

Numerical Investigation of the Effect of Bilge Keel Width on Roll Damping

Burak Yıldız¹, Hüseyin Yılmaz²

¹Yıldız Teknik Üniversitesi, Gemi Makineleri İşletme Mühendisliği Bölümü, Beşiktaş, İstanbul

²Yıldız Teknik Üniversitesi, Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği Bölümü, Beşiktaş, İstanbul

Abstract

In this study, the flow around a forced rolling two dimensional hull section with bilge keel at free surface is simulated by using RANS solver. Roll damping coefficients are calculated numerically for different bilge keel width and validated with experiments to show if RANS code can correctly predict the damping coefficients. The generated vortices around the hull and bilge keel are observed by using RANS solver to show the effect on roll damping.

Keywords: Roll damping, forced roll, CFD, RANS, Ikeda's method, bilge keel

Yalpa Omurgası Genişliğinin Yalpa Sönümüne Etkisinin Sayısal Olarak İncelenmesi

Burak Yıldız¹, Hüseyin Yılmaz²

¹Department of Marine Engineering Operations, Yıldız Technical University

²Naval Architecture and Marine Engineering, Naval Architecture and Marine Engineering, Yıldız Technical University, Istanbul, Turkey

Özet

Bu çalışmada serbest yüzey etkisi altında zorlanmış yalpa hareketi yapan yalpa omurgasına sahip iki boyutlu gemi kesiti etrafındaki akış RANS çözücü kullanılarak incelenmiştir. Yalpa sönüm katsayıları farklı yalpa omurgası genişlikleri için sayısal olarak hesaplanmış ve sonuçlar deneylerle de karşılaştırılarak yalpa sönüm katsayısının sayısal olarak doğru bir şekilde hesaplanabildiği gösterilmiştir. Visköz sönümüne neden olan tekne ve yalpa omurgası etrafındaki girdap oluşumları RANS çözücü yardımıyla gösterilmiş ve yalpa sönümüne etkisi incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yalpa sönümü, zorlanmış yalpa, HAD, RANS, Ikeda metodu, yalpa omurgası

1. Giriş

Yalpa hareketinin doğru bir şekilde tahmin edilmesi operasyon ve güvenlik sebeplerinden dolayı büyük önem taşımaktadır. Rezonans bölgesinde gemi yüksek genlikli yalpa hareketine maruz kalabilir ve bu da geminin devrilmesine, yükün kaymasına, güverte yüklerinin hasara uğramasına ve istenmeyen diğer sonuçlara neden olabilir. Yalpa hareketi haricindeki diğer gemi hareketleri potansiyel teori yardımıyla doğru bir şekilde tahmin edilebilir. Bunun sebebi, diğer gemi hareketlerinden farklı olarak, viskoz sönümün özellikle rezonans bölgesinde yalpa hareketinde önemli bir etkiye sahip olmasıdır.

Viskoz yalpa sönümünü hesaplamak için deney sonuçları kullanılarak ampirik veya yarı ampirik formüller geliştirilmiştir. Bu formüllerden en doğru sonuç vereni ve yaygın olarak kullanılanı, Ikeda metodu (Ikeda ve diğerleri, 1978) olarak bilinen ve yalpa sönümünü beş ayrı bileşene ayırarak hesaplayan yöntemdir. Bu yöntem belli tipte bir gemi kullanılarak geliştirilmiştir ve her bir parametre için belli aralıklar belirlenmiştir. Bu sebepten dolayı yeni tipte bir gemi kullanıldığında ve verilen aralığın dışında bir parametre belirlendiğinde yöntem gerçeğinden farklı değerler vermektedir. Yalpa sönümünü en doğru

şekilde hesaplamaların yolu model deneylerdir. Ancak pahalı ve zaman aldığından dolayı farklı tip gemi veya yalpa omurgası için araştırma yapmayı zorlaştırmaktadır.

Gelişen teknolojiyle beraber bilgisayar hesaplama hızındaki artış, yalpa sönümü hesabında Reynold averaged Navier-Stokes (RANS) denklemlerini sayısal olarak çözen Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) programlarının kullanılmasını yaygın hale getirmiştir. RANS çözümler sınır tabakalardaki girdap oluşumları, girdap saçılışları ve türbülans etkileri gibi viskoz sönümün ana fiziksel unsurlarını içerir ve doğru sonuçlar almamızı sağlar. Bunlara ek olarak deneylere kıyasla daha ekonomiktir ve daha kısa sürede analiz yapılmasını sağlar. HAD alanında yaşanan bu gelişmeler araştırmacıları gemi yalpa sönüm katsayısının sayısal olarak hesaplanması konusunda çalışmaya yöneltmiştir.

Yeung ve Ananthakrishnan (1992), viskoz bir akışkanda salınım hareketi yapan yüzen bir cisim için RANS tekniklerini kullanarak analizler yapmış ve bu alandaki öncü çalışmalardan birine imza atmıştır. Korpus ve Falzarano (1997), Yeung ve diğerleri (1998), Sarkar ve Vassalos (2001) tarafından yapılan çalışmalarda salınım yapan iki boyutlu gövdeler etrafındaki akış RANS metodu kullanılarak analiz edilmiş ve yalpa sönüm katsayıları deneysel verilerle karşılaştırılmıştır. Korpus ve Falzarano hız, girdap ve basınç parametrelerinin etkilerini detaylı olarak incelemişlerdir. Sarkar ve Vassalos ise COMET isimli RANS çözümlerini kullanarak kare ve yuvarlak sınıra dönümlü tekne geometrisi için farklı yalpa genliklerinde yalpa sönümünü incelemişlerdir. Yalpa sönümünün tekne geometrisine bağlı olduğu kadar sınıra yarıçapına da bağlı olduğunu göstermişlerdir. Miller ve diğerleri (2002) tarafından yürütülen çalışmada, yalpa omurgasına sahip batmış üç boyutlu bir silindir için zorlanmış yalpa durumunda etki eden kuvvetler ve momentler sayısal olarak hesaplanmış ve deneylerle karşılaştırılarak sonuçlar gösterilmiştir. Paap (2005) yaptığı çalışmada, silindirik bir kesit için farklı geometrilerde yalpa omurgası kullanarak, yalpa omurgası geometrisinin yalpa sönümüne olan etkisini hem sayısal hem de deneysel olarak incelemiştir. Wilson ve diğerleri (2006) URANS metodunu kullanarak (CFDSHIP-IOWA) DTMB 5512 için gemi hareketlerini hesaplamış ve gemi etrafında oluşan akış ve dalga formlarını Irvine'in (2004) deneysel çalışmalarıyla karşılaştırmıştır. Jaouen ve diğerlerinin (2011) yaptığı çalışmada, iki boyutlu gemi kesitleri için serbest yüzey etkisi olmadan yalpa sönüm katsayısını ReFRESCO adındaki URANS yazılımıyla hesaplamıştır ve sonuçlarını Ikeda ve diğerleri (1978) ile karşılaştırarak doğrulamıştır. Oliveira ve Fernandes (2006) yalpa sönüm katsayısının yalpa genliğiyle arttığını ve bir noktadan sonra bu artışın durduğunu yapmış olduğu sayısal çalışmalar sonucu gözlemlemiştir ve bu sonuçlara dayanarak doğrusal olmayan bir yöntem önermişlerdir. Oliveira ve Fernandes (2014) tarafından 2014 yılında yapılan diğer bir çalışmada da önceki çalışma geliştirilmiş ve artan yalpa genliğiyle yalpa sönümünün belli bir genlik değerinden sonra azalmaya geçtiği görülmüştür. Wanderley ve Levi (2005) çalışmasında RANS kodu kullanarak yalpa esnasında teknedeki saçılan girdapların yalpa sönümüne etkisini ve tekne üzerinde oluşan basınç dağılımını incelemiştir. Sadat Hosseini ve diğerleri (2010) ONR Tumblehome gemisinin belli hızlardaki yalpa hareket analizlerini CFDSHIP-IOWA koduyla hesaplamış Irvine'in (2004) deneysel verileri ile karşılaştırmıştır.

Bangun ve diğerleri (2010) iki boyutlu dikdörtgen kesitli bir duba için hidrodinamik katsayıları hesaplamış ve Yago ile diğerleri (2008) tarafından yapılan deney sonuçları ile karşılaştırmıştır. Bonfiglio ve diğerleri (2011) ve Henning (2011) ise yaptığı çalışmalarda iki boyutlu gemi kesiti için zorlanmış yalpa durumundaki hidrodinamik sönüm ve ek kütle katsayılarını sayısal olarak hesaplamışlardır, deney sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Yang ve diğerleri (2012) DTMB 5512 modeli için farklı yalpa genliklerinde

serbest bırakma simülasyonları yaparak yalpa sönüm katsayılarını hesaplamış ve sonuçları deneylerle karşılaştırmıştır. Handschel ve diğerleri (2012) yalpa sönüm katsayısı hesabında serbest bırakma analizi ve zorlanmış yalpa analizlerinin farklı sonuçlar verdiğini sayısal olarak ve deneysel olarak göstermiştir. Bassler (2013) yaptığı çalışmada geniş yalpa açılarındaki zorlamalı yalpa analizlerini bir URANS çözücü kullanarak yapmış ve hidrodinamik sönüm ve ek kütle katsayılarını hesaplamıştır. Yaptığı çeşitli analizlerde tekne formunun, yalpa omurga formunun, güverte formunun ve serbest yüzeyin geniş açılardaki yalpa sönüm katsayısını ve ek kütle katsayısını etkilediğini göstermiştir ve sonuçlarını deneysel çalışmalarıyla desteklemiştir. Gao ve Vassalos (2011) RANS metoduna dayalı HAD çözücü ile DTMB 5415 modelinin serbest bırakma simülasyonları üzerine bir çalışma yürütmüştür ve sonuçları Irvine'in (2004) deneysel çalışmalarıyla karşılaştırmıştır. Avalos ve diğerleri (2014)] FPSO tipi bir teknenin iki boyutlu kesiti için iki boyuttaki Navier-Stokes denklemlerini sonlu hacimler metodu kullanarak çözmüştür. Sintine yarıçapının yalpa sönümüne olan etkisini ve yalpa omurgası etrafında oluşan girdapların etkisini deneylerle doğrulayarak göstermiştir. Jiang (2014) SSFSRVM (Slender-Ship Free-Surface Random Vortex Method) adındaki yüksek bilgisayar hesaplama gücü gerektirmeyen viskoz akış çözücü kullanarak askeri bir gemi için serbest bırakma simülasyonları uygulamış ve farklı zamanlarda yalpa omurgası etrafında oluşan girdapları görüntüleyerek PIV deney sonuçlarıyla karşılaştırmıştır. Çalışmanın sonucunda farklı genişlikteki yalpa omurgası için ve farklı hızlarda kullandığı viskoz akış çözücünün yalpa hareketini doğru bir şekilde hesapladığını ve akıştaki girdap oluşmalarını doğru bir şekilde gösterdiğini ortaya koymuştur. Kampen (2015) ise yaptığı çalışmada iki boyutlu FPSO kesiti için zorlanmış yalpa hareketi uygulayarak, yalpa sönüm katsayılarını sayısal olarak ve Ikeda metodunu kullanarak hesaplamış ve ayrıca deneylerle doğrulamıştır. Ikeda metoduyla olan farklılıkları göstererek, farklılıkların neden kaynaklandığını detaylı bir şekilde göstermiş ve Ikeda tarafından önerilen yöntemi revize etmiştir. Yıldız ve diğerleri (2016) tarafından yapılan çalışmada ise iki boyutlu model kullanılarak sığ su çekiminin yalpa sönüm katsayısına olan etkileri hem sayısal hem de deneysel olarak hesaplanmıştır. Ayrıca sonuçlar Ikeda metodu ile kıyaslanarak Ikeda metodu ile olan farklılıkların arkasındaki nedenler araştırılmıştır. Yıldız ve Katayama (2017) yaptığı bir diğer çalışmada da yalpa omurgası ve serbest yüzey etkileşimini sayısal olarak incelemiş ve yalpa sönüm katsayısına olan etkisini detaylı olarak göstermiştir.

Bu çalışma kapsamında, serbest yüzey etkisi altında zorlanmış yalpa hareketi yapan yalpa omurgasına sahip iki boyutlu gemi kesiti etrafındaki akış farklı yalpa omurgası genişlikleri için HAD analizleri kullanılarak sayısal olarak incelenmiştir. Bu analizler sayesinde yalpa sönüm katsayısının sayısal olarak doğru bir şekilde hesaplanması amaçlanmıştır. Farklı yalpa omurgası genişlikleri için analizler yapılmış ve yalpa omurgası genişliğinin yalpa sönümüne olan etkisi detaylı olarak incelenmiştir. Üç farklı yalpa omurgası genişliği için analizler tek bir yalpa frekansında farklı yalpa genlikleri için yapılmıştır.

2. Yalpa sönüm katsayısının hesaplanması

Denklem (1)'in doğrusal olduğu kabul edilirse uygulanan moment gemiye düzenli bir şekilde sinüs fonksiyonu formunda yalpa hareketi yaptırır. Modele sıfır hızda belli bir frekansta ve belli bir yalpa genliğinde moment uygulanır.

$$(I_{44} + A_{44}(\omega))\ddot{\phi} + B_{44}(\dot{\phi}) + C_{44}(\phi) = M_{44}(t) \quad (1)$$

Burada I_{44} gemi yalpa ataleti, A_{44} ek su kütlesi ataleti, B_{44} yalpa sönümü, C_{44} ise doğrultma ile ilgili ifadedir. Uygulanan moment gemiye düzenli bir şekilde sinüs fonksiyonu formunda yalpa hareketi yaptırır.

$$\phi(t) = \phi_a \sin(\omega t) \quad (2)$$

$$M_{44}(t) = M_0 \sin(\omega t + \varepsilon) \quad (3)$$

Burada ϕ_a yalpa hareketinin genliği, M_0 uygulanan zorlayıcı yalpa momentinin genliği, ε ise faz farkıdır. Buradan verilenlerin yerine konmasıyla yalpa sönüm katsayısı;

$$B_{44}(\dot{\phi}) = B_e \dot{\phi} = \frac{M_0 \cdot \sin \varepsilon}{\phi_a \cdot \omega} \quad (4)$$

şeklinde hesaplanır.

3. Yalpa omurgası genişliğinin yalpa sönümüne etkisi

Yalpa omurgası yalpa sönümüne katkı sağlayan en büyük bileşendir. Bu katkıdan etkin bir şekilde yararlanmak için yalpa omurgasının yerinin ve boyutlarının doğru belirlenmesi gerekmektedir. Bu çalışma kapsamında üç farklı yalpa omurgası genişliği için yalpa sönüm katsayıları sayısal olarak hesaplanmış ve yalpa sönümünü nasıl etkiledikleri detaylı bir şekilde incelenmiştir. Analizler için seçilen yalpa omurgaları BK1, BK2 ve BK3 olarak adlandırılmış ve boyutları sırasıyla 0.005m, 0.01m ve 0.015 m olarak belirlenmiştir. Analizleri yapılan yalpa omurgaları Şekil 1'de gösterilmiştir.



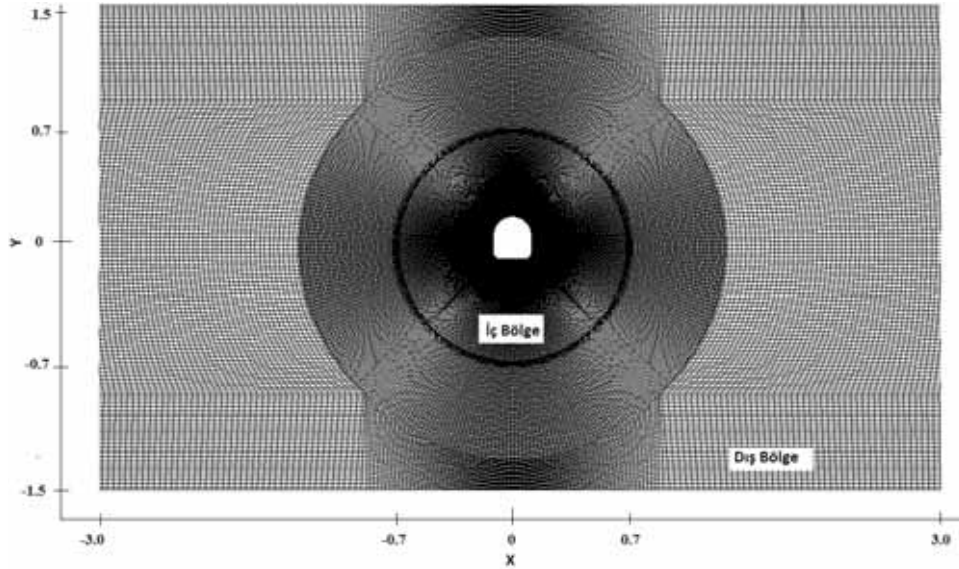
Şekil 1. Farklı yalpa omurgası genişliklerinin gösterimi

Zorlanmış yalpaya maruz bırakılan farklı boyutlarda yalpa omurgasına sahip tekne için yalpa sönüm katsayıları sayısal analizler sonucu hesaplanmıştır. Zamana bağlı moment eğrileri karşılaştırılarak yalpa omurgası genişliğinin yalpa sönümüne katkısı gösterilmiştir. Ayrıca yalpa omurgalarının etrafındaki hız vektörleri ve oluşan girdaplar farklı yalpa omurgaları için detaylı bir şekilde gösterilmiştir. Analizler tek bir yalpa periyodu ($T= 1.2$ sn) ve farklı yalpa genlikleri ($\phi_a=8.59^\circ, 11.38^\circ, 14.38^\circ, 20.0^\circ$ ve 27.27°) için yapılmıştır.

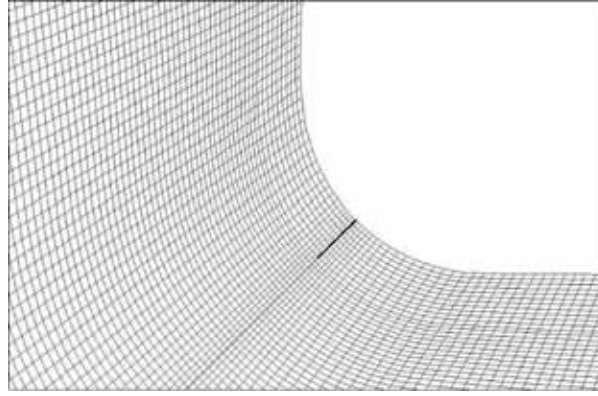
4. Yalpa hareketinin sayısal olarak modellenmesi

Sayısal analizler için oluşturulan model küçük kontrol hacimlerine ayrılarak bu hacimlerde ki her bir eleman için ayrıklaştırılmış transport denklemleri çözülür. Kontrol hacmini oluşturan elemanların büyüklüğü analiz süresini ve analizin doğruluğunu etkiler.

Bu çalışmada kullanılan model için oluşturulan ağ yapısı Şekil 2 'de gösterilmiştir. Görüldüğü üzere oluşturulan modelde iki farklı bölge vardır. Birinci bölge dönme hareketinin verildiği iç bölge ve ikinci bölge ise sabit kalan dış bölgedir. İç bölge tekne ile birlikte hareket ettirilerek oradaki ağ yapısının bozulmaması sağlanmıştır. Dış bölge ise akış hareketlerini ve yayılan dalgaların sönümlenmesini sağlamaktadır. Ağ yapısını oluştururken "yapılandırılmış" (structured) adı verilen dört kenarlı elemanlar tercih edilmiştir. Literatürde bu tarz ağ yapısının hesaplamalarda avantajlar sağladığı belirtilmiştir (Paap, 2005). Şekil 3 ise tekne yalpa omurgası etrafındaki ağ yapısını göstermektedir. Literatür araştırmalarından varılan sonuca göre yalpa omurgası etrafındaki ağ yapısı $y^+ < 5$ olacak şekilde ayarlanmıştır ve eleman yükseklikleri 0.001m olarak belirlenmiştir.

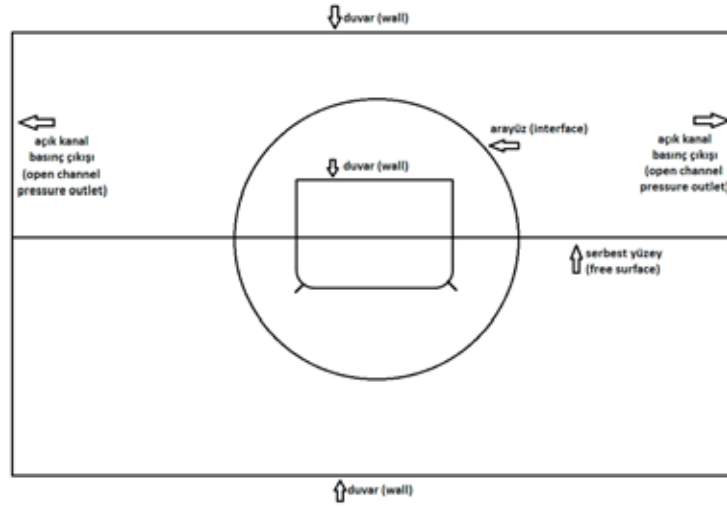


Şekil 2. Kullanılan hesaplama modeline uygulanan ağ yapısı



Şekil 3. Yalpa omurgası etrafındaki ağ yapısı

Analizlerde kullanılan hesaplama modeline ait sınır şartları Şekil 4'te gösterilmiştir. Görüldüğü üzere tekne ve yalpa omurga duvar olarak seçilmiştir yani bu noktalar üzerindeki normal ve teğetsel hızlar sıfırdır. Aynı şekilde dış bölgeye ait üst ve alt kısımlarda duvar olarak seçilmiştir. Dış bölgeye ait sağ ve sol kısımlar ise açık kanal basınç çıkışı olarak belirlenmiştir ve bu şekilde tekne serbest yüzeyi istenilen konuma ayarlanmıştır. Tekne hareketli bölge ve sabit bölgesini ayıran silindir ise arayüz olarak belirlenmiştir. Hareketli bölge kısmı için sayısal çözücüdeki “dynamic mesh” sekmesi aktif konuma getirilmiştir ve bu bölge içinde yer alan tekne, yalpa omurgası ve ağ yapısı seçilerek bu bölgeye hareket verilmiştir. Analizlerde incelenen çalışmalar doğrultusunda $k-\epsilon$ türbülans modeli kullanılmıştır. Diğer türbülans modellerinin etkisi bu çalışma kapsamında incelenmemiştir.

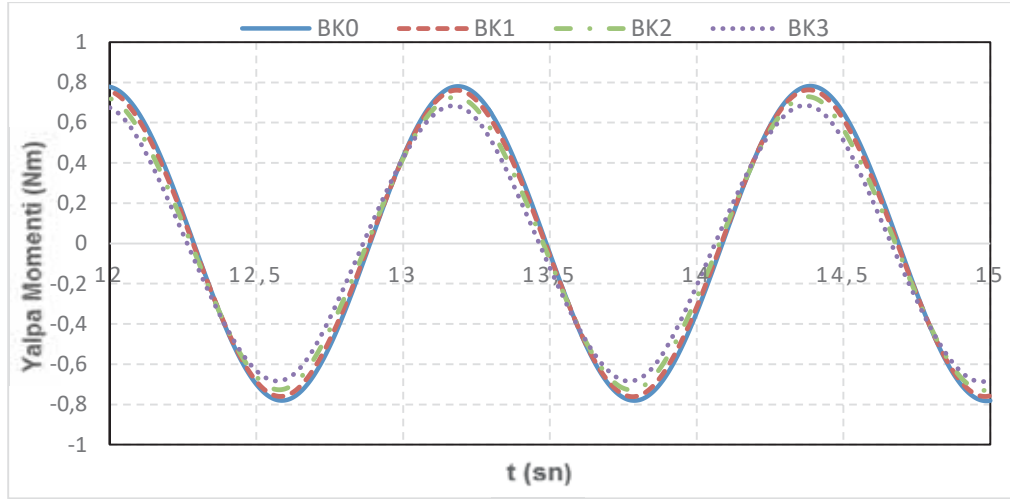


Şekil 4. Sınır şartlarının hesaplama modeli üzerinde gösterilmesi

5. Yalpa sönümünün sayısal olarak hesaplanması

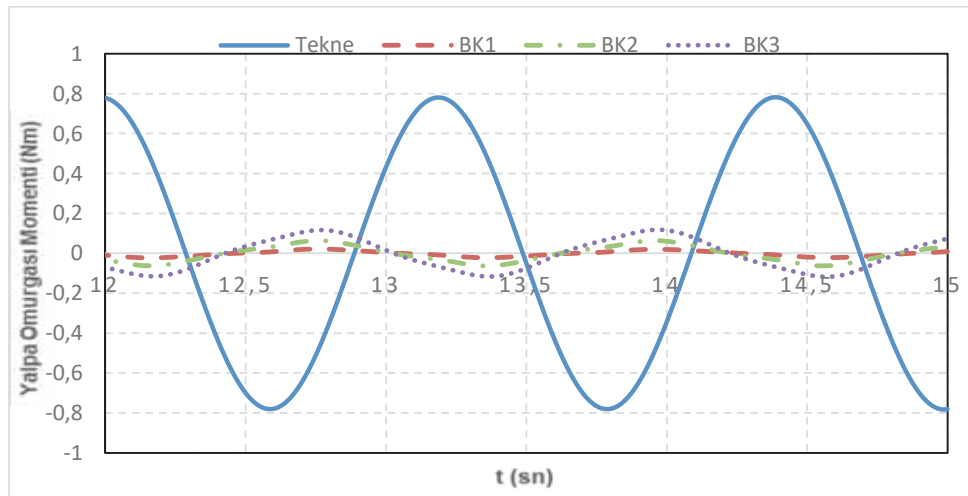
Üç farklı yalpa omurgasına ait moment değerleri sayısal olarak hesaplanmıştır. Ayrıca yalpa omurgasız durum da yalpa omurgasının sönüme olan katkısını göstermek için hesaplanmıştır. Yalpa omurgasız durum BKO olarak adlandırılmıştır. Zorlanmış yalpa yapan iki boyutlu modele ait moment eğrileri Şekil 5'

de gösterilmiştir. Yalpa açısı ve yalpa frekansı üç farklı yalpa omurgası için de aynı alınmıştır. Böylelikle yalpa omurgası genişliğinin etkisi toplam yalpa momenti eğrilerinde gözlemlenmiştir çünkü diğer parametrelerin momente olan katkısı her bir durum için aynıdır. Şekilden de görüldüğü gibi yalpa omurgası genişliği arttıkça moment eğrilerinde bir düşüş gerçekleşmiştir, dolayısıyla geniş yalpa omurgası daha büyük oranda bir sönüm sağlamıştır. Yalpa omurgasız durumda yani sadece çıplak tekne olduğunda en yüksek moment sağlanmıştır çünkü bu momenti sönümleyecek negatif etki gösteren yalpa omurgası momenti yoktur.



Şekil 5. Farklı yalpa omurgası genişlikleri için toplam yalpa momenti eğrileri

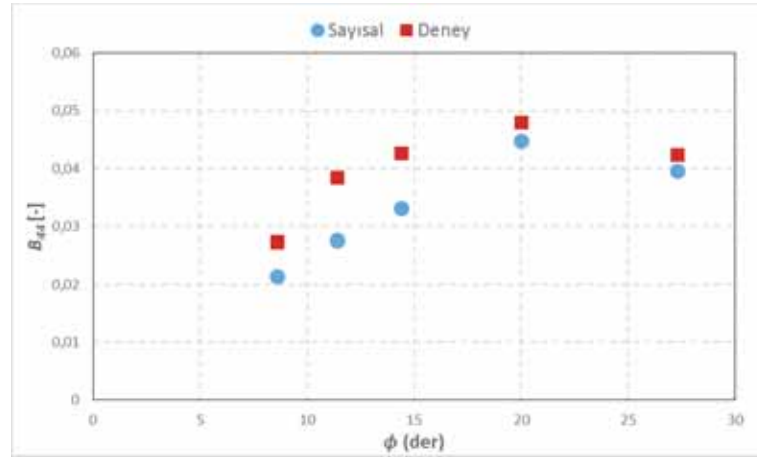
Yalpa omurgasının oluşturduğu bu negatif etkiyi göstermek için farklı boyutlardaki yalpa omurgalarına etkiyen momentler sayısal olarak hesaplanmış ve Şekil 6'da gösterilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi yalpa omurgasının oluşturduğu momentler yalpa genişliği arttıkça, yükselmekte ve çıplak tekne momentine ters bir şekilde moment oluşturmaktadırlar. Bu da enerji kaybına yani hareketin sönümlenmesine sebep olmaktadır.



Şekil 6. Farklı yalpa omurgası genişlikleri için yalpa omurgası momenti eğrileri

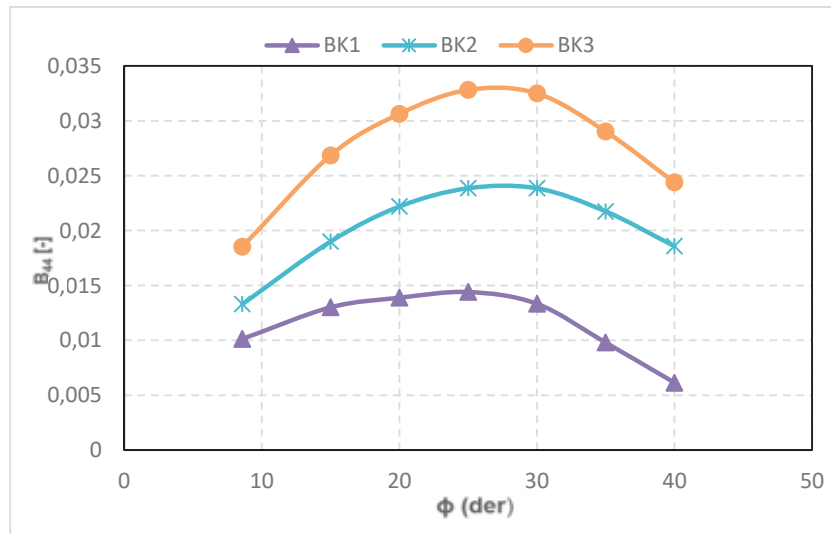
Şekilden de görüldüğü gibi yalpa omurgasının oluşturduğu moment teknenin oluşturduğu momente göre daha küçüktür ancak oluşturduğu sönüm tekne sönümü ile aynı derecededir.

Elde edilen yalpa momentleri kullanılarak yalpa sönüm katsayıları farklı yalpa genişlikleri için hesaplanmıştır. Öncelikle sayısal olarak hesaplanan yalpa sönüm katsayıları deneysel sonuçlar ile karşılaştırılmıştır. Deneysel sonuçlar ile karşılaştırma sadece yalpa omurgası genişliğinin 0.010m olduğu durum için yapılmıştır. Farklı yalpa genlikleri için yapılan deneylerden elde edilen yalpa sönüm katsayıları sayısal sonuçlar ile karşılaştırılmıştır. Şekil 7'de görüldüğü gibi sayısal sonuçlar deneysel sonuçlar ile uyum içerisinde ve aynı eğilimi göstermektedir.



Şekil 7. Boyutsuz yalpa sönüm katsayıları (sayısal ve deney)

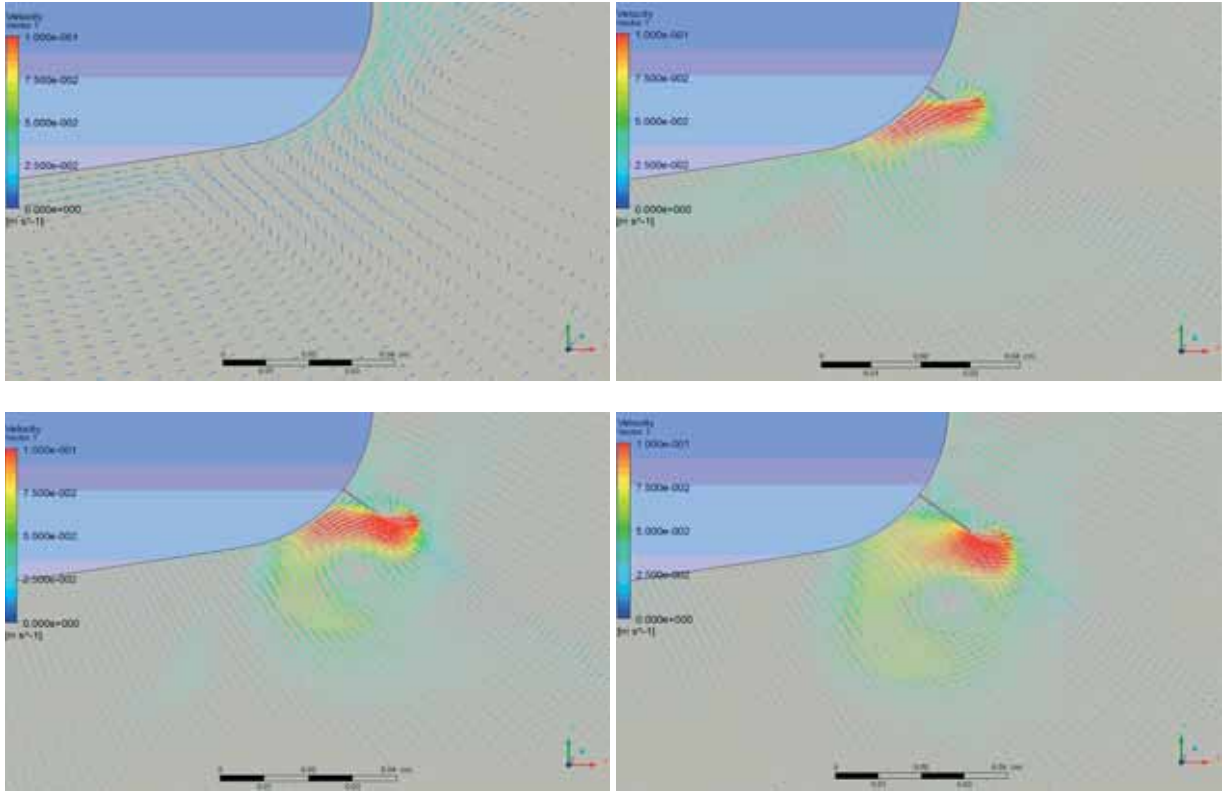
Farklı boyuttaki yalpa omurgaları için sayısal olarak hesaplanan moment değerleri kullanılarak boyutsuz yalpa sönüm katsayıları hesaplanmıştır. Şekil 8 farklı yalpa omurga genişlikleri için boyutsuz yalpa sönüm katsayılarını göstermektedir. Analizler farklı yalpa açıları için gerçekleştirilmiştir. Bütün yalpa açılarında geniş yalpa omurgasına sahip olan tekne daha yüksek yalpa sönüm katsayısı değerine sahiptir.



Şekil 8. Farklı yalpa omurgası genişlikleri için boyutsuz yalpa sönüm katsayıları

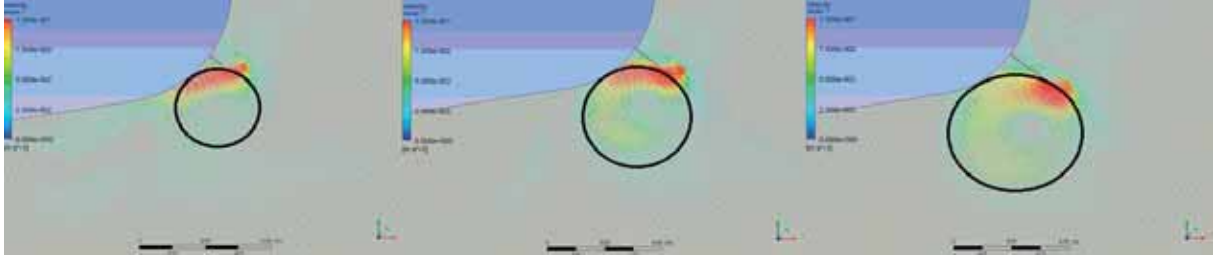
6. Tekne etrafında oluşan girdapların incelenmesi

Yalpa omurgalarının gemilerde kullanılma amacı yalpa sönüm katsayılarını arttırmaktır. Yalpa omurgaları girdaplar üreterek enerji kaybına neden olurlar ve yalpa hareketinin sönümlenmesine katkı sağlarlar. Yalpa omurgası genişliğinin arttırılmasıyla bu katkının yükseldiği gösterilmiştir. Bu katkıya sebep olan yalpa omurgası etrafındaki girdaplar farklı boyuttaki yalpa omurgaları için gösterilmiştir. Ayrıca yalpa omurgasız durum da ele alınmıştır böylelikle yalpa omurgasının önemi daha iyi bir şekilde anlaşılmıştır. Şekil 9 yalpa omurgasız durum ve üç farklı yalpa omurgası genişliği için sancak yalpa omurgası etrafındaki hız vektörlerini göstermektedir. Görüldüğü üzere yalpa omurgası olmadığı durumda tekne etrafında oluşan bir girdap söz konusu değildir ve bu da yalpa omurgasız durumda yalpa sönümünün neden düşük olduğunu göstermiştir. Yalpa omurgalı durumlarda ise yalpa omurgası etrafında girdaplar oluşmuştur. Yalpa omurgası genişliği arttıkça oluşan girdapların da boyutu artmıştır.



Şekil 9. Farklı yalpa omurgası genişlikleri için hız vektörleri

Şekil 10'da ise yalpa omurgası etrafında oluşan girdap bölgeleri daire içine alınmış ve daire büyüklüklerine bakarak oluşan girdapların büyüklüğünün daha iyi bir şekilde kıyaslanması sağlanmıştır. Böylelikle yalpa omurgasının genişliğinin artmasıyla yalpa sönümündeki artışın kaynağı gösterilmiştir. Geniş yalpa omurgasının oluşturduğu büyük ve yoğun girdaplar yalpa omurgasından kaynaklanan viskoz sönümü arttırmıştır.



Şekil 10. Farklı yalpa omurgası genişlikleri için girdap büyüklükleri

7. Sonuç ve öneriler

Gemi yalpa hareketinin doğru bir şekilde analiz edilmesi diğer gemi hareketlerine göre daha büyük bir önem taşımaktadır. Çünkü geniş yalpa açıları, özellikle rezonans bölgesinde, gemilerin devrilmesine yol açabilirler. Gemi yalpa hareketinin doğru bir şekilde analiz edilebilmesi için gemi yalpa sönümünün gerçekçi bir şekilde belirlenmesi gereklidir. Potansiyel teori kullanılarak yalpa sönümü doğru bir şekilde belirlenemez çünkü yalpa sönümünde viskoz etkiler çok baskındır. Son zamanlarda HAD alanında yaşanan gelişmelerle yalpa sönümünün sayısal olarak hesaplanması konusunda önemli çalışmalar yapılmaya başlanmıştır.

Bu çalışmada, serbest yüzey etkisi altında zorlanmış yalpa hareketi yapan yalpa omurgasına sahip iki boyutlu gemi kesiti etrafındaki akış RANS çözücü kullanılarak incelenmiş ve yalpa sönüm katsayıları hesaplanmıştır. Sonuçların deneylerle uyum içinde olduğu gözlemlenmiş ve böylelikle yalpa sönüm hesabında sayısal çözümlerin kullanılabileceği gösterilmiştir. Bu çalışma kapsamında, farklı yalpa omurgası genişlikleri için sayısal analizler yapılmıştır. Yalpa omurgasından kaynaklanan sönüm toplam yalpa sönümünün büyük bir yüzdesini oluşturmaktadır. Bu sönüme neden olan en büyük etki de yalpa omurgasının oluşturduğu girdaplardır. Bu çalışma da farklı üç yalpa omurgası genişliği için sayısal analizler yürütülmüş ve analizler sonucu geniş yalpa omurgasının yalpa sönümünü arttırdığı görülmüştür. Üç farklı yalpa omurgası için yalpa omurgası etrafındaki girdaplar gösterilmiş ve yalpa omurgası genişliği arttıkça yalpa omurgası etrafından oluşan girdapların büyüklüğü de artmıştır. İşte bu artış yalpa omurgasından kaynaklanan viskoz yalpa sönümünün artmasına neden olmuştur.

Elde edilen sonuçlar sayısal yöntemin yalpa sönümünü hesaplamada iyi bir alternatif olduğunu ve ileride yeni bir metodunun geliştirilmesinde kullanılabileceğini göstermiştir. Bu çalışmada diğer hareketlerin etkisi ihmal edilmiştir ve ileriki çalışmalarda diğer gemi hareketlerinin yalpa sönümüne olan etkisi incelenebilir. Farklı gemi modelleri ve yalpa omurgası modelleri için analizler yapılabilir ve bunların yalpa sönümüne olan etkileri incelenebilir. Analizler üç boyutlu bir gemi modeli için yapılarak üç boyutun yalpa sönümüne olan etkileri gözlemlenebilir.

Kaynaklar

Avalos, G. O., Wanderley, J. B., Fernandes, A. C. ve Oliveira, A. C., (2014). "Roll Damping Decay of a FPSO With Bilge Keel", *Ocean Engineering*, 87 (111).

Bangun, E. P., Wang, C. M. ve Utsunomiya, T., (2010). "Hydrodynamic Forces on a Rolling Barge With Bilge Keels", *Appl. Ocean Res.*, 32: 219–232.

Bassler, C. C., (2013). "Analysis and Modeling of Hydrodynamic Components for Ship Roll Motion in Heavy Weather", PhD. Thesis, Virginia Polytechnic Institute and State University.

Bonfiglio, L., Brizzolara, S. ve Chrysostomidis, C., (2011). "Added Mass and Damping of Oscillating Bodies a Fully Viscous Numerical Approach", *Recent Adv. Fluid Mech. Heat Mass Transf Biol.*, 210–215.

Gao, Q. ve Vassalos, D., (2011). "Numerical Study of the Roll Decay of Intact and Damaged Ship", *Proceedings of the 12th International Ship Stability Workshop*, 277–282.

Handsichel, S., Kollisch, N., Soproni, J. P. ve Abdel-Maksoud, M., (2012). "A Numerical Method for Estimation of Ship Roll Damping for Large Amplitudes", *29th Symposium on Naval Hydrodynamics*, Sweden.

Henning, H. L., (2011). "Investigation of the Heave, Sway and Roll Motions of Typical Ship Like Hull Sections Using Rans Numerical Methods", *Master Thesis*, University of Stellenbosch.

Ikeda, Y., Himeno, Y. ve Tanaka, N., (1978d). "Components of Roll Damping of Ship at Forward Speed", *Report of the Department of Naval Architecture, University of Osaka Prefecture*, No. 00404.

Irvine, M., (2004). "Towing Tank Tests for Surface Combatant for Coupled Pitch and Heave and Free Roll Decay Motions", *Doctorial Thesis*, University of Iowa, The Graduate College of the University of Iowa.

Jaouen, F., Koop, A. ve Vaz, G., (2011). "Predicting Roll Added Mass and Damping of a Ship Hull Section Using CFD", *Proceedings of ASME 30th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering*, Netherlands.

Jiang, Y., (2014). "Computational Modeling in Three Dimensions of Multi-DOF Ship Motion in a Viscous Fluid", PhD. Thesis, Engineering - Mechanical Engineering in the Graduate Division of the University of California, Berkeley.

Korpus, R. A. ve Falzarano, J. M., (1997). "Prediction of Viscous Ship Roll Damping by Unsteady Navier-Stokes Techniques", *J. Offshore Mechanics and Arctic Engineering*, 119: 108-113.

Miller, R. W., Gorski, J. J. ve Fry, D., (2002). "Viscous Roll Predictions of a Circular Cylinder with Bilge Keels", *Proc. 24th Symp. on Naval Hydro.*, Fukuoka, Japan.

Oliveira, A. C. ve Fernandes, A. C., (2006). "The Bilinear Behavior for FPSO Rolling Motions", *Proceedings of the 9th International Conference on Stability of Ships and Ocean Vehicles*, Brazil.

Oliveira, A. C. ve Fernandes, A. C., (2014). "The Nonlinear Roll Damping of a FPSO Hull", *Journal of Offshore Mechanics and Arctic Engineering*, 136(1), 011106.

Paap, M., (2005). "Verification of CFD Calculations With Experiments on a Rolling Circular Cylinder With Bilge Keels in a Free Surface", Master Thesis, Delft University of Technology and Bluewater Energy.

Sadat-Hosseini, H., Stern, F., Olivieri, A., Campana, E. F., Hashimoto, H., Umeda, N., Bulian, G. ve Francescutto, A., (2010). "Head-Wave Parametric Rolling of a Surface Combatant", *Ocean Eng.*, 37: 859–878.

Sarkar, T., ve Vassalos, D., (2001). "A RANS-Based Technique for Simulation of the Flow Near a Rolling Cylinder at the Free Surface", *Journal of Marine Science and Technology*, 5 (2): 66-77.

Wanderley, J. B. V. ve Levi, C. A., (2005). "Vortex Induced Loads on Marine Risers", *Ocean Engineering*, 32, 1281-1295.

Wilson, R., Carrica P. M. ve Stern, F., (2006). "Unsteady RANS Method for Ship Motions With Application to Roll for a Surface Combatant", *Comput. Fluids*, 35: 501–524.

Van Kampen, M. J., (2015). "Bilge Keel Roll Damping CFD and Local Velocities", Master Thesis, Offshore and Dredging Engineering, The Delft University of Technology.

Yago, K., Ohkawa, Y., Chuji, T. ve Utsunomiya, T., (2008). "Experimental Study on Viscous Damping Force of Box-Shaped Body With Fin", *J. Soc. Nav. Archit.*, Japan.

Yang, B., Wang, Z. C. ve Wu, M., (2012). "Numerical Simulation Of Naval Ships Roll Damping Based On CFD", *Procedia Eng.*, 37: 14–18.

Yeung, R. ve Ananthkrishnan, P., (1992). "Oscillation of a Floating Body in a Viscous Fluid", *J. Eng. Math.*, 26: 211–230.

Yeung, R. W, Liao, S. W. ve Roddier, D., (1998). "Hydrodynamic Coefficients of Rolling Rectangular Cylinders", *Intl. J. Offshore and Polar Engineering*, 8(4).

Yıldız, B., Çakıcı, F., Katayama, T. ve Yılmaz, H., (2016). "URANS Prediction of Roll Damping for a Ship Hull Section at Shallow Draft", *Journal of Marine Science and Technology*, 21 (1): 48-56.

Yıldız, B. ve Katayama, T., (2017). "Bilge Keel-Free Surface Interaction and Vortex Shedding Effect on Roll Damping", *Journal of Marine Science and Technology*, 22 (3): 432-446.