 Workbench de Dosya Oluşum Mantığı ve Çalışma Düzeni	**6**
2. ÖRNEK-1 YAPISAL, LİNEER ELASTİK GERİLME ANALİZİ	**10-37**
2.1 Problemin Tanıtımı	**10**
2.2. Yeni Proje Oluşturma	**10**
2.3 Projeyi Kaydetme	**10**
2.4 Geometrik Model (DesignModeler) Ekranının Tanıtımı	**11**
2.4.1 Model Ağacı (Tree Outline)	**11**
2.4.2 Undo-Redo	**11**
2.4.3 Seçme (Select) Tuşları	**12**
2.4.4 Görüntü Kontrol Tuşları	**12**
2.5 Sabit Kesitli Geometrik Model Oluşturma (Desıgn Modeler)	**13**
2.5.1 Çizim için Düzlem Seçimi	**13**
2.5.2 Çizimin Ölçüsüz, Genel Hatları İle Oluşturulması	**14**
2.5.3 Geometriye Gerekli Kısıtlamalar (Constraints) Verilmesi	**15**
2.5.4. Ölçülendirme (Gerçek Boyutların Girilmesi)	**15**
2.5.6 Sabit Kesitli Hacim Oluşturma (Extrude)	**17**
2.5.7 Kontrol Tuşlarıyla Uygulama	**18**
2.5.8 Katı Modelde Geometriyi Değiştirme İşlemi	**18**
2.5.9 Katı Modeli Bir Düzlemle Kesme İşlemi (Slice)	**21**
2.6 Analiz İşlemleri Ve Sonuçların Değerlendirilmesi (Simulation)	**23**
2.6.1 Malzeme Özelliklerinin Atanması	**24**
2.6.3 Elemanlara Ayırma (Meshing)	**26**

2.6.4 Sınır Şartlarının Girilmesi **29**

2.6.5 Dış Yüklerin Girilmesi **31**

2.6.7.1. İstenen Sonuçların Önceden Belirtilmesi **34**

2.6.7.1.2 Modeldeki Bir Parça İçin Sonuçların Çözümden Önce İstenmesi **35**

2.6.8. Sonuçların Görüntülenmesi **36**

2.6.9 Görüntüleri Resim Dosyası Olarak Kaydetmek **37**

3. ÖRNEK 2- KARARLI REJİM (STEADY-STATE) DURUMUNDA ,

ELASTO-PLASTİK, ISIL GERİLME ANALİZİ **38-67**

3.1 Problemin Tanıtımı **38**

3.2 Dönel Simetrik (Silindirik) Hacim Oluşturma (Revolve) **39**

3.3 Isıl Gerilme Analizi **47**

3.3.4 Elastik, Elasto-Plastik ve Isıl Malzeme Özelliklerinin Girilmesi **48**

3.3.4.2 Plastik Bölgenin Eğri ile Tanımlanması (Multilinear İsotropic Hardening) **49**

3.3.4.4.3 Elastiklik Modülünün Sıcaklığa Bağlı Girilmesi **52**

3.3.4.4.4 Plastik Bölgenin Doğru ile Tanımlanması (Bilinear Isotropic Hardening) **53**

3.3.6 Yüzeylere Sıcaklık Uygulanması **59**

3.3.7.2 Her Bir Parçanın Çözüm Sonuçlarının Önceden Atanması **62**

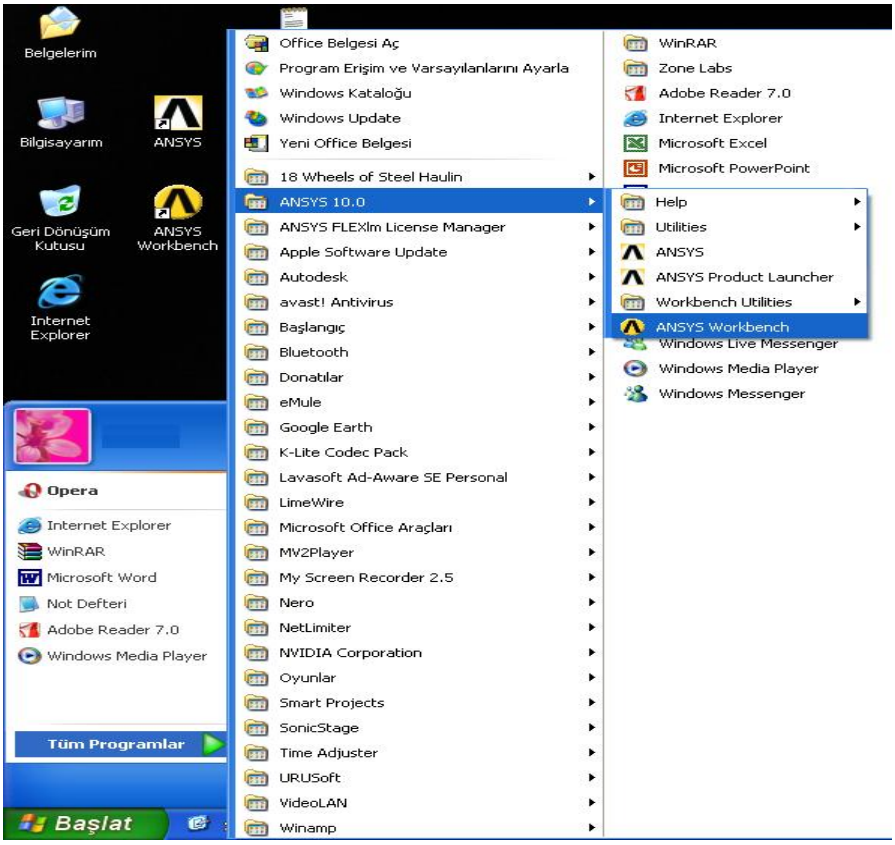
3.3.10 Isıl Gerilme Analizi Sonuçlarının Görüntülenmesi **63**

3.3.10.2 Çözümler Arasındaki Fark **66**

1. GİRİŞ BİLGİLERİ

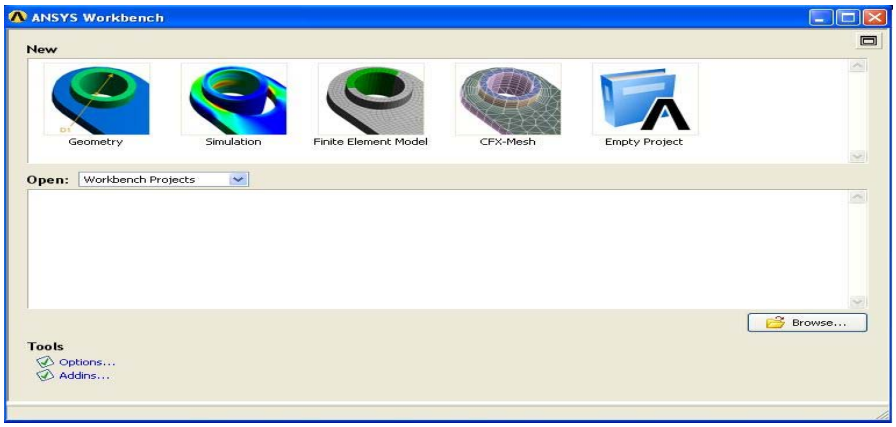
1.1 Ansys Workbench Programının Açılması

Başlat (Start)> Programlar > ANSYS 10.0> ANSYS Workbench



Şekil 1

Modüllerin bulunduğu aşağıdaki pencere açılır. WorkBench'de çalışmamızın her bir ana aşaması farklı modüllerde yapılır.



Şekil 2 WorkBench Modülleri

1.2 Program Modüllerinin Tanıtımı

Empty Project: Boş bir çalışma sahası (Proje) açar. Çalışma ile ilgili tüm dosyalar bu sahanın içinde kaydedilir. Proje kaydedilirse ona bağlı tüm çalışmalar kaydedilir.

Geometry: Geometrik modelinin oluşturulduğu modül.

Simulation: Analizin yapıldığı ve Sonuçların Görüldüğü modül.

CFX-Mesh: Yüksek kalitede elemanlara ayırma (meshing) işleminin yapıldığı modül.

Open: Daha önce kaydettiğiniz dosyaları açabilirsiniz.

EK BİLGİLER

e-1- Workbench' te yeni bir proje (çalışmasahası) oluşturulduğunda, veritabanı (database) dosyaları da otomatik olarak oluşur. Örneğin, Design Modeler modülünü çalıştırdığımızda bu modüle ait veritabanı dosyası da otomatik olarak oluşur. Bu dosyalar proje isminde, her modüle ait farklı uzantılarda oluşur. Örneğin "deneme" isminde proje oluştururs ak,
Workbench proje veritabanı dosyası: deneme**.wbdb**
DesignModeler veritabanı dosyası: deneme**.agdb**
CFX-Mesh veritabanı dosyası: deneme**.cmdb**
Simulation veritabanı dosyası: deneme**.dsdb**
Engineering Data veritabanı dosyası: deneme**.eddb**

1.3 Workbench de Dosya Oluşum Mantığı ve Çalışma Düzeni

Workbench'de öncelikle çalıştığımız konuya (projeye) bir isim belirleriz. (Örneğin, jant optimizasyonu, flans dizayni, bitirme tezim,gibi). Bu durumda bu proje (Project) bir çalışma sahası gibi düşünülür ve bu saha içinde birden fazla model (Geometry) ve analiz(Simulation) yapılabilir. Sonuçta sadece projeyi kaydederseniz ona bağlı olan herbir model ve analiz dosyaları da kaydedilmiş olur Tüm projenizi

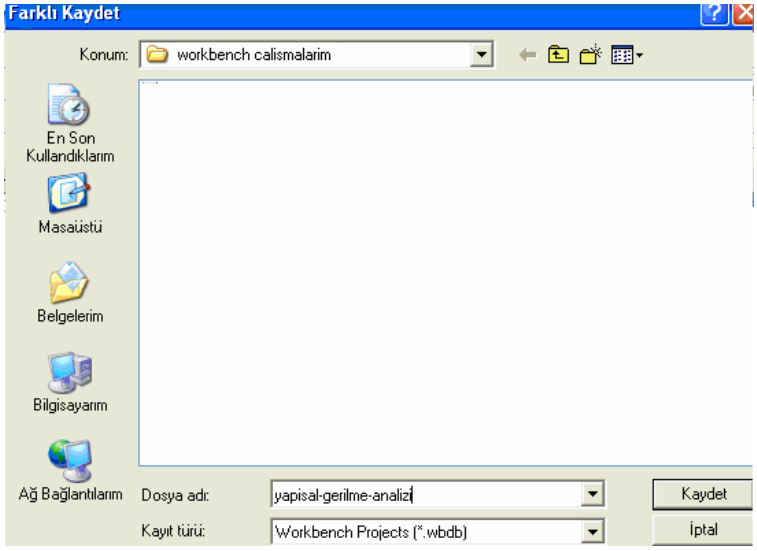
. komutuyla veya File>Save as.. komutuyla kaydedebilirsiniz. Workbench'e tekrar girdiğinizde önce projenizi açarsanız onun altındaki model ve analizlerin kaydedildiğini görürsünüz. Proje windows'daki klasörlere; proje altında yapılan model ve analizler bu klasörün içindeki dosyalara karşılık gelir. Ancak oluşturduğunuz proje için windows da ayrı bir klasör oluşmaz; .wbdb uzantılı bir dosya olarak bulunur. Workbench'de önce projenizi ve daha sonra ona bağlı diğer alt birimleri (modülleri) açmanız düzenli bir çalışma için önemlidir.

1.3.1 Şimdi burada anlatılanları daha iyi anlamak için Workbench'de küçük bir uygulama yapalım. Aşağıdaki adımları takip ediniz.

a-) 1.1 adımındaki gibi Workbench' e girdikten sonra Empty Project butonuna basınız. Ekran aşağıdaki gibi açılır.

Şekil 3

b-) Save as butonuna basarak projenize "yapisal-gerilme-analizi" ismi verip uygun bir klasör içine kaydediniz. Türkçe karakter kullanmayınız.



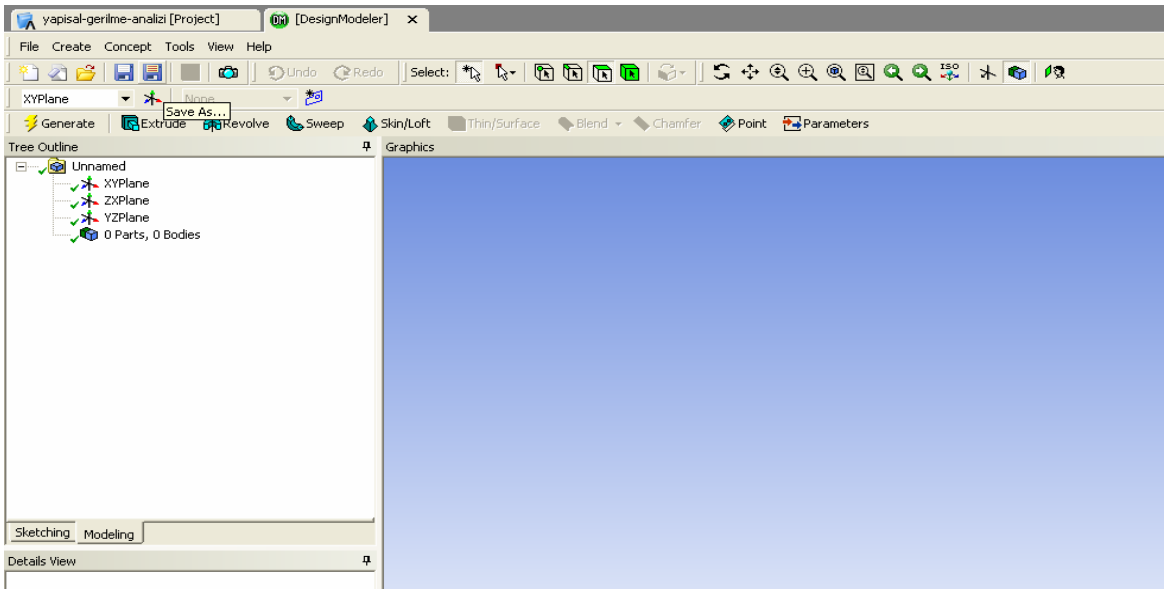
Şekil 4

c-) Proje ekranında iken soldaki New geometry butonuna basınız.

d-) Eğer sorulursa boyut olarak mm seçiniz.

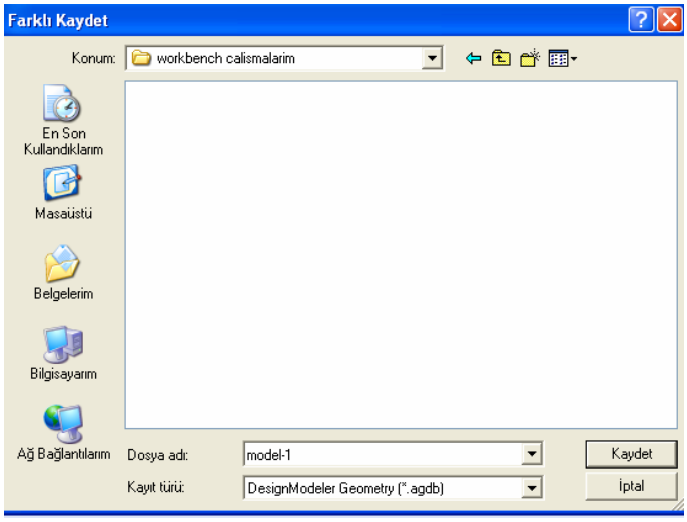
Şekil 5

Aşağıdaki DesignModeler ekranı açılır.



Şekil 6

e-) Bu ekranda iken Save as butonuna basarak geometrik modelinizi model-1 isminde kaydediniz.(Hiçbir geometri olmamasına rağmen boş olarak kaydediyoruz)



Şekil 7

f-) Üstteki yapisal-gerilme-analizi [Project] butonuna basarak Project ekranına geri dönünüz.

g-) Bu ekranda iken New geometry butonuna tekrar basınız. Bu durumda aynı proje içinde farklı bir model oluşturabilirsiniz. Burada da bu geometriyi boş olarak bırakalım ve kaydetmeyelim.

h-) Şimdi Workbench'den tamamen çıkmak için ekranın .sağ üstündeki tuşuna basınız.

Project modülü ekranı karşımıza çıkar ve bu ekranda, Projemiz, ona bağlı geometriler görülür. Yaptığımız son geometriyi kaydetmediğimiz için "Unnamed" olarak görülecektir.

yapisal-gerilme-analizi	yapisal-gerilme-analizi.wbdb	2 KB	08.02.2007 09:29:42	Workbench
model-1	model-1 .agdb	8 KB	08.02.2007 09:29:42	DesignMode
Unnamed				DesignMode

Şekil 8

i-) Bu ekranda iken

No: do not save any items butonuna basarsak son yaptığımız geometri (Unnamed) kaydedilmeden WorkBench'den çıkarız. model-1 i önceden kaydettiğimiz için korunur.

Yes: save all highlighted items butonuna basarsak ikinci oluşturduğumuz geometri de unnamed isminde kaydedilerek çıkılır. Bu geometri içinde bazı çizimler yapmış olsaydık, Save as ekranı açılacak ve bu ikinci modelimize isim vermemiz istenecekti. Ayrıca projemize isim vememiş olsaydık onu da kaydetmemiz istenecekti.

EK BİLGİLER

e-2- Projenize ilk başlarken belli bir isimde kaydediniz. "DesignModeler" de geometriniz oluşturduktan sonra bu modül içinde iken farklı bir isimde kaydedebilirsiniz. Analizinizi de Simulation modülünde yapıp bu modülde iken yine farklı bir isimde bu analizi kaydedebilirsiniz. Her birisi için yukarıda belirtilen farklı uzantılarda dosyalar oluşacaktır. Bu durumda Projenizi kaydetmeden çıkabilirsiniz.

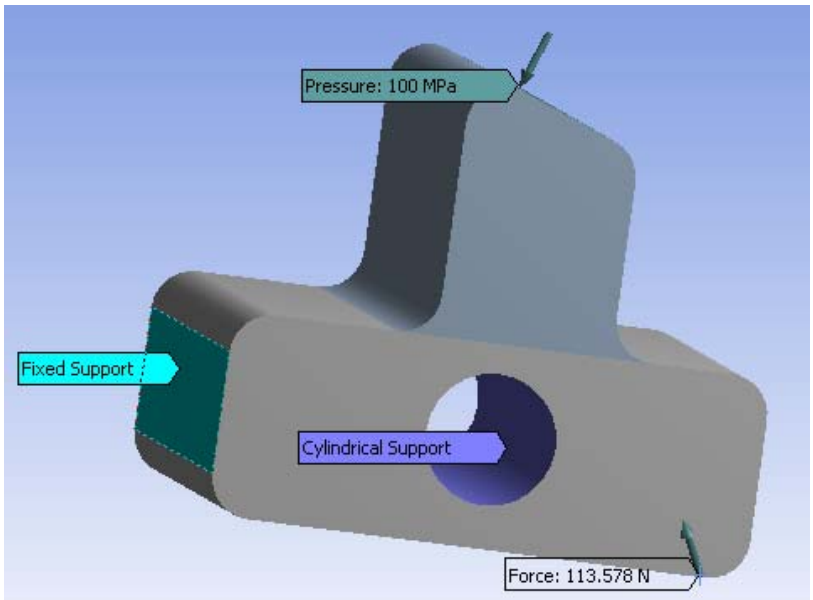
e-3 -Projenizi açmadan geometri veya analiz(simulation) dosyanızı doğrudan açabilirsiniz. Bu durumda açtığınız dosya boş yeni bir proje altında açılacaktır. Mesela geometrinizde yaptığınız yeni değişiklikleri DesignModeler Modülünde iken kaydedebilme imkanına sahipsiniz Bu durumda yapılan değişiklikler kendi projenize aynen yansımış olur. Önce projenizi sonra modelinizi açarsanız değişikliklerin aynen aktarıldığını görürsünüz.

e-4 -Projenizin altında yapılmamış olan modelleri projenizin altına taşımanız mümkündür. Ancak bunun için projenizin belli bir isimde kaydedilmiş olması gerekir. Bu durumda Link to Geometry File başlığı altındaki geometriler tıklanınca projenizin altına taşınır.

2. ÖRNEK 1

YAPISAL, LİNEER ELASTİK GERİLME ANALİZİ

2.1 Problemin tanıtımı: Şekil 9 da görülen ve alt ve üst kısımları lineer elastik iki farklı malzemeden oluşan yapıda, gösterilen sınır şartları ve yüklemeler altında oluşan gerilmeleri bulmaya çalışacağız. Lineer Elastik durumda Elastik kısım bir doğru ile tanımlanabilir ve tüm Gerilmeler akma gerilmesinin altında kalır veya malzemenin plastik bölgesi yoktur.



Şekil 9

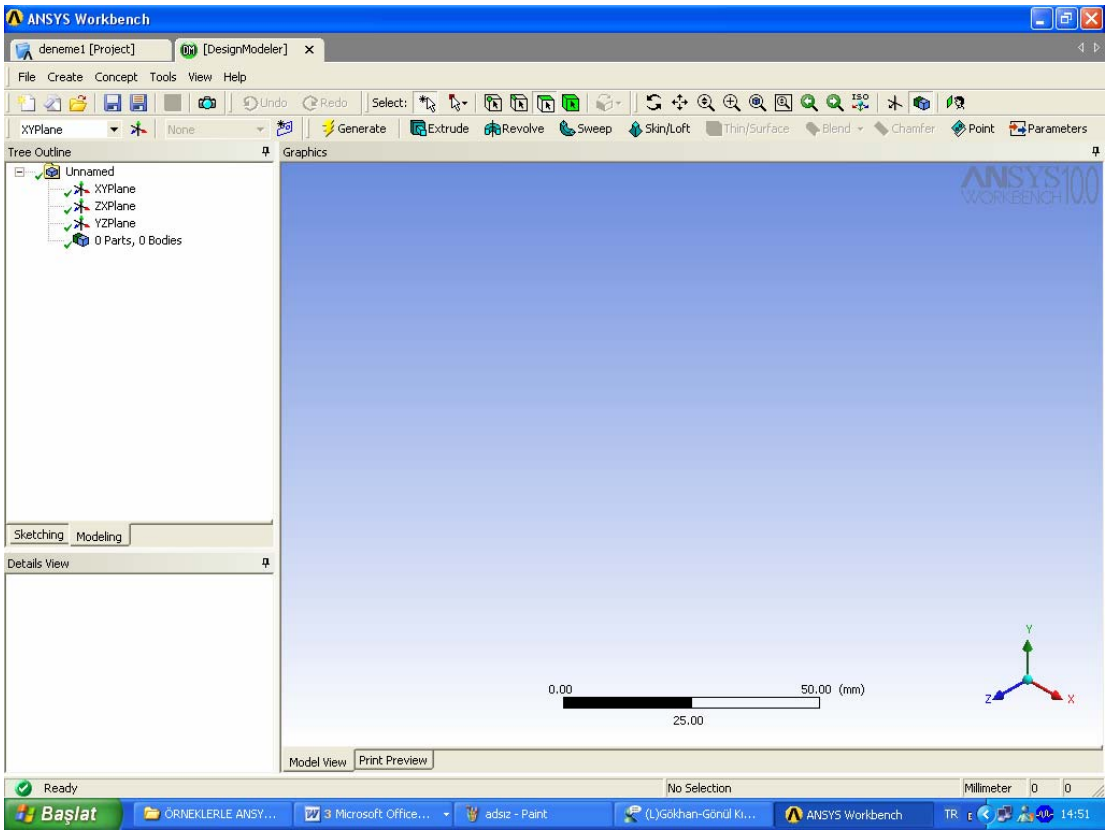
2.2. Yeni Proje Oluşturma

Workbench'e 1.1 adımındaki gibi girdikten sonra Şekil 2 deki butonuna basarak boş bir proje açalım.

2.3 Projeyi K aydetme: Save as ile projemizi deneme1.wbdb ismiyle kaydedelim.

2.4 Geometrik Model (DesignModeler) Ekranının Tanıtımı

New geometry ile DesignModeler modülüne girelim. Geometrik model burada oluşturulacaktır.



Şekil 10

Ancak öncelikle bu ekranda sıkça kullanılan kısımları tanıyalım:

2.4.1 **Tree Outline** (Model Ağacı)

Sol altta "Modeling" sekmesi aktif iken.bu görünüşte solda "tree outline" (model ağacı) görülür. "**Tree outline**" bize modelimizin geçmişini veya başka bir ifadeyle işlem tarihini gösterir. Yaptığımız her işlem burada ağacın dallarına benzer bir şekilde ayrılır. Bu özelliğin en kullanışlı yanı; daha önce yapılan bir işlemde değişiklik yaptığımızda, sonradan yapılan işlemlerin bu değişikliğe adapte olabilmesidir. Bu durum örnekleri çözdükçe daha iyi anlaşılacaktır.

2.4.2 Undo **Geri Al** - Redo **Yinele**

Workbench de geometrik modeli oluştururken çizim sırasındaki hataları geri almak için undo, ileri almak yani yinelemek için Redo tuşları büyük bir pratiklik sağlar. Ancak modellemenin her aşamasında bu komutlar kullanılamaz. Bu durumda model ağacının "Tree outline" dan faydalanılır.

2.4.3 Seçme (Select) Tuşları:

Ekranda geometrik öğeleri seçerken bu tuşlarda faydalanırız.

a-) : Nokta seçimi tuşu.

b-) : Çizgi Seçimi tuşu

c-) : Alan seçimi tuşu

d-) : Hacim seçimi tuşu

e-) : Yeni bir seçim yapmak için kullanılır.

f-)

: Aşağıda açıklanan görüntü kontrol tuşlarının aktif konumdan pasif konuma getirilmesi gerektiğinde ve benzeri durumlarda işe yarar. Box Select seçilip ekran üzerinde fare ile bir çerçeve çizilince bunun içinde kalan tüm öğeler seçilir.

2.4.4 Görüntü Kontrol Tuşları::

Ekrandaki görüntüyü istenen şekilde görebilmemizi sağlayan ve sıkça kullanılan tuşları tanımak faydalı olacaktır. Bu tuşların her birine basıldığında aktif olur, ikinci kez basıldığında aktifliği kalkar.

a-) **Rotate** : Bu tuşa basıldıktan sonra, sol tuşu basılı vaziyette fare sürüklenirse görüntü istenen perspektifte ayarlanabilir. Farenin orta tekerleğine bası tutup sürüklediğinizde de Rotate tuşu aktiftir.

b-) **Pan:** Bu tuşa basıldıktan sonra, sol tuşu basılı vaziyette fare sürüklenirse görüntü aynı kalıp sadece yer değiştirir.

c-) **Zoom**: Bu tuşa basıldıktan sonra, sol tuşu basılı vaziyette fare yukarı sürüklenirse görüntü büyür, aşağı sürüklenirse küçülür.

d-) **Box Zoom:** Bu tuşa basıldıktan sonra, farenin sol tuşu basılı vaziyette istenen bölge çerçeve içine alınıp sol tuş bırakılırsa o bölge büyüyecektir.

e-) **Zoom to Fit**: Bu tuşa basılırsa tüm çizimin görüntüsü ekrana sığar.

f-) **Set:** Bu tuşa basılırsa, standart bir perspektif görüntü elde edilir.

g-) **Display Plane:** Bu tuşa basılırsa, koordinat sistemi referans noktasında görülür. Tekrar basılırsa görünmez.

h-) **Look at face/..**: Bu tuşa basılırsa, ekranın solunda seçilen düzlem (

) görünüşte şekil çevrilir.

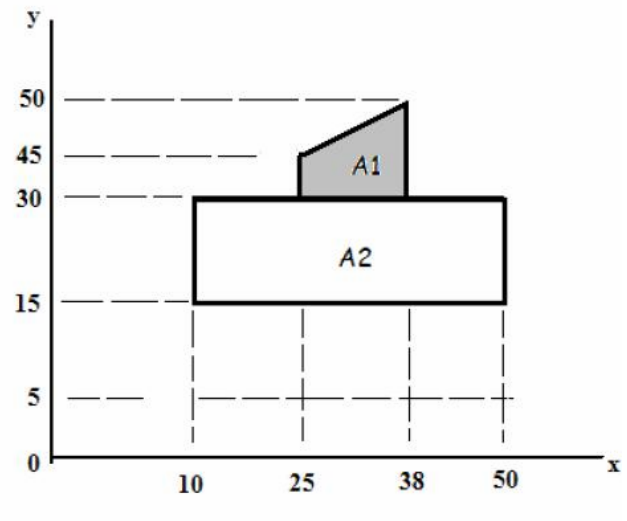
EK BİLGİLER

e-5 Bazı durumlarda yukarıda anlatılan kontrol tuşları aktif iken üzerine basıldığında pasif duruma geçmezse 2.4.3 –f maddesinde açıklanan Single Select tuşuna basılması gerekebilir.

Şimdi Örnek-1 e devam edelim.

2.5 Sabit Kesitli Geometrik Model Oluşturma (Desıgn Modeler)

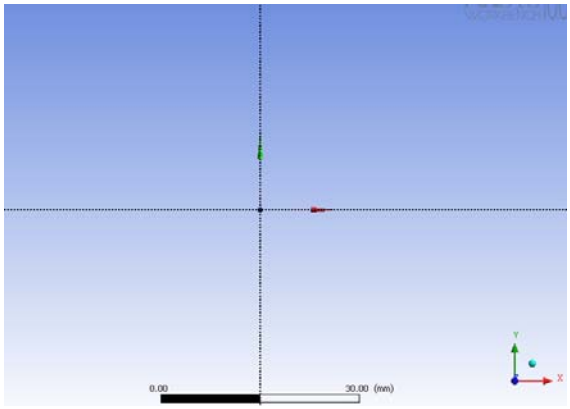
Öncelikle aşağıdaki kesit alanını oluşturup gerekli düzenlemeleri yaptıktan sonra kesiti normali doğrultusunda "Extrude" komutuyla uzatacağız. Şekil 9 da görülen deliği kesit üzerinde şimdilik çizmeyeceğiz.



Şekil 11

2.5.1 Çizim için Düzlem Seçimi

Sol üstteki pencereden XYPlane seçili iken, sağ üstteki "Look At Face/Plane Sketch" tuşuna basalım. Kesitimizi bu düzlemde oluşturacağız.

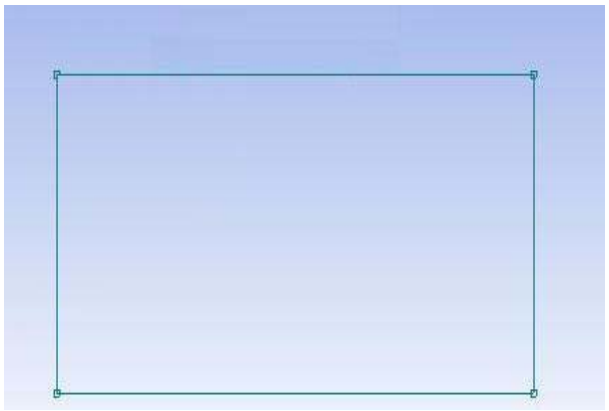


Şekil 12

2.5.2 Çizimin Ölçüsüz, Genel Hatları İle Oluşturulması

Yukarıda Şekil 11 de görülen düzlem geometriyi Mouse kullanarak öncelikle genel hatlarıyla oluşturalım. Aşağıdaki adımları takip ediniz.

2.5.2.1 *Sketching >Draw>Rectangle*



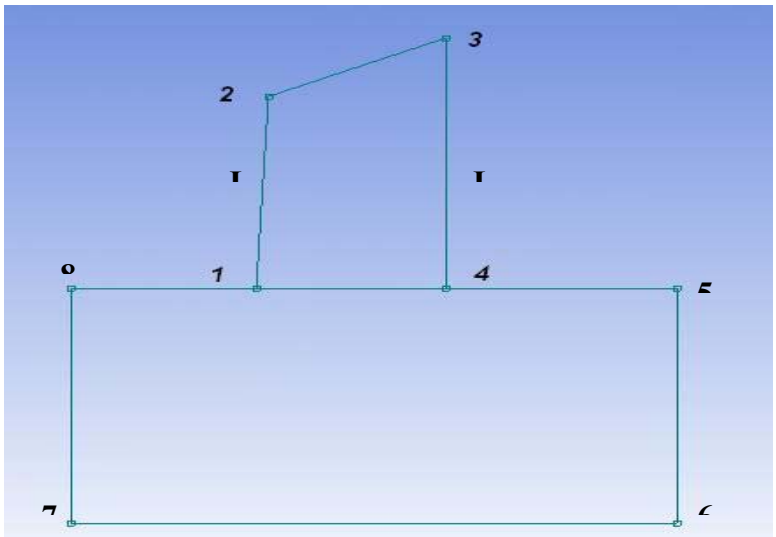
Mouse ile boyutları dikkate almadan A2 alanı için herhangi bir dikdörtgen oluşturun. (Üstteki A1 alanı için de ekranda yer kalmamışsa sol üstteki zoom tuşu ile görüntüyü küçültün bknz: 2.4.4. c adımı)

Şekil 13

Herhangi bir hata yaparsanız : Undo komutunu kullanınız

2.5.2.2 *Sketching >Draw> Polyline*

komutu ile dikdörtgenin üstündeki A1 alanını oluştururuz. Bunun için dikdörtgenin üst çizgisinde şekilde "1" ile gösterilen herhangi bir nokta ve sırasıyla rastgele diğer üç nokta (2, 3 ve 4) tıklayıp sağ tuş menüsünden "open end" i seçelim. (1 ve 4 nolu noktaları üst 5-8 çizgisi renk değiştirdiğinde işaretleyin ki bu noktalar tam çizgi üzerinde olsun)



Şekil-14

2.5.2.3 1. ve 4. noktalar arasındaki doğru parçasını kaldırmak için;

Modify>Trim

komutunu seçerek aradaki çizgiye tıklarız. (Tıklarken üst çizginin tamamı renk değiştirse bile yine 1-4 arası tıklanır. Arada çizgi kalmayana kadar tıklamaya devam edilir.)

EK BİLGİLER

e-6- Herhangi bir çizgi mouse ile çizilirken yanında "V" harfi çıkıyorsa çizgi düşey (**V**ertical) yani y eksenine paralel, "H" harfi çıkıyorsa çizgi yatay(**H**orizontal) yani x eksenine paralel çizilecek demektir..

2.5.3 Geometriye Gerekli Kısıtlamalar (Constraints) Verilmesi

Ana hatları ile oluşturulan geometrimizi, kısıtlamalarla **(Constraints)** istenen şekilde bir geometriye çevirebiliriz. Burada bizim modelimiz için **çizgilerin diklikleri ayarlanacaktır.** Şekil-14 de görülen L1 çizgisini 1-8 çizgisine, L2 çizgisini 4-5 çizgisine dik konuma getireceğiz.

Sketching>Constraints>Perpendicular

komutunu seçtikten sonra L1 çizgisine ve 1-8 çizgisine (dikdörtgenin sol üst çizgisi) ayrı ayrı tıklanır. Böylece bu iki çizgi dik hale gelir. Aynı işlem sağ üst çizgi ve L2 çizgisi için yapılır. Constraints işlemleri bittikten sonra şimdi geometriye istediğimiz ölçüleri verebiliriz.

2.5.4. Ölçülendirme (Gerçek Boyutların Girilmesi)

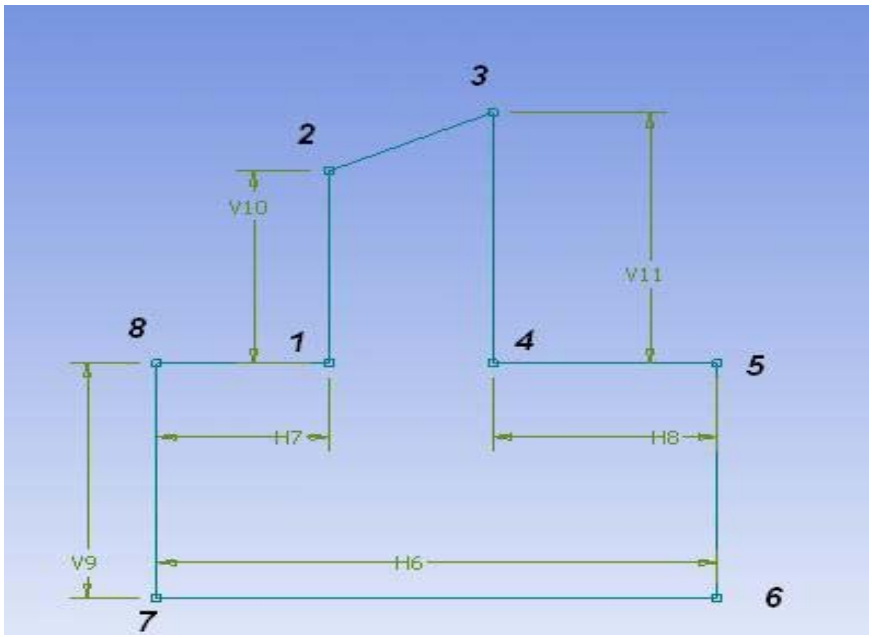
2.5.4.1. *Sketching>Dimensions> Horizontal*

komutu ile yatay çizgileri sembolleyelim

7-8 ve 5-6 düşey çizgilerini sırayla tıklayarak bunlar arasındaki yatay mesafe (H6) yi ekranda çıkan kalemle işaretleyiniz. Aynı işlemleri (7-8, 1-2) ; (3-4, 5-6) düşey çizgilerini işaretleyerek H7 ve H8 uzunlukları için yapınız.

2.5.4.2. *Sketching>Dimensions>Vertical*

Komutu ile de düşey çizgileri sembolleyelim. Şekil 14 da görülen çizgilerden (6-7; 1-8) , (1-8; 2-3) , (2-3 ; 4-5) yatay çizgilerini sırayla işaretleyip her seferinde kalemle uygun yere sembolü yerleştiriniz.



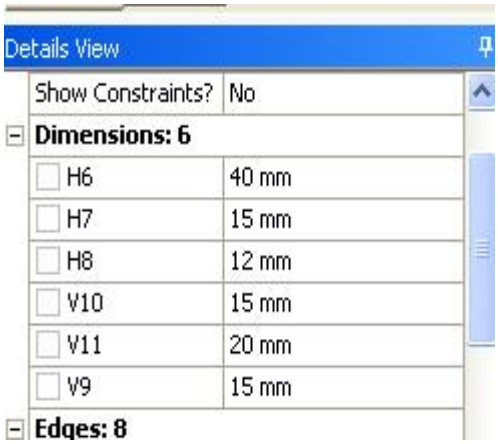
Şekil 15

2.5.4.3 *Sketching>Dimensions> Display*

komutuyla "name" seçeneğinin işaretini kaldırıp, "Value" seçeneğini işaretleyelim. Artık ölçünün adı yerine değeri gözükecektir.

2.5.4.4 Gerçek Boyutların Girilmesi

Son olarak bu ölçülere istediğimiz değerleri atayalım. (ondalıklı sayılarda nokta değil virgül kullanmaya dikkat ediniz.) Sol alt köşede "Details view" bölümünde Dimensions başlığı altında ölçüleri görebiliriz. Bütün verdiğimiz ölçülerin değerlerini geometimize uygun olacak şekilde değiştirelim. Burada değer kutusuna tıkladığımızda, çizimde o ölçü sarı renk ile belirginleşir. Bu sayede hangi ölçünün hangi değerde olacağını anlayabiliriz.



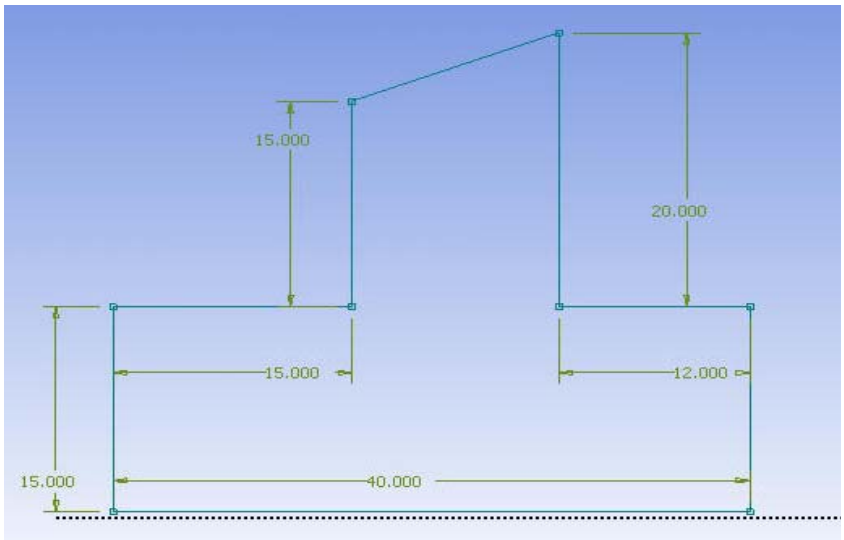
Şekil-16

EK BİLGİLER

e-7 Sizin işlem sıranıza göre çizgilerin isimleri farklı olabilir. Bun nedenle Şekil 15 ve 16 daki boyutları sizdeki isimlere uygun sırayla vermeye dikkat ediniz.

e-8 Bir çizgiyi silmek için ***Sketching>çizgiyi tıkla>sağ tuş>Delete***

Ölçülendirme işlemlerini de bitirdikten sonra ekranda aşağıdaki şekli görürüz. (Şekil 9 da görülen deliği kesit üzerinde oluşturmayı şimdilik unuttuğumuzu farz ediyoruz.)



Şekil 17

2.5.5 Bu geometriyi Save As butonu ile "sketch1" ismi vererek kaydedelim.

2.5.6 Sabit Kesitli Hacim Oluşturma (Extrude)

Extrude komutu ile, hazırlanan kesit alanını kendi düzlemine dik ya da açılı bir eksende uzatarak katı model oluşturabiliriz. Aşağıdaki adımları takip ediniz:

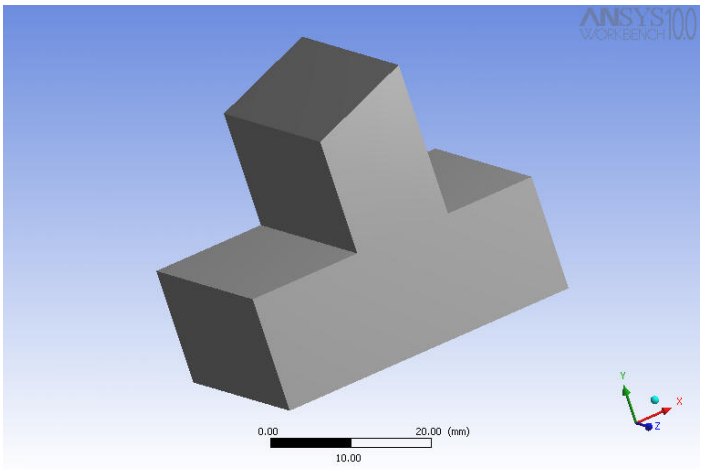
2.5.6.1 Üstteki Extrude butonuna basalım.

2.5.6.2 Sol alt köşede Details View >FD1, Depth satırının hizasında > 30 mm girelim.

2.5.6.3 Generate Generate tuşuna bastığımızda sabit kesitli alanı oluştururuz. Modelimiz oluştu ve Tree Outline da Extrude eklendi. Eğer bu işlemi iptal etmek istersek Outline' da Extrude' un üzerine sağ tıklayıp Delete tuşuna basmanız yeterlidir.

2.5.7 Kontrol Tuşlarıyla Uygulama

Ekranın üstünde bulunan ve 2.4.4 adımında açıklanan , , ,…. gibi görüntü kontrol tuşlarını kullanarak modelinize farklı açılardan bakınız.



Şekil 18

2.5.8 Katı Modelde Geometriyi Değiştirme İşlemi

Bu adımda, unuttuğumuz delik açma ve keskin köşelerin yuvarlatılması işlemlerini gerçekleştireceğiz.

2.5.8.1. Sketching bölümüne geri dönmeden önce çizimi daha rahat yapmamız için, Tree Outline' da "**1 part, 1 body**" üzerine çift tıklayıp altında açılan "**Solid**" e sağ tıklayalım. "**Hide Body**" özelliğini seçelim. Bu özellik sayesinde modelimiz görünmeyecektir.

2.5.8.2. Delik Açma İşlemi

a-) ***Sketching>> Draw >>Circle*** (farenin kalemiyle çiziniz)

Komutuyla altta kalan dikdörtgen alan içine bir çember çizelim Şekil 19. (Yeri başlangıçta rastgele olabilir)

b-) Çemberin merkezinin yan kenara yatay uzaklığını sembolleyelim:

Sketching >Dimensions > Horizontal

(Çemberin merkezi ve sağ düşey çizgi sırayla tıklanır, kalemle sembol uygun yere koyulur.H29. Bu sembol isimleri sizin çalışmanızda farklı olabilir.)

c-) Çemberin merkezinin alt kenara düşey uzaklığını sembolleyelim:

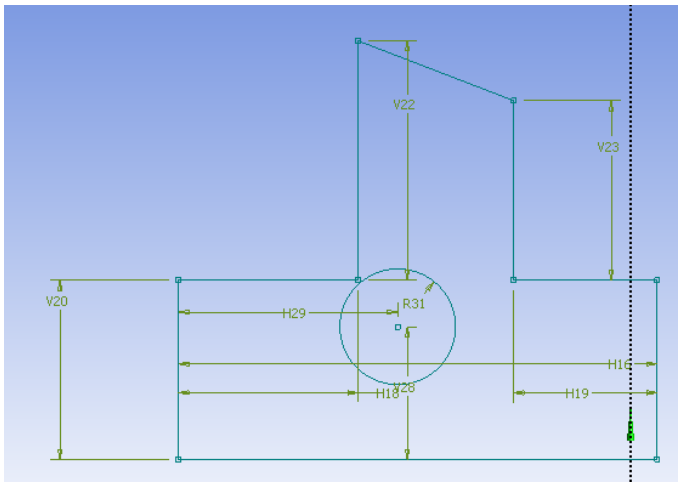
Sketching >Dimensions > Vertical

(Çemberin merkezi ve alt yatay çizgi sırayla tıklanır, kalemle sembol uygun yere koyulur.V28)

d-)Çemberin yarıçapını sembolleyelim:

Sketching >Dimensions >Radius

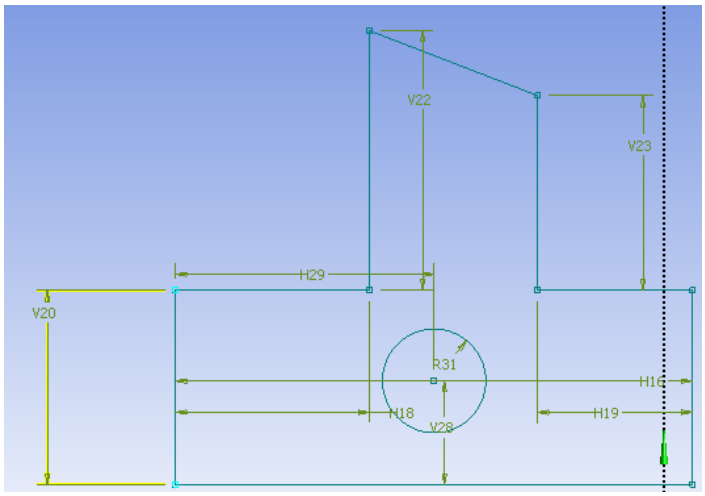
(Çemberin merkezi ve çember sırayla tıklanır, kalemle sembol uygun yere koyulur.R31)



Şekil 19

e-) sağ alttaki Details view dan bu uzaklıkların gerçek değerlerini girelim.

H29 = 20mm, V28=8mm, R31 = 4mm giriniz.



Şekil 20

2.5.8.3 Keskin Köşeleri yuvarlatma (Fillet)

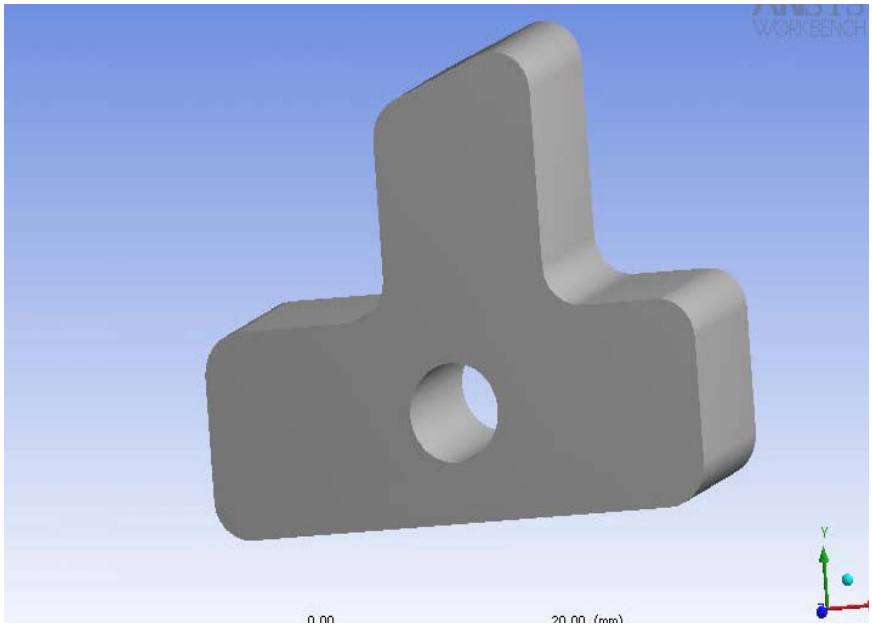
a-) Önce köşe yarıçapı (radyusu) belirlenir.

***Sketching>Modify >Fillet>Radius*>3 mm**

b-) Çizimdeki her köşeyi oluşturan iki çizgiyi sırasıyla tıklayalım. Köşeler 3mm lik yarıçapta yuvarlatılmış olur. Gerekirse farklı yarıçaplar kullanabilirsiniz. (Yuvarlatma gerçekleşmezse Generate tuşunu da kullanmanız gerekebilir.)

2.5.8.4. 2.5.8 adımında buraya kadar Sketch için yaptığımız tüm bu işlemleri solid modele aktarmak için "Generate" tuşuna basınız.

2.5.8.5 Modeling'e dönelim ve Tree Outline da "Solid" e sağ tıklayalım. "Show Body" dediğimizde modelimizi görebiliriz.



Şekil 21

EK BİLGİLER

e-9 Sonuç olarak Sketch Modülüne geçip "Details View" da Kesit boyutlarında uygun değişiklikler yapıp "Generate" tuşuna basarsak solid modele bu değişiklikleri yansıtmış oluruz.

2.5.9 Katı Modeli Bir Düzlemle Kesme İşlemi (Slice)

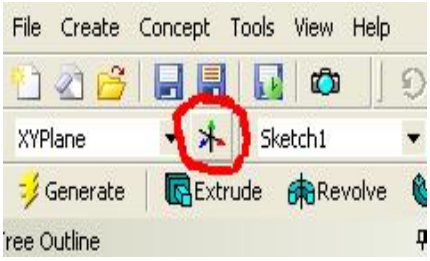
Slice komutu ile modelimizi istediğimiz bir düzlemden ya da yüzeyden kesebiliriz.

2.5.9.1 Komutu uygulamadan önce yukarıdaki Tools menüsünden "**Freeze**" i seçerek modelimizi dondurmamız gerekiyor.

Design Modeller>Tools>Freze

2.5.9.2 Kesme Düzleminin Tanımlanması

Şimdi kesme düzlemini tanımlayalım. Bunun için yeni bir düzlem ekleyeceğiz.



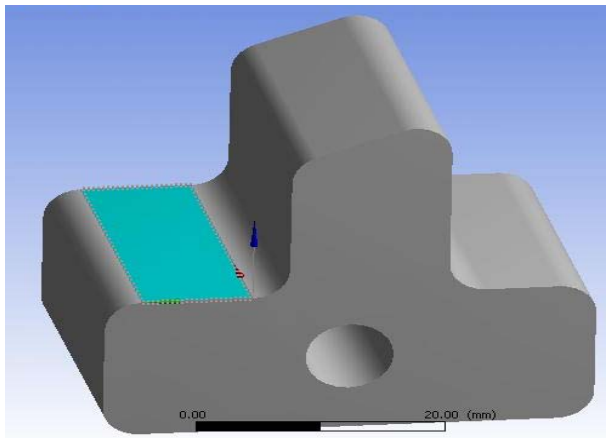
Şekil-22

Details of Plane4	
Plane	Plane6
Type	From Face
Subtype	Outline Plane
Base Face	Not selected
Use Arc Centers for Origin?	Yes
Transform 1 (RMB)	None
Reverse Normal/Z-Axis?	No
Flip XY-Axes?	No

Şekil-23

Şekil 22 de görülen "New Plane" butonuna basalım. Tree outline' da "Plane4" olarak yeni düzlemimiz eklendi. Ancak şu an için bu düzlem bizim temel düzlemimiz olan XY düzlemi ile aynıdır. Bu düzlemi istediğimiz yere taşımak için sol alttaki "Details View" a gelelim (Şekil-23). Burada "**Type**" kısmı From plane olarak seçilmiş, From Plane bir kere tıklayıp ve "**From Face**" i seçelim.Bu kesme düzlemini modelde mevcut bir düzlemle tanımlayacağız manasına gelir. Base Face kısmı sarı olarak işaretlendi. Yüzeyin tanımlanmadığını belirtiyor.

Buraya bir kez tıklayıp yandaki Şekil-24 deki modelde görülen yüzeyi tıklayarak seçelim. Şimdi kesme düzlemimiz bu düzleme paralel ve onunla aynı yükseklikte oldu. Görülen koordinatlar kesme düzlemimizin yerini gösterir. Daha sonra "Base Face" e gelip "Apply" tuşuna son olarakta "Generate" tuşuna basalım. Artık modelimiz Slice işlemi için hazırdır.

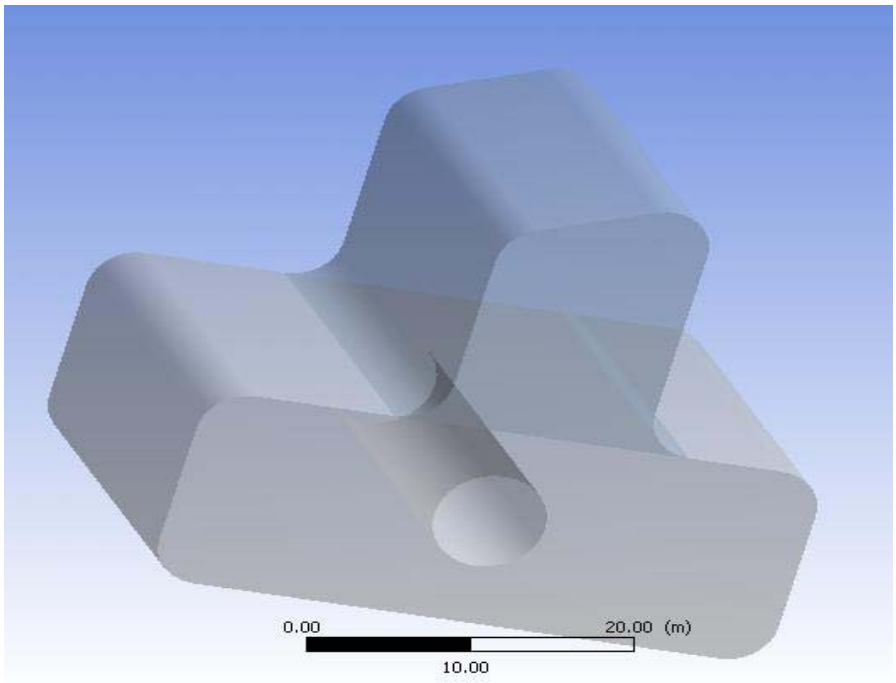


Şekil-24

2.5.9.3 Kesme (Slice) İşlemi

Üst menuden **Create >Slice**

Details View' da "Base Plane" i, yani kesme işlemi için ana düzlemi soruyor. Tree Outline' dan "**Plane4**" ü tıklayıp "**Apply**" tuşuna basalım. Kesme düzlemimiz de tanımlandı. "Generate" tuşuna basabiliriz.



Şekil 25

Bu şekilde modelimizi iki farklı hacimden oluşturduk.

2.5.10 Bu geometriyi Save As butonu ile "extrude1" ismi vererek kaydedelim.

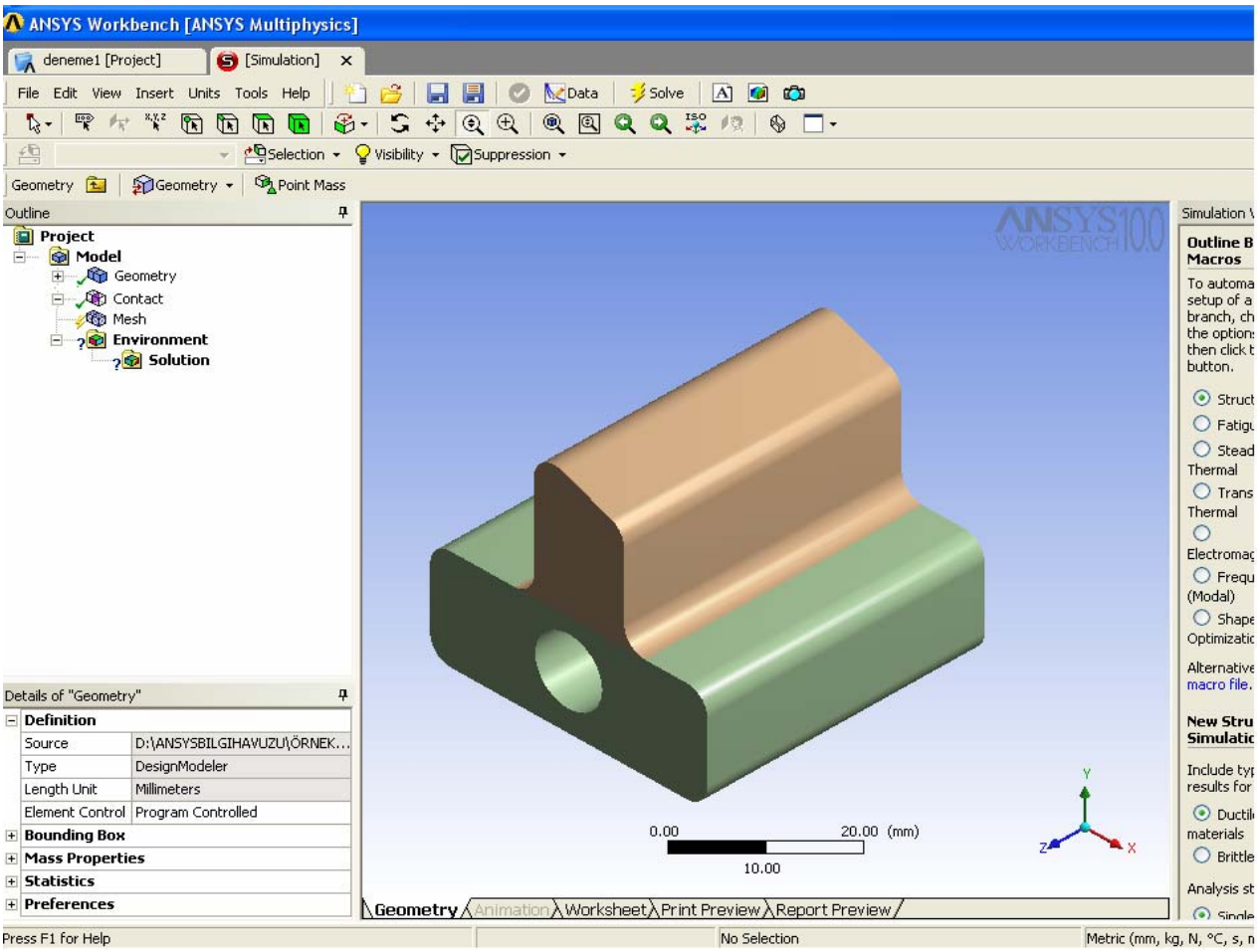
2.6 Analiz İşlemleri ve Sonuçların Değerlendirilmesi (Simulation)

Simulation modülünde, hazırladığımız modelle ilgili girdileri uyguladıktan sonra analiz işlemlerini gerçekleştireceğiz ve sonuçları görüp inceleyeceğiz.

Modülü çalıştırmak için Project sekmesine gelip "deneme1" altında "extrude1" isimli modelimiz seçiliyken soldaki menüden "New Simulation" ı tıklayalım.

Şekil 26

Modelimizin de görüleceği aşağıdaki Simulation ekranı açılacaktır.



Şekil 27

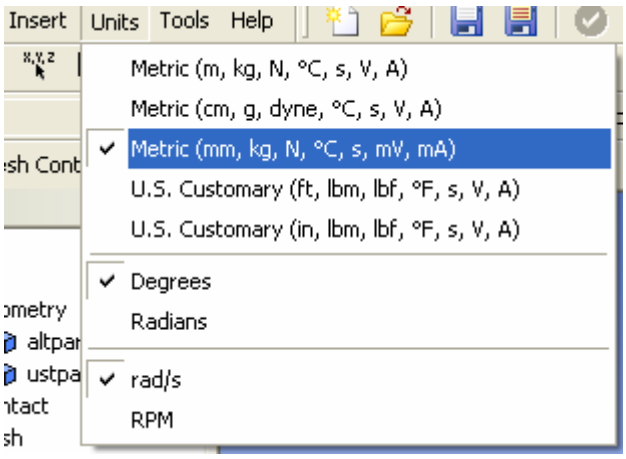
Bu modülde yapılan işlemler ayrıca .dsdb uzantılı kaydedilir.

2.6.1 Malzeme Özelliklerinin Atanması

Modelimizde alt ve üst hacimler için iki farklı malzeme kullanacağız.

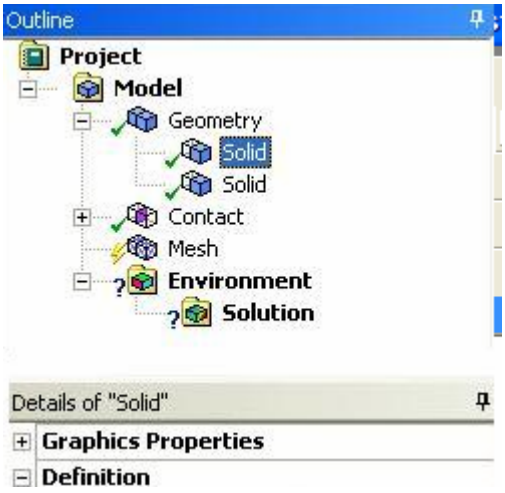
2.6.1.1 Birim seçimi

Öncelikle üst menudeki Units den Metric (mm, kg, N, C,…) seçilir.



Şekil 28

2.6.1.2 Parçalara İsim Verme

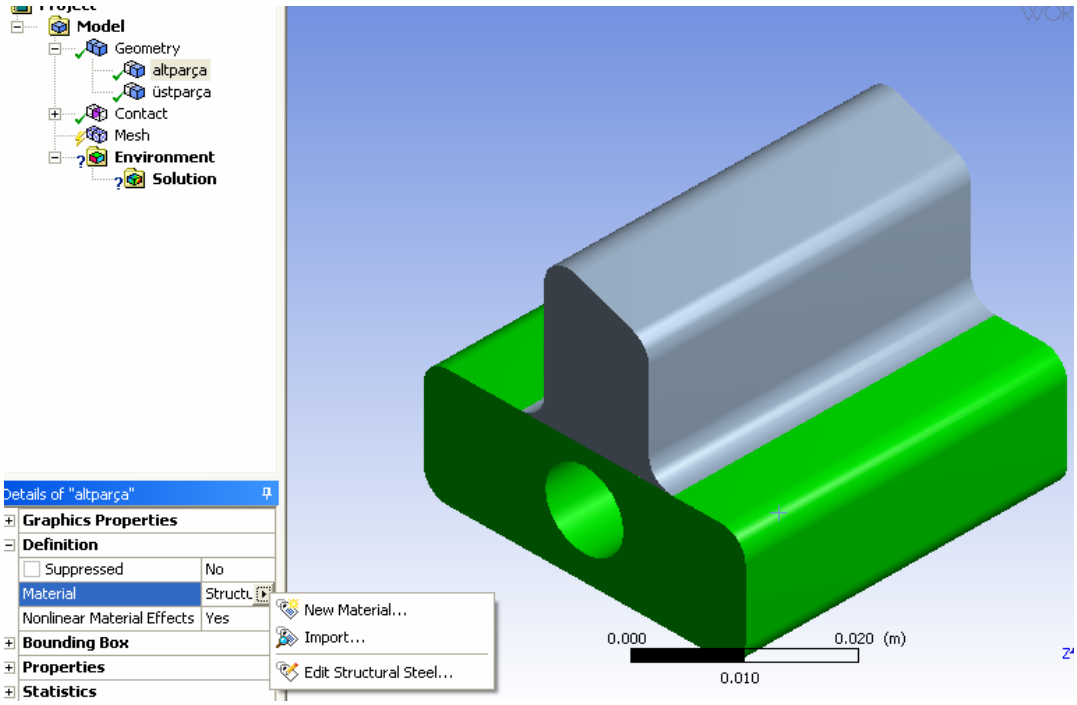


Şekil 29

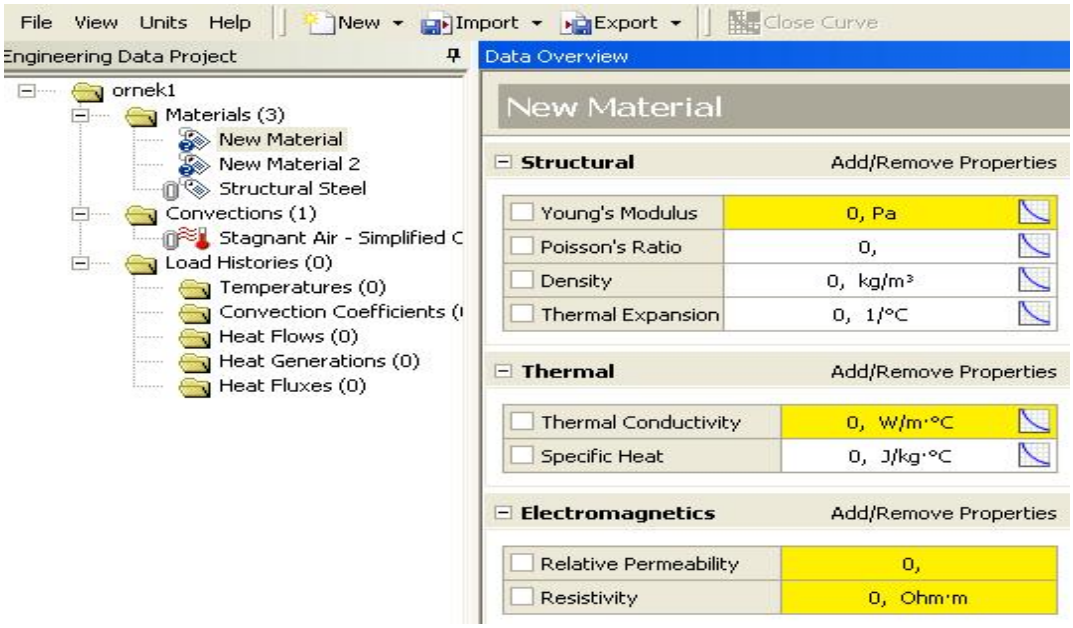
Malzeme özelliklerini atamadan önce bir karışıklık olmaması için hacimlerimize isim verelim. Tree Outline kısmında Geometry' nin altında iki ayrı solid gözükür. Seçtiğimiz solid modeli yeşil renk ile belirginleşecek. Alt parça yeşil renk iken ona ait solid yazısının üzerinde sağ tıklayıp " Rename" diyelim. Bu solid' e "alt parça" ismini verelim, aynı işlemi diğer solid için de yapıp "üst parça" ismini verelim.

2.6.1.3 Herbir Hacmin Malzeme Özelliklerinin Girilmesi.

a-) ***Outline>Geometry>altparça*** yazısını tıklayıp bu parçayı seçmiş oluruz (rengi değişecektir) Details kısmındaki "Material" a tıklayalım. Sağındaki kutucuğu tekrar tıkladığınızda açılan oku tıkladıktan sonra "New Material" ı seçelim. "Engineering Data" modülü açılacak.



Şekil 30



Şekil 31 Engineering Data

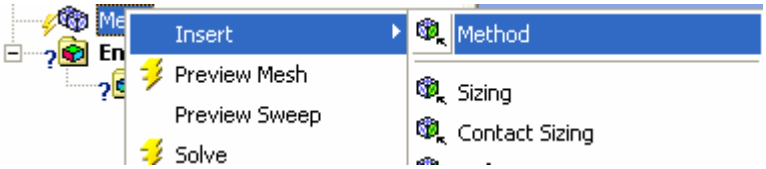
b-) Young(Elastiklik) modülüne 200000 MPa (N / mm^2) , Poisson oranına 0,3 girelim. Analiz tipine göre istenirse diğer özellikler de girilebilir. Bizim örneğimizde diğer özellikleri girmemize gerek yoktur. (Plastik ve Isıl özelliklerin girilmesi Örnek 2 de anlatılacaktır.)

c-) Pencereyi kapatmadan üstten [Simulation] modülüne geçip "üst parça" içinde aynı işlemi gerçekleştirelim. Bu malzeme özellikleri için Young modülüne 100000 MPa, Poisson oranına 0,4 girelim. Özellikleri girdikten sonra "[Engineering Data]" penceresini kapatabiliriz.

2.6.2 Save as butonuna tıklayıp simulation şimdiye kadarki işlemlerini "analiz1.dsdb" ismiyle kaydedelim.

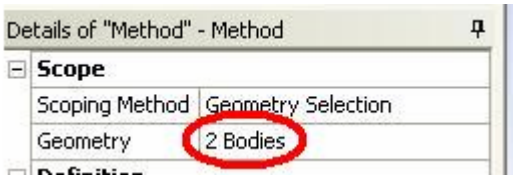
2.6.3 Elemanlara Ayırma (Meshing)

2.6.3.1 [Simulation] modülüne girerek. Tree Outline' da bulunan Mesh' in üzerinde iken sağ tıklayıp,. **Insert > Method** seçilir.

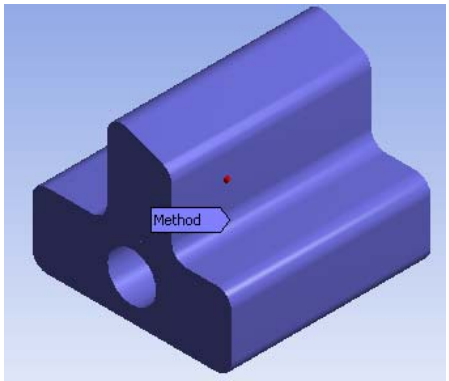


Şekil 32

2.6.3.2 Details of Method kısmında, Geometry kısmı sarı zeminli olduğundan aktiftir. "No Selection" kısmını tıklayıp Apply tuşuna basarız. Ctrl tuşu basılı iken her iki parçayı da fare ile ekrandan seçeriz.Bu şekilde iki hacmimiz de aynı tipten elemanlara ayrılacaktır. Burada aynı modeldeki farklı hacimlerde farklı eleman tipi kullanabileceğimiz sonucu da anlaşılmalıdır. (Seçme işleminde kontrol tuşlarından birisi mesela aktif ise ve üzerine basıldığında pasif duruma geçmiyorsa, sol üstteki single select Single Select tuşuna bir kere basmanız gerekebilir.)

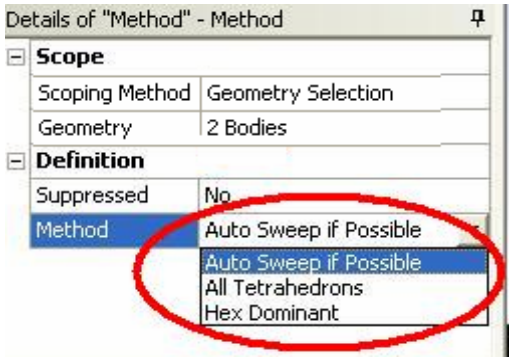


Şekil 33



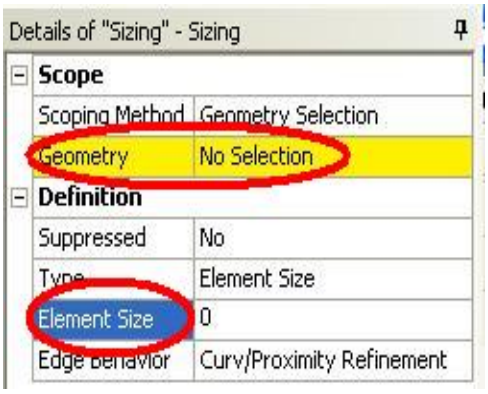
Şekil 34

2.6.3.3. Details of Method kısmında Method butonunu tıklayalım. Yanındaki kutucukta eleman tipleri görülecektir. "All Tetrahedrons" seçersek üçgen, "Hex Dominant" seçersek dörtgen şekilli elemanlara böler. Biz bu örnekte "Hex Dominant" seçelim.



Şekil 35

2.6.3.4. Eleman Boyutunun Ayarlanması



Şekil 36

Tree Outline daki Mesh' in üzerine tekrar sağ tıklayarak ***Insert > Sizing*** seçelim. Details de Geometry>No Selection kutucuğunu tıklayıp Apply tuşunun görünmesini sağladıktan sonra, fare ile "üst parça" yı ekrandan tıklayıp seçelim. Element size' a ise eleman boyutunu gireceğiz. Buraya da 10 (mm) girelim. (ondalıklı sayılarda nokta değil virgül kullanmaya dikkat ediniz) Bu elemanın bir kenarının alması gereken maksimum uzunluğu gösterir. Böylece üst parça elemanlara ayrılmaya hazır hale geldi.Aynı işlemi ***Mesh>Insert >Sizing*** den itibaren alt parça için tekrarlayarak bir tane daha "Sizing" ekleyelim. "Alt parça" yı seçip boyut olarak 5 (mm) girelim.

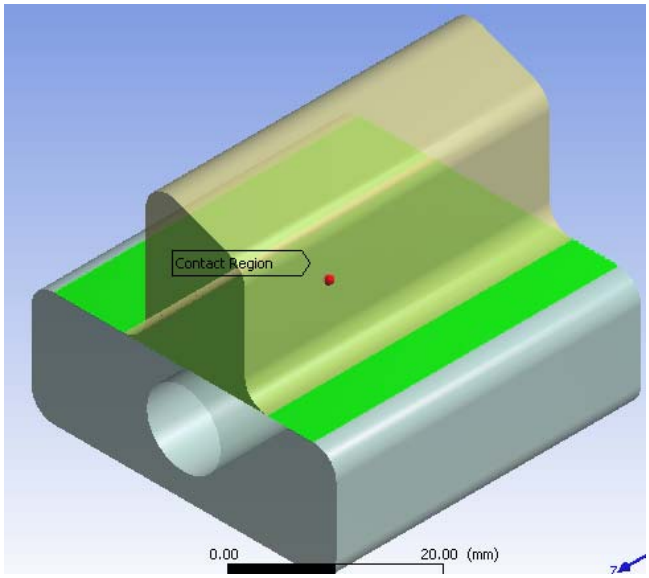
2.6.3.5. Kontak Bölgesinin ve Elemanlarının Tanımlanması

İki parçanın temas yüzeylerindeki elemanların sayısının, çözüm hassasiyeti açısından daha fazla olmasında fayda vardır.

Bunun için Mesh üzerine sağ tıklayıp, ***Insert > Contact Sizing*** seçelim. Details kısmında, "Contact Region" sarı zeminde ise None yazan kutucuğu işaretleyelim ve Contact Region konumuna getirelim.. Eleman boyutu olarak 1 (mm) girelim.

Şekil 37

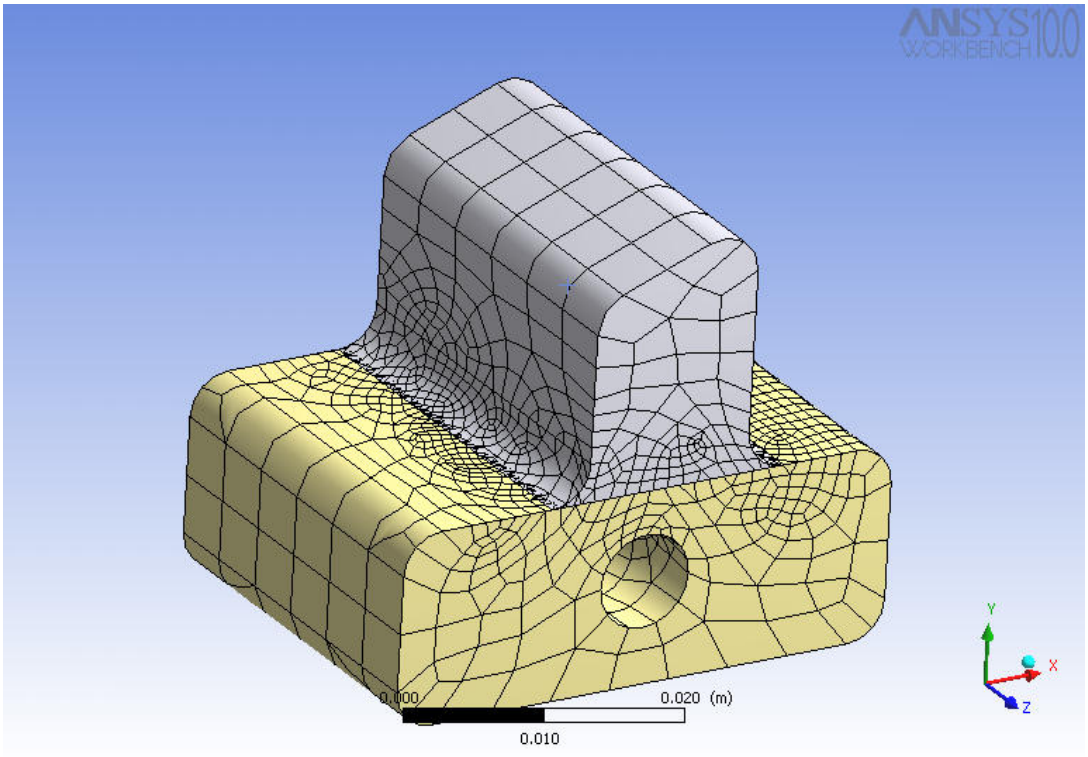
Bu sırada modelde kontak yüzeyi farklı renkte görülmelidir. Eğer Contact Region çıkmıyorsa ***Tree outline'da Contact üzerinde sağ tuş*** > ***Create Auotomatic Contact*** tuşuna basınız. (Burada da çıkmazsa modelinizde bir problem olabilir)



Şekil 38

2.6.3.6. Elemanlara Ayırma

Mesh girdi işlemleri bitti. ***Tree Outline da Mesh üzerine sağ tıklayıp, "Preview Mesh***" i seçersek modelimizi elemanlara ayırma işlemini yaptırırız. (Bu işlem bittiğinde elemanlar görünmüyorsa Tree Outline daki Mesh butonuna basınız.) Resimde görüldüğü gibi, "Contact Sizing" eklediğimiz temas yüzeyleri daha küçük boyutlu elemanlara bölündü.



Şekil 39

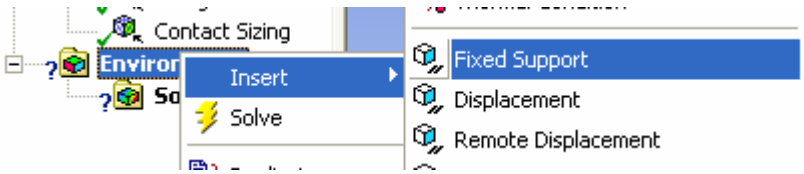
Her analizde "***Preview Mesh***" işlemini yapmak zorunlu değildir. Eleman sayısı çok fazla, modelin şekli karmaşık ise, bilgisayarınızın kapasitesine göre mesh işlemi daha uzun sürebilir. Eleman sayısının artması çözüm hassasiyetini arttıracak ancak işlem süresini uzatacaktır.

2.6.4. Sınır Şartlarının Girilmesi

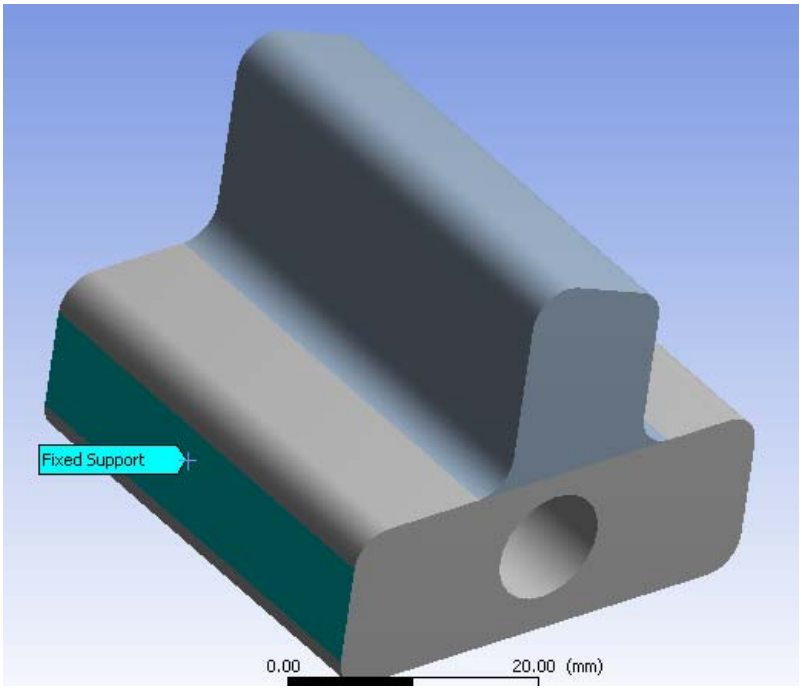
Şekil 9 da gösterilen sınır şartları ve dış kuvvetleri modele gireceğiz.

2.6.4.1 Alt parçanın sol kısmında bulunan dik yüzeyi ankastre yapalım.

Environment (sağ tuş) > Insert > Fixed Support



Şekil 40



Şekil 41

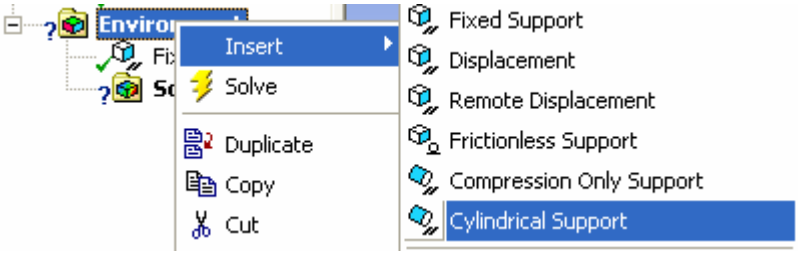
Bu yüzeyi tıklayıp sol alttaki Details kısmında apply tuşuna basalım geometri olarak bu yüzeyi seçelim.

EK BİLGİLER

e-10 Ekranda yüzey yerine hacimler tıklanıyorsa, yüzeyi seçmek için fare ekran üzerinde iken ***sağ tuş>Cursor Mode> Face*** veya

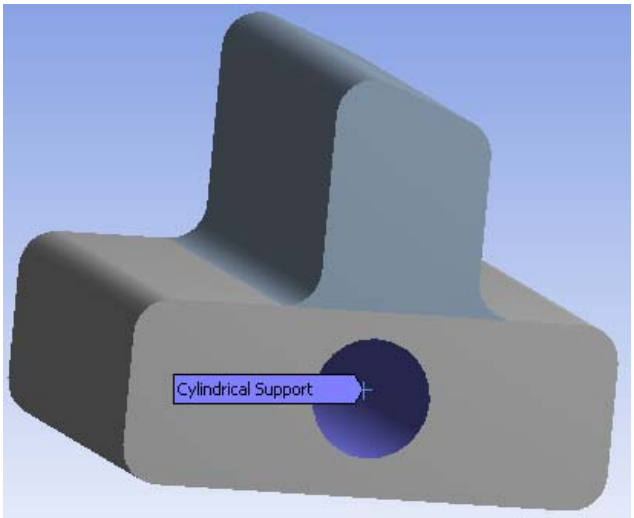
2.6.4.2. Delik çevresindeki düğümleri radyal yönde sabitleyelim;

Environment (sağ tuş) > Insert > Cylindrical Support



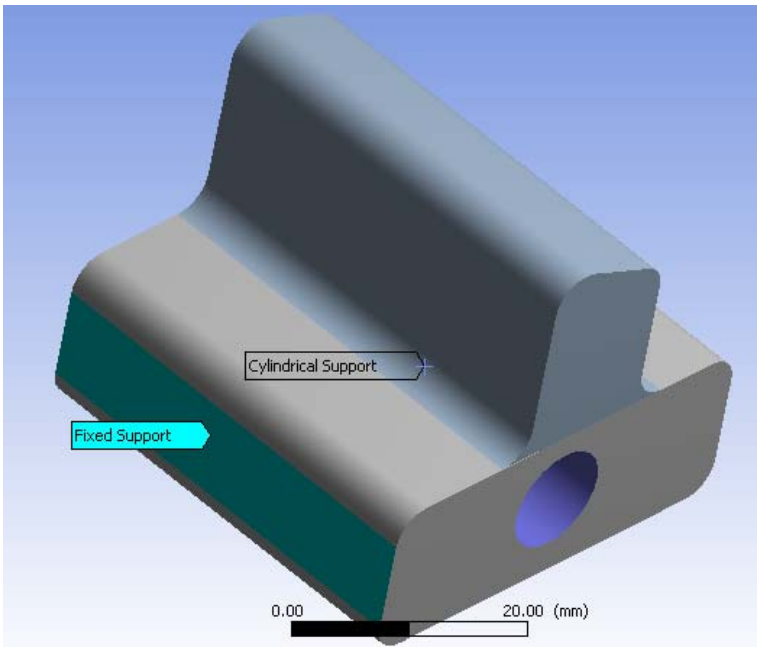
Şekil 42

Delik iç yüzeyini fare ile seçip yine Details kısmındaki Apply tuşuna basarız. (Öncelikle Details>Geometry> "No Selection" kutucuğunu işaretleyip Apply tuşunu görünür hale getirmemiz gerekebilir. Ayrıca alan seçilmiyorsa üstten bir kez tuşuna basınız.)



Şekil 43

Outline>Environment tek tıklarsak tüm sınır şartlarını aşağıdaki gibi görebiliriz.



Şekil 44

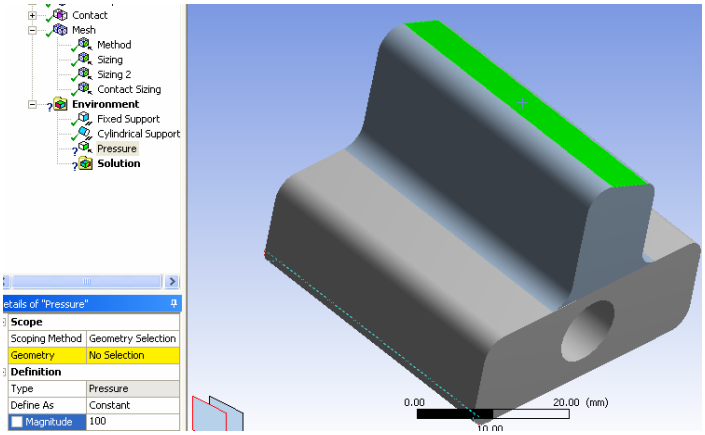
2.6.5. Dış Yüklerin Girilmesi

2.6.5.1. Basınç Uygulanması

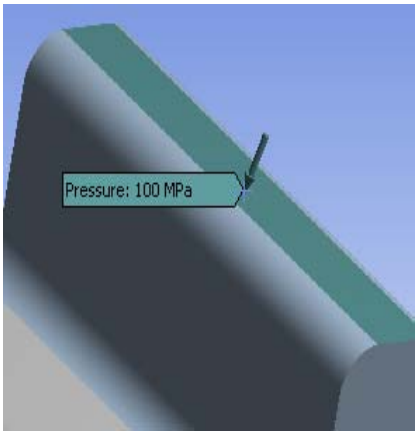
Üst Parçanın üst yüzeyine P= 100 MPa şiddetinde basınç uygulayalım.

Environment (sağ tuş) > Insert > Pressure

Details kısmında "No Selection" kutucuğunu işaretleyip sonra bu yüzeyi tıklayarak seçelim ve **Apply** tuşuna basalım., "Magnitude" olarakta 100 (MPa) değerimizi girelim.



Şekil 45

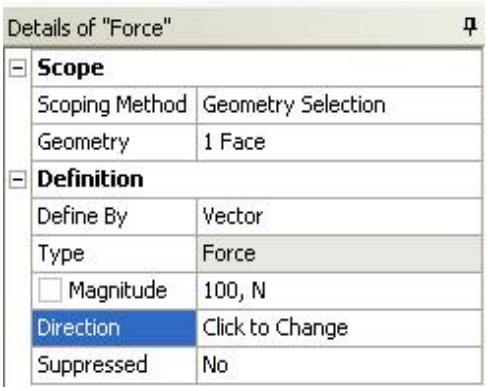


Şekil 46

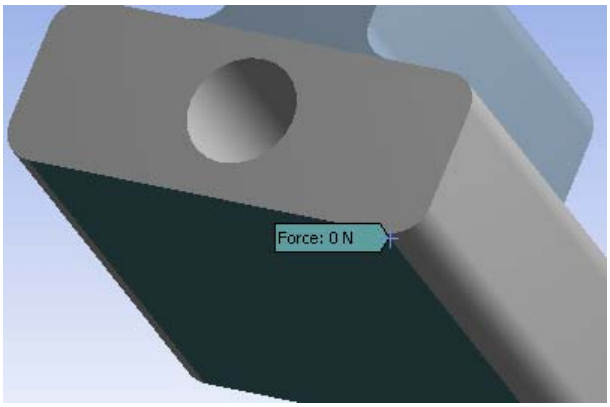
2.6.5.2 Tekil Yük Uygulanması

Alt parça tabanında sağ uç noktaya F=100 N şiddetinde tekil yük uygulayalım.

Environment (sağ tuş) > Insert > Force



Şekil 47



Şekil 48

Önce alt köşe noktanın bulunduğu alanlardan birisini (mesela alt tabanı) seçeriz. Bu tekil kuvveti bu alan üzerinde bir noktaya uygulayacağız anlamına gelir. Şimdi bu vaziyette iken kuvvet uygulayacağımız noktayı tıklarız. + işareti o noktaya kayar. Details da Geomertrinin sağındaki kutucuğu tıkladığımızda çıkan apply tuşuna basarız. Kuvvet o noktaya atanır. Ancak şiddetini henüz girmemişsek değeri sıfır olarak görülebilir ki bu önemli değildir.

Kuvveti bileşenleri cinsinden yazmak daha uygun olacaktır.

Details of Force >Defined By>Components

X Bileşeni = -50N

Y bileşeni = 100N

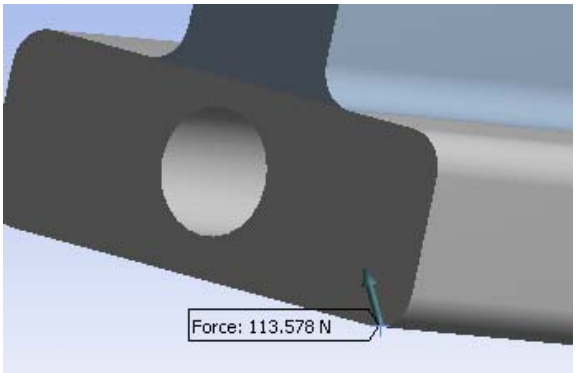
Z bileşeni = 20N

olacak şekilde kuvvet bileşenleri aşağıdaki gibi girilir.

Details of "Force"

Scoping Method	Geometry Sel...
Geometry	1 Face
Definition	
Define By	Components
Type	Force
X Component	-50, N
Y Component	100, N
Z Component	20, N
Suppressed	No

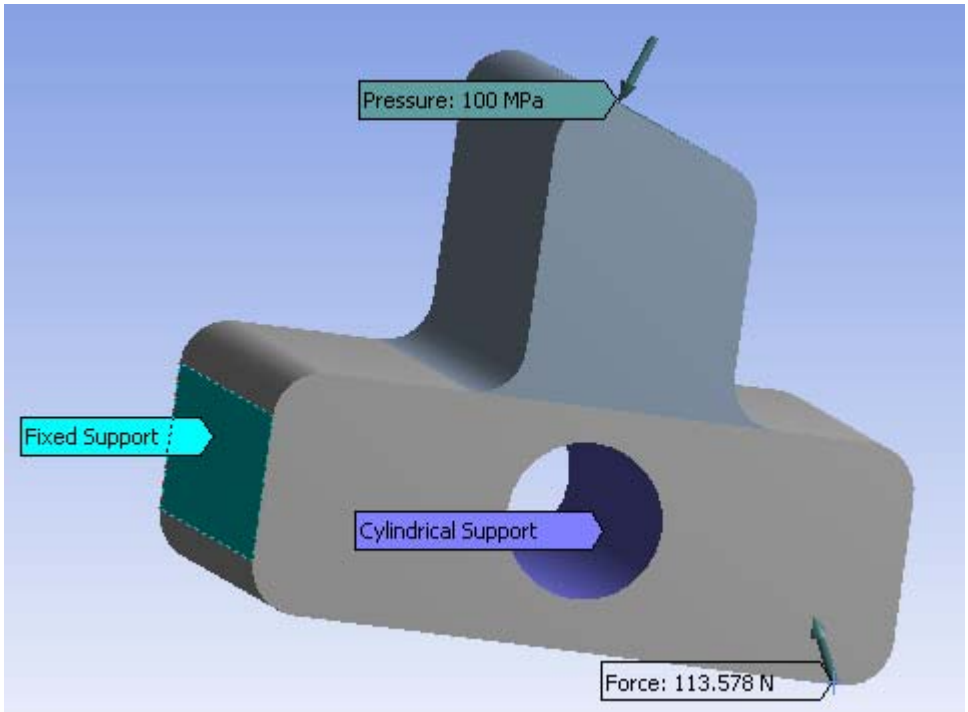
Şekil 49



Şekil 50

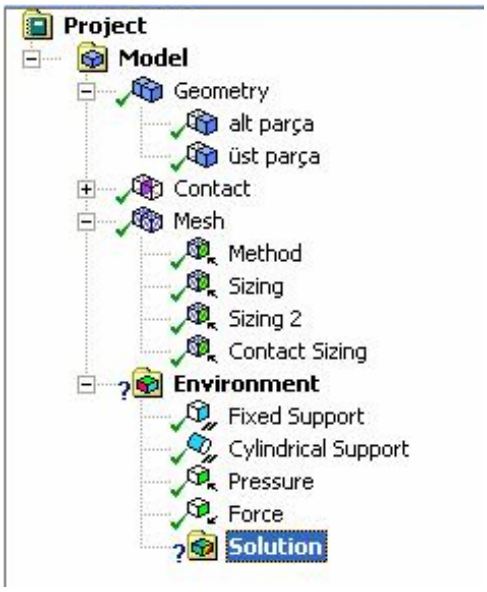
Bu durumda ekranda bileşke kuvvet,yönü ve şiddetiyle birlikte görülecektir.

2.6.5.3 Enviroment ı tek tıklayıp tüm sınır şartlarını ve dış yükleri aşağıdaki gibi görebiliriz.



Şekil 51

2.6.6 Çözüm öncesi, Outline kısmında şimdiye kadar yaptığımız adımları tek tek görebilir, değişiklik yapabiliriz.

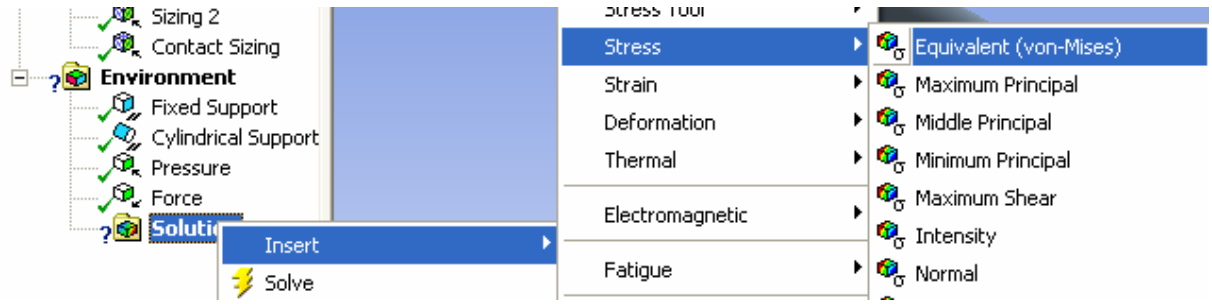


Şekil 52

2.6.7 Çözüm (Solutıon)

2.6.7.1. İstenen Sonuçların Önceden Belirtilmesi

Çözümü yapmadan önce "Solution" kısmında ne tür sonuçlar istediğimizi tanımlarız. Bu örnekte Von-Mises (Eşdeğer) gerilmeleri, maksimum kayma gerilmeleri ve Eşdeğer Elastik Birim Uzamaları çözümde alalım.



Şekil 53

2.6.7.1.1. Tüm Model Çözümü İçin Sonuçların İstenmesi;

Solution (sağ tuş) > Insert > Stress > Equivalent (Von-Mises)

Solution (sağ tuş) > Insert > Stress > Maximum Shear (maksimum kayma gerilmesi)

Solution (sağ tuş) > Insert > Strain> Equivalent Elastic Strain

2.6.7.1.2 Modeldeki Bir Parça İçin Sonuçların Çözümden Önce İstenmesi;

a-) Sadece üst parçadaki Eşdeğer Gerilmeleri görmek için;

-Solution (sağ tuş) > Insert > Stress > Equivalent (Von-Mises)

-Details of Equivalent Stress2-Geometry>All Bodies-tıkla>üstparça yı tıkla >Apply

b-) Bu gerilmelere yeni bir isim verelim

Solution>Equivalent Stress2>sağ-tuş>Rename>Equivalent Stress-altparca

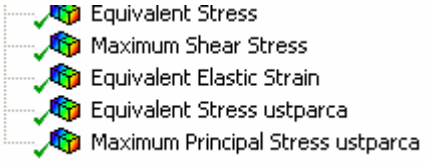
c-) Alt parça için de maksimum asal gerilmeyi aynı şekilde hesaplatalım.

-Solution (sağ tuş) > Insert > Stress > Maximum Principal Stress

-Details of Maximum Principal Stress -Geometry>All Bodies-tıkla>altparça yı tıkla >Apply

Bunun gibi farklı sonuçları modelin tamamı veya bir parçası için görebiliriz.

d-) Aşağıdaki sonuçları isteyelim.



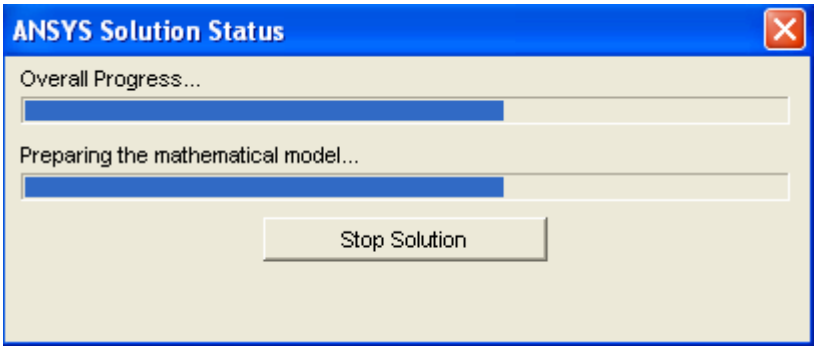
Şekil 54

Artık çözümü yapabiliriz;

2.6.7.2 Çözümün Yapılması

Solution (sağ tuş) > Solve

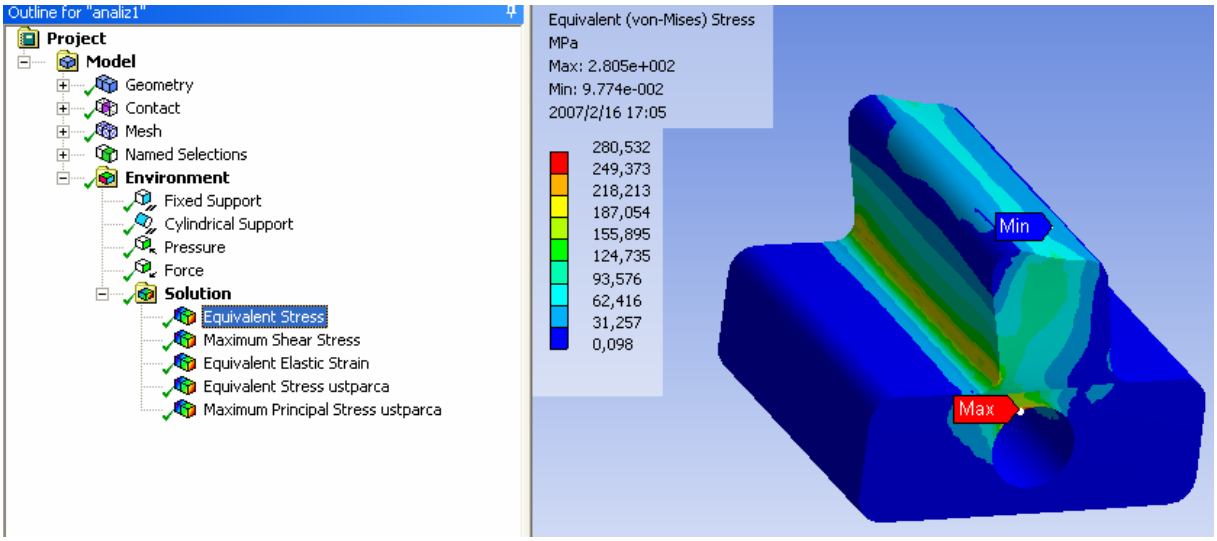
komutuyla çözümümüz başlar. Aşağıdaki gibi bir pencere çözüm sırasında gözükecektir.



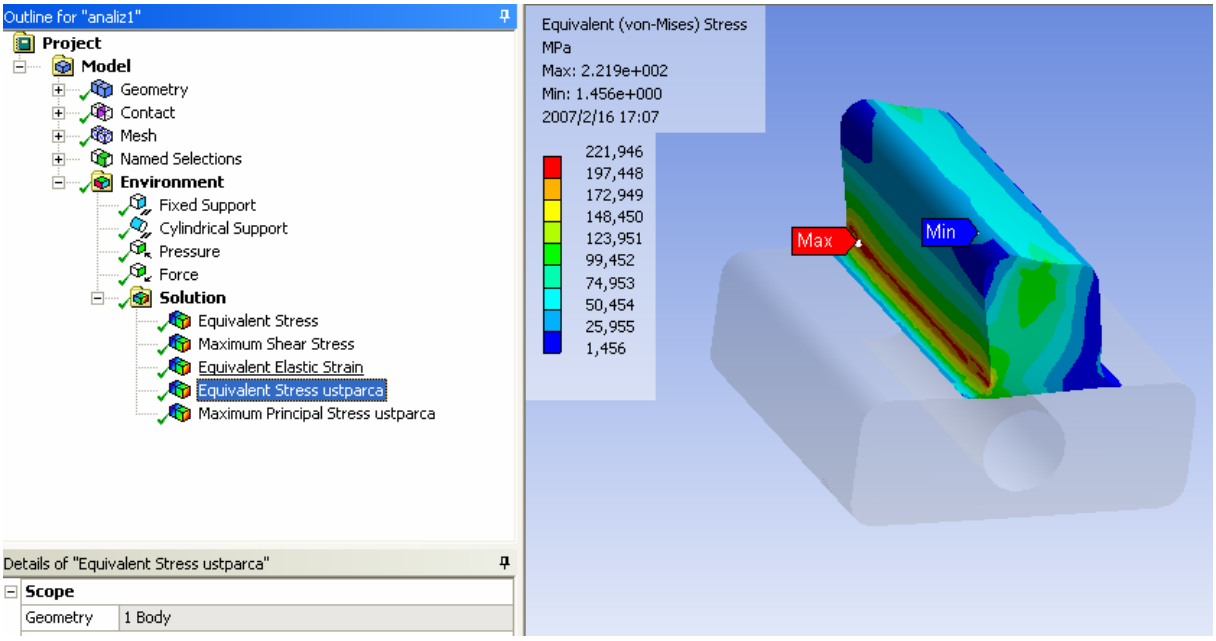
Şekil 55

2.6.8. Sonuçların Görüntülenmesi

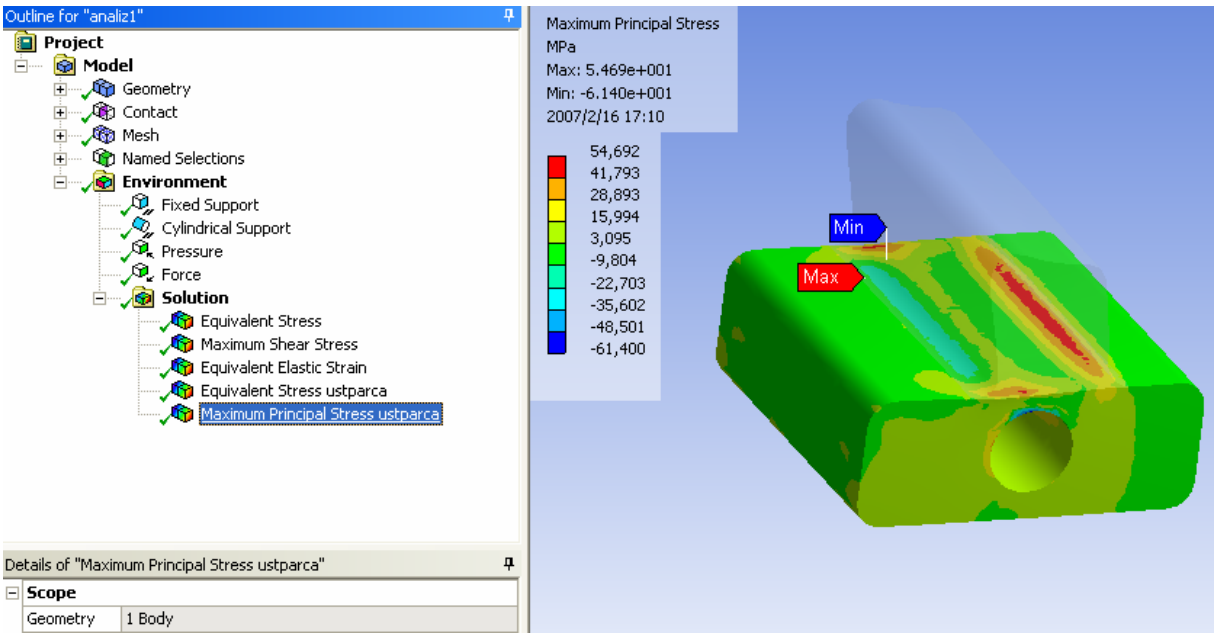
Outline da “Solution” a eklediğimiz sonuçların (Von-Mises, Max.Shear, vs..) üzerine sırasıyla tıklarsak modelde bu sonuçların dağılımını görebiliriz. Model üzerinde her değer farklı bir renk ile temsil edilir. Sol üst köşede ise bu renk skalasını görebiliriz.



Şekil 56 Tüm modelde Von-Mises Gerilmeleri (MPa)

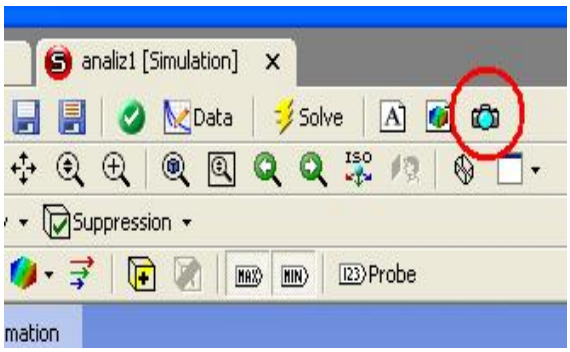


Şekil 57 Üst parçada Von-Mises Gerilmeleri (MPa)



Şekil 58 Alt parçada Maksimum Asal Gerilmeler (MPa)

2.6.9 Görüntüleri Resim Dosyası Olarak Kaydetmek



Şekil 59

Yukarıdaki araç çubuğunda fotoğraf makinası şeklindeki Capture tuşuna basarak ekrandaki görüntüyü resim dosyası olarak istediğimiz yere ve istediğimiz formatta kaydedebiliriz.

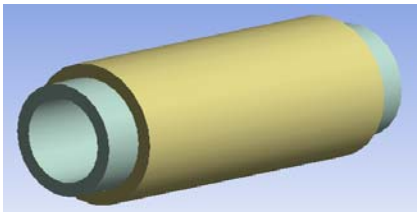
3. ÖRNEK 2

KARARLI REJİM (STEADY-STATE) DURUMUNDA, ELASTO-PLASTİK, ISIL GERİLME ANALİZİ

Kararlı rejim durumunda sistem üzerindeki noktaların sıcaklıkları birbirlerinden farlı olabilir ancak herbir noktanin sıcaklığı zaman içinde değişmez. Bir borudan sabit sıcaklıkta akışkan geçtiğinde oluşan durum buna örnek olarak verilebilir. Ancak bir fırından çıkarılıp oda ortamında soğumaya bırakılan bir cisimde ise herbir noktanın sıcaklığı zamanla değişeceğinden kararlı rejim durumu sözkonusu olmayacaktır. Bu problemi zamana bağlı (transient) çözmemiz gerekir.

3.1 Problemin Tanıtımı:

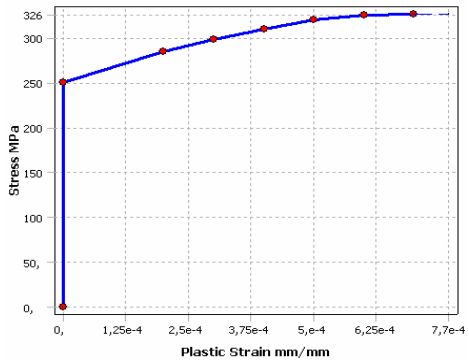
İçinden 200 ^{o}C sıcaklıkta akışkanın geçtiği çelik borunun bir kısmı ısı izolasyon malzemesiyle kaplanmıştır. Sistem soğuk bir ortamda bulunmaktadır. Bu durumda her iki malzemede oluşan gerilmelerin ve deformasyonların hesaplanması yapılacaktır.



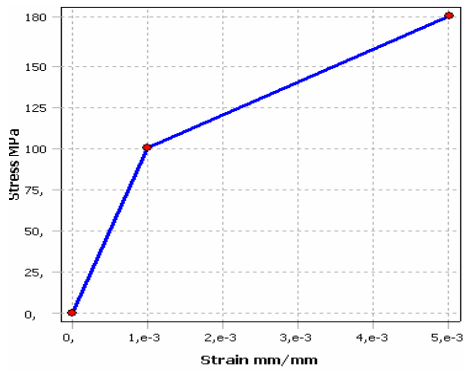
Şekil 60

	Boyutlar (mm)			Mekanik Özellikler		Isıl Özellikler			
	Boy	İç Çap	Dış Çap	E (GPa) (Elast.Modülü)	υ (Poisson Oranı)	α (1 / ^{o}C) (ısıl genleşme kats.)	k (W/mm ^{o}C) (iletkenlik)	Cp (J/kg ^{o}C) (özgül ısı)	d (kg/mm^{3}) yoğunluk
Boru	500	60	80	200	0.3	1.2x10^{-5}	6.05x10^{-2}	434	7.85x10^{-6}
İzolasyon	400	80	100	20 C: 150 150 C: 130 220 C: 120 300 C: 115	0.4	2x10^{-6}	2x10^{-3}	300	5x10-6

Plastik Bölge Özellikleri	
Boru	İzolasyon
Multilinear izotropic Hardening (Plastik bölge bir eğri ile tanımlanır) Akma gerilmesi :250MPa	Bilinear İzotropic Hardening (Plastik bölge bir doğru ile tanımlanabilir) Akma gerilmesi:100MPa,Tangent Modülü :100GPa



Şekil 61



Şekil 62

3.2 Dönel Simetrik (Silindirik) Hacim Oluşturma (Revolve)

3.2.1 Workbench'de yeni bir proje açalım. 1.1 adımdaki gibi WorkBench'e girdikten sonra Empty Project

3.2.2 Bu projemizi isil-gerilme-analizi isminde kaydedelim.

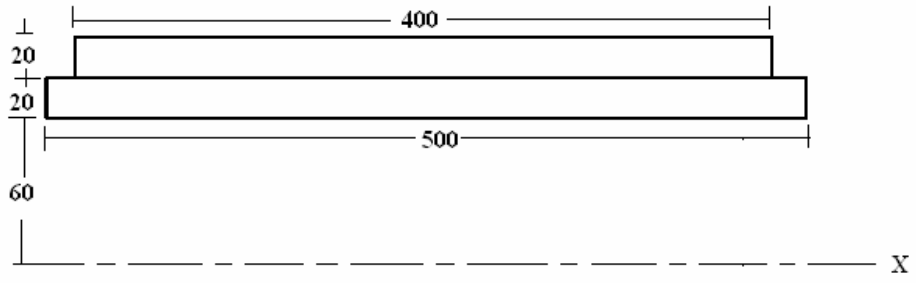
(isilgerilme)

3.2.3 Create DesignModeler Geometry
New geometry Yeni bir geometri oluşturacağız.

3.2.4 XY düzleminde çalışalım.

3.2.5 Sketching Çizim moduna geçelim.

3.2.6 Şekildeki kesiti oluşturacağız. (3.2.7 adımında bu kesit X ekseni etrafında 360° döndürülerek silindirik hacimlerimiz elde edilecek)



Şekil 63

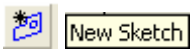
Bunun için kesiti önce genel hatlarıyla çizelim.

3.2.6.1. Borunun kesiti için bir dikdörtgen çizelim.

***Sketch>Rectangle>*Kalemle ekranda çizilir.**

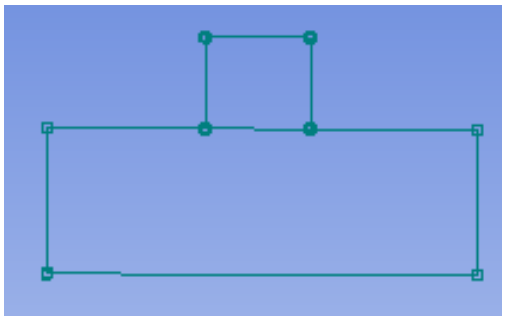
Şekil 64

3.2.6.2 Üstteki dikdörtgen farklı malzemeden olduğu için farklı bir Sketch'de çizilir.



3.2.6.3 ***Sketch-2 >Rectangle>*Kalemle ekranda çizilir.**

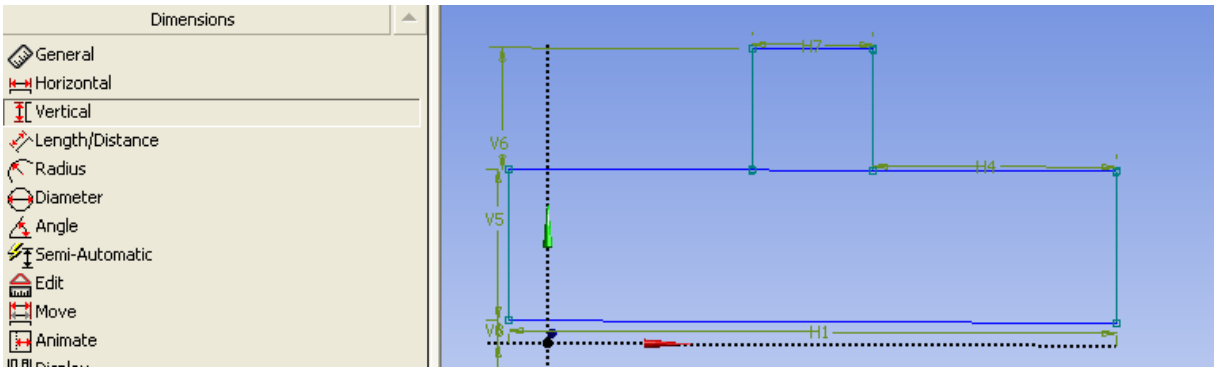
Sketch 1 i görüyorken diğer dikdörtgeni çizelim. (Alt dikdörtgenin üst çizgisinin rengi değiştiğinde dikdörtgeni çizmeliyiz ki noktalar çizgi üstünde olsun)



Şekil 65

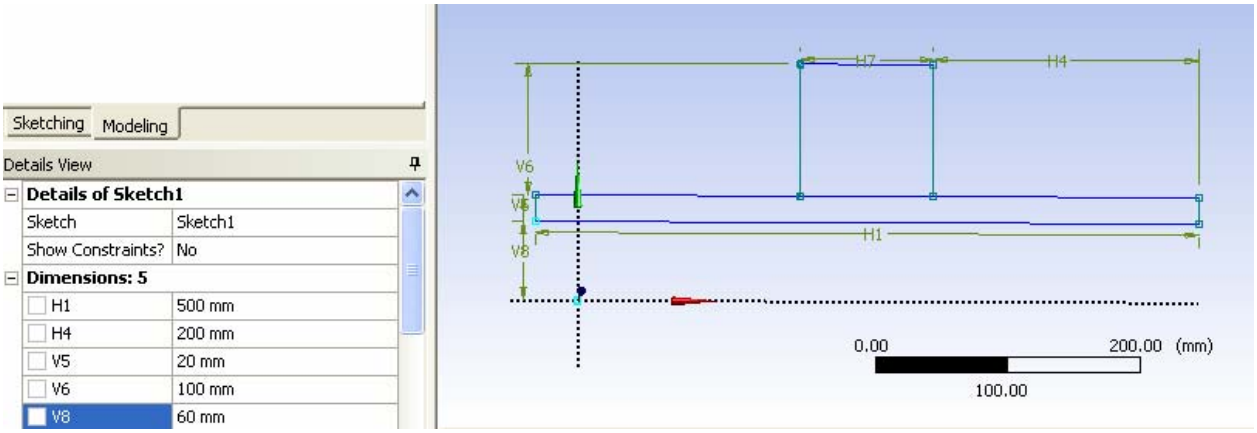
3.2.6.4 Oluşan kesitte uzunlukları sembolleyelim. (Bknz: 2.5.4)

Sketch>Dimensions>Horizontal(veya Vertical),



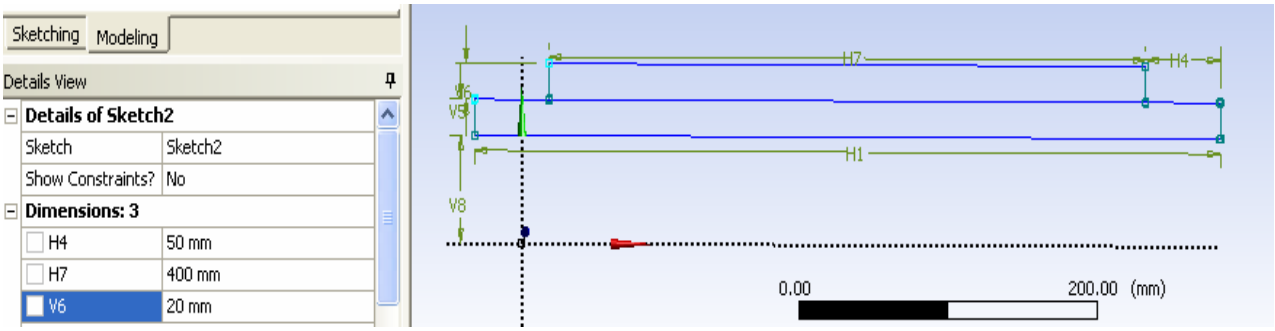
Şekil 66

3.2.6.5 Sketch1 Alt dikdörtgenin gerçek ölçüleri aşağıda görülen tablodaki gibi girelim.



Şekil 67

3.2.6.6 Sketch2 Üst dikdörtgen için gerçek ölçüleri girelim.



Şekil 68

3.2.7 Eksen Etrafında Döndürme (Revolve)

3.2.7.1 Sketch 1 i (alt Dikdörtgeni) X ekseni etrafında çevirelim.aşağıdaki adımları takip ediniz.

a-) Ekranın üstünde Revolve tuşuna basınız.

b-) Sketch1

c-) Base Object | Apply | Cancel

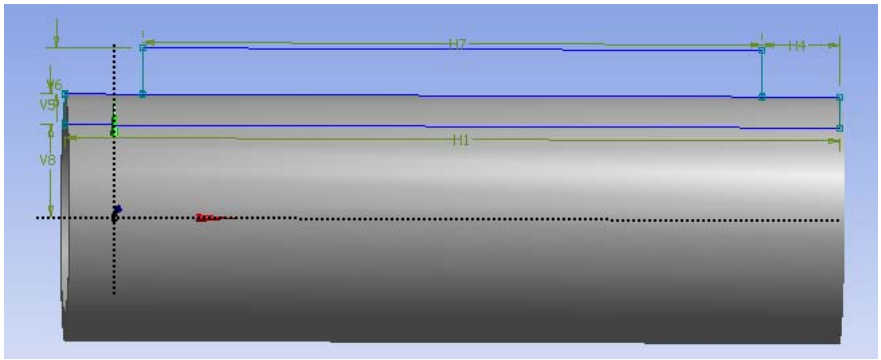
d-) Sketch1 i model ağacından işaretleyerek seçebiliriz. XYPlane, Sketch1, Sketch2

Details View da Base Object olarak Sketch1 olmalıdır.

e-) Apply

f-) Axis | Apply | Cancel X ekseni tıklanır. (Döndürme ekseni X veya diğer eksenlerle çakışmayabilir. Bu durumda döndürme ekseni ***Sketching>Line*** komutu yardımıyla bir çizgi oluşturularak tanımlanır ve o tıklanır)

g-) Generate tuşuna basıp hacmi oluştururuz.



Şekil 69

3.2.7.2 Sketch-2 yi (Üst dikdörtgen) X etrafında 360° çevireceğiz.

(Eğer görüntüyle oynadıysanız Sketch ve komutu ile kesite karşıdan bakınız)

a-) Revolve

b-) Details View da

Details View

Details of Revolve6	
Revolve	Revolve6
Base Object	Sketch2
Axis	Selected
Operation	Add Frozen
Direction	Normal
FD1, Angle (>0)	360 °
As Thin/Surface?	No
Merge Topology?	Yes

Şekil 70

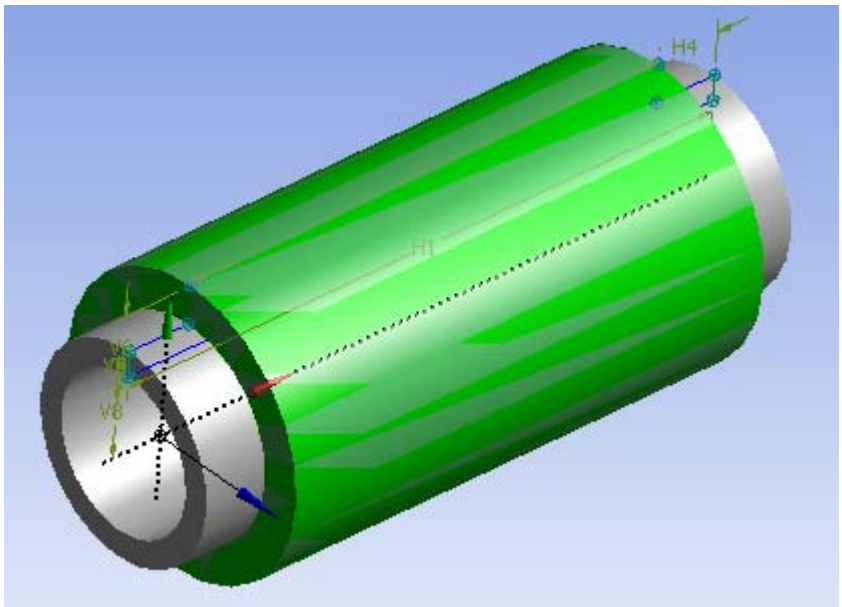
****Base Object >Sketch2*** olmalı

Base Object | Apply | Cancel Outline'dan Sketch2 yi tıklayıp seçebiliriz..

** ***Operation> Add Frozen*** olmalı.

Bu durumda alt hacmin üstüne farklı bir hacim oluşacaktır. Bu şekilde boru ve izolasyon farklı hacimlerde tanımlanır. (Operation> Add Materials olursa diğer hacmin üzerine ilave eder ve tek hacmimiz olur)

c-) Generate basılınca üstteki hacmimiz de oluşur (Şekil 72)

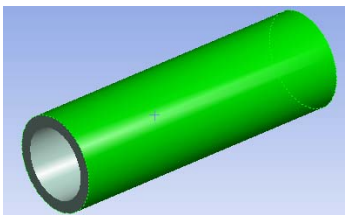


Şekil 71

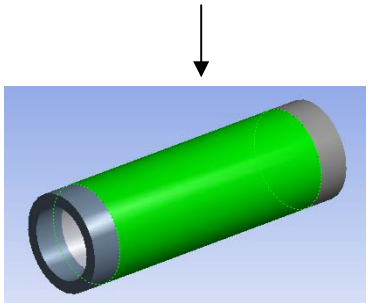
3.2.8 Borunun Uçlarından Kesilmesi (Slice)

Dış ortamla temas eden yüzeylerin sıcaklığının ölçülebileceğini düşünürsek, bu yüzeylere sıcaklık sınır şartı verebiliriz. Ancak şu an için modelimizde içteki borunun dış silindirik yüzeyi birtek yüzeydir.

Bu borunun izolasyonun dışında kalan ön ve arka kısımları kesilerek ayrı birer hacim olarak tanımlanacaktır. Böylelikle ön ve arkadaki hacimlerin dış yüzeylerine sınır şartı girilebilir.



Şekil 72



Şekil 73

Kesme işleminde 2.5.9 adımındaki işlemleri uygulayacağız.. Aşağıdaki adımları takip ediniz.

a-) Üst menüden ***Tools>Freze***

b-) New Plane Outline'a Plane 4 isminde düzlemimiz eklendi ancak henüz tanımlanmadı.

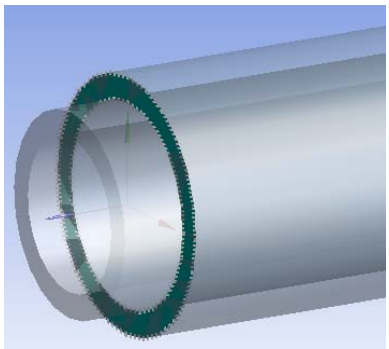
c-) Details View aşağıdaki gibi ayarlanır.

Details View

Details of Plane4		
Plane	Plane4	
Type	From Face	
Subtype	Outline Plane	
Base Face	Apply	Cancel
Use Arc Centers for Origin?	Yes	
Transform 1 (RMB)	None	
Reverse Normal/Z-Axis?	No	
Flip XY-Axes?	No	
Export Coordinate System?	No	

Şekil 74

d-) izolasyonun sol alın yüzey kesitini tıklayınız.



Şekil 75

e-) Apply

f-) Generate Plane4 bu düzlem olarak tanımlandı.

g-) Üst menuden ***Create >Slice***

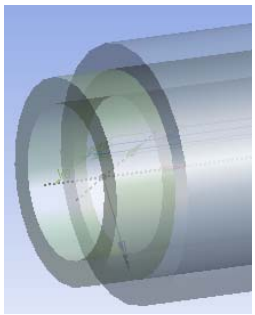
h-) ***Details View >Base Plane> Base Face***

Base Face | Apply | Cancel

i-) Tree Outline' dan "**Plane4**" ü tıklayıp "**Apply**" tuşuna basalım.

j-) Generate

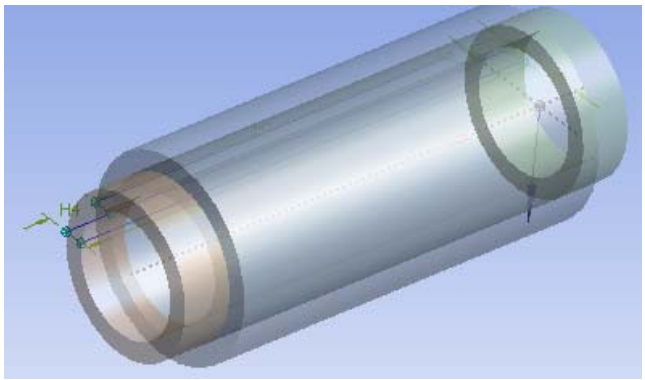
Böylece Sol uçtan boru kesildi ve farklı bir hacim ortaya çıktı.



Şekil 76

k-) Şimdi aynı işlemleri sağ uçtaki hacmi oluşturmak için yapacağız.

3.2.8 adımındaki işlemler tekrar edilecektir. Aradaki fark ise b adımında kesme düzlemimizin ismi Plane5 olacak ve d adımında sağdaki izolasyon kesiti atanacaktır.

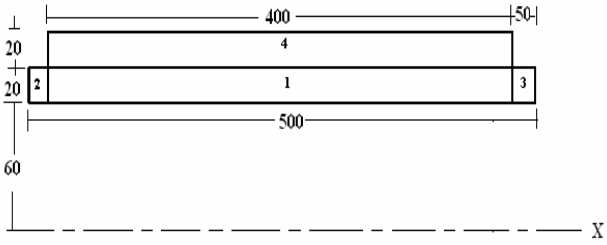


Şekil 77

Sonuçta borudan 3 hacim, izolasyondan 1 hacim olmak üzere 4 tane solid geometrimiz oluşur

EK BİLGİLER

e-11 Bu geometri yanda gösterilen 4 farklı alan (sketch) ile de tanımlanabilir. Bu durumda slice işlemine gerek kalmaz. Bu alanların her biri X ekseni etrafında Revolve komutu ile döndürülebilir. Ancak her alan çizilirken tuşu ile farklı bir sketch olarak tanımlanmalı ve **Details view >Operation> Add Frozen** tercihi her revolve işlemi için uygulanmalıdır.



3.2.9 Modelimizi Kaydedebiliriz. Save As.. > izole boru.agdb

Modelimiz tamamlandı. Şimdi çözüme geçebiliriz.

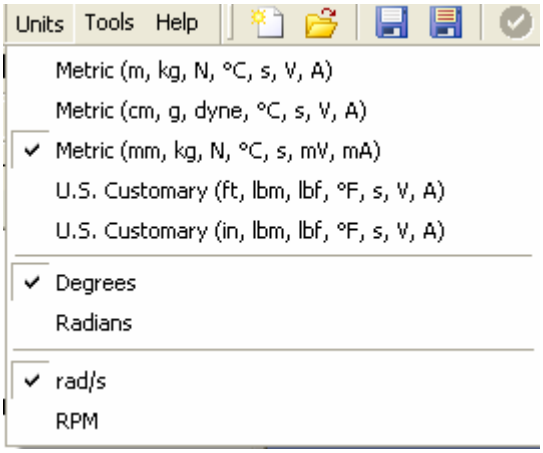
3.3 Isıl Gerilme Analizi

3.3.1 Yeni Simulasyon Modülü Açılması

Önce proje ekranını açıp "Simulation" modülüne geçelim.

Model ismi üzerindeyken New Simulation a basalım.

3.3.2 Simulation açılırken birim sorulursa mm cinsinden ayarlayalım. Veya Simulation Modülünde iken üst menüden Units i aşağıdaki gibi ayarlayalım.



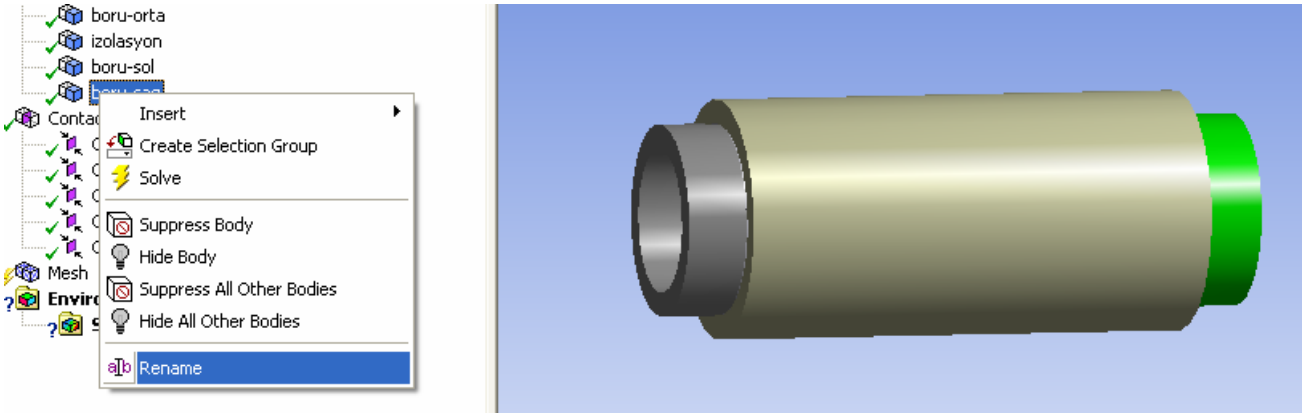
Şekil 78

3.3.3 Hacimlere isim verilmesi

İçteki borunun orta hacmine "boru-orta", uç hacimlerine aşağıdaki görüntüyü referans alarak "boru-sol" ve "boru,sag", üst hacmimize "izolasyon" ismini verelim.

Outline>Geometry >solid> sağ tuş>* rengi değişen hacim için *>Rename>boru-sağ

(bu işlemi 4 solid içinde uygulayalım)



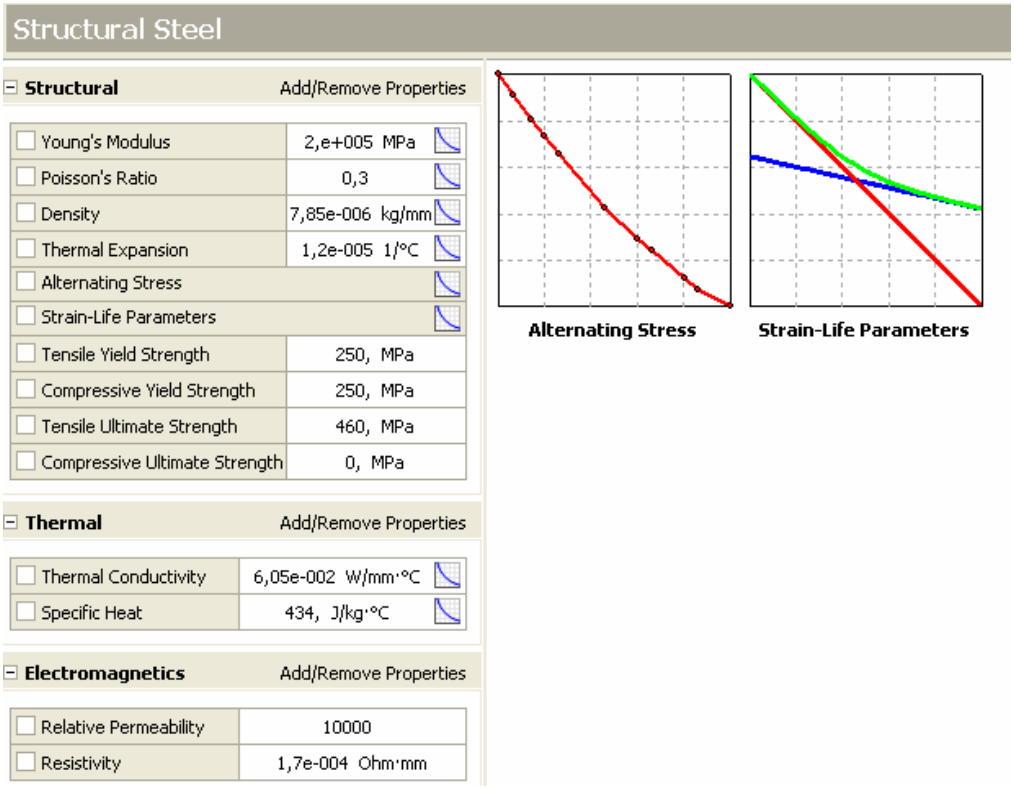
Şekil 79

3.3.4 Elastik, Elasto-Plastik ve Isıl Malzeme Özelliklerinin Girilmesi

3.3.4.1 Önce "Boru-orta" hacminin malzemesi özelliklerini girelim.

Outline>Geometry>boru-orta >Details of boru-orta Ekranında>Material> Structural Steel>Edit Structural Steel>

Karşımıza Workbench'de mevcut olan çelik malzeme özellikleri çıkar. Bu özellikler üzerinde ilaveler ve değişiklikler yapabiliriz.



Şekil 80

3.1 maddesindeki tabloda boru malzemesinin tüm özellikleri ile bu özellikler aynı olduğundan değişiklik yapmamıza gerek yoktur. Ancak plastik bölge özellikleri ilaveten tanımlanacaktır.

3.3.4.2 Plastik Bölgenin Eğri ile Tanımlanması (Multilinear İsotropic Hardening)

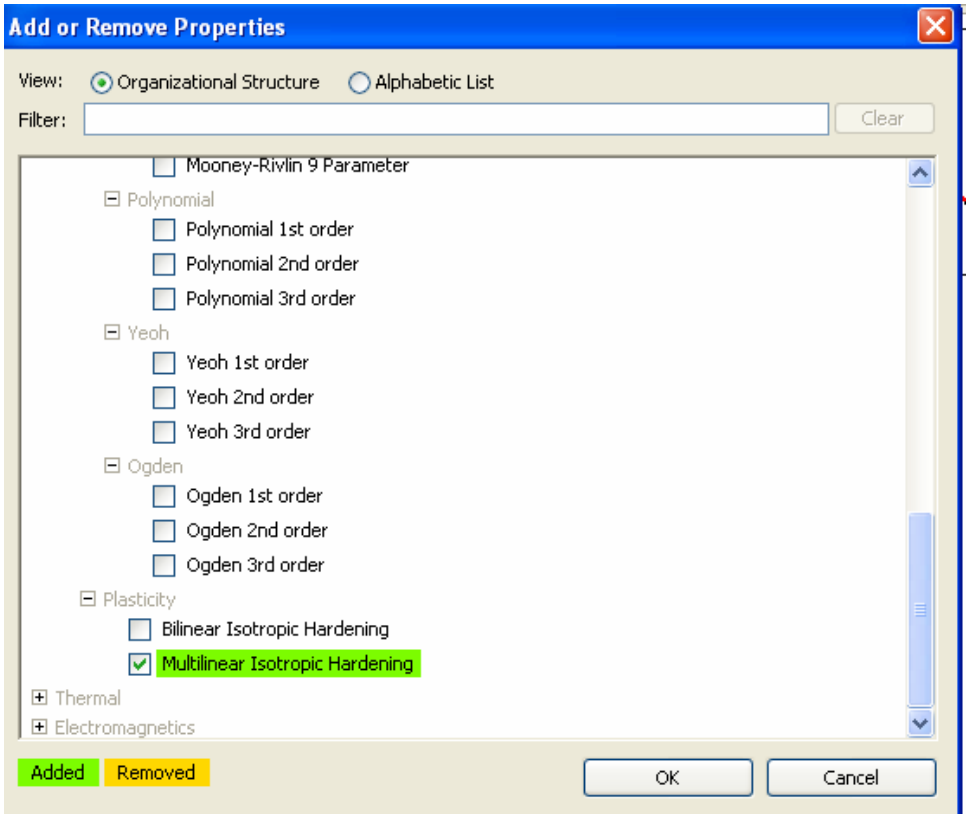
a-)Şekil 80 deki ekrandan

Structural >Add/Remove Properties (Add/Remove Properties)

b-) Açılan ekranda

Multilineer İsotropic Hardening

işaretlenir. OK tuşuna basılır.

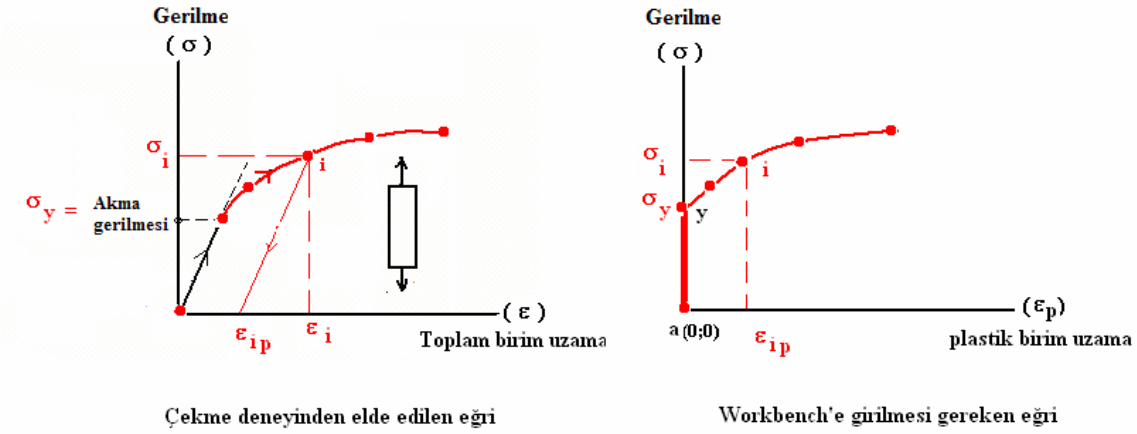


Şekil 81

c-)

tuşuna basalım

d-) Açılan tabloda çekme eğrisinin plastik bölgesi tanımlanacaktır.

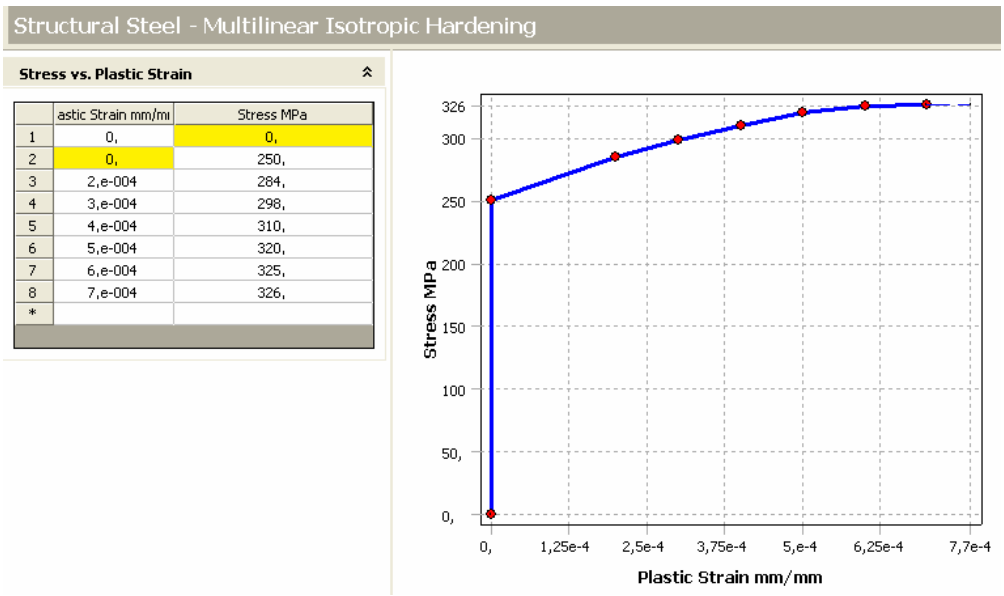


Şekil 82

Workbench'e çekme deneyinden elde edilen σ-ε eğrisi değil, σ-ε_p eğrisi girilmelidir. Yukarıdaki şekilleri dikkatlice inceleyiniz.

σ-ε_p eğrisi üzerinden çeşitli noktalara ait değerler alınır. Herhangi bir "i" noktası için (ε_{ip} ; σ_i) deneysel eğriler yardımıyla hesaplanmalıdır. σ-ε_p eğrisinin ilk noktası (a) yüklemeye başlanan noktadır. Dolayısıyla bu noktanın koordinatları (0;0) olmalıdır. İkinci nokta (y) ise akma gerilmesine karşılık gelir. Buna karşı gelen ε_p ise elastik bölgesi bir doğru ile tanımlanabilen (lineer elastik) malzemelerde sıfırdır.

Aşağıdaki tabloyu girerek Plastik bölgeyi tanımlarız.



	astic Strain mm/mı	Stress MPa
1	0,	0,
2	0,	250,
3	2,e-004	284,
4	3,e-004	298,
5	4,e-004	310,
6	5,e-004	320,
7	6,e-004	325,
8	7,e-004	326,
*		

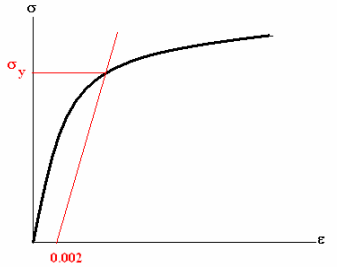
Şekil 83

Hücreye $5x10^{-4}$ değeri, 5e-4 şeklinde yazılır ve kendisi formatını tablodaki hale dönüştürebilir.

EK BİLGİLER

e-12 Tablodaki değerler çözümde ortaya çıkan sonuçlardan çok uzaksa bazen program yakınsama yapmayabilir ve hata verir. Bu nedenle tabloda sonuçlara yakın değerlerle eğriyi tanımlamamız gerekecektir.

e-13 Elastik bölgesi de eğrisel olan (nonlineer elastik) malzemelerde ise σ_y değeri tam belirgin olmadığından bu değer, ε_p =0.002 olan nokta kabul edilir. ε_p =0.002 değerinden eğrinin başlangıç kısmına paralel uygun bir doğru çekilir. Bu doğrunun eğriyi kestiği nokta akma noktası alınır.



e-14 Plastik bölge eğrisi ayrıca farklı şekilde denklemlerle tanımlanabilir. Bu denklemelerin en yaygın olarak kullanılanlarından birisi Ludwik bağıntısıdır. Bu bağıntıya göre plastik bölgede bir noktadaki gerilme $\sigma = \sigma_o + K\varepsilon_p^n$ olarak tanımlanır. (Ayrıntılı bilgi için mukavemet kitaplarına bakılabilir.)

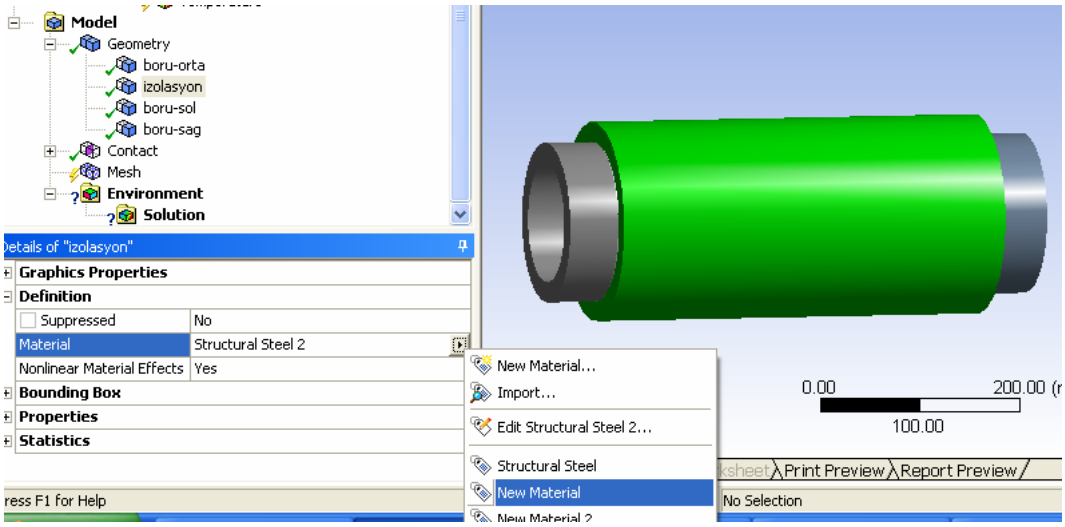
3.3.4.3 Uçlardaki diğer boru hacimlerine de aynı malzemeyi atayacağız.

Outline>Model>Geometry>boru-sol>Details view boru-sol>Material>Structural Steel

Outline>Model>Geometry>boru-sag>Details view boru-sag>Material>Structural Steel

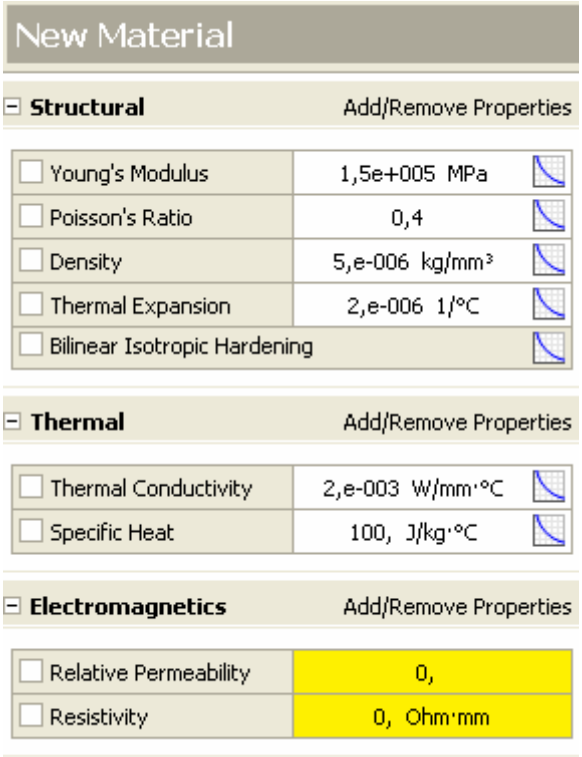
3.3.4.4 İzolasyon malzemesi özelliklerini girelim.

3.3.4.4.1 ***Model>Geometry>izolasyon>sağ tuş>New material>***



Şekil 84

3.3.4.4.2 3.1 maddesindeki tabloda tanımlanan malzeme özellikleri girilecektir



(Young Modulus 150000 giriniz. Yazı formatı görüldüğü gibi değişebilir. Ondalık haneler için nokta değil virgül kullanınız)

Şekil 85

3.3.4.4.3 Elastiklik Modülünün Sıcaklığa Bağlı Girilmesi

Young modulus yanındaki simgesini tıklayınız. Açılan tabloyu aşağıdaki şekilde doldurunuz.

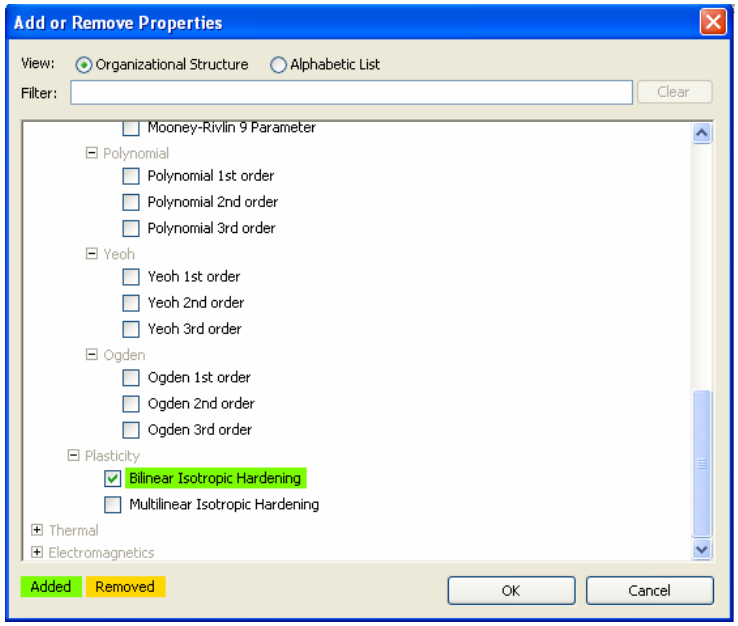
	Temperature °C	Young's Modulus MPa
1	20,	1,5e+005
2	150,	1,3e+005
3	220,	1,2e+005
4	300,	1,15e+005
*		

Şekil 86

3.3.4.4.4 Plastik Bölgenin Doğru ile Tanımlanması (Bilinear Isotropic Hardening)

a-) Structural> Add/Remove Properties

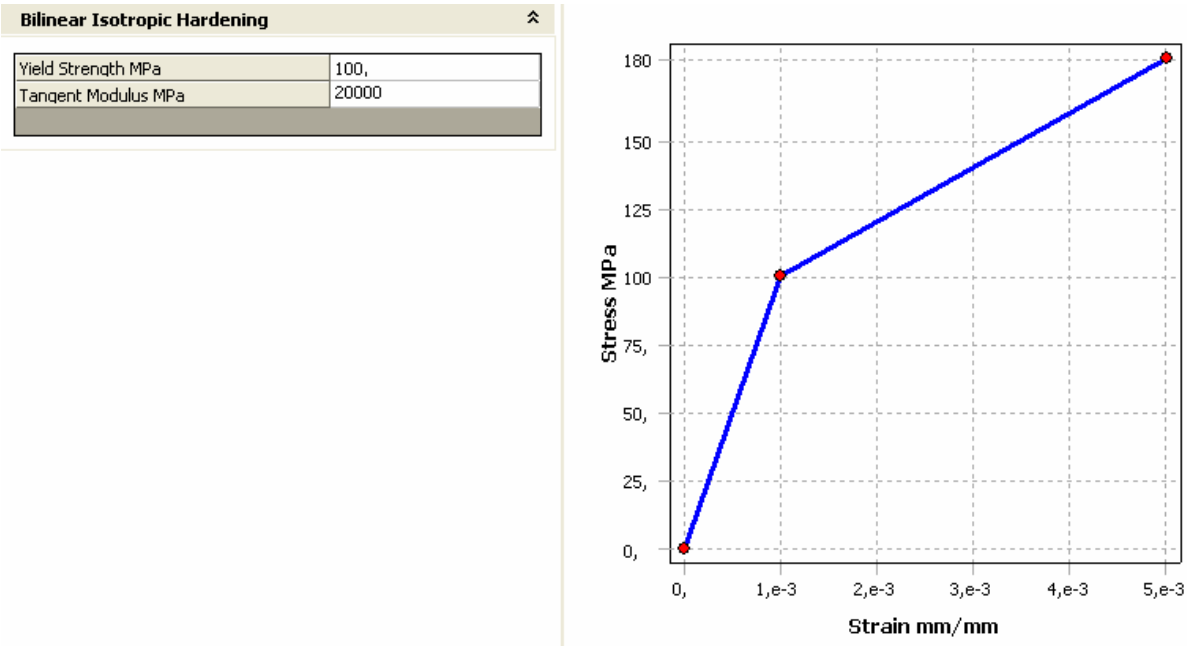
b-) Açılan Pencerede Bilear Isotropic Hardening seçilr OK tuşuna basılır.



Şekil 87

c-) **Yield Strength**: Akma Gerilmesi =100MPa,

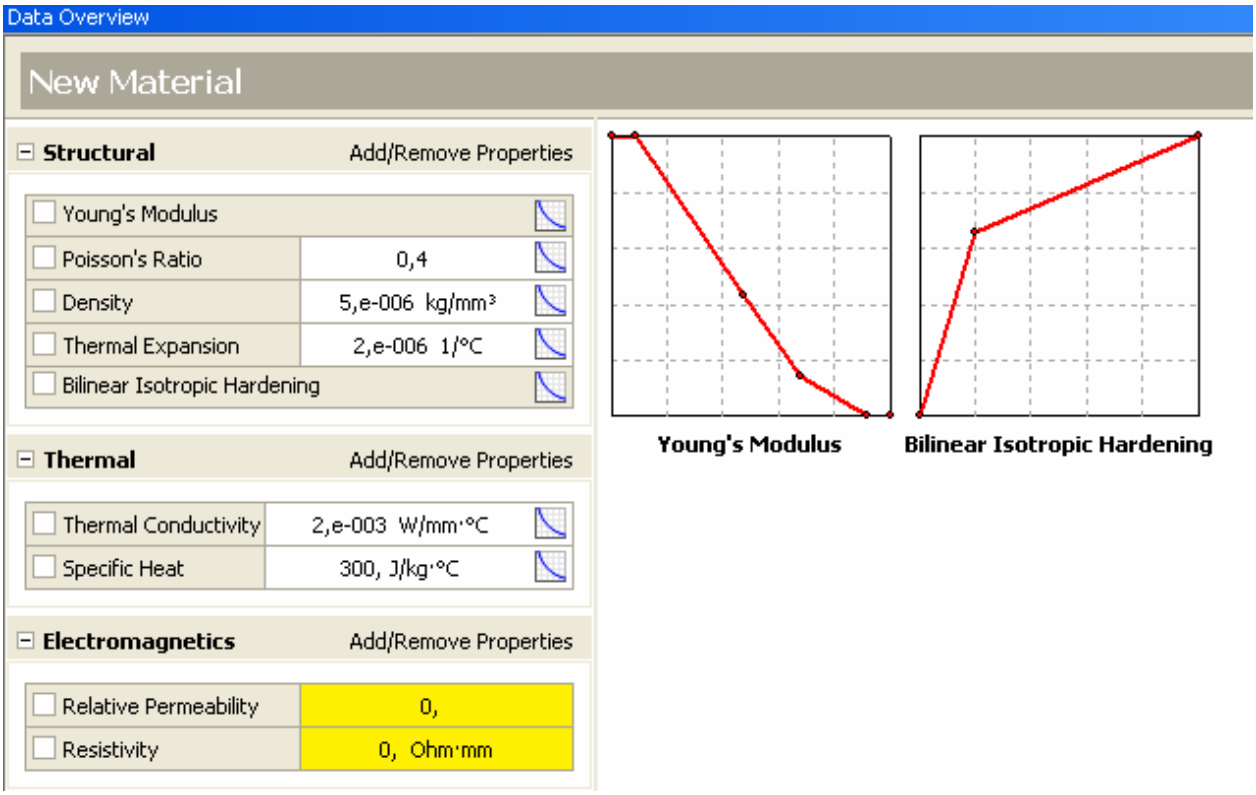
Tangent modulus: 2. kısmın eğimi (2. elastisite modülü) =20000MPa



Şekil 88

d-) Close Curve

Sonuçta izolasyon malzemesinin gerekli olan tüm özellikleri tanımlandı.



Şekil 89

Yapacağımız analizde gerek olmadığından elektriksel özellikleri girmeye gerek yoktur.

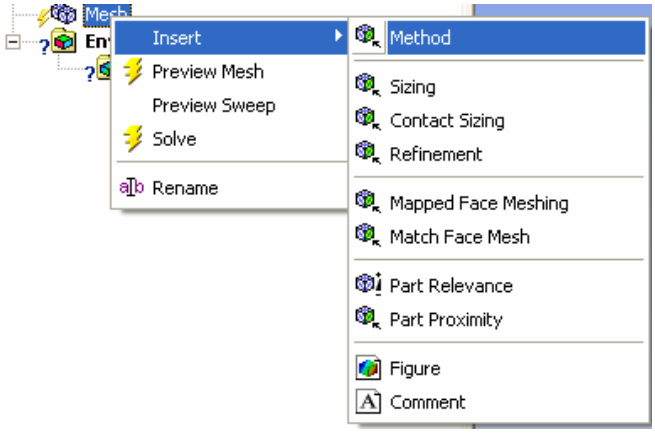
3.3.5 Elemanlara Ayırma İşlemi (Meshing)

Aşağıdaki adımları takip ediniz.

3.3.5.1 [Simulation] sekmesine basalım

3.3.5.2 Bölme Metodu (Eleman Şekli) Atanması

a-) ***Outline>Mesh>*****sağ-tuş>** ***Insert>Method***

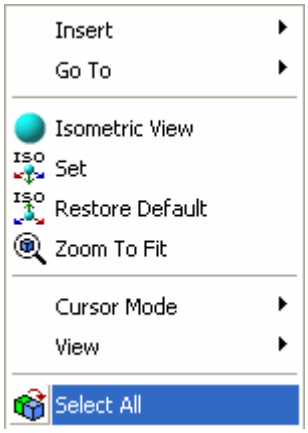


Şekil 90

b-) Geometry | No Selection iken No Selection tıklanır. Sonuçta Apply tuşu görülecektir.

Geometry | Apply Elemanlara bölme metodunu hangi hacimler için tanımlayacağımız sorulmaktadır.

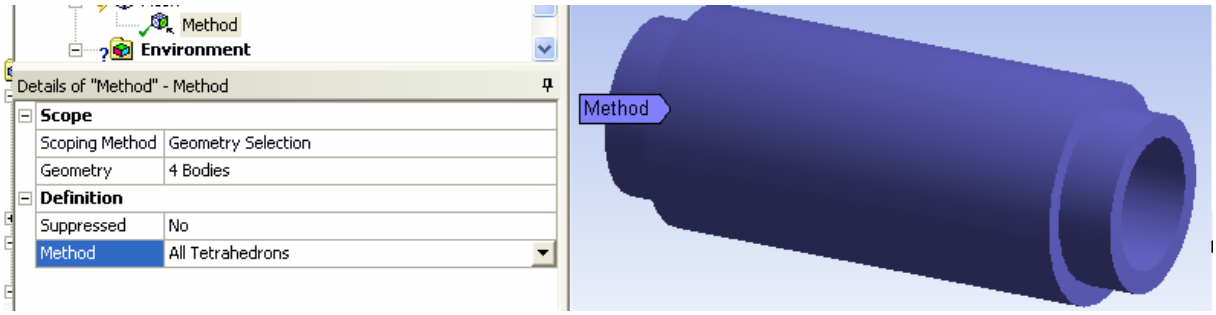
c-) Fare ekranın üzerinde iken sağ tuş>Select All



Şekil 91

d-) ***Geometry*** kısmındaki ***Apply*** tuşuna basılır. Tüm hacimler aynı tipten elemanlara ayrılacaktır.

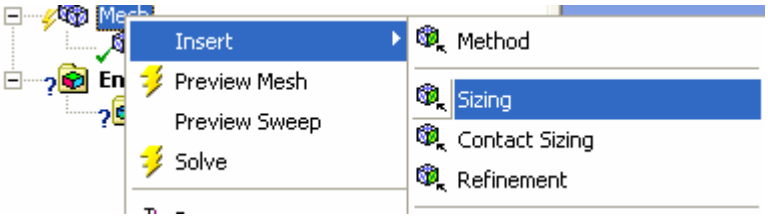
Method –All Tetrahedrons seçilir.



Şekil 92

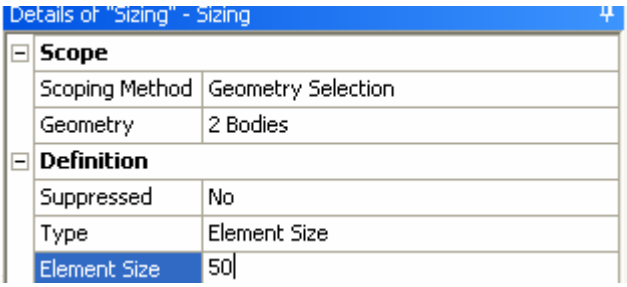
3.3.5.3. Eleman boyutunu ayarlayalım..

a-) ***Outline>Mesh>Insert>Sizing>***



Şekil 93

b-.) Yine **ekran üzerinde iken sağ tuş>*Select All>Geometry > Apply***



Şekil 94

Element Size 50 girelim. Bu bir elemanın bir kenarının maksimum alabileceği boydur. Küçük seçilirse, geometrimiz daha fazla sonlu elemanlara ayrılacaktır. Bu ise çözümün hassasiyetini artırır. Ancak çözüm süresi uzayabilir veya bilgisayar kapasitesi yetmeyebilir.

3.3.5.4. Kontak Yüzeylere Eleman Boyutu Atanması

Özellikle farklı malzemelerden oluşan hacimlerin arayüzeylerindeki etkileşim bölgesini daha fazla sayıda elemanlarla tanımlamakta çözüm hassasiyete açısından fayda vardır. Modelimizdeki 4 farklı hacmin birden fazla temas (kontak) yüzeyi vardır. Bizim modelimizde "boru-orta" ve "izolasyon" hacimleri temas yüzeylerini hassas tanımlamamız yeterlidir.Bu yüzey "izolasyon" iç yüzeyi ve "boru-orta" dış yüzeyidir. (Diğer kontak yüzeyleri aynı malzemeden oluşan hacimleri birbirine bağlar.)

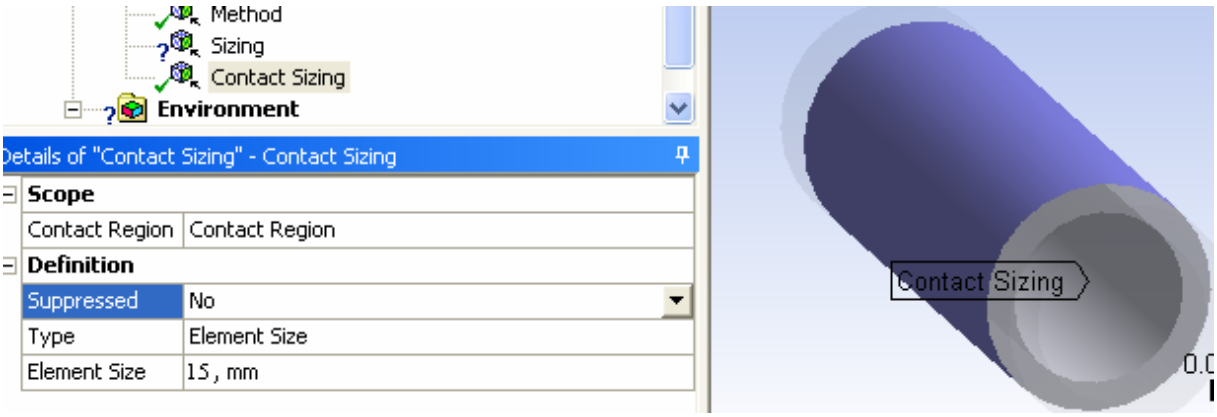
a-) ***Outline>Mesh>sağ tuş> Insert>Contact Sizing***

Şekil 95

Önce izolasyon hacmimizi saklayalım.

b-) ***Geometry>izolasyon>sağ-tuş>Hide Body***

c-) Detail views aşağıdaki gibi ayarlanır. Eleman boyutunu 15mm girelim.



Şekil 96

d-) ***Geometry>izolasyon>sağ-tuş>Show Body***

İzolasyon hacmini tekrar görünür.

EK BİLGİLER

e-15 Fare ile yüzey değil hacim tıklıyorsak ekran üzerinde sağ tuş>Cursor Mode>Face veya üstteki tuşuna basalım.

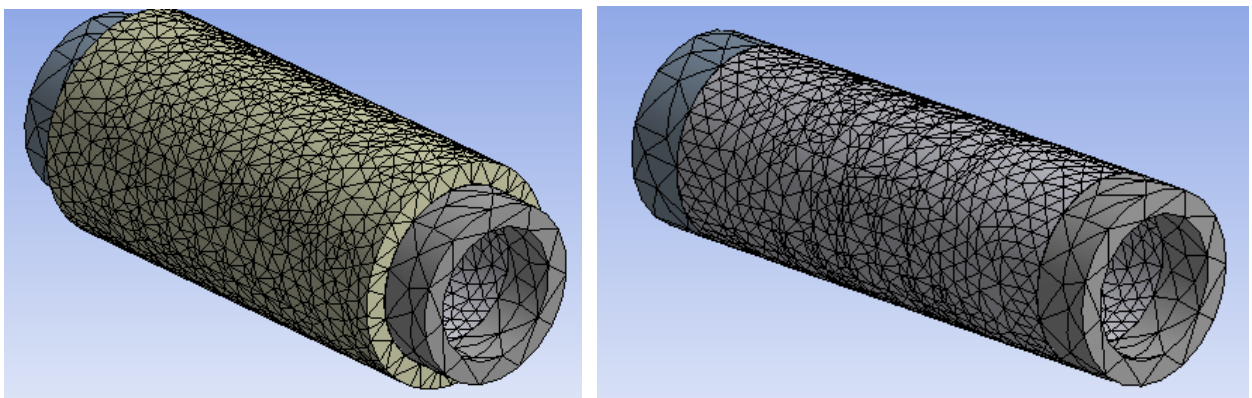
e-16 Bazı durumlarda görüntü kontrol tuşları aktif iken pasif duruma çevirmek için tuşuna basmamız gerekebilir.

e-17 Contact region çıkmazsa revolve işlemleri yeniden yapılmalıdır. Modelde bir sorun var demektir.

3.3.5.5 Elemanlara Ayırma İşlemi

Outline>Mesh>sağ tuş>Preview Mesh

Şekil 97



Şekil 98

Outline >Mesh e basınca modelin elemanlara ayrılmış hali gözükür.

(Sadece borudaki elemanları görmek için izolasyon yukarıda anlatıldığı gibi saklanır)

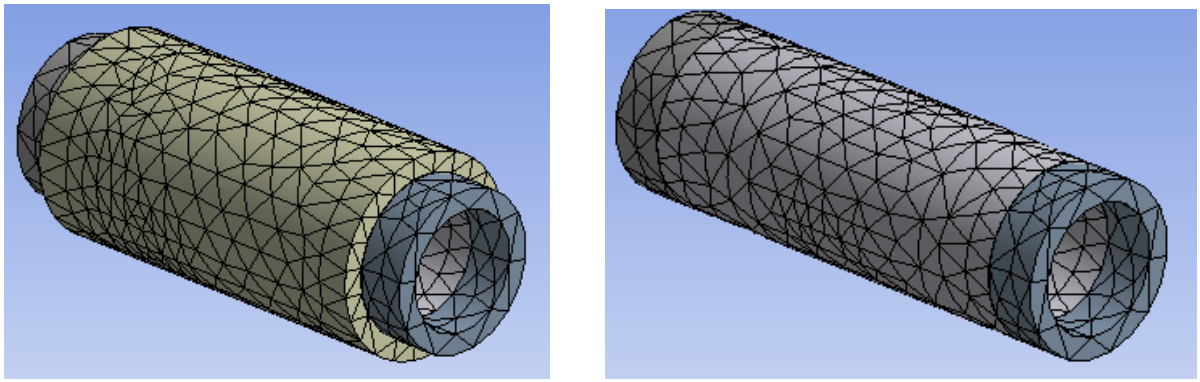
Şu an için eleman sayımız yeterli gibi görülüyor. Bu durumda yeterince hassas çözüm yapılabilir. Ancak çözüm süresi oldukça uzun olabilir. Bu eğitim sırasında çok fazla vakit kaybetmemek için şimdilik modelimizi daha az sayıda elemanlara ayıralım.

Outline>Mesh>Sizing>Element Size =120

Outline>Mesh>Contack Sizng>Element Size =30

Mesh>sağ-tuş>Preview Mesh

Bu durumda elemanlara ayrılmış modelimiz;



Şekil 99

3.3.6 Yüzeylere Sıcaklık Uygulanması

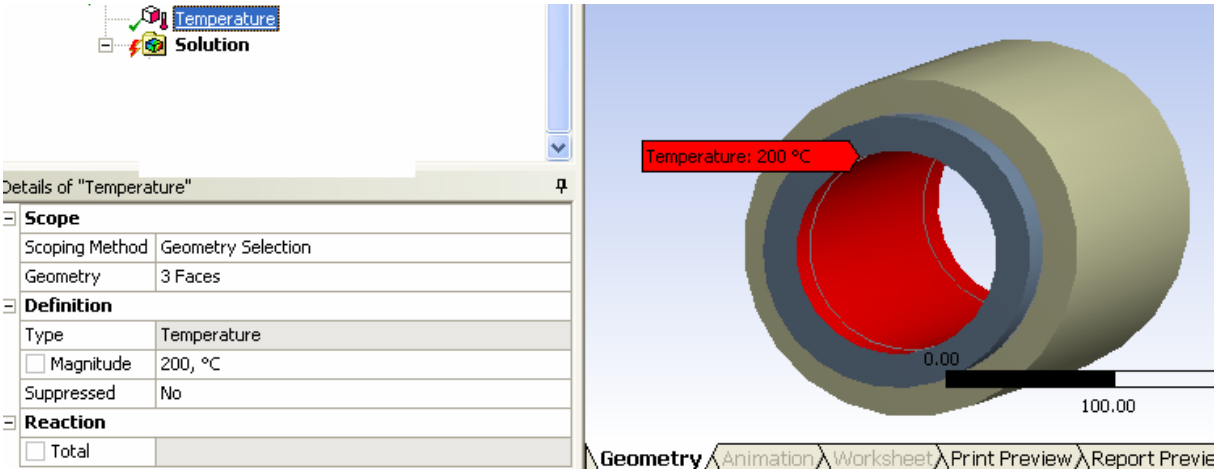
3.3.6.1 Boru İç Yüzeyine Sıcaklık Uygulanması

a-) ***Outline>Environment>sağ tuş> Insert>Temperature***

Şekil 100

b-) ***Details>Geometry>"No Selection"*** tıklayınca ***Apply*** tuşu görülür. Borunun tüm iç yüzeylerini **ctrl** tuşuna basarak seçip ***Apply*** tuşuna basalım. **Magnitute** 200 girelim.

(Fare ile yüzey değil hacim tıklıyorsak ekran üzerinde sağ tuş>Cursor Mode>Face veya)

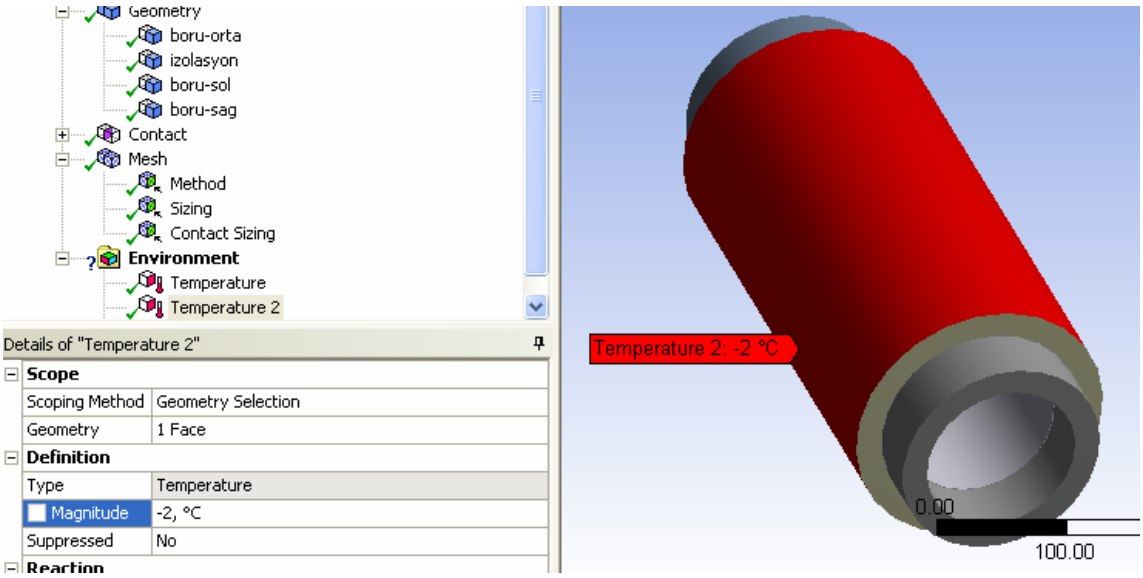


Şekil 101

3.3.6.2 İzolasyon Dış Yüzeylerine Sıcaklık Uygulanması

Sistemin soğuk bir ortamda bulunduğunu kabul edelim. Dış yüzeylerin sıcaklığı dış ortamın sıcaklığı ile aynı veya yakın olabilir. Bu durumda izolasyon malzemesinin dış yüzeylerini -2 ^{o}C girelim.

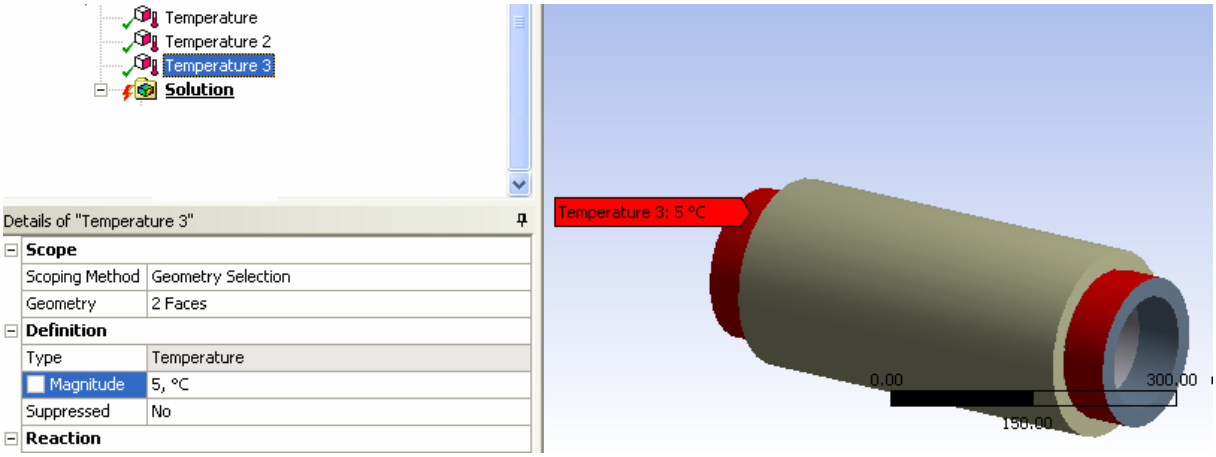
Şekil 102



Şekil 103

3.3.6.3 Boru Dış Yüzeylerine sıcaklık Uygulanması

Borunun havayla temas eden yüzeylerini ("boru-sağ" ve "boru-sol" hacimlerinin dış silindirik yüzeyleri) 5 ^{o}C girelim.

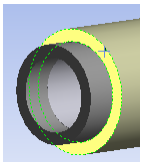


Şekil 104

EK BİLGİLER

e-18 Bütün dış yüzey değerleri tahmini olarak girilmiştir. Bu değerler teorik veya deneysel olarak elde edilebilir.

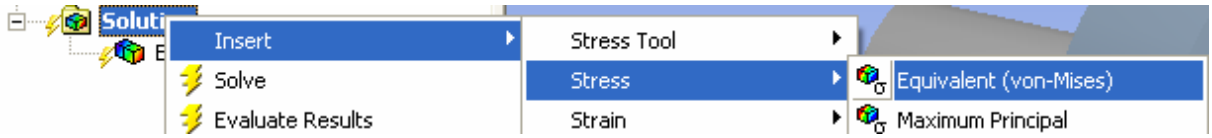
e-19 İzolasyon malzemesinin dış ortamla temas eden kesit yüzeylerinin sıcaklıkları iletimin yanı sıra dış ortamla olan taşınılmada değişir ve yüzey üzerinde farklı dağılım gösterebilir. Bu örnekte taşınım katsayısı girilmemiş ve bu yüzeylere başlangıçta ayrıca bir sıcaklık tanımlanmamıştır. Taşınım ihmal edildiğinden çözüm sonucunda bu yüzeylerde ortaya çıkan sıcaklık dağılımının sadece iletimden kaynaklandığı düşünülmelidir.



Şimdi çözüme geçebiliriz.

3.3.7 Görmek İstenen Sonuçların Çözümden Önce Atanması

3.3.7.1 Tüm Model Çözümü Sonuçlarının Önceden Atanması ;



Şekil 105

Solution>Insert>Stress>Equivalent (von-Mises)

Solution>Insert>Strain>Equivalent Plastic

Solution>Insert>Thermal>Temperature

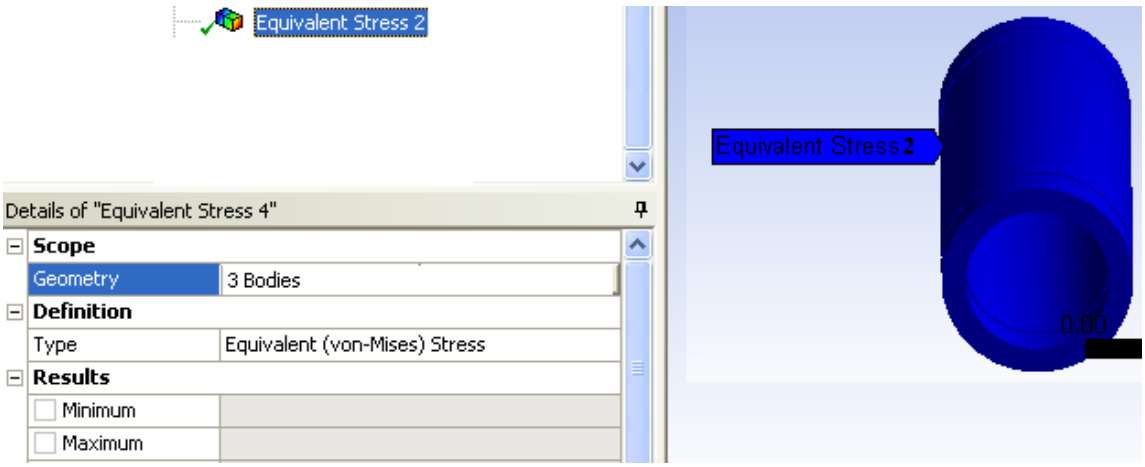
3.3.7.2 Her Bir Parçanın Çözüm Sonuçlarının Önceden Atanması

Boru ve izolasyona ait sonuçları ayrı ayrı da görebiliriz.

a-) Boru için;

- Solution>Insert>Stress>Equivalent (von-Mises)

-Details of Equivalent Stress2-Geometry>All Bodies-tıkla>ctrl tuşu basılıyken 3 tane boru hacmini tıkla>Apply

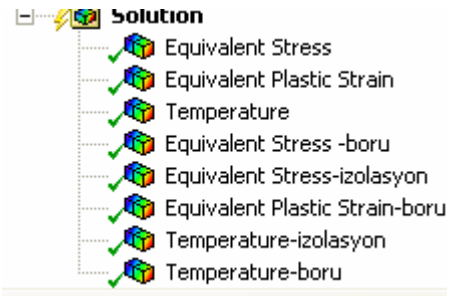


Şekil 106

Bu sonuca yeni bir isim verelim.

b-) ***Solution>Equivalent Stress2>sağ-tuş>Rename>Equivalent Stress-boru***

c-) Aynı şekilde boru ve izolasyona hacimleri için Von-mises, Equivalent Plastic Strain, Temparature sonuçlarını görelim. Herbiri için bu adım tekrarlanır ve yeni isimler verilebilir.

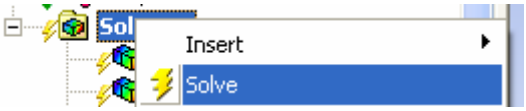


Şekil 107

3.3.8 Çözüme geçmeden önce Simulation modülünde yaptıklarımızı kaydedelim.

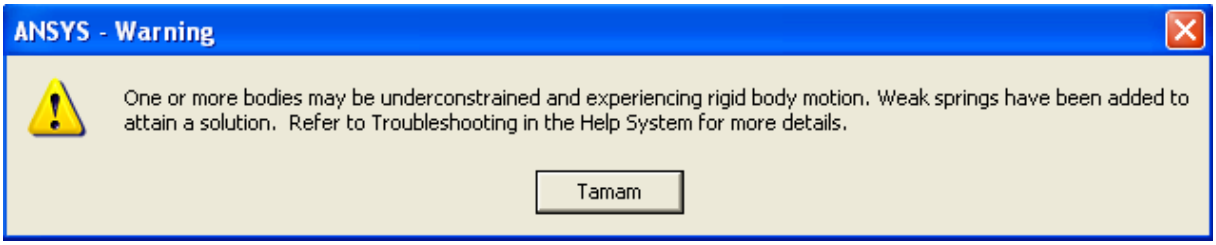
3.3.9 Çözümün Başlatılması

Outline>Solution>sağ-tuş>Solve



Şekil 108

Hiçbir deplasman sınır şartı vermediğimiz için çözümün sonunda aşağıdaki gibi bir uyarı karşımıza çıkabilir.



Şekil 109

3.3.10 Isıl Gerilme Analizi Sonuçlarının Görüntülenmesi

Solution altındaki sonuç isimlerini tıklayıp ekranda görebilirsiniz.

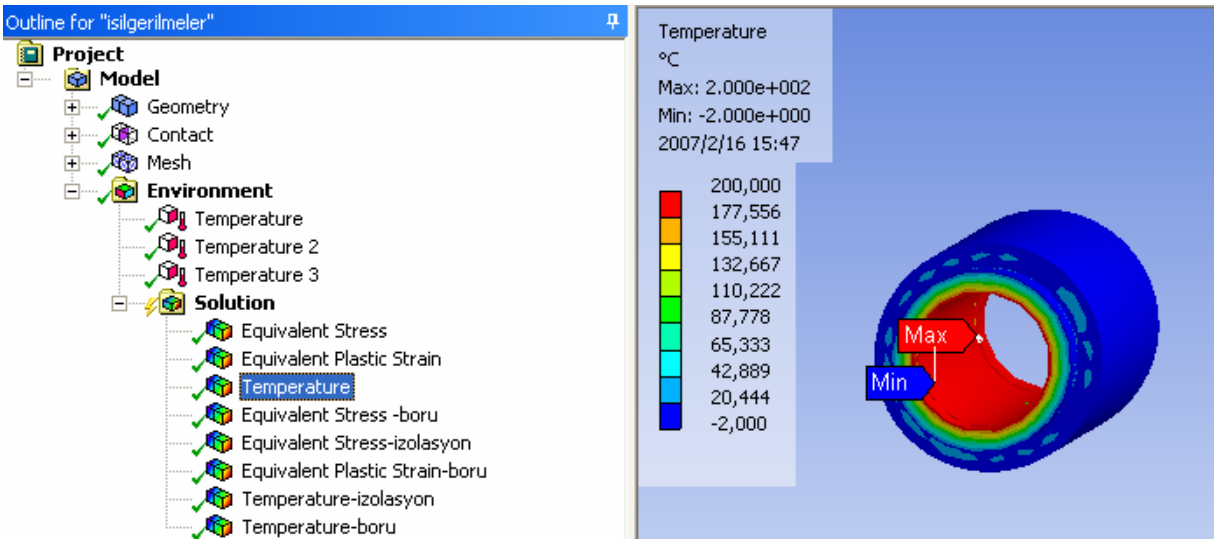
EK BİLGİLER

e-20 Özellikle sıcaklık dağılımının, sınır şartı olarak verdiğimiz maksimum (-2 ^{o}C) ile minimum (200 ^{o}C) değerleri arasında çıkması gerekir. Aksi taktirde sonuçlarda yeterli yakınsama olmamıştır. Bu durumda "element size" ve "contact size" değerlerini küçültüp daha fazla elemanlara ayırmanız gerekir.

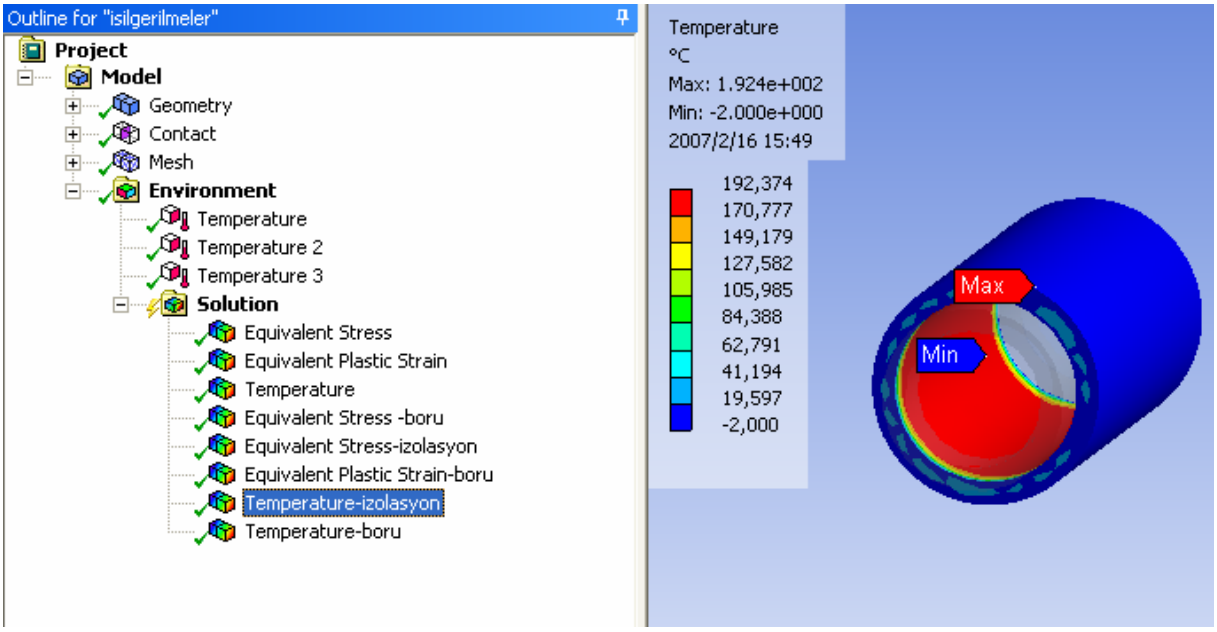
e-21 Sonuçların dağılımını dikkatlice inceleyip, anormal görülen durumlarda "size" değerlerini biraz daha küçültebilirsiniz.

e-22 Daha küçük "Element Size" ve "contact size" değerleri deneyerek sonuçları karşılaştırabilir ve belli "size" değerlerinden sonra sonuçlarda önemli bir değişiklik olmadığını tespit ederseniz bu "size" değerleri optimum değerlerdir.

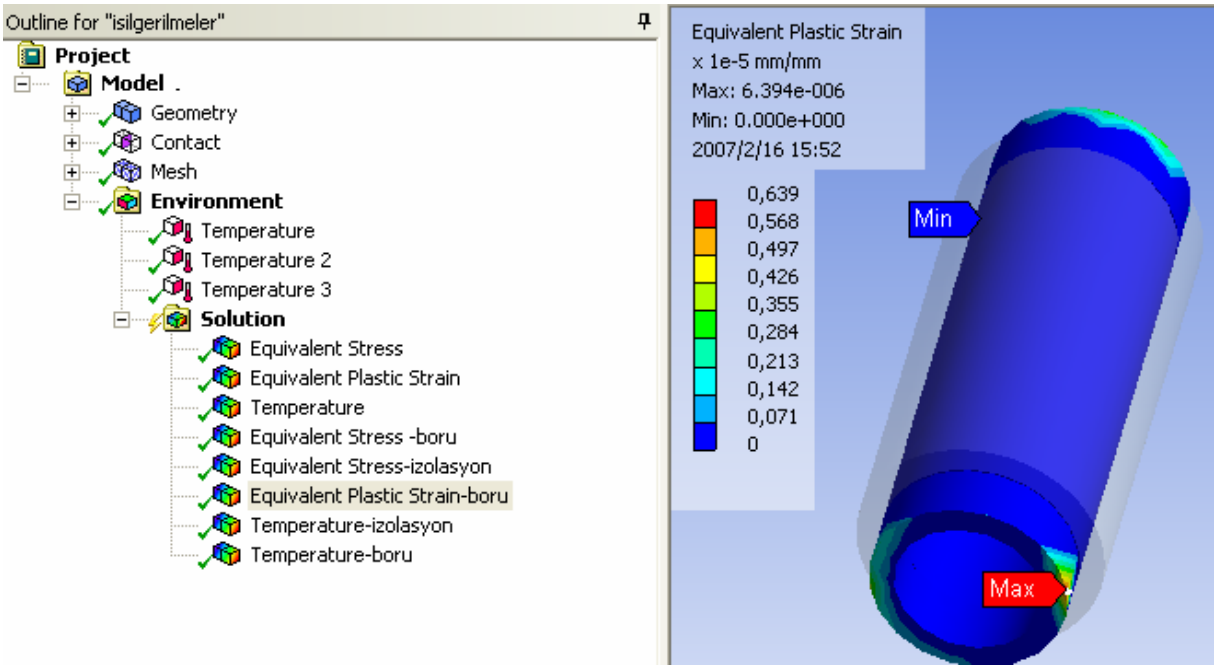
3.3.10.1 Şimdi tüm sonuçları görebiliriz. Sadece Solution altındaki sonucun yazısını tıklamamız yeterlidir.



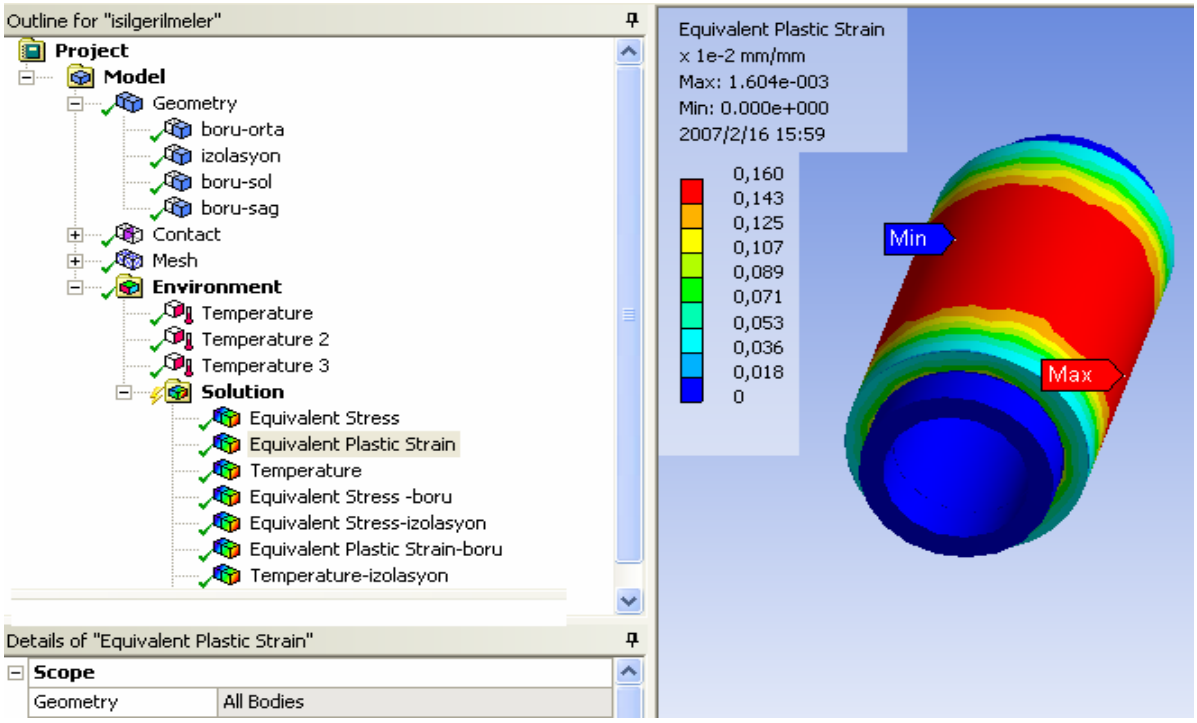
Şekil 110 Tüm Modele Ait Sıcaklık Dağılımı



Şekil 111 İzolasyona Ait Sıcaklık Dağılımı



Şekil 112 Borudaki Plastik Gerinmeler (Equiv. Plastic-Strain)



Şekil 113 Tüm Modeldeki Plastik Gerinmeler (Equivalent Plastic-Strain)

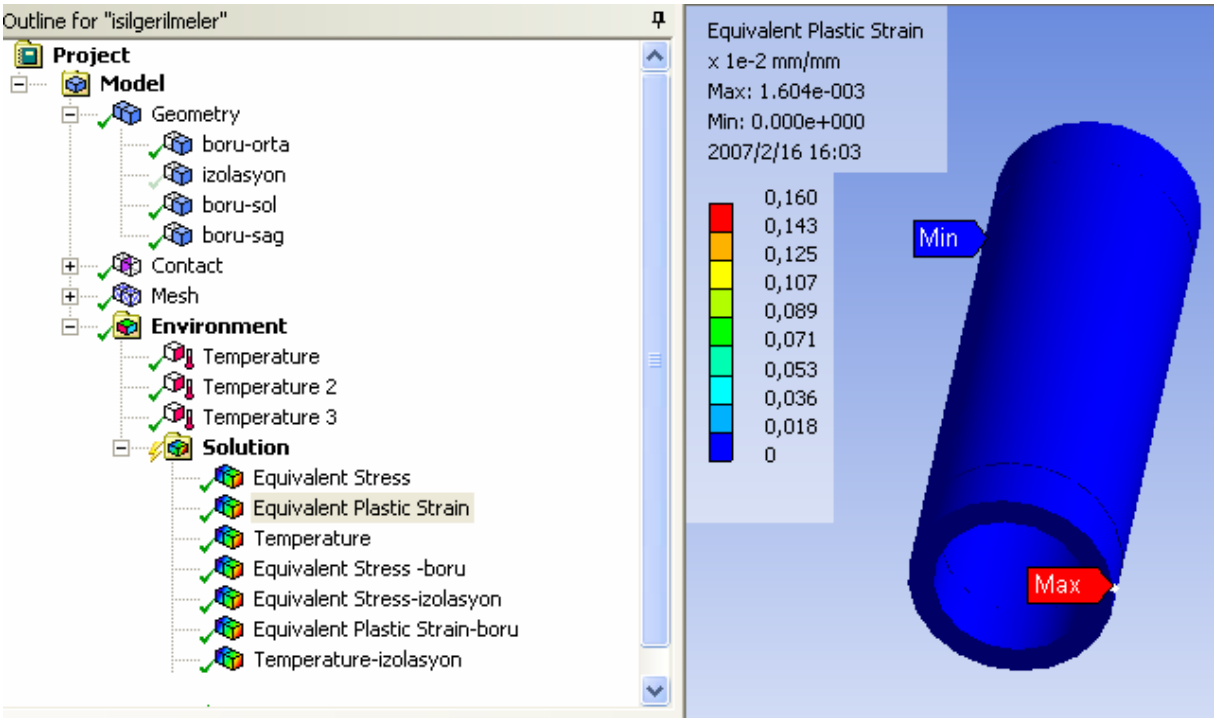
3.3.10.2 Çözümler Arasındaki Fark

Tüm model sonuçları ile parçaların sonuçları arasındaki farkıa bakacağız.

İzolasyonu saklayalım

Outline>Geometry>izolasyon>sağ-tuş>Hide Body

Bu durumda tüm modeli kapsayan Plastik Gerinmelerin sonuçlarını sadece boru için inceleyelim.



Şekil 114 Tüm Model Çözümünden Elde Edilen Borudaki Plastik Gerinmeler (Eq.Plas. Strains)

Görüldüğü gibi borudaki "Equivalent Plastic Strain" ile yukarıda Şekil 112 de gösterilen "Equivalent Plastic Strain-boru" çözümleri arasında belli bir fark çıktı. Daha doğru değerler ise "Equivalent Plastic Strain-boru" değerleridir.