

ROMAX İLE EKSENEL SİMETRİK MİL MODELİ OLUŞTURMA

HAZIRLAYAN	ONAYLAYAN
Umut Tektürk Lider Mekanik Simülasyon Mühendisi	Önder Türkan Satış Öncesi Teknik Müdürü

Tarih: 01/03/2022

Eksenel Simetrik Mil Modeli Oluşturma

Romax içerisinde eksenel-simetrik miller ve kompleks miller için iki farklı modelleme yaklaşımı bulunmaktadır. Eksenel-simetrik miller için Timoshenko Kiriş Teorisi (Timoshenko Beam Theory) kullanılırken, kompleks miller için üç boyutlu sonlu eleman ağ yapıları kullanılabilir. Bu çalışma kapsamında Timoshenko Kiriş Teorisinin (çalışma içerisinde TBT olarak anılacaktır) temelleri üzerinde durulacak ve Romax içerisinde TBT ile mil modellemesi anlatılacaktır.

Timoshenko Kiriş Teorisi

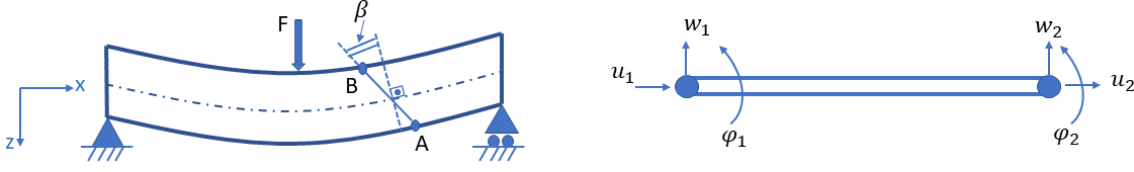
Kiriş yaklaşımları genellikle bir boyutu diğer boyutlarına göre önemli ölçüde büyük olan yapılar için kullanılmaktadır. Bu yapılardaki eksenel ya da uzunlama yön, büyük boyutu tanımlarken, enine boyut transverse yönü tanımlamaktadır. Kirişin eksenel yönüyle kesişen ve ona dik olan düzlemler enine kesit (cross section) olarak adlandırılmaktadır ve kirişin boylamasına ekseninin bu kesitlerin merkezinden geçtiği kabul edilmektedir.

Kirişler üç boyutlu katılar olmasına rağmen düzlemsel kirişlerin tek boyutlu matematiksel modelleri kiriş teorilerini oluşturmaktadır. Bu teoriler enine kesitlerin davranışlarını, çeşitli yaklaşımlarla, boylamasına eksenindeki nicelikler yardımıyla tanımlamaktadır. Yani düzlemsel bir kirişin eleman kinematığı, eksenel ve enine yer değiştirme ile enine kesitin dönme hareketi yardımıyla ifade edilebilmektedir.

Kiriş teorileri küçük deformasyonlar ve lineer-elastik izotropik malzeme davranışı varsayımlarına dayanmaktadır. Bu modelleme yaklaşımlarında kirişte deformasyon meydana gelirken enine kesit boyutlarındaki değişiklikler ihmal edilmektedir. Kiriş teorileri yüksek yer değiştirme ve dönme hareketleri nedeniyle geometrik doğrusal olmayan (geometric-nonlinearity) davranışları açıklayabilmektedir.

Timoshenko Kiriş Teorisi düşük-orta büyüklükteki dönme hareketi yapan ve görece kalın kirişler için kullanılmaktadır. Bu teoride enine kesitler düzlem olarak ve deforme olmadan kalırken, nötral eksen (neutral axis) etrafında dönme hareketi yapabilmekte, fakat deforme olmuş boyuna eksenle olan diklik ilişkisi bozulabilmektedir. Diklik ilişkisindeki dalgalanma, enine kesme kuvvetinden kaynaklanmakta ve enine kesit boyunca sabit kaldığı kabul edilmektedir. TBT gerilme ve

deformasyon üzerindeki eğilme momenti etkisini göz önünde bulundururken, birinci derece enine kesme kuvveti etkilerini (First Order Shear Deformation Effects) de içermektedir. Şekil 1 TBT'nin temsili gösterimini içermektedir. Şekilde u , w ve φ farklı yönlerdeki yer değiştirmeleri gösterirken, β kesme deformasyonu nedeniyle oluşan tarafsız eksenin dik eksen ile A-B düzleminin arasındaki açısını göstermektedir.



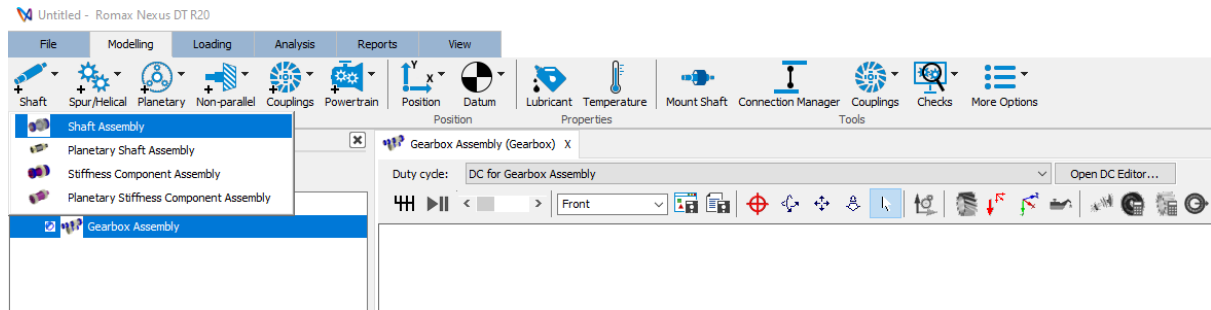
ŞEKİL 1: TİMOSHENKO KİRİŞ TEORİSİNİN KİNEMATİĞİ

ROMAX İLE MİL MODELİ OLUŞTURMA

Bu çalışma kapsamında Romax Nexus DT R20 sürümü kullanılarak mil modeli oluşturma adımları anlatılacaktır. Bu işlem Romax'ın Enduro, Spectrum, Energy, Spin ve Evolve modülleri için aynı şekilde yapılabilmektedir.

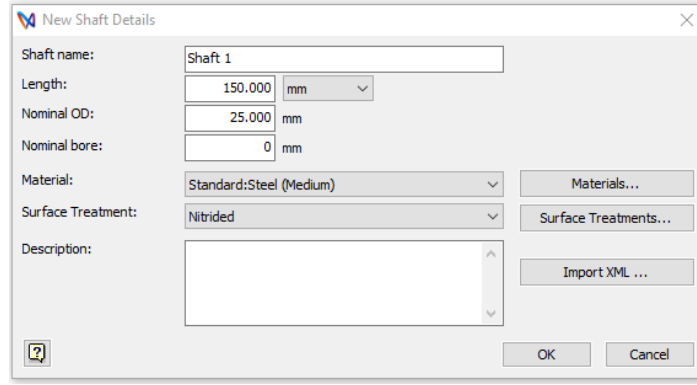
Romax'ta aksenal simetrik miller TBT yaklaşımıyla oluşturulabilmektedir. Mil sonlu eleman modeli düzgün dağılımlı düğüm noktaları aracılığıyla oluşturulmaktadır. Düğüm noktaları varsayılan ayarlarda silindirik bir mil için 1:1 boy/çap oranında belirlenmektedir.

Romax'ta belirli bir model hiyerarşisi bulunmaktadır. Bu hiyerarşiye göre miller dişli kutusu montajlarının altında yer almaktadır. Bu yüzden bir mil modeli oluşturmak için öncelikle bir dişli kutusu montajı modeli oluşturmak gerekmektedir. Dişli kutusu montajı oluşturduktan sonra Romax içerisinde "Modelling" sekmesi altında yer alan "Shaft" sekmesinden "Shaft Assembly" komutu yardımıyla bir mil montajı oluşturulabilmektedir.



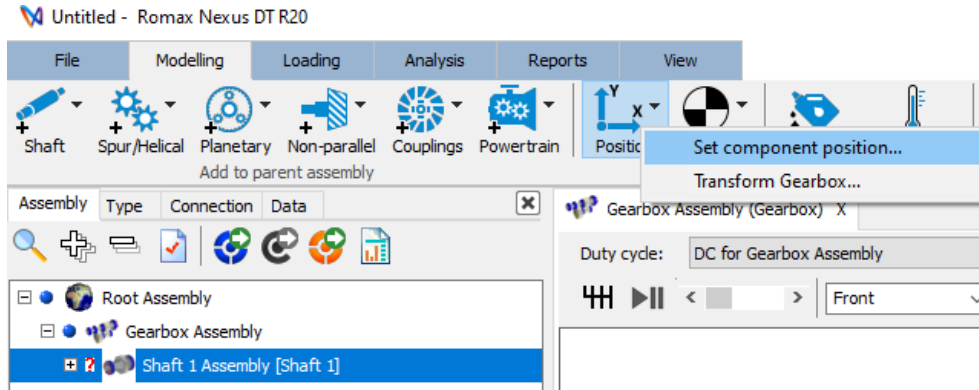
ŞEKİL 2: MİL MONTAJI OLUŞTURMA

Bu komutu kullanıldıktan sonra açılan "New Shaft Details" penceresi yardımıyla milin geometrik, malzeme ve yüzey işleme özellikleri girilebilmekte ya da "XML" formatında bir mil, sisteme eklenebilmektedir. Geometrik özellik olarak milin boyu, dış ve iç çap özellikleri belirlenebilirken, malzeme ve yüzey işleme özellikleri için Romax'ın mevcut kütüphaneleri kullanılabilir. Yine malzeme verileri için kullanıcı tarafından oluşturulan malzeme özellikleri de sisteme entegre edilebilmektedir.



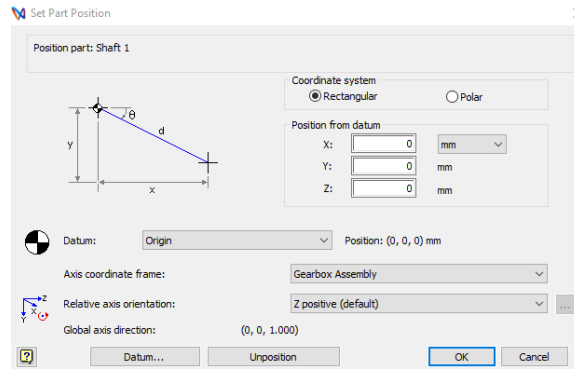
ŞEKİL 3: MİL PARAMETRELERİ EKRANI

Mil özellikleri belirlendikten sonra, milin pozisyonunun belirlenmesi gerekmektedir. Bunun için yine “Modelling-Position” sekmesi altında bulunan “Set Component Position” komutu kullanılabilir.



ŞEKİL 4: MİL POZİSYONLANDIRMASI

Açılan pencere yardımıyla milin pozisyonu dik veya polar koordinat sistemine göre girilebilmekte, konum verilerinin birimi ayarlanabilmekte, referans noktası ve mil aksenal yönü ayarlanabilmektedir.



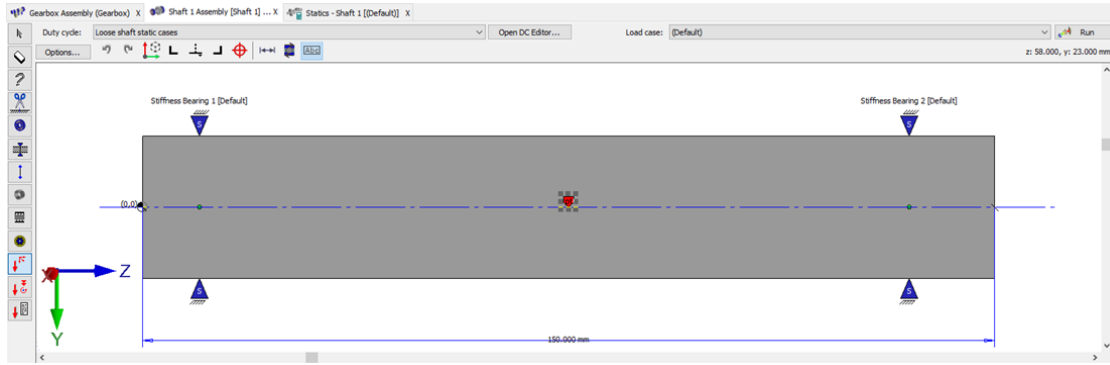
ŞEKİL 5: MİL POZİSYONLANDIRMA EKRANI

Mil pozisyonu belirlendikten sonra mil çalışma sayfası açılıp, mil üzerine rulman, dişli gibi elemanlar eklenebilmektedir. Eklenen her bir elemanın pozisyonunda mil üzerinde bir node oluşturulmakta ve mil-eleman bağlantısı bu düğüm noktası aracılığıyla gerçekleştirilmektedir.

MİL STATİK ANALİZ ÖRNEĞİ

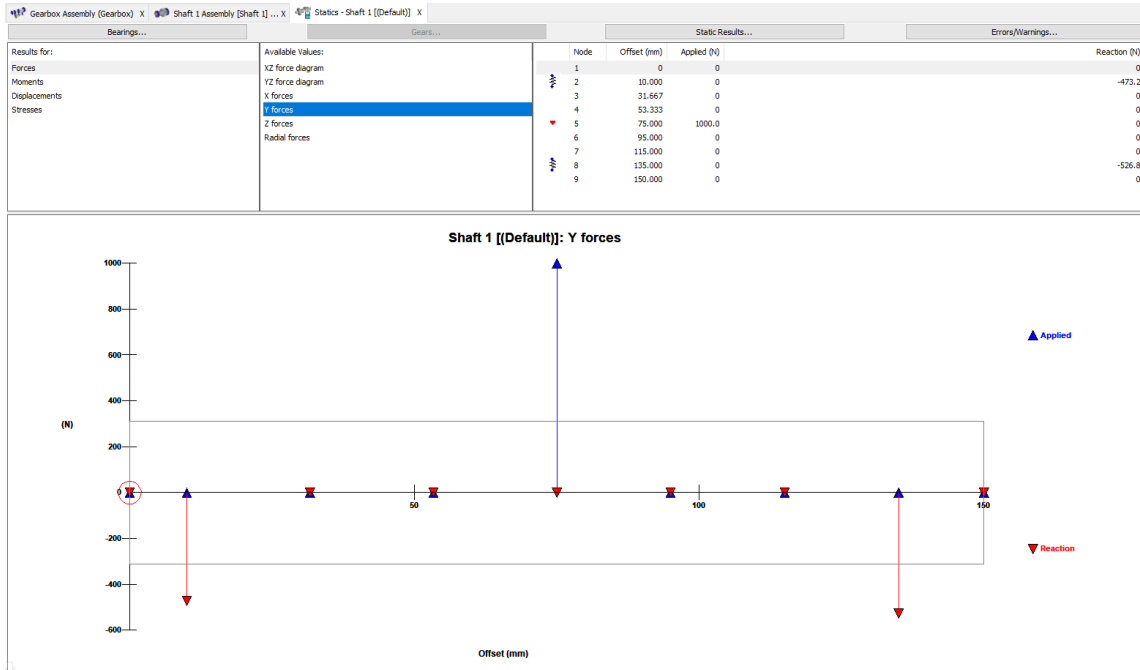
Romax ile mil statik analizi gerçekleştirebilmek için mil ve rulmandan oluşan bir sistem oluşturuldu ve milin orta noktasına 1000 N'luk noktasal kuvvet uygulandı. İçi dolu milin çapı 150 mm ve çapı 25 mm olarak seçildi. Rulmanlar için "Romax Stiffness Bearing" elemanları kullanıldı. Stiffness bearing elemanları mil yataklanması için kullanılan sabit direngenlik değerli modelleme elemanlarıdır.

Bu örnekte mil çalışma sayfasında bulunan "Duty Cyle" sekmesi "Loose Shaft Static Case", "Load Case" sekmesi "Default" olarak seçilip "Run" sekmesi kullanılarak statik analiz sonuçları elde edilmiştir.

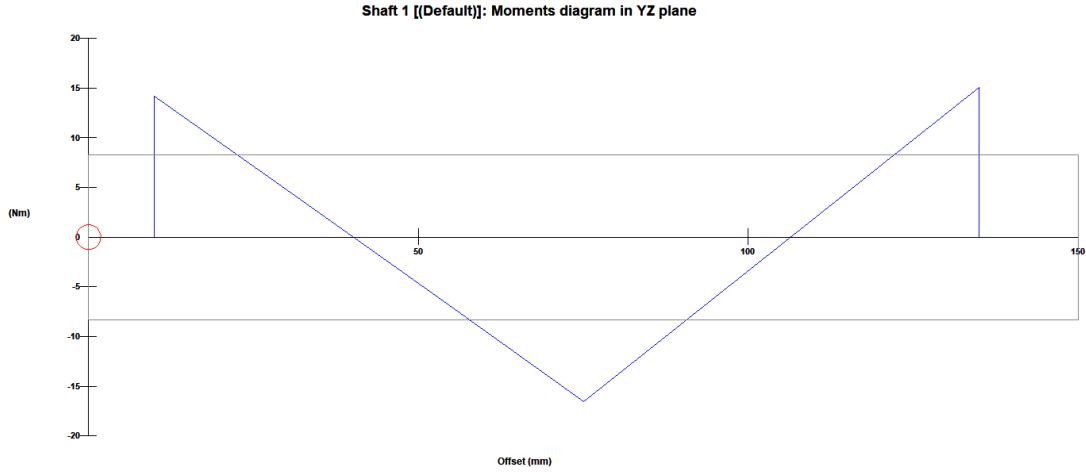


ŞEKİL 6: MİL ÇALIŞMA SAYFASI

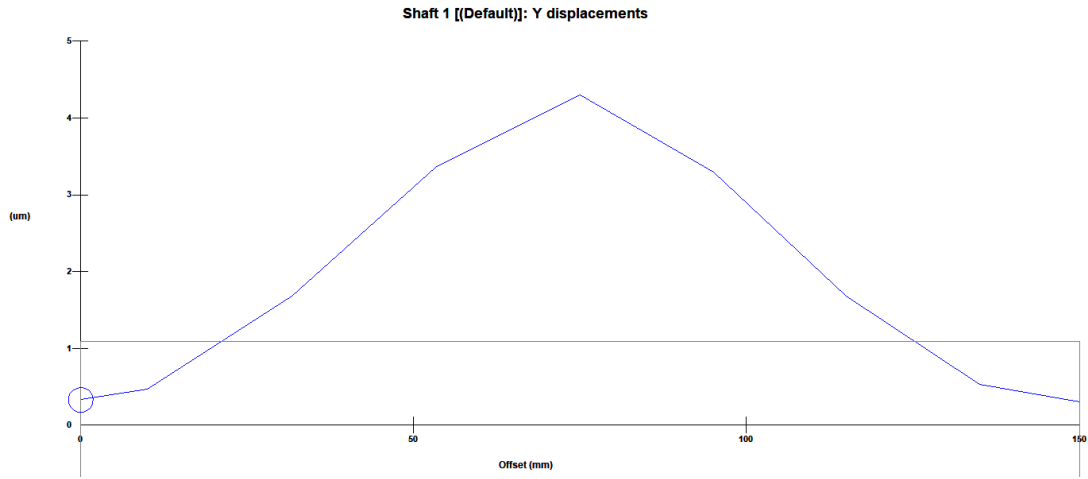
Yapılan statik analizden elde edilen sonuçlardan y yönünde kuvvet, y-z düzleminde moment, y yönünde deplasman ve eğilme gerilmesi sonuçları aşağıda verilmiştir.



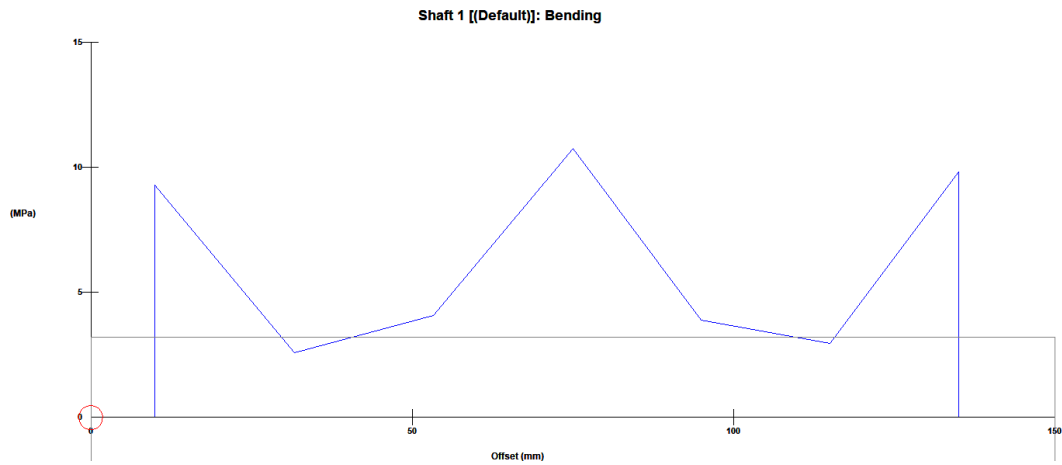
ŞEKİL 7: MİL STATİK ANALİZ SONUÇLARI-Y YÖNÜNDE KUVVET



ŞEKİL 8: MİL STATİK ANALİZ SONUÇLARI-YZ DÜZLEMİNDE MOMENT



ŞEKİL 9: MİL STATİK ANALİZ SONUÇLARI-Y YÖNÜNDE DEPLASMAN



ŞEKİL 10: MİL STATİK ANALİZ SONUÇLARI – EĞİLME GERİLMESİ

SONUÇ

Bu çalışma kapsamında Romax yazılımında aksenel simetrik mil modeli oluşturma ve Timoshenko Kiriş Teorisi'nin temelleri üzerinde duruldu. Mil ve iki adet rulman elemanından oluşan sistemin sabit noktasal kuvvet etkisi altındaki statik analiz sonuçları incelendi. Daha önce bahsedildiği gibi Romax rulmanlar ve nokta kuvvet için düğüm noktaları oluşturdu. Uygulanan kuvvet etkisiyle düğüm noktalarındaki tepki kuvvetleri ile mil üzerindeki moment, deplasman ve gerilme sonuçları elde edildi.

REFERANSLAR

Felippa, C. A. (2001). *Nonlinear Finite Element Methods*. Colorado: University of Colorado.

Reddy, J. (2004). *An Introduction to Nonlinear Finite Analysis*. Texas: Oxford University Press.