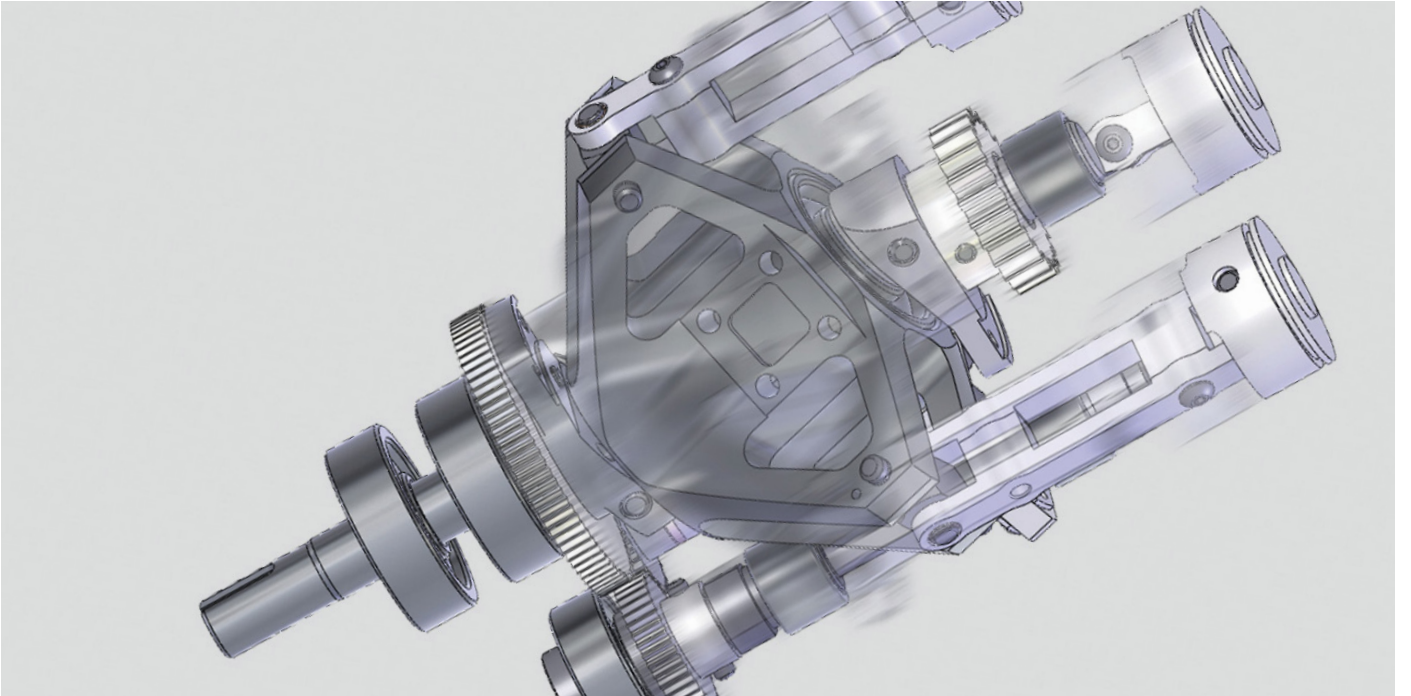


HAREKET ANALİZİNİ ANLAMA

Genel bakış

Hareket analizi nedir? Hangi sorunları çözebilir? Ürün tasarım sürecine nasıl faydası olabilir? Bu bülten bu sorunların bazılarını ele almakta ve hareket analizinin çözebileceği ortak problemleri irdelemektedir. Bir CAE tasarım aracı olarak kullanılan hareket analizinin gerçek uygulamalarını da sunmaktadır.



Giriş

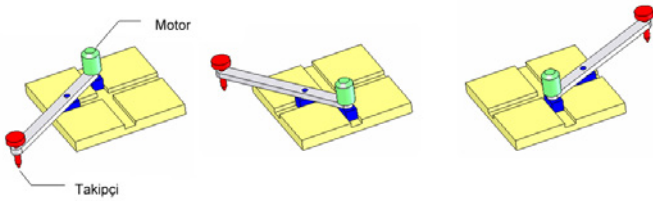
1980'lerde bilgisayar destekli mühendislik (CAE) yöntemlerinin tasarım mühendisliğinde ilk defa kullanılmaya başlamasından bu yana, sonlu eleman analizi (FEA) ilk genel kabul gören analiz aracı haline geldi. Geçen yıllar boyunca, tasarım mühendislerinin yeni ürünlerin yapısal performansını incelemesine ve çok sayıda zaman alan, maliyetli prototip üretmeyi CAD modelleri üzerinde çalıştırılan pahalı olmayan bilgisayar analizleriyle değiştirmesine yardımcı oldu.

Bugün, mekanik ürünlerin karmaşıklığının gittikçe artması ve yeni tasarımları daha çabuk piyasaya sürme rekabetinin şiddetlenmesi nedeniyle, mühendisler analizin kapsamını FEA'nın ötesine genişletmek için daha fazla baskı hissetmektedir. FEA ile yapısal performansı analiz etmeye ek olarak, fiziksel prototipleri inşa etmeden önce mühendislerin yeni ürünlerin kinematikini ve dinamiğini de belirlemesi gerekmektedir.

Katı gövde dinamiği olarak da bilinen hareket analizi bu sorunları çözmek için bir analiz yaklaşımı sunar. Kullanımı hızla artmaktadır ve arttıkça tasarım mühendisleri hakkında daha fazla bilgi etmek için bu soruları sormaktadır: Nedir? Hangi sorunları çözebilir? Ürün tasarım sürecine nasıl faydası olabilir?

Mekanizma analizi ve sentezleme için hareket analizi

Bir mühendisin farklı elipsler çizmek için bir elipsograf tasarladığını varsayalım. CAD montajında montaj ilişkilerini tanımladığında, mekanizmanın bileşenlerinin nasıl hareket edeceğini gözden geçirmek için modelin animasyonunu yapabilir (Şekil 1). Montaj animasyonu montaj bileşenlerinin göreceli hareketini gösterebilir de, hareketin hızı ilgisizdir ve zamanla rastgeledir. Hızları, ivmeleri, eklemlerin tepkilerini, güç gereksinimlerini vb. bulmak için, tasarımcının daha güçlü bir araca ihtiyacı vardır. Hareket analizi işte burada devreye girer.



Şekil 1: Elipsografın CAD animasyonu kullanılarak analiz edilen çeşitli konumları.

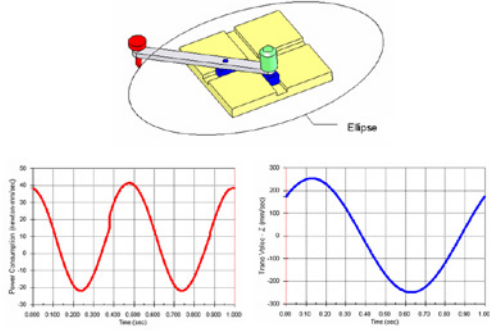
Hareket analizi, hareketli bir mekanizmadaki tüm bileşenlerin kinematikini (konum, hız ve ivme dahil) ve dinamiğini (eklem tepkileri, eylemsizlik kuvvetleri ve güç gereksinimleri dahil) hakkında eksiksiz, nicel bilgiler sağlar. Genellikle büyük öneme sahip bir diğer husus hareket analizinin sonuçlarının hemen hiç ek zaman kaybı olmaksızın alınabilmesidir, çünkü hareket analizini gerçekleştirmek için gereken her şey CAD montaj modelinde zaten tanımlanmıştır ve hareket analizi programına aktarılması yeterlidir.

Hareket analizi, hareketli bir mekanizmadaki tüm bileşenlerin kinematikini (konum, hız ve ivme dahil) ve dinamiğini (eklem tepkileri, eylemsizlik kuvvetleri ve güç gereksinimleri dahil) hakkında eksiksiz, nicel bilgiler sağlar.

Yukarıda açıklanan elipsograf örneğinde, tasarımcının yalnızca motorun hızına, izlenecek noktalara ve görmek istediği hareket sonuçlarına karar vermesi yeterlidir. Program diğer her şeyi kullanıcı etkileşimi olmadan otomatik olarak yapar. Hareket analiz programı CAD parçalarındaki malzeme özelliklerini kullanarak mekanizma bileşenlerinin eylemsizlik özelliklerini tanımlar ve CAD montajı montaj ilişkilerini kinematik eklemlere çevirir. Ardından otomatik olarak mekanizmanın hareketini açıklayan denklemlerin formüllerini oluşturur.

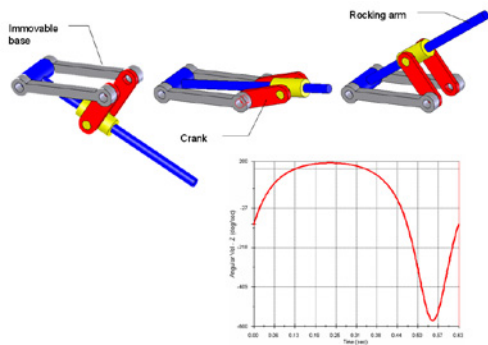
FEA ile incelenen esnek yapılardan farklı olarak, mekanizmalar katı bileşenlerden oluşan montajlar olarak gösterilir ve çok az serbest hareket ederler. Sayısal bir çözücü hareket denklemlerini çabucak çözer ve sonuçlar yer değiştirmeler, hızlar, ivmeler, eklem tepkileri tüm mekanizma bileşenlerindeki eylemsizlik yükleriyle ilgili tüm bilgilerin yanında hareketi sürdürmek için gereken gücü de içerir (Şekil 2).

Hareket analiz programı CAD parçalarındaki malzeme özelliklerini kullanarak mekanizma bileşenlerinin eylemsizlik özelliklerini tanımlar ve CAD montajı montaj ilişkilerini kinematik eklemlere çevirir.



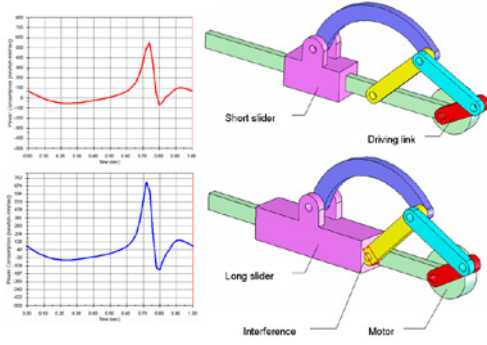
Şekil 2: Hareket simülasyonu tarafından hesaplanan doğrusal hız ve motor gücü gereksinimi

Şekil 3'te gösterilen ters kayar piston mekanizmasının hareket analizi genellikle makinelerin kinematığı ile ilgili ders kitaplarında bulunan bir alıştırmayı temsil eder. Burada amaç, krank sabit bir devirde dönerken hareketli kolun açısal hızını ve ivmesini bulmaktır. Birkaç analitik yöntem problemi çözebilir ve karmaşık sayılar yöntemi muhtemelen öğrenciler tarafından en sık kullanılanıdır. Ancak, bir problemi "elle" çözmek yoğun hesaplamalar gerektirir ve bilgisayarda elektronik tablolardan yararlanıldığında bile hız ve ivme grafiklerini çizmek birkaç saat sürebilir. Sonra, kayar piston geometrisi değişirse, her şeyin tekrarlanması gerekir ki bu lisans öğrencileri için ilgi çekici bir ödev olsa bile, gerçek hayatta ürün geliştirirken pratik değildir. Hareket analiz yazılımı, CAD montaj modelinde mevcut olan verileri kullanarak ters kayar pistonun hareketinin nerdeyse anında analiz edilmesini mümkün kılar.



Şekil 3: Hareketli kolun açısal hızını hesaplamak için ters kayar piston mekanizmasının analizi

Hareket analizi engellemeleri de kontrol eder ve bu CAD montajı animasyonundaki engelleme kontrolünden çok farklı bir işlemdir. Hareket analizi engelleme kontrollerini gerçek zamanlı olarak yapar ve mekanizmadaki tüm bileşenlerin mekan ve zamana göre tam konumlarını sağlar. Dahası, Şekil 4'teki hızlı dönüş mekanizmasında gösterildiği gibi geometri değiştiğinde, yazılım saniyeler içinde tüm sonuçları günceller. Hareketle ilgili sonuçların her biri grafik olarak veya istenen formatta tablo olarak gösterilebilir.



Hareket analizi engelleme kontrollerini gerçek zamanlı olarak yapar ve mekanizmadaki tüm bileşenlerin mekan ve zamana göre tam konumlarını sağlar.

Şekil 4: Kullanıcılar kayar pistonu ile sürücü bağlantı arasındaki engellemeyi kolayca bulabilir ve düzeltebilir.

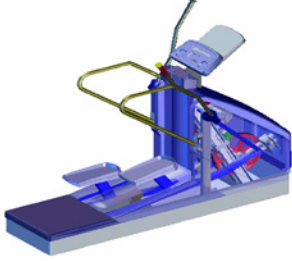
Mühendisler yukarıda anlatılan elipsograf veya ters kayar piston gibi basit mekanizmaları 2B mekanizmalar olarak gösterebilir. Bunları el ile analiz etmek zor ve zaman alıcı olsa da analitik çözüm yöntemleri içerirler. Ancak, 3B mekanizmalarda (hatta Şekil 5 ile gösterilen gibi basit mekanizmalarda) belirli bir analitik çözüm yoktur. Ancak hareket analizi problemi saniyeler içinde kolayca çözebilir, çünkü hem 2B hem 3B'de her türlü karmaşıklıktaki mekanizmaları işleyecek şekilde tasarlanmıştır. Mekanizma çok sayıda sabit bağlantı, yay, sönümlendirici ve temas çifti içerebilir ve çözüm süresinde nerdeyse hiç fark olmaz. Örneğin, Şekil 6'daki motorlu kızağın ön süspansiyonunun, Şekil 7'deki egzersiz makinesinin veya Şekil 8'deki CD sürücüsünün hareketleri ters kayar piston ile aynı kolaylıkla analiz edebilir.



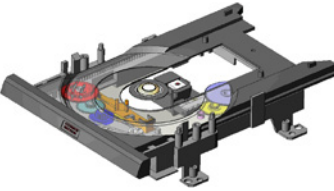
Şekil 5: Basit bir 3B mekanizmayı "elle" analiz etmek çok zordur ancak hareket analizi için hiçbir sorun teşkil etmez.



Şekil 6: Motorlu kızağın ön süspansiyonu yaylar ve sönümlendiriciler içeren çok sayıda bağlantıdan oluşur.

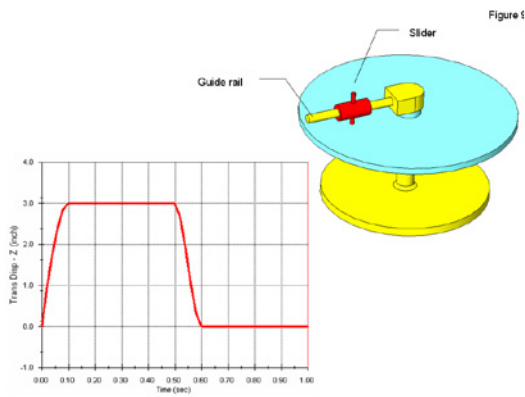


Şekil 7: Egzersiz makinesi tasarımı adımların hareket yörüngelerini ve kullanıcı tarafından üretilen kuvveti hesaplamak için kullanılan hareket analizinden faydalanır.



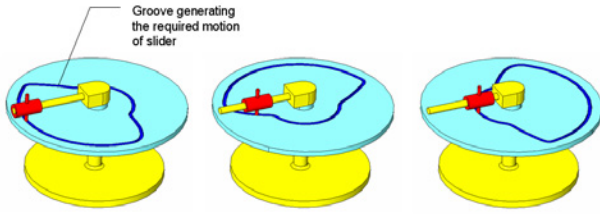
Şekil 8: CD sürücüsü karmaşık bir mekanizmadır ancak hareket analizi tarafından kolayca analiz edilir.

Mekanizma analizlerine ek olarak, ürün geliştiricileri hareket yörüngelerini CAD geometrisine dönüştürmek ve bunu yeni bir parça geometrisi oluşturmak için kullanmak suretiyle hareket analizini mekanizma sentezi için de kullanabilir. Şekil 9 örnek bir problemi göstermektedir. Bu tasarımda bir kayar pistonu bir kılavuz ray boyunca hareket ettirmesi gereken bir mil vardır ve bu milin profilini oluşturmak için hareket analizini kullanır. Kullanıcı istediği kayar piston konumunu zamanın bir fonksiyonu olarak ifade eder ve piston hareketini dönen boş mil üzerinde izler (yuvarlak plaka ile). Ardından izlenen yolu CAD geometrisine dönüştürerek Şekil 10'da gösterilen mil profilini oluşturur.



Şekil 9: Kayar pistonu kılavuz ray boyunca hareket ettirmek için bir yer değiştirme fonksiyonu uygulanır.

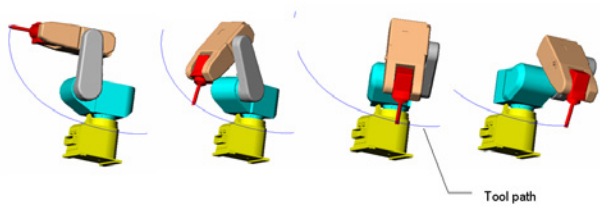
Mekanizma analizlerine ek olarak, ürün geliştiricileri hareket yörüngelerini CAD geometrisine dönüştürmek suretiyle hareket analizini mekanizma sentezi için de kullanabilir.



Şekil 10: Kayar pistonun hareketi dönen yuvarlak plaka üzerinde izlenerek burada plaka üzerinde açılmış bir oyuk il gösterilen bir mil profili oluşturulur.

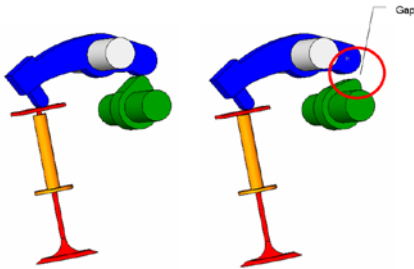
Örneğin, Şekil 11'de gösterilen gibi bir endüstriyel robotun hareketini doğrulamak ve gereken robot büyüklüğünü seçerken gereken bilgileri toplamak için takım yolunu test etmek ve güç gereksinimlerini belirlemek için tasarımcılar hareket yörüngeleri de kullanabilir — herhangi bir fiziksel test yapmak zorunda kalmadan.

Tasarımcılar bir endüstriyel robotun hareketini doğrulamak için hareket yörüngeleri de kullanabilir.



Şekil 11: Endüstriyel bir robotun çeşitli konumlardaki hareketini analiz etmek herhangi bir fiziksel test yapmadan takım yolu oluşturmayı mümkün kılar.

Hareket analizinin bir diğer önemli uygulaması hareketli cisimler arasında çarpışmalardan etkilenen hareketle ilgilidir. Bu gibi çarpışan cisimlerin elastikliği ile ilgili bazı varsayımlar yapılması gerekse de, hareket analizi Şekil 12'de gösterildiği gibi yalnızca geçici temas yapan bileşenleri olan mekanizmalar için doğru sonuçlar üretebilir.

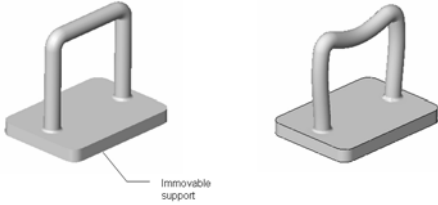


Şekil 12: Örneğin bir valf kaldırma mekanizmasında bir mil ile takipçi (kol) arasında oluşabilecek boşluğu incelemek için hareket analizinde çarpma ve temas analiz edilebilir.

FEA ile birlikte hareket analizini kullanma

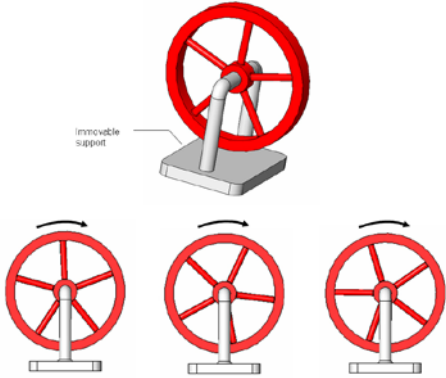
Mekanizma analizinde hareket analizi ile FEA'nın nasıl birlikte çalıştığını anlamak için, her bir aracın esas aldığı temel varsayımları anlamaya yardımcı olabilir.

FEA, yapıları incelemede baskın CAE yaklaşımı haline gelmiş sayısal bir yapısal analiz tekniğidir. Şekil 13'te gösterilen destek parçası gibi sabit şekilde desteklenen herhangi bir elastik objenin davranışını analiz edebilir. Elastik ile kastedilen objenin deforme edilebilmesidir. Statik bir yük uygulandığında, destek parçası yeni, deforme olmuş bir şekil alır ve sonra hareketsiz kalır. Dinamik bir yük uygulanması destek parçasının denge konumunda titreşmesine neden olur. FEA destek parçasının statik veya dinamik bir yük altındaki yer değiştirmelerini, gerilimlerini, streslerini ve titreşimini inceleyebilir.



Şekil 13: Sabit şekilde desteklenen bir destek parçası deforme olmadan hareket edemez.

Buna karşılık, destek parçası üzerindeki volan (Şekil 14) gibi kısmen desteklenen bir obje deforme olmak zorunda kalmadan dönebilir. Volan katı bir gövde olarak hareket edebilir, bu da aygıtı yapı yerine bir mekanizma olarak sınıflandırır. Volanın hareketini incelemek için hareket analizi kullanırız. Volan katı bir gövde kabul edildiğinde gerilimler ve stresler hesaplanamaz. (Daha fazla bilgi için bkz. Ek 1.)

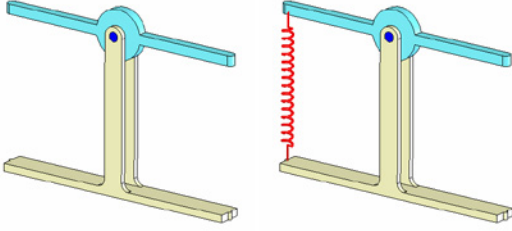


Şekil 14: Bir volan kendisini tabana sabitleyen bir menteşe (üst) etrafında dönüyor. Katı gövde hareketinin (alt) varlığı bu aygıtı bir mekanizma olarak sınıflandırır.

Yapı ile mekanizma arasındaki fark, Şekil 15'teki iki aygıt ile gösterildiği gibi ilk bakışta açıkça görülmeyebilir. İkisinde de menteşe ile hareketsiz bir tabana bağlı salınan kollar vardır. Sağdakinde kolu tabana bağlayan bir yay vardır. Yay olmayan aygıt mekanizmadır, çünkü salınan kol kolayca dönebilmektedir. İster menteşe etrafında dönsün veya isterse denge konumunda salınım yapsın, kol hareketi sırasında aygıtın hiçbir parçasının deforme olması gerekmez. Kol katı gövde hareketi sergiler ve soldaki aygıtın mekanizma olarak sınıflandırılmasını sağlar. Tasarımcılar hareket analizi ile bunun hareketini inceleyebilir.

Mekanizma analizinde hareket analizi ile FEA'nın nasıl birlikte çalıştığını anlamak için, her bir aracın esas aldığı temel varsayımları anlamamanın yardımcı olabilir.

Yapı ile mekanizma arasındaki fark ilk bakışta açıkça görülmeyebilir.



Şekil 15: Soldaki salınan kol deforme olmadan hareket edebilir, bu nedenle bir mekanizmadır. Sağdaki koldaki herhangi bir hareket ile birlikte yayda deformasyon olur, bu da bir yapı olduğu anlamına gelir.

Yayın eklenmesi aygıtın doğasını değiştirmektedir, çünkü şimdi kol yayı deforme etmeden hareket edememektedir. Sürekli kol hareketinin olası biçimi denge konumunda titreşimdir. Yayıdaki deformasyon kol hareketine eşlik eder ve bu da sağdaki aygıtın yapı olarak sınıflandırılmasını sağlar. FEA kolun titreşimini analiz edebilir ve istenirse yaydaki ve elastik gövde olarak kabul edilen diğer bileşenlerdeki gerilmeleri ve stresleri hesaplayabilir. (Hareket analizi ile FEA arasındaki farklar hakkında daha fazla bilgi için lütfen bkz. Ek 2.)

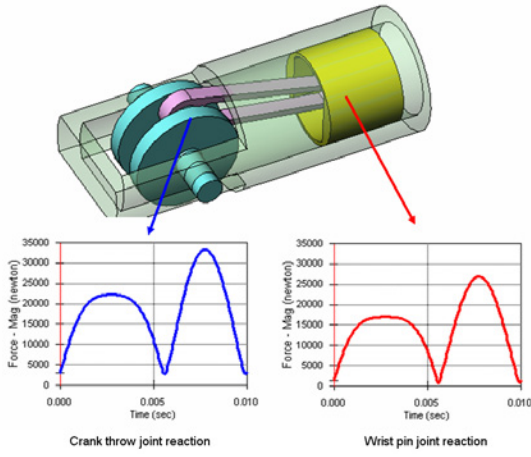
Hareket analizi etütlerini tamamladıktan sonra tasarım mühendisi mekanizmanın herhangi bir bileşeni üzerinde deformasyon ve/veya stres analizi yapmak isterse, seçilen bileşenlerin yapısal analiz için FEA'ya verilmesi gerekir.

Hareket analizi sonuçları, FEA ile yapılan yapısal analiz için gereken ve mekanizmadaki her bağlantı üzerinde etkili olan eklem tepkilerinden ve eylemsizlik kuvvetlerinden oluşan giriş verilerini sağlar. Arkasından FEA yapıp yapılmasına bakılmaksızın hareket analizi bu faktörleri her zaman hesaplar. Eklem tepkileri ve eylemsizlik kuvvetleri tanım gereği dengededir ve dengeli bir grup yük uygulanan mekanizma bileşenleri FEA'ya gönderilebilir ve analiz programı tarafından yapıymış gibi değerlendirilebilir.

Mühendis hareket analizinden verileri el ile FEA'ya aktarabilse de, hareket analizi yazılımının sonuçları otomatik olarak FEA'ya vermesini sağlayarak en iyi sonuçları alacağından emin olabilir. Bu gibi bir yolla kullanıldıklarında, hareket analizi ve FEA tarafından yapılan analize "birleştirilmiş" adı verilir. Bu, FEA yüklerini otomatik olarak tanımlama avantajı sunarak manuel kurulumda sık karşılaşılan tahmin zorunluluğunu ve olası hataları ortadan kaldırır.

Şekil 16'da gösterilen krank mekanizması problemi örneği birleştirilmiş analizi göstermektedir. Burada tasarım mühendisi biyel kolundaki maksimum stresleri bulmak istemektedir.

"Birleştirilmiş" analiz FEA yüklerini otomatik olarak tanımlama avantajı sunarak manuel kurulumda sık karşılaşılan tahmin zorunluluğunu ve olası hataları ortadan kaldırır.

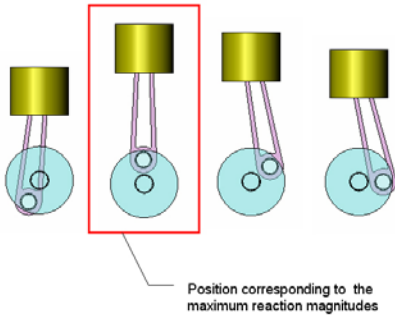


Şekil 16: Hareket analizi biyel kolunun iki ucunda da tepki bulur. Kol üzerinde etkili olan eylemsizlik kuvvetleri de hesaplanır.

Hareket analizi ve FEA kullanımını birleştirme yordamı:

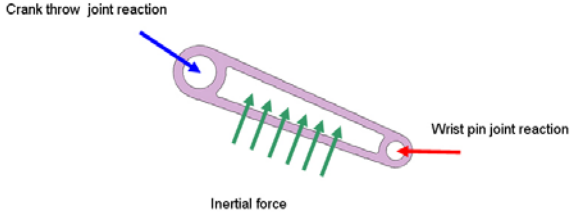
1. Hareket analizini etüt için seçilen hareket aralığındaki tüm bileşenler üzerinde etkili yer değiştirmeleri, hızları, ivmeleri, eklemler tepkilerini ve eylemsizlik kuvvetlerini bulmak için kullanın. Bu adımda tüm mekanizma bağlantıları katı gövde olarak değerlendirilir. Şekil 16'daki grafikler krankın bir tam turu sırasındaki biyel kolu eklemlerinin tepkilerini göstermektedir.
2. Biyel kolunun eklemlerindeki en yüksek tepki yüklerine karşılık gelen mekanizma konumunu bulun. Analistler sıklıkla biyel kolunda oluşan en yüksek tepkileri ararlar, çünkü maksimum yük altındaki analiz tecrübe edilen maksimum stresleri gösterir. Ancak istenirse, analiz için herhangi bir sayıda konum (bkz. Şekil 17) seçilebilir.

Analistler sıklıkla en yüksek tepkileri ararlar, çünkü maksimum yük altındaki analiz tecrübe edilen maksimum stresleri gösterir.



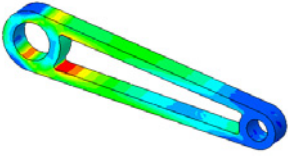
Şekil 17: İstenen sayıda krank mili mekanizması konumu için kola etki yapan kuvvetler (iki uçtaki tepkiler ve eylemsizlik kuvvetleri) belirlenebilir.

- CAD montajındaki eylemsizlik yüküyle birlikte bu tepki yüklerini biyel kolunun CAD parçası modeline aktarın.
- Montajdan izole edilen biyel koluna etkiyen yükler, Şekil 18'de gösterildiği gibi eklem tepkilerinden ve eylemsizlik kuvvetlerinden oluşur. d'Alambert prensibine göre, bu yükler dengededir ve statik yük altında biyel kolunu yapı olarak değerlendirmeyi imkansız kılar.



Şekil 18: d'Alambert prensibine göre, eklem tepkileri ile eylemsizlik kuvvetleri dengededir.

- Dengeli bir statik yük setine tabi tutulan biyel koluna elastik malzeme özellikleri atanır ve yapısal analiz için FEA'ya gönderilir. FEA yapısal analiz gerçekleştirilerek deformasyonları, gerilimleri ve stresleri bulur (Şekil 19).

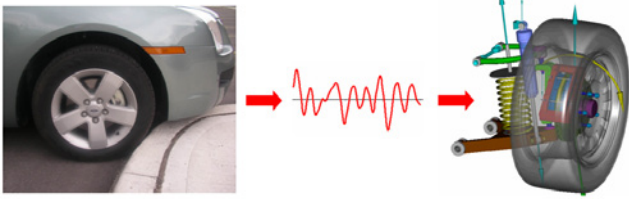


Şekil 19: Streslerin hesaplanabilmesi için biyel kolu FEA'ya bir yapı olarak sunulur.

Hareket analizi ve test

Hareket analizi bir testten zaman-geçmiş verilerini alabilir. Böylece, zaman alan ve pahalı testler yerine pahalı olmayan bilgisayar modelleri kullanılarak mevcut bir mekanizmanın hareketi kolayca tekrarlanabilir ve tam olarak analiz edilebilir (tüm eklem tepkileri, eylemsizlik etkileri, güç tüketimi ve diğerleri dahil). Benzer bir yolla, bir mekanizma bir analitik fonksiyonla tanımlanan girdiler kapsamında analiz edilebilir.

.....
Hem hareket analizi hem de FEA analiz için önkoşul olarak bir CAD montaj modeli kullanır.



Şekil 20: Kontrol kolunun hareketinin test verileri hareket analizinde süspansiyon modelini hareket ettirmek için kullanılır.

Örneğin, Şekil 20 ile gösterilen bir araba süspansiyonu için, hareket analizi bunlar gibi tipik soruları yanıtlar: Tekerlek kaldırıma vurduktan ne kadar sonra süspansiyonda oluşan salınım azalarak kaybolur? Destekte bulunması gereken sönümlenme nedir? Kontrol kollarında ve bunların yataklarında ne gibi stresler birikir?

Entegre CAD, hareket analizi ve FEA

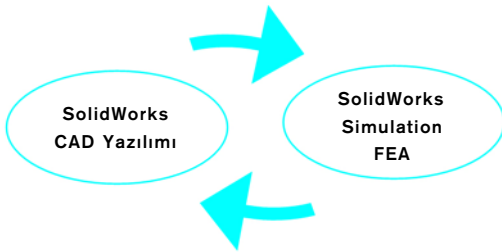
Hem hareket analizi hem de FEA analiz için önkoşul olarak bir CAD montaj modeli kullanır. Her üç aracın bulunduğu ortak, entegre bir ortam CAD, hareket analizi ve FEA arasında veri takasını kolaylaştırır. Entegrasyon, tek başına uygulamalarda tipik olarak görülen nötr dosya formatlarıyla yapılan hantal veri aktarımlarını önler. Ek olarak, hareket analizinin CAD ile entegre olarak kullanılması ve arayüz oluşturulmaması hareket analizi modellerini ayarlamak için gereken çabayı büyük ölçüde azaltır.

Yukarıda anlatıldığı gibi, hareket analizi modeli oluşturulurken malzeme özellikleri CAD montajı montaj ilişkileri "tekrar kullanılabilir". Hareket analizinin sonuçları olan hareket yörüngeleri CAD geometrisine geri döndürülebilir. Ancak bu yalnızca entegre bir yazılım ortamında mümkündür. Ek olarak, CAD ile entegrasyon, analiz modeli verilerini ve analiz sonuçları CAD montajı modeliyle birlikte depolayarak hareket analizi modelleri için bir veritabanı tutma ihtiyacını ortadan kaldırır. Son olarak, yapılan tüm CAD değişiklikleri hareket analizi yanında FEA ile tamamen ilişkilidir.

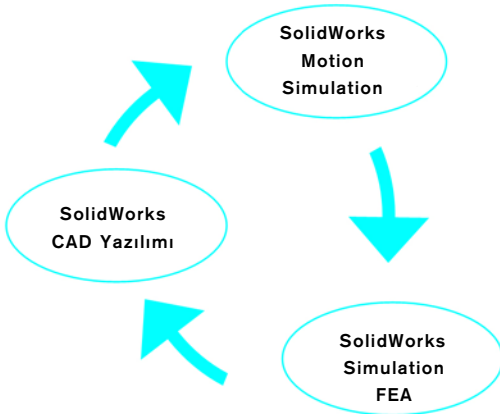
SolidWorks® Simulation (FEA) ve SolidWorks Motion (hareket analizi) eklentileri ile birlikte SolidWorks CAD yazılımı programı entegre analiz araçlarında en ileri teknolojiyi temsil etmektedir. SolidWorks 3D CAD yazılımı, SolidWorks Simulation ve SolidWorks Motion uygulamalarının tümü yerel Windows® uygulamalarıdır. Tüm özellikler Windows işletim sistemi için tasarlanmıştır ve başka işletim sistemlerinden uyarlama gerektirir. Windows ile tam uyumluluk Windows'da çalışan diğer uygulamalarla da uyumlu olmalarını sağlar.

SolidWorks Simulation (FEA) ve SolidWorks Motion (hareket analizi) eklentileri ile birlikte SolidWorks CAD yazılımı programı entegre analiz araçlarında en ileri teknolojiyi temsil etmektedir.

Önde gelen bir FEA programı olan SolidWorks Simulation, Şekil 21'de gösterildiği gibi CAD ile yakın işbirliği içinde çalışan değerli bir ürün tasarım aracı olduğunu çoktan kanıtlamıştır. Şimdi SolidWorks Motion'ın eklenmesi yeni ürünlerinde daha da eksiksiz analiz edilmesini sağlar ve ürün geliştirmede gereken fiziksel prototip sayısını azaltmaya yardımcı olur (Şekil 22).



Şekil 21: Bu tasarım süreci tasarım araçları olarak CAD ve FEA kullanıyor.



Şekil 22: Tasarım süreci CAD ve FEA ile birlikte hareket analizi kullanma avantajlarından yararlanır.

Gerçek hayattan örnekler

Tigercat

Çekici, taşıyıcı, kesici-toplayıcı gibi çeşitli kereste ekipmanlarının önde gelen üreticisi olan Tigercat (www.tigercat.com), Şekil 23'te kullanılan kesici-toplayıcı kafasını tasarlamak için SolidWorks yazılımını kullandı. Şirketin mühendisleri ardından SolidWorks Motion ve SolidWorks Simulation kullanarak fonksiyonların analizini yaptı. Tigercat bu karmaşık mekanizmanın hareket, dinamik ve streslerinin analizinin deneysel test ihtiyacını tek bir prototipe düşürdüğünü söylüyor. Prototip testi analiz bulgularını tamamen teyit etti.

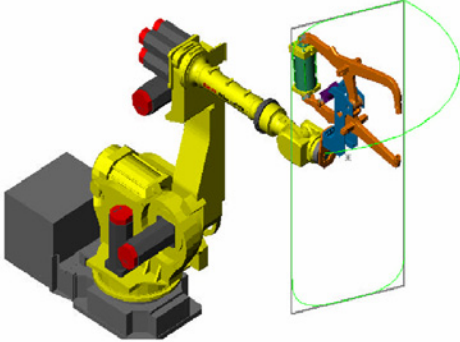


Şekil 23: Brandford, Ontario merkezli Tigercat ürünü kesici-toplayıcının kesici kafası SolidWorks 3D CAD yazılımında tasarlandı ve SolidWorks Motion ve SolidWorks Simulation analizini yapıldı.

Hareketin, dinamiğin ve bu karmaşık mekanizma üzerindeki streslerin analizi deneysel test gereksinimlerini tek bir prototipe indirdi.

FANUC Robotics America Inc.

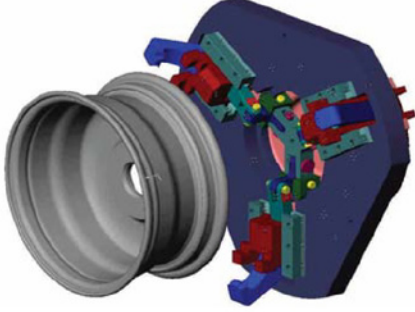
FANUC Robotics (www.fanucrobotics.com), birçok farklı sektördeki müşterilerinin işgücünü optimize etmesine, maliyetleri düşürmesine, kaliteyi artırmaya ve imalat işlerinde atığı en aza indirmesine yardım eden yaygın olarak kullanılan robotik ürünler üretiyor. Müşterilerinin bu avantajları elde etmesi için, FANUC birçok farklı boyutta robotik araçlar sunuyor ve müşterilerin kendi uygulamalarına uygun doğru boyutu seçmeleri gerekiyor. Bunu yapmak için belirli takım yollarında robot performansını analiz ediyorlar — ve SolidWorks Motion ile analiz Şekil 24'te gösterildiği gibi bu gibi analizleri ve seçimi çok kolay hale getiriyor.



Şekil 24: Bu endüstriyel robot Rochester Hills, Michigan merkezli FANUC Robotics America tarafından oluşturuldu.

Ward Machine Tool

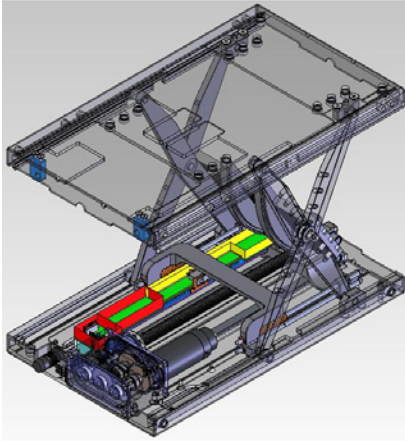
Ward Machine Tool (www.wardcnc.com), alüminyum tekerlekler için özel torna mandrenleri, döner aktüatörler ve özel işleme aparatları tasarlıyor ve üretiyor. Ward'ın mühendisleri daha önce üretilmemiş özel ürünler tasarlıyor ve yeni bir tasarımı imalata göndermeden önce çalışıp çalışmayacağını doğrulamak için analizi vazgeçilmez olarak görüyor. Örneğin, şirket Şekil 25'te görülen çift aktüatörlü/çok aralıklı alüminyum tekerlek mandrenini test yapmadan fiziksel prototip üretmeden geliştirdi ve test etti. Ward, SolidWorks 3D CAD yazılımı ve SolidWorks Motion kullanarak, maliyetlerde tahmini 45.000 \$ tasarruf sağladığını ve test süresinin daha önceki inşa ve test etme sürecinin yüzde 10'una indiğini bildiriyor.



Şekil 25: Fowlerville, Michigan merkezli Ward Machine Tool torna mandrenini tasarladı ve simüle etti.

Syncroness

Syncroness (www.syncroness.com), müşterileriyle yakın ilişki içinde egzersiz ekipmanlarından lazer sistemlerine kadar değişen ürünler geliştiren bir ürün geliştirme bürosudur. Syncroness, Şekil 26'da gösterilen makaslı asansör için dört çubuk bağlantılı sistemi optimize etmek amacıyla hem SolidWorks Motion hem de SolidWorks Simulation kullandı. Syncroness'e göre, mühendislik ekibi hareket analizini çok az eğitimle ve işler hiç durmadan gerçekleştirdi. Syncroness analiz kullanımının hızlı tasarım yinlemeleri yapmayı mümkün kıldığını ve müşteri için harika bir görselleştirme aracı sağladığını ve bu nedenle, genel olarak başarılı tasarım çözümü için hayati önemi olduğunu söylüyor.



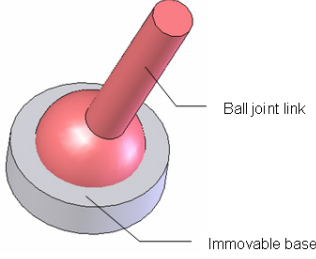
Şekil 26: Bu kaldırma platformu Westminster, Colorado merkezli Syncroness tarafından tasarım araçları olarak SolidWorks 3D CAD yazılımı, SolidWorks Motion ve SolidWorks Simulation kullanılarak tasarlandı.

SolidWorks 3D CAD yazılımı ve SolidWorks Motion kullanılarak, maliyetlerde tahmini 45.000 \$ tasarruf sağlandı ve test süresi daha önceki inşa ve test etme sürecinin yüzde 10'una indi.

EK 1: Katı gövde hareketi

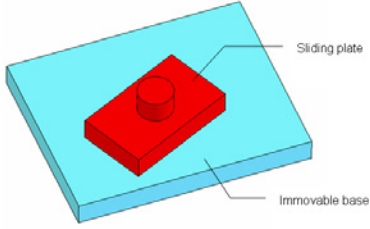
Bir obje deformasyona uğramadan hareket edebiliyorsa, objenin katı gövde hareketi veya katı gövde modu olduğunu söyleriz. Katı gövde hareketlerinin varlığı nesneyi bir mekanizma olarak sınıflandırır.

Şekil 27 bir küresel eklemi göstermektedir. Taban hareketsizdir. Bu gibi bir eklemden üç katı gövde hareketi vardır, çünkü deforme olmadan üç bağımsız yönde hareket edebilir (veya üç rotasyon yapabilir). Serbestlik dereceleri de denem bu bağımsız değişkenler, bu mekanizmanın konumunu tanımlar.



Şekil 27: Gösterilen küresel eklemli mekanizma üç katı gövde hareketi bulunan bir kinematik çifttir.

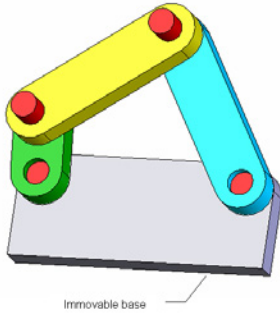
Şekil 28 hareket etmeyen bir taban levha üzerinde kayan bir plakayı göstermektedir. Bu mekanizma da üç katı gövde hareketine sahiptir, çünkü kayan plaka hiçbir deformasyona uğramadan iki yönde gidebilir ve bir yönde rotasyon yapabilir. Burada da, mekanizmayı üç serbestlik derecesi tanımlar.



Şekil 28: Kayan plaka mekanizmasında üç katı gövde hareketi vardır.

Katı gövde hareketlerinin varlığı nesneyi bir mekanizma olarak sınıflandırır.

Şekil 29'da gösterilen dört çubuklu bağlantı bir katı gövde hareketine sahiptir. Bir bağımsız değişken (örneğin, herhangi bir bağlantının açılma konumu) tüm mekanizmanın konumunu tanımlar. Menteşe tasarımının ayrıntılarına bağlı olarak, menteşe pimlerinde yerel katı gövde hareketleri olabileceğini (yani, pim eksenine çevresinde rotasyon ve/veya pim eksenine boyunca kayma) unutmayın.



Şekil 29: Mekanizmadaki herhangi bir bağlantının açılma konumu tüm mekanizmanın konumunu tanımlar. Bu mekanizmada bir katı gövde hareketi vardır.

Gösterilen mekanizmalardan üçü de deformasyonun sonucu olan hareket nedeniyle de serbestlik derecelerine sahip olabilir. Bunlara "elastik modlar" adı verilir. Örneğin, dört çubuklu bağlantıda, bağlantılardan her biri hareket ederken aynı zamanda titreşim tecrübe edebilir. Titreşim modları hareket analizi yerine FEA ile analiz yapmayı gerektirir.

EK 2: Hareket analizi ile FEA karşılaştırması

Hareket analizi ile FEA birbirini tamamlar ve aşağıdaki tabloda görüldüğü gibi bunların alanları birbirinin üstüne gelebilir:

PROBLEM TÜRÜ	FEA	HAREKET ANALİZİ
Yapıların analizi (deforme olabilir objeler)	Evet	No*
Mekanizmaların analizi	No	Evet
Deformasyonların ve streslerin analizi	Evet	No
Titreşim analizi	Evet	No**
Katı gövde hareketi olan modellerin analizi	No***	Evet
Analiz edilen modeller mesh yapılabilir	Evet	No
Analiz edilen model CAD içinde hazırlanır	Evet	Evet

* Hareket analizi yaylar ve esnek eklemler gibi bazı deforme olabilir bileşenlere izin vermez. Analiz çarpma içeren hareketi inceliyorsa, çarpışan gövdelerin elastikliğini kullanıcı tanımlar.

** Model yay gibi elastik bileşenler içeriyorsa hareket analizi yazılımı titreşimini analiz edebilir. Bu elastik bileşenler deforme olurken diğer mekanizma bileşenleri (bağlantılar) sabit kaldığından bu gibi titreşim analizleri salınım ile sınırlıdır.

*** FEA modelini yumuşak yaylar veya eylemsizlik telafisi ekleme gibi özel modelleme teknikleriyle katı gövde hareketleri yapay olarak elimine edilebilir, böylece FEA katı gövde hareketi olan yapıları analiz edebilir.

Titreşim modları hareket analizi yerine FEA ile analiz yapmayı gerektirir.

Sonuç

FEA ile yapısal performansı analiz etmeye ek olarak, fiziksel prototipleri inşa etmeden önce mühendislerin yeni ürünlerin kinematığını ve dinamiğini belirlemesi gerekmektedir. Analizin kapsamını FEA'nın ötesine genişletmeleri için de artan bir baskıyla karşı karşıyadır. Hareket analizi bu sorunları çözmek için bir analiz yaklaşımı sunar. Hareket analizinin sonuçları hemen hiçbir ek zaman harcanması gerekmeden alınabilir, çünkü hareket analizini gerçekleştirmek için gereken her şey CAD montaj modelinde zaten tanımlanmıştır.

Mekanizma analizlerine ek olarak, ürün geliştiricileri hareket yörüngelerini CAD geometrisine dönüştürmek ve bunu yeni bir parça geometrisi oluşturmak için kullanmak suretiyle hareket analizini mekanizma sentezi için de kullanabilir. Hareket analizi etütlerini tamamladıktan sonra tasarım mühendisi mekanizmanın herhangi bir bileşeni üzerinde deformasyon ve/veya stres analizi yapmak isterse, seçilen bileşenlerin yapısal analiz için FEA'ya verilmesi gerekir. Hareket analizi sonuçları FEA ile yapılan yapısal analiz için gereken girdi verilerini sağlar.

Mühendis hareket analizinden verileri el ile FEA'ya aktarabilse de, hareket analizi yazılımının sonuçları otomatik olarak FEA'ya vermesini sağlayarak en iyi sonuçların alınacağından emin olabilirsiniz. SolidWorks yazılımları tamamen entegre SolidWorks Simulation ve SolidWorks Motion ile böyle bir yetenek sağlamaktadır. Bu SolidWorks yazılım çözümleri yeni ürünlerin tam bir analizini sağlar ve gereken prototip sayısının azaltılmasına yardımcı olur.

Merkez Ofis
Dassault Systèmes SolidWorks Corp.
175 Wyman Street
Waltham, MA 02451 USA
Telefon: +1-781-810-5011
E-posta: info@solidworks.com

Avrupa Merkez Ofisi
Telefon: +33-(0)4-13-10-80-20
E-posta: infoeurope@solidworks.com

Türkiye Ofisi
Telefon: +90 212 340 76 00
E-posta: Solidworks.TR-info@3ds.com

