

## Sandviç Kompozit Tabakalarında Mekanik Gerilmelerin Basınca Bağlı Olarak Ansys Yazılımı İle İncelenmesi

### *Investigation Of Mechanical Stresses On Sandwich Composite Layers According To The Pressure By Making Use Of Ansys Software*

Kürşat KAYMAZ<sup>1,a</sup>, Bilgin ZENGİN<sup>\*2,b</sup>, Muzaffer AŞKIN<sup>2,c</sup>, Semih TAŞKAYA<sup>3,d</sup>

<sup>1</sup>İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Üniversitesi Munzur, Tunceli

<sup>2</sup>Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Üniversitesi Munzur, Tunceli

<sup>3</sup>Metaller ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Teknoloji Fakültesi, Üniversitesi Fırat, Elazığ

• Geliş tarihi / Received: 30.05.2018 • Düzeltilecek geliş tarihi / Received in revised form: 15.10.2018 • Kabul tarihi / Accepted: 06.11.2018

#### Öz

Bu çalışmada; Ansys paket programında, 3 ara tabakadan oluşan, düz ve 7°'lik oryantasyon açısına sahip radyal geometrili 2 farklı model, x, y, z koordinat ölçülerine göre 3 boyutlu olarak tasarlanmıştır. Düz ve radyal geometriye sahip sandviç tabakaların 2 farklı testte, sağ ve sol mesnetlerden ankastre ve çizgisel olarak sabitlenerek 4 MPa basınç altında eksenlere göre mekanik gerilim analizleri yapılmıştır. Geometrik şekilleri aynı-mesnetleri farklı ve geometrik şekilleri farklı-mesnetleri aynı yapılar karşılaştırılarak incelenmiştir. Geometrik şekilleri aynı-mesnetleri farklı gerilim sonuçlarında, düz ankastreli mesnetin çekme oranlarının çizgisel mesnete göre artış gösterdiği ve sıkıştırma oranlarının ise azalış gösterdiği görülmüştür. Radyal ankastreli mesnetin çekme oranlarının çizgisel mesnete göre azalış gösterdiği ve sıkıştırma oranlarının ise x ekseninde arttığı, y ve z eksenlerinde azaldığı görülmüştür. Geometrik şekilleri farklı-mesnetleri aynı gerilim sonuçlarında ise, radyal ankastreli mesnetin düz mesnete göre hem çekme ve hem de sıkıştırma oranlarının y ekseninde arttığı, x ve z ekseninde azaldığı görülmüştür. Radyal çizgisel mesnetin düz mesnete göre, x ekseninde çekme ve sıkıştırma oranlarının azaldığı, y ekseninde arttığı, z ekseninde ise çekme oranının arttığı sıkıştırma oranının azaldığı görülmüştür.

**Keywords:** Ansys, Düz ve Radyal Tabaka, Mekanik Gerilim, Sandviç Kompozit.

#### Abstract

In this study, in Ansys package program 2 different models of 3 intermediate layers, with a straight and 7° orientation angle, are designed as 3 dimensional according to x, y, z coordinate measurements. Sandwich plates with smooth and radial geometries were fixed in two different tests from their right and left supports, linearly and mechanical stresses were analyzed according to axes under 4 MPa pressure. Here, we mainly analysed two different structures by comparing features according to the cases that having same shape-different supports and different shapes-same support. It has been investigated that the compression ratios of straight anchorage support increase linearly as a function of linear meshes in the same geometry but different support stresses. The radial anchorage support draw ratio decreases with linear supports while the compression ratios increase with x axis and decrease with y and z axes. On the other hand, it is concluded that radial anchorage ratio for the structures having different shapes and same type supports increases in x axis and decreases in both y and z. Moreover, one can see that radial linear support has lower draw and compression ratios on the x axis, and also the quantity increases on the y axis while the compression ratio decreases on the z axis.

**Anahtar kelimeler:** Ansys, Flat and Radial Layer, Mechanical Tension, Sandwich Composite.

\*<sup>b</sup>Bilgin ZENGİN; bilginzengin@munzur.edu.tr ; Tel 0 (428) 213 17 94; orcid.org/0000-0002-9355-8294

<sup>a</sup> orcid.org/0000-0002-8346-8260

<sup>c</sup> orcid.org/0000-0001-9172-6592

<sup>d</sup> orcid.org/0000-0003-1524-4537

## 1. Giriş

Son yıllarda azaltılmış ağırlık ve daha iyi mekanik performans ile karakterize edilen yapıları keşfetmeye yönelik artan çabalar, esas olarak kara ve deniz taşımacılığında sandviç yapıların geliştirilmesine ve istihdam edilmesine yol açmıştır (Atkinson, 1997). Yapısal bir sandviç, tek bir özelliği ile küresel yapı performansında işbirliği yapmak için bir araya getirilmiş farklı malzemelerin bir kombinasyonu ile karakterize edilen özel bir katmanlı kompozit tipidir. Bu yapıların tasarlanmasında ve doğrulanmasında asıl sorun, doğru modellemelerine izin vermeyen kendi içsel anizotropi ve homojen olmayan olmalarıdır. Günümüzde, doğru ve güvenilir bir tasarıma izin vermek için gerekli olan karmaşık yapıların mekanik özellikleri hakkındaki mevcut veriler yeterli değildir (Manning vd., 1993; Bannister vd., 1999). Sandviç yapıları, ağırlıkla ilişkili olarak önemli ölçüde sertlik ve yüksek mukavemet oranı gösteren hafif malzemelerdir. Sandviç panelin ana konsepti, dış yüzeylerin, bükülme (bükülme yükü ve sıkıştırma) nedeniyle oluşan yükleri transfer etmesidir. Buna göre, makroskopik olarak tarif edilen sandviç panelin çalışma modu, I-kiriş tarafından gerçekleştirilen görevlerle doğru bir şekilde karşılaştırılabilir (Muc vd., 2005; Ochelski vd., 2007; Campbell, 2010). Ganapathi vd. (2004) bu ögeyi, termal / mekanik yüklere maruz kalın lamine kompozit ve sandviç plakaların doğrusal olmayan dinamik analizini gerçekleştirmek için kullanmışlardır. Tawfik vd. (2002), aerodinamik ve termal yüklere maruz kalan gömülü şekil hafızalı alaşım ile izotropik panelin termal post-burkulması ve aeroelastik davranışlarını incelemek için von Karman gerilme-yer değiştirme ilişkilerine dayanan doğrusal olmayan sonlu elemanlar modelini kullanmışlardır. Natarajan vd. (2014), nem konsantrasyonu ve termal gradyanın, lamine kompozit plakaların serbest titreşim ve burkulma özelliklerine etkisini incelemek için birinci mertebe kesme deformasyon teorisine dayanan uzatılmış sonlu elemanlar yöntemini kullanmışlardır. Park vd. (2004), termal yüklere maruz kalan şekil hafızalı alaşım lifleri ile gömülmüş lamine kompozit plakalar için lineer olmayan sonlu eleman denklemlerini formüle etmek için birinci sıra kesme deformasyon teorisini kullanmış ve önceden bükülmüş ve post-toklaştırılmış bölgelerdeki plakaların titreşim karakteristiklerini araştırmışlardır. Vangipuram ve Ganesan (2007), termal yükler altında sıcaklığa bağlı viskoelastik çekirdek ile dikdörtgen kompozit viskoelastik sandviç plakaların serbest titreşim ve sönümleme özelliklerini incelemek

için sonlu elemanlar yöntemini kullanmışlardır. Froud (1980), sandviç panellerin, avantajların ve göze çarpan özelliklerin temelini açıklamıştır. Ağırlık ve maliyet açısından optimum esneklik özelliklerini elde etmiştir. Ağırlık ve maliyet tasarrufu elde etmek için geometriyi seçerken tasarımcılar tarafından alınan güç, sertlik ve önlemlerin tasarım optimizasyonunun gerekliliğini vurgulamıştır. Panigrahi vd. (2007), FRP lamine kompozitlerin yapışkan lap makaslama birleştirmelerinde, delaminasyon hasar analizi üzerinde çalışmışlar ve yapışkan tabakadaki düzlem gerilmelerinden üç boyutlu sonlu eleman analizi gerçekleştirmişlerdir. Ara laminar kesme gerilmeleri ve delaminasyon mukavemetinin etkileri üzerinde durmuşlardır. Zhang (2013), deneysel alanda köpük çekirdekli sandviç panellerin, yarı statik üç noktalı eğilme hasar davranışı incelemişler ve sonra da FEM değerleri ile karşılaştırmışlardır. Çekirdek hasarı, yüz tabakası hasarı, arayüz hasarı, çekirdek çatlaması ve çekirdek kırma gibi bileşenlerde farklı hatalar, ABAQUS açık paketinin FEM simülasyonları ile açıklanmıştır. Swanson ve Kim (2003), CFRP kaplamaları ve köpük çekirdek sandviç yapılarının tasarımı üzerinde, deneysel ve FEM değerleri kullanarak bükülme etkisi ve sertlik gibi temas yükleri altında çalışmışlardır. Taşkaya (2017), St 37 levha çeliklerinde basınca bağlı levhaların mesnetlere göre tabakalarındaki mekanik gerilmelerin etkisini incelemiştir. Gür vd. (2017a), Ansys yazılımında farklı sıcaklık ve gerilme parametrelerinde Al malzemesi ile SIC metal matrisli kompozitin sürünme uzaması hareketi ile elastik gerilmeler arasındaki ilişkilendirmeleri araştırmışlardır. Taşkaya vd. (2018), Ansys yazılımında sonlu elemanlar yöntemine göre, St 70 çatı kafes çeliğinin St 37 çatı kafes çeliğine göre, kiriş eksenlerindeki hem kuvvet hem de moment etkisine göre deformasyon ve vektörel gerilmelerin arttığını gözlemlemişlerdir. Polat vd. (2017), elastik yarı sonsuz düzleme oturan ve rijit iki blok ile yüklenmiş fonksiyonel derecelendirilmiş sürekli temas probleminin sonlu elemanlar yöntemi ile analizini incelemişlerdir. Polat vd. (2018), elastik yarı sonsuz düzleme oturan ve rijit iki blok ile yüklenmiş homojen tabakada sürekli temas probleminin karşılaştırmalı analizini araştırmışlardır. Taşkaya (2018), izotropik bir çelik malzemeye sahip 3D kafes çatı modeline, farklı yük ve sabit basınç uygulayarak, kiriş eksenlerindeki, deformasyon, mekanik ve elastik gerilme analizlerini araştırmıştır. Gür vd. (2017b) izotropik bir çelik malzemeyi 3 boyutlu kafes çatı olarak tasarlayarak, sonlu elemanlar yöntemine göre farklı yükler doğrultusunda kiriş

eksenlerindeki mekanik gerilme etkilerini araştırmışlardır.

## 2. Materyal Ve Metot

### 2.1. Modelin Ankastre Mesnet Olarak Tanımlanması

İlk adım olarak düz ankastre mesnetli sandviç kompozit malzemeyi Ansys 12.0 paket

programına mekanik analiz yapılacağı için “structural”(yapı) olarak tanımlanır. Kompozit malzeme için element seçimi yapılır. Katı model çalışılacağı için Ansys programından “solid layered 46” elementi seçilir. Sonraki adım olarak sandviç kompozit malzemenin Tablo1’de gösterilen üst tabaka, alt tabaka ve çekirdek (köpük) tabakasının reel sabit numarası, tabaka sayısı, oryantasyon açısı ve kalınlığı girilir.

**Tablo 1.** Sandviç kompozit tabakaların parametreleri

Malzeme Bölümü	Reel Sabit Numarası	Tabaka Sayısı	Oryantasyon Açısı	Kalınlık
Üst Tabaka	1	1	0	500 mm
Alt Tabaka	2	1	0	500 mm
Çekirdek (köpük)	3	1	0	500 mm

Sandviç kompozit malzemenin üst tabaka, alt tabaka ve çekirdek tabakasının Tablo 2’deki mekanik özellikleri Ansys 12.0 paket programına tanımlanır. Üst tabaka ve alt tabakalar ortotropik

bir malzeme olduğu için sisteme malzemenin mekanik özellikleri tanımlanır. Çekirdek (köpük) tabakası izotropik malzeme olduğu için izotropik mekanik özellikler tanımlanır.

**Tablo 2.** Sandviç kompozit tabakaların mekanik özellikleri

Malzeme Bölümü	Ex (MPa)	Ey (MPa)	Ez (MPa)	Prxy	Pryz	Prxz	Gxy (MPa)	Gyz (MPa)	Gxz (MPa)
Üst Tabaka	23200	9000	9000	0.4	0.2	0.4	4000	4000	4000
Alt Tabaka	19750	8500	8500	0.15	0.2	0.15	4500	4500	4500
Çekirdek (köpük)	300			0.38					

Sandviç kompozit tabakasının sınır ölçüleri Tablo 3’deki gibi sisteme girilerek model oluşturulur.

**Tablo 3.** Sandviç kompozit tabakanın model sınır ölçüleri

Malzeme Bölümü	X <sub>1</sub> (mm)	X <sub>2</sub> (mm)	Y <sub>1</sub> (mm)	Y <sub>2</sub> (mm)	Z <sub>1</sub> (mm)	Z <sub>2</sub> (mm)
Üst Tabaka	0	500	10	15	-150	150
Alt Tabaka	0	500	-12.9	-15	-150	150
Çekirdek (köpük)	0	500	-12.9	10	-150	150



**Şekil 1.** Sandviç kompozit tabakanın modellenmesi

Ansys yazılımında, modelin mekanik özelliklerini birbirine yapıştırma komutu olarak “Glue Volumes” modülü kullanılır. Sonraki işlem adımı olarak sistem başlangıcında Tablo 2’deki model parametrelerini üst tabaka, alt tabaka ve çekirdek tabakasını tek tek seçerek modele tanımlama işlemi yapılır.

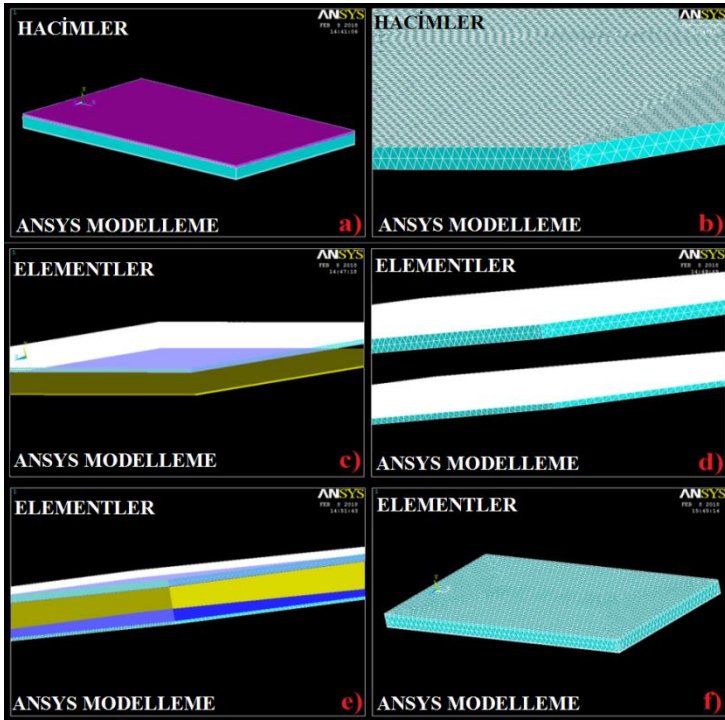
## 2.2. Meshleme (Ağ örtüsü) İşlemi

Sandviç kompozit malzeme modelinin ilk önce üst tabaka, sırasıyla alt tabaka ve çekirdek tabaka seçilerek mesh tanımlama işlemi yapılır ve ağ

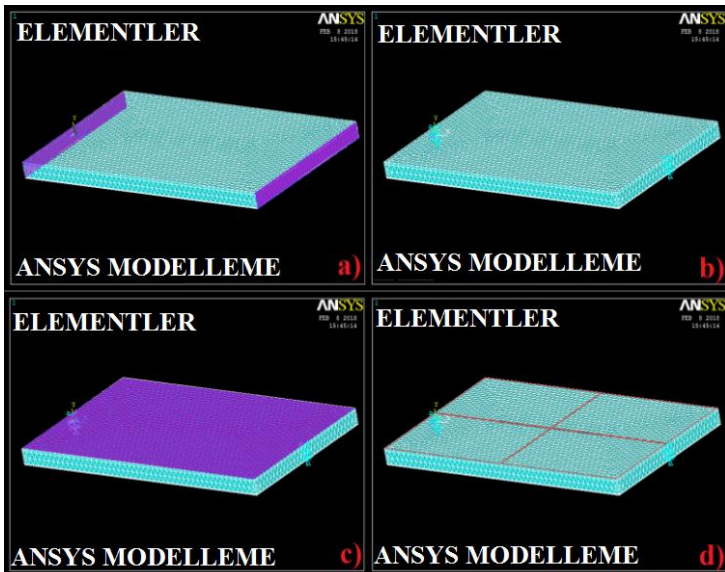
örtüsü sağlanmış olur. Buradaki amaç, mekanik simülasyon dağılımların birbirleriyle teması sağlanarak çözümlene yapılıır.

## 2.3. Mesnetleme ve sandviç tabakaya basınç uygulama işlemi

Sandviç kompozit modelin sağ ve sol mesnetlerden üst, alt ve çekirdek tabakanın tamamı seçilerek ankastre mesnetleme şeklinde model sabitlenir ve üst tabakadan 4 MPa basınç altında bir yük uygulanarak model çözümlendirilir (Şekil 3).



Şekil 2. Sandviç kompozit tabakanın meshleme aşamaları a) Üst tabakanın mesh ağının tanımlanması, b) Üst tabakanın mesh ağı, c) Alt tabakanın mesh ağının tanımlanması, d) Alt tabakanın mesh ağı, e) Çekirdek tabakasının mesh ağının tanımlanması ve f) Çekirdek tabakanın mesh ağı

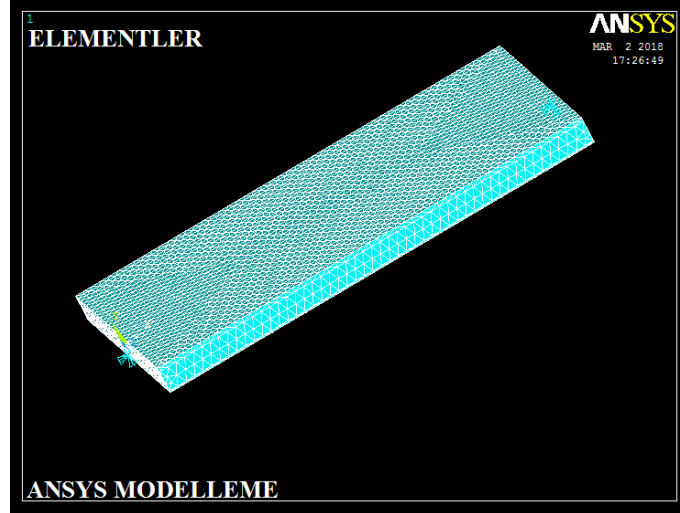


Şekil 3. Sandviç kompozit tabakanın a ve b) sağ ve sol mesnetlerden ankastre mesnet tanımlaması, c ve d) Üst tabakaya basınç uygulama işlemi

#### 2.4. Modelin çizgisel mesnetlenmesi

Sandviç kompozit modelin çizgisel olarak mesnetlenmesi işleminde düz ankastre modeldeki işlemlerin aynısı sırasıyla Ansys programına tanımlanır. Sadece model oluşturulduktan sonra

mesnetleme işlemine gelindiğinde Şekil 4’de gösterildiği gibi sağ ve sol üst tabaka kenar çizgileri seçilerek model çizgisel olarak mesnetlenmiş olur ve üst plakaya aynı şekilde 4 MPa basınç uygulanarak çizgisel mesnetli model çözümlendirilir.



Şekil 4. Sandviç kompozit tabakanın çizgisel mesnetlenmesi

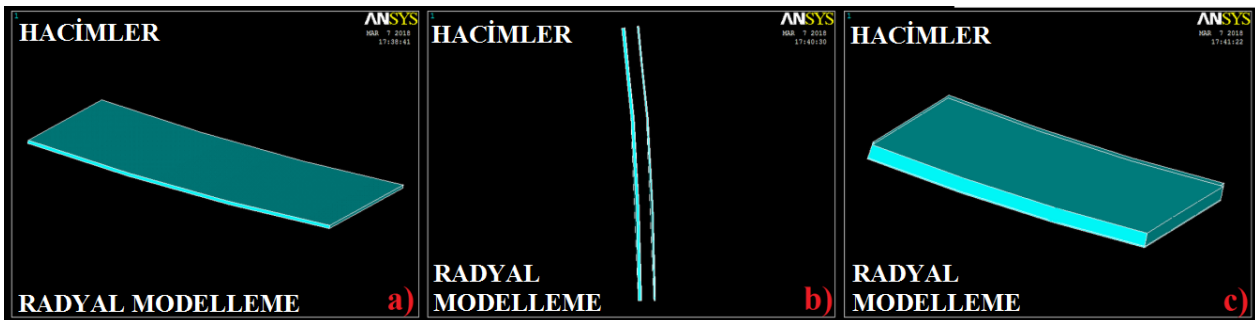
#### 2.5. Sandviç kompozit tabakanın radyal modellenmesi ve meshleme işlemi

Radyal ankastre mesnetli sandviç modelin oluşturulmasındaki işlemler düz ankastre mesnetli plakalı sandviç kompozit modelin aşamalarındaki gibi Tablo 1 ve Tablo 2 parametreleri ve mekanik özellikleri Ansys programına tanımlanır. Model

oluşumunda sınır koşulları radyal model olduğu için belirlenen ölçüler doğrultusunda Tablo 4’e göre sisteme tanımlanır ve 7°’lik oryantasyon açısına sahip radyal model oluşturulur (Şekil 5). Daha sonra modele düz plakalı sandviç modelde olduğu gibi ayrı ayrı tabakalara ağ yapısı tanımlanarak meshleme işlemi yapılır (Şekil 6).

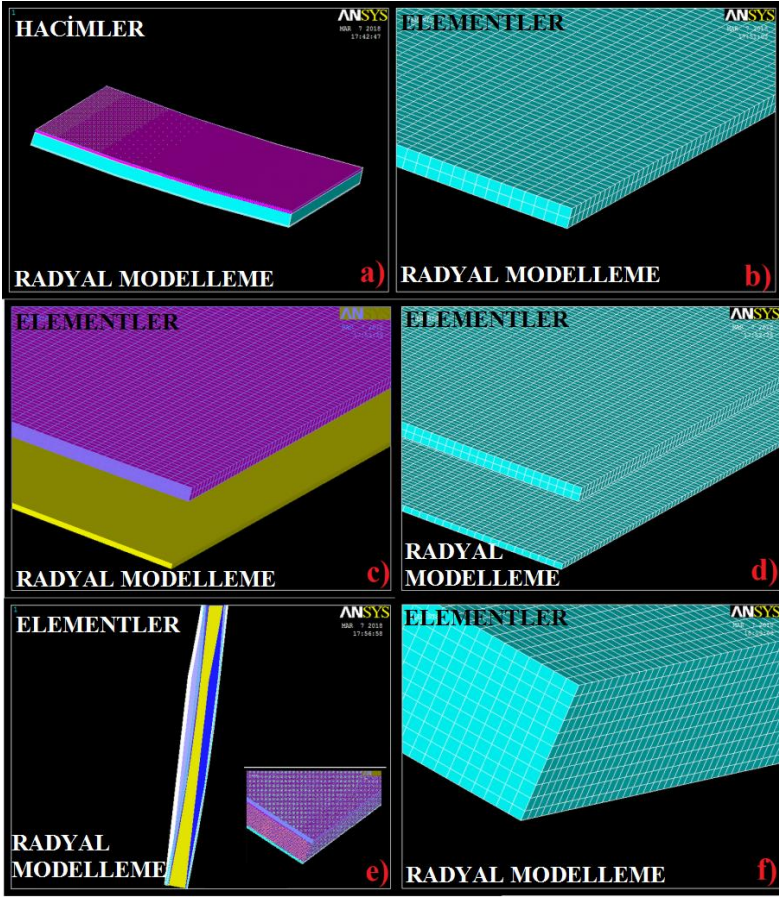
Tablo 4. Radyal tabakalı sandviç kompozit modelin sınır parametreleri

Malzeme Bölümü	Dış yarıçap	İsteğe bağlı iç yarıçap	Z <sub>1</sub> koordinatı	Z <sub>2</sub> koordinatı	Başlangıç açısı	Bitiş açısı
Üst Tabaka	4005	4000	0	500	0	7
Alt Tabaka	4030	4027.9	0	500	0	7
Çekirdek (köpük)	4027.9	4005	0	500	0	7



Şekil 5. Radyal tabakanın modellenmesi a) üst tabaka, b) alt tabaka ve c) çekirdek tabaka ve modelin bütün hali



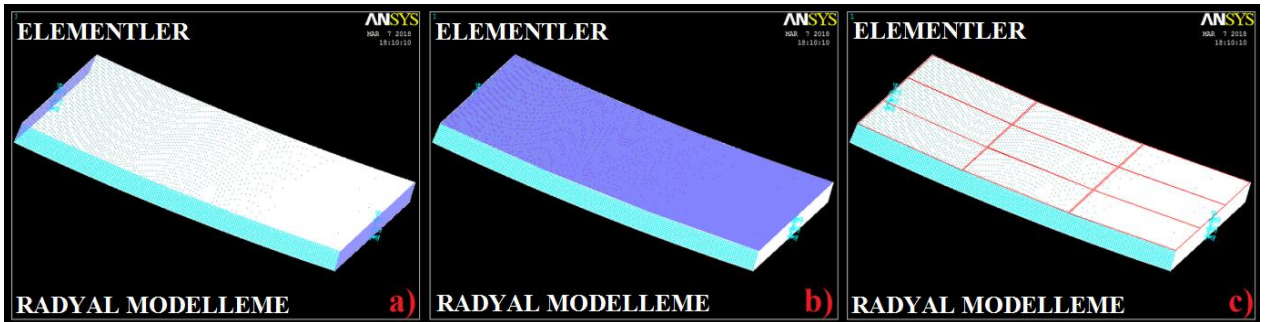


**Şekil 6.** Radyal tabakanın meshlenmesi a ve b) Üst radyal tabakanın mesh ağının tanımlanması ve mesh işlemi, c ve d) Alt radyal tabakanın mesh ağının tanımlanması ve mesh işlemi, e ve f) Çekirdek radyal tabakanın mesh ağının tanımlanması ve mesh işlemi, modelin bütün hali

## 2.6. Mesnetleme ve radyal sandviç tabakaya basınç uygulama işlemi

Radyal sandviç kompozit modelin ankastre olarak mesnetlenmesi işleminde düz ankastre sandviç kompozit modeldeki işlemlerin aynısı sırasıyla

Ansyes programına tanımlanır. Model izotropik görünümünden sağ ve sol üst, alt ve çekirdek tabakaların hepsi seçilerek ankastre mesnetlenmiş olur ve üst plakaya aynı şekilde 4 MPa basınç uygulanarak model çözümlendirilir (Şekil 7).



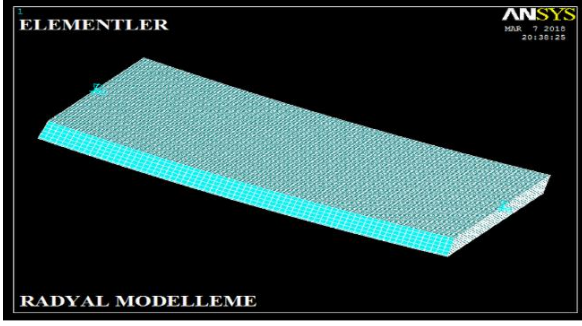
**Şekil 7.** Radyal sandviç tabakanın a) Sağ ve sol mesnetlerden ankastre mesnetlenmesi, b) Üst tabakaya basınç tanımlama ve c) Üst tabakaya basıncın uygulanması

## 2.7. Radyal modelin çizgisel mesnetlenmesi

Radyal sandviç modelin çizgisel olarak mesnetlenmesi işleminde düz çizgisel modeldeki işlemlerin aynısı sırasıyla Ansyes programına

tanımlanır. Sadece model oluşturulduktan sonra mesnetleme işlemine gelindiğinde Şekil 8'de görüldüğü gibi sağ ve sol üst tabaka kenar çizgileri seçilerek model çizgisel olarak mesnetlenmiş olur ve üst plakaya aynı şekilde 4

MPa basınç uygulanarak çizgisel mesnetli model çözümlendirilir.

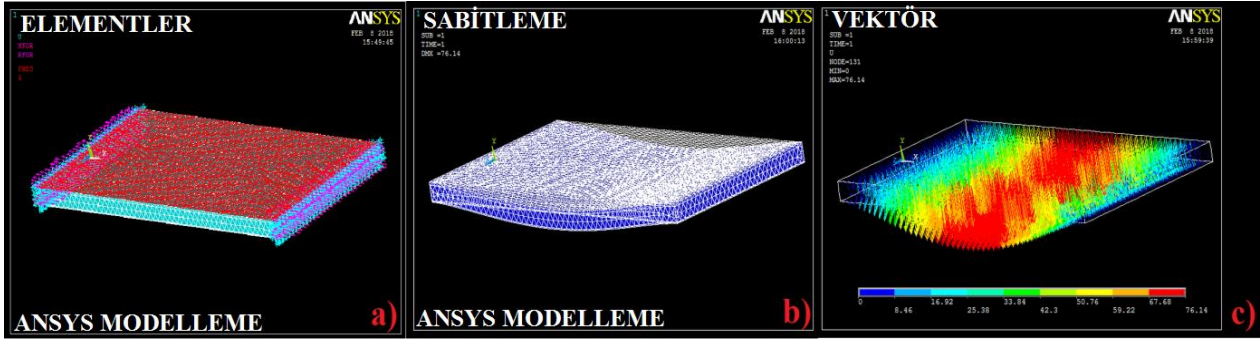


Şekil 8. Radyal sandviç kompozit tabakanın çizgisel mesnetlenmesi

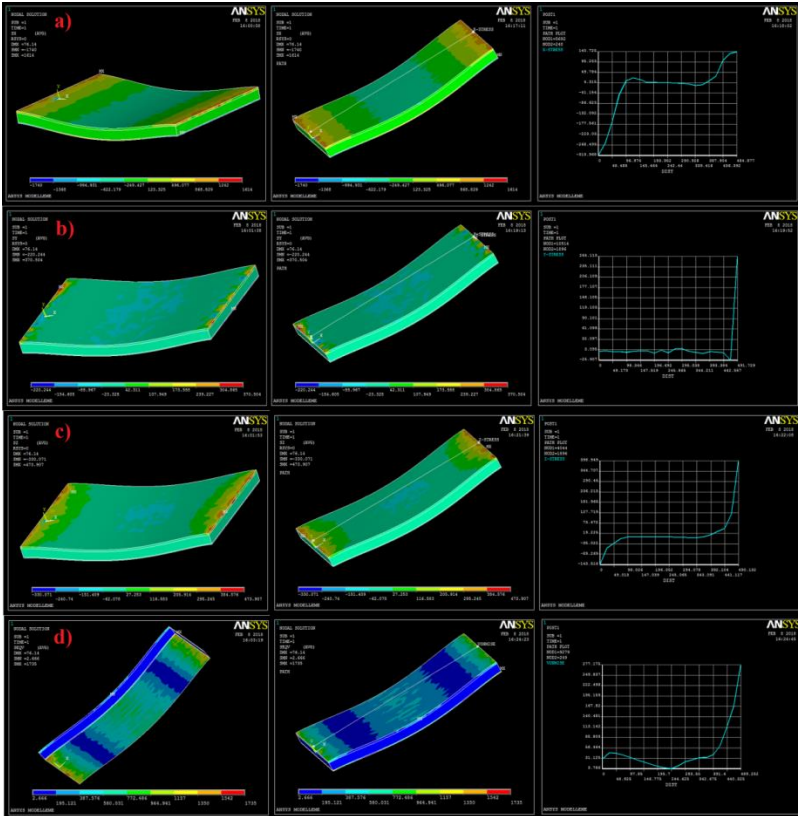
### 3. Bulgular ve Tartışma

#### 3.1. Düz ankastreli sandviç kompozitin çözümlenmesi

Düz ankastreli sandviç kompozit tabakanın basınca bağlı olarak çözümlenmesi sonucunda 52891 eleman ve 10882 node (düğüm sayısı) sayısı oluşmuştur. Şekil 9'da sandviç tabakanın deformasyon şekil değişimi ve vektör analizi incelenmiştir. Şekil 10'da ise eksenlere bağlı stres gerilim analizleri yapılmıştır.



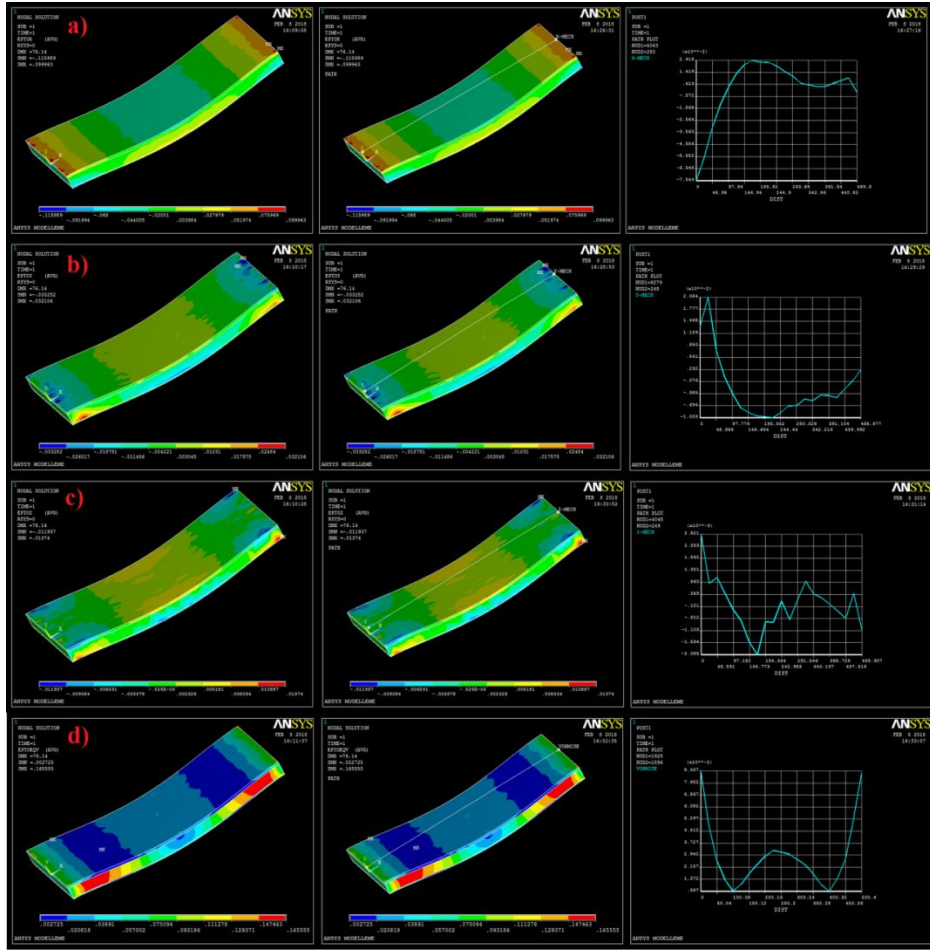
Şekil 9. Düz ankastreli sandviç kompozit tabakanın a) Modelin çözümlenmesi, b) Deformasyon şekil değişimi ve c) Bileşke vektör analizi



Şekil 10. Düz ankastreli sandviç kompozit tabakanın a) X eksenindeki stress gerilim analizi, b) Y eksenindeki stress gerilim analizi, c) Z eksenindeki stress gerilim analizi ve d) Von mises gerilim analizi

Şekil 11'de sandviç tabakada meydana gelen toplam mekanik gerilim dağılımları simule

edilmiştir. Burada meydana gelen gerilimler grafik analizlerle incelenmiştir.

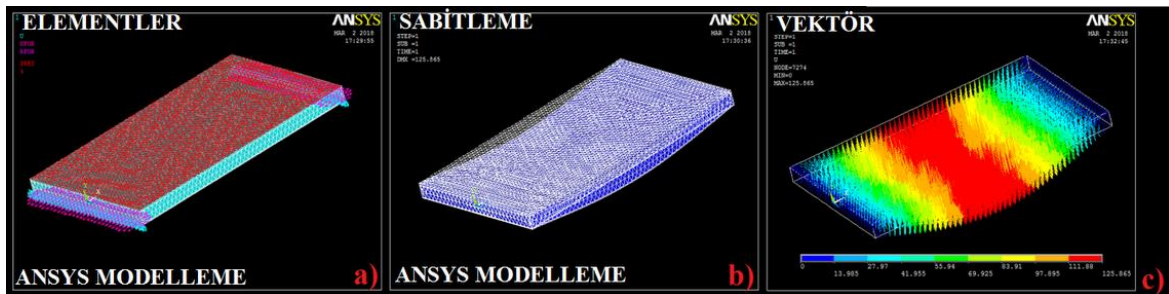


Şekil 11. Düz ankastreli sandviç kompozit tabakanın a) X eksenindeki toplam mekanik gerilim analizi, b) Y eksenindeki toplam mekanik gerilim analizi, c) Z eksenindeki toplam mekanik gerilim analizi ve d) Von mises toplam mekanik analizi

### 3.2. Düz çizgisel sandviç kompozitin çözümlenmesi

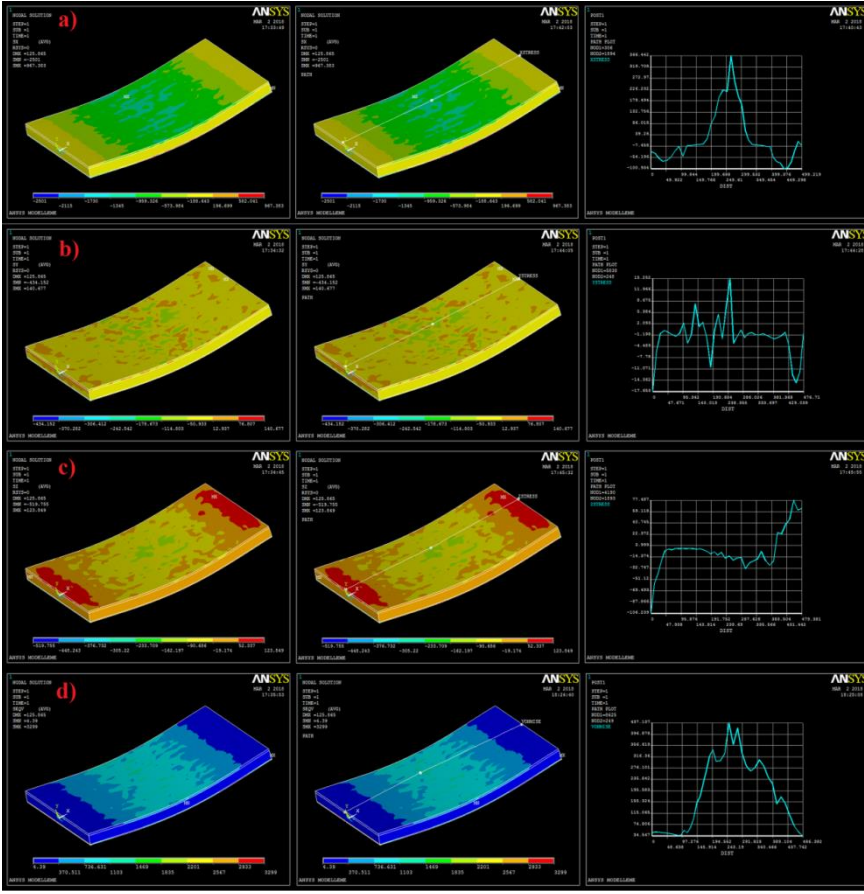
Düz çizgisel sandviç kompozit tabakanın basınca bağlı olarak çözümlenmesi sonucunda Şekil 12'de sandviç tabakanın deformasyon şekil değişimi ve

vektör analizi incelenmiştir. Şekil 13'de ise eksenlere bağlı stres gerilim analizleri yapılmıştır. Şekil 14'de sandviç tabakada meydana gelen toplam mekanik gerilim dağılımları simule edilmiştir. Burada meydana gelen gerilimler grafik analizlerle incelenmiştir.

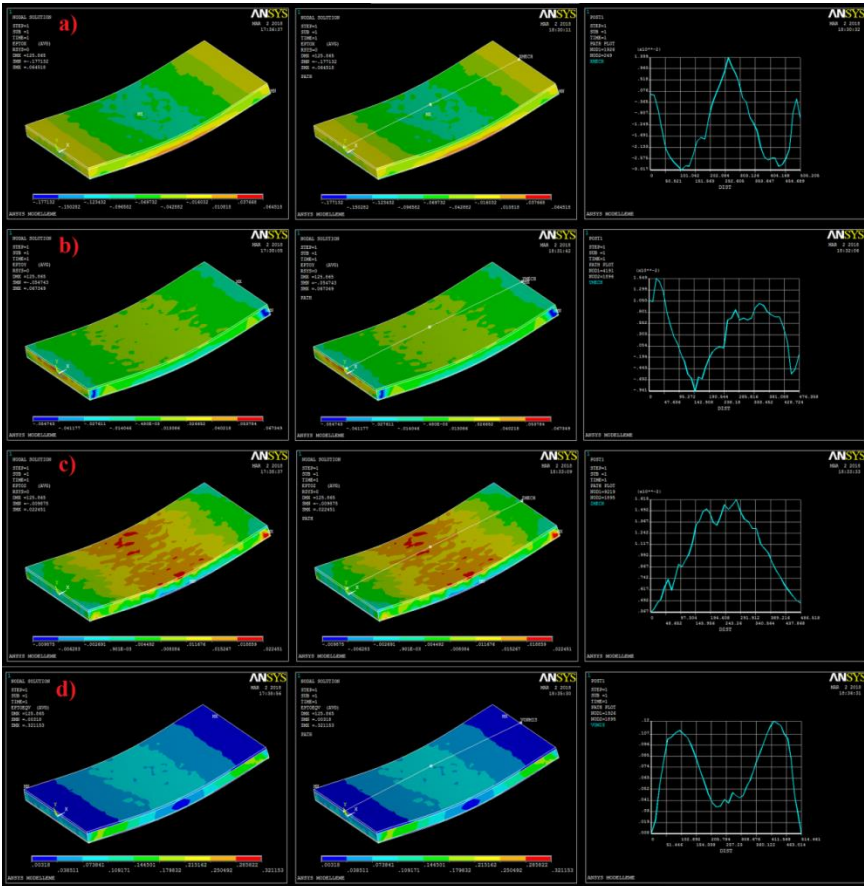


Şekil 12. Düz çizgisel sandviç kompozit tabakanın a) Modelin çözümlenmesi, b) Deformasyon şekil değişimi ve c) Bileşke vektör analizi





Şekil 13. Düz çizgisel sandviç kompozit tabakanın a) X eksenindeki stress gerilim analizi, b) Y eksenindeki stress gerilim analizi, c) Z eksenindeki stress gerilim analizi ve d) Von mises gerilim analizi

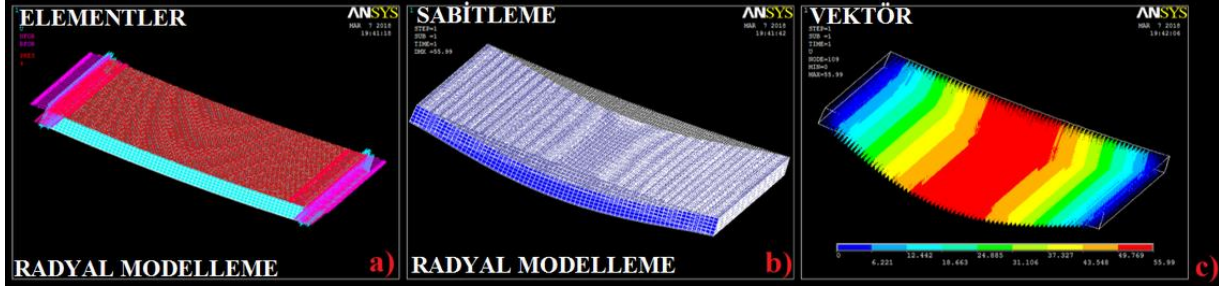


Şekil 14. Düz çizgisel sandviç kompozit tabakanın a) X eksenindeki toplam mekanik gerilim analizi, b) Y eksenindeki toplam mekanik gerilim analizi, c) Z eksenindeki toplam mekanik gerilim analizi ve d) Von mises toplam mekanik analizi

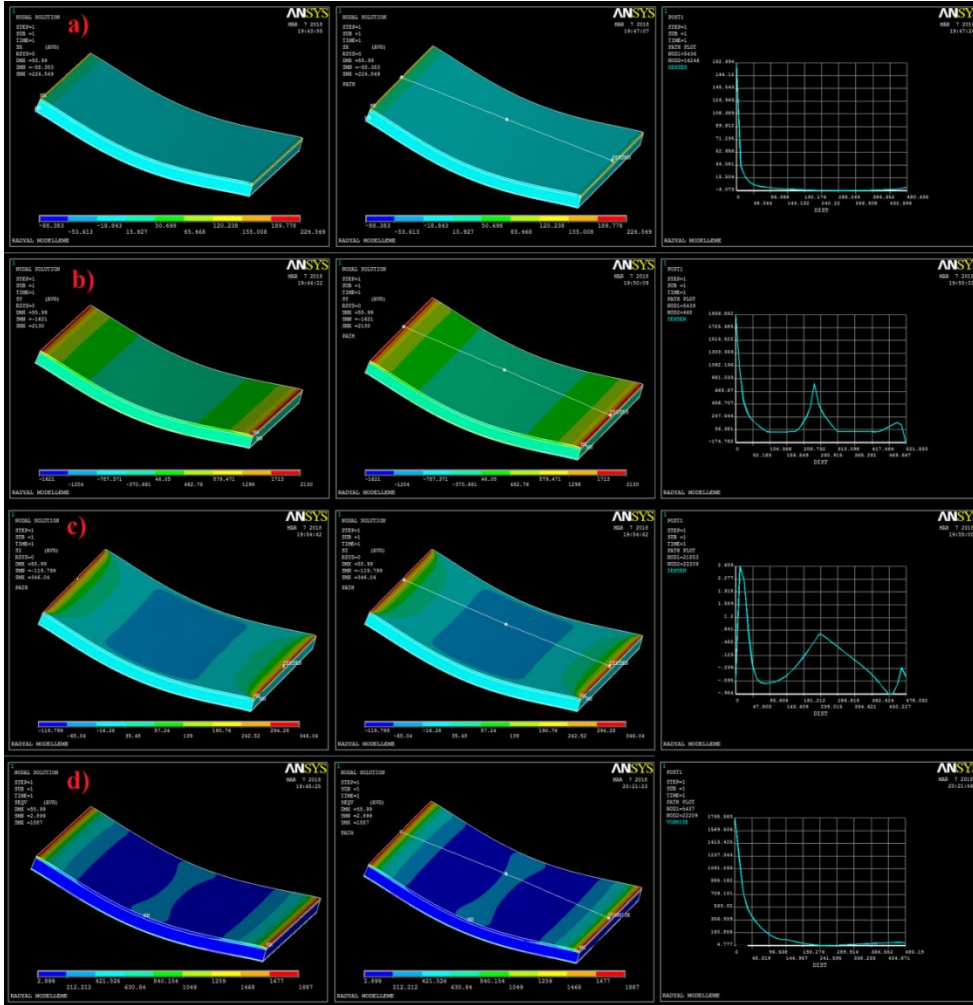
### 3.3. Radyal ankastre sandviç kompozitin çözümlenmesi

Radyal ankastreli sandviç kompozit tabakanın basınca bağlı olarak çözümlenmesi sonucunda

30672 eleman ve 36792 node (düğüm sayısı) sayısı oluşmuştur. Şekil 15’de sandviç tabakanın deformasyon şekil değişimi ve vektör analizi incelenmiştir. Şekil 16’da ise eksenlere bağlı stres gerilim analizleri yapılmıştır.



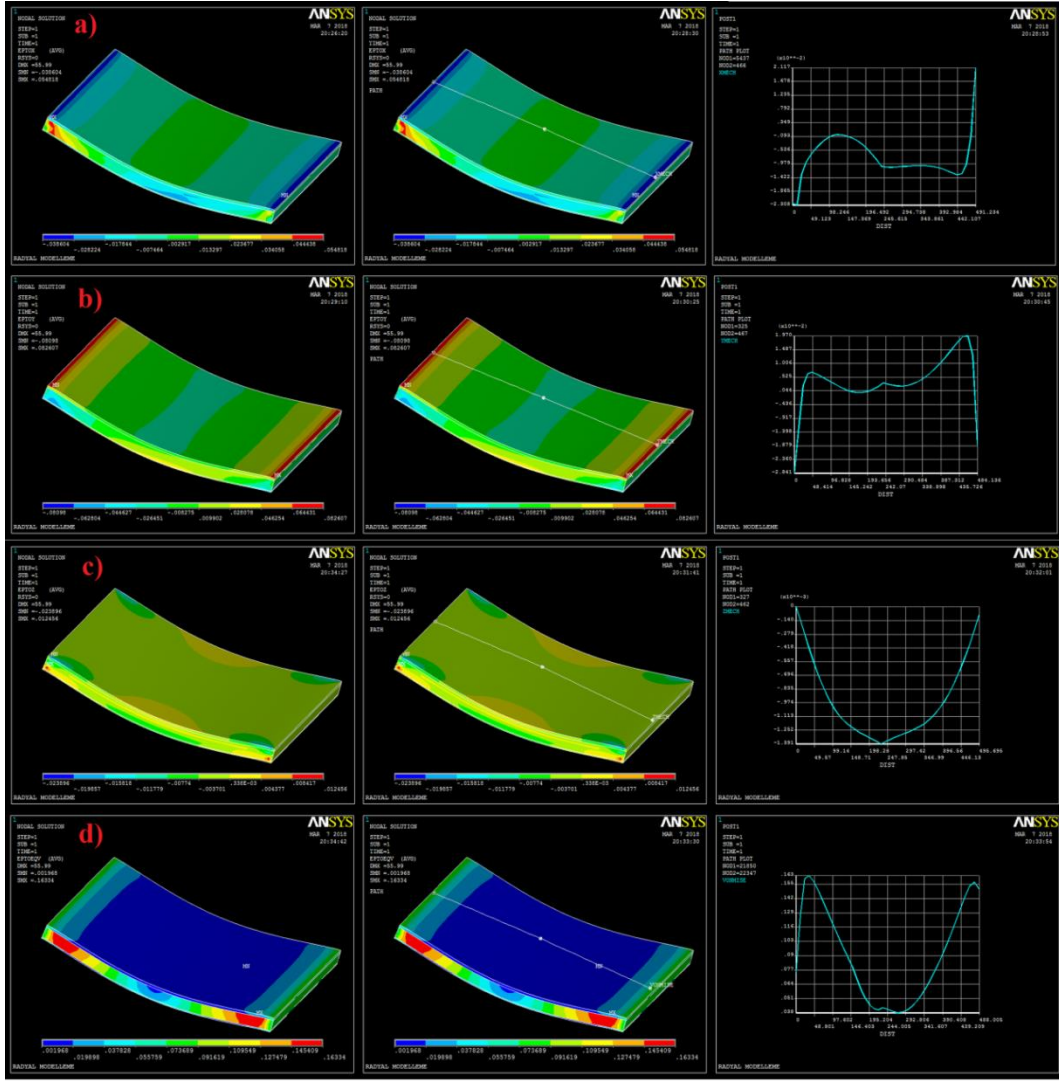
Şekil 15. Radyal ankastre sandviç kompozit tabakanın a) Modelin çözümlenmesi, b) Deformasyon şekil değişimi ve c) Bileşke vektör analizi



Şekil 16. Radyal ankastre sandviç kompozit tabakanın a) X eksenindeki stress gerilim analizi, b) Y eksenindeki stress gerilim analizi, c) Z eksenindeki stress gerilim analizi ve d) Von mises gerilim analizi

Şekil 17’de sandviç tabakada meydana gelen toplam mekanik gerilim dağılımları simule

edilmiştir. Burada meydana gelen gerilimler grafik analizlerle incelenmiştir.

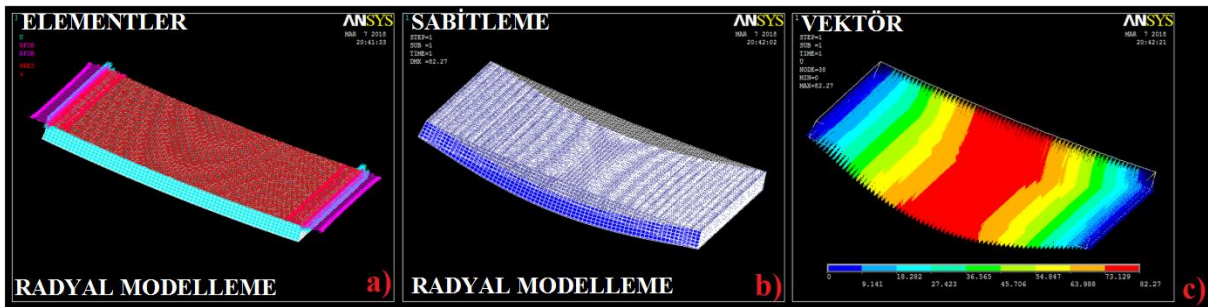


Şekil 17. Radyal ankastre sandviç kompozit tabakanın a) X eksenindeki toplam mekanik gerilim analizi, b) Y eksenindeki toplam mekanik gerilim analizi, c) Z eksenindeki toplam mekanik gerilim analizi ve d) Von mises toplam mekanik analizi

### 3.4. Radyal çizgisel sandviç kompozitin çözümlenmesi

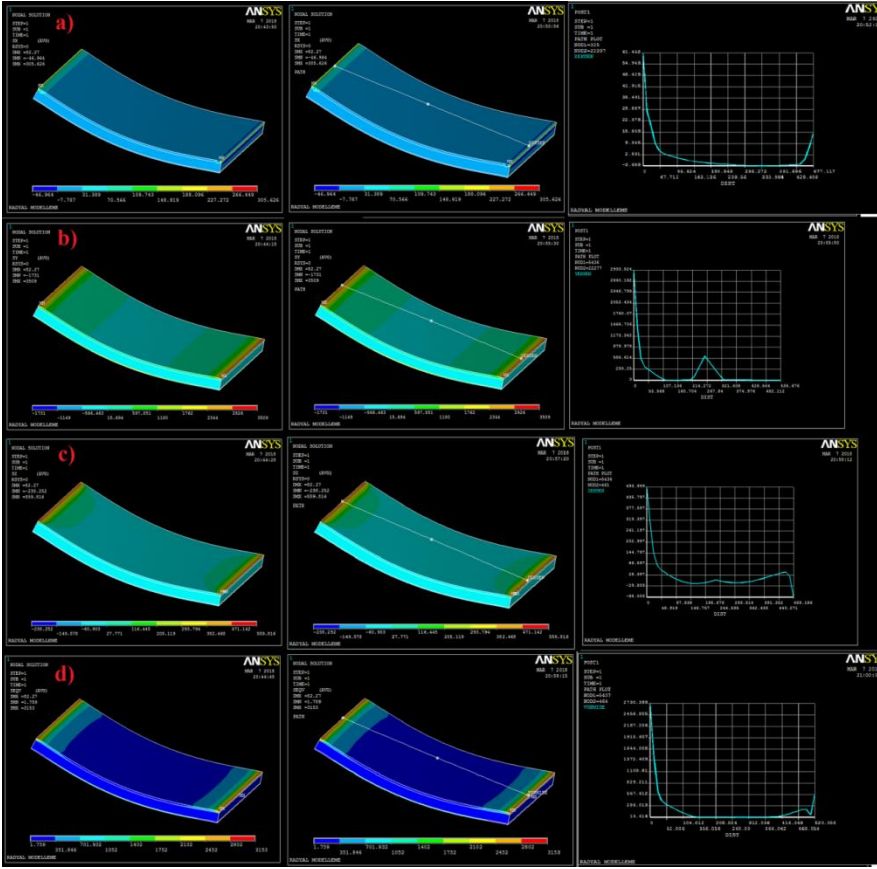
Radyal çizgisel sandviç kompozit tabakanın basınca bağlı olarak çözümlenmesi sonucunda

Şekil 18’de sandviç tabakanın deformasyon şekil değişimi ve vektör analizi incelenmiştir. Şekil 19’da ise eksenlere bağlı stres gerilim analizleri yapılmıştır.



Şekil 18. Radyal çizgisel sandviç kompozit tabakanın a) Modelin çözümlenmesi, b) Deformasyon şekil değişimi ve c) Bileşke vektör analizi

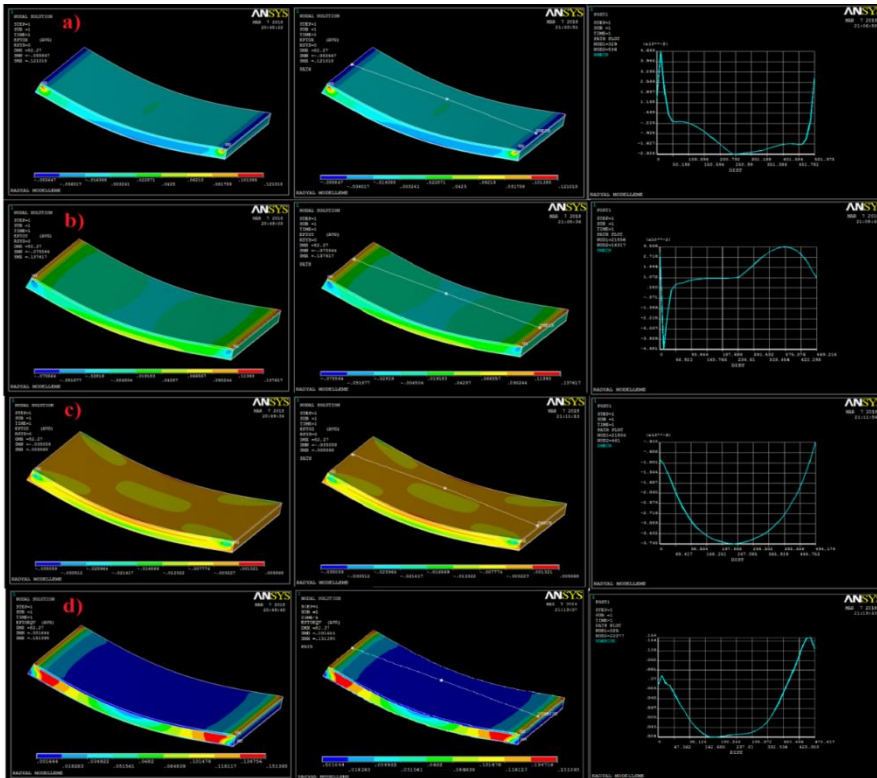




Şekil 19. Radyal çizgisel sandviç kompozit tabakanın a) X eksenindeki stress gerilim analizi, b) Y eksenindeki stress gerilim analizi, c) Z eksenindeki stress gerilim analizi ve d) Von mises gerilim analizi

Şekil 20’de sandviç tabakada meydana gelen toplam mekanik gerilim dağılımları simülize edilmiştir. Burada meydana gelen gerilimler grafik analizlerle incelenmiştir.

Tablo 5’de sandviç tabakalarda meydana gelen stres gerilim analizlerin simülasyon dağılım sonuçları verilmiştir.



Şekil 20. Radyal çizgisel sandviç kompozit tabakanın a) X eksenindeki toplam mekanik gerilim analizi, b) Y eksenindeki toplam mekanik gerilim analizi, c) Z eksenindeki toplam mekanik gerilim analizi ve d) Von mises toplam mekanik analizi



#### 4. Genel Sonuçlar ve Öneriler

Analiz sonuçları 2 şekilde kıyaslandığı zaman;


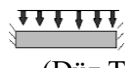
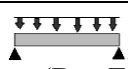

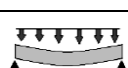
- Geometri şekilleri aynı, mesnetleri farklı stres gerilim skala sonuçlarında, düz ankastreli mesnetin çeki oranlarının çizgisel mesnete göre artış gösterdiği ve bası oranlarının ise azalış gösterdiği incelenmiştir. Radyal ankastreli mesnetin çeki oranlarının çizgisel mesnete göre azaldığı fakat bası oranlarının ise x ekseninde arttığı, y ve z eksenlerinde azaldığı görülmüştür.
- Geometri şekilleri farklı, mesnetleri aynı stres gerilim skala sonuçlarında ise, radyal ankastreli mesnetin düz mesnete göre hem çeki ve hem de bası oranlarının y ekseninde arttığı, x ve z ekseninde azaldığı görülmüştür. Radyal çizgisel mesnetin düz mesnete göre, x ekseninde çeki ve bası oranlarının azaldığı, y ekseninde arttığı, z ekseninde ise çeki oranının arttığı bası oranının azaldığı görülmüştür. Bu sandviç kompozit tabakalar arasındaki mesafeye bağlı mekanik grafiksel gerilimler üst, orta ve alt düğüm

noktalarından alınmıştır. Hem stres hem de toplam mekanik mesafeye bağlı gerilim grafiksel sonuçlar kıyaslandığı zaman, sandviç kompozitlerin yapısı gereği gerilimlerin anizotropi (Manning vd., 1993; Bannister vd., 1999) yani değişik farklı yönlenmelerin olduğu artış ve azalış yani titreşimli gerilmeler gözlemlenmiştir.

Sandviç tabakaların mesafeye bağlı toplam mekanik gerilim skala sonuçları mukayese edildiği zaman;

Geometri şekilleri aynı, mesnetleri farklı toplam mekanik skala gerilim sonuçlarında, düz ankastreli mesnetin çizgisel mesnete göre x eksenindeki çeki oranının arttığı, y ve z eksenlerinde ise azaldığı, bası oranlarının x, y eksenlerinde azaldığı, z ekseninde ise arttığı gözlemlenmiştir. Radyal ankastreli mesnetin çeki oranlarının çizgisel mesnete göre x, y eksenlerinde azaldığı, z ekseninde ise arttığı, fakat bası oranlarının x, z eksenlerinde azaldığı, y ekseninde ise arttığı gözlemlenmiştir.

**Tablo 5.** Sandviç kompozit tabakaların stres simülasyon dağılımların sonuçları

	$\sigma_x$ (MPa)	$\sigma_y$ (MPa)	$\sigma_z$ (MPa)	Von Mises Gerilme (MPa)	Vector analizi
 (Düz Tabaka, Ankastre Mesnet)	1614 Mpa (Çeki) 1740 Mpa (Bası)	370.504 Mpa (Çeki) 220.244 Mpa (Bası)	473.907 Mpa (Çeki) 330.071 Mpa (Bası)	1735 Mpa (Çeki) 2.666 Mpa (Bası)	76.14 (çeki) 0 (bası)
 (Düz Tabaka, Çizgisel Mesnet)	967.383 Mpa (Çeki) 2501 Mpa (Bası)	140.677 Mpa (Çeki) 434.152 Mpa (Bası)	123.849 Mpa (Çeki) 519.755 Mpa (Bası)	3299 Mpa (Çeki) 4.39 Mpa (Bası)	125.865 (çeki) 0 (bası)
 (Radyal Tabaka, Ankastre Mesnet)	224.549 Mpa (Çeki) 88.383 Mpa (Bası)	2130 Mpa (Çeki) 1621 Mpa (Bası)	346.04 Mpa (Çeki) 119.799 Mpa (Bası)	1887 Mpa (Çeki) 2.899 Mpa (Bası)	55.99 (çeki) 0 (bası)
 (Radyal Tabaka, Çizgisel Mesnet)	305.626 Mpa (Çeki) 46.964 Mpa (Bası)	3509 Mpa (Çeki) 1731 Mpa (Bası)	559.816 Mpa (Çeki) 238.252 Mpa (Bası)	3153 Mpa (Çeki) 1.759 Mpa (Bası)	82.27 (çeki) 0 (bası)

- Geometri şekilleri farklı, mesnetleri aynı toplam mekanik skala gerilim sonuçlarında ise, radyal ankastreli mesnetin düz mesnete göre x, z eksenlerinde azaldığı, y ekseninde ise arttığı, bası oranlarının ise x ekseninde azaldığı, y, z eksenlerinde ise arttığı görülmüştür. Radyal çizgisel mesnetin düz mesnete göre, z ekseninde azaldığı, x, y eksenlerinde arttığı, bası oranlarının ise radyal ankastreli mesnetin düz mesnete göre

bası oranlarıyla aynı sonuçlarda tespit edildiği yani x ekseninde azaldığı, y, z eksenlerinde ise arttığı görülmüştür. Bu sonuçlar, sandviç kompozit tabakaların konstrüktif açıdan iyi olduğunu göstermektedir. Farklı paket programları kullanarak (ABAQUS, Apex, Nastran gibi) benzer analizler yapılabilir ve birbirleriyle mukayese edilebilir (Taşkaya vd., 2018; Taşkaya, 2018).

• Farklı modellenmiş geometriler, farklı alan ölçüleri, oryantasyon açıları, malzeme türü, farklı çekirdek tabakası, element türü, mesh türü, yük miktarı, mesnetleme şekli değiştirilerek çözüm yaptırılıp, malzemeler birbirleriyle kıyaslanabilir. Uygulama alanındaki karmaşık geometriye sahip malzemeler, farklı sonlu elemanlar simülasyonlar programları sayesinde (ABAQUS, Apex, Nastran gibi) en basit hale dönüştürülerek prototipler oluşturulabilir ve sonuçları birbirleriyle karşılaştırılabilir. Bu sayede basit geometrili modellerden birçok test analizleri (yapı, termal, titreşim, mekanik, statik, dinamik gibi) yapılabilir. Uygulama sanayisinde hafiflik ve rijitlik istenen (otomotiv, havacılık, uçak sanayi gibi) alanlarda kaplama malzemesi kullanılan bu modeller sandviç konstrüksiyon tekniği ile üretilip, bu gibi sonlu elemanlar simülasyon programları ile farklı tip analizler uygulanabilir (Taşkaya vd., 2018; Taşkaya, 2018).

### Teşekkür

Bu çalışmanın sadeleştirilmiş özet bildirimini 4-6/05/2018 tarihinde Girne, K.K.T.C.'de düzenlenen "3<sup>rd</sup> International Conference on Computational Mathematics and Engineering Sciences (CMES'2018)-(Turkish Republic of Northern Cyprus)" kongresinde sözlü sunum olarak sunulmuş olup, kongre üyelerine teşekkür ederiz.

### Kaynaklar

- Atkinson, R., 1997. Innovative uses for sandwich constructions. *Reinforced Plastics*, 41(2), 30-33.
- Bannister, M.K., Braemar, R. ve Crothers, I.P., 1999. The mechanical performance of 3D woven sandwich composites, *Composite Structure*, 47, 687-690.
- Campbell, F.C., 2010. *Structural Composite Materials: Novelty*, Ohio, ASM International, 612p.
- Froud, G.R., 1980. Your Sandwich order, *Sir? Composites*, 11(3), 133-138.
- Ganapathi, M., Patel, B.P. ve Makhecha, D.P., 2004. Nonlinear dynamic analysis of thick composite/sandwich laminates using an accurate higher-order theory. *Composites Part B: Engineering*, 35, 345-355.
- Gür, A.K., Taşkaya, S., Katı, N. ve Yıldız, T., 2017a. 3D Kafes çatı modelinin Ansys

yöntemiyle mekanik gerilmelerinin incelenmesi, 2<sup>nd</sup> International Conference on Material Science and Technology in Cappadocia (IMSTEC'17), Ekim 2017 Nevşehir, Türkiye, s. 11-15.

- Gür, A.K., Taşkaya, S., Yıldız, T. ve Katı, N., 2017b. Metal Matrisli Kompozit Malzemelerde Sıcaklığın Etkisiyle Sürünme ve Elastik Özelliklerin Ansys Yöntemiyle İncelenmesi, 2<sup>nd</sup> International Conference on Material Science and Technology in Cappadocia (IMSTEC'17), Ekim 2017 Nevşehir, Türkiye, s. 171-177.
- Manning, J.A., Crosky, A.G. ve Bandyopadhyay, S., 1993. Flexural and impact properties of sandwich panels used in surfboard construction. In: *Proceedings of the International Conference on Advanced Composites*, February 1993, Wollongong, Australia, pp.123-128.
- Muc, A. ve Nogowczyk, R., 2005. Formy zniszczenia konstrukcji sandwichowych z okładzinami wykonanymi z kompozytów. *Composites*, 5(4), 31-36.
- Natarajan, S., Deogekar, P.S., Manickam, G. ve Belouettar, S., 2014. Hygrothermal effects on the free vibration and buckling of laminated composites with cutouts. *Composite Structure*, 108, 848-855.
- Ochelski, S. ve Niezgoda, T., 2007. Kompozytowe konstrukcje pochłaniające energię uderzenia. *Przegląd Mechaniczny*, 1, 21-28.
- Panigrahi, S.K. ve Pradhan, B., 2007. Delamination damage analyses of adhesively bonded lap shear joints in laminated frp composites. *International Journal of Fracture Mechanics*, 148, 373-385.
- Park, J.S., Kim, J.H. ve Moon, S.H., 2004. Vibration of thermally post-buckled composite plates embedded with shape memory alloy fibers. *Composite Structure*, 63, 179-188.
- Polat, A., Kaya, Y. ve Özşahin, T.Ş., 2017. Fonksiyonel derecelendirilmiş tabakada sürekli temas probleminin sonlu elemanlar yöntemi ile analizi. 20. Ulusal Mekanik Kongresi, Eylül 2017, Bursa, Türkiye, s.332-341.

- Polat, A., Kaya, Y. ve Özşahin, T.Ş., 2018. Elastik yarı sonsuz düzlem üzerine oturan ağırlıklı tabakanın sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak sürtünmesiz temas problemi analizi. Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 6, 357-368.
- Swanson, S.R. ve Kim, J.M., 2003. Design of sandwich structures under contact loading. Composite Structures, 59, 403-413.
- Taşkaya, S., 2017. St 37 çeliğinin Ansys programında basınca bağlı olarak mekanik gerilmelerin incelenmesi. The Journal of International Manufacturing and Production Technologies, 1(1), 39-46.
- Taşkaya, S., 2018. Investigation of mechanical and elastic stresses in Ansys program by finite elements method of 3D lattice roof model. Mugla Journal of Science and Technology, 4(1), 27-36.
- Taşkaya, S., Zengin, B. ve Kaymaz, K., 2018. Investigation of force and moment effect of St 37 and St 70 roof lattice steels in Ansys program. Middle East Journal of Science, 4(1), 23-35.
- Tawfik, M., Ro, J.J. ve Mei, C., 2002. Thermal post-buckling and aeroelastic behaviour of shape memory alloy reinforced plates. Smart Materials and Structure, 11, 297-307.
- Vangipuram, P. ve Ganesan, N., 2007. Buckling and vibration of rectangular composite viscoelastic sandwich plates under thermal loads. Composite Structure, 77, 419-429.
- Zhang, F., Ramadan M., Baozhong, S. ve Bohong, G., 2013. Damage behaviors of foam sandwiched composite materials under quasi static three point bending. Applied Composite Materials, 20, 1231-1246.