

ZONGULDAK BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÖRGÜLÜ KOMPOZİT İLE GÜÇLENDİRİLMİŞ BİR KAYNAKLI ÇELİK TÜPÜN
DENEYSEL DİNAMİK ANALİZİ

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HASAN ANDAÇ ACAR

HAZİRAN 2018

ZONGULDAK BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÖRGÜLÜ KOMPOZİT İLE GÜÇLENDİRİLMİŞ BİR KAYNAKLI ÇELİK TÜPÜN
DENEYSEL DİNAMİK ANALİZİ

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS/ TEZİ

Hasan Andaç ACAR

DANIŞMAN: Doç. Dr. Mehmet YETMEZ

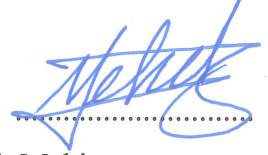
ZONGULDAK
Haziran 2018

KABUL:

Hasan Andaç ACAR tarafından hazırlanan “Örgülü kompozit ile güçlendirilmiş bir kaynaklı çelik tüpün deneysel dinamik analizi” başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından değerlendirilerek Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak oybirliğiyle kabul edilmiştir. 18/06/2018

Danışman: Doç. Dr. Mehmet YETMEZ

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü



Üye: Dr. Öğr. Üyesi Fatmagül KOLTUK

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü



Üye: Dr. Öğr. Üyesi Mehmet İskender ÖZSOY

Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü



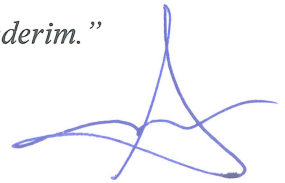
ONAY:

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım./..../2018



Doç. Dr. Ahmet ÖZARSLAN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”



Hasan Andaç ACAR

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ÖRGÜLÜ KOMPOZİT İLE GÜÇLENDİRİLMİŞ BİR KAYNAKLI ÇELİK TÜPÜN DENEYSEL DİNAMİK ANALİZİ

Hasan Andaç ACAR

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Mehmet YETMEZ

Haziran 2018, 37 sayfa

Yapılan bu tez çalışmasında iki farklı yapıştırıcı, iki farklı elyaf kumaş, iki farklı kaynak teli ve iki farklı kaynak ağzı tipi ile hazırlanmış atmış adet çelik tüp üzerinde darbe testi yapılmış, malzemelerin dinamik parametreleri (ω, ξ, x) elde edilmiştir. Bu deneylerde değişken parametremiz basınç olup (0, 2,4,6 Bar) nCode programı kullanılarak nümerik analizleri yapılmış, grafikler üzerinden farklılıkları karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kompozit, Çelik Tüp, Dinamik Analiz, Epoksi, Elyaf

Bilim Kodu: 625.03.00



ABSTRACT

M. Sc. Thesis

EXPERIMENTAL DYNAMIC ANALYSIS OF A WELDED STEEL TUBE STRENGTHENED WITH RFP

Hasan Andaç ACAR

**Zonguldak Bülent Ecevit University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Mechanical Engineering**

Thesis Advisor: Assoc. Prof. Dr. Mehmet YETMEZ

June 2018, 37 pages

In this study, impact tests were performed on two different adhesives, two different fiber fabrics, two different butt welded tubes and two different welded mouth type steel tubes, and the dynamic parameters (ω , ξ , x) of the materials were obtained. In these experiments, numerical analysis was performed using nCode program with variable parameter without pressure (0, 2,4,6 Bar) and the differences were compared with graphs.

Keywords: Composite, Steel Tube, Dynamic Analysis, Epoxy, Fiber

Science Code: 625.03.00



TEŞEKKÜR

Yapmış olduğum yüksek lisans tez alışmamım her aşamasında ilgisi ve sabrıyla bana deste olan danışman hocam Do. Dr. Mehmet YETMEZ 'e sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

Tez hazırlık aşamasından sonuçlanana kadar bana her türlü destekte bulunan Eřim Aslı ACAR'a teşekkür ederim.





İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL	ii
ÖZET.....	iii
ABSTRACT	vii
TEŞEKKÜR	ix
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xvii
BÖLÜM 1 GİRİŞ	1
1.1 METALLERDE KAYNAK TÜRLERİ.....	1
1.2 KAYNAKLI METAL BORULARDA KUVVETLENDİRİCİ KOMPOZİT MALZEMELER VE YAPIŞTIRICILAR	2
1.3 ÖRGÜLÜ KOMPOZİT KUMAŞLA KUVVETLENDİRİLMİŞ KAYNAKLI METAL BORULARIN KULLANIM ALANI	3
1.4 ÇALIŞMANIN AMACI VE LİTERATÜR İNCELEME	4
BÖLÜM 2 MATERYAL VE METOD	5
2.1 DENEY DÜZENEĞİ VE TEST YÖNTEMİ	5
BÖLÜM 3 SONUÇLAR.....	13
3.1 ÖRGÜLÜ KOMPOZİT KUMAŞLA KUVVETLENDİRİLMİŞ KAYNAKLI METAL BORULARDA DOĞAL FREKANS DAVRANIŞI	13
3.2 ÖRGÜLÜ KOMPOZİT KUMAŞLA KUVVETLENDİRİLMİŞ KAYNAKLI METAL BORULARDA SÖNÜMLEME KATSAYISI DAVRANIŞI	17

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

Sayfa

3.3 ÖRGÜLÜ KOMPOZİT KUMAŞLA KUVVETLENDİRİLMİŞ KAYNAKLI METAL BORULARDA DİNAMİK DEFORMASYON DAVRANIŞI	20
BÖLÜM 4 DEĞERLENDİRME	25
4.1 KAYNAK TİPİNİN KUVVETLENDİRİLMİŞ METAL BORU DİNAMİĞİNE ETKİSİ .	25
4.2 YAPIŞTIRICI VE ÖRGÜLÜ KOMPOZİT TİPİNİN KUVVETLENDİRİLMİŞ METAL BORU DİNAMİĞİNE ETKİSİ	28
KAYNAKLAR.....	35
ÖZGEÇMİŞ	37

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1 Deney düzeneği.....	5
Şekil 2.2 Deney düzeneği görseli.....	6
Şekil 2.3 Etki ve Tepki fonksiyonlarının Zaman ortamından frekans ortamına dönüşürülmesi.....	6
Şekil 2.4 Yarım band genişliği yöntemi grafiği.....	7
Şekil 2.5 Deney düzeneğinde darbe çekici ile uygulama.....	9
Şekil 2.6 N-code programı ile grafik analizi.....	10
Şekil 2.7 Test basıncı manometre görseli.....	11
Şekil 3.1 Tip1 için farklı basınç, yapıştırıcı ve kumaşlardaki mod1 frekans grafiği.....	13
Şekil 3.2 Tip2 için farklı basınç, yapıştırıcı ve kumaşlardaki mod1 frekans grafiği.....	13
Şekil 3.3 Tip3 için farklı basınç, yapıştırıcı ve kumaşlardaki mod1 frekans grafiği.....	14
Şekil 3.4 Tip5 için farklı basınç, yapıştırıcı ve kumaşlardaki mod1 frekans grafiği.....	14
Şekil 3.5 Tip1 için farklı basınç, yapıştırıcı ve kumaşlardaki mod2 frekans grafiği.....	15
Şekil 3.6 Tip2 için farklı basınç, yapıştırıcı ve kumaşlardaki mod2 frekans grafiği.....	15
Şekil 3.7 Tip3 için farklı basınç, yapıştırıcı ve kumaşlardaki mod2 frekans grafiği.....	16
Şekil 3.8 Tip5 için farklı basınç, yapıştırıcı ve kumaşlardaki mod2 frekans grafiği.....	16
Şekil 3.9 Tip1 için farklı basınç, yapıştırıcı ve kumaşlardaki mod1 sönümlleme katsayısı grafiği ...	17
Şekil 3.10 Tip2 için farklı basınç, yapıştırıcı ve kumaşlardaki mod1 sönümlleme katsayısı grafiği.....	17
Şekil 3.11 Tip3 için farklı basınç, yapıştırıcı ve kumaşlardaki mod1 sönümlleme katsayısı grafiği.....	18
Şekil 3.12 Tip5 için farklı basınç, yapıştırıcı ve kumaşlardaki mod1 sönümlleme katsayısı grafiği.....	18
Şekil 3.13 Tip1 için farklı basınç, yapıştırıcı ve kumaşlardaki mod2 sönümlleme katsayısı grafiği.....	19

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 3.14 Tip2 için farklı basınç, yapıştırıcı ve kumaşlardaki mod2 sönümlenme katsayısı grafiği	19
Şekil 3.15 Tip3 için farklı basınç, yapıştırıcı ve kumaşlardaki mod2 sönümlenme katsayısı grafiği	19
Şekil 3.16 Tip5 için farklı basınç, yapıştırıcı ve kumaşlardaki mod2 sönümlenme katsayısı grafiği	20
Şekil 3.17 Tip1 için farklı basınç, yapıştırıcı ve kumaşlardaki mod1 deformasyon davranışı	20
Şekil 3.18 Tip2 için farklı basınç, yapıştırıcı ve kumaşlardaki mod1 deformasyon davranışı	21
Şekil 3.19 Tip3 için farklı basınç, yapıştırıcı ve kumaşlardaki mod1 deformasyon davranışı	21
Şekil 3.20 Tip5 için farklı basınç, yapıştırıcı ve kumaşlardaki mod1 deformasyon davranışı	21
Şekil 3.21 Tip1 için farklı basınç, yapıştırıcı ve kumaşlardaki mod2 deformasyon davranışı	22
Şekil 3.22 Tip2 için farklı basınç, yapıştırıcı ve kumaşlardaki mod2 deformasyon davranışı	22
Şekil 3.23 Tip3 için farklı basınç, yapıştırıcı ve kumaşlardaki mod2 deformasyon davranışı	22
Şekil 3.24 Tip5 için farklı basınç, yapıştırıcı ve kumaşlardaki mod2 deformasyon davranışı	23
Şekil 4.1 k1y1 kumaş ve yapıştırıcılarında farklı basınç ve tiplerde mod1 sönümlenme katsayısı	25
Şekil 4.2 k1y2 kumaş ve yapıştırıcılarında farklı basınç ve tiplerde mod1 sönümlenme katsayısı	25
Şekil 4.3 k2y1 kumaş ve yapıştırıcılarında farklı basınç ve tiplerde mod1 sönümlenme katsayısı	26
Şekil 4.4 k2y2 kumaş ve yapıştırıcılarında farklı basınç ve tiplerde mod1 sönümlenme katsayısı	26
Şekil 4.5 k1y1 kumaş ve yapıştırıcılarında farklı basınç ve tiplerde mod1 ve mod 2 sönümlenme katsayısı	27
Şekil 4.6 k2y1 kumaş ve yapıştırıcılarında farklı basınç ve tiplerde mod1 ve mod 2 sönümlenme katsayısı	27
Şekil 4.7 k2y2 kumaş ve yapıştırıcılarında farklı basınç ve tiplerde mod1 ve mod 2 sönümlenme katsayısı	28
Şekil 4.8 Tip1 farklı kumaş, kompozit ve basınçlarda sönümlenme katsayısı	28
Şekil 4.9 Tip2 farklı kumaş, kompozit ve basınçlarda sönümlenme katsayısı	29

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 4.10 Tip3 farklı kumaş, kompozit ve 0-6 bar basınçlarda sönümlleme katsayısı	29
Şekil 4.11 Tip5 farklı kumaş, kompozit ve 0-6 bar basınçlarda sönümlleme katsayısı	30
Şekil 4.12 Tip1 farklı kumaş, kompozit ve 0-6bar basınçlarda mod1 'de yerdeğiştirme	30
Şekil 4.13 Tip2 farklı kumaş, kompozit ve basınçlarda 0-6bar mod1 'de yerdeğiştirme	31
Şekil 4.14 Tip3 farklı kumaş, kompozit ve basınçlarda 0-6bar mod1 'de yerdeğiştirme	31
Şekil 4.15 Tip5 farklı kumaş, kompozit ve basınçlarda 0-6 bar mod1 'de yerdeğiştirme	32
Şekil 4.16 Tip1 farklı kumaş, kompozit ve basınçlarda mod1 ve mod2 'de yerdeğiştirme	32
Şekil 4.17 Tip2 farklı kumaş, kompozit ve basınçlarda mod1 ve mod2 'de yerdeğiştirme	33
Şekil 4.18 Tip3 farklı kumaş, kompozit ve basınçlarda mod1 ve mod2 'de yerdeğiştirme	33
Şekil 4.19 Tip5 farklı kumaş, kompozit ve basınçlarda mod1 ve mod2 'de yerdeğiştirme	34



ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 1.1 Çelik Çekme Borunun Kimyasal ve Mekanik Özellikleri	1
Çizelge 2.1 Test numunelerinin adetlerle ilişkilendirilmiş tipleri.....	10





SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

ω	: Frekans
x	: Frekans tepki fonksiyonu
F	: Frekans etki fonksiyonu
H	: Frekans davranış fonksiyonu
ξ	: Sönümlenme katsayısı
Hz	: Hertz
k	: Yaylanma sabiti
t	: Zaman
\dot{x}	: Frekans tepki fonksiyonu birinci türevi
\ddot{x}	: Frekans tepki fonksiyonu ikinci türevi

KISALTMALAR

SMAW	: Örtülü Elektrod Ark Kaynağı
SAW	: Toz Altı kaynağı
GMAW	: Özlü Tel ile gaz altı kaynağı
GTAW	: Tungsten Elektrod ile Gaz altı kaynağı
CFRP	: Karbon Fiber Takviyeli Boru
FFT	: Hızlı Fourier dönüşümü
FRF	: Frekansa bağlı fonksiyon



BÖLÜM 1

GİRİŞ

Son yirmi yıldır elyaf takviyeli kompozitler metallerin güçlendirilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Çalışmalar ağırlıklı olarak metal kirişlerin güçlendirilmesi inşaat sektörünün kullanımı ile sınırlıydı, metal boruların, ince cidarlı metal tankların frp ceket ile güçlendirilmesi ve de hasarlı boruların, ince cidarlı tankların tamiri günümüz şartlarında ekonomik olarak daha uygulanabilir durumdadır [1]. Yapılan araştırmalarda CFRP ile tamiri yapılan metal gövdelerin başarılı olduğu gözükmektedir. Bu tür uygulamalarda kullanılabilir elyaf tipi, yapıştırıcı tipi için günümüzde birçok markanın farklı özelliklerde ürünleri mevcuttur, bu çalışmada karbon elyaf kumaş, cam elyaf kumaş Araldite marka epoksi yapıştırıcılarla hasara uğratılıp kaynatılmış boru yüzeyine yapıştırılarak sarılmıştır. Buradaki amaç farklı yapıştırıcı ve kumaşların dinamik analiz yöntemi ile mekanik özelliklerini incelemektir.

Çelik çekme borunun özellikleri çizelge 1.1’de verilmiştir.

Çizelge 1.1 Çelik çekme borunun kimyasal ve mekanik özellikleri

		C	Si	Mn	P	S	Akma Sınırı Min	Kopma Sınırı	Uzama Min.(%)
DIN2391-2	St 35	0,17	0,35	0,4	0,025	0,025	235	340	25

1.1 METALLERDE KAYNAK TÜRLERİ

SMAW-Örtülü Elektrod Ark Kaynağı: Kaynak için gerekli ısının örtü kaplı tükenen bir elektrod ile iş parçası arasında oluşan ark sayesinde ortaya çıktığı, elle yapılan bir ark kaynak yöntemidir. Elektrik Direnç Kaynağı: Metallerin üzerinden geçen akıma karşı gösterdiği dirençle ısı üretmesi esası ile iki veya daha fazla metal yüzey arasında yapılan kaynak

yöntemidir. Oksi-Asetilen Kaynağı: Kaynak alevi oksijenler asetilen yanması sonucu elde edilir, bu metod metallerin kesilmesinde de kullanılmaktadır.

SAW-Toz Altı kaynağı: Kaynak için gerekli ısının tükenen elektrod ile iş parçası arasında oluşan ark sayesinde ortaya çıktığı bir ark kaynak yöntemidir. Ark bölgesi kaynak tozu tabakası ile kaynak metali ve kaynağa yakın ana metal ergiyen kaynak metali (cürüf) ve kaynak dikişi toz tarafından korunur.

GMAW, GTAW-Gaz altı kaynağı: Kaynak için gerekli ısının tükenen bir elektrod ile iş parçası arasında oluşan ark sayesinde ortaya çıktığı, kaynak bölgesinin sürekli şekilde beslendiği (sürülen), ergiyerek tükenen elektrod kaynak metalini oluşturur, bu esnada kaynak torcundan gelen gaz atmosferin zararlı etkilerinden kaynak bölgesini korur [2].

Çalışmamızda bu yöntem kullanılarak kaynağı iki farklı tel kullanılarak yapılmış çelik çekme boruların kompozit ile güçlendirerek deneysel dinamik analizlerini yapacağız.

1.2 KAYNAKLI METAL BORULARDA KUVVETLENDİRİCİ KOMPOZİT MALZEMELER VE YAPIŞTIRICILAR

İnsanoğlu ilk çağlardan beri kırılğan malzemelerin içine bitkisel veya hayvansal lifler koyarak kırılğanlık özelliğini gidermeye çalışmıştır, tarihten günümüze kadar gelen en iyi örnek kerpiçtir.

Elyaf malzeme kullanımı ise, yapay taş plakaların üretim yöntemi 19.yy başlarında alınmış patentlere rastlanmaktadır. Yaygın olarak kullanılan cam liflerinin üretiminin eksik Mısır'a kadar dayandığı gözlemlenmiştir, Cam liflerinin sanayide kullanımı ile ilgili ilk kayıt 1877 tarihine aittir.

Liflerle takviye edilmiş sentetik reçineler ise 1950'li yıllardan itibaren endüstride kullanılmaya başlamıştır, ülkemizde seri üretimi yapılmış ilk yerli otomobil olan Anadol'un kaportası da bu malzemedendir [3].

Kompozit malzemelerde kullanılan iki bileşenden biri reçine diğerine de matris malzemeleri yani elyaftır. Reçineler epoksi, polyester, üretan ve fenolik olarak dörde ayrılır. Diğer bileşen

elyaflar ise temel mukavemet elemanlarıdır, düşük yoğunluğun yanı sıra yüksek elastisite modülüne ve sertliğe sahip olan elyaflar kimyasal korozyona karşı dirençlidir. Cam elyaflar teknolojiye kullanılan en eski elyaf tipleridir. Son yıllarda geliştirilmiş olan bor, karbon silisyum karbür ve aramid elyaflar ise gelişmiş kompozit yapılarda kullanılan elyaf tipleridir. Cam elyaflar, bor elyaflar, silisyum karbür elyaflar, alümina elyaflar, karbon elyaflar, aramid elyaflar kullanılan elyaf tipleridir [3].

Aramid Kumaş, Karbon fiber Kumaş, Cam Elyaf Kumaş ile epoksi reçine kullanılarak kompozit malzemeler elde edilmektedir.

Biz bu çalışmamızda Kaynağı yapılmış çelik tüpün alın kaynağı noktasına iki farklı kumaş, iki farklı yapıştırıcı kullanarak toplam 4 farklı tipte kuvvetlendirici uygulaması yapılmıştır.

Tip1 kumaş: Karbon Fiber Kumaş 420 gr/m² 12k -twill, Tip2 kumaş: Cam Fiber Kumaş 600 gr/m² BA +/- 45

Tip1 yapıştırıcı: Areldite 2011, Tip2 Areldite 2015 ‘tir.

1.3 ÖRGÜLÜ KOMPOZİT KUMAŞLA KUVVETLENDİRİLMİŞ KAYNAKLI METAL BORULARIN KULLANIM ALANI

Örgülü kompozit kumaş kullanılarak kaynaklı metal boruların takviyesinin kullanım alanlarından en eskilerinden biri çelik konstrüksiyonlu köprülerdir [4], köprülerin ayaklarında kullanılan çelik boruların hasarlarında veya takviyesinde kompozit kumaşla kaynaklı metal borular kuvvetlendirilerek kullanılmıştır [5] [6].

Metallerin Yorulmaya dayanımı nedeniyle oluşan hasarlarının giderilmesinde Kompozit kumaş kullanımı ilk olarak uzay endüstrisi ve donanmadadır, Bununla birlikte deniz aşırı petrol endüstrisi ve gaz endüstrisinde patlamaya dayanıklılık, tuzlu suyun korozyon etkilerine karşı dayanım gerektiren noktalarda metal borular kompozit ile kuvvetlendirilerek kullanılmıştır [7].

1.4 ÇALIŞMANIN AMACI VE LİTERATÜR İNCELEME

Bu çalışmanın amacı havacılık, otomotiv, inşaat ve donanma ile alakalı yapılan metal boru kullanımlarında hasarlanan ve/veya güçlendirilmek istenen metal borunun takviyesinde kullanılacak kumaş tipi, yapıştırıcı tipi ile alakalı incelemeler yapmak, hasarlanan kısımların tamir metodolojilerine, kaynak teli cinslerine göre davranışlarını incelemektir.

Örgülü kompozit kumaş ile güçlendirilmiş çelik borunun dinamik analizi ile alakalı literatürde kısıtlı sayıda çalışma vardır. Bu doğrultuda Klasik sınır koşullarına sahip dairesel silindirik bir kabuğun serbest titreşim özelliklerini değerlendirmek için fourier serisi ifadeleri olarak temsil edilen aksel modal yer değiştirmelerle birlikte sanders kabuk denklemlerinin kullanıldığı doğrudan bir çözüm prosedürü yoluyla elde edildiği gibi [8], kirişin eğilme deplasmanı, bir fourier serisinin ve yardımcı bir polinom fonksiyonunun doğrusal kombinasyonu olarak aranır, bu fonksiyon ilgili tüm süreksizlikleri, sınırlarda özgün yer değiştirme ve türevleri ile almaya başlar ve bu seri üç sürekli türev içeren kalıcı veya şartlandırılmış yer değiştirmeyi temsil ettiği [9], akademik çalışmalarda görülmektedir. Bu çalışmada ise analizleri yapılırken ncode programı kullanılmıştır.

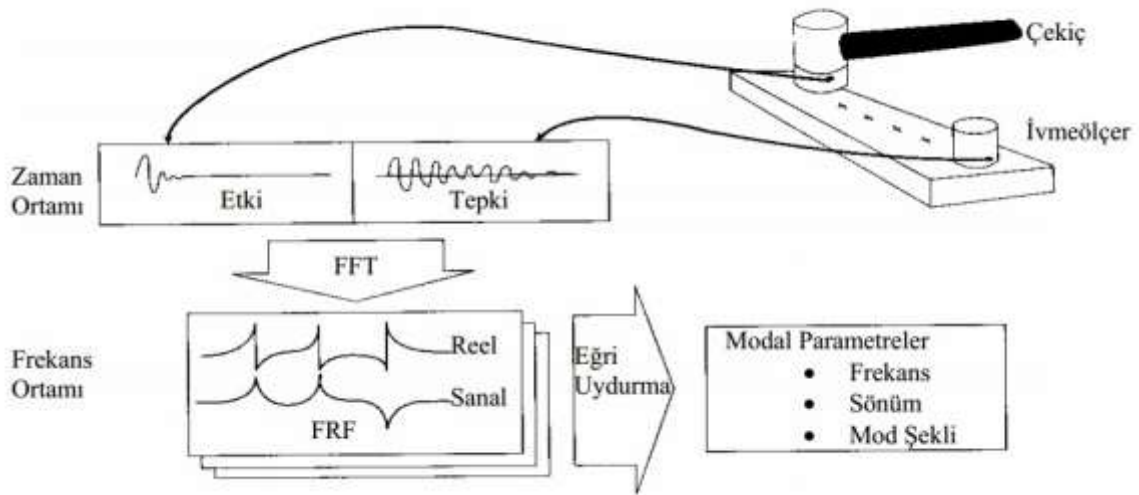
BÖLÜM 2

MATERYAL VE METOD

2.1 DENEY DÜZENEĞİ VE TEST YÖNTEMİ

Deneyisel modal analiz yöntemi ile yapıların dinamik karakteristikleri olarak adlandırılan doğal frekanslar, mod şekilleri ve sönüm oranları deneyisel olarak elde edilebilmektedir.

Böyle deneyisel bir yöntem gereksinim duyulmasının esas sebepleri arasından yapıların teorik analizi yapılırken yapılan kabullerin gerçekte sağlanıp sağlanmadığının tespit edilmesi, teorik analizin yapılmasında güçlük olan sistemlerin dinamik karakteristiklerinin deneyisel olarak belirlenmesi ve/veya hasar görmüş yapıların durumlarının belirlenmesi yer almaktadır. Deneyisel modal analizde yapıya bilinen bir kuvvet verilmekte ve yapının bu kuvvete tepkisi ölçülmektedir. Bu işlem yapılırken kuvvet uygulamak için çekiç, yapının tepki ölçümü için ivmeölçer ve verileri değerlendirmek için bir sinyal analizör kullanılır.



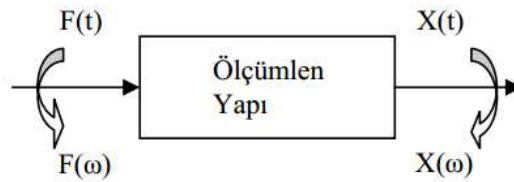
Şekil 2.1 Deney düzeneği

Şekilden gözüktüğü gibi, yapıya uygulanan etki çekicinin başlığına yerleştirilen bir kuvvetölçerle zaman ortamında ölçülür, uygulanan bu kuvvet altında, yapı sınır koşullarına ve malzeme özelliklerine bağlı olarak bir titreşim hareketi yapar, yapının bu etkiye gösterdiği bu tepki ise yapıya bağlanan ivmeölçerle yine zaman ortamında ölçülür [10].



Şekil 2.2 Deney düzeneği görseli

Fourier dönüşümü (FFT-Fast Fourier Transform) kullanılarak etki ve tepki fonksiyonları zaman ortamından frekans ortamına dönüştürülür.



Şekil 2.3 Etki ve Tepki fonksiyonlarının Zaman ortamından frekans ortamına dönüştürülmesi

Yapıya ait frekans davranış fonksiyonu (FRF-Frequency Response Function), fourier dönüşümleri yapılmış tepki fonksiyonun etki fonksiyonuna bölünmesiyle elde edilir.

$$H(\omega) = \frac{X(\omega)}{F(\omega)} \quad (2.1)$$

Burada,

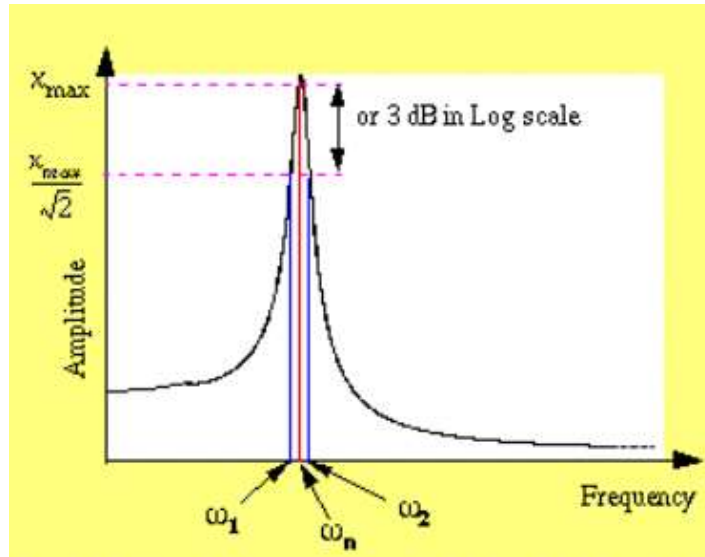
$X(\omega)$: frekans ortamındaki tepki fonksiyonunu,

$F(\omega)$: frekans ortamındaki etki fonksiyonunu,

$H(\omega)$:frekans davranış fonksiyonunu göstermektedir.

Frekans davranış fonksiyonları kullanılarak yapının doğal frekansları, mod şekilleri ve sönüm oranları belirlenir.

Bu davranışları incelemek için ise Modal Analiz yöntemlerinden Geliştirilmiş Frekans Alanında ayrıklaştırma yöntemi (Frequency domain decomposition) kullanılmıştır. Frekans alanındaki çalışma metodları, giriş ve çıkış spektrum yoğunluğu ilişkisi formülasyonuna dayanır ve çapraz spektrum matrisinin tekil değerlerine ayrıştırılması yoluyla gerekli sonuçlara ulaşır. Tekil değerler kutup bilgilerini (frekans, sönüm ve mod şekillerini), tekil vektörler ise mod şekillerini bilgisini içerir. Sönüm hesaplama yöntemlerinden biri yarım bant genişliği yöntemidir, bu yöntemle göre yapı üzerinden alınan titreşim verilerine (frekansa bağlı genlik eğrileri) her bir mod etrafından bu yarım güç bant genişliği yöntemi uygulanır.



Şekil 2.4 Yarım bant genişliği yöntemi grafiği

Bu yöntemle sönüm oranı, denklem (2.2) 'de verildiği gibi doğal frekans tepesinden 3db aşağıda eğriyi kesen noktaların farkları alınarak doğal frekansın 2 katına bölünerek bulunur.

$$\xi = \frac{\omega_s - \omega_i}{2 * \omega} \quad (2.2)$$

Herhangi bir anda mekanik bir sistemin geometrik pozisyonu bağımsız bir koordinatla tanımlanabiliyorsa, bu sisteme tek serbestlik dereceli sistem adı verilir, Newton'un 2.yasasına göre

x eksenine bağlı hareket denklemi;

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = f(t) \quad (2.3)$$

olarak verilebilir, harmonik bir tahrik için

$$f(t) = f e^{i\omega t} \quad (2.4)$$

eşitsizliği gözönüne alındığında

$$\ddot{x} + 2\xi\omega_0\dot{x} + \omega_0^2x = \omega_0^2 \frac{F}{k} e^{i\omega t} \quad (2.5)$$

eşitliği elde edilir, bu eşitlikte

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}, \quad \xi = \frac{c}{2m\omega_0} \quad (2.6, 2.7)$$

ξ :sönümlenme katsayısı

ω_0 :sönümsüz doğal frekans tanımlarıyla verilmiştir, çözüm formu olarak

$$x(t) = x e^{i\omega t} \quad (2.8)$$

kabul edilirse,

$$x = \frac{F/k}{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2 + j2\xi\left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)} e^{i\omega t} \quad (2.9)$$

elde edilir.

Eşitlik (7)'de görüldüğü gibi x yerdeğiştirmesi doğrudan uygulanan F kuvvetiyle orantılıdır. Dolayısıyla eşitlikteki doğrusallık faktörü

$$H(w) = \frac{1}{1 - \left(\frac{w}{w_0}\right)^2 + j2\xi\left(\frac{w}{w_0}\right)} \quad (2.10)$$

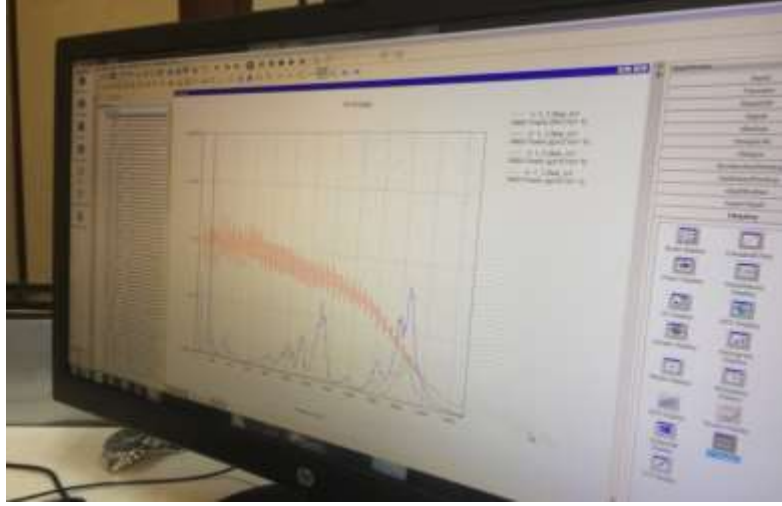
Şeklinde tanımlanabilir, eşitlikteki H(w) kompleks frekans tepki fonksiyonu olarak adlandırılır.

Ölçümlerde yapıyı titreştirmek için Dytran -HBM (USA) Firmasının üretmiş olduğu darbe çekici ve yapının titreşimlerini ölçmek için ise aynı marka ivmeölçer kullanılmıştır. Elde edilen sinyaller ise E-DAQ Firmasının üretmiş olduğu analizör kullanılarak değerlendirilmiştir, bu değerler daha sonra ncode programı ile incelenmiştir.



Şekil 2.5 Deney düzeneğinde darbe çekici ile uygulama

Ölçüm işlemi için ivmeölçer belirlenen düğüm noktasına mandal ile bağlanmışır, belirlenen noktadan çekiçle 3 kez çeliğe vurulmuştur, bunun sonucunda elde edilen grafikler yardımı ile frekans, sönümlenme ve yer değiştirme ile alakalı değerler grafikler üzerinden alınmıştır.



Şekil 2.6 N-code programı ile grafik analizi

Bir denge noktası etrafındaki mekanik salınım titreşim olarak tanımlanmaktadır. Eşit zaman aralıkları ile tekrarlanan hareketler de frekansı vermektedir. Titreşim frekanslarını hesaplamak hayati önem taşımaktadır. Titreşim bir sinüs dalgası şeklinde değişen titreşim hareketi olup, çalışmamızda sınır koşullarına göre analizler gerçekleştirilmiştir

Ankastre kiriş düzeneğinde yapılan dinamik deneyler için ele alınan gruplar Çizelge 2.1’de verilmiştir.

Çizelge 2.1 Test numunelerinin adetlerle ilişkilendirilmiş tipleri

	Yapıştırıcı olmadan	k1y1	k1y2	k2y1	ky2y2	Toplam
tip1	2	2	2	2	2	10
tip2	2	2	2	2	2	10
tip3	2	2	2	2	2	10
tip4						2
tip5	2	2	2	2	2	10
	Genel toplam (adet)					42
<p>tip1:SG3 tel ile kaynatılmış çapakları temizlenmemiş, tip2:SG2 tel ile kaynatılmış, çapakları temizlenmiş, tip3:SG2 tel ile kaynatılmış çapakları temizlenmemiş, tip5:SG3 tel ile kaynatılmış çapakları temizlenmiş, tip4:kesilmemiş, hasara uğratılmamış numune, k1:Karbon Fiber Kumaş 420 gr/m2 12k -twill, k2:Cam Fiber Kumaş 600 gr/m2 BA +/- 45, y1:Areldite 2011, y2:Areldite 2015</p>						

Bu deney yapılırken başlangıçta 0 Bar, 2 Bar, 4 Bar ve 6 Bar olacak şekilde bir numune üzerinden 4 ayrı veri alınarak kayıt altına alınmıştır. Deney numuneleri toplam 21 tip, 42 numune için 4 ayrı basınçta 164 ayrı deney yapılarak değerler alınmıştır.



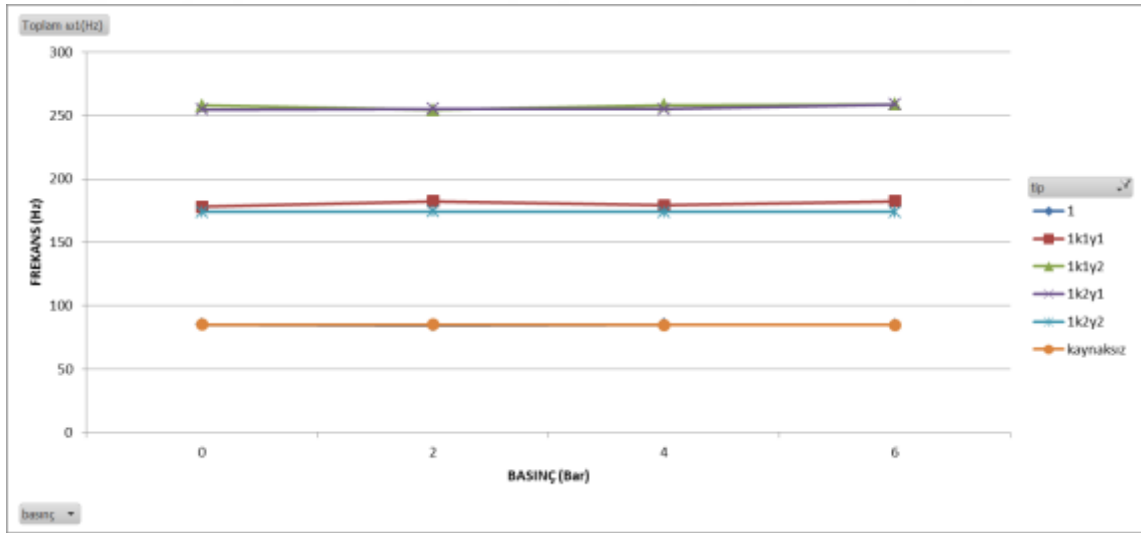
Şekil 2.7 Test basıncı manometre görseli



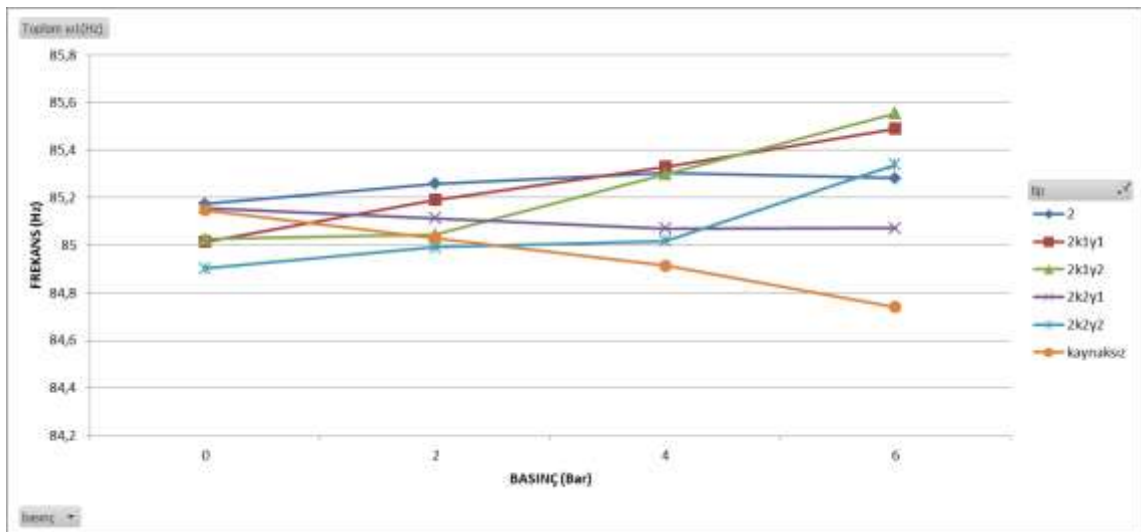
BÖLÜM 3

SONUÇLAR

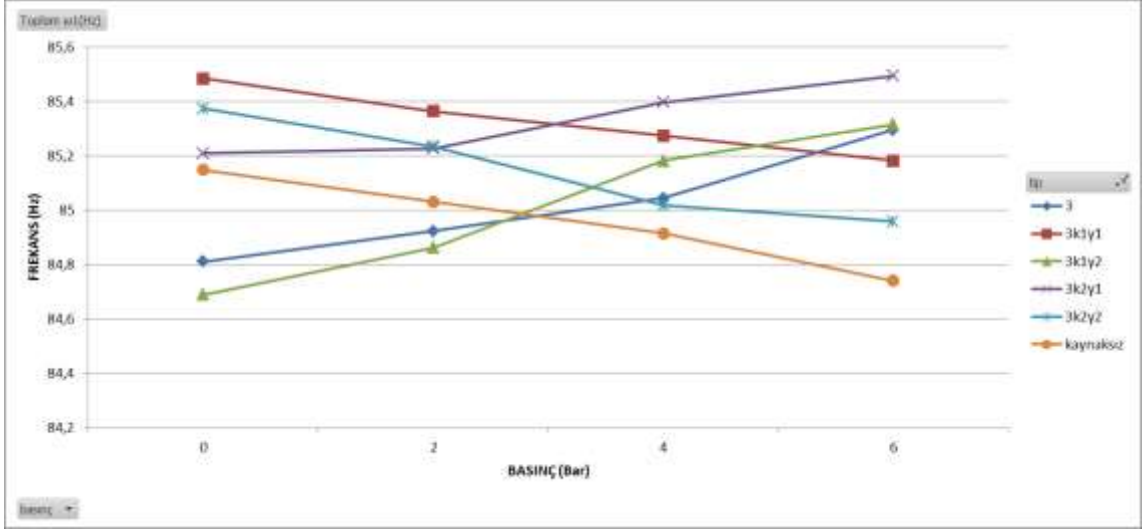
3.1 ÖRGÜLÜ KOMPOZİT KUMAŞLA KUVVETLENDİRİLMİŞ KAYNAKLI METAL BORULARDA DOĞAL FREKANS DAVRANIŞI



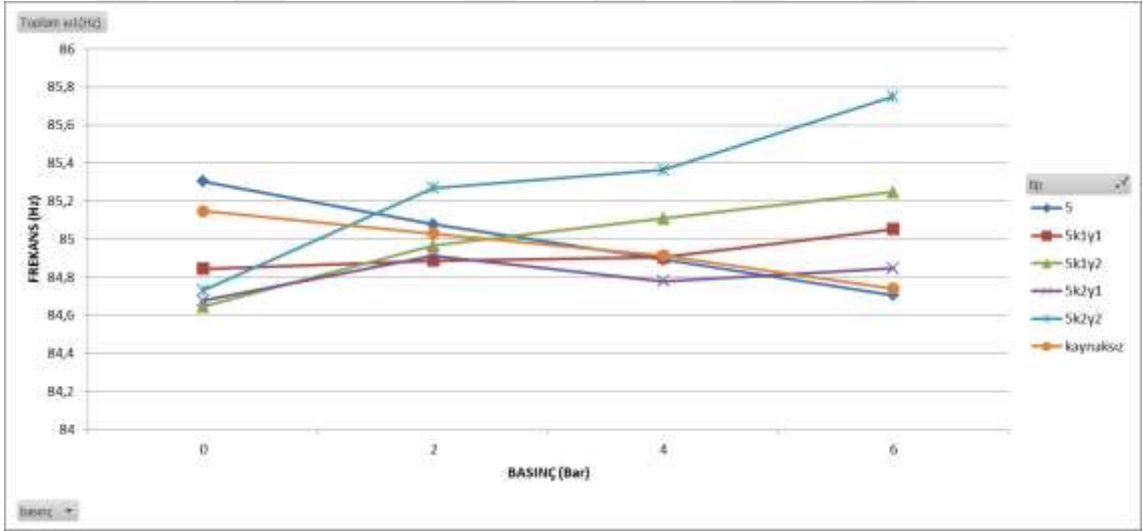
Şekil 3.1 Tip1 için farklı basınç, yapıştırıcı ve kumaşlardaki mod1 frekans grafiği



Şekil 3.2 Tip2 için farklı basınç, yapıştırıcı ve kumaşlardaki mod1 frekans grafiği

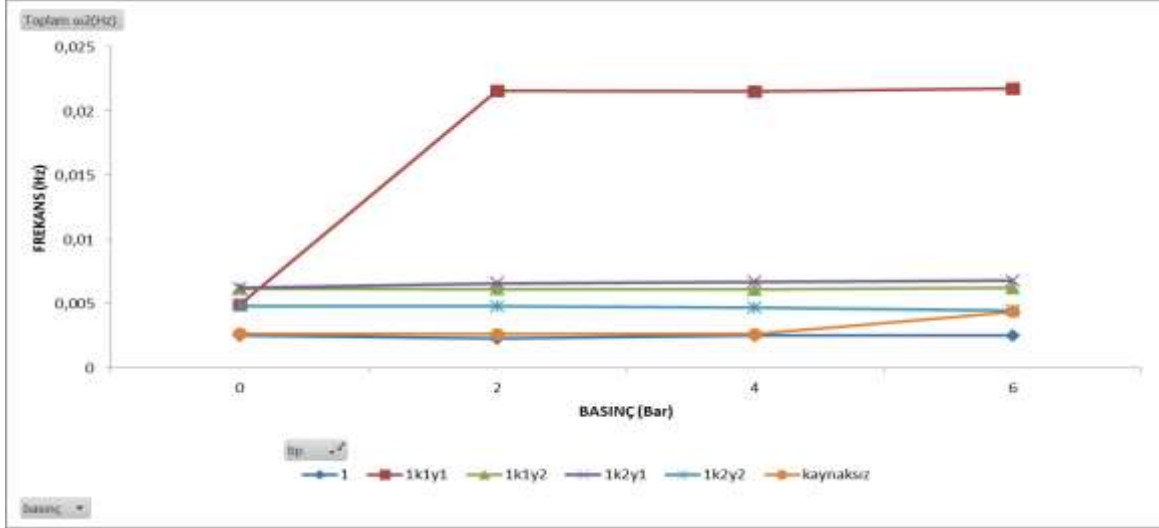


Şekil 3.3 Tip3 için farklı basınç, yapıştırıcı ve kumaşlardaki mod1 frekans grafiği

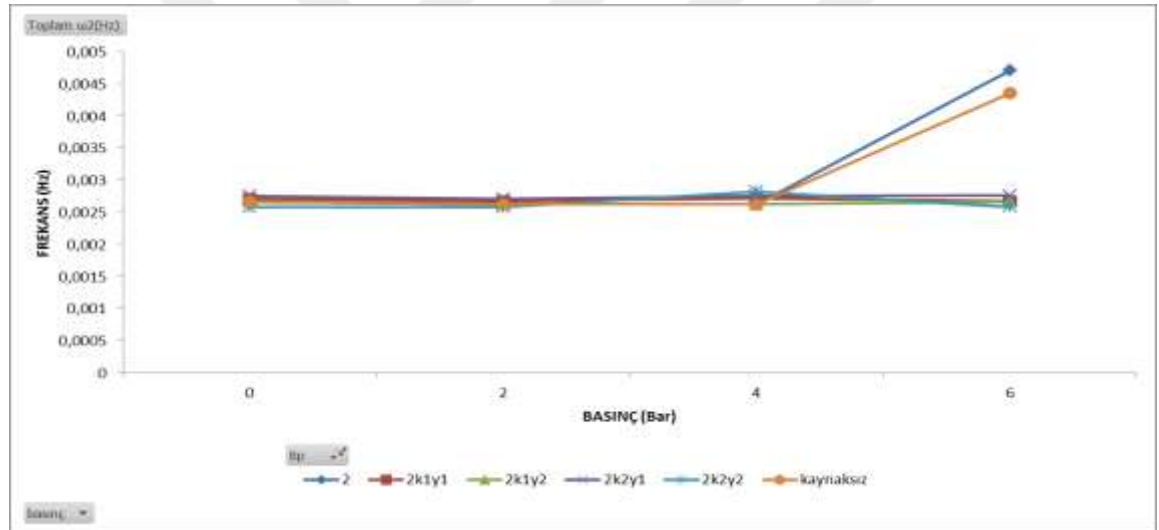


Şekil 3.4 Tip5 için farklı basınç, yapıştırıcı ve kumaşlardaki mod1 frekans grafiği

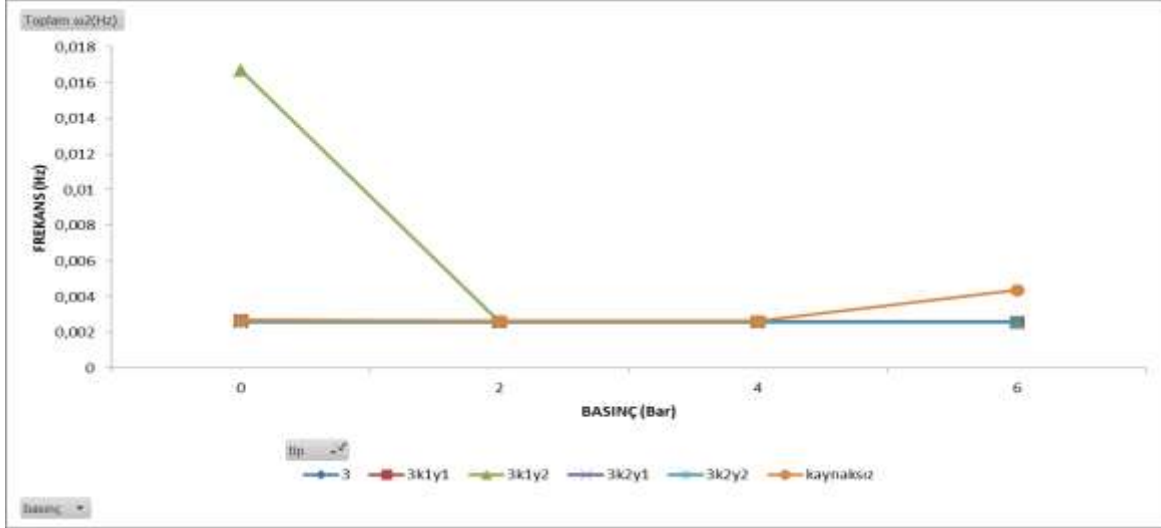
Mod 1 için; tip1 için basınç ile alakalı olarak frekans değerlerinde ciddi bir artış gözlenmemiştir. Kaynaksız numune frekansının diğer numunelerden farklı olarak daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Tip1,Tip2,Tip3 ve Tip5 için Basınç artışı ile frekans değerlerinin ters orantılı olduğu tespit edilmiştir. Basınç artıka malzeme rijitlik kazanmıştır.



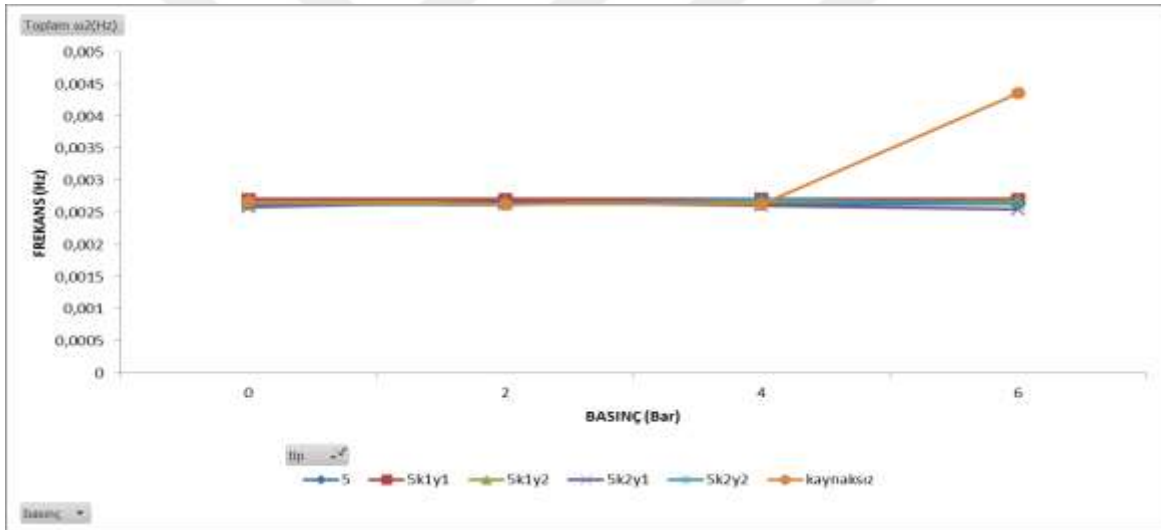
Şekil 3.5 Tip1 için farklı basınç, yapıştırıcı ve kumaşlardaki mod2 frekans grafiği



Şekil 3.6 Tip2 için farklı basınç, yapıştırıcı ve kumaşlardaki mod2 frekans grafiği

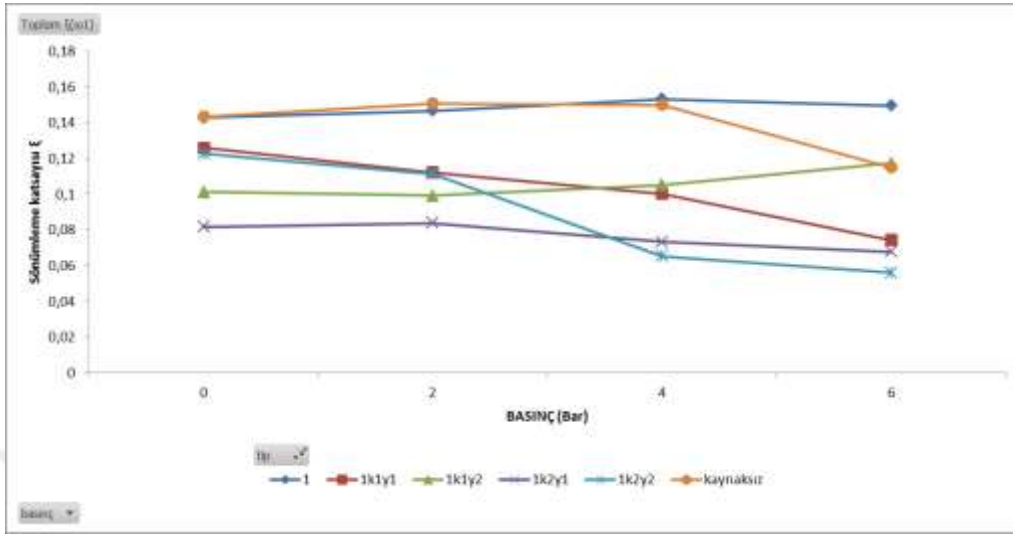


Şekil 3.7 Tip3 için farklı basınç, yapıştırıcı ve kumaşlardaki mod2 frekans grafiği

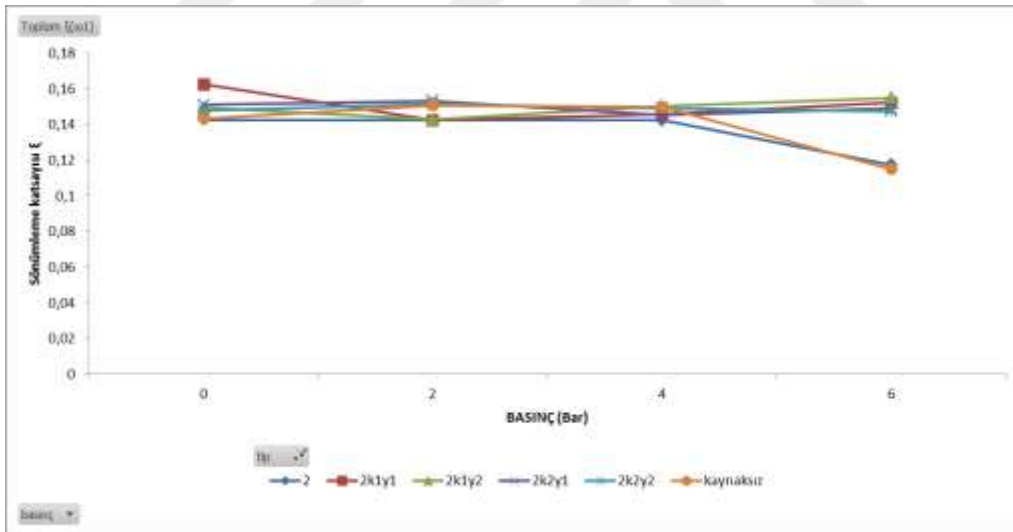


Şekil 3.8 Tip5 için farklı basınç, yapıştırıcı ve kumaşlardaki mod2 frekans grafiği

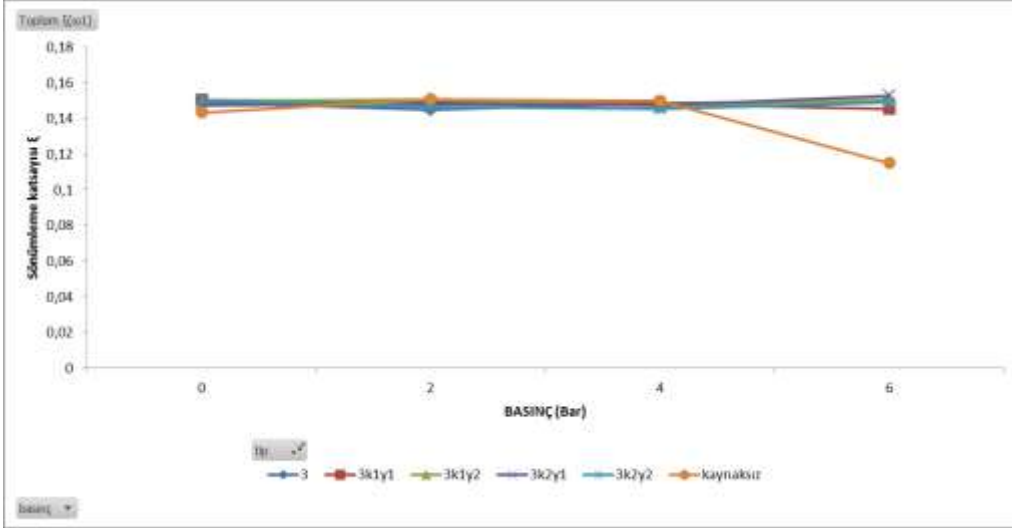
3.2 ÖRGÜLÜ KOMPOZİT KUMAŞLA KUVVETLENDİRİLMİŞ KAYNAKLI METAL BORULARDA SÖNÜMLEME KATSAYISI DAVRANIŞI



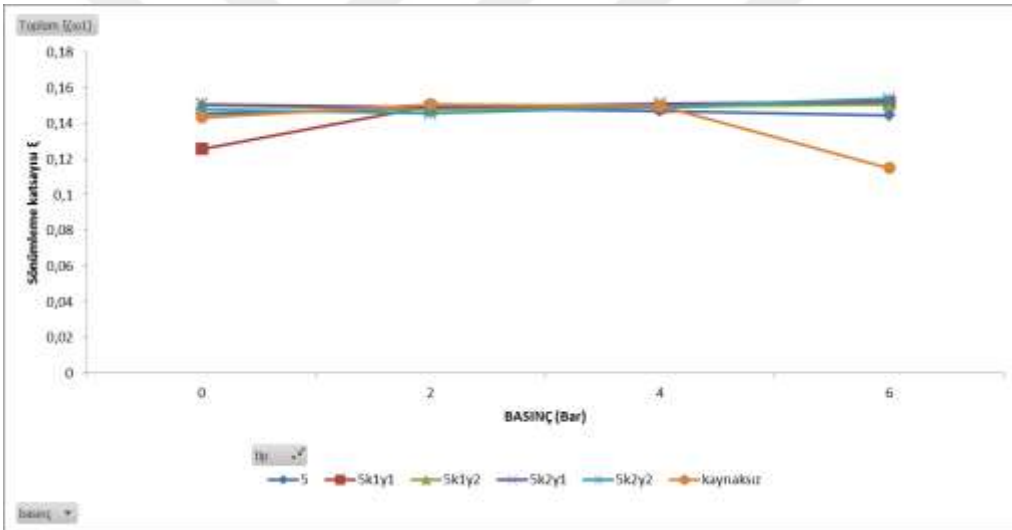
Şekil 3.9 Tip1 için farklı basınç, yapıştırıcı ve kumaşlardaki mod1 sönümlenme katsayısı grafiği



Şekil 3.10 Tip2 için farklı basınç, yapıştırıcı ve kumaşlardaki mod1 sönümlenme katsayısı grafiği

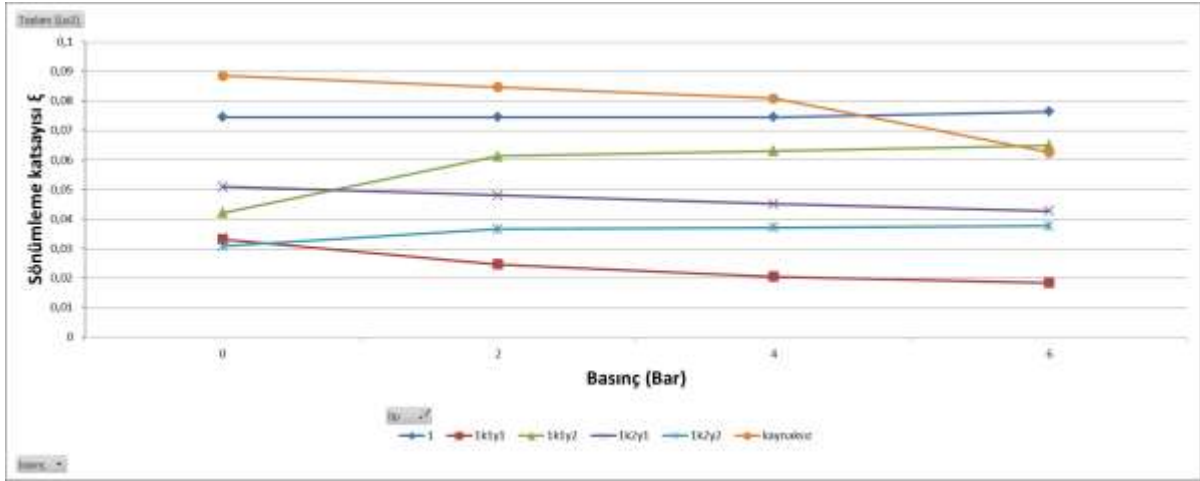


Şekil 3.11 Tip3 için farklı basınç, yapıştırıcı ve kumaşlardaki mod1 sönümlenme katsayısı grafiği

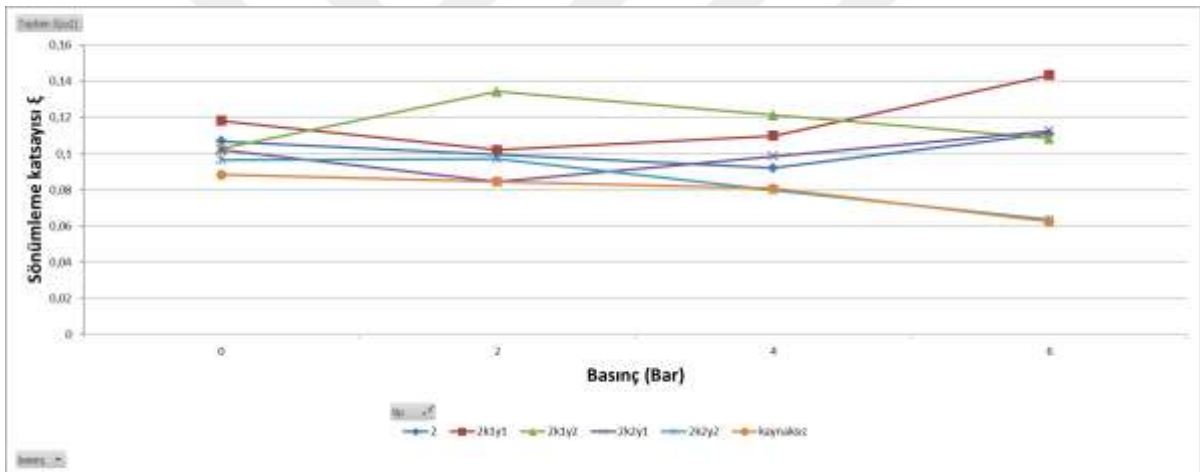


Şekil 3.12 Tip5 için farklı basınç, yapıştırıcı ve kumaşlardaki mod1 sönümlenme katsayısı grafiği

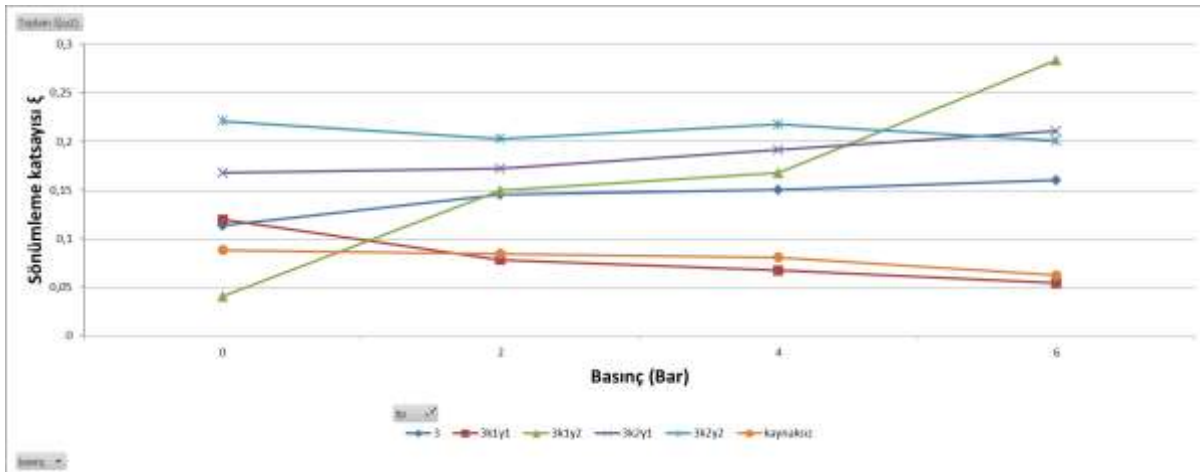
Mod2 :



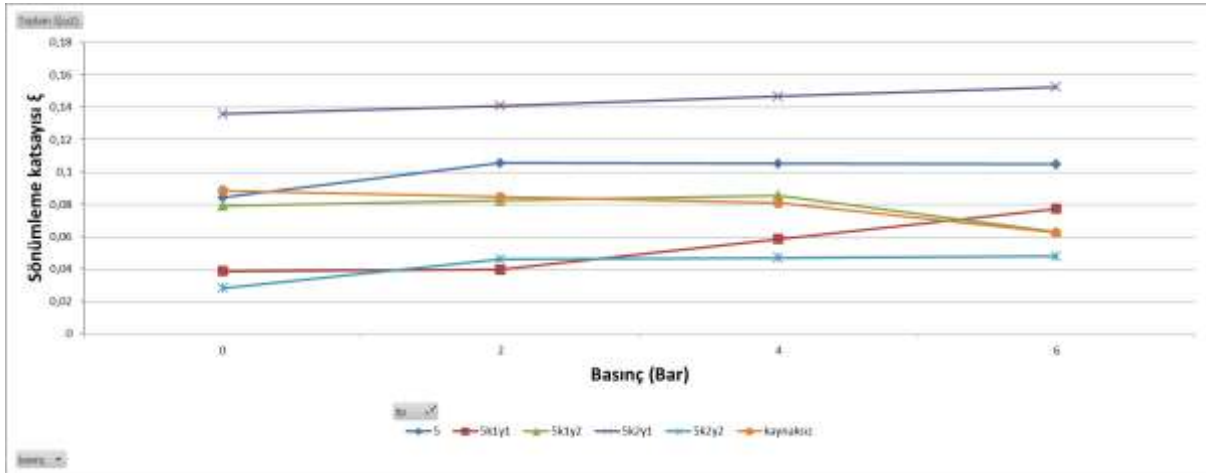
Şekil 3.13 Tip1 için farklı basınç, yapıştırıcı ve kumaşlardaki mod2 sönümleme katsayısı grafiği



Şekil 3.14 Tip2 için farklı basınç, yapıştırıcı ve kumaşlardaki mod2 sönümleme katsayısı grafiği

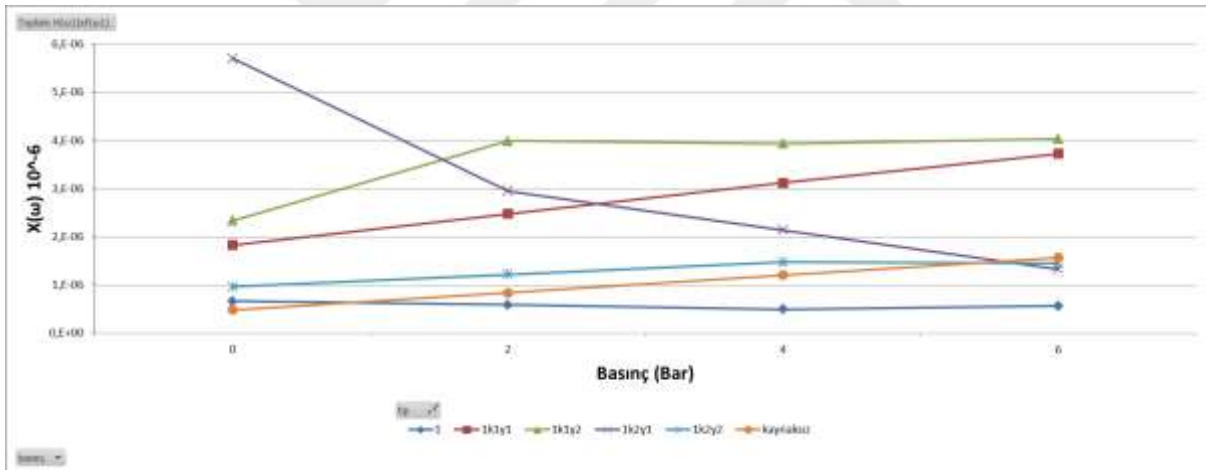


Şekil 3.15 Tip3 için farklı basınç, yapıştırıcı ve kumaşlardaki mod2 sönümleme katsayısı grafiği

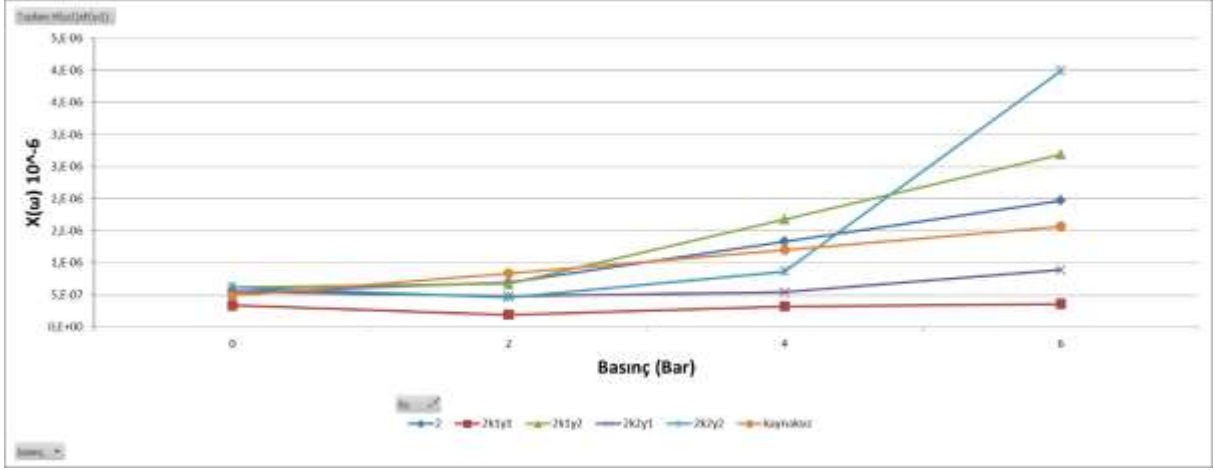


Şekil 3.16 Tip5 için farklı basınç, yapıştırıcı ve kumaşlardaki mod2 sönümlenme katsayısı grafiği

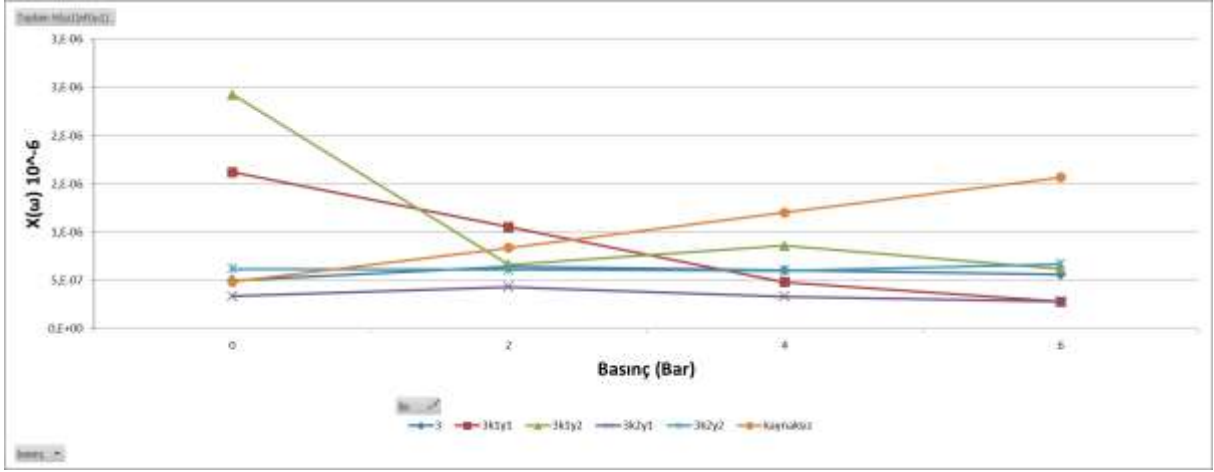
3.3 ÖRGÜLÜ KOMPOZİT KUMAŞLA KUVVETLENDİRİLMİŞ KAYNAKLI METAL BORULARDA DİNAMİK DEFORMASYON DAVRANIŞI



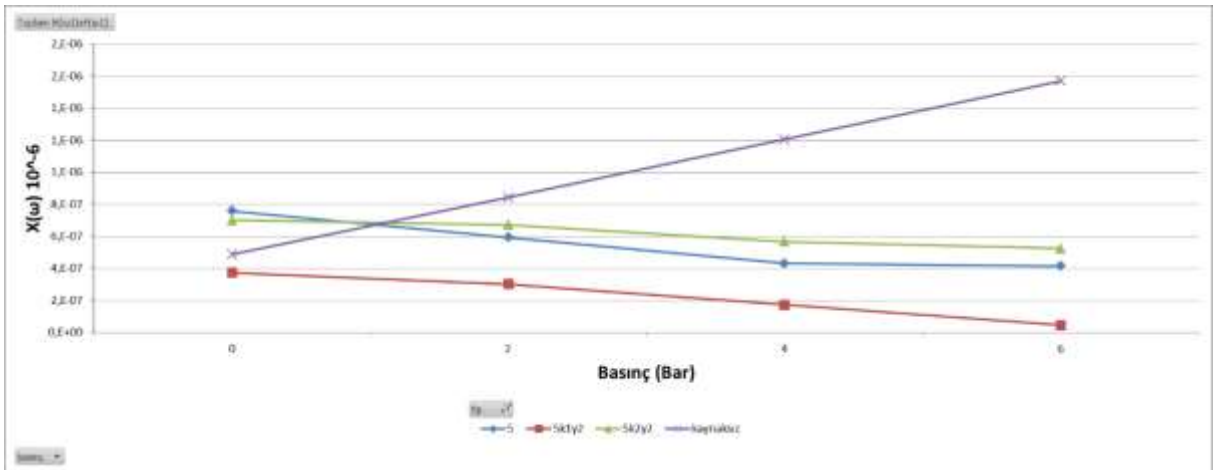
Şekil 3.17 Tip1 için farklı basınç, yapıştırıcı ve kumaşlardaki mod1 deformasyon davranışı



Şekil 3.18 Tip2 için farklı basınç, yapıştırıcı ve kumaşlardaki mod1 deformasyon davranışı

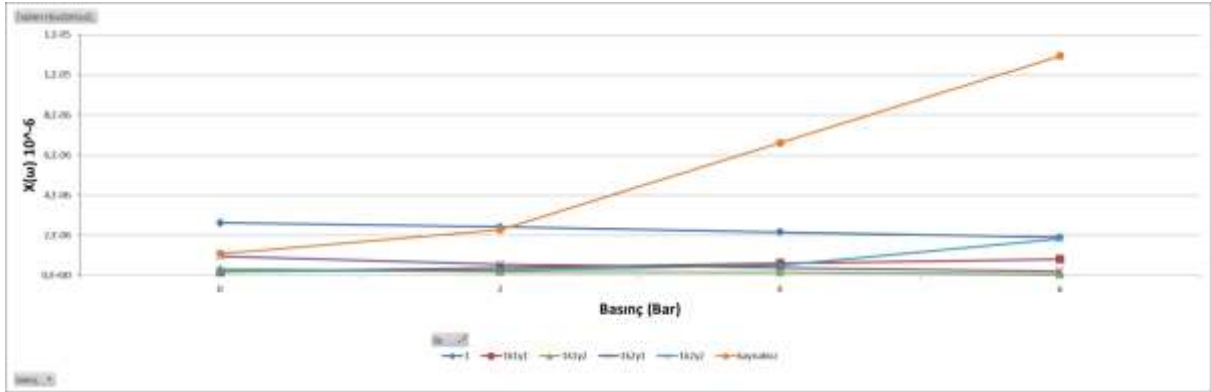


Şekil 3.19 Tip3 için farklı basınç, yapıştırıcı ve kumaşlardaki mod1 deformasyon davranışı

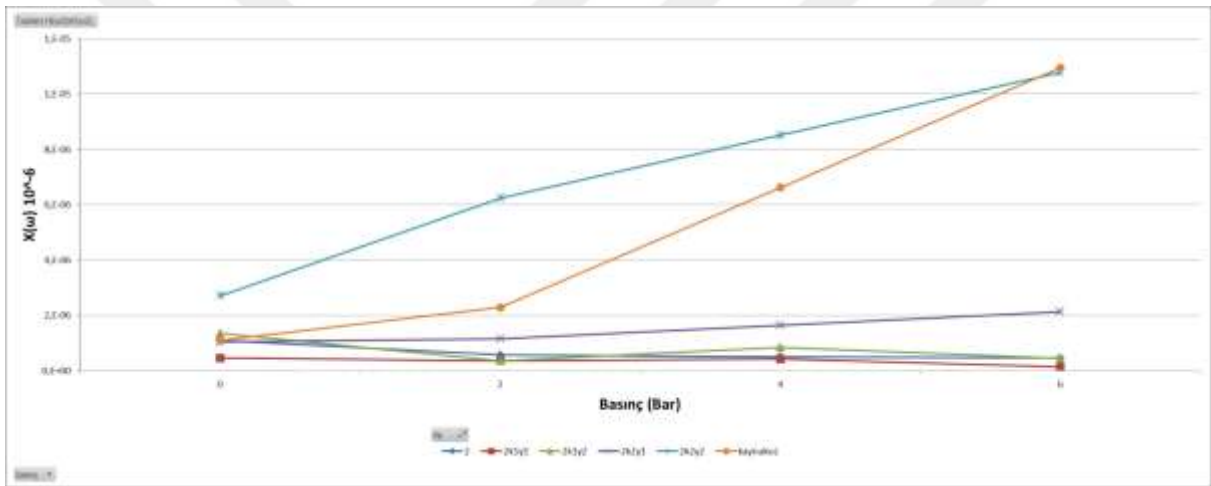


Şekil 3.20 Tip5 için farklı basınç, yapıştırıcı ve kumaşlardaki mod1 deformasyon davranışı

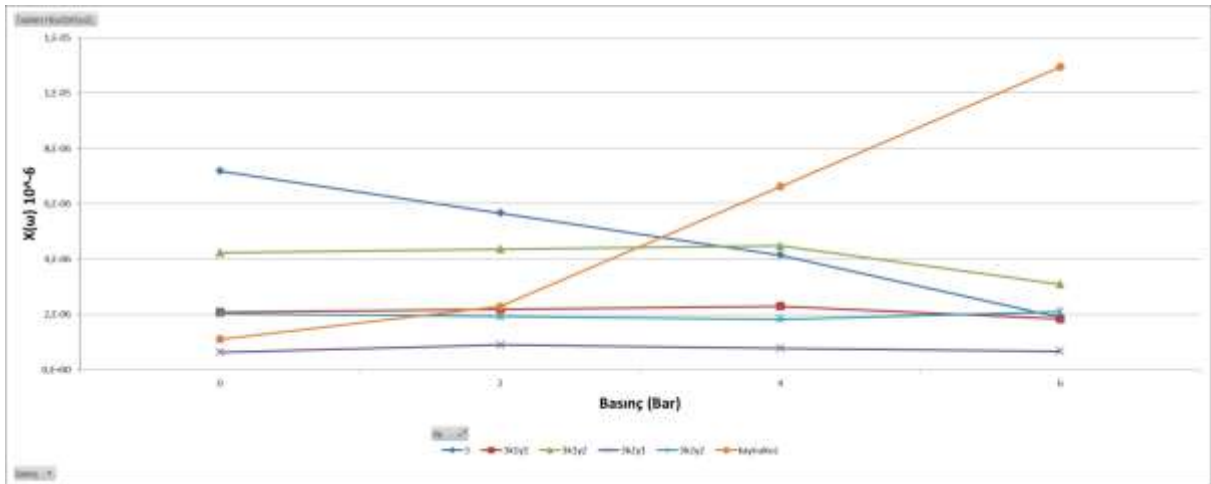
Mod2 :



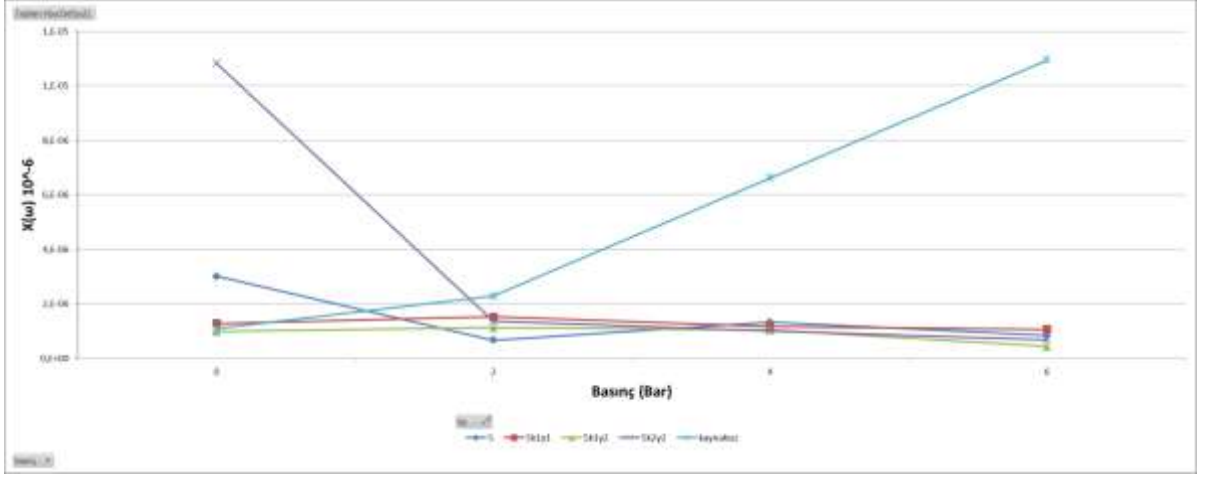
Şekil 3.21 Tip1 için farklı basınç, yapıştırıcı ve kumaşlardaki mod2 deformasyon davranışı



Şekil 3.22 Tip2 için farklı basınç, yapıştırıcı ve kumaşlardaki mod2 deformasyon davranışı



Şekil 3.23 Tip3 için farklı basınç, yapıştırıcı ve kumaşlardaki mod2 deformasyon davranışı



Şekil 3.24 Tip5 için farklı basınç, yapıştırıcı ve kumaşlardaki mod2 deformasyon davranışı

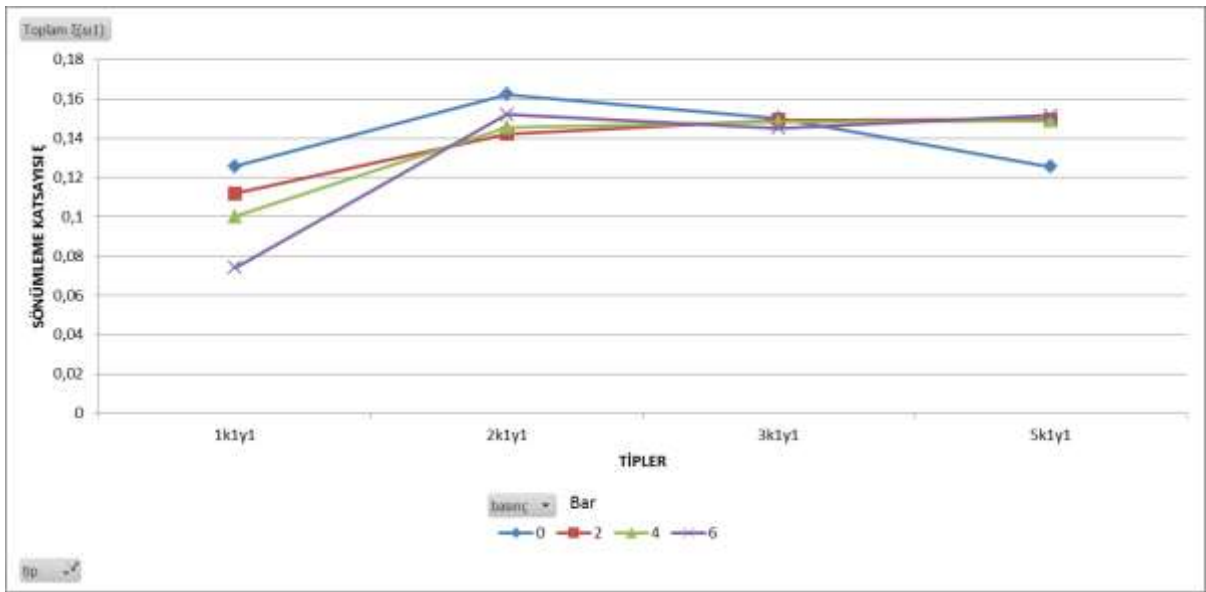




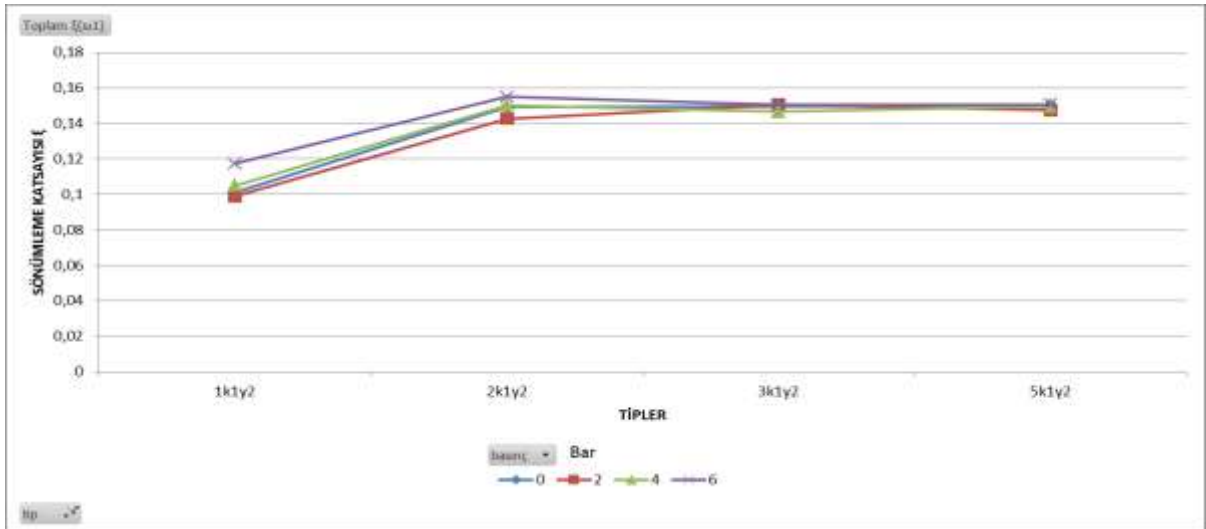
BÖLÜM 4

DEĞERLENDİRME

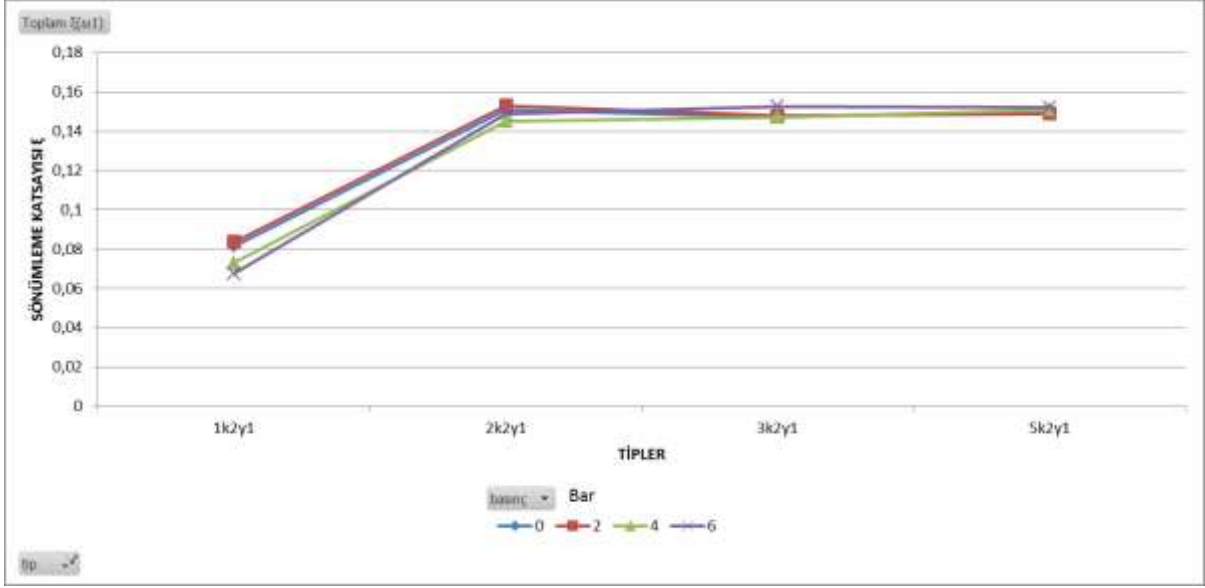
4.1 KAYNAK TİPİNİN KUVVETLENDİRİLMİŞ METAL BORU DİNAMİĞİNE ETKİSİ



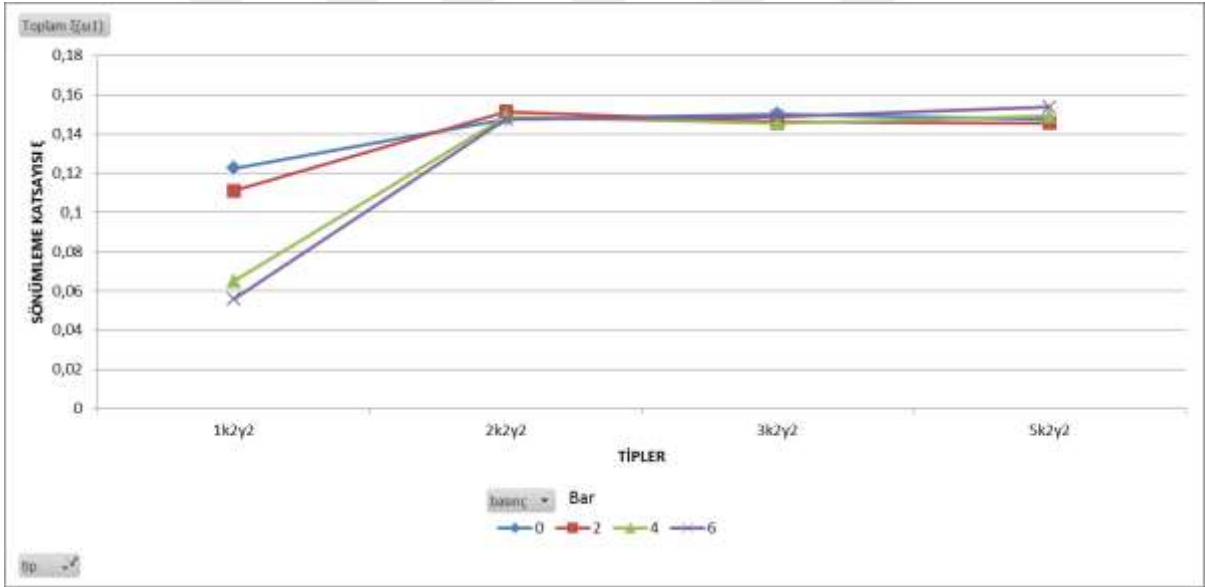
Şekil 4.1 k1y1 kumaş ve yapıştırıcılarında farklı basınç ve tiplerde mod1sönümlenme katsayısı



Şekil 4.2 k1y2 kumaş ve yapıştırıcılarında farklı basınç ve tiplerde mod1sönümlenme katsayısı

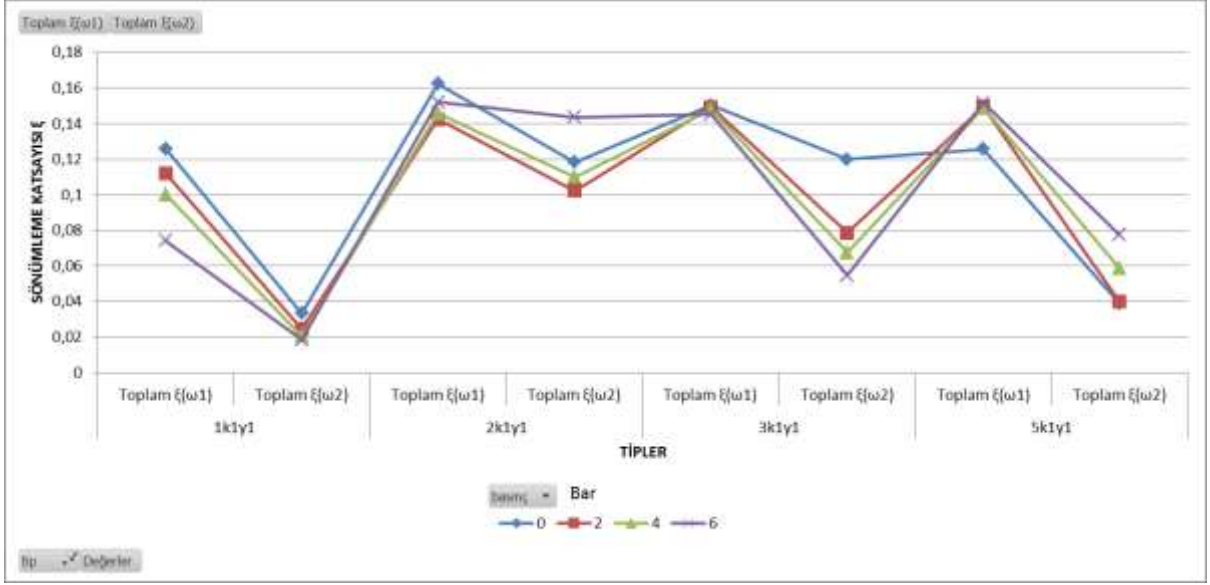


Şekil 4.3 k2y1 kumaş ve yapıştırıcılarında farklı basınç ve tiplerde mod1sönümlleme katsayısı

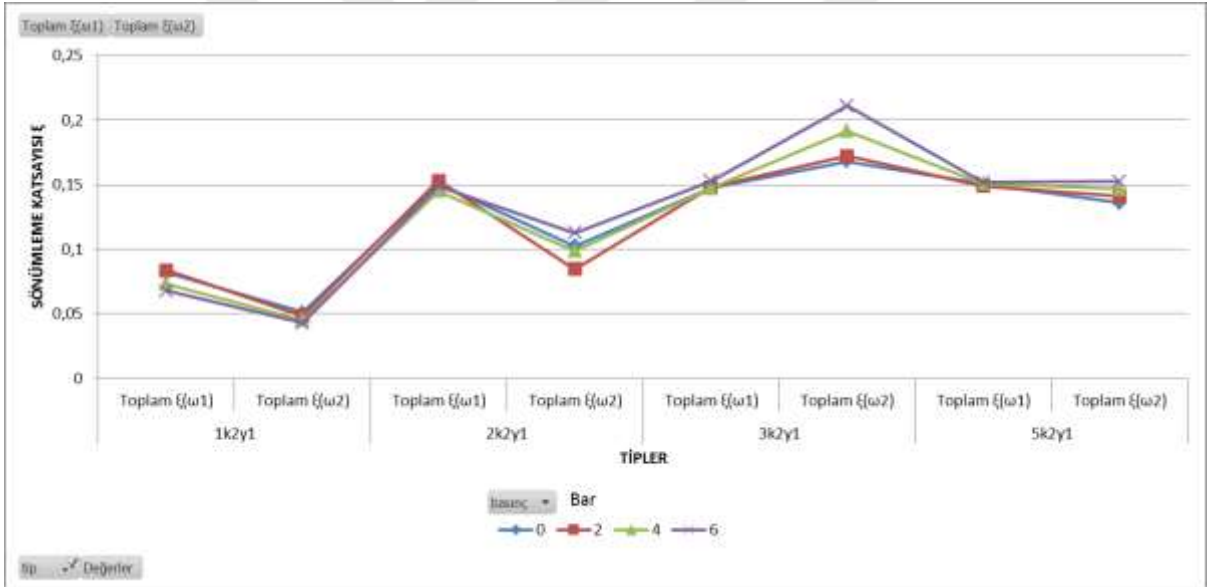


Şekil 4.4 k2y2 kumaş ve yapıştırıcılarında farklı basınç ve tiplerde mod1sönümlleme katsayısı

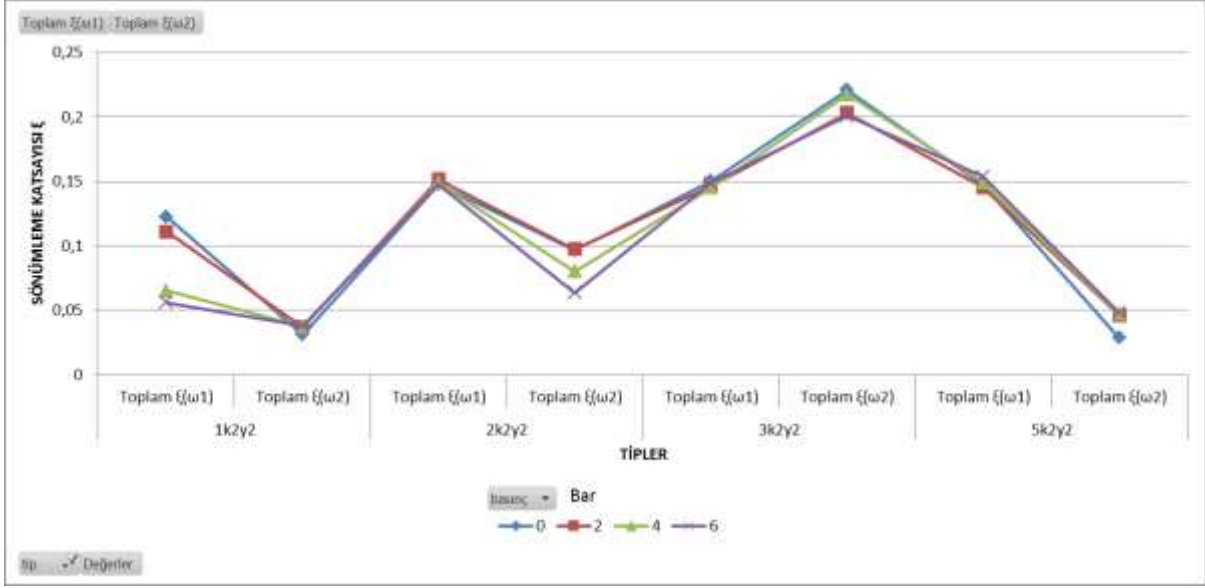
Mod 1 için yapıştırıcı ve kumaş tiplerine göre kaynak tipleri esas alınarak sönümlleme katsayısı üzerinden mukayese yapıldığında kaynak tip1 'in sönümlleme katsayısının düştüğü gözlemlenmiştir. Çapakları temizlenmeden sg3 gazaltı teli ile kaynatılan malzemede rijitliğin artığı düşünölmektedir.



Şekil 4.5 k1y1 kumaş ve yapıştırıcılarında farklı basınç ve tiplerde mod1 ve mod 2 sönümlenme katsayısı



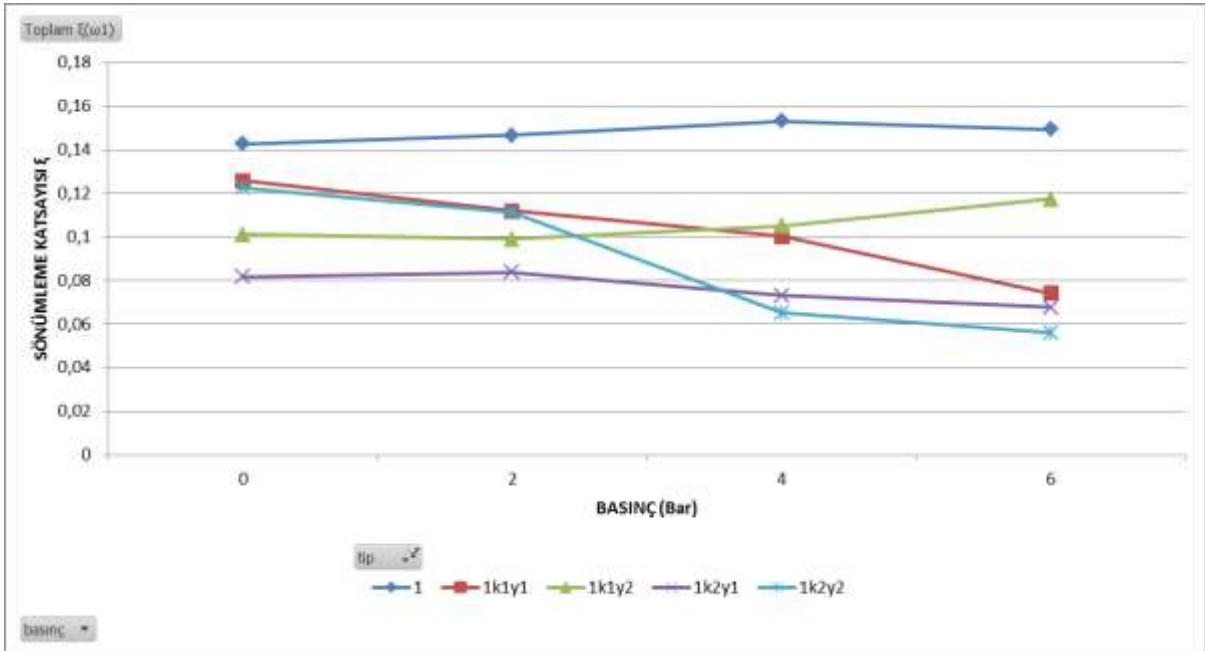
Şekil 4.6 k2y1 kumaş ve yapıştırıcılarında farklı basınç ve tiplerde mod1 ve mod 2 sönümlenme katsayısı



Şekil 4.7 k2y2 kumaş ve yapıştırıcılarında farklı basınç ve tiplerde mod1 ve mod 2 sönümlenme katsayısı

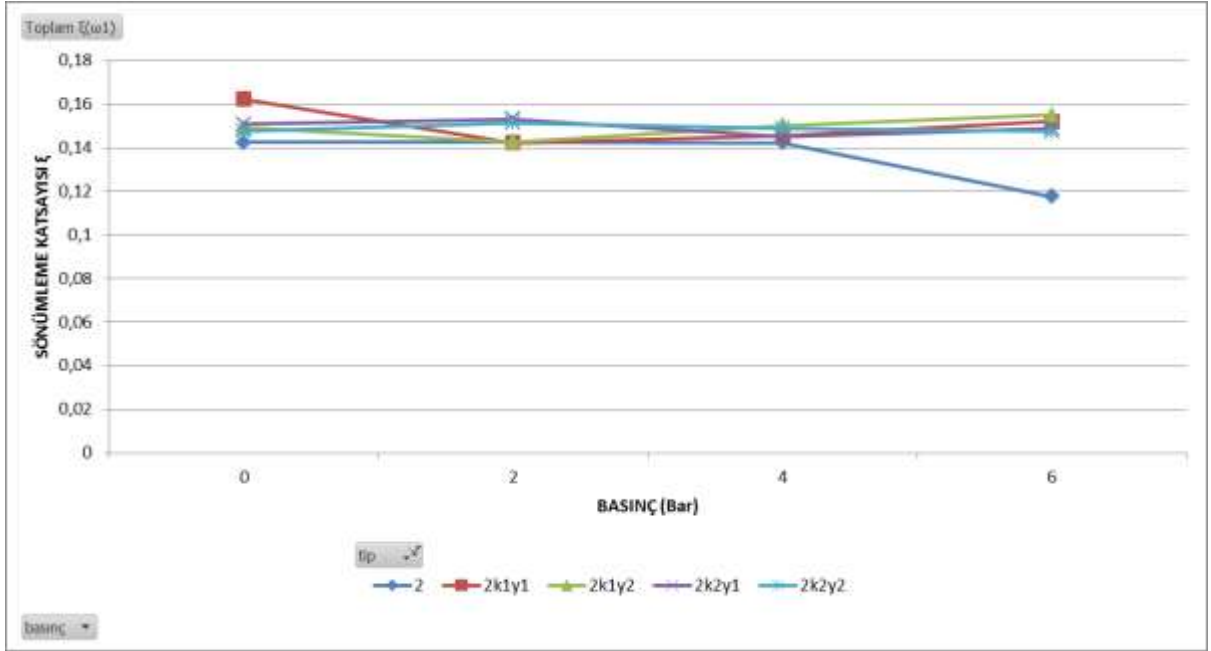
Mod1 ve Mod2 tablolarının esas olarak yapılan kontrollerde kaynak tip1 'in diğer tiplerden farklı olarak sönümlenme karakterinin düşük olduğu gözlemlenmiştir.

4.2 YAPIŞTIRICI VE ÖRGÜLÜ KOMPOZİT TİPİNİN KUVVETLENDİRİLMİŞ METAL BORU DİNAMİĞİNE ETKİSİ



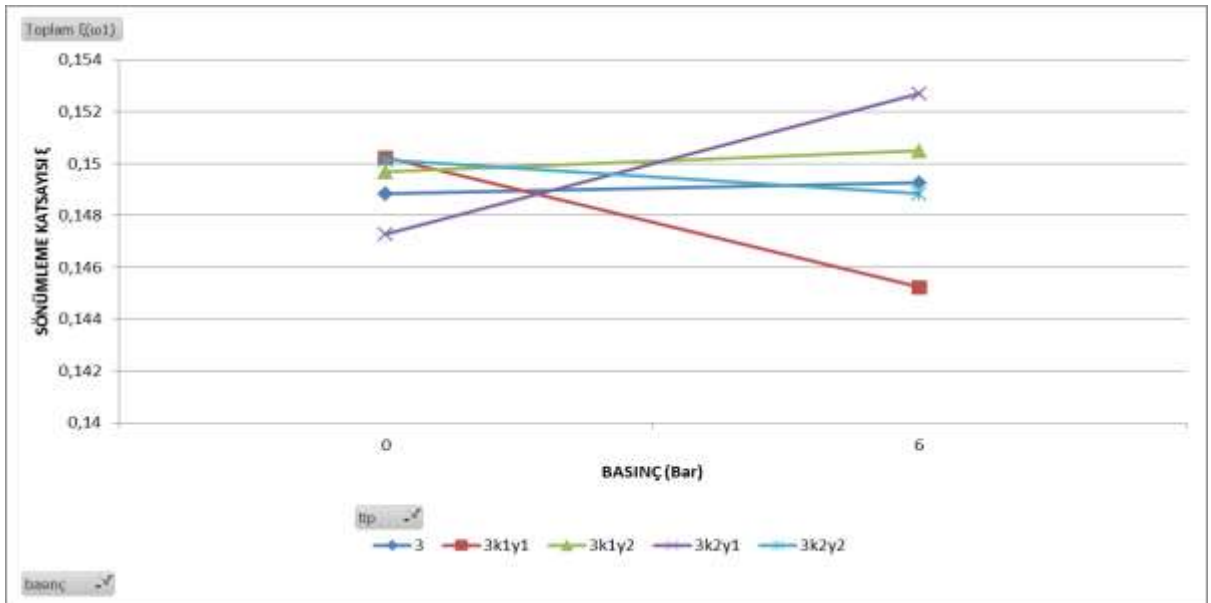
Şekil 4.8 Tip1 farklı kumaş, kompozit ve basınçlarda sönümlenme katsayısı

Kaynak tip1 'in farklı yapıştırıcı ve kumaşlarla olan sönümleme katsayısı grafiğini incelediğimizde kompozit kullanımının sönümleme katsayısını düşürdüğü gözlemlenmiştir.



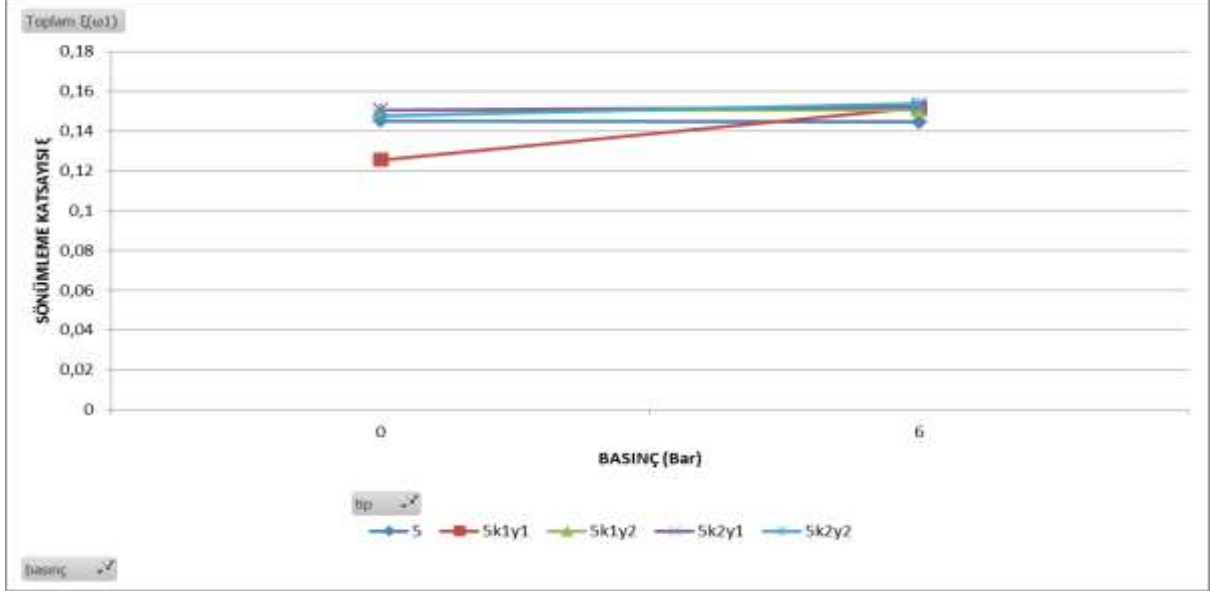
Şekil 4.9 Tip2 farklı kumaş, kompozit ve basınçlarda sönümleme katsayısı

Kaynak tip2 'nin farklı yapıştırıcı ve kumaşlarla olan sönümleme katsayısı grafiğini incelediğimizde kompozit kullanımının sönümleme katsayısında bir değişiklik yapmadığı, 6 barda sönümleme katsayısının bir miktar artığı gözlemlenmiştir.



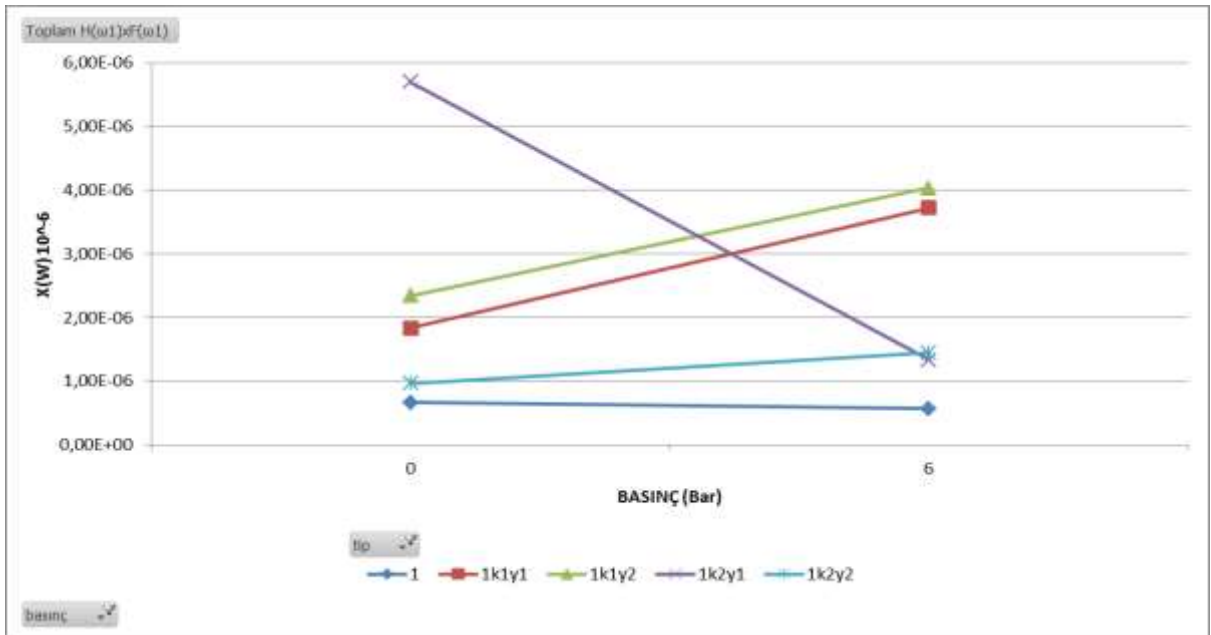
Şekil 4.10 Tip3 farklı kumaş, kompozit ve 0-6 bar basınçlarda sönümleme katsayısı

Kaynak tip3'ün farklı yapıştırıcı ve kumaşlarla olan sönümlenme katsayısı grafiğini incelediğimizde 3k1y1 'in sönümlenme katsayısında düşüş, 3k2y1'de artış, 3k1y2'de ise yapıştırıcısız numuneden farklı olarak yüksek sönümlenme ve lineer bir davranış gözlenmiştir.

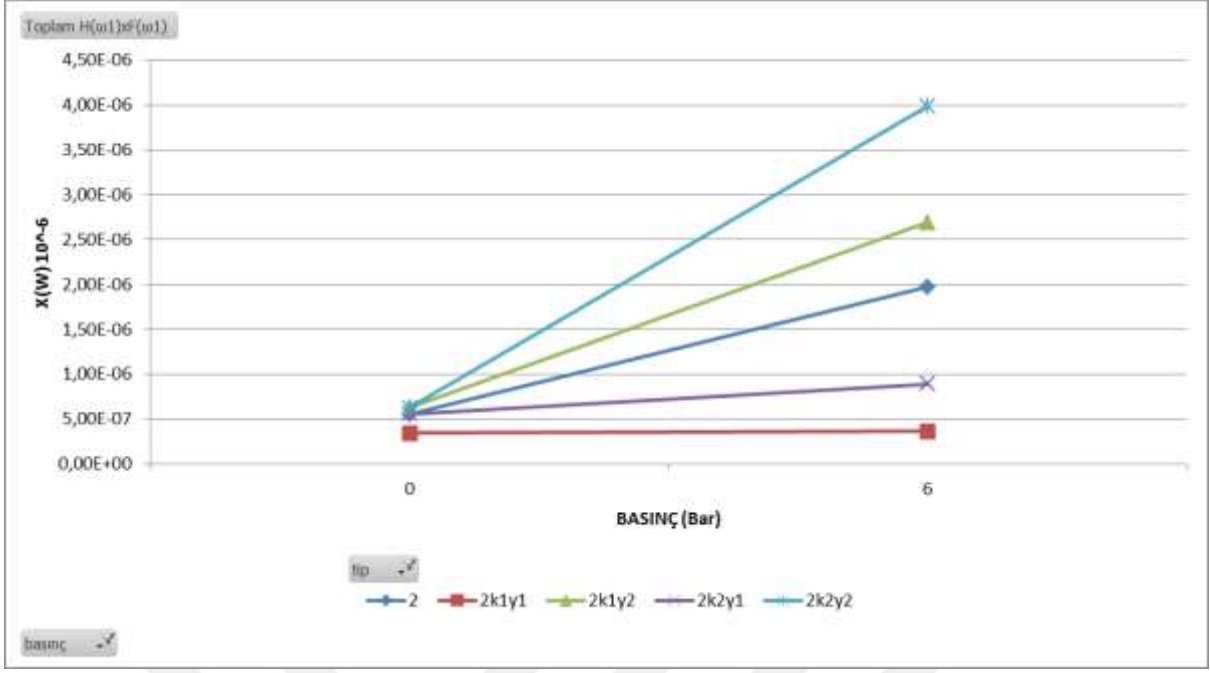


Şekil 4.11 Tip5 farklı kumaş, kompozit ve 0-6 bar basınçlarda sönümlenme katsayısı

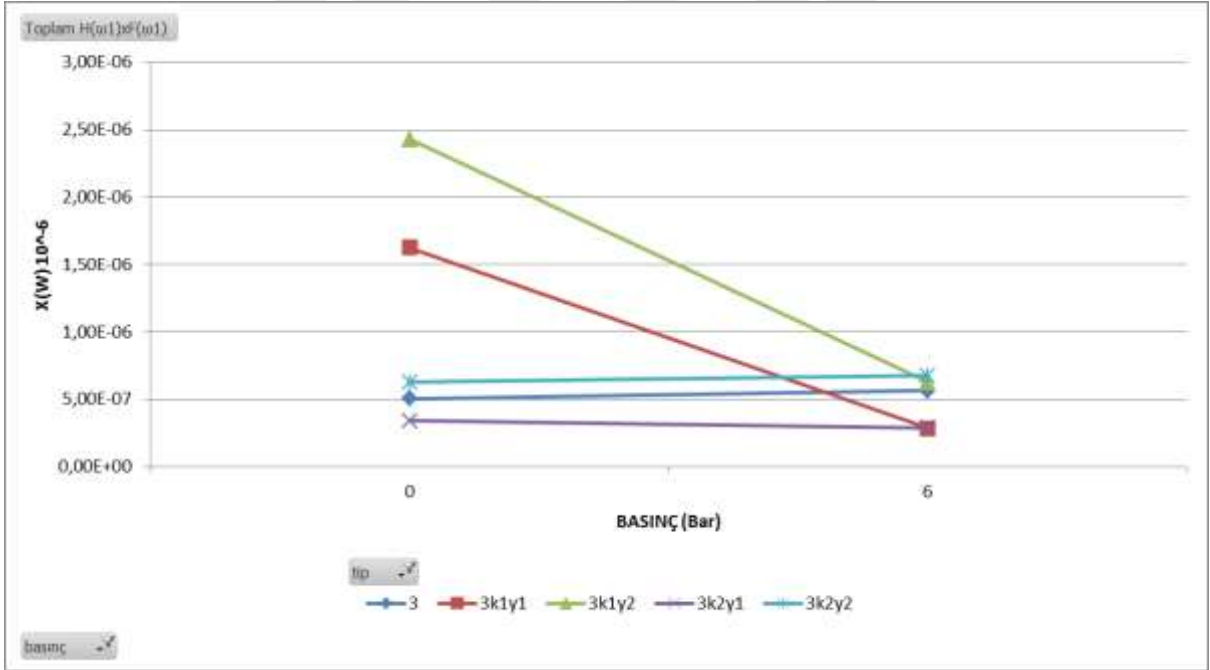
Kaynak tip5'in farklı yapıştırıcı ve kumaşlarla olan sönümlenme katsayısı grafiğini incelediğimizde 5k1y1 'in basınç ile birlikte sönümlenme katsayısının diğer numunelerde aynı değerlere geldiği gözlemlenmiştir.



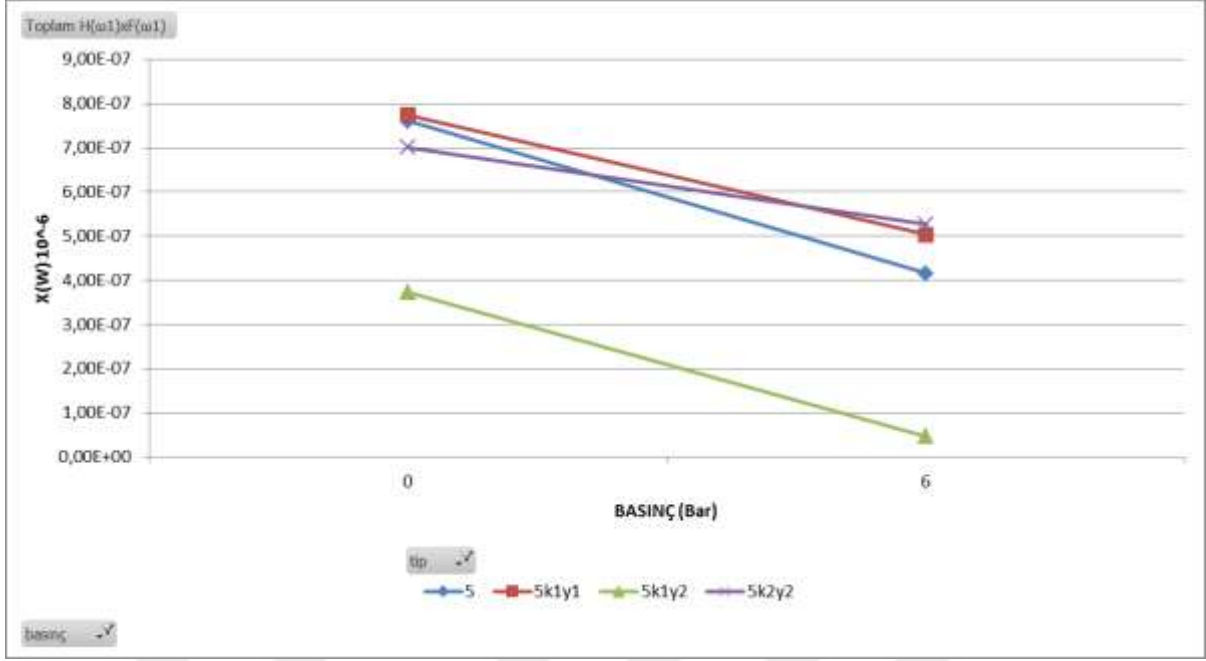
Şekil 4.12 Tip1 farklı kumaş, kompozit ve 0-6bar basınçlarda mod1 'de yerdeğiştirme



Şekil 4.13 Tip2 farklı kumaş, kompozit ve basınçlarda 0-6bar mod1'de yerdeğiştirme

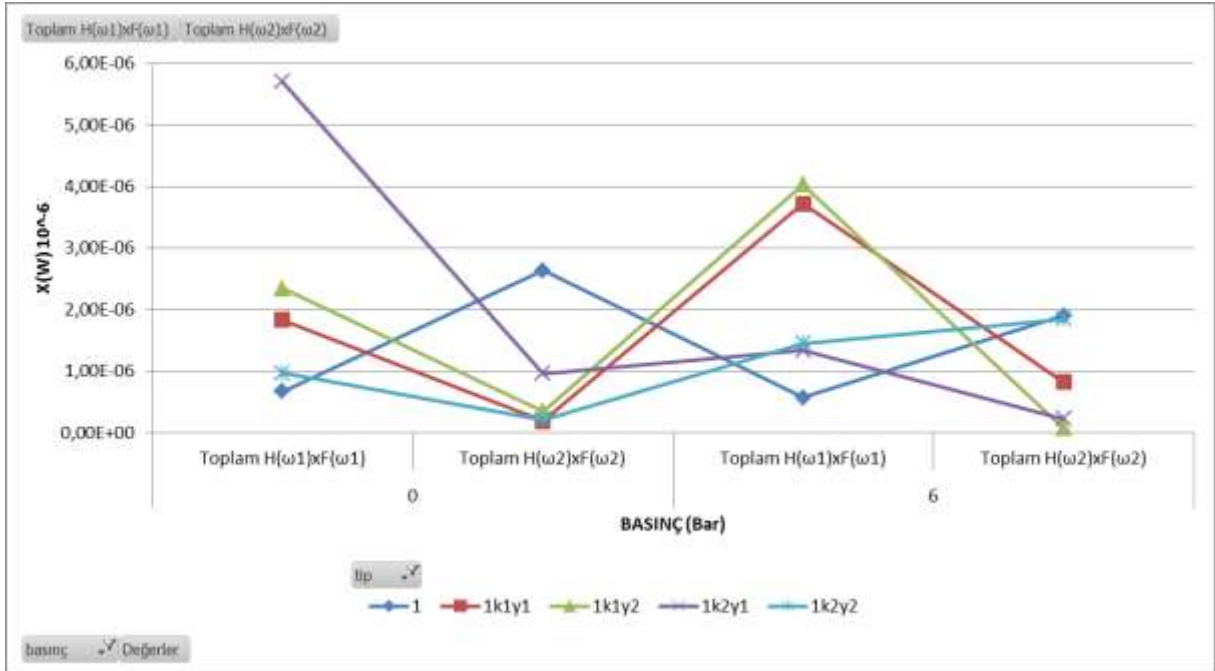


Şekil 4.14 Tip3 farklı kumaş, kompozit ve basınçlarda 0-6bar mod1'de yerdeğiştirme

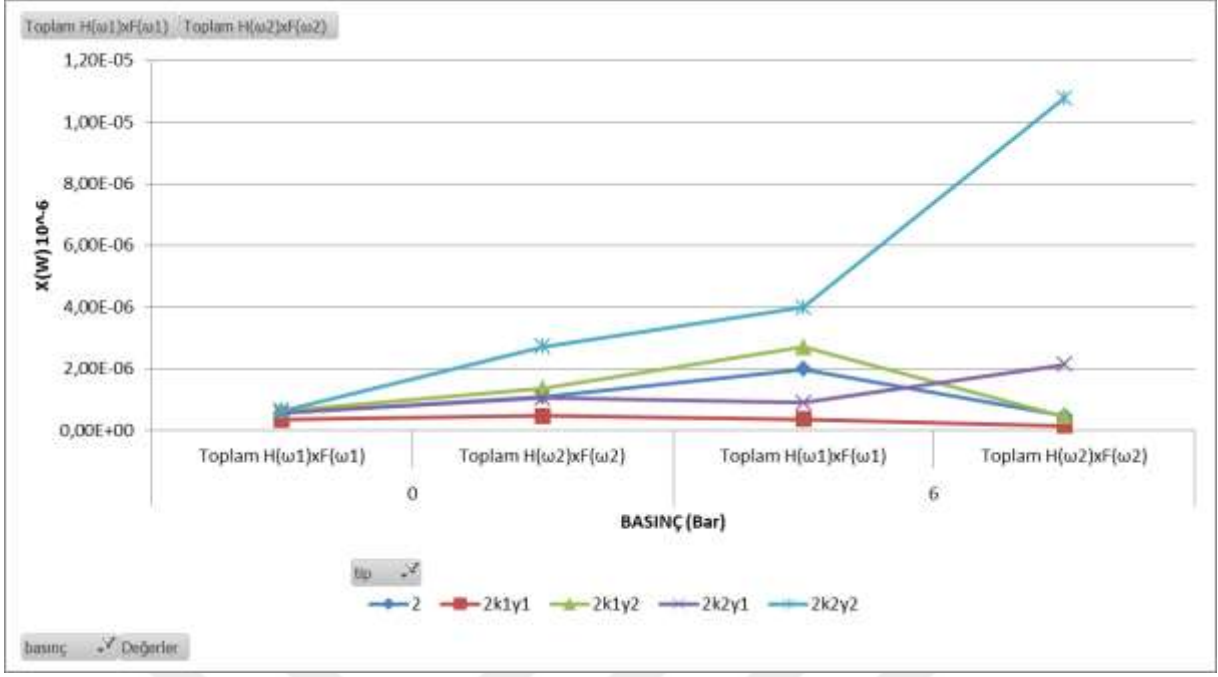


Şekil 4.15 Tip5 farklı kumaş, kompozit ve basınçlarda 0-6 bar mod1 'de yerdeğiştirme

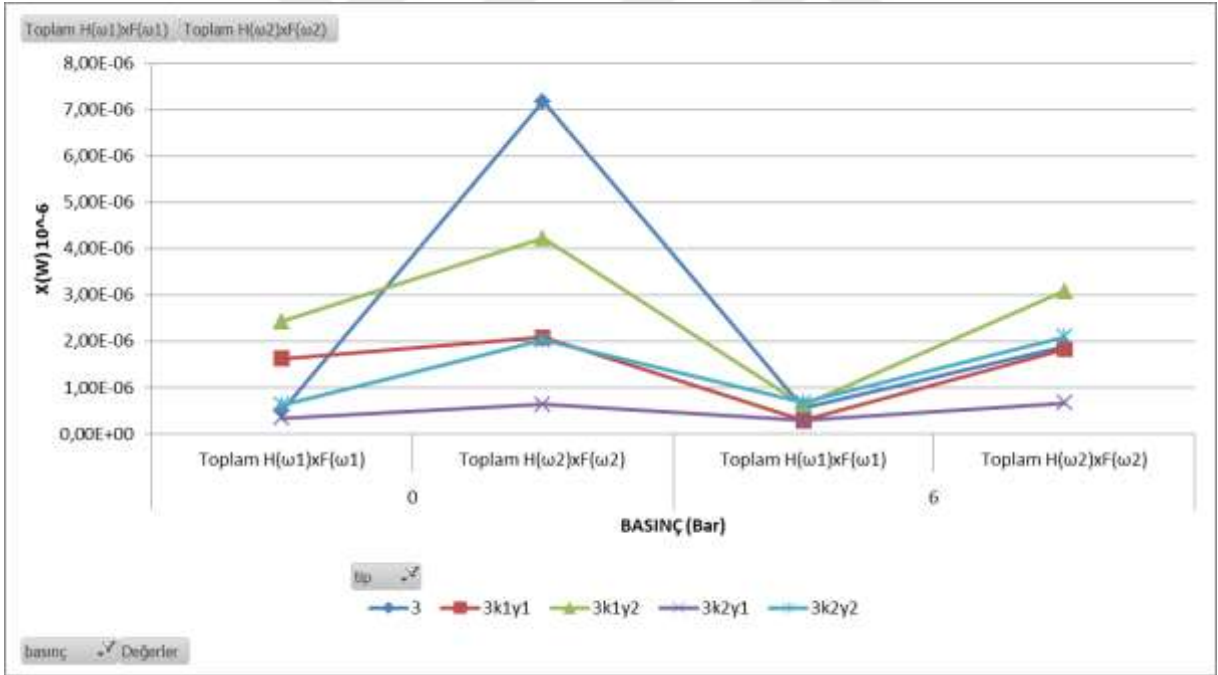
Mod1 'deki yerdeğiştirme grafiklerini incelediğimiz zaman 3k2y1 numunesindeki sönümlenme katsayındaki artış ile dikkat çeken k2y1 numunelerinin 4 farklı grafikteki yerdeğiştirmelerinde k2y1 için diğer numunelerden farklı olarak değerlerde farklılık gözlemlenmiştir, k2y1 uyumu malzemeye sönümlenme kazandırdığı, yer değiştirmesini azalttığı düşünülmektedir.



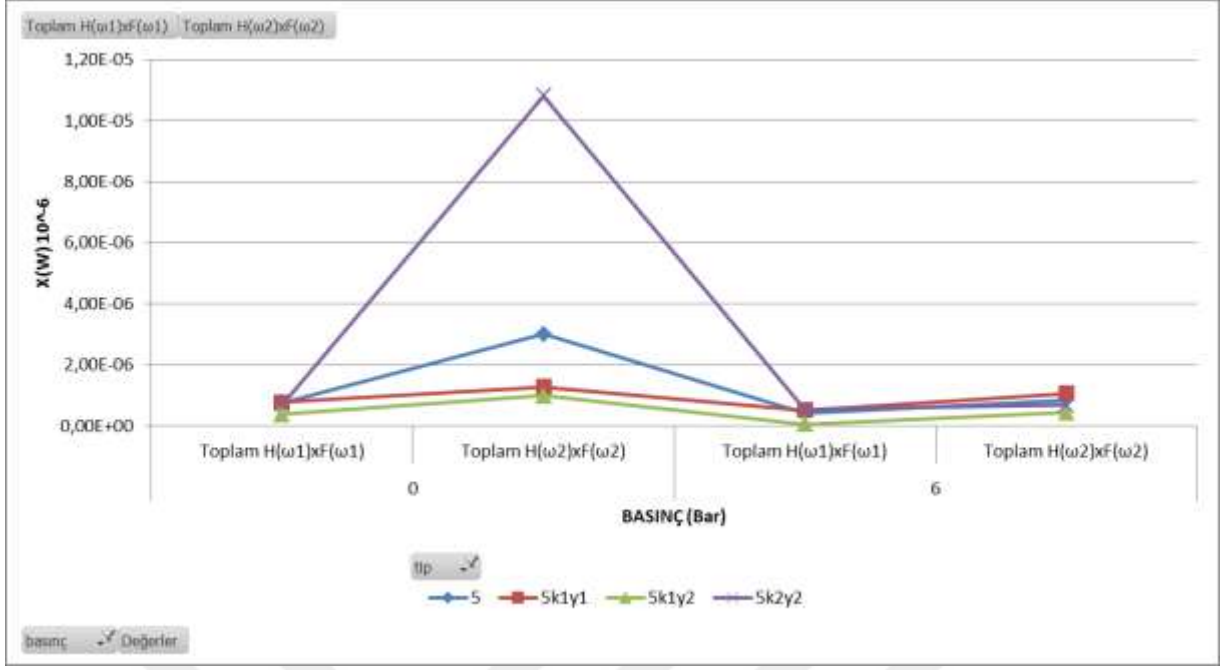
Şekil 4.16 Tip1 farklı kumaş, kompozit ve basınçlarda mod1 ve mod2' de yerdeğiştirme



Şekil 4.17 Tip2 farklı kumaş, kompozit ve basınçlarda mod1 ve mod2'de yerdeğiştirme



Şekil 4.18 Tip3 farklı kumaş, kompozit ve basınçlarda mod1 ve mod2'de yerdeğiştirme



Şekil 4.19 Tip5 farklı kumaş, kompozit ve basınçlarda mod1 ve mod2’de yerdeğiştirme

Mod1 ve mod2 kıyaslaması yaptığımızda;

K2y1 numunelerinin kaynak tiplerinin tip2 ve tip3 ‘de sönümlene katsayısındaki artış gözlemi düşünülerek incelemesi yapılan yer değıştirmelerde diğerlerinden farklı olarak mod 1 ve mod 2 arasındaki Δ miktarının en az seviyede olduğu gözlemlenmiştir.

Özet olarak;

1 nolu kaynak tipinde sönümlene katsayısının düştüğünü, buna ilave olarak k1y1 numunelerinde de sönümlene katsayısının düştüğü, bunlara alternatif olarak malzemelerin dayanımı için istenen maksimum sönümlene, minimum yer değıştirme kriterleri esas alındığında k2y1 tipinin en uygun örgülü kompozit olduğunu, tip 3 kaynak telinin ise bu kriterler esas alınarak 4 tip arasından en uygun seçim olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] **Teng J G and Hu Y M** (2006) Behaviour of FRP-jacketed circular steel tubes and cylindrical shells under axial compression. *Construction and Building materials*, 21: 827-838.
- [2] **URL-2** < <http://web.itu.edu.tr/temizv/Sunular/Kaynak.pdf> > Ziyaret tarihi: 05.03.2018.
- [3] **URL-1** < http://kisi.deu.edu.tr/mehmet.zor/composite%20materials/2-Genel_bilgiler.pdf > Ziyaret tarihi: 04.03.2018.
- [4] **Pierluigi Colombi and Giulia Fava** (2015) Experimental study on the fatigue behaviour of cracked steel beams repaired with CFRP plates. *Engineering Fracture Mechanics*, 145:125-142.
- [5] **Al-Saidy A H, Klaiber F W and Wipf T J** (2004) Repair of steel composite beams with carbon fiber-reinforced polymer plates. *ASCE J Compos Constr.* 8 (2): 163–72.
- [6] **Cederquist S C** (1999) Repairing America's deteriorating bridges. *Materials Performance*, 38 (5): 20–5.
- [7] **Jiao H and Zhao X L** (2004) CRFP strengthened butt-welded very high strength (VHS) circular steel tubes. *Thin-walled structures*, 42:963-978.
- [8] **Chung H** (1981) Free vibration analysis of circular cylindrical shells. *Journal of Sound and vibration*, 74 (3) :331-350.
- [9] **LI W L** (2000) Free Vibrations Of Beams With General Boundary Conditions. *Journal of Sound and vibration*, 237(4):709-725.
- [10] **Bayraktar A ve Türker T** (2005) Deneysel modal Analiz yöntemi ile düzlem çerçevelerin dinamik karakteristiklerinin belirlenmesi. Deprem sempozyumu, Kocaeli.



ÖZGEÇMİŞ

25.12.1984 tarihinde Zonguldak'ta doğan Hasan Andaç ACAR, ilkokulu, ortaokulu ve lise öğrenimini ise TED Zonguldak Kolejinde tamamladı. 2002 yılında Zonguldak Karaelmas Üniversitesi (Bülent Ecevit Üniversitesi), Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği lisans eğitimine başladı. 2010 yılında Eren Enerji Elektrik Üretim A.Ş.'de çalışmaya başladı. 2013 yılında Bülent Ecevit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı. Hala aynı bölümde çalışmalarına ve eğitime devam etmektedir.

ADRES BİLGİLERİ:

Adres : Yeşilmahalle Akşemsettin Sokak Ada Sitesi E Blok Kat3 No:7
Merkez/ ZONGULDAK

Tel : (+90) 532 726 89 35

E-posta : andacacar@hotmail.com