

## Çok Katlı Yapıların ANSYS Paket Yazılımında Workbench Modülü Kullanılarak Ölçümlendirilmesi ve Prototip Analizlerinin İncelenmesi

### Measurement of Multi-Storey Structures Using Workbench Module in ANSYS Package Software and Investigation of Prototype Analysis

Selim TAŞKAYA<sup>1</sup> , Semih TAŞKAYA<sup>2\*</sup> 

<sup>1</sup>Artvin Çoruh Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Mimarlık ve Şehir Planlama, 08100, Artvin, Türkiye  
<sup>2</sup>Firat Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, 23119, Elazığ, Türkiye

Received (Geliş Tarihi): 23.03.2019, Accepted (Kabul Tarihi): 15.08.2019  
Corresponding author (Sorumlu Yazar\*): muh.semihtaskaya@gmail.com

#### ÖZ

Bu çalışmada, çok katlı yapılar adı altında koordinat sistemlerinin ANSYS paket yazılımının Workbench modülü kullanılarak oluşturulan model yapısı 3D boyut olarak tasarlanmıştır. 3D model yapısının element tipi olarak beton karışımı seçilmiştir. 16 koordinat noktalarıyla mesafeye bağlı ölçümlendirme yapılarak model prototipi oluşturulmuştur. 3D çok katlı yapı modeline mesh bölümlendirmesi yapılarak, taşıyıcı sistemlere 75 N/mm<sup>2</sup> yük ve 32.174 ft/sn<sup>2</sup> ivme hareketi uygulanmıştır. Prototip sonuçlarında model grupları arasında deformasyon ve vektörel geçiş analizleri mekanik verilerle karşılaştırılmıştır. Koordinat ölçüm noktalarının çok katlı yapı modelinde oluşan gerilmelerin giriş düğüm noktalarında arttığı gözlemlenmiştir. Prototip yönlü deformasyonların stabil ağırlık merkezine doğru y ekseninde taşıyıcı giriş ayakları üzerinde bir gerilme oluşturduğu incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Çok katlı yapı, ANSYS Workbench, Ölçümlendirme, Prototip

#### ABSTRACT

In this study, the model structure that is formed by using Workbench module of ANSYS package software of coordinate systems under the name of multi-storey structures was designed as 3D dimension. Concrete mixture was selected as the element type of the 3D model structure. Model prototype was created by measuring distance dependent with 16 coordinate points. Mesh segmentation was applied to the 3D multi-storey structure model, and 75 N/mm<sup>2</sup> load and 32.174 ft/sn<sup>2</sup> acceleration motion were applied to the carrier systems. In the prototype results, deformation and vector transition analyzes between the model groups were compared with the mechanical data. It was observed that the stresses occurring in the multi-storey structure model of the coordinate measuring points increased at the beam joints. It was investigated that prototype oriented deformations produced a stress on the carrier beam legs in the y axis towards the stable center of gravity.

**Keywords:** Multi-storey structure, ANSYS Workbench, Dimension, Prototype

#### GİRİŞ

Bir betonarme binanın elemanları kesin olmayan sınırlarla, taşıyıcı olan ve olmayan olarak ikiye ayrılabilir. Örneğin bölme duvarları, yer kaplamaları taşıyıcı olmayan elemanlardır. Buna karşılık, döşeme plağı, giriş, kolon ve temeller taşıyıcı olan elemanlar örnek olarak verilebilir. Döşemeler iki boyutlu ve genellikle düşey yüklerin doğrudan etki ettiği taşıyıcı elemanlardır. Bunlar basit olarak girişlerin iki doğrultuda yan yana gelmesi sonucu elde edilmiş gibi görülebilirler. Karşılıklı yükleri ke-

narlarında kendilerine mesnetlik yapan ve beraber betonlandıkları girişlere iletirler. Girişler döşemelere mesnet oluştururlar ve tek boyutlu taşıyıcı elemanlardır. Genellikle açıklıklarından pozitif ve mesnetlerinde negatif eğilme momenti meydana gelir. Buna bağlı olarak kesitlerde çekme gerilmelerini alacak ana donatılar açıklıkta altta ve mesnette üstte bulunur. Girişler yüklerini mesnetlendikleri kolonlara iletirken, bunlarla taşıyıcı sistemin yatay yükleri koymasını sağlayan üç boyutlu bir çerçeve oluştururlar. Kolonlar her kattan düşey yükleri toplayarak temele iletirler ve bu nedenle yapının esas taşıyıcı elemanıdır. Bu elemanlarda meydana gelecek herhangi

bir hasar çoğunlukla yapının tümünü etkiler. Kolonlar yüklerini zemine temeller yoluyla iletir. Zeminin taşıma gücü, betona göre küçük olduğu için kolon kesitinin genişletilmesiyle temel oluşturulur. Planda genellikle dik-dörtgen şeklinde olan ve ayrı olarak bulunan temeller birbirlerine iki doğrultuda bağ kırışları ile bağlanır (URL-1, 2019). ANSYS programının kullanıcılara sunduğu Workbench platformu ile tek ekranda pek çok mühendislik çalışmasına erişilebilir. Çok fizikli analizlerde kullanıcılara yol gösteren yapıya sahip olan ANSYS Workbench, ileri seviye parametre yönetimi ile simülasyona bağlı ürün geliştirme için oldukça etkili bir programdır. ANSYS Workbench ile farklı mühendislik disiplinlerine ait analizler tek bir merkezden yönetilebilir (URL-2, 2019). Bedeir ve ark. (2019) çalışmalarında ortogonal yönlerde duvarlardan oluşan yarı-statik döngüsel yanal yüklemeye maruz kalan, iki katlı, üçüncü ölçekli betonarme bir yığılma binanın sayısal modelini yapmışlardır. Yapı modelini oluşturmak için kullanılan modelleme yaklaşımını doğrulamak için deneysel olarak test edilmiş on ayrı duvarın sonuçları kullanılmıştır. Modeller, tek tek duvarların ve test edilen binanın cevabını doğru bir şekilde yakalayabilmıştır. Sayısal sonuçlar, binanın genel sünekliğinin, özellikle deneysel sonuçlarla tutarlı olan eksantrik yük altındaki kurucu duvarlarından daha yüksek olduğunu göstermiştir. Cui ve ark. (2019) bu çalışmada, hem üst kattaki hem de alt kattaki ortalama iç hava sıcaklıklarını tahmin etmek için yeni bir hibrit modelleme yaklaşımı önerilmiştir. Bu "hibrit" çözüm hem gri kutu, yani RC model hem de kara kutu modellerini birleştirmiştir. Bina ortalama sıcaklığını tahmin etmek için gelişmiş bir RC modeli kullanılır ve denetimli makine öğrenme algoritmalarından yararlanılan kara kutu modeli, alt kat ile üst kat arasındaki sıcaklık farkını tahmin etmek için kullanılmıştır. Taşkaya ve Taşkaya (2018) çalışmalarında, 3 boyut tasarımı yapılan bir musluk hacminin içinden geçen sıcak ve soğuk su akışkan karışımının global eksenlerde oluşan sıcaklık, basınç, hız ve kütle akışı davranışlarını incelemiştir. Simülasyon analiz veri sonuçlarından alınan parametreler, model hacmindeki global eksenlerin akışkanının, basınç çıkış karışımındaki akışkana göre; kütle ve düğüm akış hızının değişimi sabit, sıcaklık ve basıncın ise artış gösterdiği incelenmiştir. Taşkaya ve Taşkaya (2018) çalışmalarında, ANSYS yazılımında, 10 mm kalınlığında 1000x2000 ölçülerine sahip St 52 çeliğini 3 boyutlu hacme dönüştürerek modellemiştir. St 52 çelik model hacminin ANSYS yazılımındaki gerilim ve vektörel simülasyon analizlerinde, kuvvet ile basıncın aksel koordinatlardaki gerilim değişiminin doğru orantılı olarak arttığını incelemiştir. Taşkaya ve ark. (2019) çalışmalarında Ramor 500 çeliğini tozaltı kaynak yöntemiyle farklı parametrelerde birleştirme işlemi yapıp, ANSYS paket yazılımında modelleyip termal analizini yapmışlardır. Çalışma sonucunda kaynak gerilimi arttıkça sıcaklığın mesafe-zaman eğrilerinde simülatik değişimleri incelenmiştir. Gür ve ark.

(2017) ANSYS paket programında iki farklı geometriye sahip sandviç kompozitlerin farklı mesnetlerde yüke bağlı analizler uygulayarak, mekanik gerilmeler arasındaki kıyaslamaları incelemiştir. Kaymaz ve ark. (2018) 3 ara tabakadan oluşan, düz ve 70'lik oryantasyon açısına sahip radyal geometriye 2 farklı modeli, x, y, z koordinat ölçülerine göre 3 boyutlu olarak tasarlamışlardır. Düz ve radyal geometriye sahip sandviç tabakaların 2 farklı testte, sağ ve sol mesnetlerden ankastre ve çizgisel olarak sabitlenerek 4 MPa basınç altında eksenerlere göre mekanik gerilim analizleri yapmışlardır. Geometrik şekilleri aynı-mesnetleri farklı ve geometrik şekilleri farklı-mesnetleri aynı yapıları karşılaştırarak incelemiştir. Polat ve ark. (2018) elastik yarı sonsuz düzleme oturan ve rijit iki blok ile yüklenmiş homojen tabakada sürekli temas probleminin karşılaştırmalı analizini yapmışlardır. Taşkaya ve Taşkaya (2018) çalışmalarında 40 mm dış çapa sahip AISI 310 paslanmaz silindir çeliği ANSYS Workbench 12.0 modülünde tasarlamıştır. Çeliğin statik yapısal analizi, çelik üst plaka bölgesinden -y eksenine yönünde 1000 N'lık bir kuvvet uygulanarak analiz edilmiştir. Analizler sonucunda, silindirik çeliğin statik yapısından etkilenen yük dağılımlarının üst ve alt bölgelerde yoğunlaştığı görülmüştür. Taşkaya ve Taşkaya (2019) çalışmalarında, 3 boyutlu 54 kenar ve 34 köşe koordinat noktalarıyla, 46x50 mm taban destekleyici silindir boru çapına sahip oluşturulan hangar çatı modelinin, 5 destek kiriş noktasına 200 Newton kuvvet uygulamıştır. Uygulanan kuvvet etkisiyle çatı üst kiriş ve destekleyici düğüm noktalarının deformasyon ve gerilme dağılımlarını haritalandırmışlardır. Yapılan analizler sonucunda yük taşıyıcı üst kiriş ve taban koordinat noktalarındaki deformasyon ve gerilmelerin arttığı, ön destekleyici kiriş noktalarında ise azaldığını gözlemlemiştir. Gür ve ark. (2017) ANSYS yazılımında farklı sıcaklık ve gerilme parametrelerinde Al malzemesi ile SİC metal matrisli kompozitin sürünme uzaması hareketi ile elastik gerilmeler arasındaki ilişkilendirmeleri yapmışlardır. Taşkaya (2018) ANSYS paket programında izotropik bir çelik malzemeye sahip 3D kafes çatı modeline, farklı yük ve sabit basınç uygulayarak, kiriş eksenlerindeki, deformasyon, mekanik ve elastik gerilme analizlerini yapmıştır. Taşkaya ve ark. (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 gözlemlemiştir.

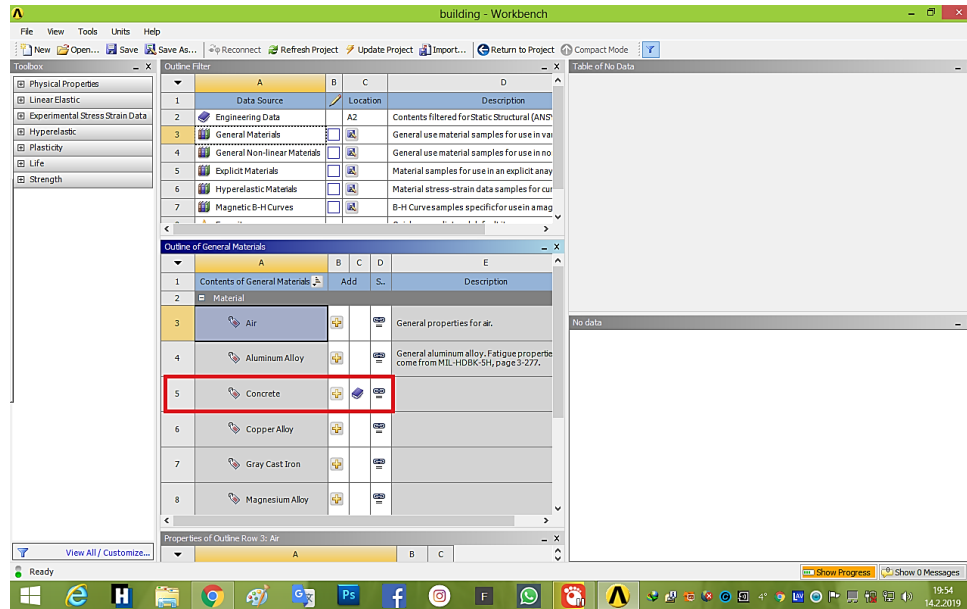
Bu çalışmanın özgünlüğü; ANSYS paket yazılımının Workbench modülünden koordinat noktalarının ölçümlendirilmesiyle oluşturulan 3D boyutlu çok katlı yapı prototipi yük ve ivmeye göre teste tabi tutulur. Bu uygulanan simülasyon test analiz sonuçlarıyla yapı hataları, max. ve min. gerilme yoğunlukları belirlenerek, yapılardaki mekanik iyileştirmelerin tespiti sağlanmıştır. Uygun pa-

rametre belirlenerek sonlu elemanlar adı altında kullanılan ANSYS paket yazılımlarıyla uygulama sanayisine geçmeden testlerle en iyi sonuçlar elde edilir.

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Çok katlı yapı prototipin oluşturulması

Bu çalışmada prototip, ANSYS paket yazılımında Workbench modülünde statik yapı modülünde Tablo 1'de verilen koordinat noktalarıyla oluşturuldu. Bu tasarımın yapı prototip element türü, Şekil 1'de gösterilen ANSYS mühendislik veri kütüphanesinden "beton" karışımı seçildi. Tablo 1'de verilen 16 koordinat noktası, kirişlerin ölçümlendirilmesiyle oluşturulan taşıyıcı sistem noktalarıdır.



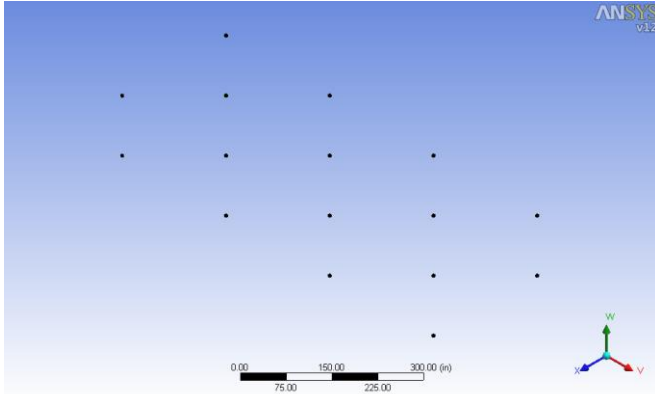
Şekil 1. Çok katlı yapı prototip element türü seçimi

Tablo 1. Çok katlı yapı prototip koordinat noktaları

Noktalar	x "	y "	z "
1	0	0	0
2	240	0	0
3	480	0	0
4	720	0	0
5	0	0	240
6	240	0	240
7	480	0	240
8	720	0	240
9	0	120	0
10	240	120	0
11	480	120	0
12	720	120	0
13	0	120	240
14	240	120	240
15	480	120	240
16	720	120	240

Tablo 1’de verilen koordinat noktaları model tasarımında tek tek bütün veriler 16 ayrı noktada tanımlanır. Koordinat noktalarının hesabında ‘ inç (” ) ‘ uzunluk birimi kullanılmıştır. Bunun sebebi, koordinat sistemleri oluşturulurken kusurların alınmamasıdır.

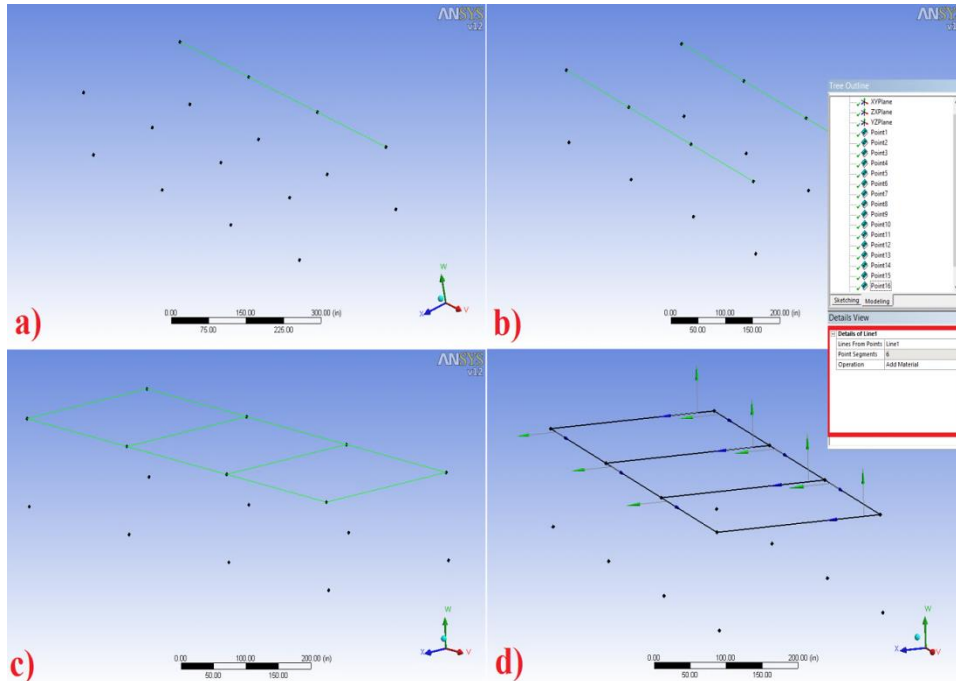
Şekil 2’de gösterilen prototipte, 16 ayrı eksenlere göre koordinat noktaları her biri ayrı ANSYS Workbench modülüne tanımlanır.



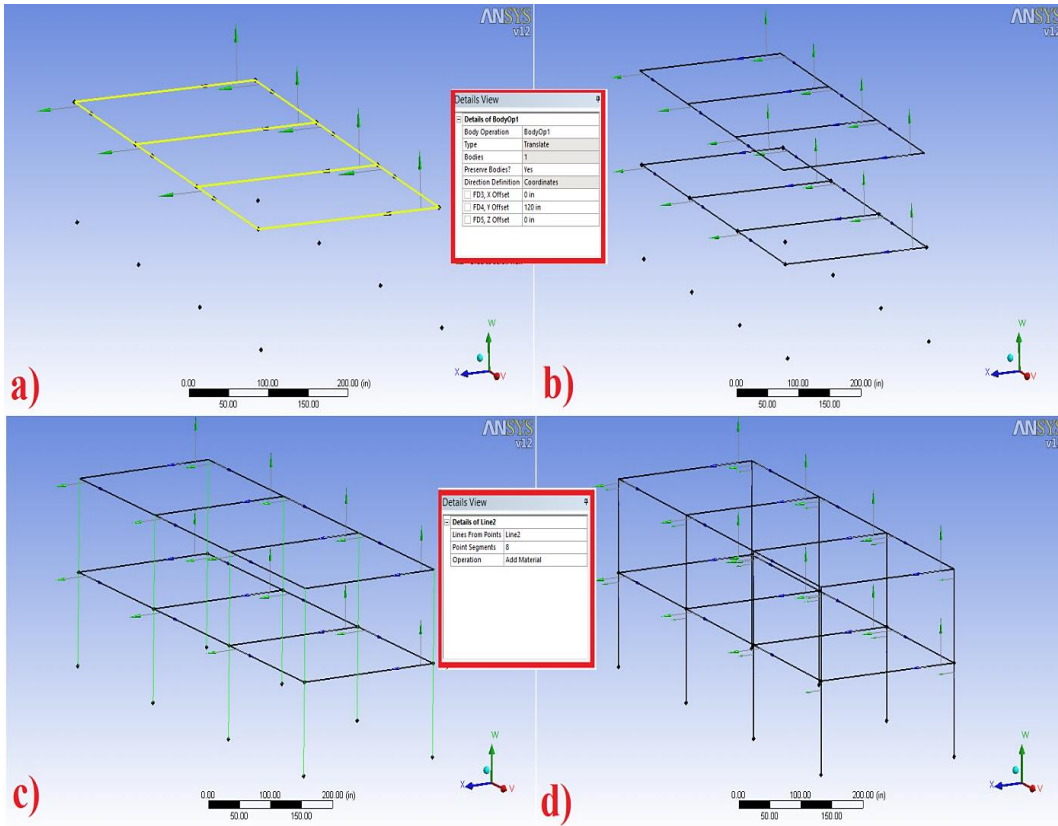
Şekil 2. Çok katlı yapı modelinin koordinat noktalarının tanımlanması

Koordinat noktaları tanımlandıktan sonra prototipin 1.kat kiriş çizgileri birleştirilir. Şekil 3a’da gösterilen 1.katın arka kiriş koordinat noktaları birleştirilir. Aynı şekilde 1.katın Şekil 3b’de ön kiriş noktaları birleştirilir. Sonra Şekil 3c’de bütün eksenler tamamı ile 6 taban şeklinde birleştirme işlemi oluşturulur. Şekil 3d’de bu tamamlanan kiriş noktalarına eksen tanımlamaları yapılır.

Şekil 4’de yapı prototipin 2.kat oluşum noktaları gösterilmiştir. Burada 1.katta oluşturulan ölçüm koordinat noktaları 2.kat tasarımında ANSYS Workbench modülünden “Operation” bölümü kullanılır. Aynı koordinat noktalarının tanımlanması tekrar tekrar yeniden inşa edilmesi için 1.kat modül eksenleri 2.kata klonlanır. Şekil 4a’da 1.kat eksenlerinin tamamı seçilir. Şekil 4b’de bu eksenlere y ekseninde 120 inç’lik bu da yaklaşık 305 cm tavan yüksekliğinde 2.kat modeli oluşturulur. Şekil 4c’de 2.kat tasarımı oluşturulan bu yapı prototipin, tabana doğru 8 taşıyıcı ayak kirişleri tanımlanır. Bu aşamadan sonra Şekil 4d’de gösterildiği gibi prototip modelin 8 ayaklı taşıyıcı kirişleri tamamlanmış olur.



Şekil 3. Çok katlı yapı prototipinin a) 1.kat arka kirişin oluşturulması b) 1.kat ön kirişin oluşturulması c) 1.kat bütün kiriş tabakalarının birleştirilmesi d) Kiriş tabakalarının 6 eksende belirlenmesi ve gösterimi

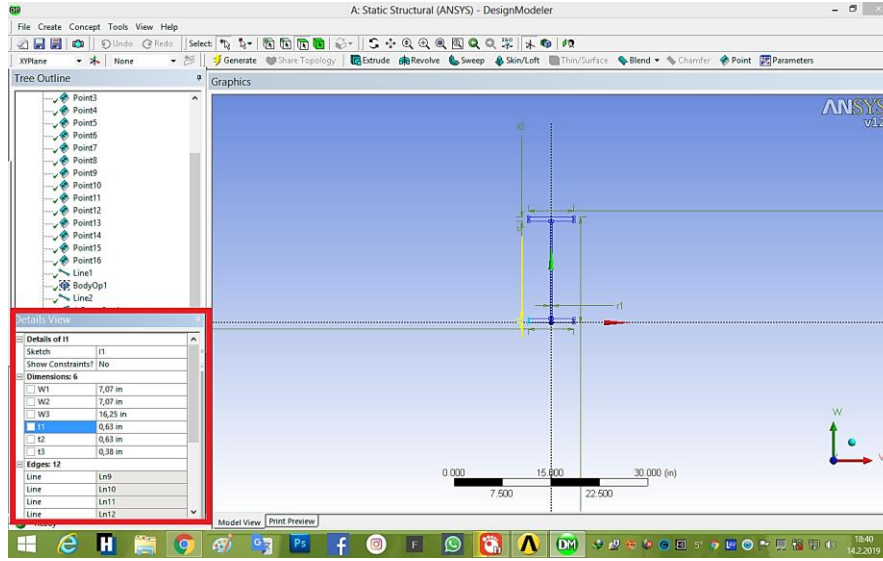


**Şekil 4.** Çok katlı yapı prototipinin a) 1.kat eksenlerin tümünün seçilmesi b) 2.kat tasarımının oluşturulması c) taşıyıcı kiriş noktalarının oluşturulması d) tamamlanmış kirişleri

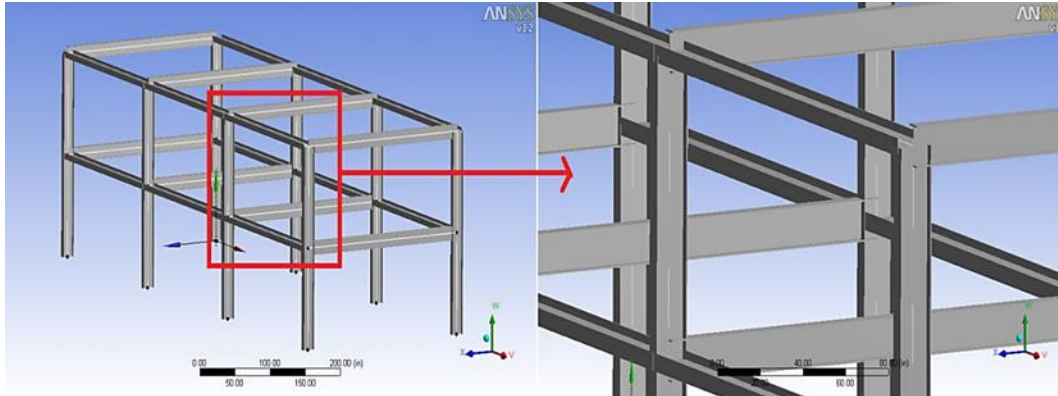
Şekil 5'de prototip model kiriş noktalarına bir I profil tanımlaması yapılır. Yapılan bu I profillere bir kalınlık değeri atanır. Taşıyıcı profillerin Şekil 5'de verilen kesit modülleri olan  $w_1$ ,  $w_2$ ,  $w_3$  sırasıyla 7, 7, 16 inç;  $t$  kalınlık değerleri  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$  sırasıyla 0.63 inç değerindedir. Bu değerler modele uygulandıktan sonra kesitlerin modülde hizalanmaları yapılır (Şekil 6). Böylece kesit atamaları da yapıldıktan sonra modelde toplam 36 kenar, 24 köşe ve 11 enine kesit denge ağırlık merkezi ile yapı model prototipin kirişlerin katı modelde oluşumları tamamlanır.

Şekil 7'de yapı kirişlerinin taban döşemeleri beton karışımı malzemesi ile kiriş kalıplarına tanımlaması yapılır.

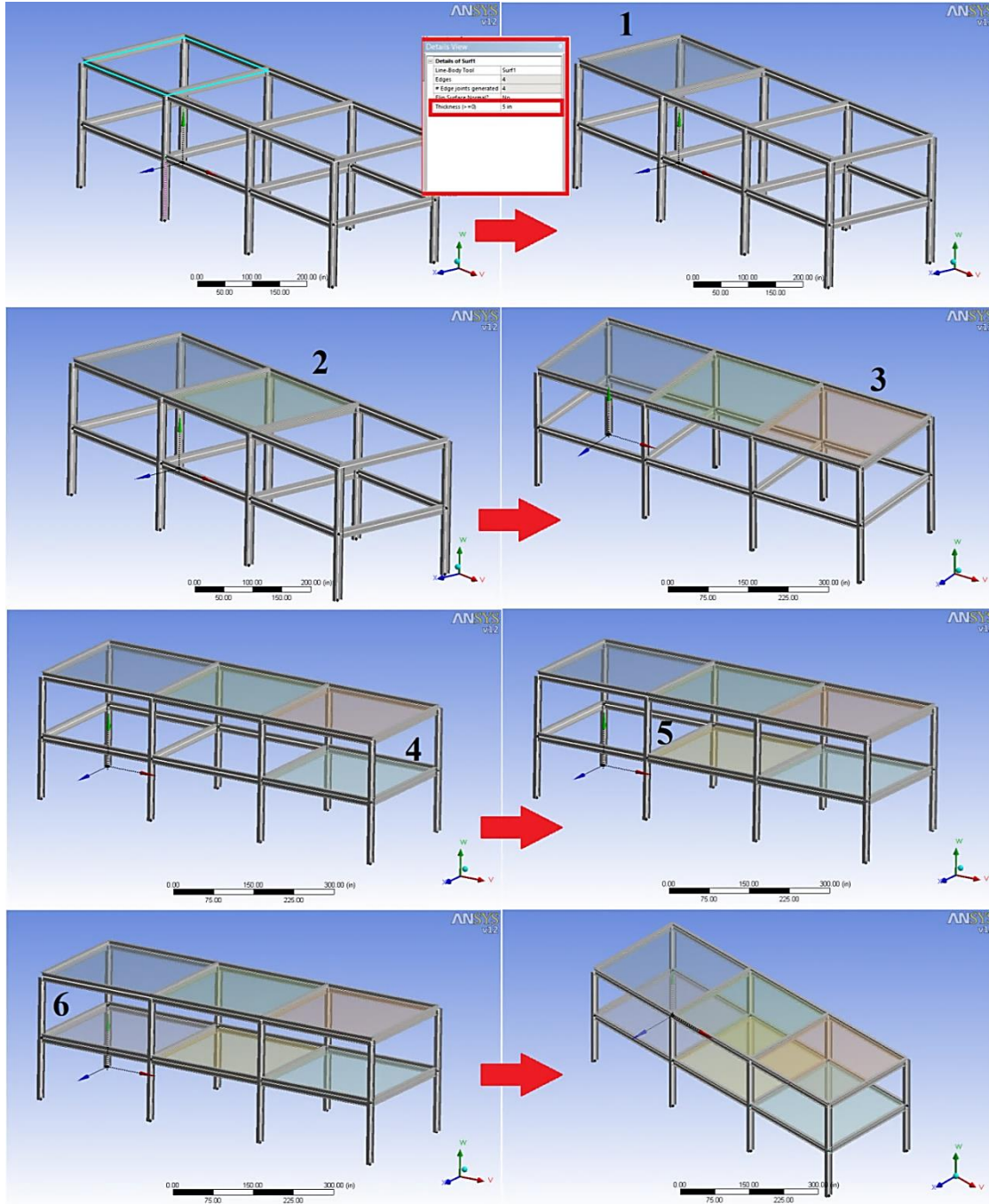
6 beton taban döşemesi tek tek 5 inç kalınlığında yaklaşık 13 cm olarak modellenir. 2.kattan başlayarak Şekil 7'de gösterildiği gibi bölüm bölüm 2.katın 3 ayrı beton döşemesi yapılır. Sonra 1.katın beton taban döşemesi yapılarak, prototipin kirişlere uygulanan beton taban döşemeleri uygulanmış olur. Bu kiriş profillerine herhangi bir açıdan sapmaması için bütün kiriş kesitlerine  $z$  ekseninde  $90^\circ$  açıda tanımlama yapılır. Yapı modelinin bütün malzeme kiriş grupları tamamlanarak modele mesh tanımlaması yapmak için bir bölümlendirme uygulanır.



Şekil 5. Çok katlı yapı prototipinin kiriş profillerine kalınlık değerlerinin tanımlanması



Şekil 6. Çok katlı yapıların katı model prototipleri ve taşıyıcı kirişleri

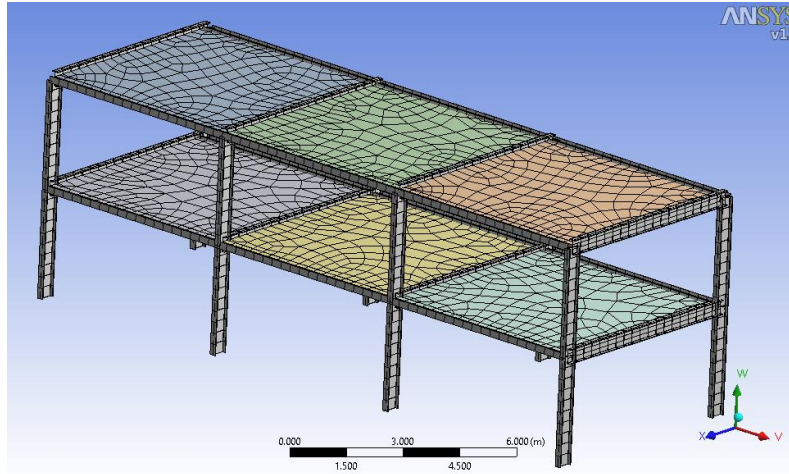


Şekil 7. Çok katlı yapı prototipin taban beton karışımının oluşturulması (6 beton taban)

### Çok katlı yapı prototipin meshlenmesi

Prototipin tasarım aşaması sağlandıktan sonra modele Şekil 8'de gösterildiği gibi bir mesh bölümlendirmesi tanımlanır. Bu tanımlama uygun mesh aralıklarında, kiriş

aralıkların sığ, beton aralıkların geniş bir şekilde olması sağlanır. Buradaki amaç mekanik dağılımın kontrollü bir şekilde kirişlere yayılmasıdır.

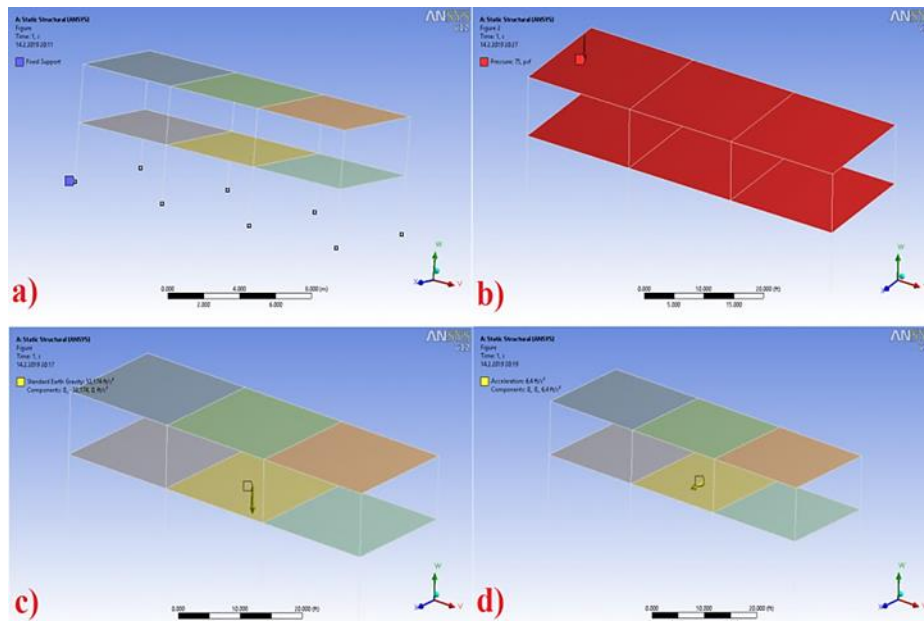


Şekil 8. Çok katlı yapı prototipin mesh işleminin uygulanması

### Çok katlı yapı prototipinin sabitlemesi, sınır şartı ve ivme tanımlanması

Şekil 9a'da gösterilen çok katlı yapı prototipin taşıyıcı ayak noktalarına sabitleme işlemi yapılır. Bu işlem, yük uygulanmasında taşıyıcı kiriş ayak noktalarının hareket etmemesini sağlar. Şekil 9b'de prototipin beton karışım bölgelerine 75 N/mm<sup>2</sup> basınç uygulanması tanımlanır. Şekil 9c'de model prototipin standart ağırlık merkezi be-

lirlenip bu bölgeye global koordinat sisteminde -y eksenine doğru yani yer çekimine doğru inç uzunluk birimi olarak 32.174 ft/sn<sup>2</sup> 'lik bir değer tanımlanması yapılır. Bu durum yapı modelinin merkeze olan yer çekiminin olduğunu ifade eder. Son aşama olarak Şekil 9d'de merkezi konum noktasında yapı prototipine inç olarak 6.4 ft/sn<sup>2</sup> 'lik ivme kazandırılır. Buradaki neden basıncın etkisiyle modele bir titreşim hareketi verilerek oluşan mekanik sonuçlar incelenir.



Şekil 9. Çok katlı yapı prototipin a) taşıyıcı ayaklardan sabitlemesi b) basınç tanımlanması c) standart ağırlık merkezi belirlenmesi d) ivme tanımlanması

### BULGULAR VE TARTIŞMA

Çok katlı yapı prototipin ANSYS yazılımının Workbench modülünde ve statik yapı etkisinde, basınç ve ivmeye

karşı yapılan çözümler sonucunda, 1655 element sayısı ve 2025 düğüm sayısı incelendi. Çalışmalarda model grupları arasında deformasyon ve vektörel geçiş analizleri mekanik verilerle karşılaştırılmıştır. Prototip

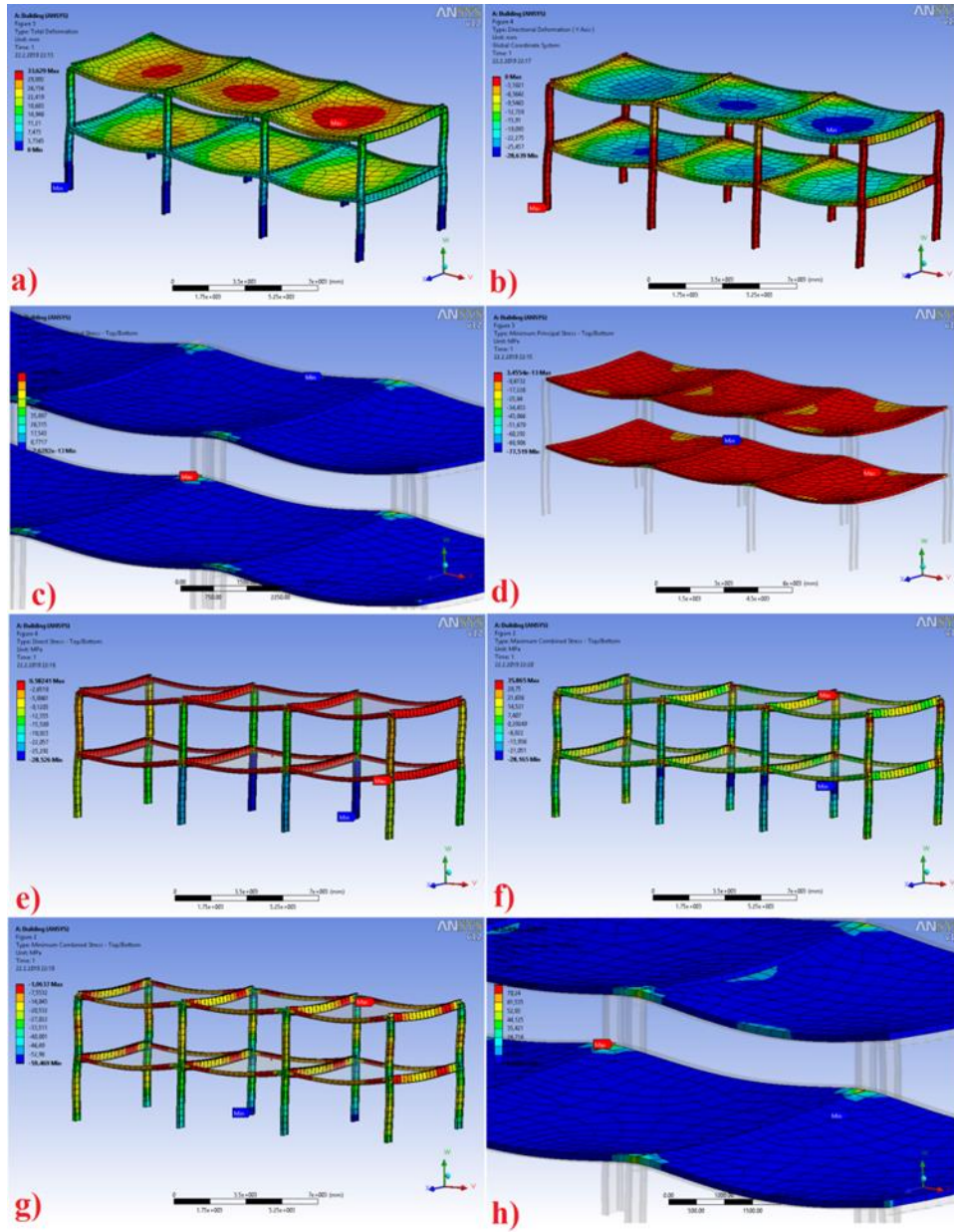


modelin max. ve min. toplam şekil değişimleri, max. ve min. yönler göre şekil değişimleri, kirişlerin esas bölge-lerindeki max. şekil değişimleri, kirişlerin esas bölgele-rindeki min. şekil değişimleri, kirişlerin doğrudan doğ-ruya etkilendiği gerilmeler, kirişlerin max. toplam gerilmeleri, kirişlerin min. toplam gerilmeleri, gerilme yığılma-ları, x,y,z ekseni global yönlü şekil değişimleri, yapı ha-taları ve vektörel ana gerilme simülasyon analizleri ya-pılmıştır.

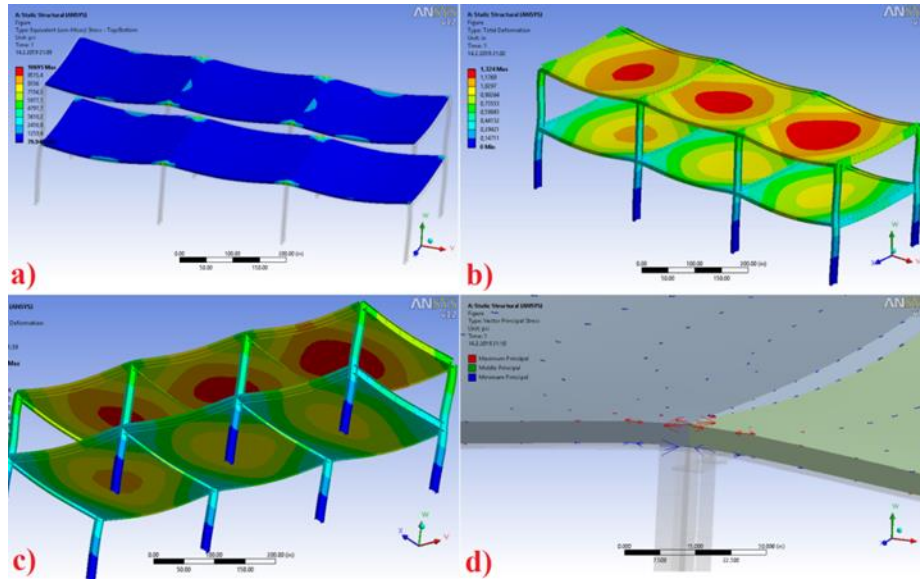
Şekil 10a'da toplam şekil değişimlerinin basınç ve ivme etkisiyle daha çok 2.katın beton taban kalıp ortalarında çökme etkisi oluşturarak max. etki oluşturduğu incelenmiştir. 1.katın beton kalıpları 2.kata göre daha az şekil değişimi göstermiştir. Çünkü yük doğrudan 2.kattan baş-ladığı için 1.katta bu baskı oranı zaman değişiminde art-mıştır. Kirişlerde şekil değişim oranının min. değerlerini taşıyıcı ayak sistemleri almıştır. Çünkü kirişler beton ka-lıpları taşıyıcı sistemlerdir. Beton kalıpların basıncın et-kisiyle yüke bağlı şekil değişimleri fazlalığı oluşturması normal bir durumdur. Yük ve ivme arttıkça gerilme oranı artış göstermiştir. Şekil 10'da yönlü şekil değişimleri sta-bil ağırlık merkezine doğru y ekseninde taşıyıcı kiriş ayakları üzerinde bir gerilme oluşturmuştur. Bu durum onlarda yük artışında yükü destekleyici görevde olduğu için gerilmeler ve şekil değişimleri artmıştır. Min. etki 2.katta beton kalıplarında gözlemlenmiştir. Şekil 10c'de kirişlerde oluşan max. esas şekil değişimleri 1.katın kiriş sınırlarında arttığı, min. şekil değişimlerinin ise 2.katın beton kalıp çökmelerinde görüldüğü tespit edilmiştir. Do-layısıyla stabil olarak kirişlerdeki ana şekil değişim oran-ları, kiriş ile beton kalıbının birleşim noktalarında olması gereklidir. Şekil 10d'de min. esas şekil değişimleri beton kalıplarının kiriş ile birleşim noktalarından sonraki 2. ara

geçişlerde olduğu incelenmiştir. Şekil 10e'de kiriş profil-lerini doğrudan doğruya etkileyen gerilme dağılımları, ki-rişlerin merkez noktalarında yani sağ ve sol destek böl-gelerinde max. değerlerini almışlardır. Basınç ve titreşim mukavemetinde en fazla dayanımı bu bölgeler göster-miştir. Şekil 10f'de kirişlerdeki toplam max. gerilme da-ğılımları, kiriş profil kesitlerin birleşim noktası olan 2.kat-ın 3.bölgesinde max. değerini almıştır. Şekil 10g'de min. toplam gerilme, enine kesit değerleri olan taşıyıcı ayak sistemlerinde gözlemlenmiştir. Şekil 10h'da stabil olarak gerilme yığılmalarının en fazla olduğu bölgeler beton ka-lıplarını taşıyan kiriş ile ayak taşıyıcı sistemlerin birleştiği kopma noktalarında görülmüştür.

Şekil 11a'da verilen yapı prototipin eşdeğer gerilmeleri kiriş düğüm noktaları, beton tabanın kirişle birleştiği nok-tada ve dış cepheye bakan dış cidarlarda olduğu göz-lemellenmiştir. Şekil 11b ve c'de şekil değişim oranlarının önden ve taban bölgelerinden etkileri görülmektedir. Şe-kil değişim oranlarının 2.kattan başlayarak en çok etki-lendiği bölgeler beton karışımlarının merkez noktasın-daki yer çekimine bağlı oluşturduğu çökme bölgelerinde yani basınca bağlı basma mukavemetinin yüksek olduğu bölgelerde incelenmiştir. Bu bölgeler 2.kattan 1.kata doğru inerek, taşıyıcı kiriş ayaklarına kadar etki ettiği gö-rülmektedir. Şekil 11d'de kiriş ile betonun temas ettiği vektörel ana bileşke bölgeleri görülmektedir. Bu bölge-lerde basınca ve ivmeye bağlı bileşke vektörleri sağ ve sol mesnetlere doğru bir çekme etkisi oluşturmuştur. Üst bölgelerde temasın sağlandığı yerler çekme, alt kasnak bölgeleri basma mukavemetine doğru artış göstermiştir.



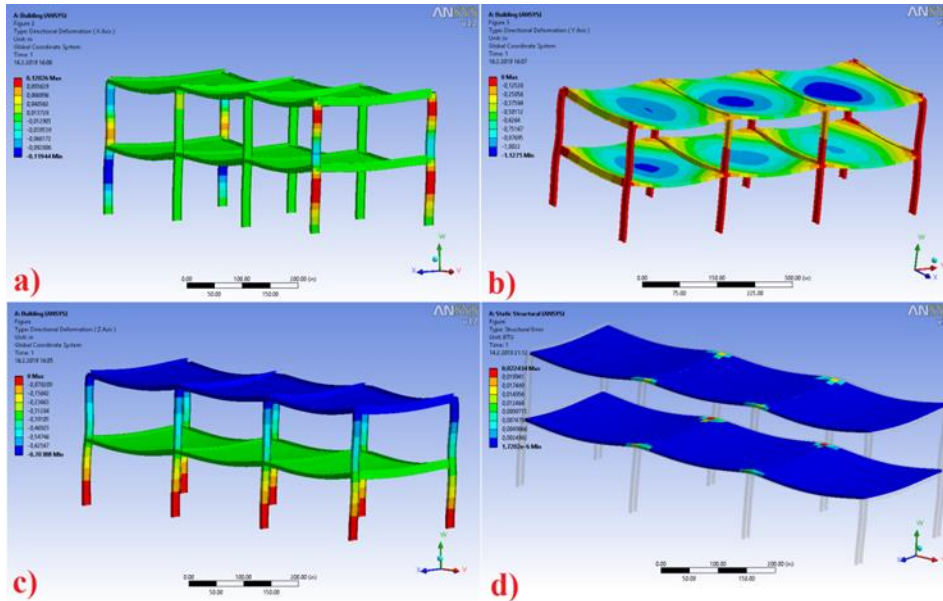
**Şekil 10.** Çok katlı yapı prototipin a) max. ve min. toplam şekil değişimleri b) max. ve min. yönlere göre şekil değişimleri c) kirişlerin esas bölgelerindeki max. şekil değişimleri d) kirişlerin esas bölgelerindeki min. şekil değişimleri e) kirişlerin doğrudan doğruya etkilendiği gerilmeler f) kirişlerin max. toplam gerilmeleri g) kirişlerin min. toplam gerilmeleri h) gerilme yığılmaları



**Şekil 11.** Çok katlı yapı prototipin a) kirişlerde oluşan eşdeğer gerilmeleri b) ön görünüşten toplam şekil değişimleri c) alt tabaka görünüşünden toplam şekil değişimleri d) vektörel ana gerilmeleri

Şekil 12a,b ve c'de prototip model yapısının global koordinatlara göre yönlü şekil değişimlerinin etkileri incelenmiştir. Bu etkiler Şekil 12a'da x global koordinatında kirişlerin üst düğüm bölgeleri ve 1.kat ile 2.katın birleştiği ana temas bölgelerinde artış göstermiştir. Şekil 12b'de y global koordinatında y eksenine yaptığı basınç ile stabil denge konumunda yük taşıyıcı ayak sistemlerinde gerilme yoğunluklarını artırmıştır. Şekil 12c'de ise z eksenini global koordinat bölgelerinde şekil değişim etkileri daha çok kirişlerin taşıyıcı ayak sistemlerinin uç taban bölge-

sinde olduğu gözlenmiştir. Şekil 12d'de gösterilen analizde bu prototip model analizinde gösterilen yapı hatalarını göstermektedir. Sistemsel yapı analizlerinde mekanik iyileştirmelerin eksenlere bağlı kiriş ile beton tabanların birleştiği düğüm noktalarında olması gerektiği konusunda sistem uyarı yapar. Burada özellikle ANSYS paket yazılımında Workbench modülü, bu noktalara mukavemet açısından destek verilmesi ve güçlendirilmesini istemektedir.



**Şekil 12.** Çok katlı yapı prototipin a) x eksenini global yönlü şekil değişimleri b) y eksenini global yönlü şekil değişimleri c) z eksenini global yönlü şekil değişimleri d) yapı hataları

## SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çok katlı yapılarda prototip ölçümlendirilerek ANSYS paket yazılımının Workbench modülünde ve statik yapı etkisinde, basınç-ivme ile uygulanan sonuçlar aşağıda verilmiştir.

- Çözümleme sonucunda çok katlı yapı prototipinde, 1655 element sayısı ve 2025 düğüm sayısı oluşmuştur. Toplam şekil değişimlerinin 2.katın beton taban kalıp ortalarında çökme etkisi oluşturarak max. etki oluşturduğu incelenmiştir. 1. katın beton kalıpları, 2.kata göre daha az şekil değişimi göstermiştir. Kirişlerde şekil değişim oranının min. değerlerini taşıyıcı ayak sistemleri almıştır. Yük ve ivme arttıkça gerinme oranı artış göstermiştir. Max. esas şekil değişimleri, 1.katın kiriş sınırlarında arttığı, min. şekil değişimlerinin ise 2.katın beton kalıp çökmelerinde görüldüğü tespit edilmiştir. Kirişlerdeki toplam max. gerilme dağılımları, kiriş profil kesitlerin birleşim noktası olan 2.katın 3.bölgesinde max. değerini almıştır. Yapı prototipin eşdeğer gerilmeleri kiriş düğüm noktaları, beton tabanın kirişle birleştiği noktada ve dış cepheye bakan dış cidarlarda olduğu gözlemlenmiştir. Şekil değişim oranlarının 2.kattan başlayarak en çok etkilendiği bölgeler, beton karışımlarının merkez noktasındaki yer çekimine bağlı oluşturduğu çökme bölgelerinde yüksek olduğu incelenmiştir. Vektörel ana bileşke bölgeleri sağ ve sol mesnetlere doğru bir çekme etkisi oluşturmuştur. Üst bölgelerde temasın sağlandığı yerler çekme, alt kasnak bölgeleri basma mukavemetine doğru artış göstermiştir. Sistemsel yapı analizlerinde mekanik iyileştirmelerin eksenlere bağlı kiriş ile beton tabanların birleştiği düğüm noktalarında olması gerektiği konusunda sistem uyarı yapmıştır.
- Uygulama aşamasında maket küçük prototip modellere bağlı gerilme testleri yapılarak ANSYS yazılım simülasyon sonuçlarıyla karşılaştırılabilir. Farklı boyut ve kalınlık ölçülerinde prototip model hacimleri oluşturularak, farklı mesnet ve yük miktarları değiştirilip; bunlar arasındaki mekanik sonuçlara göre şekil değişimleri, düğüm ve vektör analizleri incelenip mukayese edilebilir. Eksenel ve global koordinat bölgelerinde oluşan şekil değişimleri aynı zamanda farklı sonlu elemanlar programları ile (Apex, Nastran, Patran, ABAOUS gibi) test edilerek birbirleriyle kıyaslamalar yapılabilir (Taşkaya ve Taşkaya, 2018; Taşkaya ve

Taşkaya, 2018; Taşkaya ve Taşkaya, 2019; Taşkaya, 2018).

## KAYNAKLAR

- Bedeir, H., Shedid, M., Okail, H., Hamdy, O. (2019). Numerical modeling of a two story third-scale reinforced masonry shear wall building subjected to quasi-static lateral loading. *Engineering Structures*, 181, 310-323.
- Cui, B., Fan, C., Munk, J., Mao, N., Xiao, F., Dong, J., Kurganti, T. (2019). A hybrid building thermal modeling approach for predicting temperatures in typical, detached, two-story houses. *Applied energy*, 236, 101-116.
- Gür, A.K., Taşkaya, S., Yıldız, T., Katı, N. (2017). Metal Matrisli Kompozit Malzemelerde Sıcaklığın Etkisiyle Sürünme ve Elastik Özelliklerin Ansys Yöntemiyle İncelenmesi. *2nd International Conference on Material Science and Technology In Cappadocia (IMSTEC'17). Nevşehir*, pp. 171-177.
- Gür, A.K., Taşkaya, S., Katı, N., Yıldız, T. (2017). Investigation of Stress Analysis In Sandwich Composite Plates By Ansys Method. *8th International Advanced Technologies Symposium (IATS'17), Elazığ, Chapter 3*, pp. 495-509.
- Kaymaz, K., Zengin, B., Aşkın, M., Taşkaya, S. (2018). Sandviç Kompozit Tabakalarında Mekanik Gerilmelerin Basınca Bağlı Olarak Ansys Yazılımı İle İncelenmesi. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, (CMES 2018 Sempozyum Ek sayısı)*, pp. 79-93.
- Polat, A., Kaya, Y., 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(2): 357-368.
- Taşkaya, S., Taşkaya, S. (2018). St 52 Çelik Model Hacminin Ansys Yazılımında Eksenel Koordinatlara Göre Kuvvet ve Basınç İlişkisinin İncelenmesi. *I. Uluslararası Battalgazi Multidisipliner Çalışmalar Kongresi, Malatya/Türkiye, Cilt-I*, pp. 81-93.
- Taşkaya, S., Taşkaya, S. (2018). Musluk Model Hacminin İçinden Geçen Akışkanın Ansys Yazılımında Global Koordinatlara Göre Dağılımınının Simülasyonu. *I. Uluslararası Battalgazi Multidisipliner Çalışmalar Kongresi, Malatya/Türkiye, Cilt-I*, pp.114-125.
- Taskaya, S., Gur, A. K., Orhan, A. (2019). Joining of Ramor 500 Steel by Submerged Welding and its Examination of Thermal Analysis in Ansys Package Program. *Thermal Science and Engineering Progress*, 11: 84-110.
- Taskaya, S., Taskaya, S. (2018). Investigation of Static Structure Effect According to Axial Coordinates by Using Finite Element Method in Ansys Workbench Software of AISI 310 Austenitic Stainless Cylindrical Model Steel. *International Journal of Scientific Engineering and Science*, 2(11): 65-70.
- Taskaya, S., Taskaya, S. (2019). Mapping of Stress Distributions of Hangar Roof Systems in Ansys Software. *International Journal of Advance Engineering and Research Development*, 6(2): 82-89.
- 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., 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.

URL-1 (2019). İnsapedia. <https://insapedia.com/betonarme-tasiyici-elemanlar/> (Erişim Tarihi: 19/03/2019).  
URL-2 (2019). CadSay. <https://cadsay.com/ansys-nedir> (Erişim Tarihi: 19/03/2019).

---