

Yavuz Sümer 

AKDENİZ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Mühendisliği Programı
Antalya

Bekir Bediz 

SABANCI Üniversitesi
Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi
Mekatronik Mühendisliği Programı
İstanbul

Çok Fonksiyonlu Paralel Geçit ve Yüzme Merdiveni Tasarımı ve Analizi

Deniz araçlarında kullanılan deniz ekipmanlarında istiflenmiş verimliliği artırmak adına çok fonksiyonlu sistemler önem kazanmaktadır. Yatlarda personelin iskele ile irtibatını sağlayan hareketli köprü sistemleri olarak geçit merdivenleri, denize iniş merdiveni olarak kullanılan yüzme merdivenleri ve küçük deniz araçlarının güverteden denize transferini sağlayan vinçler bulunmaktadır. Bu çalışmada çok fonksiyonlu paralel geçit merdiveni tasarımı, kinematik ve dinamik analizleri yapılmıştır. Geliştirilen paralel mekanizma sayesinde geleneksel geçit merdivenlerine fonksiyonellik eklenerek hem denize inişi sağlayan yüzme merdiveni ve platformu olarak kullanılması hem de teknede bulunan deniz motoru gibi deniz araçlarının denize indirilmesi ve iskeledeki yüklerin tekneye transferi adına bir tür vinç olarak kullanılması sağlanmıştır. Sistemin ilk tasarımı çubuk mekanizmaları ile oluşturularak gerçekleştirilmiştir. Gerekli tasarım parametreleri kinematik analiz sonucu elde edilmiştir. Analiz çıktılarına göre mekanizmanın üç boyutlu (3B) modellenmesi SolidWorks bilgisayar destekli tasarım (CAD) programı kullanılarak oluşturulmuştur. Modelin yük altındaki davranışını incelemek adına dinamik analizi sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak sağlanmıştır. Çoklu gövdelerden oluşan modellerde sistem hareketini sağlayan eyleyicilerdeki torku hassas bir şekilde hesaplamak için ANSYS programı kullanılmış ve analitik yolla elde edilen kinematik analiz sonuçları doğrulanmıştır. Tekne tasarım isteklerine ve ilgili güvenlik kurallarına (BUREAU VERITAS-NI629-DTR00E) göre nihai tasarımı yapılan geçit merdiveni üretime hazır hale getirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: geçit merdiveni, paralel mekanizma, sonlu elemanlar analizi, dinamik analiz, kinematik ve kuvvet analizleri

Makale Bilgisi:

Araştırma Makalesi

Gönderilme: 16-07-2021

Kabul: 04-10-2021

*Sorumlu Yazar: Yavuz SÜMER

Email: yavuzsumer@sabanciuniv.edu.tr

Atf şekli/How to cite: Sümer, Y., Bediz B., Çok Fonksiyonlu Paralel Geçit ve Yüzme Merdiveni Tasarımı ve Analizi, Makina Tasarım ve İmalat Dergisi, 20 (2022) 2, 1-11.

GİRİŐ

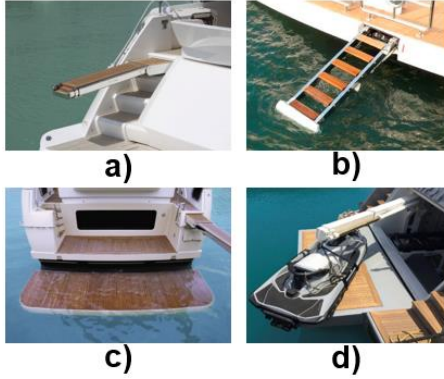
Günümüzde yat endüstrisi gelişen teknoloji ile birlikte gemi inşa sektöründe hızlıca gelişen dinamik bir alandır. Türkiye küresel çapta yüksek kaliteli süper yat üretiminde üçüncü sırada yer almaktadır. Yat üretiminde ve denizcilik sektöründe yer alan en önemli yapıtaşlarından birisi de deniz ekipmanlarıdır. Sevk, seyir ve aydınlatma sistemleri; elektrik, hidrolik ve mekanik sistemler; geçit merdivenleri, yüzme merdivenleri, platformları ve vinçler gibi geniş bir ürün yelpazesine sahiptir.

Geçit merdiveni deniz araçlarında yolcuların ve personelin tekne ile iskele arasında güvenli bir şekilde aktarımını sağlayan ve çoğunlukla hareketli mekanizmalarla açılarak geçici köprü görevi üstlenen sistemlerdir. Türleri uygulandıkları tekne tiplerine

göre değişmekte olan geçit merdivenlerinde özellikle yat kullanımları için fonksiyonellik ve estetik görünüm ön plana çıkan özelliklerdir. Estetik görünümü sağlamak için kullanılmadıkları durumda tekne gövdesi içinde katlanır veya teleskopik açılır mekanizmalı gizlenebilir ve kompakt geçit merdivenleri tercih edilmektedir. (Şekil 1.a) Şekilde gösterilen geleneksel geçit merdiveni, teknenin güvertelerini birbirine bağlayan sabit merdivenin üst basamağındaki boşluğa monte edilerek kullanım durumunda hidrolik sistemle teleskopik olarak lineer bir şekilde açılmaktadır.

Yüzme merdiveni yolcuların tekneden denize inişlerini sağlayan ve özellikle yatlarda estetikliği sağlamak adına teknedeki boşlukta gizlenebilir halde

bulunan hareketli sistemlerdir (Şekil 1.b). Yüzme platformları ise denize iniş ve dinlenme platformu olarak ve yatların arka bölümünde bulunan alt güverteye ek platform yapılarak kullanılan bir sistemdir (Şekil 1.c). Bu sistemler teknenin alt bölümünde ve su içinde bulunan kaldırma mekanizması sayesinde yatlarda kullanılmadığı durumda alt güverte ile aynı hizaya getirilerek estetikliği sağlayan ve kullanım durumunda ise su seviyesinin altına inerek işlevini yerine getirmektedir. Yatlarda kullanılan vinçler ise teknede bulunan küçük deniz araçlarının güverteden denize transferini sağlamak ve karadan tekneye yüklerin taşınmasını sağlamak adına kullanılmaktadır (Şekil 1.d).



Şekil 1 (a) Geçit merdiveni, (b) yüzme merdiveni, (c) yüzme platform ve (d) vinç

Deniz araçlarındaki istiflenme verimliliğinin artırılması ve genellikle yatlarda estetik görünümün sağlanması adına tekne içindeki boşluklarda konuşlandırılan gizlenebilir ve çok fonksiyonlu sistemler önem kazanmaktadır [1]. Geçit merdivenlerini kullanım alanlarına, mekanizmalarına, malzemelerine, uzunluklarına ve montaj konumlarına göre sınıflandırmak mümkündür; ancak literatürde geçit merdivenlerine fonksiyonelliklerine göre değinilmiştir.

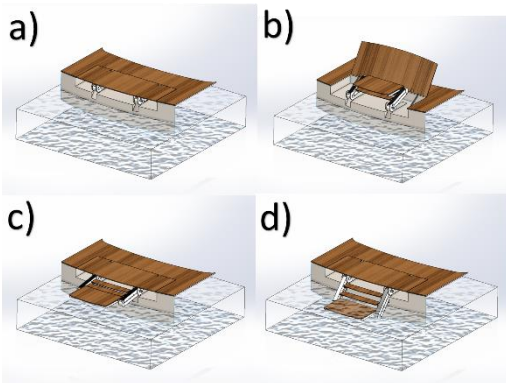
Franceschi ve arkadaşları [2] döner ve teleskopik geçit merdiveninin ucuna kablo taşıyıcı mekanizması ekleyerek kaldırma kabiliyetinden dolayı küçük bir vince çevirerek geçit merdivenine fonksiyonellik kazandırmıştır. Harici olarak monte edildiğinden dolayı yat uygulamalarında estetikliği sağlamayacağı için uygun değildir ve denize iniş merdiveni görevini yerine getirememektedir. Ivica [3] dişli ve çubuk mekanizmaları ile paralel geçit merdiveni, yüzme platformu ve yük kaldırma sistemi görevi de gören ve deniz suyuna tekneye karşı teknenin arka bölümünün sızdırmazlığını sağlayan hidrolik silindir tahrikli arka kapak geliştirmiştir. Dikey olarak kapanarak kapak vazifesi de görecek için istenilen yüksekliği sağlayamayan yat gövde formları için uygun değildir ve tam olarak sistem gizlenmediği için estetik açıdan da uygun değildir. Grimaldi [4] kasnak ve zincirden

oluşan mekanizma ile paralel geçit merdiveni, yüzme merdiveni ve kaldırma görevi gören hidrolik silindir tahrikli fonksiyonel hareketli platform geliştirmiştir. Merdiven paralellliğini sağlamak adına çubuk mekanizması yerine kullanılan kompleks mekanizma ve yüzme platformu kullanım için açıldığında tekne yüzeyinde oluşan boşluğun estetiği olumsuz etkilemesi dezavantajlarındandır. Ricci [5], kremayer ve dişli mekanizmalı denize iniş merdiveni olarak da kullanılabilecek taşınabilir geçit merdiveni geliştirmiştir. Her kullanım öncesi taşınması gerektiğinden ve eyleyici tahrikli olmadığından hareket kabiliyetinin kısıtlı olmasından dolayı yat uygulamaları için kullanışlı değildir. Mueller [6] sabit merdiven ve ucundaki yüzme platformundan oluşan ve kapalı durumda ters bir şekilde teknedeki boşlukta monte edilmiş ve konumuna göre dönerek açıldığında tekneden denize inişi sağlayan merdiven ve platform tipine dönüşen bir sistem geliştirmiştir. Ancak, tekne formuna göre belirli eklemlerden dönerek kapanması ve arka kapak görevi de görmesi gerekliliği ve paralel hareket sağlayamadığı için yük taşıyamaması başlıca eksiklikleridir. Grimaldi [7], teknenin arkasında ek olarak bulunan hareketli yüzme platformuna paralel merdiven mekanizması da ekleyerek, platform su hattının altına indiğinde otomatik denize iniş merdiveni olarak açılan bir sistem geliştirmiştir. Hareketli platform olarak yüksekliği en fazla teknenin yüzeyi ile aynı hizaya olacak şekilde sınırlandırıldığı ve merdiven mekanizması geçit merdiveni görevi de göremediği için kullanışlı değildir. Bröskamp ve Bergforth [8], kapalı halde U şeklinde bölünmüş ve teknenin sabit platformuna ek olarak duran ve açıldığında ortası boş ve yanlardan denize iniş merdiveni ve ucunda yüzme platformuna dönüşen paralel ve altında konuşlanan hidrolik silindirlerle hareket eden bir mekanizma geliştirmişlerdir. Ancak sistemin teknenin arka bölümüne ek olarak kullanılması gerekliliği teknenin form yapısını olumsuz etkileyebilmektedir. Son olarak, Sümer ve Bediz [9] teleskopik geçit merdivenine paralel çubuk mekanizması ekleyerek ve geleneksel geçit merdivenlerinin aksine platformda saklayarak hem güverteleri birbirine bağlayan sabit merdiven hem de kullanıldığında teleskopik geçit merdivenine dönüşen fonksiyonel paralel mekanizma geliştirmişlerdir. Ancak, teknedeki konumu itibari ile yüzme ve kaldırma platformu ve denize iniş merdiveni olarak kullanılamamaktadır.

Ayrıca, literatürde yeni geçit merdiveni tasarımlarında kinematik, statik ve kuvvet analizlerine sıklıkla başvurulmuştur. Zhiven ve arkadaşları [10], Merriau [11], Stuberger ve Amudsen [12], Li ve arkadaşları [13] ve Dong ve arkadaşları [14] geliştirdikleri geçit merdivenleri çalışmalarında kinematik analiz uygulamışlardır. Genç [15], Yunus [16] ve Kumar [17] tasarladıkları geçit merdivenlerinde statik analizden faydalanmışlardır.

Son olarak, Salzman [18], Yu [19] ve Sümer ve Bediz [9] paralel geçit merdiveni tasarımında sırasıyla mekanizmaların hareketini, eyleyicileri ve modelin yük altındaki davranışlarını incelemek amacıyla kinematik, kuvvet ve statik analiz uygulamışlardır.

Bu çalışmada deniz araçlarının istiflenme verimliliğinin artırılması için yatlarda kullanılan geçit merdivenlerinin fonksiyonelliğinin artırılarak, personelin iskeleye erişimini sağlayan geçici köprü sistemine ek olarak hem denize inişi sağlayan yüzme merdiveni ve yüzme platformu hem de tekne ile deniz arasında küçük deniz araçlarının transferini ve tekne ile iskele arasında yüklerin transferini sağlayan bir tür vinç (kaldırma platformu) görevi gören ve estetik görünümü kapak ile koruyan çok fonksiyonlu paralel geçit ve yüzme merdiveni ve platformu mekanizması geliştirilmiştir (Şekil 2) Geçit merdiveni, Şekil 2.a'da gösterildiği üzere, yat hareket halinde iken kullanılmadığı durumda teknede açılan boşluğun içinde üstündeki kapak ile gizlenerek durmaktadır. Şekil 2.b'de gösterildiği üzere kapak açıldıktan sonra, paralel 4-çubuk mekanizması yüzme platformunu zemine paralel olacak şekilde hareket ettirmektedir. Bu aşamada platform üzerinde herhangi bir deniz aracı/yük taşınmayacağı durumda kapak açılı halde kalkıp geçit merdiveninin konumuna göre kapanabilmektedir. Şekil 2.c'de geçit merdiveninin paralel konumda yolcuların kara ile olan transferini sağlama durumu gösterilmektedir. Üstelik tekne ile iskele arasındaki yükseklik farkına göre istenilen açıda durması da sağlanabilir. Geçit merdiveni, Şekil 2.d ise suya batmış durumda denize iniş merdiveni vazifesi görebilmektedir.



Şekil 2 Çok fonksiyonlu paralel geçit ve yüzme merdiveni ve platformu mekanizması

Geliştirilen mekanizma sayesinde geçit merdiveni personelin tekne ve iskele arasında transfer amaçlı kullanılmadığı durumlarda, (i) denize iniş sağlayan ve dinlenme platformu gören bir denize iniş merdiveni görevi görmekte ve ayrıca (ii) güvertede bulunan küçük deniz motorlarının yüzme platformu üzerinde denize transferini ve tekneye geri alınmasını sağlayan bir tür kaldırma platformuna dönüşerek

fonksiyonellik kazanmıştır. Aynı zamanda yer kısıntısı olan teknelerde birçok görevi de üstlenerek istiflenme verimliliği de sağlanmıştır. Ayrıca, yüzme platformu diğer sistemlerde kapak görevini de üstelendiği için kullanıldığı durumda teknede boşluk oluşmaktadır; ancak bu eksiklik geliştirilen üst kapak sistemi sayesinde geçit merdiveni kullanıldığında veya kullanılmadığında güvertede açılan boşlukta güverte ile aynı seviyede yer alarak estetik bir görüntü sağlanarak giderilmiştir. Üstelik bu kapak sistemi ile yüzme platformunda tırbazanların yerleştirmesini sağlayan yuvalar ve deniz aracının güvenli bir şekilde inmesini sağlayan kilit yuvalarına rahatlıkla erişilebilmektedir. Geliştirilen paralel çubuk mekanizması sayesinde merdiven ve platformunun geçit merdiveninin her açısında paralel kalması sağlanarak her açıda rahatlıkla kullanılabilmesi de sağlanmıştır. Yatlarda kullanılan geleneksel geçit merdivenlerinin montaj konumunun (Şekil 1.a: güverteler arası merdiven bölümü) yerine teknenin daha arka bölümünde yer alması sayesinde nispeten daha kısa geçit merdivenini kullanılabilmesi de sağlanmıştır. Son olarak, paralellığın sağlanması adına diğer istemlerde kullanılan dişli-kremayer ve kasnak-zincir gibi daha karmaşık mekanizmalarının ve hidrolik silindirli eyleyicilerden oluşan döndürme mekanizmalarının yerine çubuk mekanizması kullanılması ve hidromotorlu eyleyicilerden oluşan döndürme mekanizması kullanılması ile mekanizmanın üretilmesi de kolaylaştırılmıştır. ,

TASARIM GEREKSİNİMLERİ

Geçit merdiveninin tasarım gereksinimleri denizde güvenlik kuralları ve standartlar (BUREAU VERITAS-NI629-DTR00E) (Bureau Veritas, 2016) ile kullanılabilmesi muhtemel 34 metre bir yatın karakteristik özellikleri [21] dikkate alınarak belirlenmiştir. İlgili kurallar ve standartlara göre:

- Tasarımda kullanılacak malzeme deniz korozyonuna karşı dayanıklı olmalıdır.
- Geçit merdiveninde tekne ile iskele arasında doğabilecek yükselti farklarını gidermek için bir dönme özelliği olmalıdır ve bu açı 15 derece ile (kaymaz yürüme yüzeyi sağlandığında 20 derece) sınırlandırılmalıdır.
- Normal kullanım ve acil tahliye koşullarında, kapasite sayısında (kişi başı 100 kg) ve bir kişi sedyede taşınma durumundaki yük kapasitesinde iken tasarımdaki güvenlik katsayısı sırasıyla en az 1,5 ve 1,1 olmalıdır.
- Merdivenin basamakları arasındaki mesafe sırasıyla en fazla 0,24 metre olmalıdır.
- Geçit merdiveninin emniyet uzunluğu yani teknenin karaya yanaştığı uç noktasından iskele ile arasındaki mesafesi 1,5 metreden az olmamalıdır.

Teknenin tasarım sınırlarına ve karakteristik özelliklerine göre:

- Geminin dengesinin sağlanması adına denge hesaplarına göre geçit merdiveninin ağırlığı 0.75 tonu geçmemelidir.
- Sistemin tamamen açılma süresi bir dakikadan fazla olmamalıdır.
- Geçit merdiveninin eni boyu ve yüksekliği Teknede açılacak en fazla boşluğun sınırlandırılmalarına göre 2x3x0.4 metreyi geçmemelidir.
- Tekneden en az 400 kg ağırlığındaki bir deniz motorunu taşıyabilecek kapasitede olmalıdır.
- Denize iniş merdiveni olarak kullanıldığı durumda yüzmeye platformu su hattının en az 20 cm aşağısında olmalıdır.
- Yüzmeye platformu denizde en az 4 kişiyi taşıyabilecek kapasiteye sahip olmalıdır.

TASARIM

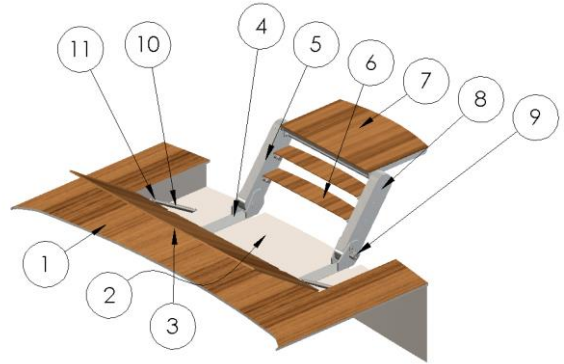
Tasarım geliştirilmesi aşamasında öncelikle mekanizmanın kavramsal tasarımı düzlemsel olarak çizilmiş ve uzunlukları, konumları değişken olarak ifade edilmiş ve tasarım isteklerine göre nihai uzunluklar analiz yardımı ile elde edilmiştir. Bu verilerden yola çıkarak da üç boyutlu (3B) tasarımı bilgisayar destekli tasarım programı (CAD) olan SolidWorks yardımı ile oluşturulmuştur. Ancak mekanizmaların ve kavramsal tasarımın daha kolay anlaşılması adına ilk önce nihai tasarım ve parçaları anlatılacaktır. Nihai tasarıma ulaşma aşamasında kavramsal tasarımdan yola çıkılarak elde edilen ilk tasarıma dinamik, statik ve kinematik analizler uygulanarak tasarımda gerekli iyileştirmeler yapılmıştır. Tasarım programında parçalar arasında montaj ilişkileri tanımlanarak mekanizmaların çalışması da kontrol edilmiştir.

Şekil 3'te geliştirilen geçit merdiveni tasarımının ana parçaları gösterilmektedir. Tekne güvertesi (1) içinde açılan boşluğa (2) yerleştirilen geçit merdiveni kapak (3) yardımı ile gizlenmektedir. Geçit merdiveni tekneye destek parçası (4) yardımı ile bağlanmaktadır. Destek parçasına eklenen paralel çubuklar (5) arada bulunan merdiven (6) ve uçta bulunan yüzmeye platformu (7) ile paralel merdiven oluşturulmuştur. Bu çubuk sistemleri kol kapakları (8) ile gizlenmiştir. Geçit merdiveni paralel alt çubuğun hidromotor eyleyici (9) tarafından döndürülmesi sayesinde hareket etmektedir. Ayrıca kapağı hareket ettiren hidrolik silindirlere (10) de kapağa bağlantı noktasından (11) eklenmiştir. Son olarak, personelin geçişi sırasında güvenliğini sağlamak adına her iki tarafta bulunan taşınabilir korkuluklar eklenmiştir. Basitçe sistemin ana bileşenleri 3 başlık altında anlatılacaktır: ana gövde, paralel çubuklar ve yürüme yolu.

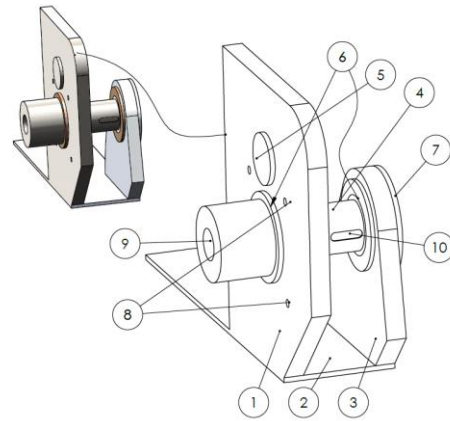
Ana Gövde

Ana gövde, tekne gövdesi içerisinde açılan boşluğa sabitlenerek geçit merdiveninin tekne ile bağlantısını paralel kolların millerini yataklayarak sağlayan bölümdür. Ayrıca hidromotor ana gövdeye bağlanarak geçit merdiveninin dönüşünü de sağlamaktadır.

Şekil 4'te gösterildiği üzere, üç adet plakadan (1,2 ve 3) oluşmuş yapı tekneye (2) numaralı plaka yardımıyla sabitlenmektedir. (4) numaralı mil ve (5) numaralı pimler paralel çubukların sırasıyla alt ve üst koldaki deliklerin bağlandığı parçalardır. Bu pim ve mil arasındaki mesafe paralel çubukların platforma bağlanan ucunda da korunarak paralel 4-çubuk mekanizması sağlamıştır.



Şekil 3 Geçit merdiveni tasarımı ana parçaları



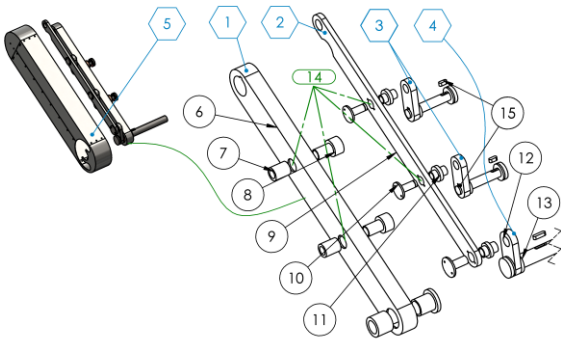
Şekil 4 Ana gövde parçaları

Ana gövdenin plakadan oluşan yapısında paslanmaz çelik kullanılmış olup, lazer yardımıyla kesilen plakaların kaynak ile birleştirilmesinden oluşturulmuştur. Milin hassas dönmesi adına açılan deliklere bronz burçlar (6) yerleştirilmiştir ve (7) numaralı flanş yardımı ile plakaya (3) açılan mil deliği kapatılmış ve mil yataklanmıştır. Ayrıca üst pim ucuna

açılan segman yuvası sayesinde üst kolun pimdeki doğrusal hareketini kısıtlamak adına segman takılmaktadır. Hidromotor plakadaki dişlere (8) üzerindeki deliklerden atılan cıvatalarla sabitlenecek olup alt mil üzerinde açılan kama yataklı deliğe (9) hidromotorun döner ucu eklenecektir. Bu motor sayesinde dönebilen milin dönme hareketini paralel çubuktaki kola aktarmak adına kama yatağı (10) da açılmıştır.

Paralel Çubuklar

Geçit merdiveninin ikinci bölümü olan paralel çubuk mekanizması Şekil 5'te gösterildiği üzere beş ana parçadan meydana gelmektedir: (1) alt kol, (2) üst kol, (3) basamak kolları, (4) platform kolu ve (5) kapak. Alt kolun yapısında (6) paslanmaz çelik dikdörtgen kesitli kutu profiller kullanılmış ve bu profillerdeki deliklere mukavemeti artırmak adına paslanmaz çelik borular (7) kaynak yolu ile eklenmiştir. Bu borular içerisine de pirinç burçlar (8) eklenerek ana gövdedeki mil ve pimlere direk olarak eklenmesi sağlanmıştır. Üst kol sac levhadan kesilerek elde edilen ince çubuktan (9) ve bu parçadaki deliklere vidalanarak sabitlenen pimlerden (10) oluşmaktadır. Ayrıca bu pimler basamak ve platform kollarına burç (11) yardımıyla bağlanmaktadır. Bir uçları ana gövdeye bağlanan çubukların (1 ve 2) diğer bir ucuna platform kolu bağlanmıştır. Ana gövde kısmında da değinildiği üzere, paralel 4-çubuk mekanizmasının sağlanması adına korunan delik mesafesi platform kolundaki delik (12) ve mil (13) arasındaki mesafe ile eşittir. Paralel çubuk mekanizmasının sağlandığı bu çubukların üzerinde yine eşit mesafede açılan ara deliklere (14) eklenen pim ve burç yataklara (3) numaralı merdiven bağlantıları eklenmiştir.



Şekil 5 Paralel merdiven parçaları

Tasarımın bu bölümünde dikkat edilmesi gereken en önemli husus paralel kolların dönerken ara çubuklardaki (3,4) bağlantılarla çarpışmamasıdır. Buna sağlamak adına kolların arasında boşluk bırakılarak aynı düzlemde dönmeleri ve bu boşlukta yer alarak yer alarak kolların bağlantısını sağlayarak 4-çubuk mekanizmasını tamamlayan özel platform ve

merdiven bağlantıları gereklidir. Görüldüğü üzere, alttaki pim (12) ile alt koldaki deliklerden geçerek üst koldaki pimlere deliklerinden (13) bağlanan bu ara bağlantılar üst kol ve alt kolun arasında kalacak şekildedir. Ayrıca montajın daha kolay yapılması ve arıza durumunda ilgili parçayı kolaylıkla sökmek adına merdiven ve platform bağlantıları kama yataklı olarak (15) ve pullarla ve tespit halkalarıyla sabitlenerek veya hareketleri belirli yönlerde kısıtlanarak hazırlanmıştır. Örneğin, bağlantı parçası kaynak yolu ile yekpare de olabilirdi; ancak bağlantı parçaları kolların arasında olduğundan dolayı tekne üzerinde iken herhangi bir parça değişimi sırasında bağlantı parçasını veya merdiven ve platformu sökebilmek adına alt kol ve üst kolun ana gövdeden çıkarılması gerekirdi. Bunu önlemek adına parça bağlantılarında kama yataklı ve vidalı sistemler tercih edilmiştir. Üstelik burç ile pim ve mil bağlantılarında H7-j6 mil-delik geçme toleransları uygulanarak hassas bir şekilde paralel mekanizmanın çalışması amaçlanmıştır. Özetlemek gerekirse paralel kollara takılan ara merdiven ve platform bağlantı çubukları, paralel 4-çubuk mekanizması sayesinde her zaman dikey konumda kalacağından dolayı bu bağlantılara eklenecek merdiven ve platformlarında zemine paralel kalması sağlanacaktır.

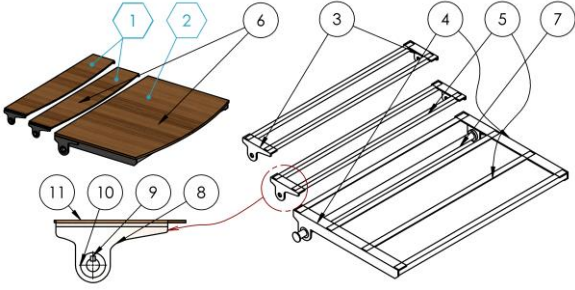
Yürüme yolu

Geçit merdiveni olarak kullanıldığında yürüme yolunu oluşturan merdiven ve yüzme platformu yüzme amaçlı kullanıldığında denize iniş merdiveni görevini görmektedir.

Şekil 6'da gösterildiği üzere merdiven ve platform kol bağlantılarına sırasıyla merdiven basamakları (1) ve yüzme platformu (2) bağlanmıştır. Simetrik platform (3) ve merdiven parçalarını (4) birleştirmek adına L kesitli profiller (5) eklenmiştir. Bu profiller üzerine ise tik ağacından elde edilen levhalar (6) eklenerek mekanizmalar gizlenmiş ve teknenin güvertesi ile aynı görünüme sahip olmaları sağlanmıştır. Yüzme platformunda kullanılan uzun pim (7) simetrik olarak çalışacak paralel kolların daha rahat dönmesini sağlamak ve aksel olarak merkezlenmeye yardımcı olmak üzere eklenmiştir. Modelde dikdörtgen kesitli lama kullanmak yerine L kesitli dolu profiller kullanılarak merdiven ve platformun esnemesi en aza indirilmesi amaçlanmıştır. Ancak bu durumun meydana getirdiği bir diğer husus da platformun kapandığı durumda L kesitli profillerin uçlarının merdiven yüzeyine çarpıp çarpmamasıdır ve bu yüzden sistem kapalı durumda iken profiller merdiven basamakları arasındaki boşluğa girecek şekilde tasarlanmıştır.

Ara bağlantı parçalarında bulunan kama yataklı pimlerin dönme hareketi merdivene bağlanan sac levhadan bükülmüş parçaya (8) kama (9) ile bağlanarak sağlanmıştır. Bu ince sac levhaya açılan

deliğe mukavemet kazandırmak adına kama yataklı boru (10) kaynatılmıştır. (11) numaralı yüzeye eklenen tik plakalar zemine paralel kalacak şekilde de vidalanmıştır.



Şekil 6 Yürüme yolu parçaları

MALZEME SEÇİMİ

Tasarımda kullanılacak malzeme seçiminde deniz ekipmanları için önemli faktörlerden birisi olan deniz suyu korozyon direnci başlıca etken olmuştur. Çünkü deniz korozyonunun özellikle tasarımda kullanılacak çelik malzeme üzerindeki kimyasal etkileri malzemenin mukavemetinin azalmasına ve pas görünümü de estetik görünüşün bozulmasına neden olmaktadır. Bu yüzden, AISI 316L paslanmaz çelik, modelin ana gövde, paralel merdiven çubukları, yürüme yolunda ve yüksek akma dayanımına sahip olduğu için de pimlerde kullanılmıştır. Döner parçaların yataklanması için burçlarda RG-7 bronz malzemesi de deniz korozyonuna ve aşınmaya karşı dirençli olması sebebiyle kullanılmıştır. Seçilen malzemelerin özellikleri Tablo 1’de verilmiştir:

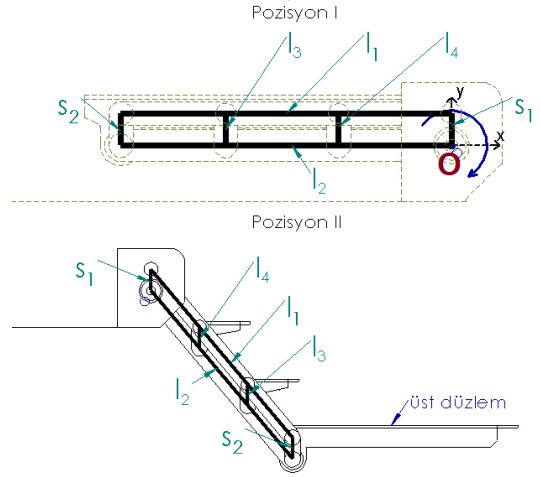
Tablo 1 Malzeme özellikleri

Malzemeler:	AISI 316L	RG-7 Bronz
Elastisite Modülü	200 GPa	115 GPa
Poisson Oranı	0.3	0.3
Özkütle	7850 kg/m ³	8800 kg/m ³
Kopma Dayanımı	600 MPa	300 MPa
Akma Dayanımı	400 MPa	150 MPa

MEKANİZMA

Bu bölümde mekanizmanın çalışma prensibi kavramsal tasarım üzerinden açıklanmıştır. Geçit merdiveninin personelin iskeleye olan transferini, yük kaldırma işlevini, denize iniş merdiveni ve dinlenme platformu görevlerini yaparken mekanizmanın her açıda güvenli bir şekilde çalışması için merdivenin ve platformun daima yere paralel kalması gereklidir. Bu

amaçla, geçit merdiveninde paralel 4-çubuk mekanizması uygulanmıştır (Şekil 7).



Şekil 7 Geçit merdiveni paralel 4-çubuk mekanizması

Paralel 4-çubuk mekanizması birbirlerine döner bağlantılarla bağlanmış ve karşılıklı olanlar eş dört ana uzuvdan oluşan bir çift-krank mekanizmasıdır. Bu mekanizmada iki adet kısa eş çubuk (s1 ve s2) ve iki adet uzun eş çubuk (l1 ve l2) bulunmaktadır. O noktasından bağlı olan dikey s1 çubuğu sabittir ve l1 ve l2 kranklarına bağlıdır. O noktasında l2 krankının dönmelerini sağlayan motor, hareketi s2 biyel uzvu ile l1 krankına da aktarır. Paralel 4-çubuk mekanizması sayesinde, motor mekanizmayı başlangıç pozisyonundan (pozisyon I) en fazla döndüğü pozisyona (pozisyon II) saat yönünde veya tersi yönünde döndürdüğünde s2 uzvu daima dikey konumda veya bu uzva bağlı platformun üst düzlemi daima yere paralel kalmaktadır. Üstelik l3 ve l4 çubuklarının temsil ettiği merdiven basamakları da benzer şekilde paralel kalarak kişinin sistemi her açıda rahatlıkla kullanmasını sağlayacaktır. Ayrıca merdiven ve platformun aynı seviyede ve krankların yere paralel olduğu (yani krankların yarım tur döndüğü pozisyonda) geçit merdiveni formunda ise düz bir yürüyüş yolu da sağlamaktadır. Öte yandan, paralel 4-çubuk mekanizmalarında tüm uzuvların aynı doğrultuda olduğu kritik konumlar oluştuğunda krankların dönüş yönleri belirsiz olmaktadır. Bu sorun bu mekanizmada, merdiven görevi gören l3 ve l4 ara çubukların, kritik konumda krankların ters yöne düşmesini önlemesi sayesinde çözülmüştür.

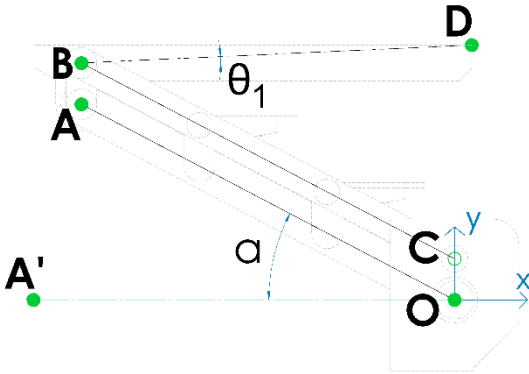
KİNEMATİK VE KUVVET ANALİZİ

Bu bölümde, sistemin kinematik ve kuvvet analizleri yapılarak geçit merdiveninin hareketinin analiz edilerek tasarım kriterlerine uygunluğu

denetlenmiş ve bu hareketi sağlayacak motor kuvvetleri belirlenmiştir. Bu amaçla öncelikle kinematik analiz gerçekleştirilmiş ve analitik yolla sistemin hareket denklemi elde edilmiş ve bu denklemden yola çıkılarak ilgili değişkenler yardımı ile 3B tasarım için gerekli veriler tasarım kriterlerine göre yineleme yöntemi ile bulunmuştur. Ardından, çoklu gövdeler içeren geçit merdiveninin motor kuvvetlerini hassas bir şekilde hesaplamak adına sonlu elemanlar analiz programı olan ANSYS Workbench programı kullanılmıştır. Ayrıca, analitik çözüm yoluyla hesaplanan veriler ise yine bu metotla doğrulanmıştır.

Analitik Yöntem

Bu analizde paralel mekanizmanın parçaları iki boyutlu olarak çubuklarla düzlemde çizilmiş ve çubukların uzunlukları, birbirleri ile olan mesafeleri ve açıları değişken olarak atanmıştır. Öncelikle, çubukların uzunlukları keyfi olarak seçilmiş ve elde edilen hareket denklemleri MATLAB programı ile çözülmüştür. Tasarım sınırlandırmalarına bağlı olarak tasarım gerekliliklerini karşılayacak 3B modelleme için gerekli tasarım parametrelerine yineleme yöntemi kullanılarak bu değişkenler yardımı ile ulaşılmıştır. Paralel geçit merdiveni mekanizması için analitik yaklaşım Şekil 8'de belirtilen açılar kullanılarak uygulanmıştır:



Şekil 8 Mekanizma hareketi

O noktası koordinat merkezine sahip sistemin paralel 4-çubuk mekanizmasını OABC dörtgeni oluşturmaktadır. OA ve BC uzuvları alt ve üst kolu, OC sabit uzvu ana gövdeyi, AB uzvu yüzme platformunun bağlantı çubuğunu ve D noktası ise yüzme platformunun uç noktasını (aynı zamanda sistemin en uç noktasını) temsil etmektedir. Başlangıçta A' noktasında yere paralel olan r_1 uzunluğundaki OA çubuğu O noktası etrafında a açısı ile hidromotor yardımıyla dönerek hareket etmektedir. Buna göre, A noktasının hareket denklemi şu şekilde ifade edilebilir:

$$A(x, y) = (r_1 \cos(-\pi + \alpha), r_1 \sin(-\pi + \alpha)) \quad (1)$$

A noktasından OA uzvuna bağlanan r_2 uzunluğundaki AB çubuğu daima dikey olarak hareket etmektedir. Buna göre, D noktasının konumu BD uzunluğu r_3 ve θ_1 açısı cinsinden şu şekilde bulunur:

$$D(x, y) = \begin{pmatrix} r_1 \cos(-\pi + \alpha) + r_3 \cos(\theta_1), \\ -r_1 \sin(-\pi + \alpha) + r_2 + r_3 \sin(\theta_1) \end{pmatrix} \quad (2)$$

Bu denklem sayesinde geçit merdiveninin uzunluğu elde edilerek ilgili değişkenler yardımı ile tasarım kriterlerini karşılayan uzunluklar seçilir ($r_1=820$, $r_2=80$, $r_3=760.8$, $\theta_1=2.64^\circ$ ve $\alpha=0:230^\circ$). Buna göre D noktasının hareket grafiği Şekil 9'da gösterilmiştir.

Bu hareket boyunca geçit merdiveninin operasyonel maksimum uzunluğu 1,58 metre olarak elde edilmektedir ve yolcu geçişi için istenen minimum 1,5 metre uzunluk kriterini sağlamaktadır. Üstelik denize iniş merdiveni olarak kullanıldığı durumda koordinat merkezine göre hareketin sonundaki konumu dikkate alındığında su hattının 20 cm aşağısında (veya koordinat ekseninden 50 cm aşağıda) yer olarak yüzme platformu tasarım isteri sağlanmış olmaktadır.

Sonlu Elemanlar Metodu

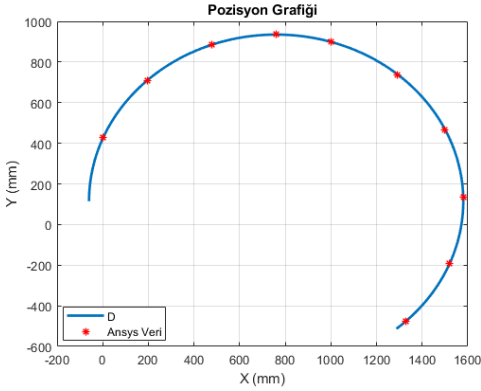
Bu analizde, analitik yöntemle elde edilmiş sonuçlara göre 3B tasarımı tamamlanmış ve modelin pozisyon ve kuvvet analizleri Ansys (Katı Cisimler Dinamiği Modülü) programı ile yürütülmüştür.

Geçit merdiveninin 3B CAD dosyası ANSYS'e aktarılmış ve mekanizmanın hareket simülasyonu için gerekli parçalara arasındaki hareket ilişkileri atanmıştır. Hareketi sağlayan motorun sabitlendiği döner millere 230 derece dönme hareketi atanarak görsel olarak mekanizmanın çalışması kontrol edilmiştir. Ardından analiz için gerekli sınır koşulları, malzeme özellikleri ve yükler eklenerek analiz yürütülmüş ve sonuçlar elde edilmiştir. Şekil 9'da görüldüğü gibi analitik yöntem ve ANSYS simülasyonları ile aynı sonuçlar elde edilmiştir.

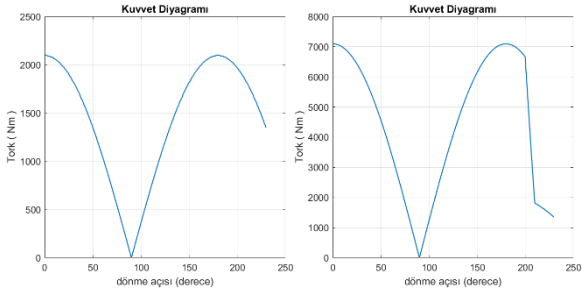
Son olarak, hidromotorların hidrolik güç hesaplamaları için gerekli tork grafiklerinin geçit merdiveninin açısına bağlı kuvvet diyagramları yüksüz (a) ve yüklü (b) durumlar için Şekil 10'de gösterilmiştir.

Geçit merdiveni, yolcu transferi ve denize iniş merdiveni olarak kullanıldığı durumda güvenlik gereği hareket halinde iken üzerinde insan bulunmadığı için ilk olarak yüksüz olarak analiz edilmiştir (Şekil 10.a). Ürün platform parçasının denize temas ettiği noktada açılma ve kapanma hareketlerinde yüzey alanına bağlı bir kuvvete maruz

kalınması gereklidir, bu yüzden su derinliğine bağlı kuvvet etkisi ($F=h\rho gA$; h: derinlik, ρ : özkütle, g: yerçekimi, A: yüzey alanı) de analizde yük olarak uygulanmıştır. Sonuç olarak, yüksüz durumda kullanılması gereken maksimum tork değeri 2102 Nm'dir. Geçit merdiveni, teknedeki yarım tonluk su aracını denize indirmek için vinç görevi göreceği durumda ise (Şekil 10.b) maksimum tork gereksinimi 7096 Nm olarak bulunur. Özetle, bu kuvvet gereksinimlerinden yola çıkılarak geçit merdiveni için gerekli hidromotor seçimi ve hidrolik devre tasarımı tamamlanabilir.



Şekil 9 Sistemin uç noktasının konumu. Mavi eğri analitik yöntem ile elde edilen sonuçları, kırmızı noktalar ise sonlu elemanlar yöntemi ile elde edilen sonuçları göstermektedir.

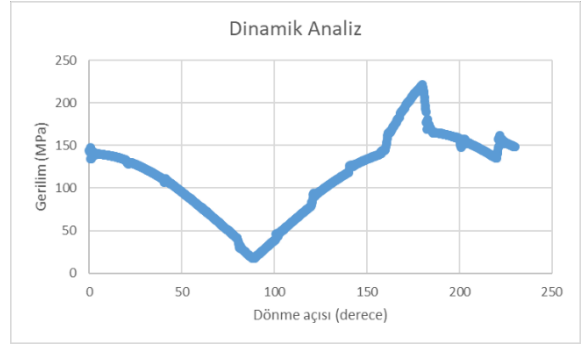


Şekil 10 Hidromotorlar için gerekli tork: a) yüksüz durumda ve b) yüklü durumda geçit merdiveni için analiz sonuçları.

STATİK ve DİNAMİK ANALİZ

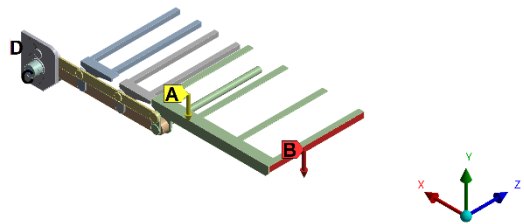
Statik analiz, modelin yük altındaki davranışını incelemek ve tasarımın güvenlik katsayısını analiz etmek için kullanılmıştır; ancak hareketli sistemlerde maksimum gerilmeyi hesaplamak için modelin farklı duruşlarında ayrı ayrı analiz etmek yerine öncelikle olarak hareket boyunca dinamik analiz uygulanmış ve ardından kritik konumlar belirlenerek statik analizleri ağ yakınsaması ile birlikte tamamlanmıştır. Bunun için ANSYS Katı Cisimler Dinamiği modülündeki analiz dosyası ANSYS Transient Structural Modülüne

entegre edilmiştir. Bu aşamada, ilgili parçaların davranışları değiştirilmiş (rigid-flexible) ve ağ yapısı uygulanmıştır. Son olarak, sınır koşulları ve yükler uygulanarak analiz gerçekleştirilmiştir. Şekil 11'de görüldüğü üzere maksimum gerilme dönme açısı 180 derece iken yani geçit merdiveni yere paralel ve tam boyda iken alt koldaki milde oluşmuştur.



Şekil 11 Dinamik analiz sonuç grafiği

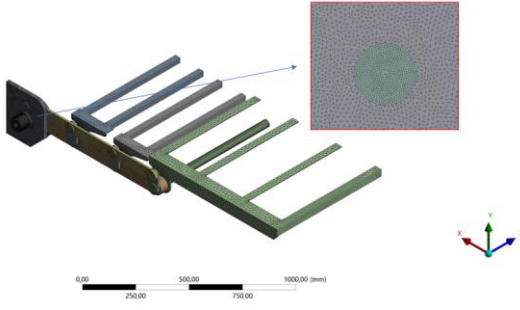
Üstelik geçit merdiveni hareket halinde iken güvenlik kuralları gereğince üzerinde insan taşımayağından dolayı durağan ve yük altındaki durumda tasarım koşullarına göre statik analizleri de yapılmıştır. Buna göre üç kişi taşıma kapasitesine sahip geçit merdiveninin tasarım isterilerine göre normal kullanım koşullarında 300 kg ve acil tahliye durumunda 400 kg yük altında iken güvenlik katsayıları sırasıyla tasarım isterleri kısmında da bahsedildiği gibi en az 1.5 ve 1.1 olmalıdır. Modeldeki en fazla gerilme geçit merdiveni tam açılmış pozisyonda ve yük en uç noktadan uygulandığında olduğu için statik analizi bu koşul için gerçekleştirilmiştir. Hatırlatmak gerekirse, geçit merdiveni simetrik bir şekilde tasarlanmıştır ve bu yüzden analiz öncesinde programa aktarılan model geometrisine orta düzlemi seçilerek simetrik sınır koşulu atanarak yarı modele dönüştürülmüştür (Şekil 12):



Şekil 12 Yarı model geçit merdiveni

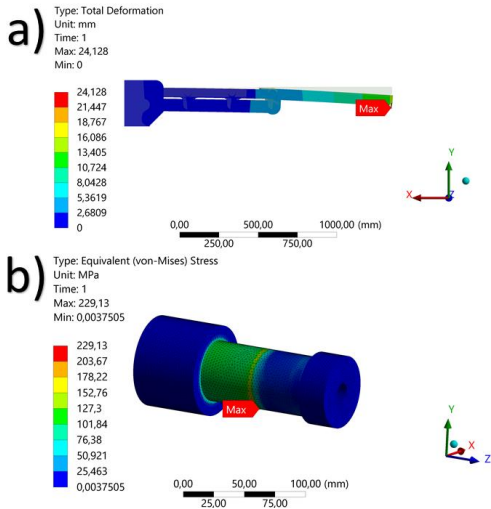
Yarı modele dönüştürülerek ağ eleman sayısı azaltılarak programın çözüm hızı da artmıştır. Ancak bu noktada unutulmamalıdır ki, yarı modelde uygulanacak yükler de yarısı kadar büyüklükte

uygulanmalıdır. Ağ yapısı oluşturulurken ANSYS SOLID 186/187 eleman tipi ile 654190 nokta ve 418381 eleman içeren bir yapı elde edilmiştir (Şekil 13):



Şekil 13 Ağ yapısı

Ardından modele ilgili malzemeler atanmış ve parçalar arası temas ilişkileri seçilmiştir. Sınır koşullarında konsol tipi kullanıma uygun olarak ana gövdeden sabit destek atanmış ve uç noktası serbest şekildedir. Yük olarak B yüzeyinden (Şekil 12) dikey -y yönünde sırasıyla 300 kg ve 400 kg koşulları için sırasıyla 1471,5 N ve 1962 N kuvvet uygulanmıştır. İlk olarak normal kullanım koşullarındaki geçit merdiveninin gerilme ve sehim sonuçları elde edilmiştir:



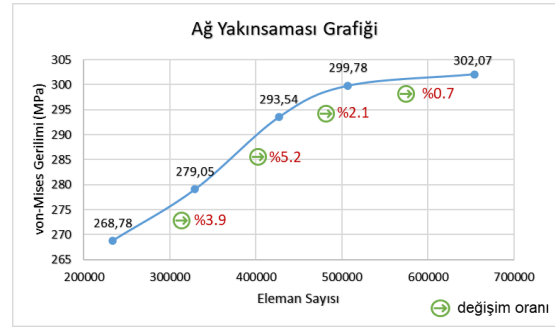
Şekil 14 Normal koşuldaki modelin ana milindeki (a) sehim ve (b) gerilme grafiği

Elde edilen sonuçlara göre normal kullanımda maksimum eğilme 24,128 mm olarak platformun ucunda (Şekil 14.a) ve maksimum von-Mises gerilimi 229,13 MPa olarak ana milde (Şekil 14.b) elde edilmiştir. Akma dayanımına göre (von-Mises kriteri) güvenlik faktörü, AISI 316L çelik malzememin akma dayanımı 400 MPA olduğundan 1.75 olarak bulunur ve 1.5'den büyük olduğundan tasarım isterini karışılmaktadır. Ayrıca analiz acil taliye durumundaki koşul için de yinelenmiş olup maksimum eğilme ve gerilme değerleri 31,899 mm ve 302,07 MPa olarak

elde edilmiştir. Bu durumda iken güvenlik faktörü 1.32'dir ve tasarım isteri olan 1.1 değerinden büyük olarak geçit merdiveni güvenli bir şekilde kullanılabilir. Ayrıca 400 kg ağırlığındaki bir deniz aracını denize indirebilmekte ve yüzme platformu olarak kullanıldığında ise dört kişiyi taşıyabilmektedir.

Ağ Yakınsaması

Sonlu elemanlar analizinde sonuçları doğrulamak için ağ yakınsaması kullanılarak analizler farklı eleman sayılarında da yinelenmiştir. Öncelikle ağ yakınsaması yapılarak sonuçlar arasındaki farklılık %1 oranına düşerek daha hassas sonuçların elde edilmesi amaçlanmıştır ve bu eleman tipi ve sayısında analizler gerçekleştirilmiştir. ANSYS SOLID 186/187 eleman tipi kullanılarak oluşturulan ağ yapısı otomatik ağ kontrolü seçeneği ile çözünürlük değeri (1-5) artırılarak Şekil 15'de görüldüğü üzere analizler gerçekleştirilmiştir:



Şekil 15 Ağ yakınsaması grafiği

Şekilde görüldüğü üzere eleman sayısı artırıldığında simülasyon sonuçları %1 farkla yakınsamıştır. Bu analizde hassas doğrulukta sonuçların elde edilmesi amacıyla analizlerde son denemede eleman sayısı ve yapısı (Şekil 13) kullanılmıştır.

SONUÇ

Bu çalışmada, hareketli köprü sistemi görevi gören geçit merdiveni, denize inişi sağlayan yüzme merdiveni ve yüklerin denize transferini sağlayan vinç görevi gören çok fonksiyonlu paralel geçit merdiveni mekanizması geliştirilerek geçit merdiveninin fonksiyonelliğinin ve istiflenme verimliliğinin artırılması sağlanmıştır.

Yeni ürün geliştirilme sürecinde, geçit merdiveninin 3B model tasarımı, kinematik ve kuvvet analizi, statik ve dinamik analizleri yürütülmüştür. Tasarım aşamasında, deniz araçlarının tabii olduğu emniyet kuralları ve modelin uygulanabileceği yatırı

tasarım sınırları dikkate alınmıştır. Mekanizmanın kavramsal tasarımı 2B olarak elde edilmiş ve parçaların uzunlukları, açıları ve mesafeleri değişken olarak atanarak hareket denklemleri elde edilmiştir. 3B tasarım için gerekli tasarım parametreleri hareket denklemleri ve ilgili değişkenlerin seçimleri ile analitik metotla kinematik analiz yardımıyla MATLAB programında elde edilmiştir. Boyutsal olarak tasarım kriterlerini karşılayan tasarımın 3B modeli SolidWorks yardımı ile elde edilmiş ve parçaları detaylıca açıklanmıştır.

Tasarımın 3B modeli ANSYS programına sonlu elemanlar yöntemi ile dinamik ve statik analiz için aktarılmıştır. Geçit merdiveninin deniz aracı taşıması durumu için dinamik analiz uygulanmış ve hareket boyunca davranışı incelenmiştir. Maksimum gerilmenin olduğu konumda ağ yakınsaması kullanılarak statik analizi tamamlanmıştır. Üstelik ilgili güvenlik kuralları gereğince geçit merdiveni hareket halinde iken üzerinde insan bulunmaması gerektiğinden tasarım gereksinimlerine göre durağan haldeki ve yük altında statik analizleri de yapılmıştır. Sonuç olarak: birincisi sistem yarım ton ağırlığındaki bir yükü denize indirebilmekte, ikincisi normal ve acil tahliye durumunda bir ve üç kişiyi güvenli bir şekilde taşıyabilmekte ve üçüncüsü dinlenme platformu olarak denizde iken altı kişiyi taşıyabilmektedir.

Modelin nihai tasarımı statik ve dinamik analiz sonuçlarına göre elde edildikten sonra, hareket sağlayıcı döner hidromotor için gerekli tork ANSYS kinematik analiz programında hesaplanmıştır. Ayrıca, analitik yolla elde edilen veriler de doğrulanmıştır. Geçit merdiveninin boyutları tekne içindeki boşluğa eklenecek şekilde 2x3x0.4 metreden düşüktür ve tam boydaki uzunluğu 1.58 metredir.

Malzeme olarak deniz korozyonuna karşı dayanıklı paslanmaz çelik hem yüksek mekanik dayanımı hem de parlatıldığında estetik görünümü için tercih edilmiştir. Kapak için de cam elyaf takviyeli kompozit malzeme hafifliği ve korozyon direnci için tercih edilmiştir. Gelecekteki çalışmalarda, çelik malzemeye alternatif olarak karbon fiber takviyeli malzemeler kullanılarak hafif, dayanıklı ve estetik geçit merdivenleri geliştirilebilir.

Sonuç olarak, bu çalışmada geliştirilen paralel 4-çubuk mekanizması sayesinde hem geçit ve yüzme merdiveni hem de yük taşıma platformu elde edilerek geçit merdivenine fonksiyonellik kazandırılmış ve montaj yeri dikkate alındığında teknenin gövdesinden bağımsız platforma eklenerek ve farklı ekipmanların görevlerini de üstelenerek istiflenme verimliliği artırılmıştır. Üst kapak sistemi sayesinde, geçit merdiveni kullanıldığı durumda güvertedeki boşluk da kapatılarak estetik görünüş sağlanmıştır. Son olarak, yer kısıntısı olan tekneler için çok fonksiyonlu geçit

merdiveni kullanılarak birden çok fonksiyonu yerine getirebilen kompakt bir sistem elde edilmiştir.

DESIGN AND ANALYSIS OF A MULTIFUNCTIONAL PARALLELOGRAM GANGWAY AND SWIMMING LADDER MECHANISM

Multifunctional systems have gain importance in marine equipment used in sea vehicles to increase stacking efficiency. In yachts, there are several equipment such as: (1) gangways (movable bridge access systems) which enables the transition of people within land and deck, (2) swimming ladder which is used as ladder access system to sea and (3) cranes which enables the transfer of small marine vessels from the deck to sea. In this study, design, kinematic and dynamic analysis of a multifunctional parallelogram gangway have been conducted. Thanks to the developed parallelogram mechanism, a functionality has been added to the traditional gangways, allowing it to be used as a swimming ladder and platform for access to sea, as well as to be used as a kind of crane for the purpose of launching marine vessels such as jet ski on the boat and transferring the loads from the pier to the boat. The first design of the system was carried out by using linkages. Ultimate design parameters are obtained from kinematic analysis results. Three-dimensional (3D) modeling of the mechanism was completed by using SolidWorks computer-aided design (CAD) program according to the analysis outputs. Dynamic analysis of the model was conducted by using the finite element method in order to examine the behavior of the model under load, ANSYS FEA program was used to precisely calculate the torque in the actuators providing the system motion in the models consisting of multiple bodies and the kinematic analysis results obtained by analytical method were verified. The gangway, whose final design was made according to the boat design requirements and related safety rules (BUREAU VERITAS-NI629-DTR00E), was made ready for manufacturing.

Keywords: gangway, parallelogram mechanism, finite element analysis (FEA), dynamic analysis, kinematic and force analyses

KAYNAKÇA

1. D. & B. R. & B. J. & F. R. & H. A. & J. H. & K. L. & M. P. & S. L. & Y. R. Boote, ISSC 2012 Committee V.8 YACHT DESIGN, 331-396, 2012.
2. G. Franceschi, A. Borzoni, M. Maracci, G. Besenzoni and G. Besenzoni, "Access gangway for boats made of titanium". European Patent 1,902,940 A3, 21 May 2014.

3. H. Custica, «Multifunctional aft door». Worldwide Patent: WO2016116771A1, 07 28 2016.
4. M. Grimaldi, «Movable platform unit for a boat particularly for hauling and launching tenders and the like». United States Patent: 2006/0075952 A1, 13 April 2006.
5. J. Patrick J. Ricci, "Portable gangway with leveling stairs". United States Patent 5,794,292, 18 August 1998.
6. P. Mueller, «Heckabsenkmittel». İsviçre Patent: CH703097A2, 15 11 2011.
7. M. Grimaldi, «Movable platform with pull-out step ladder». Avrupa Patent: EP3653483A1, 20 05 2020.
8. B. v. Bergforth, «Segmented platform for a watercraft». Almanya Patent: DE102018133044A1, 25 06 2020.
9. Y. Sümer ve B. Bediz, «Çok Fonksiyonlu Paralel Geçit Merdiveni Tasarımı, Analizi ve Üretimi,» *Makina Tasarım ve İmalat Dergisi*, cilt 18, no. 2, 92-105, 2020.
10. Z. Le, L. Liang, S. Zhang and J. Li, "Modeling and controller design of an active motion compensated gangway based on inverse dynamics in joint space," *Ocean Engineering*, vol. 197, 2020.
11. P. Merriaux, R. Boutteau, P. Vasseur and X. Savatier, "IMU/LIDAR based positioning of a gangway for maintenance operations on wind farms," in *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, Chicago, 2014.
12. P. Stuberg and C. J. Amundsen, "Optimized Offshore Gangway Operations on Monohull," in *MTS Dynamic Positioning Conference*, Houston, 2015.
13. W. Huang, B. Li, X. Chen and R. Araujo, "Numerical and experimental studies on dynamic gangway response between monohull flotel and FPSO in non-parallel side-by-side configuration," *Ocean Engineering*, vol. 149, 341-357, 2018.
14. Q. Dong, H. Lu, J. Yang and X. Guo, "Dynamic gangway responses between TLP and semi-submersible platform during tender-assisted drilling," *Marine Structures*, vol. 67, 2019.
15. İ. Genç, "Designing and Analysis Phases of Four Elements (Master's Thesis)," Atatürk University, 2007.
16. D. E. Yunus, "Design and Manufacturing of Carbon-Fiber-Reinforced Polymer Composite Gangway (Master's Thesis)," Ege University, 2011.
17. P. D. K. A. Panneerchelvam, Study on Telescopic Walkway Design of Jetty Gangway (B.S Thesis), Universiti Teknologi PETRONAS, TRONOH, 2009.
18. D. J. C. Salzmann, "Development of the Access System for Offshore Wind Turbines (PhD Thesis)," Delft University of Technology, 2010.
19. F. Yu, *Modeling, Simulation and Control of Motion Compensated Gangway in Offshore Operations (Master's degree)*, Norwegian university of science and technology, 2017.
20. Bureau Veritas, Certification of Offshore Access Systems, Bureau Veritas, 2016.
21. *Kando 110*. [Art]. Ava Yachts Co. Ltd., 2019.
22. M. Grimaldi, Manual gangway for a boat». United States Patent: 0,050,045 A1, 26 February 2009.
23. G. Besenzoni, Telescopic gangway for boats with a simplified construction». United States Patent: 6,748,895 B2, 15 June 2014.
24. P. Sacco, A movable gangway for a boat, having a rotating actuator. WIPO (PCT) Patent: WO2010013271A1, 4 February 2010.
25. Besenzoni SpA, Yacht Gangway,» [Çevrimiçi]. Available: <https://www.nauticexpo.com/prod/besenzoni-spa/product-21536-285492.html>.