

Silis Kumu Katmanlı Kompozit Basınçlı Su Borularının Kataner Direği Olarak Kullanılabilirliğinin İncelenmesi

Cihat ARDA¹, Şevval YILMAZ¹, M. Hüsnü DİRİKOLU^{2*}

¹Tasarım Merkezi, Subor Boru San. ve Tic. A.Ş., Sakarya, Türkiye

²Mühendislik Fak., Makine Müh. Bl., İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, İstanbul, Türkiye

*dirikolumh@iuc.edu.tr

(Geliş Tarihi: 20 Kasım 2023, Kabul Tarihi: 26 Kasım 2023)

(4th International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2023, November 20-21, 2023)

ATIF/REFERENCE: Arda, C., Yılmaz, Ş. & Dirikolu, M. H. (2023). Silis Kumu Katmanlı Kompozit Basınçlı Su Borularının Kataner Direği Olarak Kullanılabilirliğinin İncelenmesi. *International Journal of Advanced Natural Sciences and Engineering Researches*, 7(10), 353-359.

Özet – Bu çalışmada iç basınç etkisinde çalışan Cam Fiber ve Silis Kumu Takviyeli Plastik Kompozit (CTP) bir borunun elektrik enerjisinden beslenen raylı sistemlerde kullanılan beton veya çelik bir Kataner Direği yerine kullanılabilmesi için gerekli bilimsel ve teknolojik altyapılar araştırılmıştır. Mevcut su borularının çoğunlukla 90° Hoop sarımlı Filament Sarım tekniğiyle ve 25 Bar'lık azami iç basınca dayanacak şekilde üretildiği öncelikle tespit edilmiştir. Benzer kesit geometrisi ve uzunluğa sahip bir Kataner Direğinin çalışabilme kabul şartları ise Eğme Momentleri temelli bir takım sehim kriterlerinin sağlanmasıdır. Gerçekleştirilen Sonlu Eleman bazlı bilimsel çalışmalar ve mevcut üretim tezgâhı dönüştürülme imkânı incelemeleri neticesinde, Su Borularıyla aynı katman kalınlıkları ve benzer matris-fiber kompozit bileşenleri ancak bu defa farklı bir açısız sarım yaklaşımıyla yeni CTP Kataner Direklerinin asgari maliyette üretilebileceği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler – Cam Takviyeli Plastik, Basınçlı Boru, Kataner Direği, Sonlu Eleman. Silis Kumu

I. GİRİŞ

Kompozit malzemelerin modern zamanların popüler konstrüksiyon malzemeleri arasında yer aldığı ve fonksiyonel kullanımlarının yanında sınırlı oranda olsa da yapısal uygulamalarda da kullanılabilirliği görülmektedir. İnşaat ve Makine temelli yapısal uygulamalar arasında basınçlı tank, basınçlı boru, uzay kafes uzuvları, kolon ve son zamanlarda mil ve kiriş elemanlar ön plana çıkmaktadır. Yüklemeler etkisinde bu yapı elemanlarında oluşan şekil değiştirme enerjilerine dayalı hasar gerilmelerinin bulunduğu konumlar parça dış veya iç yüzeylerine paralel veya parça kesitine dik doğrultularda olabilmektedir [1-3]. İnce

cidarlı içten basınçlı boru ve Kataner Direğinde bu durum sırasıyla dış yüzeye paralel ve parça kesitine dik şekilde gerçekleşmektedir. Bu nedenle söz konusu elemanların izotrop malzemeler yerine anizotrop kompozit malzemeler kullanılarak yapılan analitik veya sayısal hesaplamalarında ve üretim süreçlerinde farklılıklar ortaya çıkması kaçınılmaz olmaktadır. Bu çalışmada Şekil 1'de örneği verilen ve Subor A.Ş.'de imal edilen CTP esaslı basınçlı su kompozit boruların üretim hattında yapılacak asgari modifikasyonlarla yine örneği Şekil 2'de sunulan Kataner Direğini imal edebilme durumuna gelmesi için gereken bilimsel ve teknolojik yaklaşımlar üzerinde durulmuştur.



Şekil 1. Subor CTP basınçlı su borusu



Şekil 2. Örnek Katener direği

II. MATERYAL VE YÖNTEM

Katener direğinin içten basınçlı CTP borudan üretilebilirliğinin incelenmesi ve buna dayanarak takip edilecek yol haritası bu bölümde sunulmaktadır. Bu doğrultuda öncelikle hali hazırda

üretimde olan Silis Kum (SiO₂) Katmanlı CTP Borunun mevcut üretim konfigürasyonunun ve bileşenlerinin mekanik özellikleri incelenmiş ve Tablo 1’de sunulduğu üzere tespit edilmiştir.

Tablo 1. Mevcut Kum Bazlı İçten Basınçlı Kompozit Borunun Mekanik Özellikleri

İÇTEN BASINÇLI CTP BORU BİLEŞENLERİ						CTP KOMPOZİT BORU			
Sarım	Kalınlık (mm)	Polyester Matris %	Kırpık E_Cam Takviye %	Hoop E_Cam Takviye %	SiO ₂ Kum Takviye %	E1 (GPa)	G12 (GPa)	v12	E2 (GPa)
İç Katman	1	60	39	1	0	31,14	13,70	0,34	5,00
Orta Katman	21	29	20	10	41	51,54	22,44	0,26	10,00
Dış Katman	18	32,5	22,5	45	0	50,32	22,54	0,28	8,00
E (GPa)		3,23	73	73	70				
G (GPa)		0,83	33	33	30				
ν		0,44	0,2	0,2	0,17				

Şekil 3’te gösterilen ve 25 Bar test basıncına dayanabilen mevcut içten basınçlı su borusunun uzunluğunun 9500 mm, dış çapının 452 mm, prizmatik et kalınlığının 26 mm ve fiber sarımlarının ağırlıklı olarak 90° Hoop olduğu

belirlenmiştir. 90° Hoop filament sarım konfigürasyonu içten basınçlı kompozit borularda tercih edilebilecek bir konstrüksiyon tipi olmakla birlikte, böyle bir borunun Katener direği olarak kullanılması halinde ortaya çıkacak eğilme bazlı

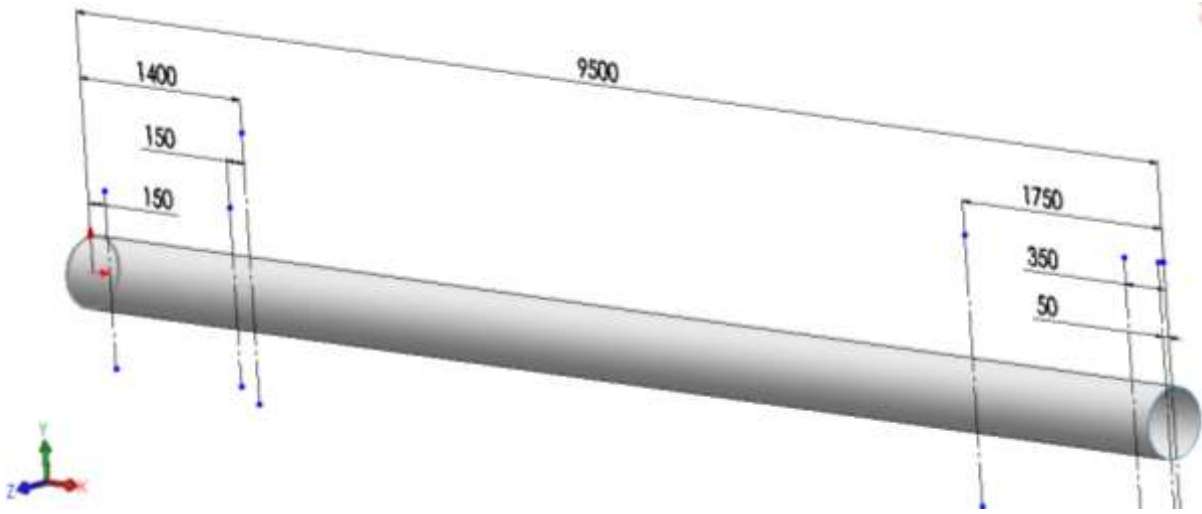
sehim değerlerinin aşağıda belirtilen Katener Direği Tasarım İsterlerini kısmen karşılayabileceği değerlendirilmektedir.

Herhangi bir malzemeden imal edilen bir katener direğinin işlevini yerine getirebilmesi için, 9500 mm'den uygulanacak 4500 N'luk eğme kuvveti neticesinde sağ uçtan sola doğru 350 mm'deki sehimin 116 mm'den küçük ve ayrıca aynı uçtan uygulanacak 3200 N'luk kuvvet neticesinde yine sağ uçtan bu defa 1750 mm'deki eğilme sehiminin 25 mm'den düşük olması gerektiği demiryolu standartlarından (ISO 45001:18 ve The International Union of Railways (UIC)) bilinmektedir.

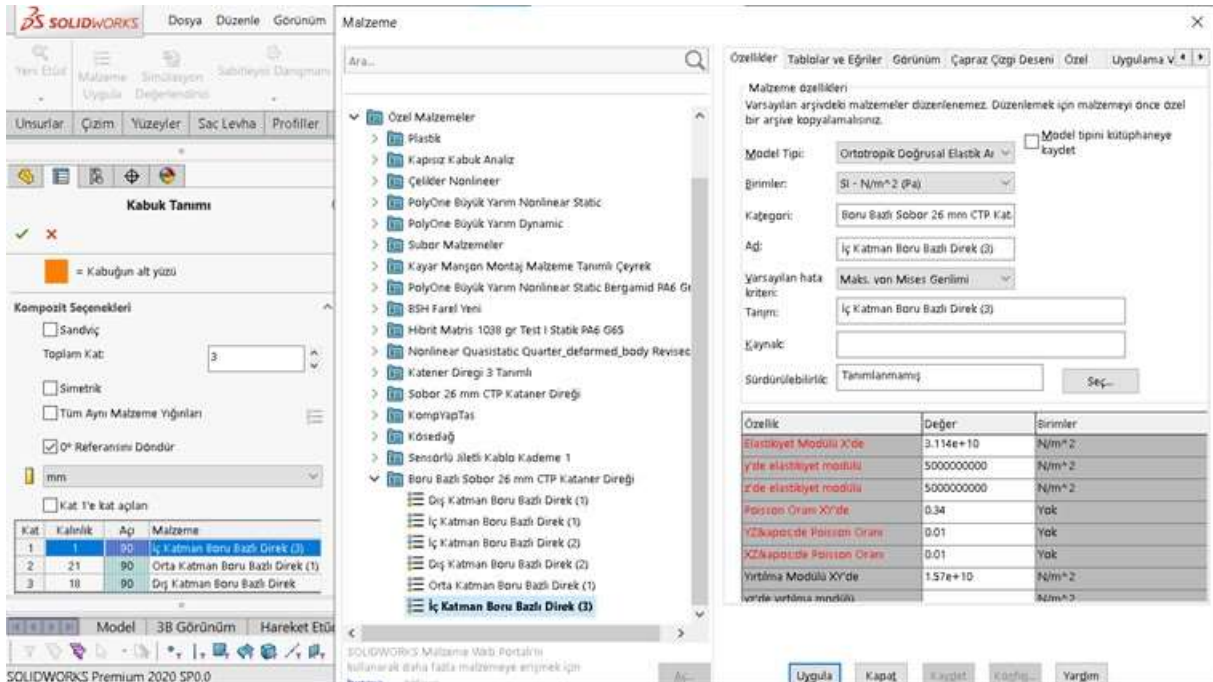
Bu kriterler ışığında içten basınçlı CTP su borusu ile CTP Katener direğinin karşılaştırmalı analizleri aşağıdaki bölümde işlenmektedir.

III. BULGULAR

Katener direği olarak kullanımı planlanan mevcut basınçlı su borusunun Hoop 90° eksenel takviye durumu ve malzeme katman özellikleri Şekil 4'te gösterilmiştir. Burada malzeme Ortotrop Elastik kompozit olup, Elastisite ve Kayma Modülleri ile Poisson Oranları Tablo 1'e uygun olarak Dassault Systemes Solidworks Simulation Premium® programına girilmiştir [4].

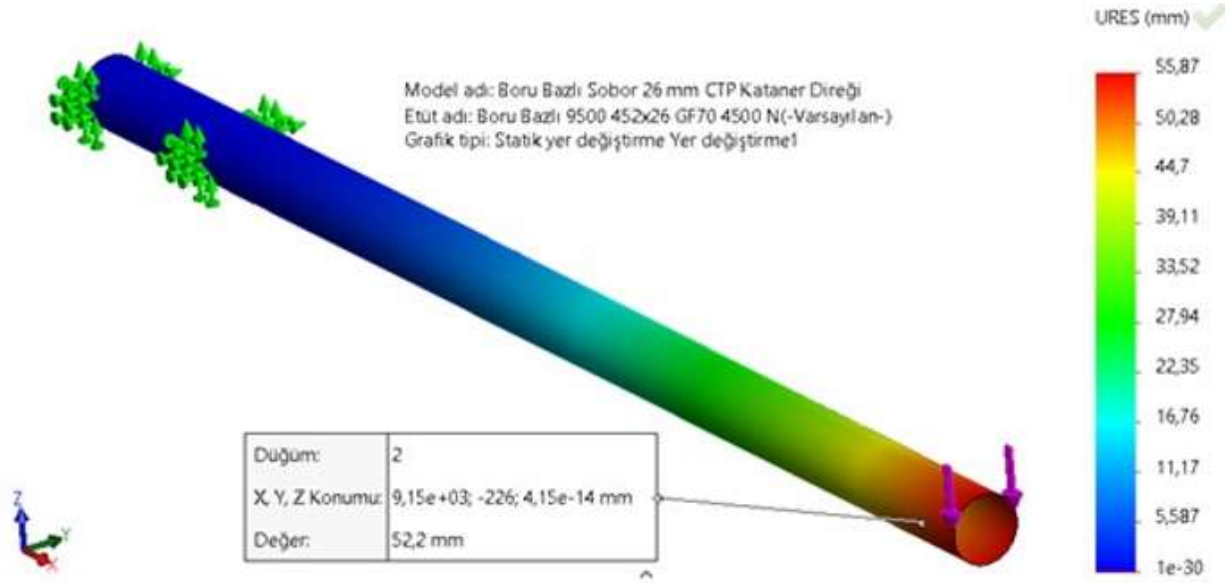


Şekil 3. Mevcut 25 Bar içten basınçlı su borusunun geometrik verileri



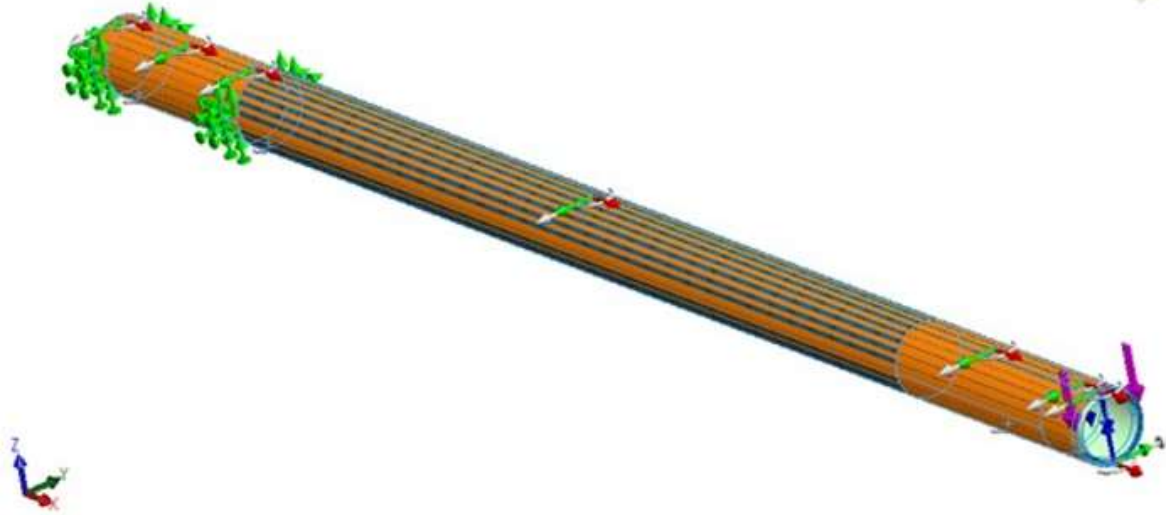
Şekil 4. 90° hoop takviye durumu ve malzeme katman özellikleri.

Şekil 5'te gösterildiği üzere, 4500 N'luk eğilme kuvveti için 90° Hoop takviye durumunda 9150 mm'deki sehimin 52.20 mm olduğu ve 116 mm'lik standart isteri karşılayabildiği hesaplanmıştır.

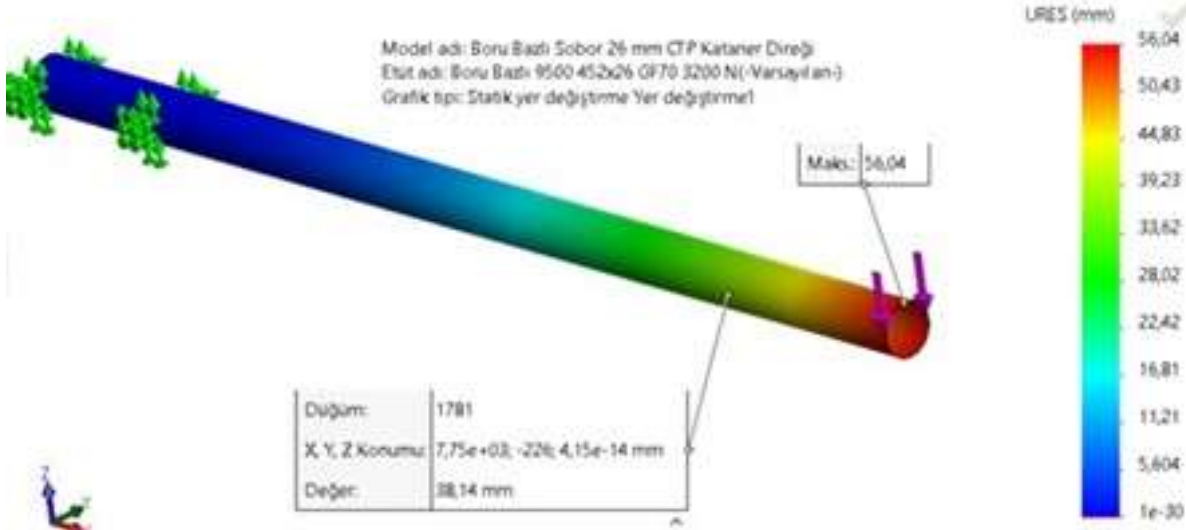


Şekil 5. 4500 N kuvvet için 90° hoop takviye durumunda sehim.

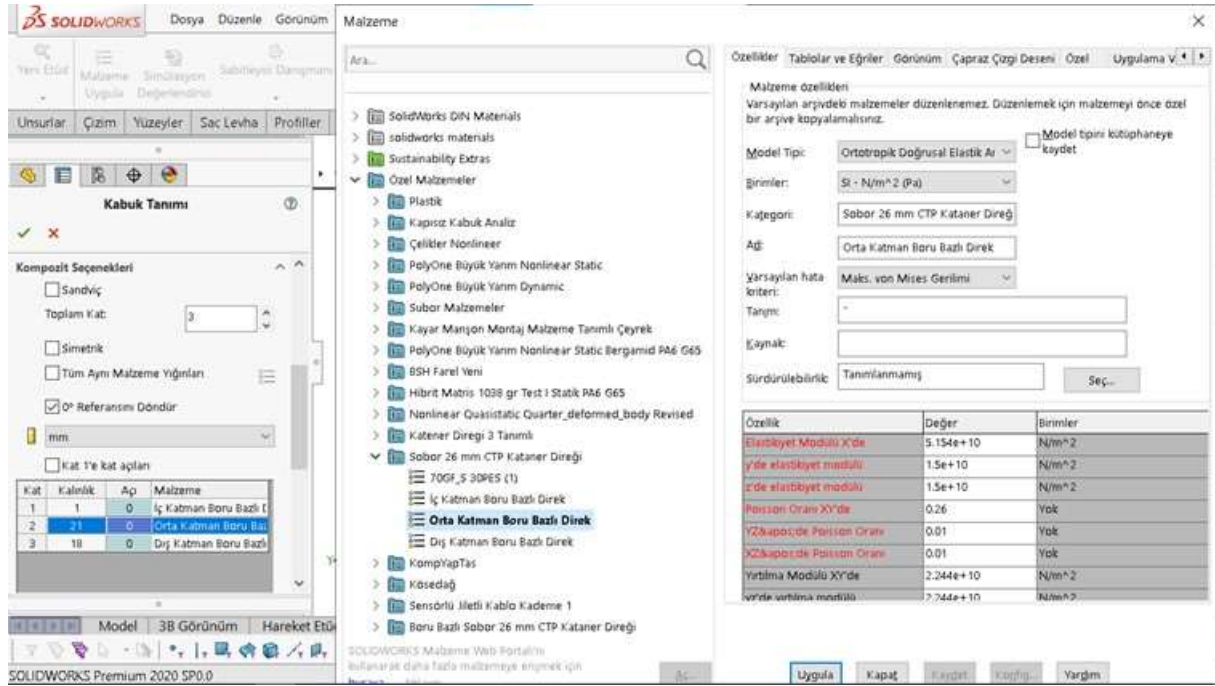
Şekil 6'da ise 3200 N eğilme kuvveti için 90° hoop takviye durumu gösterilmiştir. 3200 N kuvvet için 90° hoop takviye durumunda 7750 mm'deki sehimin 38.14 mm ve bunun 25 mm'lik standart isterden büyük olduğu Şekil 7'de gösterilmektedir.



Şekil 6. 3200 N kuvvet için 90° hoop takviye durumu.



Şekil 7. 3200 N kuvvet için 90° hoop takviye durumunda sehim.



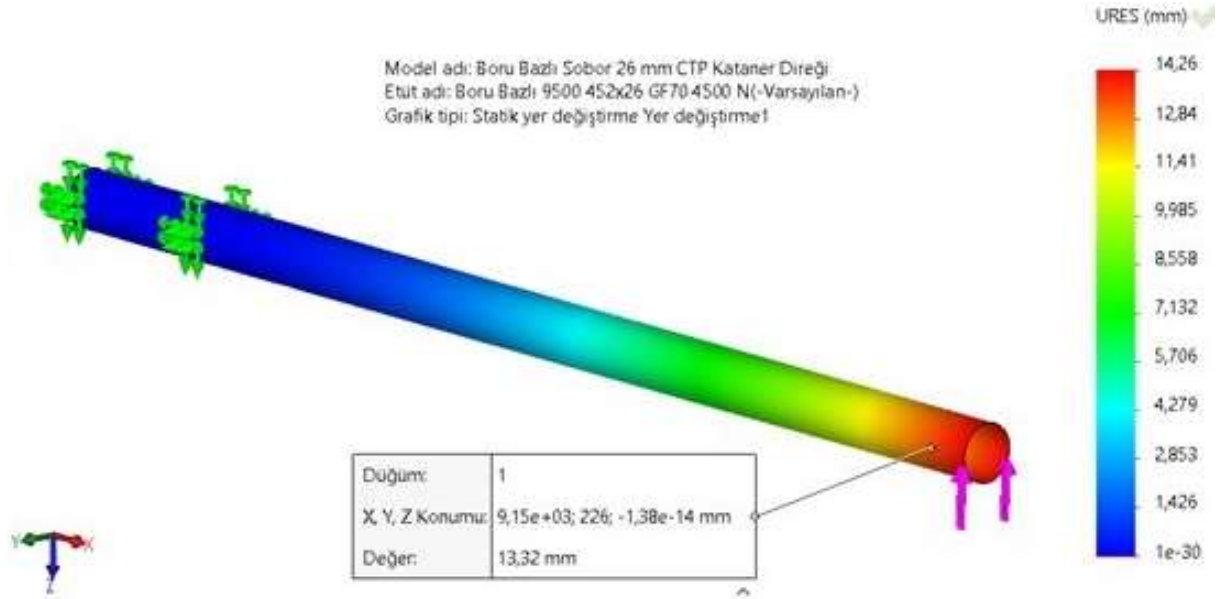
Şekil 8. Teorik 0° aksenal takviye durumu ve malzeme katman özellikleri.

Şekil 7'den 3200 N kuvvet için 90° hoop takviye durumunda 7750 mm'deki sehimin 38.14 mm olduğu ve bu değerın 25 mm'lik standart isterden büyük olduğu görülebilmektedir.

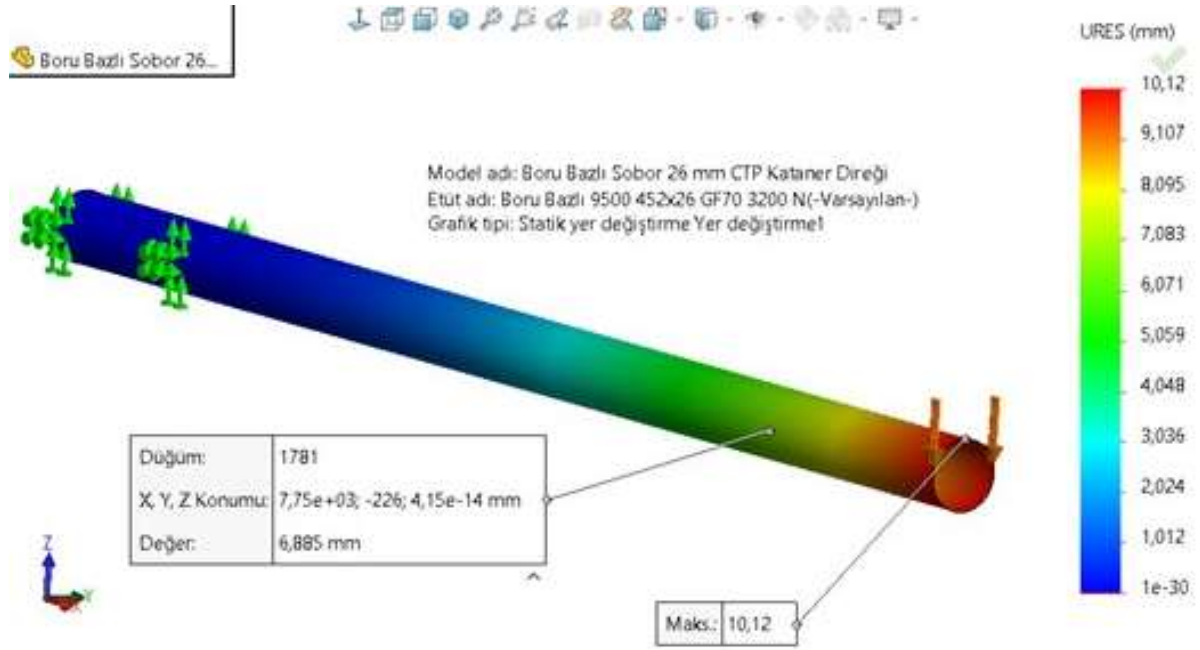
Bu iç basınçlı borunun Kataner direğinin eğilme yüklemelerini taşıyabilir hale gelebilmesi için sarım açılarının boru eksenine doğru yaklaştırılması gerektiği öngörülmektedir. Azami durumda sarım açısının teorik olarak 0° aksenal ağırlıklı olarak takviye edilmesi durumu Şekil 8'de gösterilmiştir.

4500 N kuvvet için teorik 0° aksenal takviye durumunda 9150 mm'deki sehim 13.32 mm olup, 116 mm'lik standart isteri 8.71 emniyet katsayısıyla sağladığı Şekil 9'dan görülebilmektedir.

Benzer durum Şekil 10'da gösterilen 3200 N kuvvet için teorik 0° aksenal takviye analizinden anlaşılabilir. Bu durumda 7750 mm'deki sehimin 6.885 mm olduğu ve böylece 25 mm'lik standart isteri 3.63'lük bir emniyet katsayısıyla karşılayabildiği hesaplanmıştır.



Şekil 9. 4500 N eğilme kuvveti için teorik 0° aksel takviyede 9150 mm'deki sehim.



Şekil 10. 3200 N kuvvet için 0° aksel takviye durumunda 7750 mm'deki sehim.

IV. TARTIŞMA

25 Bar'lık iç test basıncı etkisinde çalışabilecek şekilde tasarlanan ve hali hazırda Subor Boru A.Ş.'de üretilen Cam Fiber ve Silis Kumu Takviyeli CTP kompozit bir borunun elektrik enerjisinden beslenen raylı sistemlerde kullanılan beton veya çelik malzemeden imal edilebilen bir Kataner Direği yerine kullanılabilmesi için gerekli hesaplamalar gerçekleştirilmiş ve Sonlu Eleman Metoduna dayalı sonuçlar emniyet katsayıları şeklinde sunulmuştur.

Ankastre uçtan sırasıyla 4500 N ve 3200 N'luk eğme kuvvetleri etkisinde teorik 0° sarım açısında sarılan boruların, 8.71 ve 3.63'lük emniyet katsayılarıyla bir kataner direğinin gerektirdiği performansı sağlayabileceği görülmüştür.

V. SONUÇLAR

Bu çalışmada Silis Kumu katmanlı ve 25 Bar'a kadar İç Basınç yüklemelerine dayanabilen kompozit bir su borusunun kataner direği olarak kullanılabilmesi için sarım açılarının 90° Hoop düzeyinden üretim tezgahının modifikasyonunun

elverdiği ölçüde 0° Eksenel sarım düzeyine yaklaştırılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

- [1]. Yusuf şahin, Kompozit Malzemelere Giriş, Seçkin Yayıncılık, 2022.
- [2]. Mustafa İnan, Cisimlerin Mukavemeti, İTÜ Vakıf Yayınları, 9. Baskı, 2015.
- [3]. Mustafa Akkurt, Makine Elemanları 1, İTÜ Vakıf Yayınları, 2019.
- [4]. Dassault Systemes Solidworks Simulation Premium Kullanım Klavuzu, 2020