

Asansör Kılavuz Rayı Konsollarının Tasarım Parametreleri ve Gerilme Analizi

Serhat Koç¹, Dr. C. Erdem İmrak², Sefa Targıt³

¹Wittur, Ar-Ge Departmanı, İstanbul, Türkiye

²İstanbul Teknik Üniversitesi, Makine Mühendisliği Fakültesi, Türkiye

³ASRAY Şirketi, Gebze, Kocaeli, Türkiye

Anahtar Sözcükler: Asansör kılavuz rayları, asansör kılavuz rayı konsolları, sonlu eleman yöntemi

ÖZET

Asansör sistemleri çok sayıda komponentten oluşur ve bu komponentlerin asansör emniyeti açısından en önemli olanları da kılavuz raylarıdır. Emniyetli, sessiz ve konforlu bir seyir için, kılavuz rayı konsolu, kılavuz rayıyla birlikte en önemli komponentlerden biridir. Kılavuz rayı konsolları kılavuz raylarının duvara montajında kullanılır. Bu çalışmada, farklı yük koşulları için kılavuz rayı hesaplarının sonuçları ve analiz edilen kılavuz rayı konsolları ile ray tırnakları yorumlanmıştır.

1. GİRİŞ

Pratikte, kabinin kılavuz rayları, kuyunun üstüne (kılavuz rayının asılması) veya kuyu dibine olmak üzere iki farklı şekilde monte edilir ve kılavuz rayı konsolları rayı desteklemek için ray boyunca birbirinden düzenli aralıklarla konumlandırılır. Emniyet freni mekanizması işletimleri kılavuz rayı hesaplarında önemlidir (Day, 2000; İmrak ve ark. 2006). Bu işletimde, kabini kuyu dibine uygun şekilde sabitlemek çok önemlidir. Kılavuz rayı kuyu dibine uygun şekilde monte edilmezse, Emniyet freni tertibatı işletimleri sırasında kılavuz rayı konsolları çok yüksek düşey yüklere maruz kalır. Bu durumlar bu çalışmada ABAQUS/CAE 6.6-1 yazılımıyla sonlu eleman analizi kullanılarak modellenir ve statik davranışı analiz etmek için kılavuz rayı konsolları üzerinde gerilme dağılımı elde edilir (Koç, 2009).

Asansör kılavuz rayları ve çevre birimleri ile emniyet freni mekanizması, asansör sisteminin yüksek emniyet şartı gerektiren en önemli komponentleridir. Normal koşullarda kılavuz rayları sadece asansörün seyir yaptığı asansör güzergahlarını tanımlar ve asansör kabinlerine etki eden yüklerden ve kuvvetlerden ayrı oldukları kabul edilir (Demirsöz ve ark., 2005). Asansörün seyri sırasında, kuvvetler nispeten düşük olur, özellikle de kabin iyi dengeliyse ve yük dağılımı iyiyse. Raylar üzerine etki eden diğer yükler, acil durumlarda Emniyet freni mekanizması işletiminden gelir (Targıt, 2002). Uygulanan yükler, emniyet freni mekanizması tipine bağlı olarak çok yüksek olabilir (İmrak ve ark., 2006).

Referansta belirtildiği gibi, asansör kılavuz raylarıyla ve emniyet freni mekanizmalarıyla ilgili olarak önemli sayıda araştırma çalışması yapılmıştır (İmrak ve ark., 2008a). Fakat, literatürde,

kılavuz rayı konsolları ve tırnakları hakkında sınırlı sayıda yayınlanmış çalışma bulunmaktadır.

2. KILAVUZ RAYI MESNETİ

Asansör sistemleri tipik olarak bir kuyu içinde düşey yönde seyir yapan bir asansör kabini içerir. Tipik olarak, bir asansör sistemi asansör kabininin ve karşı ağırlığın bir binanın katları arasındaki seyri sırasında yönlendirmek için kuyu içine monte edilen kılavuz rayları içerir. Kılavuz rayları kuyu duvarlarına veya yapı kirişlerine montaj konsollarıyla tespit edilir. Montaj konsolları, kılavuz rayını desteklemek ve yeterli rijit montaj temin etmek için kılavuz rayı boyunca birbirinden belirli aralıklarla yerleştirilir (Koç, 2009).

Bir kuyu içinde, kabini aralarında merkezleyebilen bir çift asansör kılavuz rayının konumlandırılması için kullanılan asansör rayı montaj sistemi, kuyunun giriş tarafından ayarlanabilir bir mesafede, kılavuz raylarının açılma ilişkisini ve aralarındaki mesafeleri belirlemek için kuyuya monte edilebilen L şeklinde bir mesnet, asansör kabini ile kat eşiği arasında sabit bir hareket mesafesi temin etmek ve asansör kabininin kat kapısı karkasına uygun şekilde hizalanmasını sağlamak için bir kat eşiği ve kat kapısı karkası içerir.

L şeklinde mesnet, kuyunun giriş tarafından, kuyuya büyük ölçüde bitişik ve paralel şekilde monte edilen, yatay ve düşey ayarlanabilir bir çapraz eleman içerir. Önceden belirlenmiş bir aralıkla yerleştirilen ve çapraz elemandan dik olarak kuyu içine uzanan bir çift paralel ray konsolu, kuyunun giriş tarafına büyük ölçüde paralel bir düşey düzlemde kılavuz raylarını destekler ve kılavuz rayları arasındaki mesafeyi önceden belirlenmiş bir sabit değerde tutar.

En azından bir gövde parçası, ray tırnakları ve sıkma elemanları içeren kılavuz tespit konsolunun ayırt edici özelliği, kılavuz raylarından en az birinin kılavuz tespit konsollarıyla yerine tespit edilmesidir. Kılavuz tespit konsolu, ray tırnaklarının tespiti ve sıkılması ve en az bir kılavuz rayının yerinde tutulması için en az bir sıkma elemanına, tercihen bir civataya sahiptir ve kılavuz tespit konsolu, bir kılavuz rayının tespit edilmesi için sadece bir sıkma elemanına sahiptir. Kılavuz tespit konsolu St37'den yapılır ve kılavuz rayları için tespit yerlerine sahip ve gövde parçasına tespit edilebilecek olan en az bir destek plakası içerir.

Kılavuz rayı, tipik olarak, duvara veya yapı kirişlerine tespit edilen montaj konsollarına monte edilen bir flanş kısmına sahip T şeklinde bir kiriştir. Montaj konsolları, tipik olarak, kuyu içindeki duvara veya başka bir yapı kirişine tespit edilen kılavuz rayı kısmı üzerine binen ray tırnakları içerir. Montaj konsolları ve iki ray tırnağı, kılavuz rayının flanş kısmını kuyu içindeki bir iç duvara veya yapı kirişine tespit eder, kavrar ve sıkıştırır.

Montaj sırasında, kılavuz rayını yerine tespit etmek için mesnetler tespit edilmeden önce kılavuz rayı uygun bir montaj pozisyonuna getirilmelidir. Mesnetler genelde kılavuz rayının hareketiyle döner ve böylece tırnakların arzu edilmeyen şekilde burulmasına ve kılavuz rayına kilitlemesine sebep olur. Ayrıca, hizalama için ve kılavuz rayındaki uygunsuzlukları dengelemek için kılavuz rayının hareketi geleneksel ray tırnaklarıyla kolay karşılanamaz.

Bu doğrultuda, farklı ebatta kılavuz raylarıyla kullanılacak şekilde ayarlanabilen ve bir kuyu içine montaja yardımcı olmak için kılavuz rayına hareketli şekilde tespit edilebilen bir montaj mesneti geliştirilmesi ve tasarlanması arzu edilir.

3. SİSTEMİN MODELLENMESİ

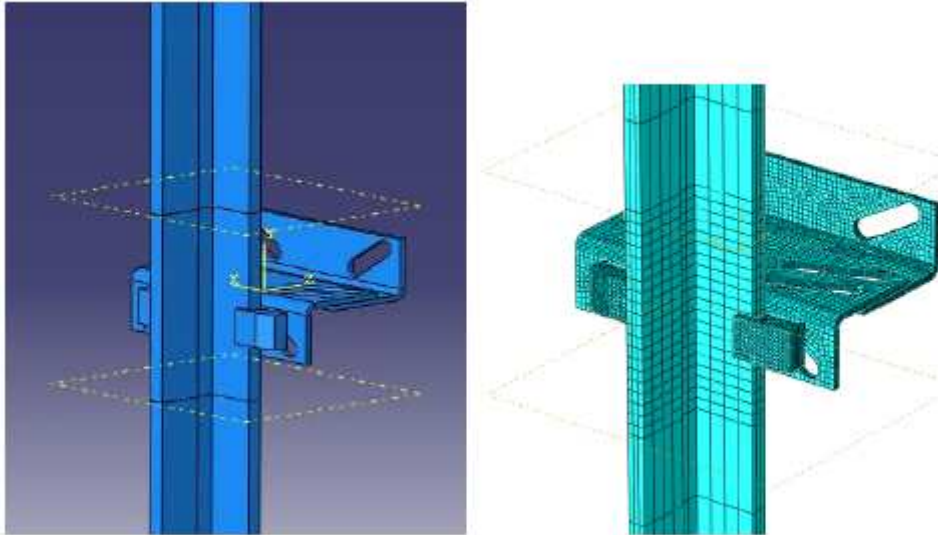
Sonlu eleman yöntemi, çok çeşitli mühendislik problemlerine çözümler elde etmek için uygulanabilecek bir sayısal prosedürdür. Kılavuz rayları üzerinde karşılaşılan gerilmelerinin önceden hassas şekilde tahmin edilmesi, hesaplama mühendislik tekniklerinin uygulanmasıyla temin edilebilir. Kılavuz rayı ve konsollarına sonlu eleman çözümleri esas olarak gerilmelere statik iki boyutlu yaklaşımlar içerir (Moaveni, 1999). Emniyet freni mekanizması işletimi sırasında kılavuz rayı ve mesnet sisteminin statik davranışını analiz etmek için, bu çalışmaya ait kabin ve kılavuz rayıyla ilgili gerekli parametreler Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Modelleme ve tasarım parametreleri

Kabin karkası	$F_{fr} = 550 \text{ kg}$	Boyutlar	$D_x = 2420 \text{ mm}$
Kabin ağırlığı	$F_c = 2000 \text{ kg}$		$D_y = 1600 \text{ mm}$
Kabin kapısı	$F_d = 170 \text{ kg}$	Kılavuz mesafeleri	
Nominal yük	$Q = 2000 \text{ kg}$	Tespit elemanları arasında	$l = 3100 \text{ mm}$
		Kılavuz pabuçları arasında	$h = 3055 \text{ mm}$

Kılavuz rayları üzerine etki eden yükler, iniş Emniyet freni mekanizması işletimi için EN81-1’e göre hesaplanır. Asansör kılavuz raylarının seri üretiminin yapıldığı ASRAY Inc.’ten elde edilen asansör kılavuz rayı verileri kullanılmıştır.

Sistemin sonlu eleman modeli 37773 düğüm, 16476 dört düğümlü tetrahedral eleman (C3D49) ve 22736 azaltılmış entegrasyonlu sekiz düğümlü tuğla eleman (C3D8R), toplam olarak 39212 elemandan oluşur. Sistemin katı modeli ve sonlu eleman modeli Şekil 1’de gösterilmiştir.

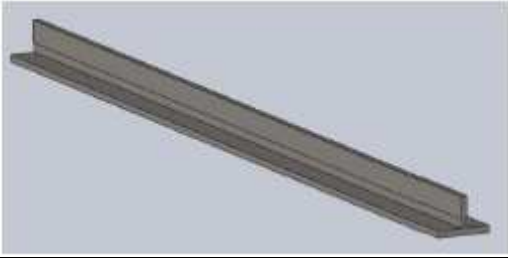
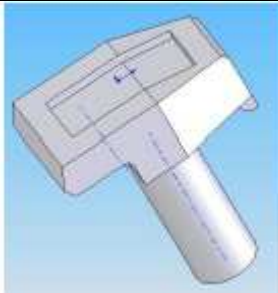



Şekil 1. Sistemin sonlu eleman modeli

Kılavuz rayının, konsolun ve tırnakların ayrıntıları, CAD yazılımı arşivinde saklanan C3D8R üç boyutlu sonlu elemanlar kullanılarak oluşturulmuştur. İnce ilâ orta kalınlıkta kiriş yapılarının analizi için uygun bir elemandır. Bu eleman aynı zamanda 8 düğümlü lineer tuğla esaslıdır. ABAQUS C3D8R elemanı, tek kalınlık elemanı ile hassas olmayan sonuçlar vermektedir, fakat bu sayı arttıkça sonuçlarda gelişme olmaktadır.

Kılavuz rayı ve mesnetler deforme olabilen parça ve tırnaklar, sonlu eleman modellemesinde ise deforme olmayan rijit parça olarak modellenmiştir. ABAQUS/CAE’de analiz tipi olarak açık dinamik seçilmiştir. Kılavuz rayı modelinde kullanılan malzeme St37’den yapılmış olup Hooke Yasasına göre homojen ve izotropik elastiktir, mesnet modeli St42’den yapılmış olup Hooke Yasasına göre homojen ve izotropik elastiktir, tırnak modeli ise Cm45’ten yapılmıştır ve malzeme özellikleri Tablo 2’de verilmiştir (Koç, 2009).

Tablo 2. Malzeme özellikleri ve sonlu eleman özellikleri

Malzeme özellikleri	Kılavuz rayı	
Malzeme	: St37	
Akma gerilme mukavemeti	: 205 MPa	
Elastisite modülü	: 207 GPa	
Poisson oranı	: 0,3	
Yoğunluk	: 7850 kg/m ³	
Malzeme özellikleri	Tırnaklar	
Malzeme	: Cm45	
Akma gerilme mukavemeti	: 530 MPa	
Elastisite modülü	: 205 GPa	
Poisson oranı	: 0,3	
Yoğunluk	: 7850 kg/m ³	
Malzeme özellikleri	Mesnet	
Malzeme	: St42	
Akma gerilme mukavemeti	: 350 MPa	
Elastisite modülü	: 207 GPa	
Poisson oranı	: 0,3	
Yoğunluk	: 7850 kg/m ³	

Kılavuz rayının sonlu eleman modeli 6885 düğüme ve 4704 elemana (C3D8R) sahiptir. Benzer şekilde, kılavuz rayı konsolunun sonlu eleman modeli 6680 düğüme ve 4508 elemana (C3D8R) sahiptir. Kılavuz rayı konsolları 3 kısma ayrılır ve sonlu eleman modeli bu kısımlara göre oluşturulur. Tırnakların sonlu eleman modeli 1042 düğüme ve 4119 elemana (C3D4) sahiptir.

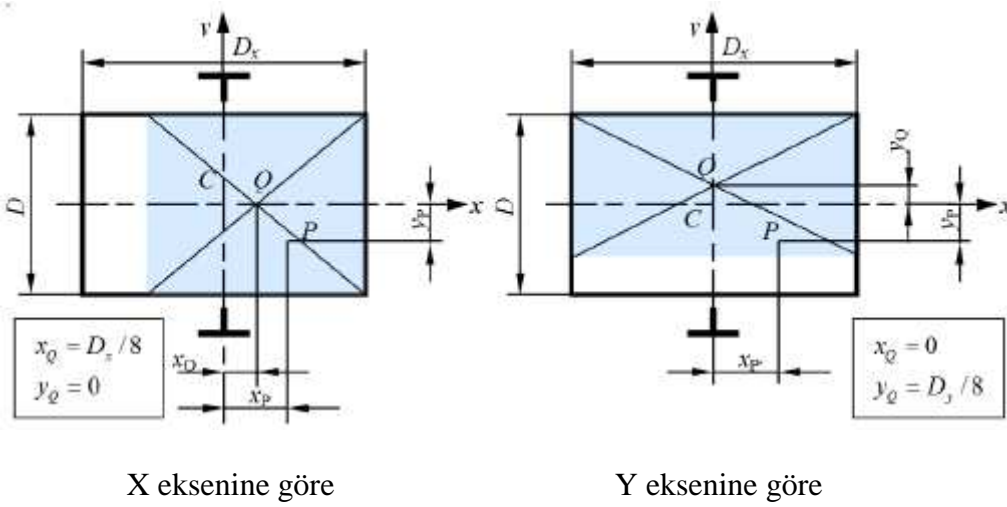
Verilen sonlu eleman modeli için üç farklı sınır koşulu belirtilir. Bunlar:

- Kılavuz rayı konsolu ile duvarın yan tarafı arasında 1 yer değiştirme ve 2 dönme sıfır olur ($U_3=UR_1=UR_2=0$).
- Kılavuz rayı konsolunu duvarın yan tarafına tespit etmek için kullanılan cıvatalar için bütün yer değiştirmeler sıfır olur ($U_1=U_2=U_3=0$).
- Kılavuz rayının tabanı ile kılavuz rayının tespit edileceği kuyu dibi kuyu dibi arasında bütün yer değiştirmeler ve dönüşler sıfır olur.

4. SAYISAL SONUÇLAR VE HESAPLAMA SONUÇLARI

Ray ve mesnetler üzerine etki eden yükler farklı durumlar için ilgili standarda (EN81-1) göre hesaplanmıştır; normal kullanım - çalışma, normal kullanım - yükleme, farklı yük dağılımlarıyla iniş emniyet freni tertibatı işletimi ve çıkış emniyet freni tertibatı işletimi.

Kuvvetleri, gerilmeleri hesaplama ve dolayısıyla kılavuz rayı ebadını seçme aracı ilgili standartta belirtilmiştir. Asansör kuyusunun tabanına tespit edilen kılavuz raylarının hesaplanmasında, burulma gerilmeleri yerine çekme gerilmeleri dikkate alınır. İlgili referansta sözü edilen hususlara dayanan kılavuz rayı hesapları kabul edilir (İmrak ve ark., 2008a). Bu çalışmada, merkezi olarak kılavuzlanmış ve asılmış kabin konfigürasyonu ve ilgili boyutlar Şekil 2’de gösterilmiştir (İmrak ve ark., 2008b).



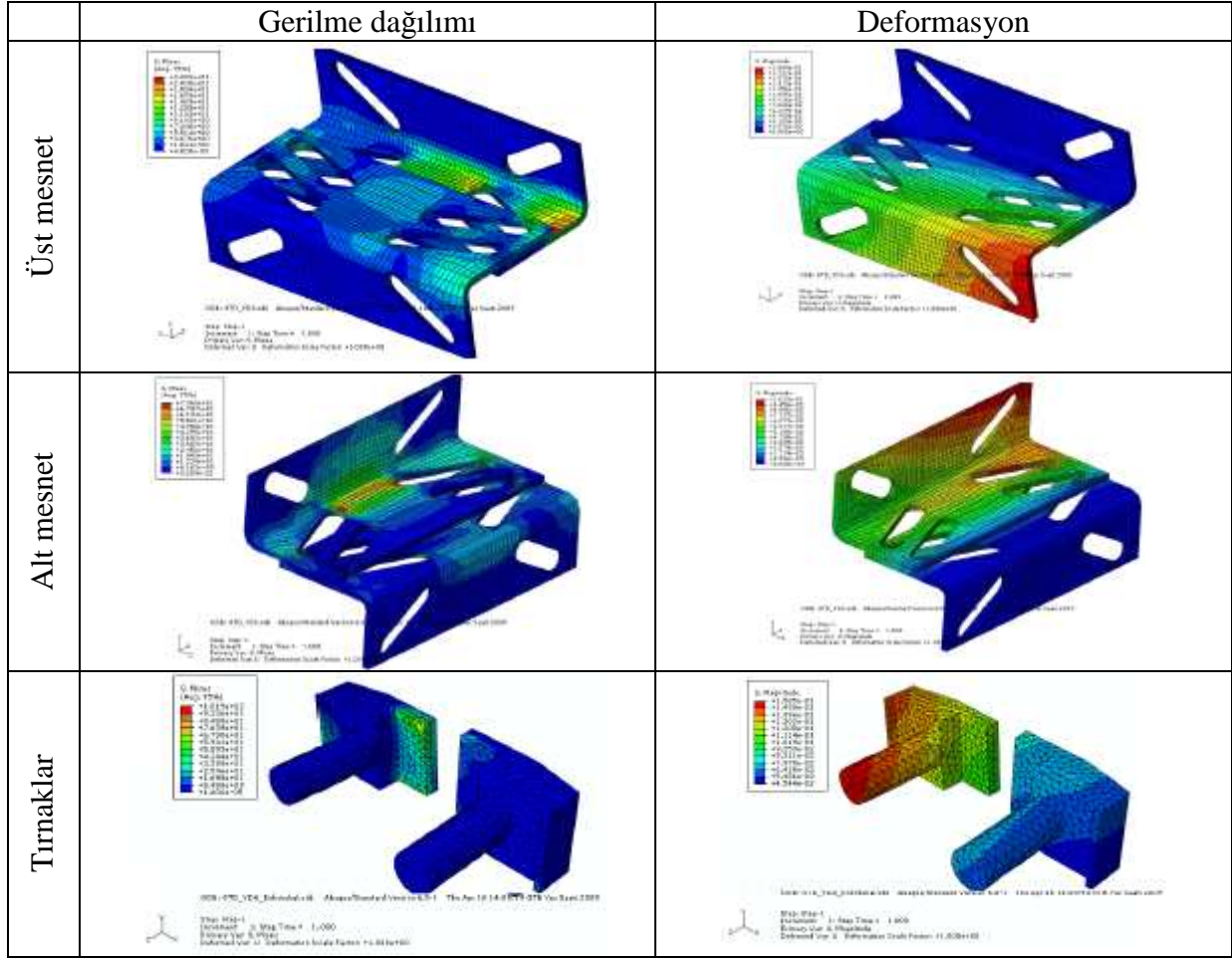
Şekil 2. Kabindeki yük dağılımı ve ilgili boyutlar

Kılavuz rayının farklı ekseninde bükülme gerilmelerinin hesaplanmasında aşağıdakiler kabul edilebilir:

- Kılavuz rayı kesintisiz bir kiriştir ve l uzunluğunda mesafelerde esnek tespit noktalarına sahiptir.
- Bükülme gerilmelerine sebep olan kuvvetlerin sonuç kuvveti bitişik tespit noktaları arasında orta noktaya etki eder.
- Bükülme momentleri kılavuz rayı profilinin nötr eksenine üzerine etki eder.

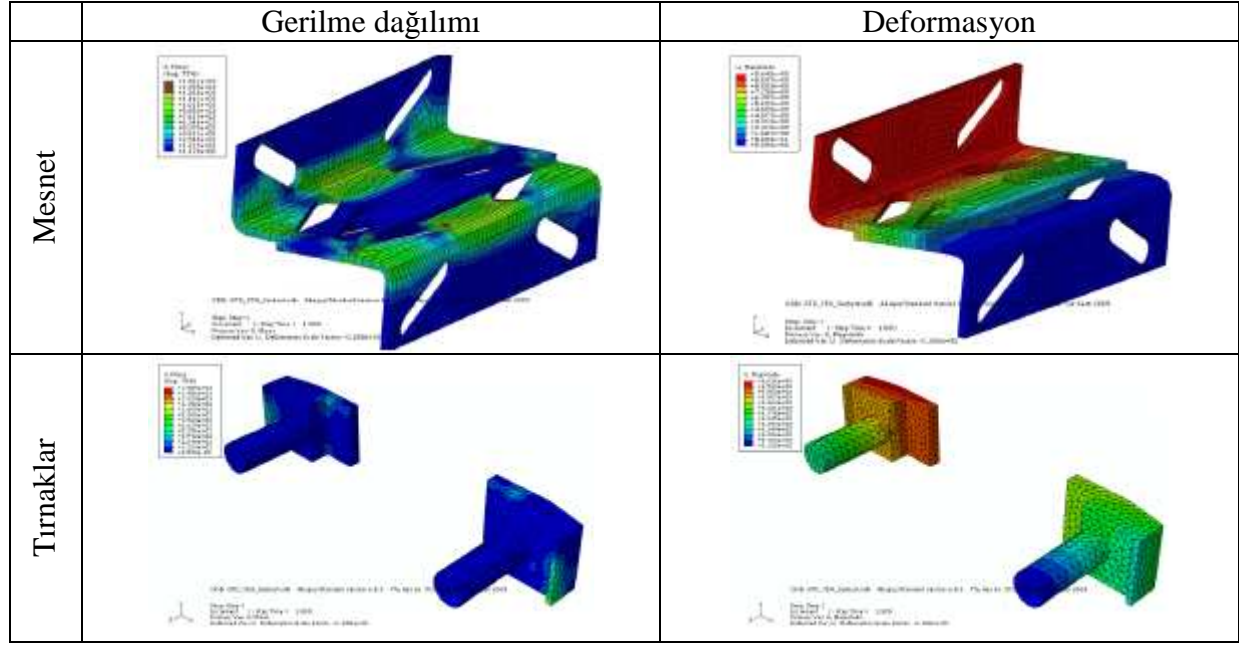
Kılavuz rayı kuyu dibinde alt uçta desteklenir ve kılavuz rayı konsolları kılavuz rayı boyunca birbirine düzenli mesafelerde yerleştirilir (Janovsky, 1999).

Kılavuz rayı konsolu ve tırnaklarının gerilme dağılımını ve sapmalarını analiz etmek için bir sonlu eleman analiz aracı olarak ABAQUS/CAE 6.6-1 yazılımı seçilmiştir. Normal kullanım - çalışma koşulu için gerilme ve deformasyon dağılımları Şekil 3’te gösterilmiştir ve yük dağılımı öndedir.



Şekil 3. Kılavuz rayı konsolu ve tırnakları üzerindeki gerilme ve yer değıştirmeler

Kılavuz rayının kuyu dibine tespitinin emniyet freni mekanizmasındaki etkilerini görmek için, bu çalışmada başka bir durum araştırılmıştır. Tablo 3'te görülebileceği gibi, kılavuz rayı kuyu dibine monte edildiğinde düşey yük rayın kendisi tarafından ve kısmen de mesnetler tarafından taşınır ve hem gerilme, hem de yer değıştirme değeri izin verilen sınırlar içindedir. Farklı bir durum için, kuyu dibine monte etmeme durumu için kılavuz rayı konsollarının ve tırnaklarının von Mises gerilme dağılımı ve yer değıştirmesi Şekil 4'te gösterilmiştir.



Şekil 4. Kuyu dibine monte etmeme durumu için kılavuz rayı konsolu ve tırnağı üzerindeki gerilmeler ve yer değiştirmeler

Kılavuz rayı konsolları ve tırnakları için elde edilen gerilme değerleri ve yer değiştirme değerleri Tablo 3'te verilmiştir. Bu sonuçlar ABAQUS/CAE yazılımından elde edilmiştir.

Tablo 3. Kılavuz rayı konsolu ve tırnakları için gerilme ve yer değiştirme değerleri

Durumlar	Yük dağılımı	Kılavuz rayı konsolu		Tırnak		
		Gerilme N/mm ²	Sapma mm	Gerilme N/mm ²	Sapma mm	
Normal kullanım - çalışma	Önde	22,03	0,18	21,2	0,14	
	Arkada	18,55	0,40	41,6	0,19	
	Sağda	42,45	0,16	12,1	0,08	
Normal kullanım - yükleme	Kapı tarafı	42,45	0,27	31,7	0,21	
	Emniyet freni mekanizması - iniş	Önde	77,60	0,41	65,6	0,12
		Arkada	48,80	0,29	48,2	0,12
Sağda		73,60	0,19	50,5	0,07	
Emniyet freni mekanizması - çıkış	Önde	48,62	0,25	132,6	0,23	
	Arkada	71,55	0,40	97,3	0,23	
	Sağda	87,63	0,33	102	0,16	
Kuyu dibine tespit edilmeyen kılavuz rayları	Önde	1502	9,70	1526	9,77	
	Arkada	1501	9,55	1623	9,6	
	Sağda	1521	9,60	1589	9,6	

Tablodan görüldüğü gibi, mesnetler ve tırnaklar için en önemli durum emniyet freni mekanizması işletimleridir. Fakat, bu çalışmada bütün yük dağılımları ve durumları için kılavuz rayı konsollarında ortaya çıkan gerilme değerleri ve yer değiştirme değerleri dikkate alınabilir.

Kuyu dibine kılavuz rayı tespit edilmemesi durumu dikkate alınır ve gerilme değerleri ile yer değiştirme değerleri hesaplanır. Tablo 3 aynı zamanda tespit edilme ve tespit edilmeme durumları için gerilme ve yer değiştirme değerlerinin karşılaştırmasını gösterir.

5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, farklı işletim durumlarında farklı yük koşulları için asansör kılavuz rayı konsolları dikkate alınır. Sistemin sonlu eleman modellemesi ve analizleri ABAQUS/CAE ticari yazılımı kullanılarak yönetilir. Çalışmadaki analizler, kılavuz rayı konsollarında ortaya çıkan gerilme ve yer değiştirme değerlerinin dikkate alınabileceğini, fakat en kritik durumların emniyet freni mekanizması işletimleri olduğunu gösterir. Sonuçlar, kılavuz rayının tespitinin kılavuz rayı ve kılavuz rayı konsolları için çok önemli olduğunu gösterir. Düşey yük çoğunlukla kılavuz rayı konsolu tarafından taşınır ve gerilme ve yer değiştirme değerleri izin verilen limitlerden daha yüksek hale gelir. Kılavuz rayı, emniyet freni mekanizması işletimi sırasındaki düşey hareket toleransı dikkate alınarak uygun şekilde tespit edilir.