TEKNİK DOKÜMAN



MSC Nastran

Bu yazımızda; Sonlu Elemanlar Analizi (FEA) için dünyanın en yaygın olarak kullanılan yazılımlardan olan MSC Nastran, 2024 yılı itibariyle de yeni özellikler sunmaktadır. Yeni MSC Nastran sürümünde SOL200 Density yöntemine (aynı zamanda SIMP, Solid Isotropic Material with Penalization yöntemi olarak da bilinir) ek olarak, Emendate adı verilen yeni bir topoloji optimizasyon yöntemi geliştirilmiştir.







MSC NASTRAN TOPOLOJİ OPTİMİZASYONU MODÜLÜNDEKİ YENİLİKLER

Hazırlayan

Ömer Alan Yapısal Analiz Mühendisi

Tarih: 27/03/2025

Giriş

Sonlu Elemanlar Analizi (FEA) için dünyanın en yaygın olarak kullanılan yazılımlardan olan MSC Nastran, 2024 yılı itibariyle de yeni özellikler sunmaktadır. MSC Nastan'ın 2024.2 versiyonuyla gelen birçok geliştirmeler arasında topoloji optimizasyonu modülüne getirilen bir takım yenilikler de mevcuttur. Yeni MSC Nastran sürümünde SOL200 Density yöntemine (aynı zamanda SIMP, Solid Isotropic Material with Penalization yöntemi olarak da bilinir) ek olarak, Emendate adı verilen yeni bir topoloji optimizasyon yöntemi geliştirilmiştir.



ŞEKİL 1 ÖRNEK OPTİMİZASYON ÇALIŞMALARI GÖRSELİ









Emendate (Düzeltme)

"Emendate", SOL200 boyut optimizasyonundaki tam gerilme tasarımı yaklaşımına (fully stress design approach) benzer şekilde duyarlılık hesaplaması gerektirmeyen bütüncül bir topoloji optimizasyon yöntemidir. Basit bir anlayışla Emendate, kullanıcılara çözücünün optimizasyon sırasındaki davranışlarını ve tercihlerini kontrol etme imkânı sunmaktadır. Emendate'in bazı önemli özellikleri şunlardır:

- GPU veya MUMPS modüllerini kullanabildiği için daha hızlı ve güvenilirdir.
- Optimize edilmiş tasarım alanı (design space) için geometri ve mesh dahil üretime hazır tasarımlar oluşturabilir.
- CAD sistemleriyle birlikte çalışma imkânı sağlanmıştır.

Yukarıda listelenen geliştirmelerin getirdiği başlıca faydaları inceleyecek olursak kullanıcılara ne denli kolaylıklar sağladığını görebiliriz. Öncelikle büyük ve montajlı yapılar üzerinde, doğrusal ve doğrusal olmayan analizler için daha hızlı ve otomatikleştirilmiş bir optimizasyon imkânı sağlanmıştır. Analizlerin sonucunda kullanıcılara çıktı olarak üretime hazır geometriler, düzenlenmiş bir halde sunulmaktadır. Bahsedilen üretime hazır geometri dosyalarının kalitesinin MSC Nastran geliştiricileri tarafından doğrulandığı not edilmiştir. Getirilen yenilikler, BDF dosyasına ek satır olarak kolayca eklenebilir ve kullanıma hazır hale getirilir. Bu sayede daha önceden hazırlanmış optimizasyon analizi dosyaları, kolay bir şekilde yeniliklere adapte olabilecek şekilde hazırlanabilir. Optimizasyon çalışmaları bittiğinde ise, otomatik bir şekilde NURBS tabanlı CAD verileri hazırlanır ve kullanıcıya sunulur.

Kullanıcı Arayüzü:

Bahsedilen yeni çözüm yöntemi, **DOPTPRM kartının OPTCOD=EMENDATE** parametresiyle veya Bulk Data bölümüne **EMENPRM** kartı eklenerek aktifleştirilir.

EMENPRM

Emendate Optimization Parameters

Provides information to initiate SOL 200 Emendate generative topology design optimization procedure and design control parameters.

Format:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
EMENPRM	ID	SF	COMPL/ DIRECT	STRUTDEN	SHPQUAL				
	"NONDES"	PID1	PID2	PID3	PID4	PID5	PID6	PID7	
		-etc							
	"NOHOLE"	MODE							
	"CASTPRM"	Lfactor							

Example:

EMENPRM	10	2.0	12.0	MEDIUM	BALANCED		

ŞEKİL 2 EMENPRM KARTI KULLANIMI







Şekil 2'de kullanımı gösterilen EMENPRM kartının içerdiği parametreler, Tablo 1'de detaylandırılmıştır.

ID	EMENPRM kartına özel tanım numarasını temsil eder.				
SF	Optimizasyonun gerilme hedefini tanımlar. TOPVAR parametresi tanımlanmışsa				
	ihmal edilir.				
COMPL/DIRECT	Optimizasyonun çözünürlüğünü temsil eden katsayıdır. (Default: 14.0)				
STRUTDEN	Optimizasyon yapılırken geometrik yoğunluğu belirleyen parametredir. SPARSE,				
	DENSE ve MEDIUM şeklinde üç farklı parametre değeri alabilir. (Default: MEDIUM)				
SHPQUAL	Optimizasyonun şekil kalitesinin belirlendiği parametredir. BALANCED, PREVİEW ve				
	FINETUNE şeklinde üç farklı parametre değeri alabilir. (Default: BALANCED)				
NONDES	Optimizasyona dahil edilmeyecek bölgelerin tanımlanmasında kullanılan				
	parametredir.				
NOHOLE	Optimizasyon esnasında yapı üzerinde delik açılmasına izin vermemek için				
	kullanılan parametredir.				
CASTPRM	Döküm özellikleri için kullanıcıların ekleyebileceği girdileri içeren parametredir.				

TABLO 1 EMENPRM KARTI PARAMETRE AÇIKLAMALARI

EMENPRM kartının doğrudan kullanımına ek olarak, DOPTPRM kartının içinde parametre şeklinde kullanarak varsayılan (default) özelliklere sahip EMENPRM kartı oluşturulabilir. Bu kullanım için BDF dosyasındaki Bulk Data kısmına **DOPTPRM, OPTCOD, EMENDATE** satırını eklememiz yeterli olacaktır.

Önemli Parametreler:

Tablo 1 'de tanıtılan parametreler içerisinde en ön plana çıkanların COMPL ve STRUTDEN parametreleri olduğu görülmektedir. COMPL parametresi optimize edilen yapı üzerindeki karmaşıklığı kontrol etmektedir. Değer olarak sıfırdan büyük herhangi bir değer alabilir ve değeri arttıkça, daha detaylı kütle azaltmaları görülecektir. Şekil 3'te COMPL parametresinin aldığı değerler ve optimize edilmiş yapı üzerindeki etkisi açık bir şekilde görülmektedir.



ŞEKİL 3 COMPL PARAMETRESININ YAPI UZERINDEKI ETKISI

STRUTDEN parametresi ise yapı üzerindeki geometrik yoğunluğu ve optimizasyonun hacimli oluşunu kontrol etmeyi sağlayan karttır. SPARSE değeri seçildiğinde daha az hacimli bir optimizasyon sonucu görülmektedir. Buna zıt olarak DENSE değeri seçildiğinde hacmin yoğunluğunun korunduğu bir çalışma olacaktır. Varsayılan değer olan MEDIUM, bu iki değerin ortalaması olarak düşünülebilir. Bahsedilen değerlerin örnek bir çalışma üzerindeki etkisi Şekil 4'te görülebilir.











ŞEKİL 4 STRUTDEN PARAMETRESİNİN YAPI UZERINDEKİ ETKİSİ

Örnek Çalışma: Bağlantı Kolu Optimizasyonu

Şekil 5'te gösterilen bağlantı kolu yapısı, optimizasyon çalışması için modellenmiştir. Analiz senaryosu olarak bir deliğin iç düğüm noktaların altı serbestlik derecesinde tutulurken, diğer düğüm noktalarından toplam 25 kN olacak şekilde iki adet kuvvet uygulanmıştır. Yapının malzemesi çeliktir ve toplam kütlesi 54.8 kilogramdır.



ŞEKİL 5 BAĞLANTI KOLU MODELİ

Optimizasyonun amacı, yapının kütlesini azaltmak olup, çalışma üzerindeki sınır koşulu maksimum gerilme değerleri olarak belirlenmiştir. Analiz sürecinde model üzerindeki maksimum Von Mises gerilme değeri, üst sınır olarak belirlenen seviyeye yükselene kadar en az yük taşıyan elemanları silerek, kalan elemanları da pürüzsüzleştirecektir.



www.bias.com.tr





Dosyalama Sistemi:

Optimizasyon sürecinde MSC Nastran, kullanıcılara farklı tipte çıktı dosyaları sunmaktadır. Şekil 6'da görüldüğü üzere bu çıktılar analiz dosyasının bulunduğu konumda oluşturulmaktadır. Öncelikle .dat dosyası optimizasyon analizi dosyasıdır ve .f04, .f06 ve .log dosyaları MSC Nastran'ın her çalıştırılmasında oluşturduğu bilgilendirme dosyalarıdır. Bu çalışmalarda farklı olan kısım, oluşturulan klasörlerdir. İlk olarak oluşturulan "linkarm_initial_analysis" isimli klasör, analiz senaryosunun ilk halinin yapıldığı analiz dosyalarını ve analiz sonuçlarını içermektedir. Sonra iterasyon dosyaları oluşturulmaktadır. Örneğin linkarm_it0001_opti isimli klasörün içerisinde, birinci iterasyon içerisinde her bir optimizasyon adımında oluşturulan model geometrisi bulunurken linkarm_it0001_analysis isimli klasörün içerisinde son adımda oluşturulan geometri ile yapılan analizin sonuç dosyaları yer almaktadır.



ŞEKİL 6 TOPOLOJİ OPTİMİZASYONU DOSYA YAPISI

Analiz sürecinde oluşturulan ".ply" dosyalarını, bu formatı okuyabilen herhangi bir programda görüntüleyip adım adım kütlelerin hangi bölgelerden azaltıldığını takip edebilirsiniz. Bununla ilgili bir örnek Şekil 7'de mevcuttur.



ŞEKİL 7 FARKLI ADIMLARDAKİ OPTİMİZASYON SONUÇLARI









Son adımda oluşturulan model ve modelin analiz sonuçlarını Patran veya MSC Apex ile görüntüleyebilir ve sonuçları inceleyebilirsiniz. Optimizasyon sonucunda yapının kütlesi 54.8 kilogramdan 13.5 kilograma düşmüştür.



ŞEKİL 8 SON ADIMDA OLUŞTURULAN BAĞLANTI KOLU MODELİ

Yapılan örnek çalışmada kullanılan COMPL parametresinin değeri 8 olarak atanmıştır. STRUTDEN parametresi de MEDIUM olarak ayarlanmıştır. Farklı bir sonuç elde etmek için COMPL değeri 4 ile, STRUTDEN parametresi de DENSE olarak değiştirildiğinde Şekil 9'da gösterilen yapı elde edilmiştir.



ŞEKİL 9 FARKLI PARAMETRELERLE YAPILAN OPTİMİZASYON SONUCU

Referanslar

- 1. MSC Nastran 2024.2 Release Guide
- 2. MSC Nastran 2024.2 Quick Reference Guide



www.bias.com.tr