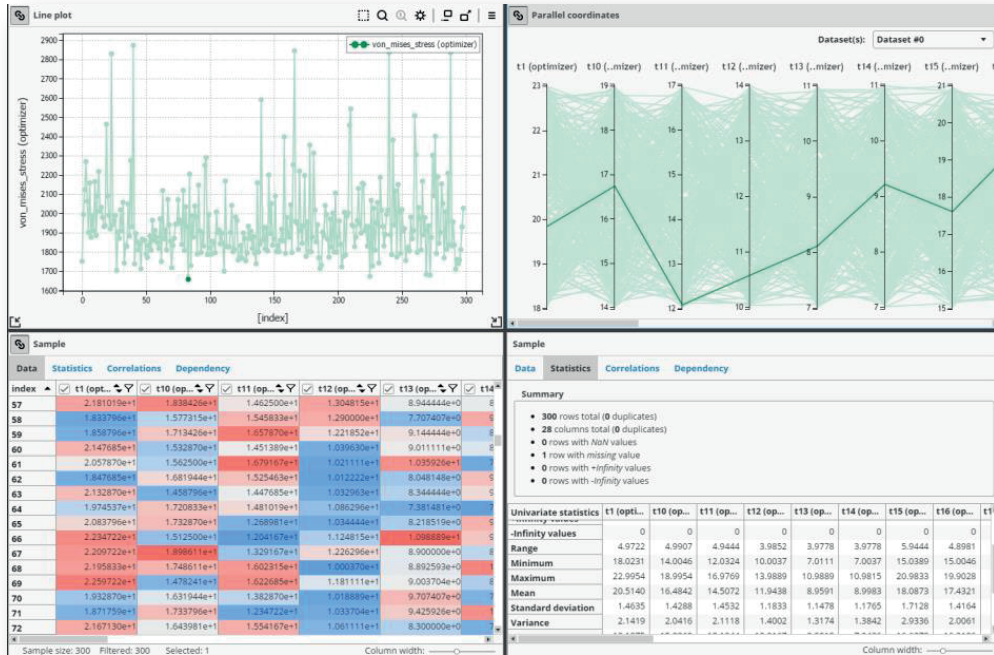


TEKNİK DOKÜMAN



Bu teknik dokümanda, ticari bir taşıta ait yaprak yayın dayanım analizlerinin iş akışı entegrasyonundan ve analiz sonuçlarının yapay zeka yardımı ile tahmin edilmesi üzerine bir çalışmadan bahsedilmektedir.



YAPRAK YAY ANALİZLERİNDE İŞ AKIŞI ENTEGRASYONU VE ANALİZ SONUÇ TAHMİNİ

PREPARED BY
M. Ahmet Kozanoğlu -Fatih Furkan Barut CAE Takım Lideri – CAE Takım Lideri

ÖZET

Bu makalede, ticari bir taşıta ait yaprak yayın dayanım analizlerinin iş akışı entegrasyonundan ve analiz sonuçlarının yapay zeka yardımı ile tahmin edilmesi üzerine bir çalışmadan bahsedilmektedir. Bilindiği üzere yaprak yaylar, özellikle ticari taşıtların, süspansiyon sistemlerinde sıklıkla kullanılmaktadır. Ticari taşıtların büyük miktarda yük taşıması dolayısıyla bu yapılar yüksek seviyede deformasyona uğrayabilir, üretildikleri malzemelerin akma dayanımlarını geçerek plastik deformasyona oluşabilir ve işlevlerini yerine getiremeyebilir. Bu nedenle seri üretimi geçilmeden önce mutlaka test ve analizlerinin gerçekleştirilerek, yüksek seviyelerde üzerlerine gelen yükleri karşılayıp karşılamadığı incelenmelidir. Prototip sayısını azaltarak hem maliyetten hem de zamandan tasarruf etmek adına bu çalışmada sonlu elemanlar yöntemi kullanılmıştır. Yapıya ait sonlu eleman ağı MSC Apex yazılımı ile oluşturulurken, dayanım analizleri, çok amaçlı doğrusal olmayan analiz çözücüsü olan Marc ile gerçekleştirilmiştir. İlk gerçekleştirilen analizlerde yapı üzerinden oluşan gerilme değerleri, yapının üretildiği malzemenin akma noktasını geçtiği için kalınlık optimizasyonu ile bu durumun giderilmesi hedeflenmiştir. Kalınlık optimizasyonu için kullanıcı sırasıyla CAD modelini günceller, sonlu eleman ağını oluşturur ve sınır koşullarının atamasını gerçekleştirerek analizi koşturur. Bu işlemler, analiz sonucunda oluşan gerilmelerin, malzeme akma noktasının altına düşene kadar devam eder. Dolayısıyla sürecin zaman anlamında kısaltılması için pSeven yazılımı ile iş akışı entegrasyonu gerçekleştirilmiş ve sonrasında yeni yapılara ait analiz sonuç tahmini gerçekleştirmek için ODYSSEE yazılımı kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sonlu elemanlar yöntemi, ODYSSEE, pSeven, Marc, yaprak yay

1. GİRİŞ

İyi bir sürüş konforu ve araç üzerinde yer alan yapısal parçaların uzun ömürlü olabilmesi için taşıtların iyi bir süspansiyon sistemine ihtiyacı vardır. Süspansiyon sistemlerine tarihsel açıdan baktığımız zaman insanoğlunun tarih sahnesine çıktığı zamanlara kadar uzanan bir tarihçesi olduğunu görüyoruz. On binlerce yıl önce ilk kullanımda olan okların atılması için tasarlanmış yaylarda en ilkel seviyede bu prensip görülmektedir. Yine antik medeniyetlere baktığımızda mancınık sistemlerinde veya çeşitli silahlarda süspansiyon sisteminin kullanıldığı bilinmektedir. Modern zamanlarda kullanılan süspansiyon sisteminin dönüm noktalarından en önemlisi, 17. Yüzyıl sonlarında Robert Hooke tarafından bulunan yasada belirtildiği üzere bir maddenin elastik bölge içerisinde uygulanan kuvvet ile oluşan gerinin arasındaki doğru orantılı ilişkinin tanımlanmasıdır. Bu tanım, süspansiyon sisteminin verimliliğini ciddi şekilde artıran helezon yayın tasarlanması sürecinde büyük bir öngörü sağlamıştır. 18. Yüzyıl sonlarında yapılan çalışmalar neticesinde ilk sarmal yay R. Tradwell tarafından patentlenmiş ve çok daha düzenli bakım gerektiren süspansiyon sistemi olarak yaprak yayın yerine geçmeye aday olmuştur. Ancak yüksek tonajlı araçlarda (ticari araçlar, askeri araçlar vb.) hem bakımın daha hızlı ve az maliyetli olması hem de yüksek yüklere dayanıklılığı sebebiyle yaprak yay tasarımı ve optimizasyon süreçleri devam etmiştir. Yaprak yay mantık olarak üzerine gelen yükleri, şokları, fren ve tahrik torklarını işlevlerini yerine getirecekleri şekilde taşıyabilmeliler. Bu yapılar farklı boylardaki birden fazla yaprağın üst üste sıkıca bağlanmasıyla oluşturulmaktadır.

Yaprak yay sisteminin tasarım optimizasyonu sürecine baktığımızda iki farklı yolla ilerlenebilir. Bu yollardan ilkinde geleneksel optimizasyon süreci kapsamında tasarım tecrübesi yüksek ve hesaplama kabiliyetleri iyi olan tasarımcı hesaplamalarını yaptıktan sonra Bilgisayar destekli çizim yazılımında tasarımını çizip, yapısal analiz çözücüsünde maruz kalacağı senaryoları sınır şartı olarak girerek tasarımını daha optimum bir hale getirmeye çalışır. Kaynakların sınırlı olduğu dünyamızda bu tip çalışmalar her türlü yapı için tercih değil mecburiyet olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu optimizasyon sürecinin avantajı tasarımcı ilk elden bütün yapıyı tecrübesi ölçüsünde optimum noktaya taşır. Ancak süreç tecrübe ve bilgi birikim doğrultusunda ilerlediğinden hem kurumsal olmaktan uzaklaşır hem de işin aktarımında problemler ortaya çıkarır.

İkinci yol ise modern optimizasyon tekniği olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu yolla yapılacak bütün işlemler birlikte olacak şekilde bir iş akış entegrasyonu yaratılır. Sonrasında bu entegrasyona optimizasyon modelleri ile istenilen yapının çıkarılması için denemeler yaptırılır. Bu optimizasyon sürecinden en fazla hata ile karşılaşılacak ön işlemci süreçleri otomatikleştirilerek veri kaybı en aza indirgenip, kurumsal hafıza oluşturulur. Bu sayede kişiye bağlı olmaktansa sisteme bağlı süreç işleyeceğinden sürekli olarak en iyi sonuçlar elde edilebilir.

2. LİTERATÜR

Araç süspansiyonunda kullanılan çift yay, lineer özelliklere yakın özelliklere sahip yay elemanlarının bir kombinasyonu olarak, aslında doğrusal olmayan süspansiyon özellikleri sağlar. Bu çalışmada dört yapraklı bir ana yay ve iki yapraklı bir yardımcı yaydan oluşan çift yay prototipi üzerinde çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu tasarımda karakteristik özellikleri arasında ana yay ile yardımcı yay arasında bir açıklık yer almaktadır. Ayrıca bu çalışmada, deneysel test sonuçlarıyla simülasyon sonuçları karşılaştırılmıştır. Modelleme yöntemi olarak kiriş ve kabuk elemanlar tercih edilmiştir. Bunun yanında simülasyonlar için MSC Nastran yazılımı kullanılmıştır [2].

Geleneksel olarak yaprak yay sistemlerinin geliştirilmesinde malzeme değişiklikleri, geometrik değişiklikler ve bağlantı elemanları üzerinden geliştirmeler yapılmaktadır. Ancak bu güncellemeler neticesinde test yapmak için prototip üretimi yapılmalıdır. Dolayısıyla test süreci çok maliyetli bir hale gelmektedir. Bundan dolayı bu çalışmada yaprak yay sisteminin simülasyonları, maliyet azaltımı için Marc/Mentat yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çözüm için doğrusal olmayan analiz çözücüsü kullanılmıştır. Çalışmada hem 2D hem de 3D modelleme yöntemleri kullanılarak karşılaştırma yapılmıştır [3].

Bu çalışmada, MSC Nastran başta olmak üzere farklı sonlu eleman çözümçüleri kullanılarak yaprak yay üzerinden oluşan gerilmeler incelenmiştir. Ayrıca yaprak yayın ömür hesapları üzerinden de çalışılmıştır. Simülasyon çalışmalarına ek olarak, yaprak yay zerinde bazı testlerde gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak elde edilen sonuçlar ile test sonuçları uyumludur. Dolayısıyla bu çalışma neticesinde sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak geliştirme çalışmaları yapılabileceği ispatlanmıştır [4].

Bu çalışmada yaklaşık olarak 3.5 ton ağırlığı olan bir araç için tasarlanmış, ana dört yapraklı yay ve yardımcı iki yapraklı yaydan oluşan bir sistemin dayanımı incelenmiştir. Ana ve yardımcı yaylar arasında bulunan boşluk da tasarım değişkeni olarak ele alınmıştır. Çalışmanın temel amacı araç frenlemesi sırasında oluşan deformasyonların incelenmesidir. Değerlendirmeler için sonlu elemanlar yöntemi tercih edilmiştir. Çözücü olarak MSC Nastran tercih edilmiştir. Modelleme yöntemi olarak 2D yaklaşım kullanılmıştır. Yük olarak ise düşey, yatay ve frenleme kuvvetleri ele alınmış ve sisteme uygulanmıştır. Simülasyonlardan elde edilen sonuçlar, çift yayın tek tek yapraklarının deformasyonu ve yapı üzerinden oluşan gerilmelerin incelenmesine olanak tanımıştır. Ayrıca simülasyon ve test sonuçları karşılaştırılmıştır [5].

3. METODOLOJİ

Bu çalışmada Olgun Çelik firmasına ait yaprak yay için optimizasyon çalışması yapılarak, gerilme değerlerinin malzeme akma noktasının altına çekilmesi hedeflenmektedir. Prototip sayısını azaltmak ve zamandan tasarruf etmek için sonlu elemanlar yöntemi tercih edilmiştir. Yapının tasarımı CATIA içerisinde gerçekleştirilmiştir. Sonlu eleman ağının oluşturulması için MSC Apex yazılımı kullanılmıştır. Oluşturulan bu sonlu eleman modeli Marc/Mentat içerisine aktararak analiz modeli oluşturulmuş ve burada çözüme gidilmiştir. Sonrasında tüm bu süreci Otomatik

bir hale getirmek için iş akışı entegrasyonu pSeven yazılımı ile gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmaya ek olarak yapay zeka yardımı ile analiz sonuç tahmini gerçekleştirmek için ODYSSEE yazılımı da kullanılmıştır.

3.1. CAD

Optimizasyon çalışmalarına geçilmeden önce CATIA içerisinde geometric ölçülerin güncellenmesini sağlayan bir “Macro” oluşturulmuştur. Sonrasında oluşturulan macro pSeven yazılımının içerisine aktarılmıştır. Bu sayede yaprak yaya ait 27 adet kalınlık değeri her adımda kullanıcının belirttiği sınırlar içerisinde değiştirilecek ve yeni bir CAD dosyası oluşturulacaktır. Şekil 1’de oluşturulan macronun bir bölümü görülmektedir (Kutucuk içerisinde yer alan değerler o ölçüye ait kalınlık bilgisidir).

```
Language="VBSCRIPT"

Sub CATMain()

Set documents1 = CATIA.Documents

Set partDocument1 = documents1.Open("D:\BENCHMARK\OLGUN_CELIK\deneme\Bias_1_Parametre.CATPart")

Set part1 = partDocument1.Part

Set parameters1 = part1.Parameters

Set length1 = parameters1.Item("Rear Thickness-1")
length1.Value = 24.0

part1.Update

Set bodies1 = part1.Bodies

Set body1 = bodies1.Item("PartBody")

Set sketches1 = body1.Sketches

Set sketch1 = sketches1.Item("Sketch.26")

Set constraints1 = sketch1.Constraints

Set constraint1 = constraints1.Item("Offset.41")

Set length2 = constraint1.Dimension

length2.Value = 70.000000

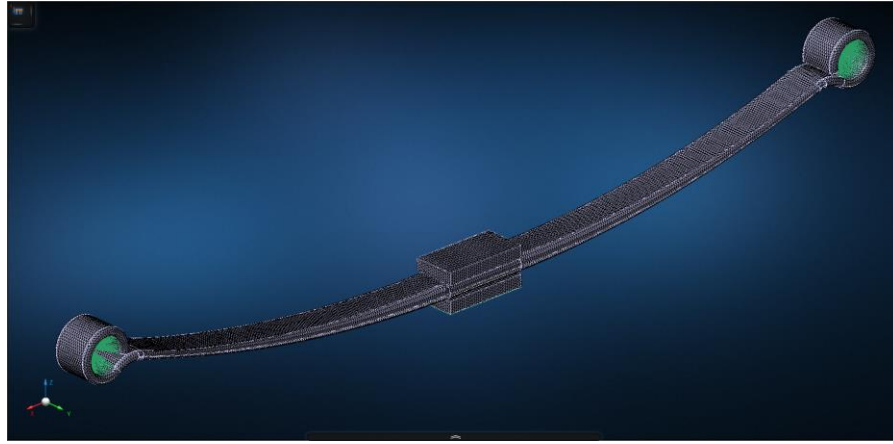
Set parameters2 = part1.Parameters

Set length3 = parameters2.Item("Rear Thickness-2")
length3.Value = 20.700000
```

Şekil 1 CATIA Makro

3.2. Mesh

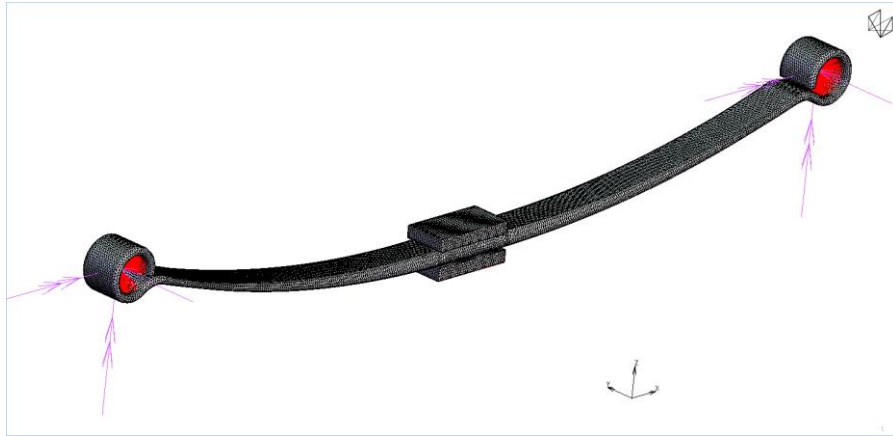
Yapıya ait sonlu eleman ağının oluşturulması için MSC Apex yazılımı kullanılmıştır. Bir önceki adımda oluşturulan CAD dosyası MSC Apex yazılımı içerisine aktarılmıştır. Burada yapıya ait sonlu eleman ağı TET4 eleman tipi kullanılarak oluşturulmuştur. Bütün yapı 245561 adet elemandan oluşmaktadır ve 52175 adet düğüm noktasına sahiptir. Ek olarak sınır koşullarının uygulanacağı bölgeler için RBE2 elemanlarda MSC Apex içerisinde oluşturulmuştur. Bu işlemler gerçekleştirilirken bir macro kaydedilmiştir. Kaydedilen macro sonrasında iş akışı entegrasyonu için pSeven yazılımına aktarılmıştır. Böylece sonlu eleman ağı oluşturma işlemleri de otomatize edilebilecektir. Şekil 2’de oluşturulan sonlu eleman ağı görülmektedir.



Şekil 2 Sonlu Eleman Ağ Yapısı

3.3. Analiz Modelinin Kurulması

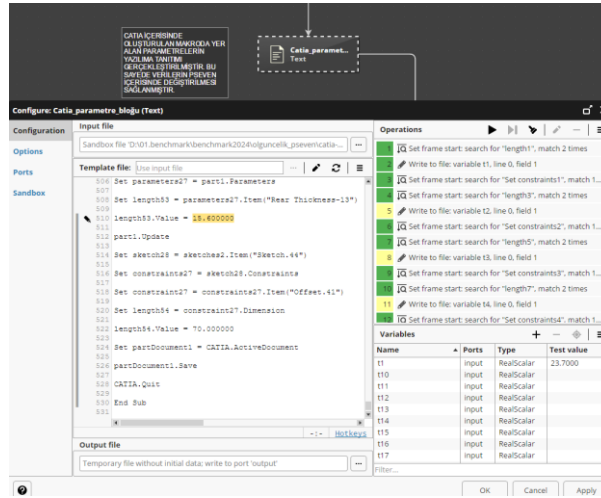
Bir önceki adımda elde edilen sonlu eleman ağı Marc/Mentat içerisine aktarılmıştır. Burada RBE2 elemanların merkez düğüm noktalarına sınır koşulları atanmıştır. Simülasyonlarda tek adet yaprak bulunduğu için yapı bağlantı noktalarından Y, Z, ROTX ve ROTZ yönünde desteklenmiştir. Yükleme için ise yapının orta noktası z-yönünde 200 mm deforme edilmiştir. Yüksek seviyede deformasyonlar oluşacağı için doğrusal olmayan bir çözüm gerçekleştirilmiştir. Analizler tamamlandıktan sonra yapı üzerinden oluşan maksimum “Equivalent Von Mises Stress” değeri ve yapı üzerindeki dağılımı incelenmiştir. Tüm bu işlemler gerçekleştirilirken pSeven yazılıma bu süreci de ekleyip iş akışı entegrasyonunu gerçekleştirmek için makro oluşturulmuştur. Şekil 3’de Marc/Mentat içerisinde oluşturulan model görülmektedir.



Şekil 3 Marc/Mentat Modeli

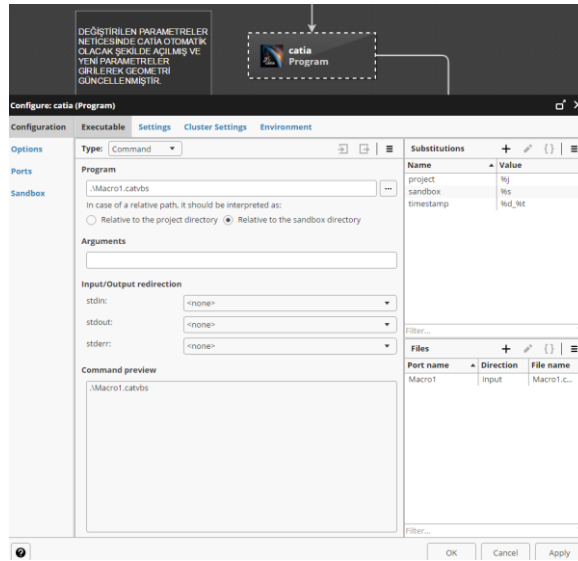
pSeven, tasarım araştırmaları, öngörülü modelleme ve proses entegrasyonu konularında gelişmiş araçlar sunan yazılım platformudur. Bu çalışma kapsamında 3.1, 3.2 ve 3.3 numaralı bölümlerde anlatılan CAD modelinin kurulması, ilgili modele ait mesh yapısının oluşturulması ve analiz senaryosuna uygun şekilde sınır şartlarının oluşturulması ayrı ayrı olacak şekilde gerçekleştirilmiş sonrasında pSeven yazılım platformuna uygun olacak blok diyagramları şeklinde girilmiştir. 3.1 numaralı bölümde oluşturulan makro içerisindeki parametreleri pSeven

içerisinde tanıtmak için text bloğu kullanılmıştır. İlgili text bloğuna 27 adet kalınlık parametresi bağlanmıştır. Bu parametreler ilerleyen aşamalarda pSeven tarafından otomatik olacak şekilde güncellenecektir.



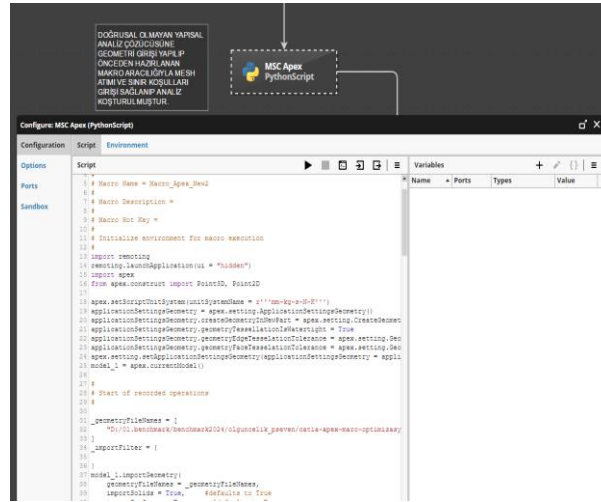
Şekil 4 pSeven-CATIA Makro

CAD makrosunu pSeven içerisine tanımladıktan sonra bu makroyu çalıştıracak program bloğu eklenmiştir. Bu blok düzenlenen makroyu çalıştırıp Catia içerisinde ilgili parametreleri değiştirecektir.



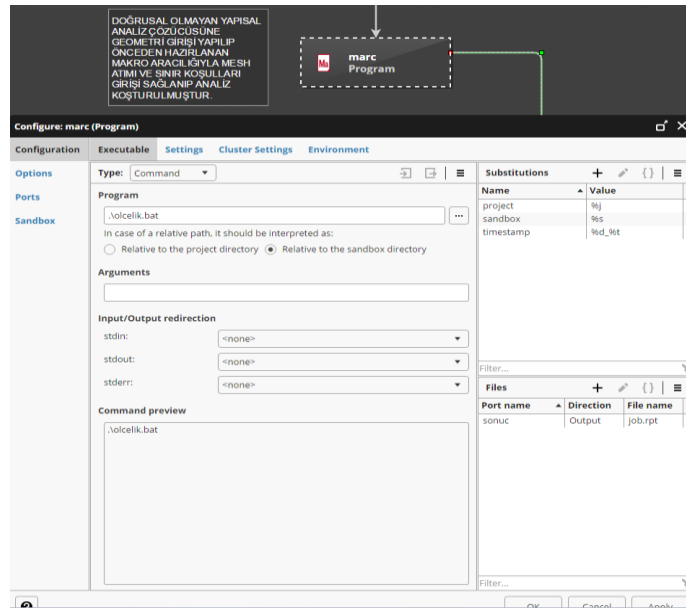
Şekil 5 pSeven - CATIA Program Bloğu

3. blokta oluşturulan CAD verisi sonlu elemanlar analizi için mesh atımı gerçekleştiriliyor. Kullanılan yazılım MSC Apex içerisinde python kodlama dilinde makro oluşturup pSeven içerisine python bloğu şeklinde giriliyor.



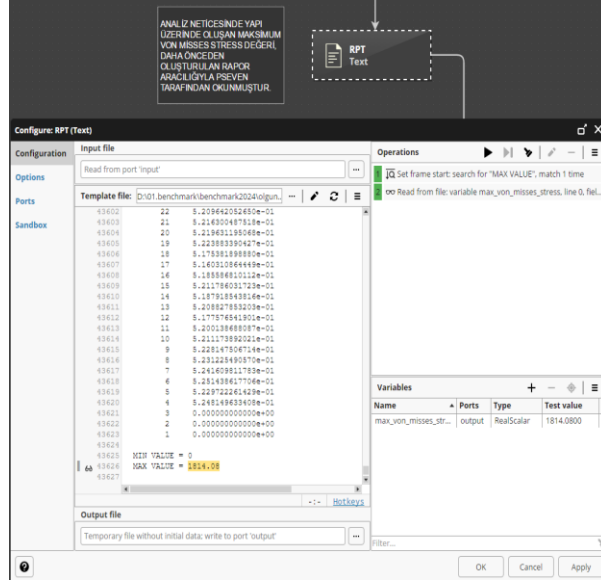
Şekil 6 pSeven - APEX Makro

Dördüncü aşamada elde edilen geometri Marc yazılımı içerisinde elde edilmiş makro aracılığıyla mesh atımı ve sınır koşulları oluşturma işlemleri gerçekleştirmiştir.



Şekil 7 pSeven - MARC Program Bloğu

Bu bölümün son adımında ise sonuç dosya formatı yazılıma tanıtılmıştır. Burada yer alan maksimum stres verisi her iterasyon Pseven tarafından okunmuş ve buna göre analiz devam ettirilmiştir.

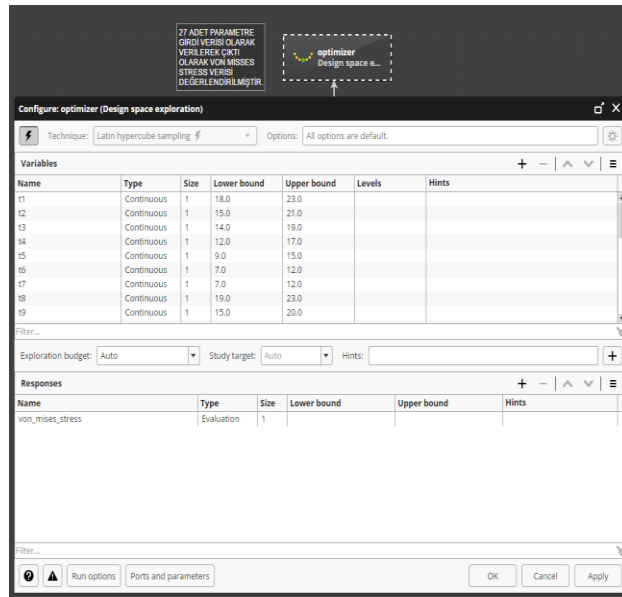


Şekil 8 pSeven - Sonuç Dosyası Bloğu

Optimizasyon bloğunda öncelikle görev olarak stres değerini minimize etme yönünde seçilmiş ancak parameter sayısının çok fazla olmasından kaynaklı tasarım uzayı keşfi bölümüne geçilmiştir. Bu sayede uzun sürebilecek optimizasyon görevi daha kısa sürede gerçekleştirilmiştir.

Tasarım uzayı keşfi bloğu içerisinde bütün parametreler bir aralık içerisinde tanımlanmış ve bu aralık yazılım tarafından taranarak stres değerinin her bir değişimde nasıl bir sonuç alacağı gözlemlenmiştir.

Kırmızı kutu ile işaretli bölümde yer alan smart selection seçeneği ile optimizasyon tekniği yazılım tarafından otomatik olarak belirlenmiştir.

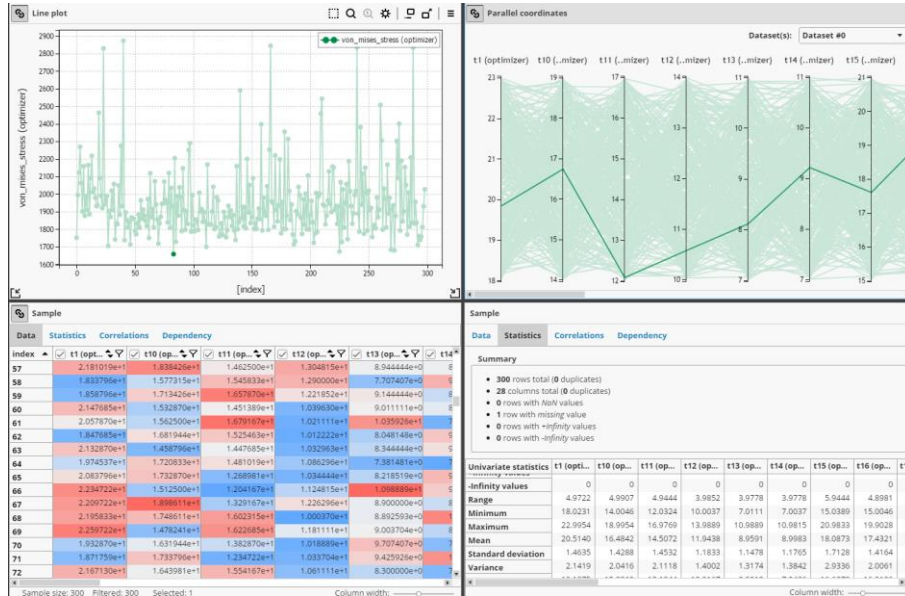


Şekil 9 pSeven - Optimizasyon Bloğu

Sonuçların değerlendirme bölümünde toplamda 27 adet parametre olduğu için 300 iterasyonluk bir çalışma yürütülmüştür.

Buradaki temel amaç analizlerin hızlı bir şekilde sonuçlanacağı şekilde iş akışını oluşturup sonucu en fazla etkileyen parametrelerin belirlenmesi ve minimum sonuç bulunan noktada parametrelerin incelenip detaylı mesh atımı yapıp sonucu doğrulamaktır.

Sonuçlar sayısal veriler, grafikler, etkileme oranları gibi detaylı görüntüleme teknikleri ile tasarım tarafında işlerin hızlanmasına ve etkili tasarımlar yapılmasına olanak sağlar.



Şekil 10 pSeven - Analiz Sonucu

3.5. ODYSSEE Model

Bu bölümde anlatılan çalışmada yapay zeka yardımlı sonuç tahmininin nasıl gerçekleştirildiği anlatılmaktadır. Çalışma kapsamında pSeven yazılımından elde edilen değerler kullanılmamıştır (Önceki bölümlerden bağımsız olarak gerçekleştirilen bir çalışmadır). Bunun yerine tasarım kriteri olarak belirlenen 27 adet geometric kalınlık bir parametreye bağlanarak 11 adet analiz koşturulmuştur.

Çalışma gerçekleştirilirken 11 adet doğrusal olmayan analizin stress path sonucu ve 27 adet kalınlık bilgisi ODYSSEE programına “csv” formatında olacak şekilde yüklenmiştir. Sonrasında doğru çözücü ayarları, yüklenen datalara göre ODYSSEE tarafından belirlenmiştir. Çözücü ayarları tanımlandıktan sonra sonuç tahmini ve optimizasyon çalışmasına geçilmiştir. Şekil 11’de ODYSSEE tarafından kullanıcıya sunulan optimum çözücü ayarları ve ortalama doğruluk değeri görülmektedir.

```

/////////////////////////////////Summarize/////////////////////////////////
DataSetName = Y, Criteria error = CoefficientOfDetermination_R2, Best Method name = pod_invd_neighb=2_power=2_Modes=5 (534)
Validation case #1 = 99.3011
Validation case #2 = 99.3291
Validation case #3 = 99.8455
Validation case #4 = 99.9953
Average = 99.6178
/////////////////////////////////

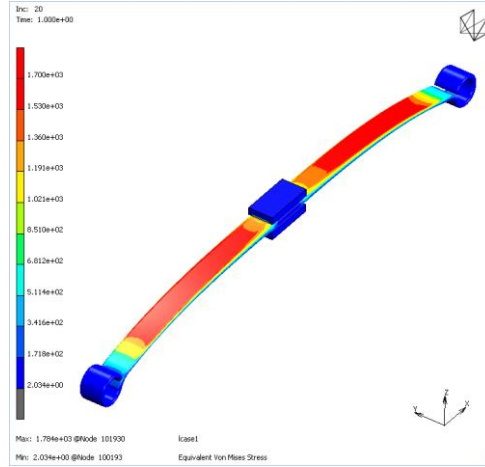
```

Şekil 11 En Uygun Çözücü Ayarları

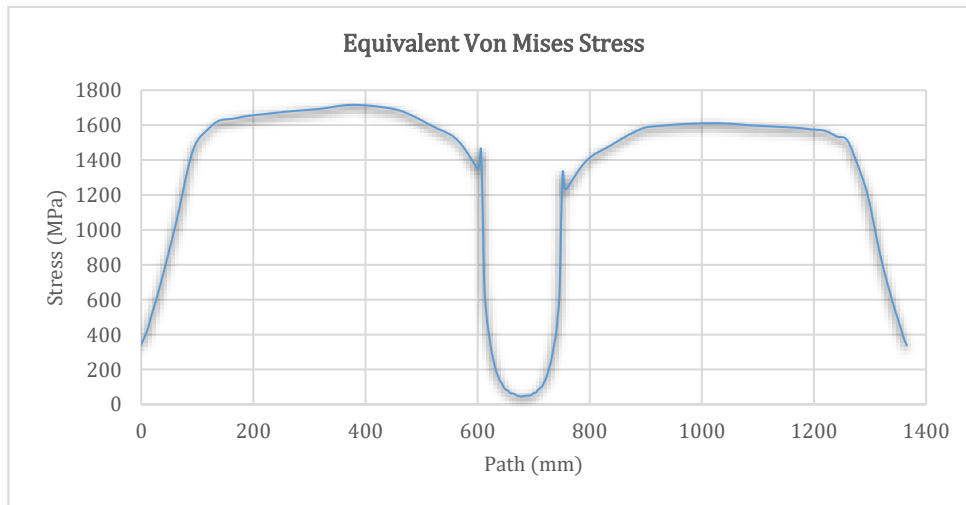
ODYSEE yazılımı kullanılarak çalışmalar gerçekleştirilirken önce kalınlık datası stress path tahmin ettirilmiştir. Sonrasında yay boyunca elde edilen stress path eğrisi yazılıma tanımlanarak kalınlık tahmini yapılması istenmiştir.

4. RESULT AND DISCUSSION

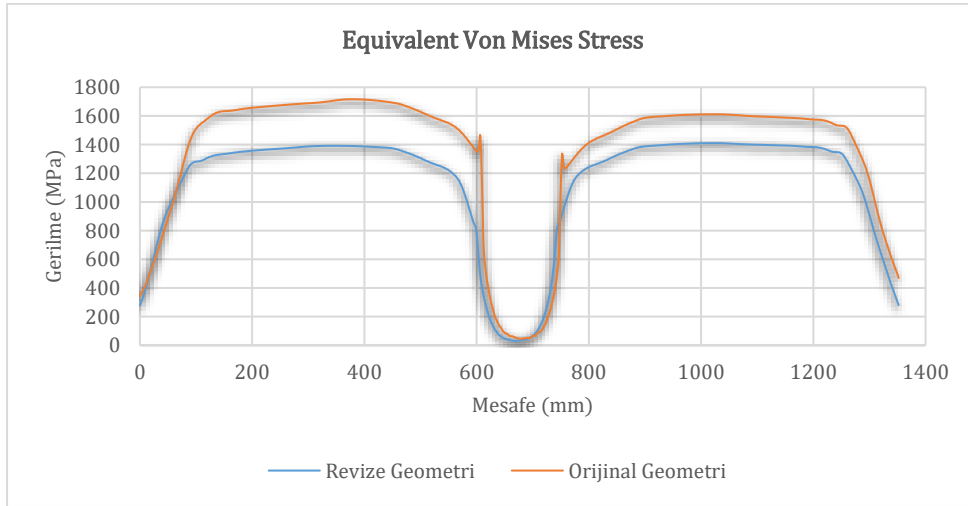
Çalışmalara başlamadan önce ilk olarak orijinal yapı üzerinde, bir önceki bölümde bahsedilen sınır koşulları kullanılarak, doğrusal olmayan analizler gerçekleştirilmiştir. Şekil 12’de yapı üzerinden oluşan Von Mises Stress dağılımı görülmektedir. Şekil 13’de ise yayın bir ucundan diğer ucuna kadar oluşan stress path görülmektedir.



Şekil 12 Von Misses Stres Dağılımı



Şekil 13 Von Misses Stres Grafiği



Şekil 14 Başlangıç ve Sonuç Tasarımları Arasındaki Fark

Tablo 1 MARC & ODYSSEE Sonuç Karşılaştırma

Kalınlık	THK-1 (mm)	THK-2 (mm)	THK-3 (mm)	THK-4 (mm)	THK-5 (mm)	THK-6 (mm)	THK-7 (mm)	THK-8 (mm)	THK-9 (mm)	THK-10 (mm)	THK-11 (mm)	THK-12 (mm)	THK-13 (mm)	THK-14 (mm)
Marc	21.2	18.5	17.1	15.1	12.9	10.3	10.5	21.1	18.3	16.9	14.9	12.7	10.2	9.5
ODYSSEE	21.3	18.6	16.9	15.1	12.8	10.3	10.4	21.2	18.3	16.9	14.9	12.6	10.2	9.4
Doğruluk (%)	99.2	99.9	98.9	99.8	99.5	99.7	99.7	99.3	100.0	99.7	100.0	99.3	99.3	98.9
Kalınlık	THK-15 (mm)	THK-16 (mm)	THK-17 (mm)	THK-18 (mm)	THK-19 (mm)	THK-20 (mm)	THK-21 (mm)	THK-22 (mm)	THK-23 (mm)	THK-24 (mm)	THK-25 (mm)	THK-26 (mm)	THK-27 (mm)	
Marc	19.5	17.7	15.9	11.5	9.5	10.8	19.7	18.0	16.0	11.6	9.8	13.8	14.0	
ODYSSEE	19.6	17.8	15.8	11.5	9.5	10.8	19.8	18.0	16.0	11.6	9.7	13.8	14.0	
Doğruluk (%)	99.6	99.5	99.4	99.5	99.1	99.7	99.5	99.8	99.6	99.7	99.2	99.6	99.8	

Tablo 1 incelendiğinde ODYSSEE yazılımının gerçekleştirmiş olduğu sonuç tahminleri ile gerçek sonuçlar arasında ortalama %1'lik bir hata olduğu görülmüştür. Bunun yanında stress path bilgisine göre kalınlık tahmini gerçekleştirilirken ODYSSEE yaklaşık 5 dakikada gerçeğe en yakın sonuçlarla ulaşırken, kalınlık bilgisi ile stress path tahmini için 1 saniyede gerçeğe en yakın sonuçlarla ulaşmıştır.

5. SONUÇ

Kara taşıtlarında yer alan ve hem taşıtın yapısal dayanımını arttıran hem de içerisinde bulunan faydalı yüklerin konforunu birincil düzeyde etkileyen süspansiyon sistemine ait yaprak yay mekanizmasının geometric optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Buradan elde edilen çok sayıda girdi ve çıktı verisi ile sonraki çalışmalarda kullanılmak üzere tahmini model oluşturulmuştur. Çalışma kapsamında optimum kalınlık verisi elde edilebilmek için farklı yöntemler düşünülmüş olup bu yöntemler sırasıyla aşağıdaki gibidir;

Birinci yöntemde her bir kalınlık parametresinin, stress path grafiğinde yer alan eğriyi hem minimize etmek hemde simetrik hale getirmek için değiştirilmesi uygulanmıştır. Toplamda 27 adet kalınlık parametresi olması sebebiyle optimizasyon sürecinin uzayabileceği öngörülmüştür. İkinci yöntemde ise belirtilen kalınlık parametrelerinden sonucu en fazla etkileyenlerin belirlenip belli bir aralıkta değiştirilmesi sonucunda geometric optimizasyonun sağlanması hedeflenmiştir. Ancak bu yöntem stress path isimli grafikte yer alan eğrinin simetrikliğinin bozulmasına sebebiyet vereceği öngörülmüştür. Üçüncü yöntemde ise bütün kalınlık parametrelerinin bir katsayıya bağlanması düşünülmüş ve belli aralık içerisinde yer alan katsayılarla bütün kalınlık parametreleri çarpılmıştır. Bu işlem neticesinde hem stresspath grafiğinde yer alan eğrinin simetrikliği korunmuş hem de kalınlıkların düzgün bir oranda azaltılması mümkün olmuştur.

KAYNAKÇA

- [1] Ünlüsoy, S., Tekin, G. (2010) “Design and Simulation of an Integrated Active Yaw Control System for Road Vehicles, International Journal of Vehicle Design, 52, 1, pp.5-19.
- [2] Vuchic, V.R. (2007), Urban Transit Systems and Technology, John Wiley & Sons, Hoboken, NJ, 624 pages.
- [3] Koyuncu, A., Gökler, M.İ., Balkan, T. (2010) “Development of a Design Verification Methodology Including Strength and Fatigue Life Prediction for Agricultural Tractor Parts”, 5. Automotive Technologies Congress, 7-8 June 2010, Bursa, pp.433-440.
- [4] Arıkan, K.B. (2008) “Identification of handling models for road vehicles”, Middle East Technical University, Mechanical Engineering Department, Ph.D. Thesis.
- [5] URL 1: NHTSA (2016), Federal Automated Vehicles Policy. Accelerating the Next Revolution in Roadway Safety. U.S. Department of Transportation. https://one.nhtsa.gov/nhtsa/av/pdf/Federal_Automated_Vehicles_Policy.pdf, 26.09.2017.