

PATLAMA SİMÜLASYONUNUN SONUÇ TAHMİNİ İLE OPTİMİZASYONU

| HAZIRLAYAN |
|--|
| UMUT CAN SALMAN, MEKANİK SİMÜLASYON MÜHENDİSİ SERCAN DEVRİM, YAPISAL ANALİZ MÜHENDİSİ DR. NAMIK KILIÇ, AR-GE DİREKTÖRÜ |

TARİH: 10/01/2022

1. GİRİŞ

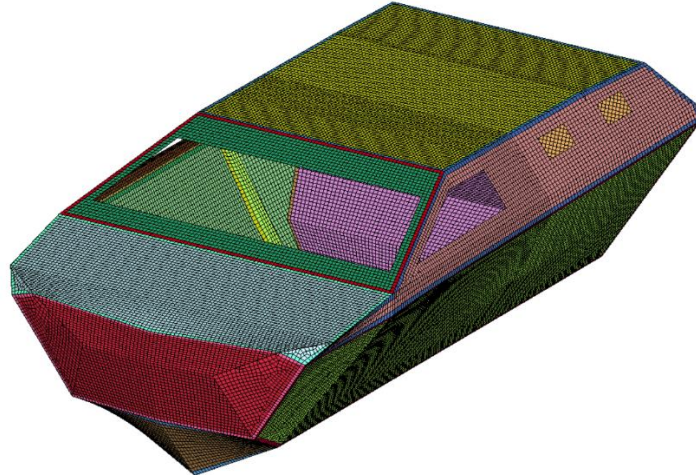
Yapay zeka ve makine öğrenimi teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte sanal prototipler üzerinde uygulanan simülasyon çalışmalarında kullanılmak adına farklı araçlar ortaya çıkmaktadır. Bu araçlar sayesinde simülasyon sonuçları için yüksek doğruluklu tahminler elde ederek en iyi temsiliyeti sağlayacak simülasyon modeli çok daha az analiz ile sağlanabilmektedir.

Odyssee, simülasyon süreçlerinde arka planda kullandığı yapay zeka ve makine öğrenimi algoritmalarıyla kullanıcının sağladığı verileri öğrenerek, yeni parametreler sağlandığında yeni sonuçları saniyeler içerisinde üretebilmektedir [1]. Bu çalışmada V-tabanlı bir zırhlı aracın mayın patlaması sırasında dikey deplasmanı ve kabin ivmelenmesi sonuç tahminleri yapılarak, minimum simülasyon ile optimum tasarım elde edilmiştir. Çözümü çok uzun süren bir problemler için farklı modellerin minimum simülasyon sayısı ile sonuçları saniyeler içerisinde elde edilmiştir.

2. PATLAMA SİMÜLASYONU FEM MODELİ

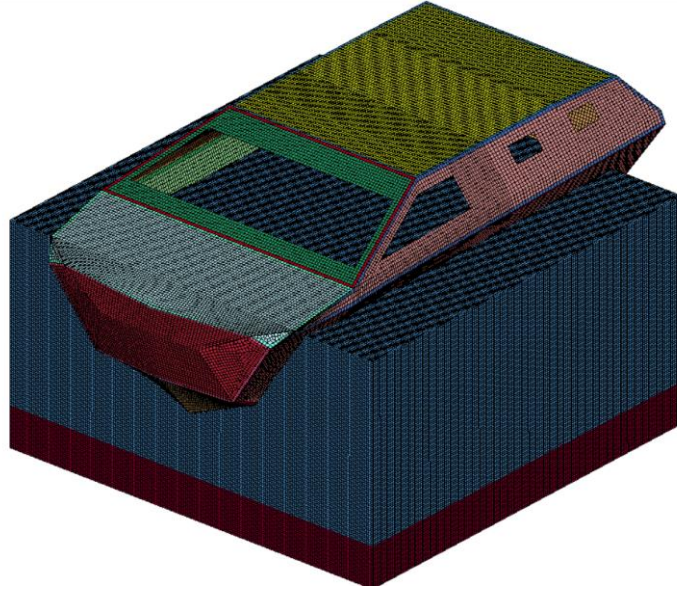
Bu yazıya konu olan yapısal analiz problemi, V-tabanlı bir zırhlı aracın mayın patlaması sırasında yapının durumunun incelenmesini içermektedir. Problem bir patlama simülasyonu olduğu için explicit bir çözücü ile çözüme kavuşturulmuştur.

Yapının modeli LS-PrePost ile oluşturulmuş, çözücü olarak LS-Dyna kullanılmıştır. Model 4.4 milyon eleman, 4.5 milyon node içermektedir. V-tabanlı zırhlı aracın model görüntüsü Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1: Zırhlı Araç FEM Modeli Görünümü

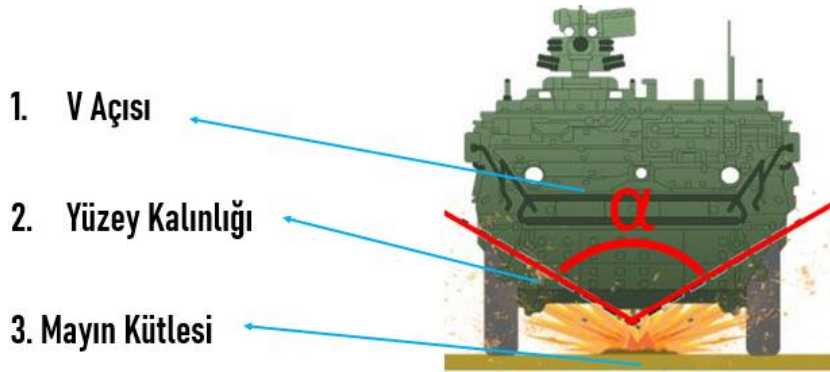
Patlama simülasyonunun doğru yansıtılması için, patlama sonucu oluşan şok dalgalarının bulunduğu akış içerisinde yayılımı ve ortaya çıkarttığı basıncın yapıya etkisini hesaplamayı sağlayan ALE metodu kullanılmıştır[2]. Problemin tanımı gereği, basıncın akışkan içerisindeki dağılımı çözücü LS-Dyna tarafından hesaplanmıştır. Bu hesaplama sırasında çözücü akışkan ve patlayıcı durum denklemlerini kullanmıştır. ALE modelinin uygulanabilmesi için model içerisinde hem patlayıcı, hem patlayıcıyı çevreleyen toprak ve dış ortam akışkanı hava da dahil edilmiştir[3]. Şekil 2’de patlayıcıyı çevreleyen sistem ve akışkanın dahil olduğu model görülmektedir.



Şekil 2:Çevre Sistem ve Akışkan Dahil Model

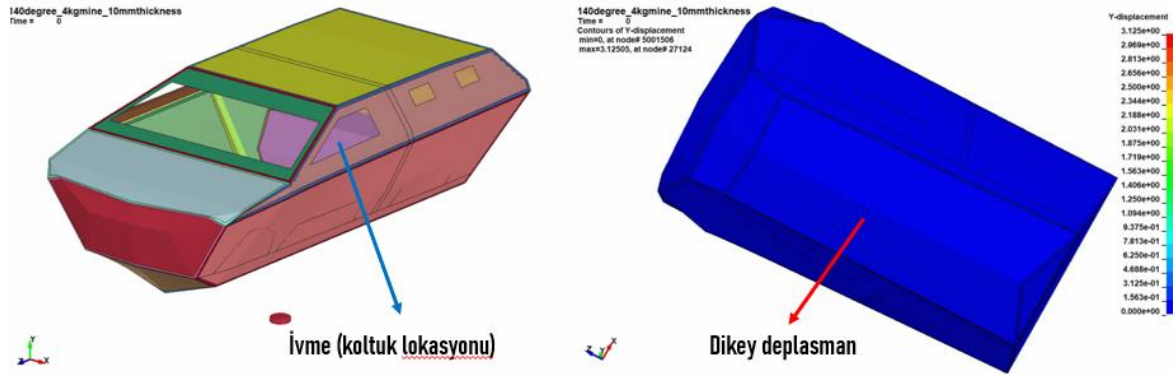
Mayın patlaması, *MAT_HIGH_EXPLOSIVE_BURN malzeme modeli kullanılarak TNT malzeme özellikleriyle simülasyona dahil edilmiştir. Patlamanın maruz kalacağı zırh kısmında malzeme modeli olarak yüksek deformasyon ve sıcaklık artışları durumlarını temsil edebilen *MAT_JOHNSON_COOK malzeme modeli seçilmiştir[4]. Model LS-Dyna çözücüsü ile 16 CPU – 64 GB RAM özelliklerine sahip bir bilgisayarda koşturulmuştur ve 1 simülasyon yaklaşık 10 saat sürmüştür.

Tasarım değişkenleri olarak aracın V-taban açısı, mayın kütlesi ve zırh kalınlığı belirlenmiştir. Bu değişkenler değiştirilerek sistem yanıtları incelenmiştir. Tasarım değişkenleri Şekil 3’te gösterilmiştir.



Şekil 3:Tasarım Değişkenleri

Simülasyon sonucunda araç tabanındaki dikey deplasmanı ve aracın koltuk lokasyonundaki ivme değerleri incelenmiştir. Yanıt değerleri Şekil 4'te gösterilmiştir.



Şekil 4: İncelenen Yanıt Değerleri

3. SONUÇ TAHMİNİ ve OPTİMİZASYON

Simülasyon sonuç tahminleri oluşturabilmek için tasarım uzayının farklı noktalarından alınan simülasyon sonuçları Odyssee'e beslenerek model oluşturulmuştur. Model öğrenimi için 3 tasarım değişkeni değiştirilerek 12 analiz sonucu Odyssee programına virgülle ayrılan formatta (.csv) girdi olarak sağlanmıştır. Tahmin doğruluğunu kontrol edip hata hesabı yapabilmek adına 2 analiz sonucu alınmış ve kıyaslama için kullanılmıştır. Tablo 1 ve Tablo 2'de model öğrenimi ve doğrulama süreçleri için kullanılan analiz setleri yer almaktadır.

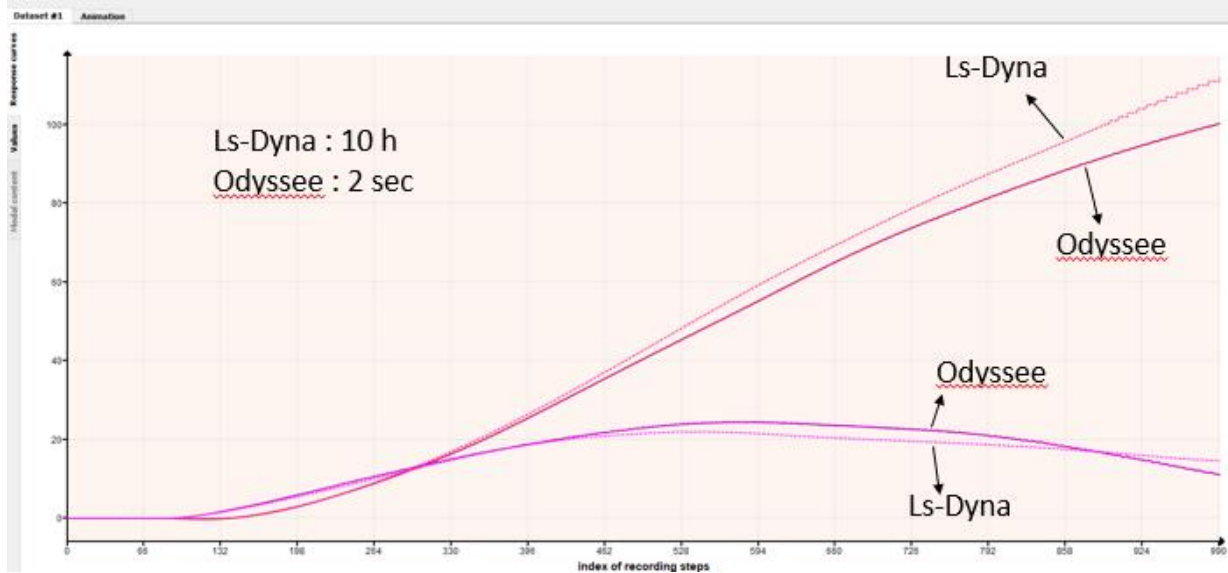
| V Açısı (°) | Kalınlık [mm] | Mayın Kütlesi [kg] |
|----------------|------------------|-----------------------|
| 160 | 10 | 4 |
| 140 | 15 | 4 |
| 120 | 12 | 6 |
| 120 | 12 | 4 |
| 160 | 15 | 4 |
| 140 | 12 | 4 |
| 140 | 15 | 6 |
| 160 | 12 | 6 |
| 140 | 10 | 6 |
| 120 | 10 | 6 |
| 120 | 15 | 4 |
| 160 | 10 | 6 |

Tablo 1: Model Öğrenimi Analiz Setleri

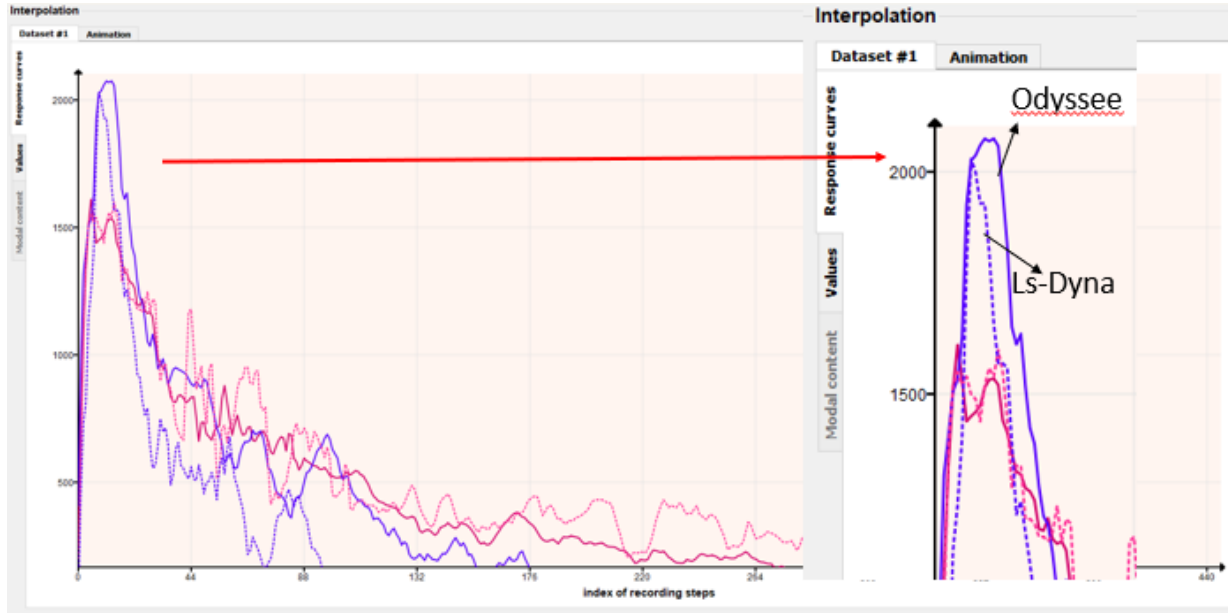
| V Açısı (°) | Kalınlık [mm] | Mayın Kütlesi [kg] |
|----------------|------------------|-----------------------|
| 160 | 12 | 4 |
| 120 | 15 | 6 |

Tablo 2: Doğrulama Analiz Setleri

Veriler sağlandıktan sonra saniyeler içerisinde Odyssee probleme uygun algoritmaları otomatik seçerek maksimum doğruluğa sahip modeli oluşturmuştur[5]. Doğrulama analizleri üzerinden kıyaslama çalışması yapıldığında, Odyssee ile oluşturulan model, dikey deplasman sonucunu maksimum hata %9'dan küçük olacak şekilde tahmin etmiştir. Koltuk lokasyonu ivme değeri de maksimum ivme hatası %5'ten küçük olacak şekilde doğrulanmıştır. Şekil 5 ve Şekil 6'da yanıt değerlerinin doğrulama grafikleri yer almaktadır.



Şekil 5: Dikey Deplasman Doğrulama Analizleri



Şekil 6: İvme Doğrulama Analizleri

Model doğruluğu kontrol edildikten sonra farklı parametreler için Odyssee simülasyon sonuçlarını analiz süresini beklemeden tahmin etmektedir. Sistemin optimum tasarım noktası olan minimum dikey deplasman ve minimum ivme değerleri Odyssee'de optimizasyon çalışmalarıyla elde edilmiştir.

4. SONUÇ

Bu çalışmada, simülasyon süreçlerinde Odyssee ile yüksek doğruluklu sonuç tahmini gerçekleştirerek, 16 CPU-64 GB RAM barındıran bilgisayar ile çözüm alındığında 10 saat süren bir patlama simülasyonu probleminin saniyeler içerisinde tahmin edilmesi gerçekleştirilmiştir. Odyssee sayesinde daha az sayıda analiz alınarak, dolayısıyla çok daha hızlı bir şekilde optimum sonuçlar elde edilmiştir. Patlama simülasyonu gibi çok uzun süren analizlerde veya çok fazla tasarım-analiz döngüsü yaşanan mühendislik problemlerinde Odyssee'nin mühendislere sağladığı öngörü önemli bir avantajdır.

5. REFERANS

[1] K. Kayvantash, " Model Order Reduction Techniques For Real-time Parametric Crash and Safety Simulations", CARHS-2019.

[2], [3] A. Erdik, N. Kılıç, K. Kibaroglu, "Nümerik simülasyon yöntemleri kullanılarak hafif zırhlı araçlarda mayına karşı koruma seviyesinin geliştirilmesi", SAVTEK 2008 Savunma Teknolojileri Kongresi.

[4] "Ls-Dyna Keyword User's Manual Version 971", *Ls-Dyna Manual*, (LSTC, Livermore, CA, USA), (2012).

[5] ODYSSEE CAE Lunar User Guide