

Hareketli Cephe İskelelerinde Tasarım Parametrelerinin İncelenmesi

^{*1}Naim Haskioğlu, ^{*2}Osman Eldoğan, ³Emine Aydın
¹Sakarya Üniversitesi, Makine Eğitimi Bölümü, 54187, Sakarya
^{*2}Sakarya Üniversitesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü, 54187, Sakarya
^{*3}Sakarya Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 54187, Sakarya

Özet

Günümüzde inşaat sektörü; gelişen teknoloji ile birlikte dünyada ve ülkemizde büyük bir gelişme göstermiştir. Özellikle yüksek binaların ön plana çıkması ile birlikte yüksek yerlere personel ve malzeme taşıma ihtiyacı gereksinimi oluşmuştur. Geleneksel iskelelerin yüksekliklerindeki sınırlılıklar, çalışan kişinin emniyeti açısından büyük bir tehlike oluşturmaktadır. Bu nedenle AB mevzuat ve standardına göre işçi güvenliğini ve emniyetini sağlamak amacıyla hareketli cephe iskele sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu çalışmada; oldukça ilkel bir yöntem olan, kişi emniyeti ve güvenliğini tehlikeye atan ve yükseklik sınırlılıkları bulunan geleneksel iskelelerin yerine alternatif olarak; kişi emniyetini ve güvenliğini sağlayan “hareketli cephe iskele sistemleri” tasarlanmıştır. Yapılan tasarım ve analizler neticesinde sistemin bir portatif çalışması yapılarak, tasarımın başarıya ulaştığı ve uygulanabilirliği gösterilmiştir. Ayrıca oldukça ergonomik olan bu sistemin zaman, maliyet ve dayanım süresi analizleri yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Hareketli Cephe İskele Sistemleri, Statik Analiz, Titreşim Analizi, Rüzgar Kuvveti

Inspecting Of Design Parameters in The System of Mast Climber Work Platform

Abstract

Nowadays the construction sector, with the developing technology, has developed greatly in world and our country. Especially, with the increasing number of tall buildings, the need of carrying the workers and the materials to the tall buildings appeared. The limited length of traditional stages creates high risk for the workers. For this reason, according to the EU legislations and standarts, to provide safety for workers, mast climber work platforms are needed.

In this work, instead of the traditional stages which are risky, short and primitive, alternatively; mast climber work platforms which provide safety and security are designed. In the result of the analyses and the projection which was designed, by doing portative work on this system, the applicability and the success of this projection has been showed. Also, cost and durability factors analyzed for this quite ergonomic system

Key words: Mast climber work platform, static analysis, vibration analysis, wind force

1. Giriş

Sözlük anlamıyla kaza; beklenilmeyen ve tahmin edilemeyen bir olaydır. Kişinin yaralanması ve/veya teçhizata veya mala zarar gelmesiyle sonuçlanır. Kaza; ihmâl, tedbirsizlik, dikkatsizlik veya herhangi bir işte ehliyetsizlik sonucu, ani olarak ve istenmeden meydana gelen, sonunda maddi ve manevi bir kayba veya üzüntüye neden olan bir olaydır. [1].

İş kazası kavramının ülkemizdeki hukuki yapısının değerlendirilmesinde 5510 sayılı Sosyal Sigortalar ve Genel Sağlık Sigortası Kanunu esas alınmıştır. Çalışma hayatı; çalışanın bedensel, ruhsal ve sosyal iyilik düzeyini belirleyen en önemli etkidir. İş sağlığı ve güvenliği sürekli gelişen ve değişen dinamik yapısı ile gelişmekte olan ülkelerde olduğu kadar gelişmiş sanayi ülkelerinde de toplumun gündemindedir. Her yıl azımsanmayacak sayıda insan çok rahatlıkla engellenebilecek ve hukuken de engellenmesi zorunlu olan iş kazaları ve meslek hastalıklarından yaşamını yitirmekte veya engelli hale gelmektedir.

Uluslararası Çalışma Örgütü (İLO) verilerine göre; dünyada her yıl 270 milyondan fazla çalışan iş kazasına uğramakta, 160 milyon işçi yaptığı iş nedeniyle hastalanmakta, yaklaşık 2 milyon işçi de iş kazaları ve meslek hastalıkları sonucu hayatını kaybetmektedir. Ülkemizde ise Sosyal Güvenlik Kurumu (SGK) verilerine göre; ortalama her gün 172 iş kazası meydana gelmekte, her gün 4 işçi iş kazaları nedeniyle yaşamını yitirmekte ve her gün 5 işçi sakat kalmaktadır. [2].

Ülkemizde inşaat sektörünün ön planda olması, ülke ekonomisine büyük katkıları olması ve iki milyona yakın kişinin çalışıyor olması nedeniyle, düşmeden dolayı meydana gelen iş kazalarının nedenleri ve bu nedenlere çözüm bulma gereksinimini ortaya çıkarmıştır. İnşaat sektöründe düşmelerden dolayı meydana gelen iş kazalarının nedenleri araştırıldığında; korkulksuz iskele yada platformlarda çalışmak, üzerine basılan yüzeyin kırılması, halat kopmaları, ankraj bağlantısının kopması, dengesi sağlanamamış iskele kurulumu, iskeleye iniş - çıkışlardaki zorluk, emniyet kemeri kullanmamak gibi nedenler sıralanmaktadır. Bu nedenler irdelendiğinde, meydana gelen kazaları önlemek için emniyetli ve güvenilir bir makineye gereksinim olmuştur. Bu nedenle ülkemizde pek yaygın olmayan hareketli cephe iskele sistemlerinin, Düşmeden dolayı meydana gelen İş kazalarını ciddi bir oranda azaltacağı öngörülmektedir.

Hareketli Cephe İskeleleri için otomatik inşaat iskeleleri veya çalışma platformları da denilebilir. Hareketli Cephe İskeleleri; her cepheye göre sökülebilen korkuluklardan, oval yüzeylerde çalışma imkanı sağlayan teleskopik uzantılı platformlardan, platformun, üst üste konulan direklerden (mastlardan) inip – çıkmasını sağlayan redüktörden, ani frenlemeyi sağlayan mekanik emniyet fren sisteminden, su terazili destek ayaklarından ve tekerlekli şasi den meydana gelen, çok kısa zamanda kurulabilen, 200 m ye kadar çıkabilen, 1.400 kg yük kaldıran elektrikli platformdur. Bina, gökdelen, kule ve gemi gibi yüksek yapıların cephelerinde kurularak, yük taşıma ve cephesinde çalışma imkanı sağlamaktadır.

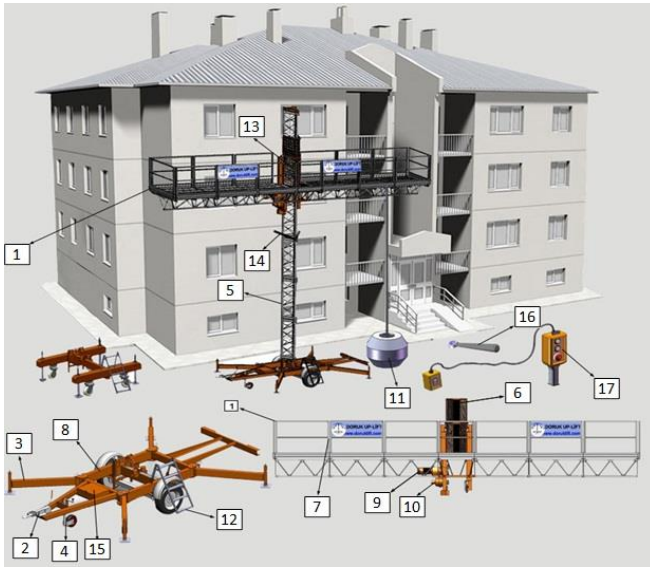
Bu çalışmada; hareketli cephe iskele sistemi Solidworks programı ile tasarlanmış, analizlerde Solidworks ve Ansys Workbench Mechanical programlarından yararlanılmıştır. Sistemin detaylı olarak maliyet, zaman ve dayanım süresi hesaplamaları yapılmıştır..

2. Hareketli Cephe İskele Sisteminin Tasarım ve Analizi

Bu bölümde hareketli cephe iskele sistemlerinin modellenmesi, statik analizi, titreşim analizi ve rüzgar hızı analizi yapılmıştır.

2.1. Sistemin Modellenmesi

Hareketli Cephe İskele Sistemleri tasarımı yapılırken, Türk Standartları Enstitüsü **TS EN 12811-1** [3], **TS EN 12811-2** [4] ve **TS EN 12811-3** [5] normları ve çalışma ve sosyal güvenlik bakanlığı mevzuatında olan yapı işlerinde iş sağlığı ve güvenliği tüzüğü ile yapı işlerinde iş sağlığı ve güvenliği yönetmeliği dikkate alınarak tasarım yapılmıştır. Hareketli cephe iskele sistemleri parçaları Solidworks part dosyasında çizilerek, Solidworks assembly dosyasında montajı yapılarak analize uygun hale getirilmiştir (şekil 1).



1. Platform
2. Frenli Çekme Tertibatı
3. Krikolu Destek Ayakları
4. Ön Destek Tekerleri
5. Mast
6. Koruma Tertibatı
7. Korkuluklar
8. Süspansiyon Akslı Ana Şasi
9. Motor Redüktör Grubu
10. Mekanik Emniyet Fren Tertibatı
11. Kablo Kovası
12. Merdiven
13. Elektrik Paneli
14. Ankreaj
15. Takım Kutusu
16. Kriko Anahtarı
17. El Kumanda Butonu

Şekil 1. Hareketli cephe iskele sisteminin Solidworks ile modellenmesi

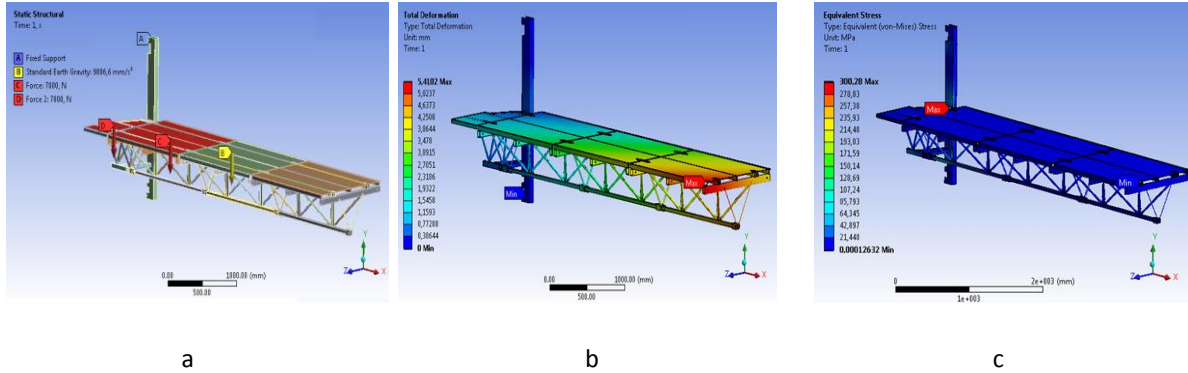
2.2. Statik Analizi

Statik analiz, yapıyı oluşturan kirişlerin maksimum yükleme koşulundaki maruz kaldığı gerilmelerin bulunmasını içermektedir. Malzeme olarak yapısal çelik St 37 kullanılmıştır. Tüm kanatlarda, sağda üç adet platform, solda üç adet platform ve ortada Taşıyıcı gövde bulunmaktadır. Toplamda altı platform ve ortada taşıyıcının bulunduğu söyleyebiliriz. Her bir platformda iki kişinin malzemeleri ile çalışacağı var sayarsak her bir platforma gelen yükün ortalama 200 kg (2.000 N) olduğu görülmektedir. Bu da tüm platform ile taşıyıcı gövdenin ortalama 14.000 N' luk bir yükü kaldırabileceği esas alınarak analiz yapılmıştır.

Analizlerden ilkinin taşıyıcı gövde üzerine 1.400kg' lık yükleme altında, ikinci analizi 700kg' lık yükü ikinci yürüme platformuna ve son olarak da 500 kg'lık yükü üçüncü yürüme platformuna uygulayarak gerçekleştirilmiştir. (100kg yükün yaklaşık eşdeğeri olarak 1.000 N' luk kuvvet uygulanmıştır.)

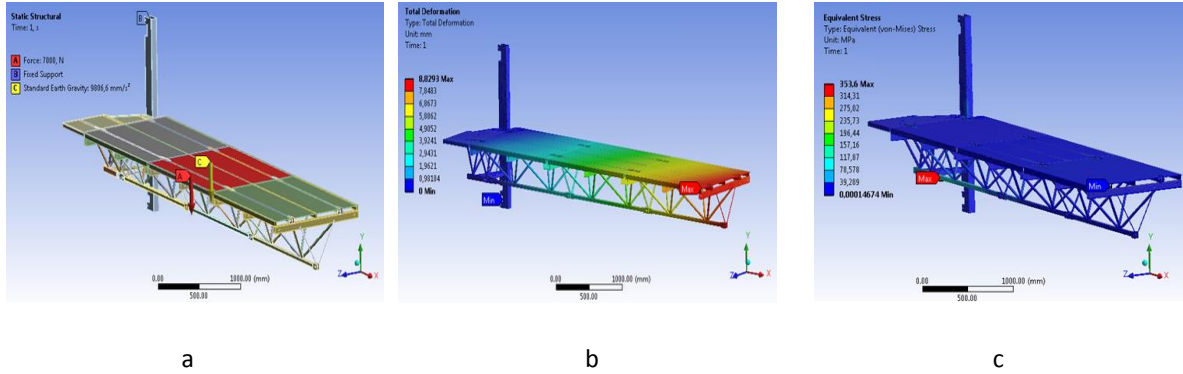
2.2.1. 14.000 N, 7.000 N ve 5.000 N Statik Yük Altında İlk Analiz Sonuçları

Öngörülen 1.400 kg lık yükün olası bir ihtimal ile göbek etrafında etkiyeceği düşünülerek C ve D noktalarına 14.000 N' luk kuvvet uygulanmıştır. 14.000 N' luk yük altında Toplam yer değiştirme max 5,4 mm olarak bulundu. Sonuçlara göre, 14.000 N' luk yük altında ortalama Eşdeğer Gerilme (von-Mises) 190 MPa ve max Eşdeğer Gerilme (von-Mises) 100 ile 170 MPa değerleri arasında görülmektedir. (Şekil 2)



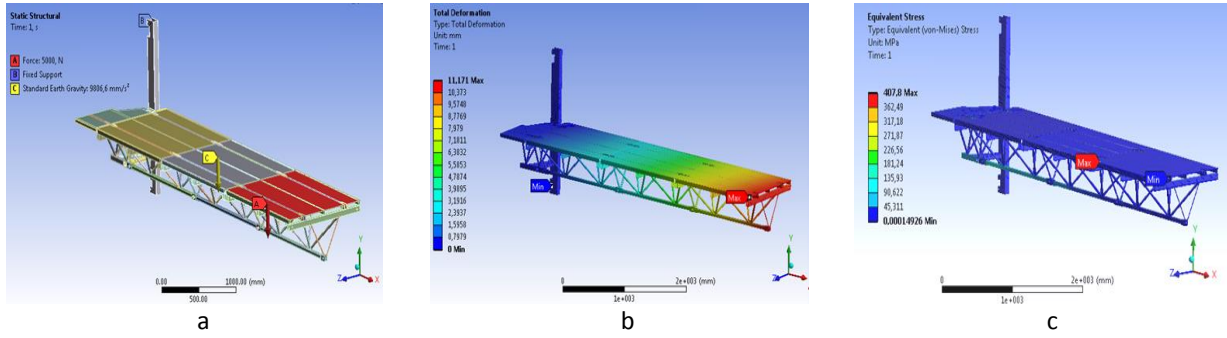
Şekil 2. 14000 N'luk yük için a) Kuvvet Uygulanmış Model, b) Toplam Yer Değiştirme Dağılımı, c) Eşdeğer Stres Dağılımı

Taşıyıcı gövde ve iki platform üzerinde 700 kg' lık yük ile çalışılacağı öngörülerek, A noktasına 7.000 N' luk kuvvet uygulanmıştır. 7.000 N' luk yük altında Toplam yer değiştirme; max 8,83 mm olarak bulundu. Sonuçlara göre, 7.000 N' luk yük altında ortalama Eşdeğer Gerilme (von-Mises) 215 MPa ve max Eşdeğer Gerilme (von-Mises) 130 ile 200 MPa değerleri arasında görülmektedir. (Şekil 3)



Şekil 3. 7000 N'luk yük için a) Kuvvet Uygulanmış Model, b) Toplam Yer Değiştirme Dağılımı, c) Eşdeğer Stres Dağılımı

Taşıyıcı gövde ve üç platform üzerinde 500 kg' lık yük ile çalışılacağı düşünülerek, A noktasına 5.000 N' luk kuvvet uygulanmıştır. 5.000 N' luk yük altında Toplam Yer Değiştirme; Max 11,171 mm olarak bulundu. Sonuçlara göre, 5.000 N' luk yük altında ortalama Eşdeğer Gerilme (von-Mises) 250 MPa ve max Eşdeğer Gerilme (von-Mises) 150 ile 220 MPa değerleri arasında görülmektedir. (Şekil 4)



Şekil 4. 5000 N'luk yük için a) Kuvvet Uygulanmış Model, b) Toplam Yer Değiştirme Dağılımı, c) Eşdeğer Stres Dağılımı

2.2.2. Eşdeğer Gerilme (Von-Mises)

Von Mises gerilmesi bir yapıda bir noktadaki eşdeğer gerilme değerini verir. Sünek bir malzeme için von Mises gerilmesi malzemenin akma mukavemet değeri ile karşılaştırılabilecek değerdir. Teorik çalışmalarda tercih edilir. Yapı Çeliklerinin akma gerilmesi, İş iskeleleri-performans gerekleri ve genel tasarım (TS EN 12811-2/Aralık 2005) [6] kriterlerine göre akma dayanımı 235 MPa olarak değerlendirilmektedir. Eşdeğer gerilmelerin bu değerin üzerine çıktığı bölgelerin olduğu açıktır. Lokal bölgelerde oluşan yüksek stres, dayanımı yüksek malzeme ve daha sağlam kaynak ile iyileştirme yapılarak bu sıkıntı giderilmektedir.

Malzemenin güvenli kabul edilebilmesi için; Von Mises gerilmesi: $\sigma \leq \sigma_{akma}$ şartı aranmaktadır.

2.2.3. Platformun 14.000 N, 7.000 N ve 5.000 N yük altındaki analizinin değerlendirilmesi

Aşağıdaki tabloda Platformun, 14.000 N, 7.000 N ve 5.000 N yük altındaki deformasyon (yer değiştirme) ve eşdeğer gerilmeleri görülmektedir.

Tablo 1. Statik Analiz Sonuçları

Uygulanan Yük	Deformasyon	Eşdeğer Gerilme (Von -Mises)
14000N	5,4mm	100 ile 170 MPa Arasında
7000N	8,8mm	130 ile 200 MPa Arasında
5000N	11mm	150 ile 220 MPa Arasında

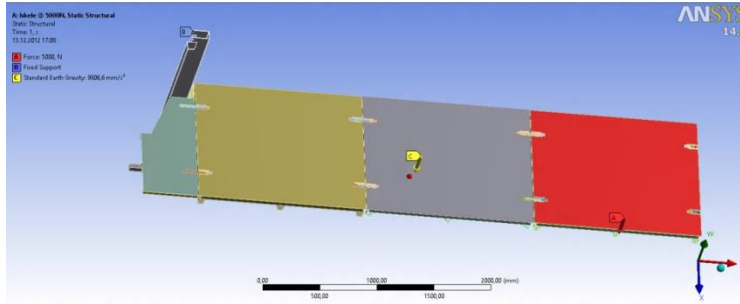
İş iskeleleri-performans gerekleri ve genel tasarım (TS EN 12811-2/Aralık 2005) kriterlerine göre akma dayanımı 235 MPa olarak değerlendirilmektedir. Analiz yapılan üç farklı yük durumunda lokal bölgelerde oluşabilecek yüksek stres nedeniyle, eş değer gerilmenin akma gerilmesinin üzerine çıkabileceği ihtimaline karşılık dayanımı yüksek malzeme ve daha sağlam kaynak ile iyileştirme yapılarak lokal bölgelerde oluşabilecek yüksek stres giderilecektir.

Zemin seviyesinde olan 1 cm olan açıklığın yüksekliğe doğru çıkıldıkça yaklaşık olarak 10 katına çıkacağı bilinmektedir. Bu nedenle hareketli cephe iskele sistemlerinin duvar ile mesafesi 15 cm düşünüldüğünde, oluşabilecek max yer değiştirmenin 1 cm yi geçmemesi arzu edilir. Yapılan analizde (Tablo 1.) max yer değiştirmenin 11,17 mm olduğu görülmektedir. Platformda meydana

gelen max yer değiştirme platformun uçlarında meydana gelmektedir. Platform ile duvar arası mesafe 15 cm düşünöldüğünde en uç platformda 11,17 mm yer değiştirme, arzu edilen değerdir.

2.3. Titreşim Analizi

Solid Works programı ile modellenen hareketli cephe iskele sistemi IGS dosya formatı ile kaydedilip ANSYS Workbench Mechanical programı ile titreşim analizi yapılmıştır. Model malzemesi olarak St 37 çelik seçilmiştir. Hareketli cephe iskele sisteminin titreşim analizi yapılırken, taşıyıcı gövde ve platformlarda oluşabilecek en fazla titreşim en uçtaki platformda oluşacağı için en uçtaki platformda max yük uygulanarak titreşim analizi yapılmıştır. Buna göre en uçtaki platformda iki kişi malzemeleri ile birlikte 500 kg olarak öngörölerek titreşim analizi yapılmıştır (Şekil 5).



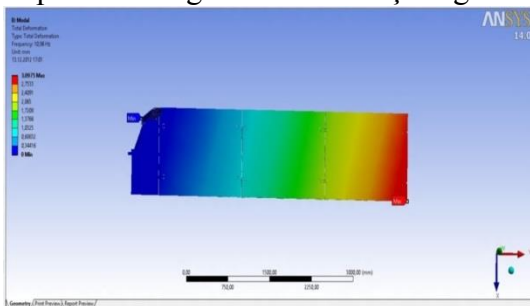
Şekil 5. Titreşim için Yüklenecek Kuvvetlerin Yerlerinin Tespiti

Taşıyıcı gövde ve üç platform üzerinde 500 kg'lık yük ile çalışılacağı düşünölerek, A noktasına 5.000 N'lık kuvvet uygulanmıştır. Yüklenecek kuvvetin yeri tespit edildikten sonra ANSYS Workbench Mechanical programında ilk altı mod değeri hesaplatılmıştır. Sonuçlar Tablo 5.2' de görölmektedir.

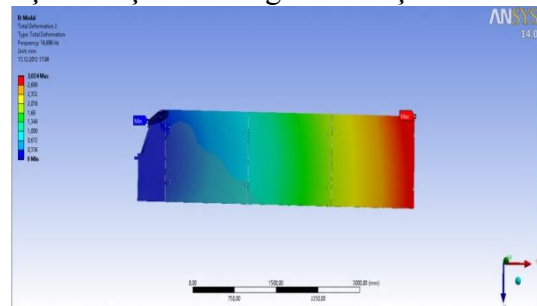
Tablo 2. Titreşim Frekansları

Mode	1	2	3	4	5	6
Frekans (Hz)	10,86	14,696	26,362	44,091	58,562	76,329

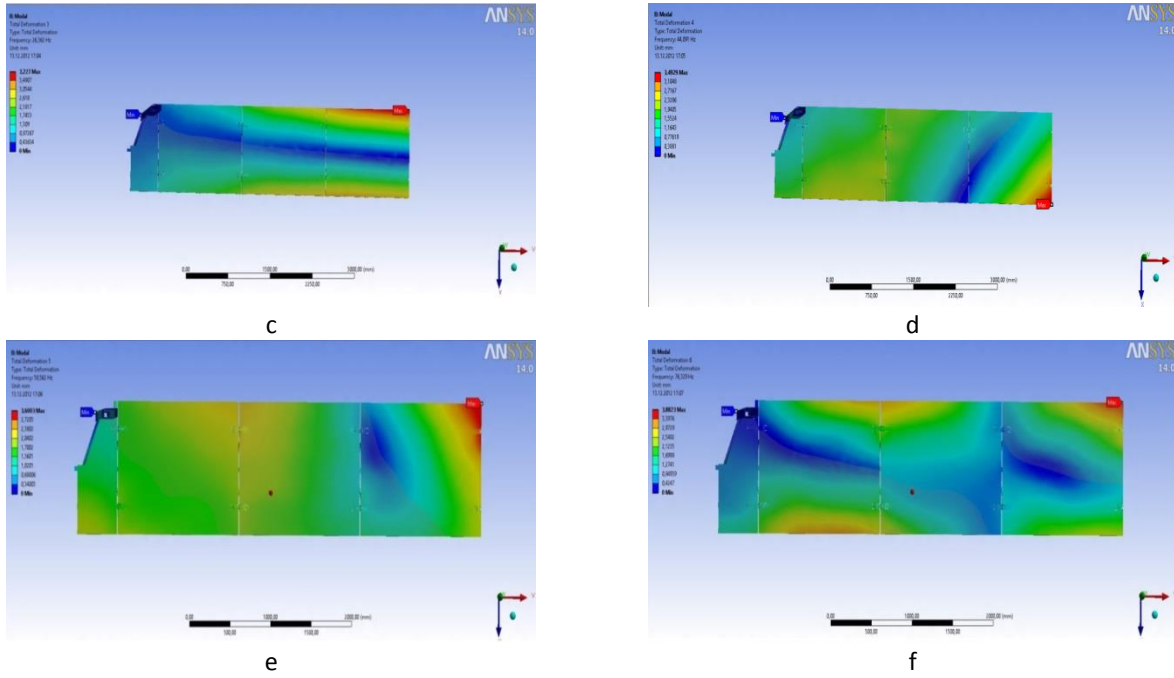
Hesaplanan 6 doğal frekansa karşılık gelen titreşim biçimleri Şekil 6'da gösterilmiştir.



a



b



Şekil 6. a) Birinci , b) İkinci, c) Üçüncü, d) Dördüncü, e) Beşinci, f) Altıncı Doğal Frekans

Ansyz Workbench Mechanical programı ile hareketli cephe iskele sisteminin cevap analizi yapılmıştır. Hesaplanan ilk 6 modu içine alması için frekans aralığı alt sınırı 10,86 Hz üst sınırı 76,329 Hz olarak belirlenmiştir. Taşıyıcı gövde ve uç platform üzerinde 500 kg' lık yük ile çalışılacağı öngörülerek, A noktasına 5.000 N' luk kuvvet uygulanmıştır. 10,86 ile 76,329 Hz arasında hesaplama yaptırılmış ve etki ettirilen noktanın titreşim cevap spektrumu elde edilmiştir.

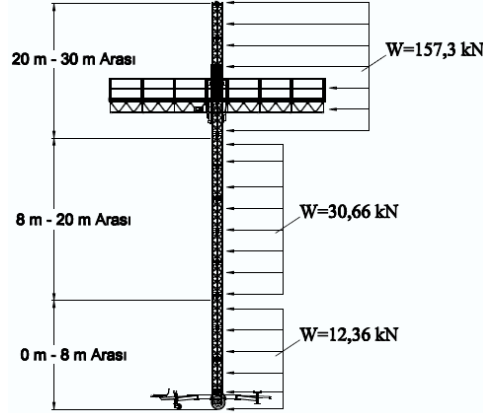
Platforma 5.000 N' luk kuvvet uygulanması sonucunda; sistemin altıncı doğal frekansında, etki noktası 76,329 Hz frekansta 3,8823 mm yer değiştirme meydana gelmektedir. Hareketli cephe iskele sisteminin tırmandığı yüzey ile arasındaki mesafe 15 cm olduğu düşünüldüğünde, platformun max yük altında bile çalışma yüzeyine çarpmayacağı öngörülmektedir.

2.4. Rüzgar Analizi

Rüzgar yükü, statik olduğu kabul edilen yapıya etkiyen yüküdür. Rüzgâr yükü her yönde en büyük değerde tesir eder şekilde gözönüne alınmalıdır. Rüzgar doğrultusu genellikle yatay kabul edilir fakat rüzgar açılı doğrultuda da olabilir. Rüzgar yükü Türk standardı (TS) 498 standardına göre hesaplanır. Hareketli Cephe İskele Sistemleri kule tipi yapı tipine girdiği için TS 498-1997 standardındaki 11.2.3 ve 11.3' e göre hesaplanır [7]. Rüzgarın esiş yönünde çarptığı yapı yüzeylerinde basınç, terk ettiği arka yüzeylerinde ve yalayıp geçtiği yüzeylerde emme kuvveti oluşur. Basınç veya emme kuvveti yapının geometrisi ve rüzgar hızına bağlı olarak değişir. Yapı kule tipi olduğundan ayak yüzeylerine 1,6q basınç ve 0,8q emme olmak üzere toplam $W= 2,4Xq$ kN/m² yatay kuvvet etkiyecektir.

Meteorolojiden alınan verilere göre, Yapı Yüksekliğine Bağlı Olarak Değişen Rüzgar Hızı Ve Emme Hız Basınç değerleri dikkate alınarak rüzgar hızı ve emme basıncı bulunmuştur. TS 498 standartlarına göre yapılan hesaplamalarda, hareketli cephe iskele sistemine etkiyen toplam

rüzgar kuvveti 200,32 kN olarak bulunmuştur (Şekil 7). Sistemin güvenli çalışabilmesi için gerekli rüzgar hızı ise toplam rüzgar kuvvetini geçmemelidir.



Şekil 7. Hareketli Cephe İskele Sistemine Etkiyen Rüzgar Kuvveti

Hareketli Cephe İskele Sisteminin hangi güvenli rüzgar hızında çalışabileceğini öğrenmek için, $q = V^2/1600$ kN/m² formülünde farklı rüzgar hızları denenerek q emme (hız basıncı) değerleri bulunmuştur. Bulunan q emme (hız basıncı) değerleri aşağıdaki tablolarda yerlerine konularak toplam rüzgar kuvvetinin üst sınır değeri bulunmuştur [8].

Tablo 3. Farklı Rüzgar Hızlarının Denenmesiyle Sisteme Etkiyen Toplam Kuvvetler

Rüzgar hızı (m/s)	q (kN/m ²)	Etkiyen Toplam Kuvvet (kN)
30	0,57	118,67
35	0,77	160,31
39	0,95	197,79
40	1	208,20

Hareketli Cephe İskele Sisteminde güvenli bir çalışma gerçekleşmesi için normal koşullardaki rüzgar kuvveti (200,32 kN), farklı rüzgar hızlarının denenmesiyle çıkan rüzgar kuvvetinden büyük olmalıdır. Yukarıdaki tablolarda farklı hızlardaki q emme (hız basıncı) denendiğinde 39 m/s' de 197 kN' luk güvenli max üst sınır rüzgar kuvvetini (200,32 kN) geçmeyecek en yakın değer olarak saptanmıştır. Bu nedenle hareketli cephe iskele sistemlerinin Max 39 m/s rüzgar hızıyla çalışılması öngörülmüştür. 39 m/s ve üzeri rüzgar hızlarında sistemin çalışması güvenlik açısından tehlikeli olduğu saptanmıştır. Çalışma ve sosyal güvenlik bakanlığı kaldırma araçlarında çalışma yönetmeliğine göre Max rüzgar hızında çalışma 45 m/s olarak öngörülmektedir.

3. Hareketli Cephe Sistemi İle Geleneksel İskele Sisteminin Karşılaştırılması

Bu bölümde hareketli cephe iskele sistemi ile klasik iskele sistemleri maliyet, dayanım süresi ve kurulum süresi yönünden analizi yapılarak değerlendirilmiştir.

3.1. Maliyet Analizi

Yapılacak olan maliyet analizi çalışmasında, aynı binanın dış cephesinde tadilat, sıva, izolasyon, boya vb. işlemler için kurulacak olan iki farklı iskele sisteminin karşılaştırılması yapılacaktır. Bina genişliği olarak ortalama 10 metre alınmış ve binanın on katlı olduğu düşünülerek yükseklik olarak da 30 metre seçilmiştir. Yapılan hesaplamalarda piyasa fiyatları kullanılmıştır.

Öncelikle yüksek yapılarda iş güvenliği sağlayan Hareketli Cephe İskele (HCİ) sisteminin maliyet analizi yapılmıştır. Tablo 4'te sisteme ait hesap tablosu ve sistemin görünüşü verilmiştir. Tablo incelendiğinde 300 m² lik bir cephe yüzeyinde kurulacak olan HCİ sistemin yaklaşık 13.000 TL olduğu görülmüştür. Maliyet analizinde amortisman giderleri ve KDV hesaba katılmamıştır.

Tablo 4. 300 m² lik tek cephe yüzeyde HCİ maliyeti

Malzeme Adı	Maliyet (TL)
Şasi ayağı toplam maliyeti	237,98
İskele gövdesi toplam maliyeti	1.696,55
30 m yükseklik için toplam mast maliyeti	1.919,57
İskele orta göbek toplam maliyeti	3.289,28
İskele orta platform toplam maliyeti	421,56
Altı platformun toplam maliyeti	2.492,22
Ön-arka 12 korkuluğun toplam maliyeti	203,73
Yan iki korkuluğun toplam maliyeti	123,98
Giriş korkuluğu toplam maliyeti	173,66
İşçilik ve diğer giderler	1.500,00
Elektrik sarf malz vb giderler	850,00
Toplam maliyet	12.908,52



Klasik iskele sisteminde 300 m² cephe yüzeyine sahip binada çalışma yapabilmek için, binanın tüm yüzeyini kaplayacak şekilde iskele boruları üst üste monte edilerek platformlar oluşturulur. Tablo 5'te klasik iskele sistemine ait maliyet hesabı ve sistemin görünüşü verilmiştir. Tablo incelendiğinde yaklaşık 8.400 TL' lik bir maliyet hesaplanmıştır.

Tablo 5. 300 m² lik tek cephe yüzeyde klasik iskele sisteminin maliyet hesabı

Parça ismi	Malzeme	Adet	Birim Fiyat (TL)	Toplam Maliyet (TL)
Çapraz bağlantı çubukları	Ø27x1,5	240	10,9	3.597
Yatay bağlantı çubukları	Ø27x1,5	120	10,9	1.308
H ayak	Ø42x1,5	75	33,8	2.535
Alt ayar mili		12	9,00	108
Tij duvar dayama		38	7,50	285
Çelik kalas	Sac	10	25,0	250
İşçilik		3	100	300
Toplam				8.383



İki sistemin maliyet hesaplarına bakıldığında klasik sistem ekonomik olarak görülmektedir. Fakat ülkemizde meydana gelen iş kazalarının üçte birinin inşaat sektöründe ve yüksekten düşme sonucu meydana geldiği düşünüldüğünde hareketli cephe iskele sisteminin kullanılmasının iş kazalarını azaltacağı aşikardır. Uluslararası kuruluşların yaptıkları çalışmalara göre, bir ülkede meydana gelen iş kazaları ve meslek hastalıkları, o ülkenin gayrisafı milli hasılası'nın % 3'ü ile % 5'i arasında maliyete neden olmaktadır. [9] Hareketli cephe iskele sistemi kullanılarak hem iş güvenliği artırılmış hem de ülke ekonomisine katkı sağlanmış olacaktır.

3.2. Dayanım Süresi Analizi

Her iki iskelede kullanılan çeliğin yapısı göz önünde bulundurulduğunda, iskelelerin kullanım sürelerinin normal koşullar altında ortalama 20 yıl olduğu öngörülmektedir. Aşağıdaki tabloda hareketli cephe iskele sistemi ve klasik iskele kullanım süreleri gösterilmiştir.

Tablo 6. Hci ve klasik iskelenin maliyet ve durabilitesinin karşılaştırılması

İskele Türü	Durabilite
Hareketli Cephe İskele Sistemi	25 yıl
Klasik iskele sistemi	20 yıl

Hareketli cephe iskele sistemi parçalarının tamamının daldırma galvanizli olması ve hareketli şasi ile bir yerden bir yere kolayca taşınması sebebiyle, taşınım esnasında klasik iskelelere oranla daha az zarar görmesi nedeniyle 5 yıl süreyle kullanım ömrünün artacağı öngörülmektedir.

3.3. Kurulum Süresi Analizi

İskele kurulumunda zaman, maliyeti doğrudan arttıran bir faktördür. Bu nedenle, iskele kurulum zamanının olabildiğince az olması tercih edilir. Hareketli cephe iskeleleri ile klasik iskele sisteminin kurulum süresi açısından karşılaştırmaları yapılmıştır (Tablo7 ve Tablo 8).

Tablo 7. Hareketli cephe iskele sisteminin kurulum süresi

Yapılan işlemler	Zaman (dakika)
Şasi ayaklarını açma ve terazi ile platformun dengelenmesi	20
Platformların açılması	15
Elektrik tesisatının çekilmesi	15
30 m ye çıkabilecek mastların (20 adet) yükleyiciden platforma konulması	20
Her bir mastın alt masta konularak 3 adet 27 mm lik cıvatalarının sıkılması	15
Toplam	85

Yukarıdaki tablo incelendiğinde; bir kişi ile, Hareketli cephe iskele sisteminin bina cephesinde kurulması yaklaşık 1,5 saat gibi kısa bir sürede kurulabildiği görülmektedir.

Tablo 8. Klasik iskele kurulum süresi

Yapılan işlemler	Zaman (dakika)
İskele monte edilecek zeminin düzleştirilmesi	60
İskelenin kurulması	180
Toplam	240

Klasik iskele sisteminin kurulumunun süresine bakıldığında 3 kişilik bir işçi ekibi ile yaklaşık 4 saatlik bir zamanda kurulabilmektedir.

Bu çalışmada, hareketli cephe iskele sistemlerinin kurulum süresi klasik iskelelere göre çok daha kısa sürede olduğu görülmektedir. Ayrıca bir binanın 4 cephesi olduğu düşünüldüğünde klasik sistemin sökülerek tekrar hazırlanması gerekmektedir. Bunun yanında, hareketli şasi üzerinde monte edilen hareketli cephe iskele sistemleri bir yerden başka bir yere taşımayı kolaylaştırdığı için hem zamandan hem de maliyetten ciddi tasarruf elde edilmektedir. Bu nedenle, hareketli cephe iskele sistemlerinin sektörde zamandan ve maliyetten tasarruf sağlayacağı açıkça görülmektedir.

4. Sonuç ve Öneriler

Hareketli Cephe İskele Sistemlerinde Yer Değiştirmenin 1 cm' geçmemesi arzu edilir. Çalışma sırasında yapılan değişik platform yüklemelerinde max yer değiştirme 1,2 cm bulunarak arzu edilen yer değiştirme miktarına yakın bir değer ortaya çıkmıştır. Redüktör boşa alınıp platformun düşmesi sağlanmıştır. 0,5 saniye de 78 santimetre Düşen platformun mekanik fren tertibatının devreye girerek platformu durdurduğu gözlemlenerek, mekanik emniyet fren sisteminin güvenilirliği fonksiyonel olarak kanıtlanmıştır.

Bu çalışma ile hareketli cephe iskele sistemleri tasarlanarak imalatı yapılmıştır. Tasarlanan modelin benzetimi sonucunda elde edilen statik analiz, titreşim analizi ve rüzgar yükü analizi bulgusu imalatı yapılan hareketli cephe iskelesinde çalışma sırasında alınan veriler ile karşılaştırılmıştır. Gerçekleştirilen bu çalışma ile Hareketli Cephe İskelelerinin;

- Kullanım ömrünün 25 yıl olduğu,
- Yaklaşık 13.000 TL ye imal edilebildiği,
- 200 m yüksekliğe kadar personel ve yük çıkartılabildiği,
- 1.400 kg yük kaldıracabildiği,
- Römork şasi olması nedeniyle kolayca yerinin değiştirilebileceği,
- Oval yüzeylerde teleskopik uzatmalarla çalışabilme olanağı sağladığı için her tür cephede çalışabilme imkanı sağladığı,
- 39 m/s Rüzgar Hızında çalışma imkanı sağladığı,
- Bir personel ile 85 dakika gibi kısa sürede kurulabildiği,
- Zaman ve iş güvenliği açısından yarar sağladığı, sonuçlarına varılmıştır.

Dünyada birkaç firma (Finlandiya, İtalya ve Almanya) bu makinanın üretimini yapmakta olup ülkemizde ise ancak bu firmaların temsilcileri ithalat yaparak makine gereksinimini karşılamakta ve sadece iki yerli firma bu makinanın basit bir versiyonunu imal etmekte fakat ciddi bir mühendislik çalışması yapılmamaktadır. İhtiyacın yerli olarak karşılanmasında bir yetersizlik bulunmaktadır. Bu da küresel ekonomik krizlerden en kolay etkilenen ülkemiz için bir döviz kaybına neden olmaktadır.

Teşekkür

HCİ'nin analizi safhasında DORUK-TEK YAPI Makine Mühendislik San. Tic. Ltd. Şti.'nden yararlanılmıştır.

Kaynaklar :

- [1] “İşçi Sağlığı Ve İş Güvenliği”, Yrd. Doç. Dr. Gökhan Oflluoğlu, Zonguldak, 1996.
- [2] “İş Sağlığı Ve Güvenliği Temel Bilgileri”, 1, Risk-Med Akademi Yayınları, S No 4, Ankara, 2011
- [3] “Geçici İş Donanımları-Bölüm 1: İş İskeleleri-Performans Gereklere ve Genel Tasarım, Ts En 128111-1”, Türk Standardları Enstitüsü, Ics 91.220, Türk Standardları Enstitüsü, S 6, Ankara, Aralık 2005
- [4] “Geçici İş Donanımları-Bölüm 2: Malzeme Bilgileri Ts En 128111-2”, Türk Standardları Enstitüsü, Ics 91.220, Türk Standardları Enstitüsü, S 10, Ankara, Aralık 2005
- [5] “Geçici İş Donanımları-Bölüm 3: Yükleme Deneyleri Ts En 128111-3”, Türk Standardları Enstitüsü, Ics 91.220, Türk Standardları Enstitüsü, S1-26, Ankara, Aralık 2005
- [6] “Geçici İş Donanımları-Bölüm 2: Malzeme Bilgileri Ts En 128111-2”, Türk Standardları Enstitüsü, Ics 91.220, Türk Standardları Enstitüsü, S 10, Ankara, Aralık 2005
- [7] “Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri Ts 498”, Türk Standardları Enstitüsü, Ics 91.040, Türk Standardları Enstitüsü, S 12-15, Ankara, Kasım 1997
- [8] “Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri Ts 498”, Türk Standardları Enstitüsü, Ics 91.040, Türk Standardları Enstitüsü, S 13, Ankara, Kasım 1997
- [9] “İş Sağlığı Ve Güvenliği Temel Bilgileri”, 1, Risk-Med Akademi Yayınları, S No 2, Ankara, 2011