

Patran ile Kompozit Yapı Modelleme Yöntemleri

HAZIRLAYAN
Kaan Ekinci Kıdemli Yapısal Analiz Mühendisi

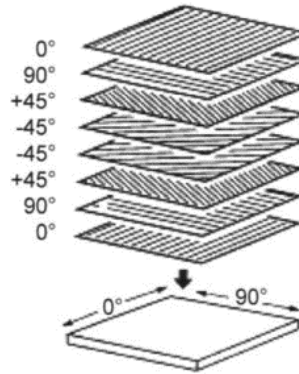
Tarih: 15 / 09 / 2022

Sonlu elemanlar dünyasında kompozit yapıları modellemek her zaman daha uğraştırıcı olmuştur. Bunun temel sebebi laminanın serim malzemesi özelliklerinin, kalınlıklarının ve serim açılarının çok fazla değişkenlik gösterebilmesidir.

Bu teknik yazıda Patran ile bir laminanın ve laminayı oluşturan serimlerin nasıl modellendiğinden bahsedilecektir. Ayrıca bir laminanın eşdeğer katılığına denk gelen materyal matrisinin nasıl elde edildiği ve bu elde edilen değerlerin nasıl kullanıldığı anlatılacaktır.

1. Giriş

Kompozit malzemeler tek yönlü birkaç farklı serimin lamina içerisinde farklı dizilimlere sahip olabileceği şekilde birleştirilmesiyle elde edilir. Şekil 1’de birden fazla serimin farklı oryantasyonlarda bir laminayı oluşturduğu görülebilir. Kompozit numunenin mekanik davranışını simüle etmek için her bir tabakanın katılığı hesaplanmalıdır. Laminanın katılığı serimi oluşturan fiberin temel mekanik özellikleri, fiberin kompozit malzemedeki miktarı veya serimlerin dizilim sırası ve sayısı gibi çeşitli faktörlere bağlıdır.



Şekil 1 - Farklı oryantasyondaki serimlerden elde edilen lamina

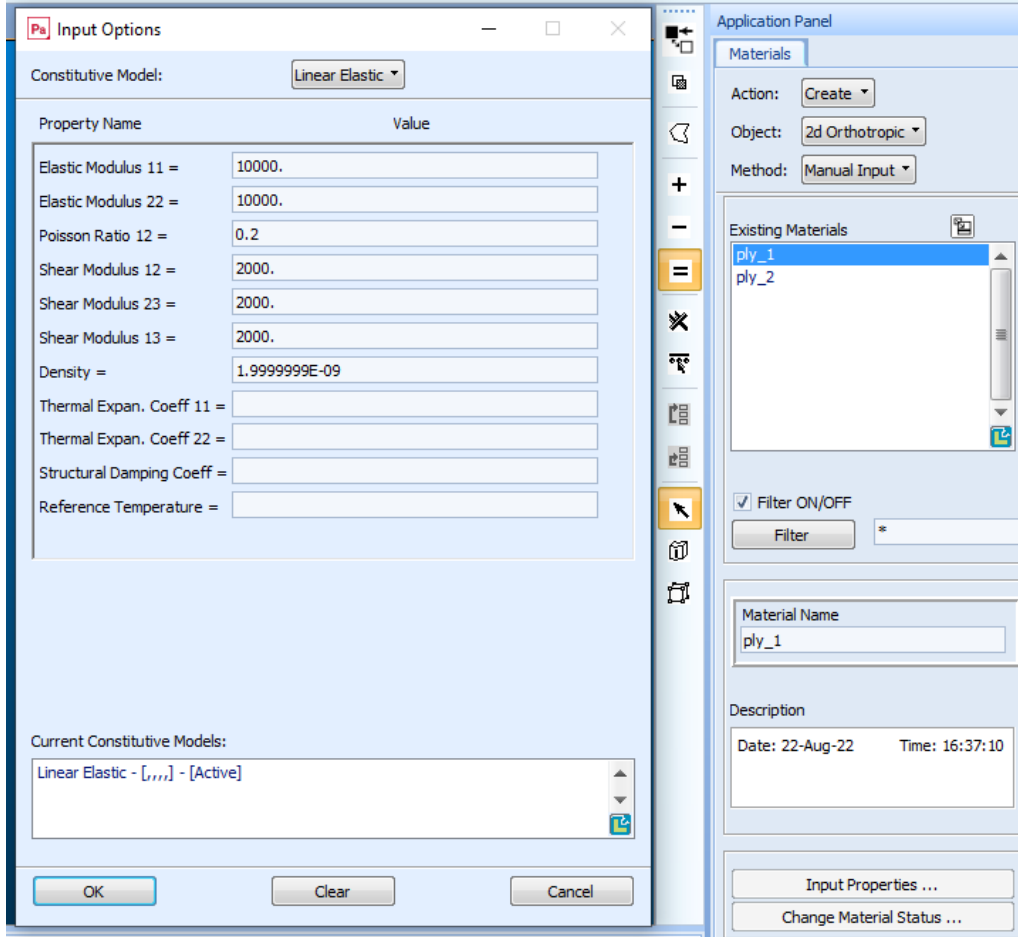
2. Patran'da Lamina Modelleme

Patran'da elemanlar üzerinde kompozit modelleme yapabilmek için serimlere ait orthotropic malzeme özellikleri, serimlerin kalınlıkları ve serim açıları gereklidir. Bu laminayı oluşturan serimler yapıyı modelleme yöntemine göre 2 boyutlu veya 3 boyutlu olarak modellenebilir. Laminayı oluşturacak serimler eğer kompozit yapı 2D shell elemanlarla modellendiyse ise 2D orthotropic malzeme (MAT8), 3D olarak hex elemanlarla modellendiyse 3D orthotropic (MATORT) ile tanımlanabilir.

2.1. 2 Boyutlu Orthotropic Malzeme Tanımı ve 2 Boyutlu Lamina Modelleme

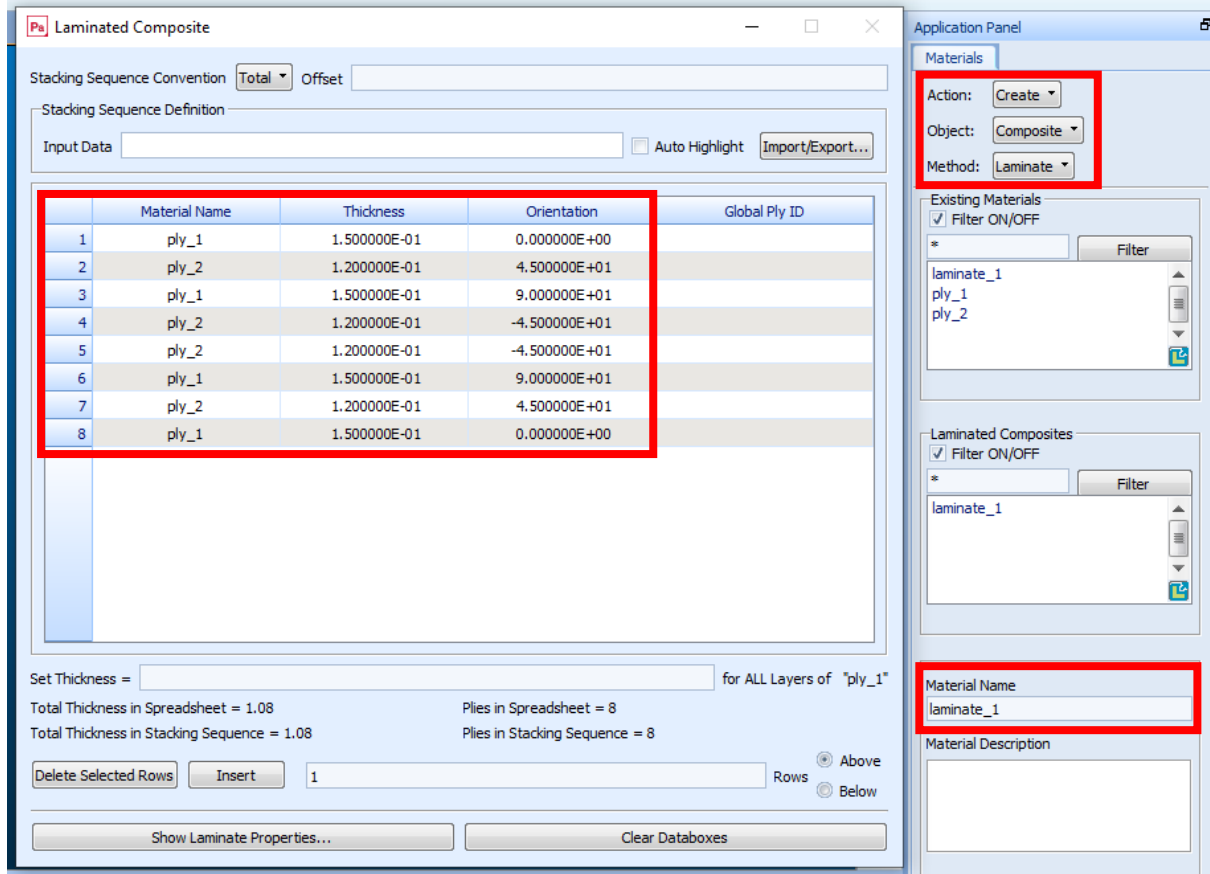
Shell olarak modellenecek bir kompozit yapı için serim malzemesi 2D orthotropic malzeme (MAT8) olarak tanımlanmalıdır. Patran'da 2D orthotropic malzeme tanımı yapılan menü

Şekil 2'de görülebilir.



Şekil 2 - 2 boyutlu orthotropic malzeme oluşturma

Serimlere ait 2D malzemeler tanımlandıktan sonra, Materials > Composite > Laminate menüsü (Şekil 3) üzerinden serim kalınlıkları ve serim açıları ile birlikte lamina tanımı yapılabilir.

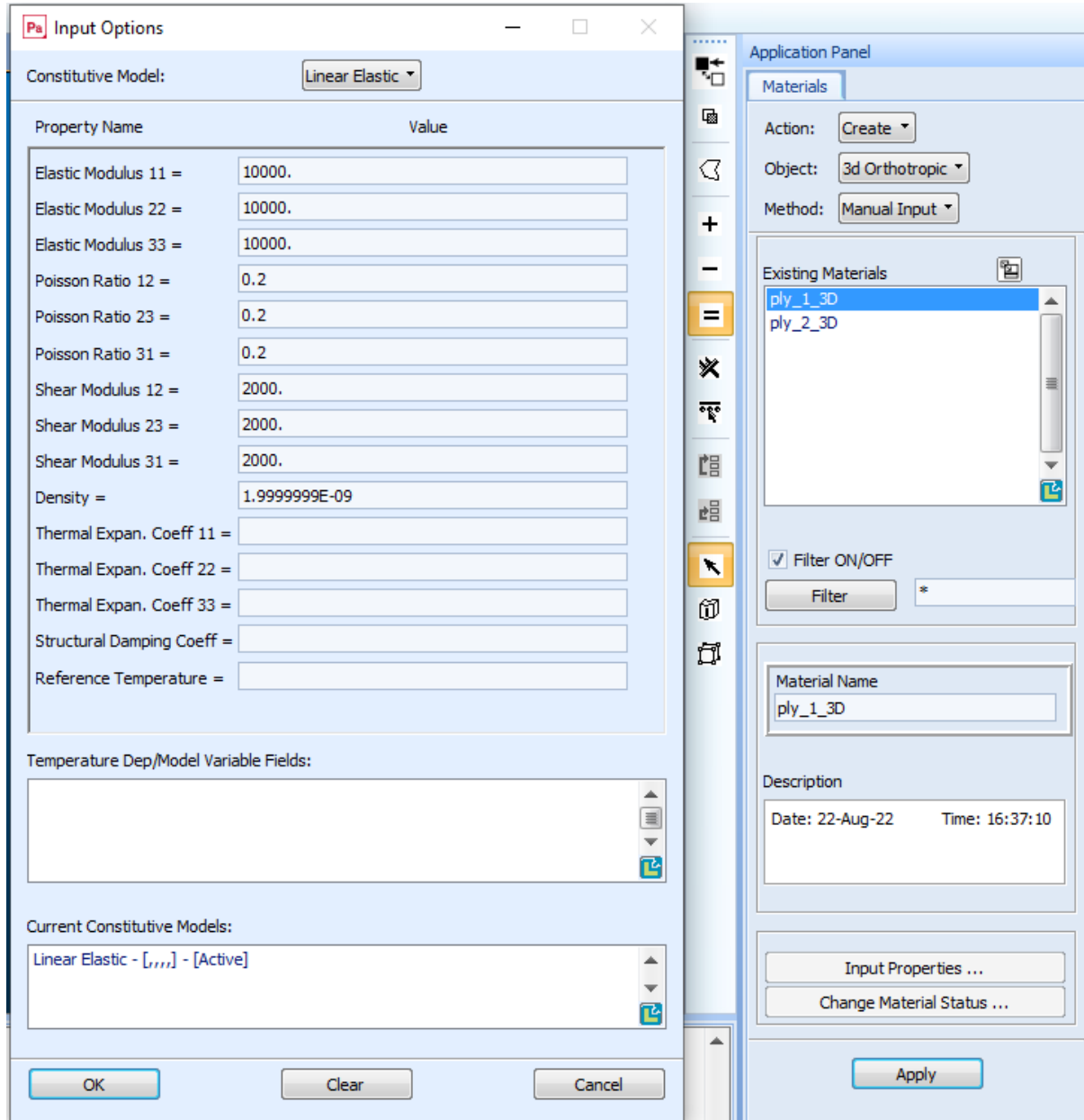


Şekil 3 - 2 boyutlu lamina oluşturma

Oluşturulan bu lamina 2 boyutlu elemanlara atanıp kullanıldığında MSC Nastran çözümünde PCOMP/PCOMPG girdilerini temsil etmektedir.

2.2. 3 Boyutlu Orthotropic Malzeme Tanımı ve 3 Boyutlu Lamina Modelleme

Katı olarak modellenecek bir kompozit yapı için serim malzemesi 3D orthotropic malzeme (MATORT) olarak tanımlanmalıdır. 2D orthotropic malzeme özellikleri üzerine 3 yeni değer tanımlayarak malzemeyi 3D orthotropic olarak modelleyebiliriz. Patran'da 3D orthotropic malzeme tanımı yapılan menü Şekil 4'de görülebilir.

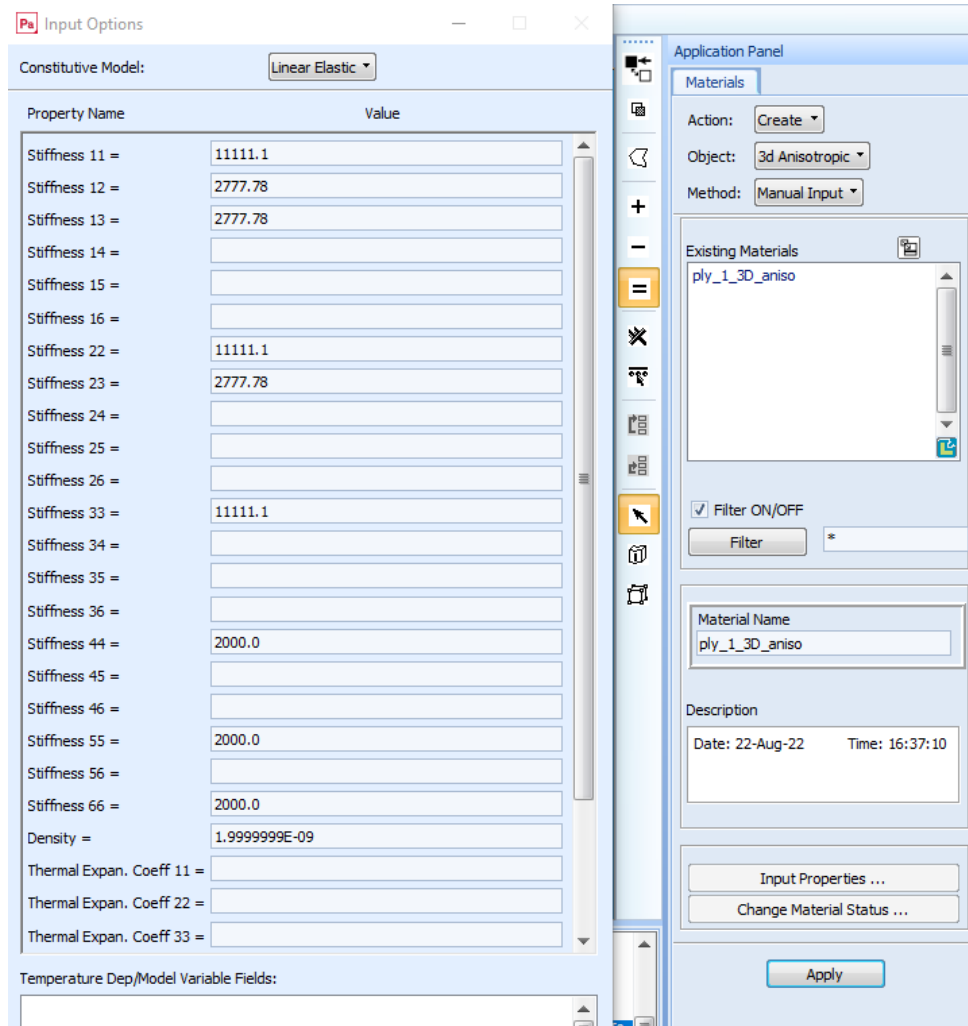


Şekil 4 - 3D orthotropic malzeme oluşturma

3D orthotropic malzeme (MATORT) MSC Nastran 2020 versiyonuna kadar yalnızca SOL400/600 ve 700’de kullanılabilirdi. 2020 versiyonundan sonra tüm lineer çözümlerde (SOL101-SOL112) bu malzeme kartına erişim sağlandı.

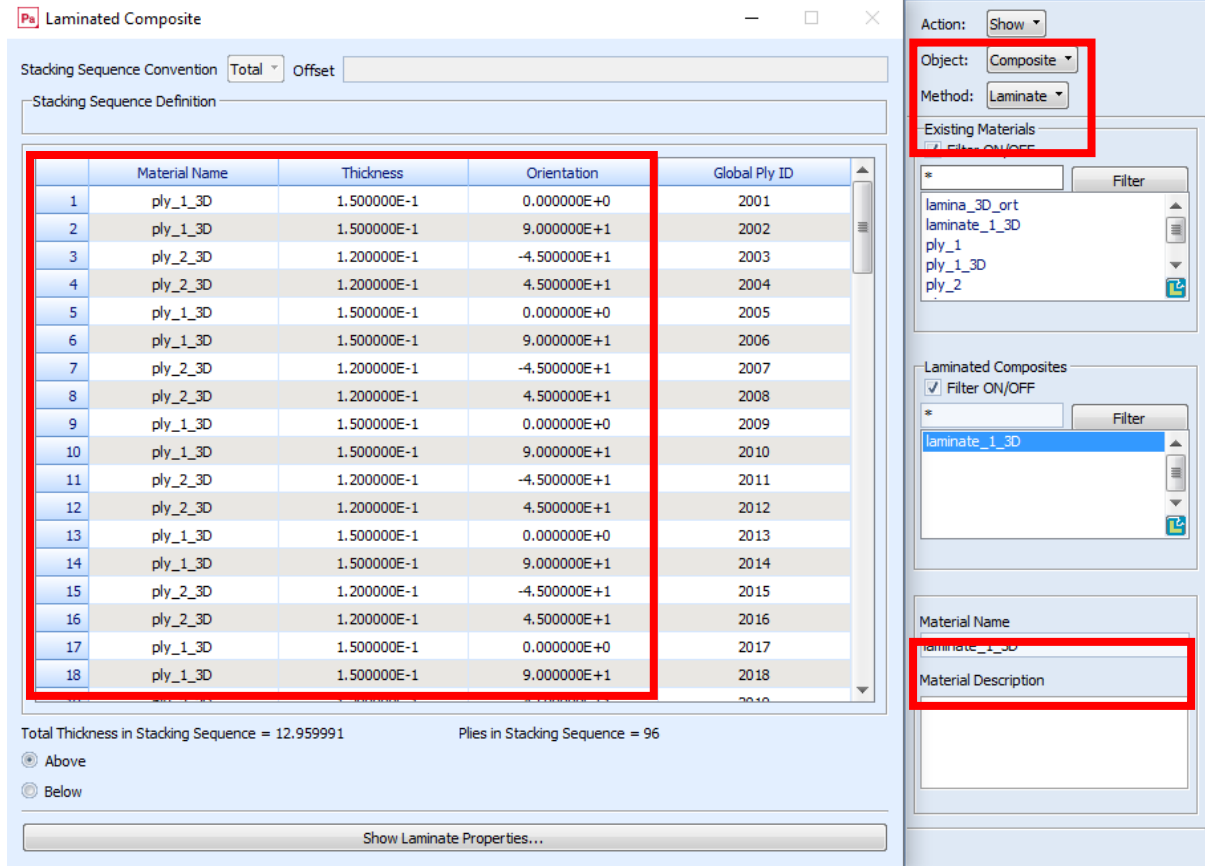
MATORT girdisi yerine 3D anisotropic (MAT9) malzeme girdisi de kullanılabilir. MATORT kartında malzemenin 3 yönlü Elastic Modulus, Poisson Ratio ve Shear Modulus değerleri tanımlanır ve Nastran çözüm sırasında ilgili katılık değerlerini kendisi hesaplar. MAT9 kartında ise direkt olarak katılık matris değerleri girdi olarak verilir ve MSC Nastran bu değerleri kullanır.

Şekil 5’te 3D orthotropic olarak tanımlanmış ‘ply_1’ malzemesinin MAT9 olarak modellenmesi için kullanılan stiffness matris değerleri görülebilir. Bu değerlerin nasıl elde edildiği **Patran ile Kompozit Katılık Matris Derivasyonu** bölümünde incelenebilir.



Şekil 5 - 3D anisotropic malzeme oluşturma

Serimlere ait 3D malzemeler tanımlandıktan sonra, Materials > Composite > Laminate menüsü (Şekil 6) üzerinden serim kalınlıkları ve serim açıları ile birlikte lamina tanımı yapılabilir.



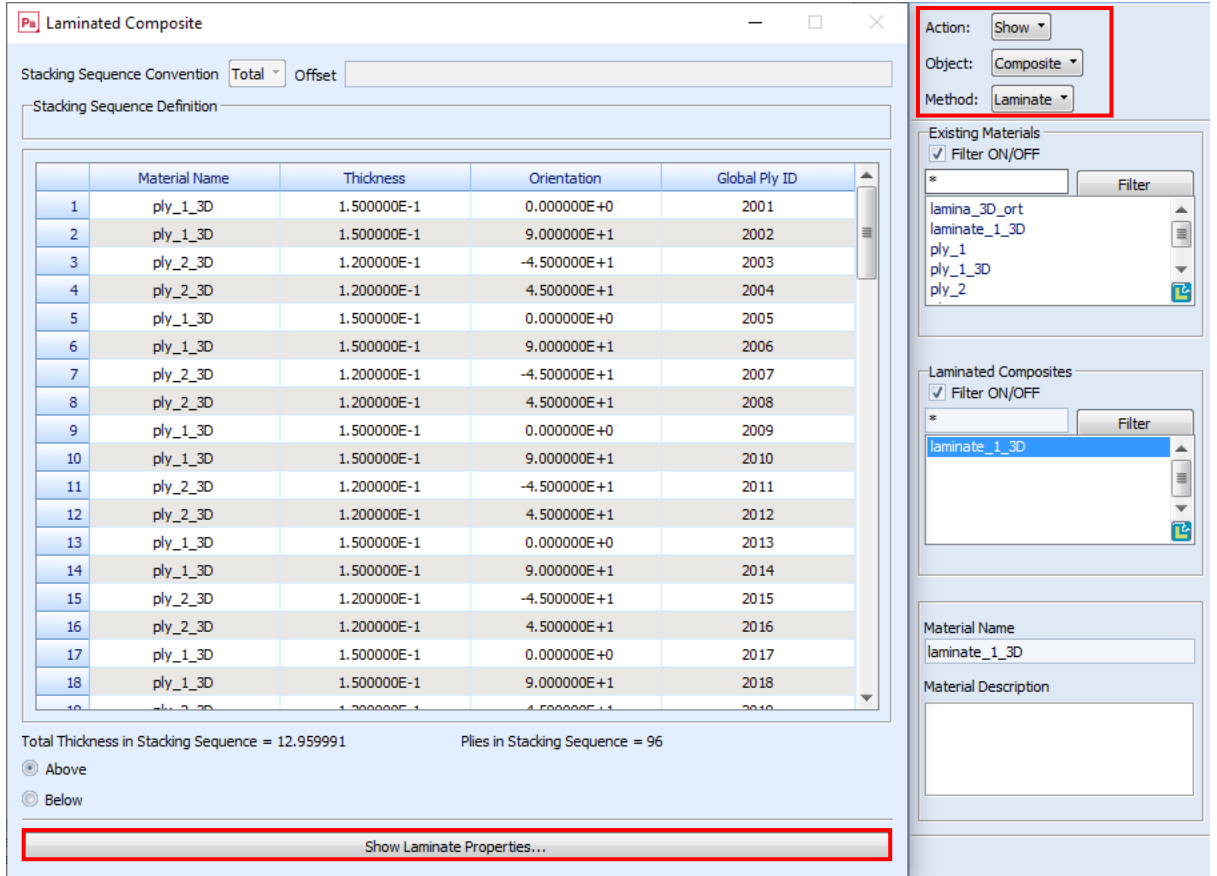
	Material Name	Thickness	Orientation	Global Ply ID
1	ply_1_3D	1.500000E-1	0.000000E+0	2001
2	ply_1_3D	1.500000E-1	9.000000E+1	2002
3	ply_2_3D	1.200000E-1	-4.500000E+1	2003
4	ply_2_3D	1.200000E-1	4.500000E+1	2004
5	ply_1_3D	1.500000E-1	0.000000E+0	2005
6	ply_1_3D	1.500000E-1	9.000000E+1	2006
7	ply_2_3D	1.200000E-1	-4.500000E+1	2007
8	ply_2_3D	1.200000E-1	4.500000E+1	2008
9	ply_1_3D	1.500000E-1	0.000000E+0	2009
10	ply_1_3D	1.500000E-1	9.000000E+1	2010
11	ply_2_3D	1.200000E-1	-4.500000E+1	2011
12	ply_2_3D	1.200000E-1	4.500000E+1	2012
13	ply_1_3D	1.500000E-1	0.000000E+0	2013
14	ply_1_3D	1.500000E-1	9.000000E+1	2014
15	ply_2_3D	1.200000E-1	-4.500000E+1	2015
16	ply_2_3D	1.200000E-1	4.500000E+1	2016
17	ply_1_3D	1.500000E-1	0.000000E+0	2017
18	ply_1_3D	1.500000E-1	9.000000E+1	2018

Şekil 6 - 3 boyutlu lamina oluşturma

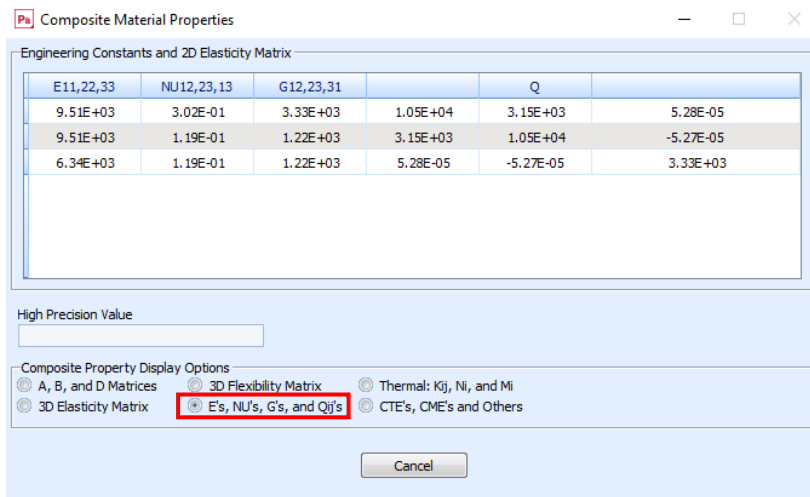
Oluşturulan bu lamina 3 boyutlu hexagonal elemanlara atanıp kullanıldığında MSC Nastran çözümünde PCOMPLS girdisini temsil etmektedir.

3. Patran ile Kompozit Katılık Matris Derivasyonu

Patran'da Materials menüsü ile 3D modellenen laminanın 3D orthotropic özellikleri hesaplanabilir. Aşağıda örnek dizilime ait 3D orthotropic özelliklerinin Show > Composite > Laminate menüsü içerisinde nasıl elde edildiği görülebilir.

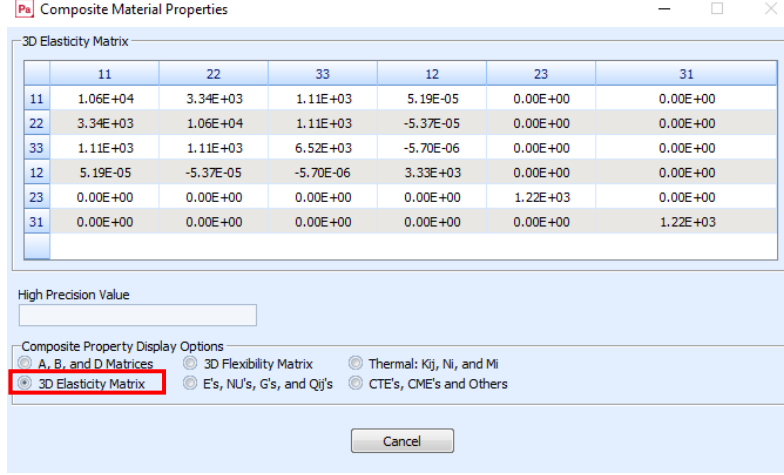


Şekil 7 - Patran'da lamina dizilimini inceleme



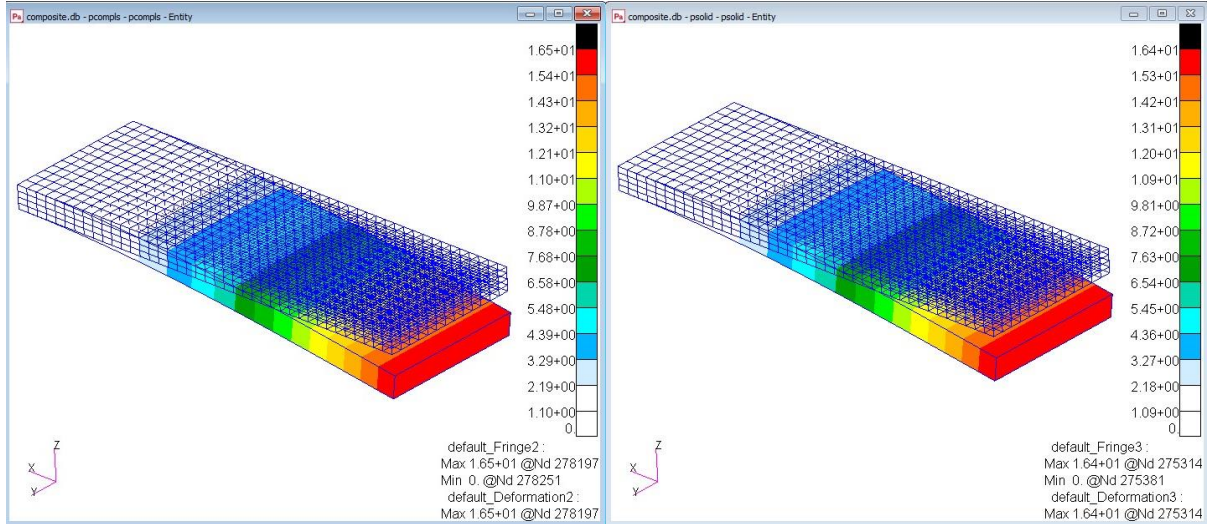
Şekil 8 - Laminaya ait 3 boyutlu malzeme özellikleri

Eğer yapı PSOLID girdisi kullanılarak daha basit bir formülasyonla modellenmek istenirse, laminanın 3 boyutlu orthotropic özellikleri yerine 3 boyutlu katılık matrisine ihtiyaç duyulur. Çünkü PSOLID kartı 3 boyutlu katılık matrisini temsil eden MAT9 ile çalışır. Bu sebeple laminaya ait 3 boyutlu katılık matrisinin elde edilmesi gerekir. Bu değerler Patran'da aynı Materials menüsü üzerinden '3D Elasticity Matrix' seçeneği ile elde edilebilir.



Şekil 9 - Laminaya ait 3 boyutlu katılık matrisi

Şekil 10'da farklı modelleme yöntemleri kullanılmış ama aynı yapıyı ve sınır koşullarını temsil eden iki analiz sonucu görülmektedir. Soldaki modelde yapının serimleri 3 boyutlu orthotropic malzeme olan MATORT ile tanımlanıp oluşturulan lamina PCOMPLS girdisi içerisinde katı elemanlara atanmıştır. Sağdaki modelde ise 3 boyutlu lamina dizilimlerinden elde edilmiş 3 boyutlu katılık matrisi MAT9 içerisinde tanımlanıp bu malzeme PSOLID girdisi içerisinde katı elemanlara atanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre farklı yöntemlerle modellediğimiz yapı benzer yük altında aynı katılığı göstermiştir.



Şekil 10 - PCOMPLS (sol) ve PSOLID (sağ) ile modellenmiş yapı üzerindeki deplasman sonuçları

4. Referanslar

- I. MSC Nastran 2020 Quick Reference Guide
- II. MSC Nastran 2021.2 Reference Guide