

# ESNEK CİSİM SİMÜLASYONU – ADAMS ANALİZİ İÇİN MNF (MODAL NEUTRAL FILE) OLUŞTURMA

| HAZIRLAYAN   | KONTROL EDEN  |
|--|---|
| UMUT CAN SALMAN<br>MEKANİK SİMÜLASYON<br>MÜHENDİSİ | UMUT TEKTÜRK<br>LİDER MEKANİK SİMÜLASYON<br>MÜHENDİSİ |

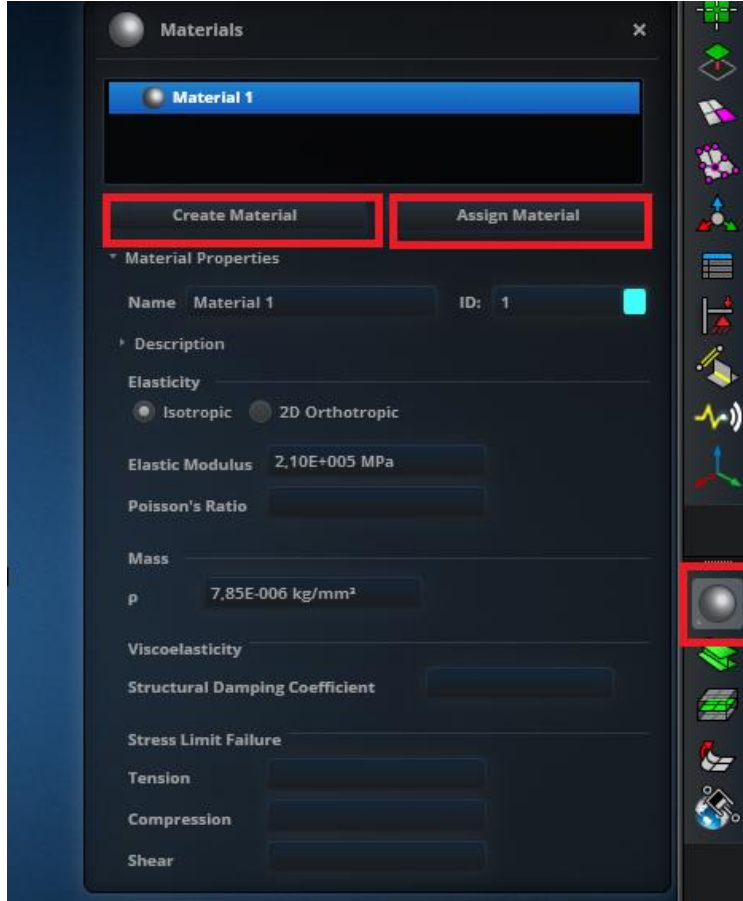
Tarih: 28/02/2022

Çoklu cisim dinamiği çalışmalarında sistem performansını geliştirmek ve gerçeğe daha uygun modeller oluşturmak adına esnek cisimler simülasyon modellerine eklenebilmektedir. Elastik çoklu cisim simülasyonu yaklaşımı parça üzerinde deformasyon ve gerilme durumunu incelemek, sistem titreşim transferini gözlemek gibi amaçlarla kullanılmaktadır. Esnekleştirilecek parça özelliklerine göre farklı esnekleştirme yöntemleri kullanılabilir. Çoklu cisim dinamiği konusunda önde gelen çözücü olan Adams'ta da parça esnekleştirme işlemleri farklı metodlarda gerçekleştirilmektedir. Bu yazıda lineer deformasyon bölgesinde davranış özelliği gösteren parçalar için sonlu elemanlar analizi programından alınan MNF (Modal Neutral File) ile Adams içerisinde parça esnekleştirmenin nasıl gerçekleştirildiği anlatılmıştır. Sonlu elemanlar analizi programı olarak MSC Apex programı kullanılmıştır.

## 1. MSC APEX İLE MNF OLUŞTURMA

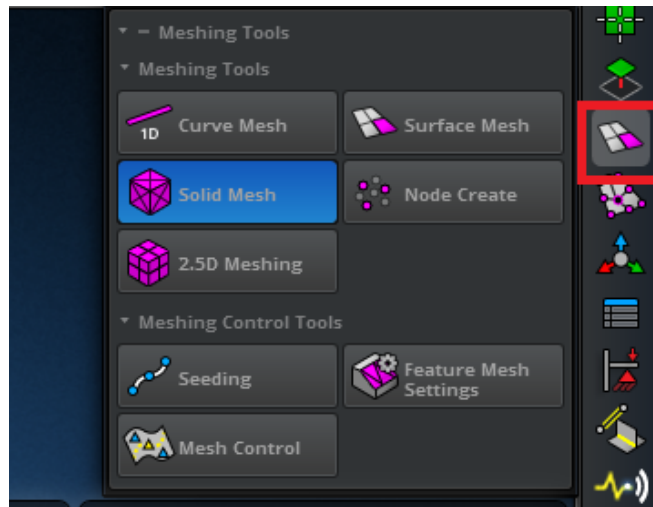
Adams'ta rijit bir cisim MNF aracılığıyla esnek bir cisme çevirmek için ilk adım olarak yapı modal analiz çalışmasını yürütebilen bir sonlu elemanlar analiz programına taşınmalıdır. Bunun sebebi ise MNF içeriğinden kaynaklanmaktadır. MNF dosyası yapının modal karakteristiğini içermekte, Adams içerisindeki deformasyon hesaplamalarında da yapının modal karakteristiği kullanılmaktadır. Bu içerikte modal analiz MSC Apex programıyla gerçekleştirilmiştir.

Yapı MSC Apex'te açıldıktan sonra ilk adım yapının malzeme özelliklerinin atanması olacaktır. Burada kullanacağınız malzemeyi belirleyerek parçaya malzeme özelliklerini kazandırmak gerekecektir. Şekil 1'de görüldüğü üzere MSC Apex'te malzeme oluşturularak cismin elastik modülü, yoğunluğu ve poisson oranı değerleri girilmelidir.



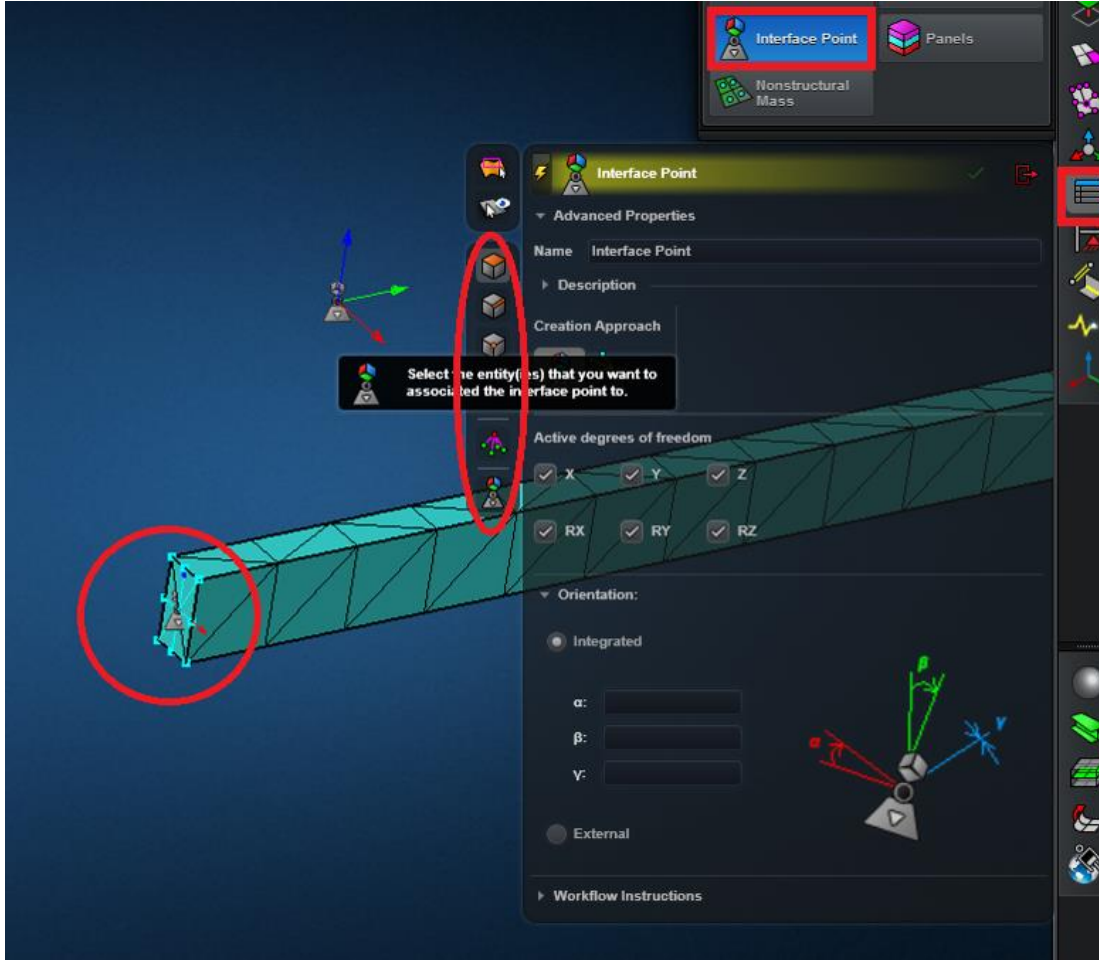
ŞEKİL 1: MSC APEX MALZEME OLUŞTURMA VE ATAMASI

Sonraki adımda yapının eleman ağının (mesh) örülmesi gerekmektedir. Bunun için katı elemanlardan yararlanarak bir yapısal ağ oluşturulabilir. Kullanıcı burada yapısal ağı manipüle edebilir. Modal analiz alınacağı için yüksek ayrıntılı ve çok küçük boyutlu bir yapısal ağı gerek olmamaktadır, çözüme uygun bir yapısal ağın örülmesi yeterli olacaktır. Şekil 2'de MSC Apex'te eleman ağı örnek için kullanılacak araçlar gösterilmiştir.



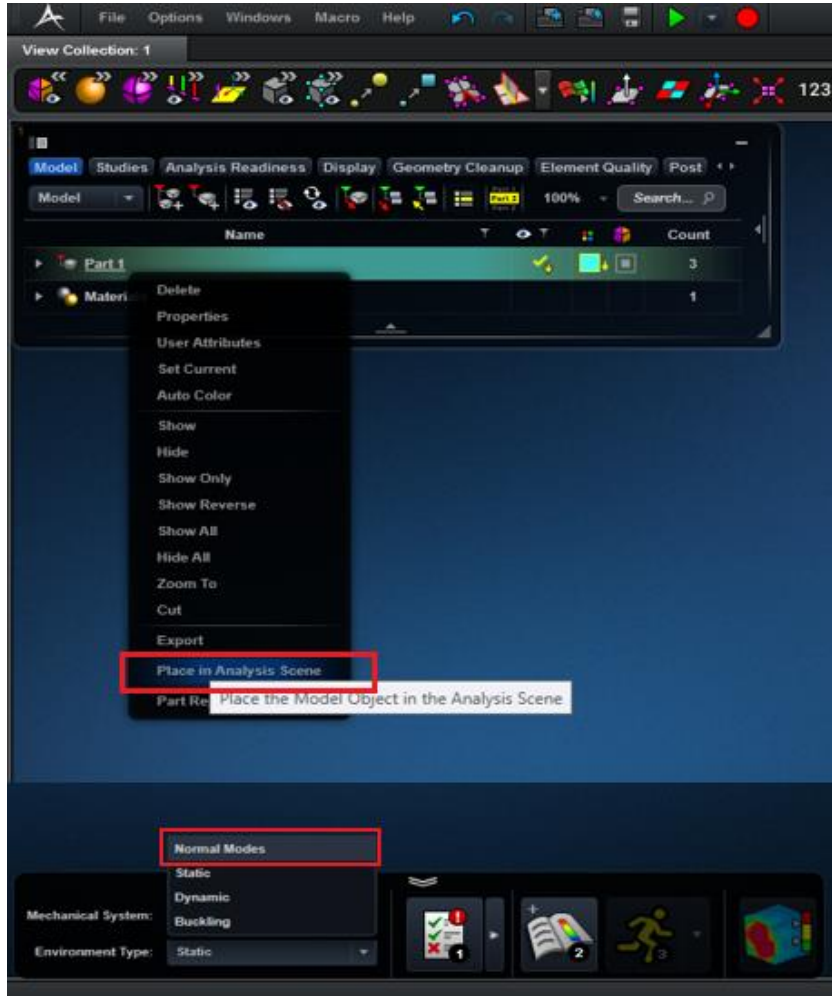
ŞEKİL 2: MSC APEX ELEMAN AĞI (MESH) OLUŞTURMA

Modal analizi almadan önce Adams'ta kinematik ve dinamik unsurların geleceği noktalara ASET ataması gerçekleştirilmesi gerekmektedir. ASET ataması, MSC Apex içerisinde **Interface Point** elemanı ile gerçekleştirilebilir. Apex içerisinde **Interface Point** Şekil 3'te gösterildiği gibi oluşturulabilir. ASET, o lokasyonun serbestlik seviyesini belirtmektedir. Genellikle 6 yönde serbestlik olacak şekilde oluşturularak, kısıtlamalar Adams ortamındaki mafsallarla gerçekleştirilmektedir. MSC Apex içerisinde **Interface Point** ataması yapıldığında, otomatik olarak rbe2 elemanı ile birlikte ASET atamasını gerçekleştirecektir. MSC Apex içerisinde **Interface Point** oluşturulduğunda çevre node elemanlarını merkez bir node ile rbe2 eleman oluşturularak bağlanır, aynı zamanda ASET ataması da otomatik gerçekleştirilir. Kullanıcı isterse merkez node lokasyonunu manipüle edebilir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta merkez node lokasyonunun Adams tarafında mafsal gelecek noktaya bire bir aynı lokasyona sahip olması gerektiridir.



ŞEKİL 3: MSC APEX INTERFACE POINT

Gerekli tanımlamalar yapıldıktan sonra MSC Apex'te modal analiz gerçekleştirilir. Bunun için Şekil 4 üzerinden gösterildiği gibi öncelikle analiz senaryosu **Normal Modes** seçildikten sonra parçaya sağ tıklanarak **Place in Analysis Scene** seçeneği seçilir. Adams için MNF çıktısı oluşturmak adına **Output Request** kısmından **MNF Export** kısmı kullanılarak **Flex body output** seçilir ve MNF dosyası için konum belirtilir. Hem deformasyon hem gerilme değerlerinin görüntülenebilmesi adına **Grid point stresses** ve **Grid point strains** seçenekleri aktif hale getirilmelidir. Şekil 5'te bu ayarlamalar gösterilmiştir.



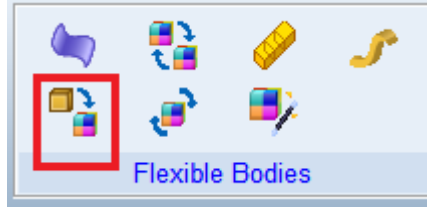
ŞEKİL 4: ANALİZ TİPİ BELİRLENMESİ



ŞEKİL 5: MSC APEX MNF AYARLARI

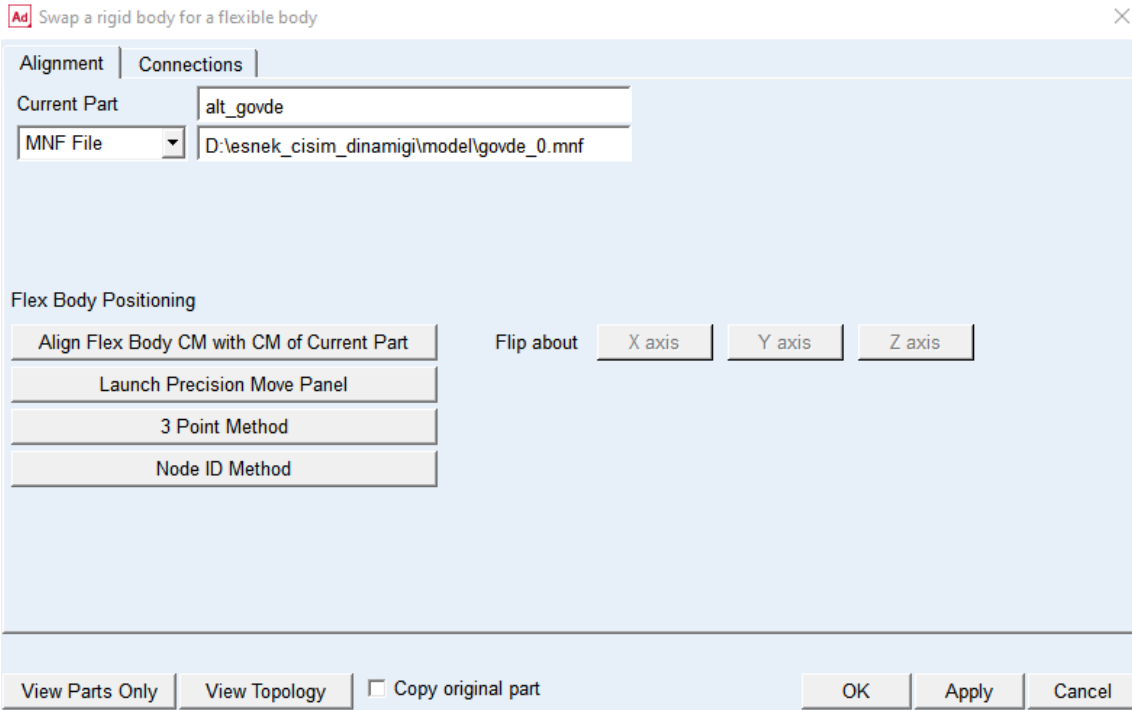
## 2. MNF AKTARIMI

Rijit cisim esnek cisme çevirmek için gerekli MNF dosyası elde edildikten sonra Adams modeline aktarılması gerekmektedir. Bunun için modelin içerisinde bulunan rijit parçaya sağ tıklayıp **Make Flexible** seçeneği ya da Şekil 6'da belirtilen Bodies araçlarının içerisinde bulunan **Rigid to Flex** aracı kullanılabilir. Sonlu eleman analizi programından elde edilen MNF dosyası kullanılacağı için çıkan pencere **Import** seçeneği seçilmelidir. Esnek cisim verisi, **MNF File** yazan kısma çift tıklayarak dosya konumundan seçilebilir.



ŞEKİL 6: ADAMS ESNEKLEŞTİRME ARACI

MNF dosyası seçildikten sonra eğer konumsal olarak uyuşmama durumu varsa Şekil 7'de görülen **Flex Body Positioning** kısmından düzenlemeler gerçekleştirilebilir.



ŞEKİL 7: RIJİT PARÇAYI ESNEKLEŞTİRME ARACI

**Align Flex Body CM with CM of Current Part**, esnek parçanın merkez lokal koordinat sistemi etrafında döndürülmesi için kullanılan araçtır. Üzerine tıkladığında X, Y, Z eksenleri aktif hale gelir ve kullanıcı istediği ekseninde döndürme işlemini gerçekleştirebilir.

**Launch Precision Move Panel**, cismi ötelemek veya döndürmek için kullanılan Adams aracını açarak esnek parçayı istediğiniz lokasyon ve oryantasyona getirmeyi sağlar.

**3 Point Method**, esnek parça ve rijit parça üzerinden seçilen üç noktayı eşleyerek esnek parçanın yönü ve konumunu belirlenmesi sağlanmaktadır. Seçtiğiniz üç noktanın bir düzlem oluşturması gerekmektedir.

**Node ID Method**, seçtiğiniz node lokasyonlarına göre esnek parçayı hizalamak için kullanılır.

Konumsal uygunluk sağlandıktan sonra pencerenin üst kısmında yer alan **Connection** sekmesinden parça esnekleştirildikten sonra taşınan bağlantı elemanları ve alt unsurları hakkında bilgi sahibi olabilirsiniz. Şekil 8'de görüldüğü üzere eşleşen lokal koordinat sistemleri, bu koordinat sistemlerinin lokasyon ve görece lokasyon bilgileri görülmektedir. Ayrıca o lokasyonda bir bağlantı sağlanıp sağlanmadığı, bağlantı sağlandıysa bu bağlantının **Interface Node** aracılığıyla olup olmadığı belirtilmektedir. Ayrıca **distance** sekmesinden esnek tarafta oluşturulan nodelerin Adams tarafında bağlantılarla eşleşirken herhangi bir ofset olup olmadığını görüntüleyebilirsiniz. Sonuç doğruluğu açısından lokasyonların bire bir örtüşmesi, dolayısıyla **distance** kısmının sıfır olması önem arz etmektedir. Connection sekmesinde düzenleme yapılması gerektiğinde **Align** sekmesi genişletilerek farklı yöntemlerle seçilen unsur bazlı bu düzenlemeler gerçekleştirilebilir. Eğer bütün unsurlarda tek seferde bir değişiklik yapılmak istenirse görselde görülen **Align All Via** komutu kullanılarak düzenlemeler gerçekleştirilebilir.

Ad Swap a rigid body for a flexible body

Alignment Connections

Update table Reset table Node Finder

Marker Management  Display only active markers/connections Align All Via Move Marker to Node

Number of digits 2 Sort By Connections

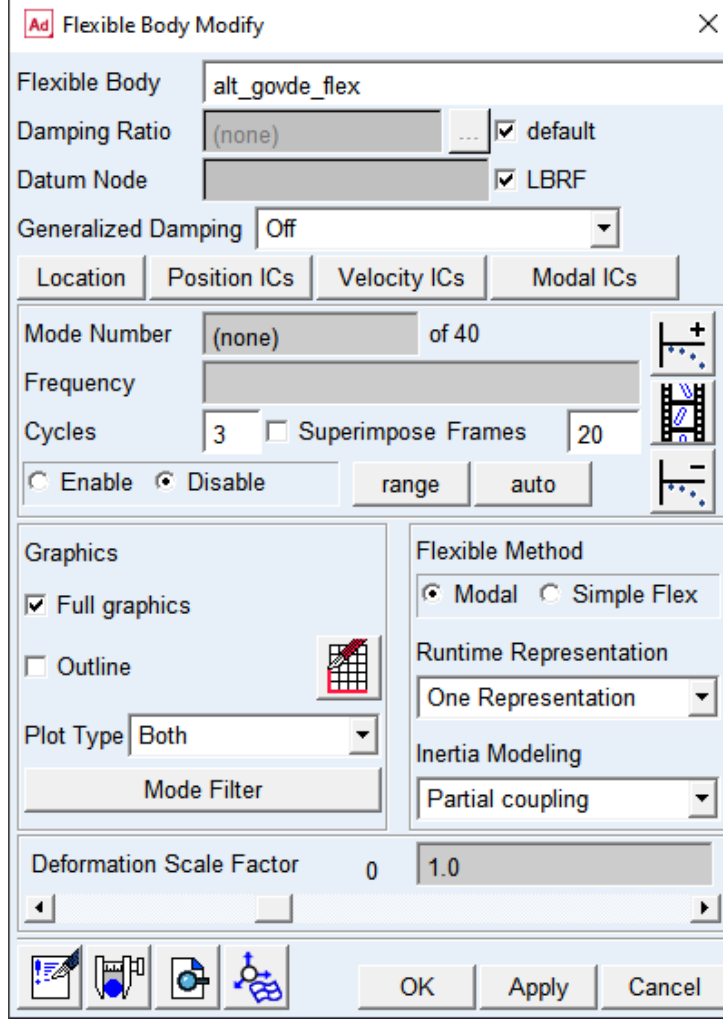
| Marker | Connections                 | Marker Location   | Node ID | Interface | Relative Location | Distance | Align    |
|--------|-----------------------------|-------------------|---------|-----------|-------------------|----------|----------|
| 1      | MARKER_23 govde_piston      | -1351.91, 3279... | 63130   | *         | 0.00, 0.00, 0.00  | 0.00     | Move Mar |
| 2      | MARKER_28 govde             | -4987.52, 4022... | 63132   | *         | 0.00, 0.00, 0.00  | 0.00     | Move Mar |
| 3      | MARKER_19 base_govde        | -407.52, 1652...  | 63126   | *         | 0.00, 0.00, 0.00  | 0.00     | Move Mar |
| 4      | MARKER_26 alt_govde_sili... | -1209.59, 3777... | 63131   | *         | 0.00, 0.00, 0.00  | 0.00     | Move Mar |
| 5      | cm                          | -2046.15, 3243... |         |           |                   |          | Move Mar |
| 6      | piston_ust                  | -1209.59, 3777... |         |           |                   |          | Move Mar |
| 7      | piston_alt                  | -1351.91, 3279... |         |           |                   |          | Move Mar |
| 8      | ust_ref                     | -4987.52, 4022... |         |           |                   |          | Move Mar |
| 9      | PSMAR                       | 0.00, 0.00, 0.00  |         |           |                   |          | Move Mar |
| 10     | alt_ref                     | -407.52, 1652...  |         |           |                   |          | Move Mar |

View Parts Only View Topology  Copy original part OK Apply Cancel

ŞEKİL 8: PARÇA ESNEKLEŞTİRME - BAĞLANTI EŞLEŞMELERİ

### 3. ADAMS MNF ÖZELLİKLERİ

Adams ortamında esnek cisim oluşturulduktan sonra özellikleri yine Adams arayüzünde görüntülenebilir. Bunun için parçaya sağ tıklayıp **Modify** düzenleme ekranına geçilir. Karşınıza çıkan pencere Şekil 9'da gösterilmiştir. Aşağıda buradaki komutlarla alakalı açıklamalar mevcut olup görüntülemek istediğiniz bilgiyi veya uygulamak istediğiniz işlemi bu bilgiler ışığında gerçekleştirebilirsiniz.



ŞEKİL 9: ADAMS ESNEK PARÇA MODİFY EKRANI

**Damping Ratio**, esnek parçayla alakalı sönüm oranı bilgisinin girildiği bölümdür. **Default** bırakılması durumunda 100 Hz altındaki doğal frekanslar için %1, 100-1000 Hz aralığındaki doğal frekanslar için %10, 1000 Hz üstündeki doğal frekanslar için %100 kritik sönümlenme ile çözüme dahil edilecektir. Bütün modlar için uygulanacak standart bir sönüm değeri kullanılacaksa **Default** kapatılarak bu değer girilebilir.

**Datum Node**, deformasyon renk değişikliklerinin Adams Flex kullanımına göre olmasını istediğiniz node ayarlaması yapılan bölümdür.

**Generalized Damping**, geliştirilmiş sönümlenme matrisini etkinleştirmek için kullanılmaktadır. Standart **Off** olarak geliştirilmiş sönümlenme devre dışıdır. Kullanıcı isterse **Full** seçerek geliştirilmiş sönümlenme matrisini etkinleştirebilir ya da **Internal Only** seçeneği ile yalnızca geliştirilmiş sönüm matrisinin mod koordinatlarına karşılık gelen kısmını etkinleştirir, bir başka deyişle ortaya çıkacak sönüm kuvvetini (resultant damping force) yok sayar.

**Location**, esnek parçanın lokasyon bilgisine erişilen ve istenildiğinde değiştirilen araçtır.

**Position ICs**, esnek parçaya konum başlangıç koşulunun tanımlanacağı araçtır.

**Velocity ICs**, esnek parçaya hız başlangıç koşulunun tanımlanacağı araçtır.

**Modal ICs**, MNF dosyasının içerisinde yer alan modların doğal frekans bilgilerinin görüntülenebildiği, hesaplama dahil edildiği veya hesaplama dışı bırakıldığı kısımdır. Şekil 10'da görülen pencerede mod doğal frekans bilgileri yer almakla beraber Disable ve Enable komutlarıyla seçilen modun hesaplama dahil edilmesini kontrol eder.

Ad Modify Modal ICs ...

|    | Nat. Freq.        | Enabled | Displacment IC | Disp Exact | Velocity IC | Preload |
|----|-------------------|---------|----------------|------------|-------------|---------|
| 1  | -8.0939675906E-03 |         |                |            |             |         |
| 2  | -2.0073199586E-03 |         |                |            |             |         |
| 3  | -1.5402992373E-03 |         |                |            |             |         |
| 4  | -6.1668877347E-04 |         |                |            |             |         |
| 5  | 1.0623421602E-03  |         |                |            |             |         |
| 6  | 1.3011052921E-03  |         |                |            |             |         |
| 7  | 89.6326272258     | *       | (none)         |            | (none)      |         |
| 8  | 106.736931264     | *       | (none)         |            | (none)      |         |
| 9  | 163.3136531265    | *       | (none)         |            | (none)      |         |
| 10 | 191.0968715281    | *       | (none)         |            | (none)      |         |
| 11 | 234.5663668286    | *       | (none)         |            | (none)      |         |
| 12 | 275.762427256     | *       | (none)         |            | (none)      |         |
| 13 | 321.7146130213    | *       | (none)         |            | (none)      |         |
| 14 | 411.0348386322    | *       | (none)         |            | (none)      |         |
| 15 | 445.105399107     | *       | (none)         |            | (none)      |         |
| 16 | 555.4435280845    | *       | (none)         |            | (none)      |         |
| 17 | 619.4998075458    | *       | (none)         |            | (none)      |         |
| 18 | 701.7571911344    | *       | (none)         |            | (none)      |         |
| 19 | 727.8855096349    | *       | (none)         |            | (none)      |         |
| 20 | 809.0378511736    | *       | (none)         |            | (none)      |         |
| 21 | 866.2716745563    | *       | (none)         |            | (none)      |         |
| 22 | 1065.7673974926   | *       | (none)         |            | (none)      |         |
| 23 | 1224.9525127009   | *       | (none)         |            | (none)      |         |
| 24 | 1473.1195101486   | *       | (none)         |            | (none)      |         |
| 25 | 1486.1088349935   | *       | (none)         |            | (none)      |         |
| 26 | 1506.8086376549   | *       | (none)         |            | (none)      |         |
| 27 | 1511.9501653048   | *       | (none)         |            | (none)      |         |

Disable Highlighted Modes    Set Exact

Enable Highlighted Modes    Apply Displacement IC    Clear Exact    Apply Velocity IC

Refresh Table    Close

ŞEKİL 10: MODAL IC DÜZENLEME EKRANI



**Mode Number**, MNF dosyası içerisinde yer alan bilgiler doğrultusunda istenilen modun doğal frekansının Hz biriminden değerini göstermektedir. Aynı zamanda girdiğiniz mod şeklini oynatma simgesine tıkladığınızda Adams ekranında göstermektedir.

**Flexible Method**, esnek parçayla alakalı kullanılacak methodun belirlendiği seçenektir. Standart metod **Modal** olmakla beraber **SimpleFlex** matris mertebelerini azaltarak daha hızlı çözümler sunabilmektedir. Deneme simülasyonları için **SimpleFlex** kullanıcı tarafından tercih edilebilir, sonuç aşamasında Modal ile çözümlenerek çözüm teyit edilebilir. Kontak ve modal kuvvetlerin bulunduğu modellerde doğrudan **Modal** seçilmelidir, **SimpleFlex** bu unsurları desteklememektedir.

**Runtime Representation**, simülasyon süresince yapı temsiliyetinin belirlendiği sekmedir. **One Representation** seçildiğinde simülasyon süresi boyunca aynı temsiliyet korunacaktır. Diğer seçeneklerle cisim simülasyon içerisinde esnekten rijite veya rijitten esneğe simülasyon içerisinde değişebilir.

**Inertia Modeling**, esnek parça için atalet formülasyonunun belirlendiği kısımdır. Bu kısım **Rigid** seçildiğinde cisim rijit davranacak şekilde modellenmiş olur. **Constant** seçildiğinde Adams deformasyon nedeniyle atalet momentlerindeki değişiklikleri hesaba katmaz, sabit olarak kabul eder. **Partial Coupling** Adams'ta esnek parça için standart formülasyondur, çözüm süresine oranla çözüm doğruluğu en efektif formülasyondur. **Full Coupling** tam doğruluğu sağlayan çözücüdür, çözüm süresi açısından **Partial Coupling**'den daha uzun sürmektedir.

**Deformation Scale Factor**, deformasyonun abartılı veya daha minimal gösterilmesinin ayarlandığı kısımdır.

#### 4. REFERANS

- I. Adams 2021.4 Help Documentation
- II. Msc Apex 2020 FP1SP1 Help Documentation