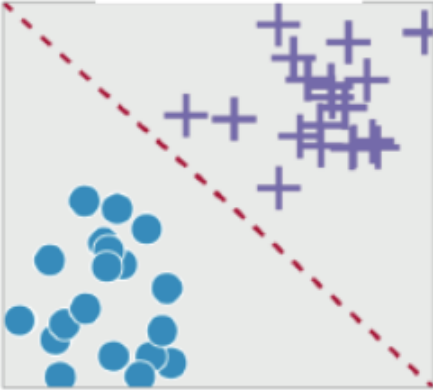


TEKNİK DOKÜMAN

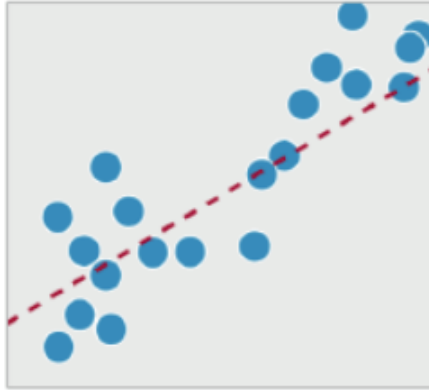


ODYSSEE CAE

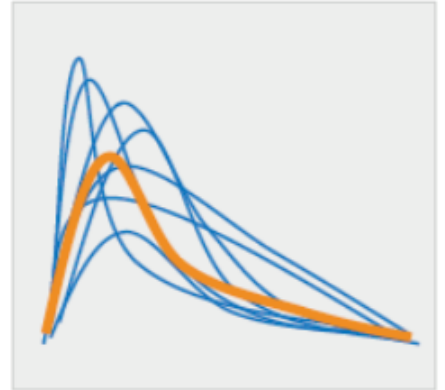
Classification
(discrete data)



Regression
(continuous data)



Reduced Order Modelling
(FULL time histories)



SONLU ELEMEN ANALİZLERİNDE KULLANILAN MALZEME KARTLARININ ODYSSEE İLE OPTİMİZASYONU

HAZIRLAYAN	
Umut Can Salman Kıdemli Mekanik Simülasyon Mühendisi	Eren Morgil Mekanik Simülasyon Mühendisi

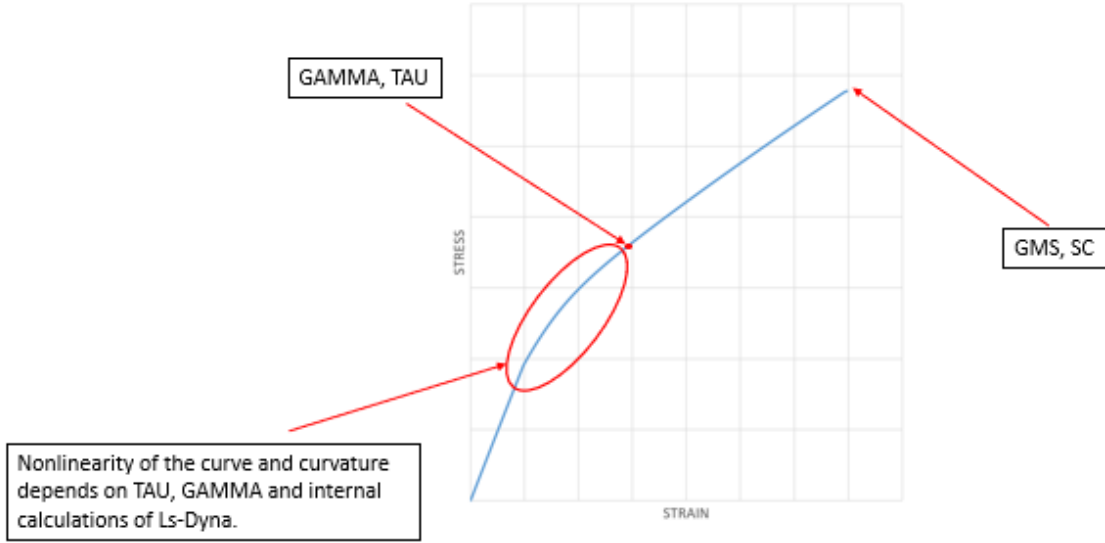
Tarih: 23/12/2024

Bu çalışmada, Ls-Dyna'da düzlem içi kayma (shear) eğrisini oluşturan MAT58 kartının optimal parametrelerini tahmin etmek amaçlanmıştır. Malzeme testlerinden elde edilen kayma eğrisine en yakın sonuçları veren parametreler, ODYSSEE yazılımı kullanılarak elde edilmiştir.

1. GİRİŞ

Kayma eğrisi için gerekli parametreler şu şekildedir:

- **G12** : Düzlem içi kayma modülü (doğrudan test sonucundan elde edilir).
- **TAU** : Kesme gerinimi eğrisinin bir fonksiyonu olarak kesme geriniminin ilk kısmı doğrusal olmayan bölümünün gerilim sınırı.
- **GAMMA** : Kesme gerinimi eğrisinin bir fonksiyonu olarak kesme geriniminin ilk kısmı doğrusal olmayan bölümünün gerilim sınırı.
- **SC** : Kayma dayanımı (doğrudan test sonucundan elde edilir).
- **GMS** : Kayma dayanımında oluşan kayma gerinimi.



Şekil 1 – Kayma Eğrisi Parametrelerinin Gösterimi

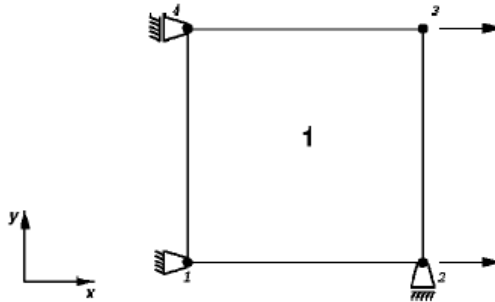
Ls-Dyna, TAU ve GAMMA parametrelerini kullanarak doğrusal olmayan bir eğri oluşturmaktadır. Oluşturulan eğrinin şekli, yalnızca Ls-Dyna'nın iç hesaplamalarına dayanır ve genellikle test sonuçlarıyla birebir uyumlu olmamaktadır. GAMMA değeri gerinimi ifade eder ve sonuçlar, Ls-Dyna'nın iç hesaplamalarına göre ölçeklenir. Bu nedenle, genellikle deneysel verilere daha iyi uyum sağlamak için bazı küçük kalibrasyonlar ve ofset işlemleri yapılır.

Doğrusal olmayan bölümün ardından Ls-Dyna, SC ve GMS parametreleriyle doğrusal bir eğri oluşturur. GAMMA gibi, GMS de ölçeklenmiş gerinim değerini temsil eder.

ODYSSEE ile beraber minimal sapma ile kayma eğrisini oluşturulabilmektedir.

1.1. Bir Kayma Eğrisinin Oluşturulması

Kayma eğrisini oluşturmak için mono eleman testi gerçekleştirilmiştir. ± 45 derece tabaka düzeni oluşturulmuş ve gerilim yükü uygulanmıştır. EN 6031 (düzlem içi kayma özelliklerinin belirlenmesi) standardına göre, kayma gerilmesi, eksenel gerilmenin yarısına ve eksenel gerinime eşittir. Bu şekilde, gerilme-gerinim eğrisi elde edilebilmektedir.



Şekil 2 – Mono Eleman Testinin Şematik Gösterimi ve Test Düzeni

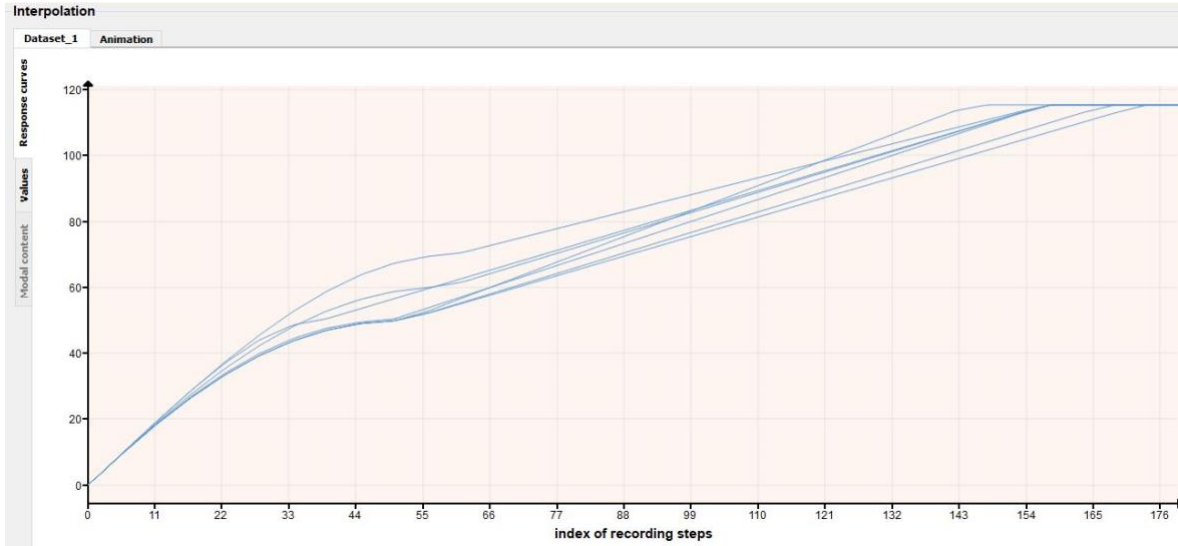
2. ODYSSEE İLE PARAMETRE TAHMİNİ

Farklı TAU, GAMMA ve GMS değerleri olan 9 analiz, Ls-Dyna kullanılarak batch run (toplu çalışma) ile gerçekleştirilmiştir. Bu analizlerin çıktıları olan kayma gerilme-gerinim eğrileri, ODYSSEE için girdi olarak kullanılmıştır.

Hedef eğriyi elde etmek için hangi parametrelerin uygun olduğunu belirlemek amacıyla Odyssee'de bir hedef eğri optimizasyonu çalışması yapılmıştır. Ls-Dyna'dan elde edilen 9 analiz seti; 7'si öğrenme ve 2'si doğrulama seti olarak ayrılmıştır.

Tablo 1 – Odyssee ile Analiz İçin Kullanılan Parametreler

TAU	GAMMA	GMS	Data Type
60.2	0.0451	0.126	Learning
70	0.0451	0.126	Learning
50	0.038	0.126	Learning
50	0.028	0.126	Learning
50	0.04	0.135	Learning
50	0.04	0.14	Learning
50	0.04	0.115	Learning
50	0.0451	0.126	Validation
50	0.04	0.126	Validation



Şekil 3 – Farklı Parametrelerle Oluşturulan Kayma Eğrileri

2.1. Odyssee Çözücüsü

Optimizasyon çalışmasında kullanılacak çözücü için Odyssee'nin yöntem karşılaştırma script'i çalıştırılarak en iyi çözücü bulunmuştur.

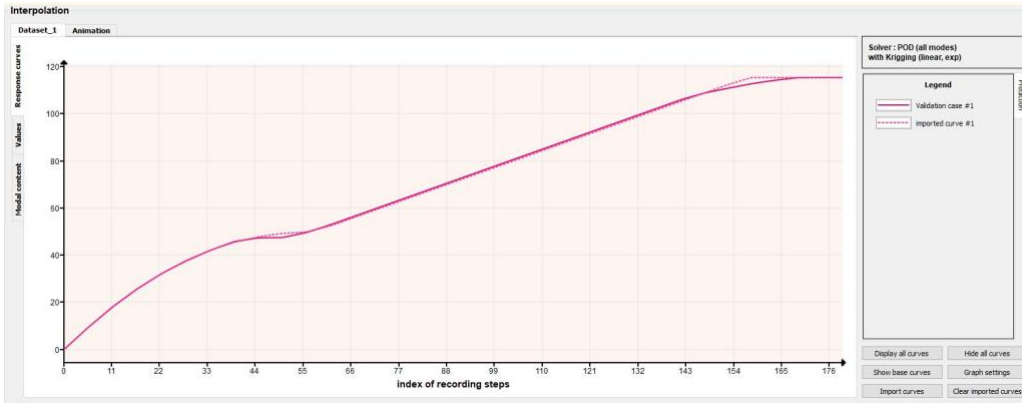
```
For the dataset #1 named Dataset_1, the best method for the validation case #1 with a CRITERION CoefficientofDetermination_R2 (18) is pod_krg_linear_exp with a score of 99.9495
For the dataset #1 named Dataset_1, the best method for the validation case #2 with a CRITERION CoefficientofDetermination_R2 (18) is pod_krg_linear_exp with a score of 99.9984
-----
For the dataset #1 named Dataset_1, the best method for all datasets with a CRITERION CoefficientofDetermination_R2 (18) is pod_krg_linear_exp with a AVERAGE score of 99.974
-----
pod_krg_linear_exp for validation case #1 : 99.9495
pod_krg_linear_exp for validation case #2 : 99.9984
```

Şekil 2 – En İyi Çözücünün Parametreleri

2.2. Odyssee – Validasyon Eğrileri

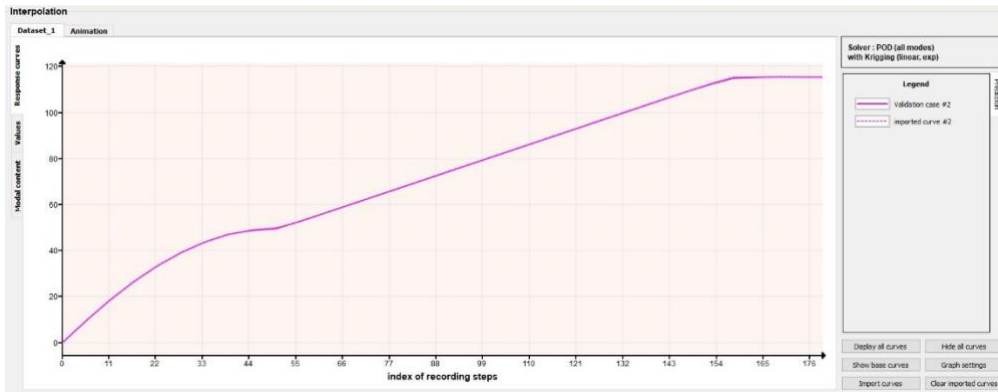
Sonuçlar arası korelasyonu arttırmak için iki validasyon eğrisi aktarılmıştır.

➤ %2.5'ten Düşük Hata Oranı



Şekil 3 – ODYSSEE Çözücü Sonuçlarının Validasyon Eğrileri (%2.5'ten Düşük Hata Oranı)

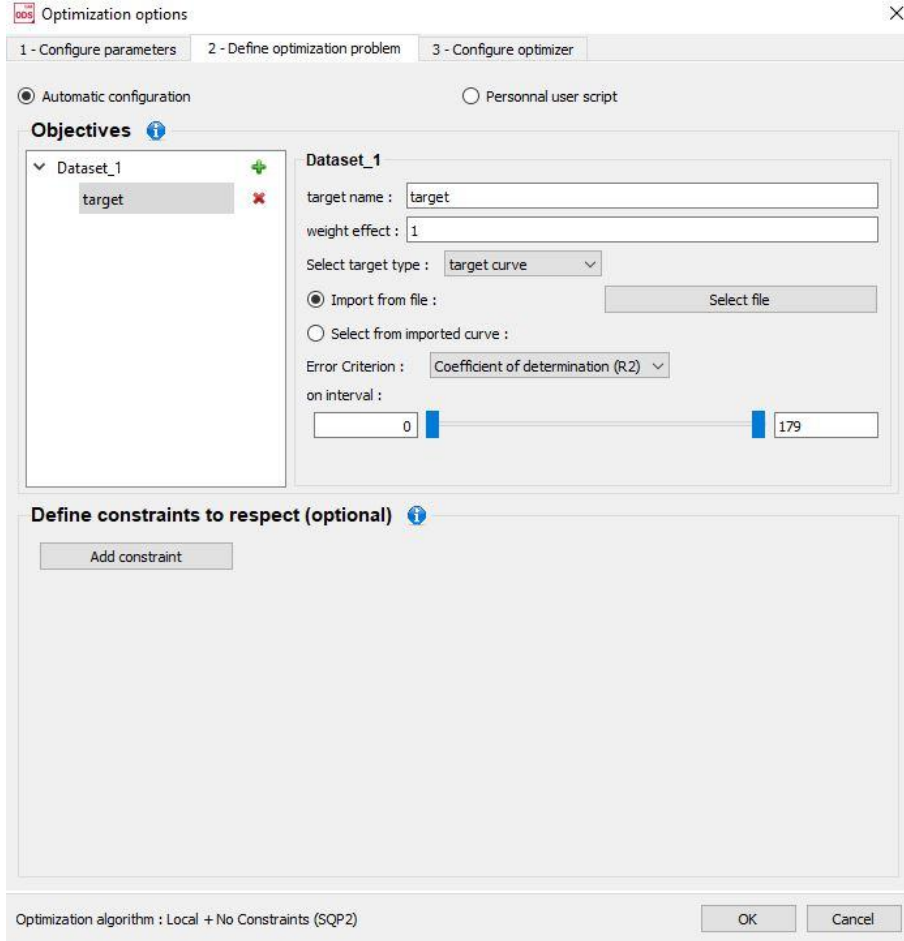
➤ %0.8'den Düşük Hata Oranı



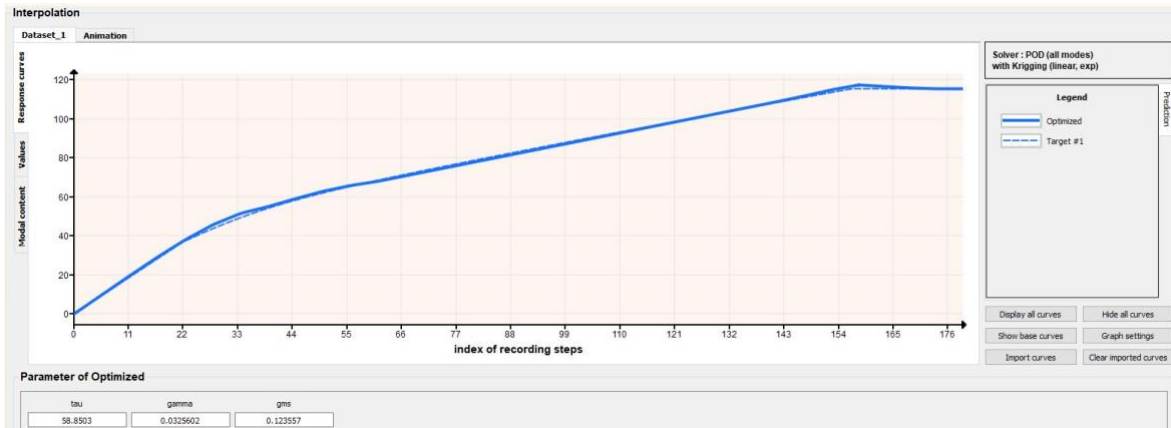
Şekil 4 – ODYSSEE Çözücü Sonuçlarının Validasyon Eğrileri (%0.8'den Düşük Hata Oranı)

2.3. Odyssee'de Optimizasyon İşlemi

Modelin doğruluğu istenilen seviyeye ulaştığında, optimizasyon süreci başlatılmıştır. Gerçekleştirilen optimizasyon çalışmasında, hedef eğriye en yakın sonucu sağlayacak parametreleri bulmak hedeflenmiştir.



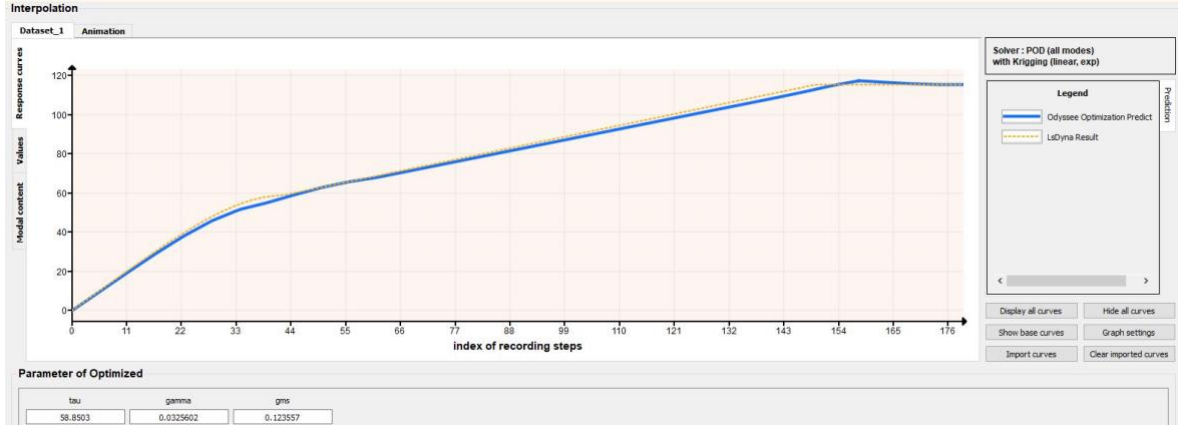
Şekil 5 – Optimizasyon Çalışmasındaki Hedefin Tanımlanması



Şekil 6 – Optimizasyon Sonucu Hesaplanan Hedef Eğri

2.4. Odyssee ve LsDyna Sonuçlarının Karşılaştırılması

%2.5'ten düşük hata oranı için gerçekleştirilen optimizasyon çalışmasında Odyssee ve Ls-Dyna tarafından hesaplanan sonuçlar Şekil 8'de karşılaştırılmıştır. Makine öğrenmesi ve yapay zeka desteği ile birkaç saniyede hesaplanan sonuçlar ile Ls-Dyna tarafındaki sonuçların yüksek korelasyona sahip olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 7 – Ls-Dyna ve Odyssee Sonuçlarının Karşılaştırılması