



Otomotiv Aydınlatma Endüstrisinin'de Kullanılan Lens'ler Üzerinde Modal Testler, FEM Analizleri ve MAC Matrislerinin Elde Edilmesi

BİAS Kullanıcı Konferansı – 2019 İstanbul

03-04.10.2019

Erhan AY

Ar-Ge Test ve Doğrulama Uzmanı

- Giriş
- Materyal ve Yöntem
- Bulgular
- Tartışma ve Sonuç

Otomotiv sanayi, küresel düzeyde değişen pazar ve rekabet koşulları nedeniyle, sürekli dinamik bir gelişme içindedir. 2000 yılına kadar “cam” malzemedan yapılan otomobil stop lensleri (arka aydınlatma),

- kalıp,
- enjeksiyon ve
- kaplama

teknolojilerindeki gelişmelerle birlikte ışık geçirgenliği cama yakın,

- ısıya,
- kimyasal maddelere,
- çizilmeye,
- darbeye dayanıklılığı yüksek,
- en önemlisi aynı boyuttaki bir cama göre hafif ve şeffaf

termoplastik malzeme olan Polimetil metakrilat – PMMA (Polymethyl methacrylate)'dan elde edilmeye başlanmıştır.

Bu çalışmada;

1. PMMA malzemedan üretilmiş farklı geometriye sahip stop lenslerine Darbe Çekici Test Metodu'nun iki yöntemi de uygulanarak Frekans Cevap Fonksiyonları elde edilecek ve sönüm oranları hesaplanacaktır. Hesaplanan sönüm oranları bu çalışmanın devamı olarak gelecek olan çalışmalarda kullanılabilir.
2. İki test metodundan elde edilen sonuçlar analiz sonuçları ile karşılaştırılacak ve en iyi yöntem belirlenecektir.
3. Sonlu elemanlar modeli güncellenerek Modal Güvence Matrisi çıkartılacaktır.

MATERYAL VE YÖNTEM

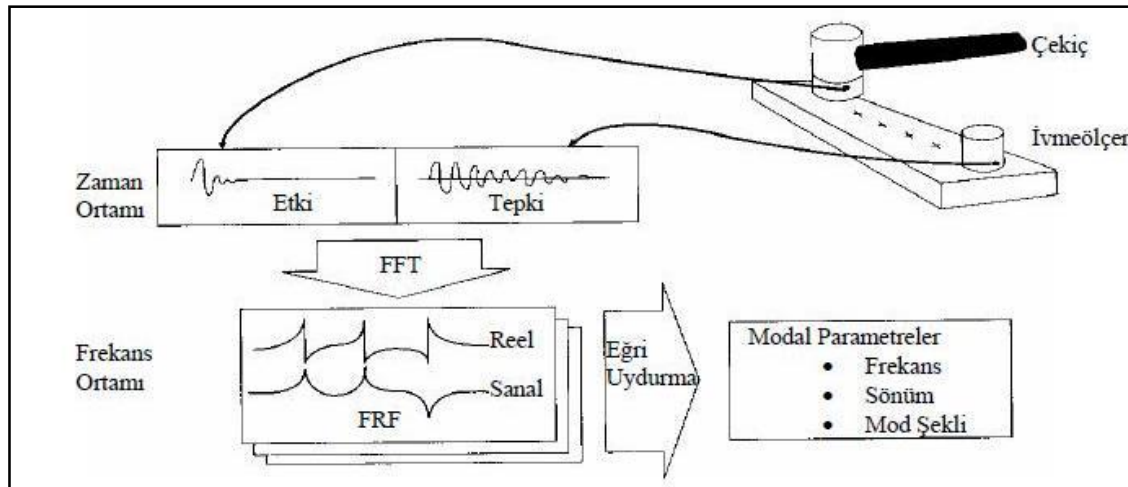


Materyal ve Yöntem – Deneysel Modal Analiz

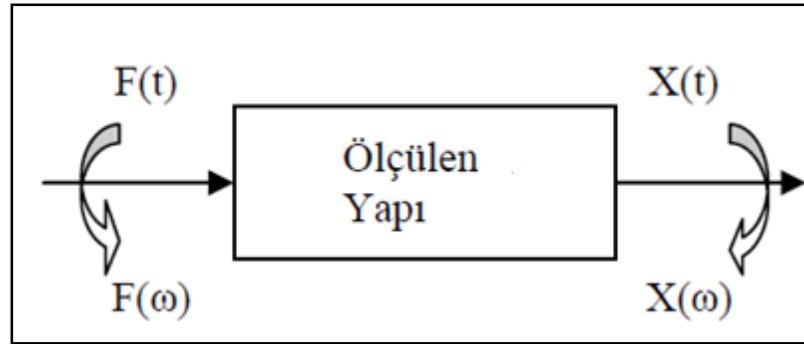
Deneysel yöntemler kullanarak bir mekanik sistemin veya yapının dinamik özellikleri olan **doğal frekanslar, sönüm oranları, mod şekilleri** gibi titreşim parametreleri cinsinden ifade ederek yapının dinamik modelini belirleme işlemidir.

Deneysel modal analizde, yapıya bilinen (ölçülen) bir kuvvet verilmekte ve yapının bu kuvvete tepkisi ölçülmektedir. Bu işlemde yapıya kuvvet uygulamak için çekiç, yapının tepkisini ölçmek için ivmeölçer ve verileri değerlendirmek için bir sinyal analizör kullanılır.

Yapıya uygulanan etki (impact) çekicinin başlığına yerleştirilen bir kuvvet ölçerle zaman ortamında ölçülür. Uygulanan bu kuvvet altında, yapı sınır koşullarına ve malzeme özelliklerine bağlı olarak bir titreşim hareketi yapar. Yapının bu etkiye gösterdiği tepki (response) ise yapıya bağlanan ivmeölçerle yine zaman ortamında ölçülür.



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



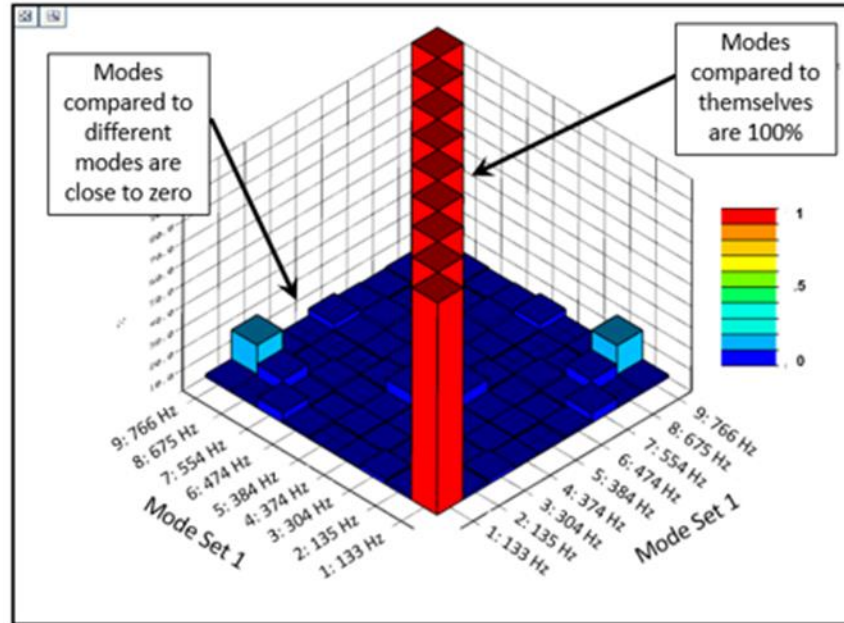
- Yapıya ait frekans cevap fonksiyonu, Fourier dönüşümleri yapılmış tepki fonksiyonunun etki fonksiyonuna bölünmesiyle elde edilir.

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

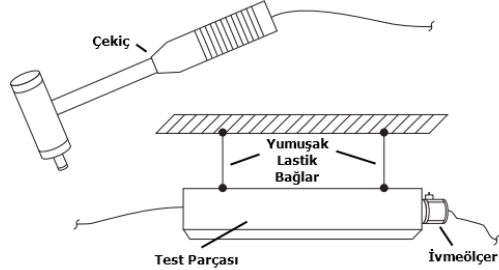
- Frekans cevap fonksiyonları kullanılarak yapının doğal frekansları, mod şekilleri ve sönüm oranları belirlenir.

Materyal ve Yöntem – Modal Güvence Matrisi (MAC)

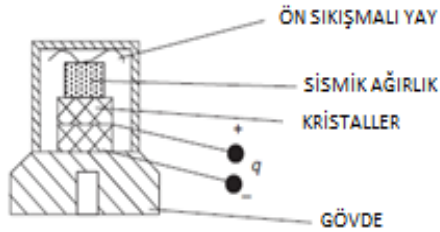
- Modal Güvence Matrisi analizi (MAC) iki mod şekillerinin benzerliğini belirlemek için kullanılır. Mod şekilleri özdeşse (diğer bir deyişle, tüm noktalar aynı şekilde hareket ederse) MAC 1 veya %100 değerine sahip olacaktır. Mod şekilleri birbirinden çok farklıysa, MAC değeri sıfıra yakın olacaktır.
- Genellikle, analitik modellerden türetilen mod şekillerini deneysel olarak elde edilenlerle eşleştirmek için kullanılır.



Genel FCF Ölçüm Şeması

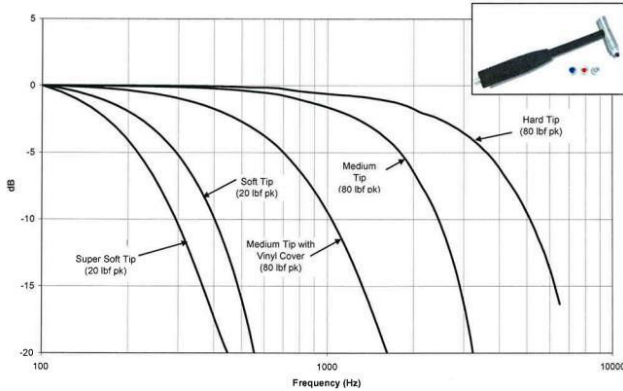


Piezelektrik İvmeölçer



- Tipik bir ölçüm kurulumu üç parçadan oluşur, birinci parça tahrik kuvvetini oluşturmak ve uygulamak için, ikinci parça cevap sinyalini ölçmek için, üçüncü parça ise FCF çıkartabilmek amacıyla sinyal işlemek için kullanılır.
- Modal testlerde en çok kullanılan sensör tipi ivmeölçerlerdir. İvmeölçer çoğunlukla piezoelektrik bir cihazdır. Test edilen yapı üzerinden ivme ölçümü sırasında sinyalleri voltaj gerilimi olarak sinyal düzenleyiciye gönderir. İdeal bir ivmeölçer ölçüm frekans aralığı içerisinde girdi ve çıktı arasında doğrusal ilişkiyi koruyabilmelidir. Böylece genlik değerleri doğru ölçülmüş olur. İvmeölçerin ölçüm frekans bandı içerisinde doğal frekansı olmamalı ve ölçüm sonuçları etkilenmemelidir. Ayrıca ölçülen sinyale faz farkı oluşturacak şekilde etkisi olmamalıdır. Bu sebeple ölçüm sırasında kullanılacak ivmeölçer tipinin seçimi önem taşır.
- Hassasiyet: ($\pm 10\%$) 10 mV/g (1,02 mV/(m/s²))
- Ölçüm aralığı: ± 500 g pk (± 4905 m/s² pk)
- Geniş band çözünürlük: 0,004 g rms (0,04 m/s² rms)
- Frekans aralığı: ($\pm 5\%$) 2 to 10000 Hz
- Ağırlık: 0,14 oz (4 g)

Materyal ve Yöntem – Darbe Çekici



- Impact Hammer üzerinde kuvvet sensörü bulunan bir darbe çekicidir.
- Yapı üzerinde belirlenen noktalara (yapıda istenen sayıda belirlenen SDOF noktaları) çekiç ile vurulur ve elde edilen giriş kuvveti ve sabit bir noktadan (belirlenen SDOF noktalarından biri) ölçülen çıkış ivmesi kullanılarak FCF hesaplanır.
- Farklı sensör uçlarıyla düşük ve yüksek frekanslarda ölçüm yapma kolaylığı sağlanmaktadır.
- Girdi kuvvetinin frekans aralığı iki şekilde kontrol edilebilir;
- – Çekiç kütlesi : Çekiç ucunun kütesini azaltmak, çekicinin yapıya olan temas süresinin daha kısa olmasına neden olur.
- – Çekiç sertliği : Ucun sertliğini arttırmak çekicinin yapı ile temasta olduğu sürenin daha kısa olmasına imkan sağlar.
- İstenilen sonuç, ilgilenilen tüm frekans aralığı üzerinde ve aynı frekans aralığı boyunca giriş spektrumu göreceli olarak düz olan, temiz bir FCF elde etmektir. Eğer FCF’te yüksek frekanslarda gürültülü görülüyor ve giriş spektrumu önemli derecede düşüyorsa bu çekiç ucunun çok yumuşak olabileceğinin belirtisidir.

Materyal ve Yöntem – Veri Toplama Sistemi



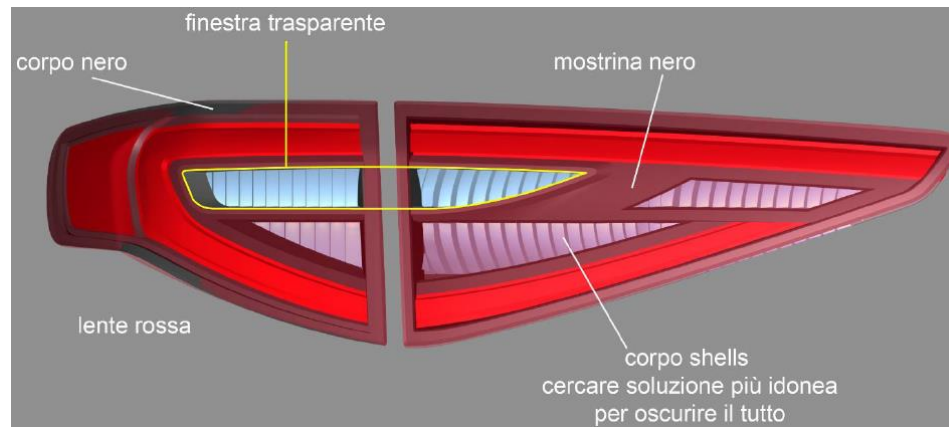
- İvme ve kuvvet sinyallerinin senkronize olarak ölçülmesinde veri toplama sistemi kullanılmıştır.

Analog Girişler	16 kanallı voltaj, tam/yarım/çeyrek köprü birim uzama, akım (dış şant'lı)
ADC Tipi	Anti-aliasing filtreli 24 bit delta-sigma
Örnekleme Hızı	Eşzamanlı 200kS/s
Aralıklar	$\pm 10V, \pm 1V, \pm 100mV, \pm 10mV$
10Vexc'te Br aralıkları	1000mV/V, 100mV/V, 10mV/V, 1mV/V
10kS'te Dinamik Aralıklar	137 dB
Giriş Bağlantısı	DC
Giriş Empedansı	10 M Ω
Köprü Modları	Tam/Yarım/Çeyrek Br120/3500 3-tel, içten köprü tamamlama
İç Şant Direnci	100 k Ω , çift kutupludan Exc + yada - (diğerleri talep edilirse)
Uyarma Gerilimi	0'dan 12 VDC'ye kadar yazılımdan programlanabilir (16 bit DAC), maks 44mA
TEDS	Desteklenir, 9pinli DSUB'a uyumlu MSI adaptörler
Yüksek Gerilim Koruyucu	IN+ 'dan IN -'ye, sürekli 50V, 200V tepe (10ms)
Tipik Güç Tüketimi (maks)	11W(22W)
Kullanılabilir Giriş Konnektörleri	DB9,L1B10f (diğerleri talep edilirse)

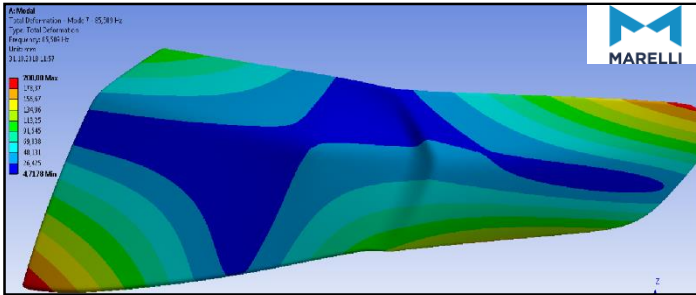
BULGULAR



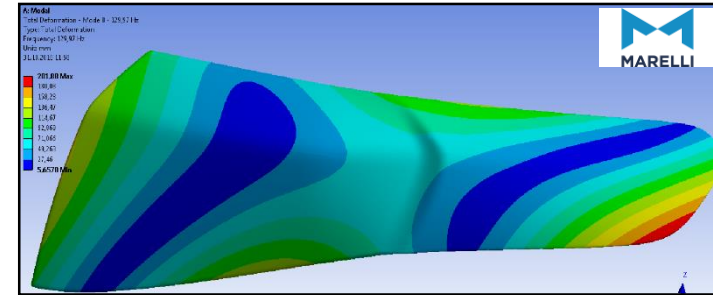
NUMUNE 1



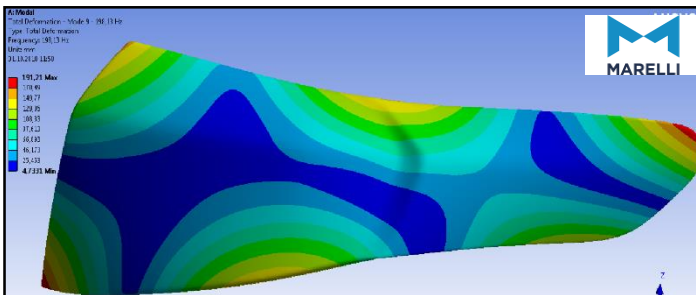
Yapılan Analizler ve Testler



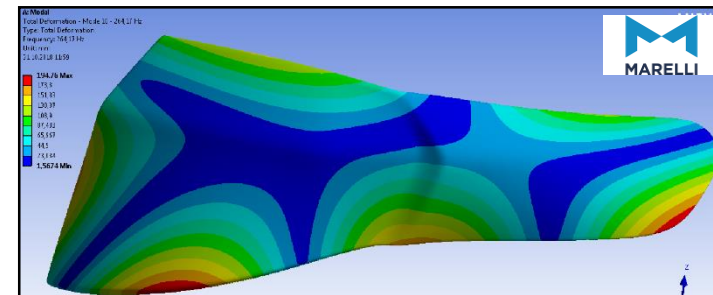
1. Mod – 85,509 Hz



2. Mod – 129,97 Hz

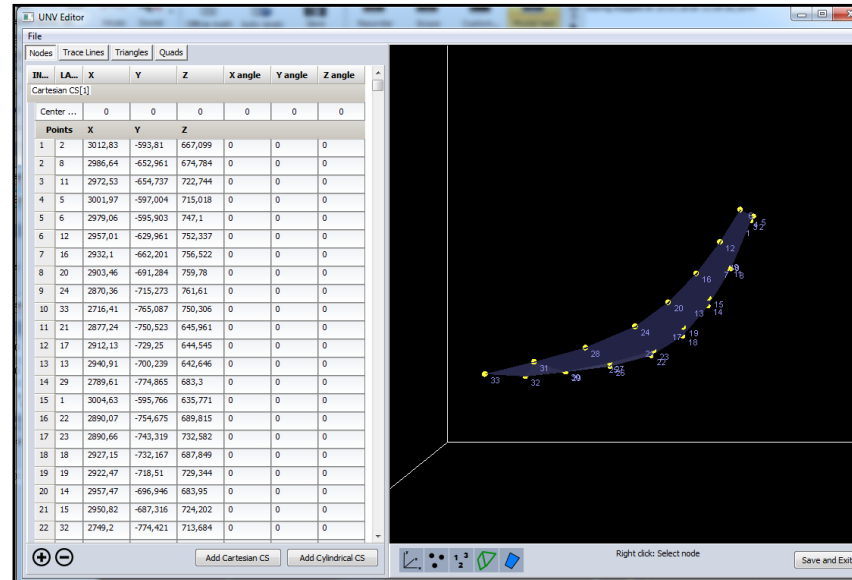


3. Mod – 198,13 Hz



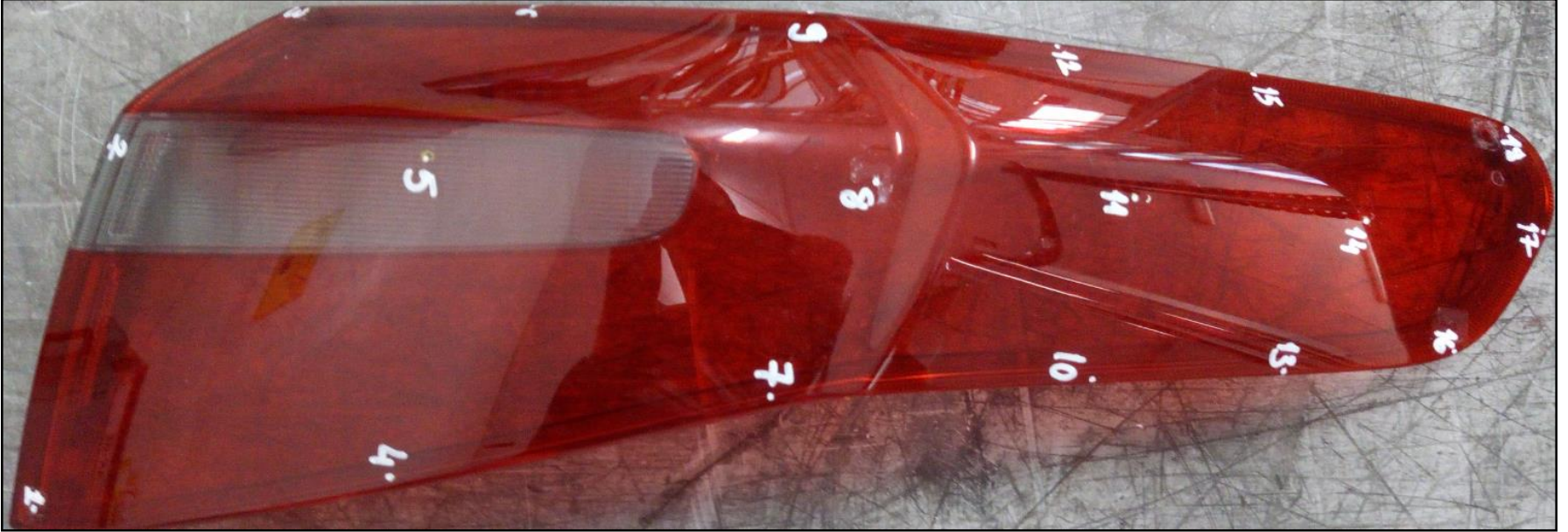
4. Mod – 264,17 Hz

- Daha sonra SE modeli üzerinde elde edile mod biçimlerini en iyi şekilde yakalamak için testte kullanılacak cevap ve tahrik noktalarının koordinatları belirlenip işaretlenmiştir.
- Bu noktalar şöyle belirlenmiştir;
- 1. Lensin sonlu elemanlar yazılımında modal analizi yapılmıştır.
- 2. Yapılan analiz sonucunda lensin doğal frekanslarında en fazla hareket ettii yerler belirlenmiştir.
- 3. Belirlenen yerlerden noktalar alınmış ve bu noktaların global eksen takımına göre koordinatları çıkartılmıştır.
- 4. Bu koordinatlar tek tek veri toplama sisteminin programına girilmiş ve lens geometrisi oluşturulmuştur.



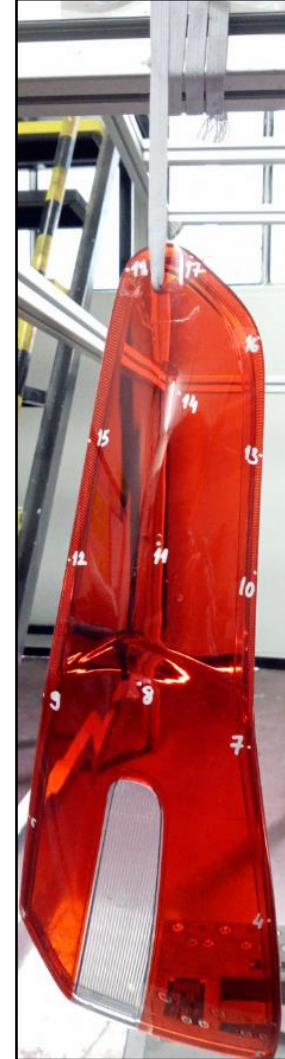
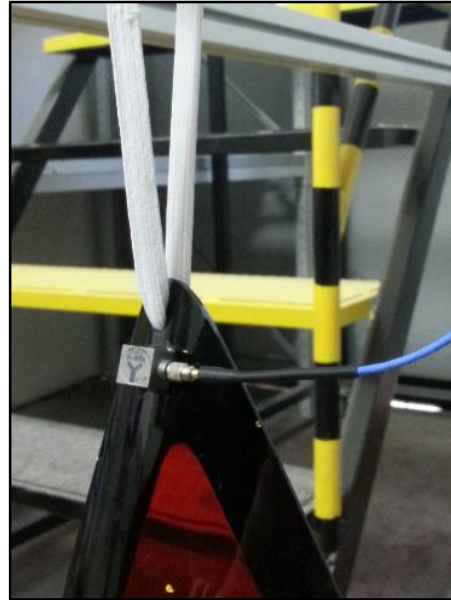
Yapılan Analizler ve Testler

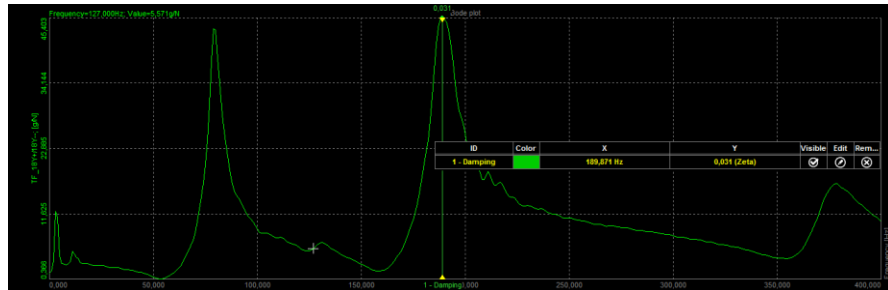
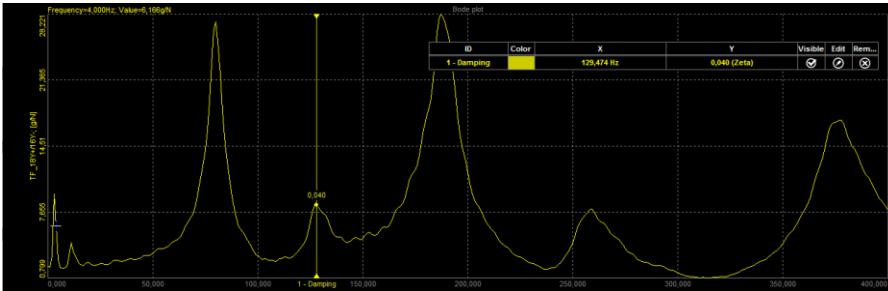
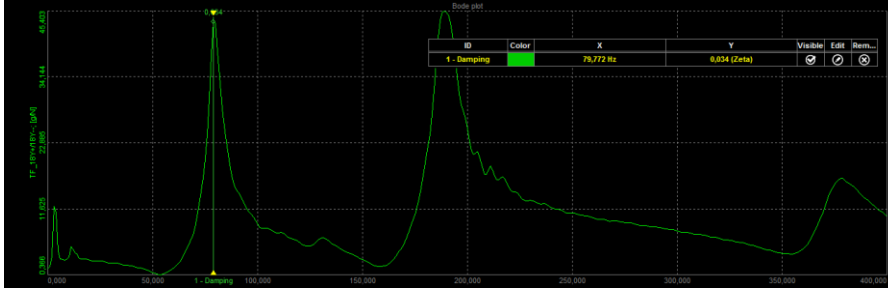
- SE modeli üzerinde koordinatları belli olan noktalar nihai ürün üzerinde 3D cihazı kullanılarak işaretlenmiştir.



Yapılan Analizler ve Testler

- Üzerinde cevap ve tahrik noktaları işaretlenmiş olan nihai ürün serbest serbest sınır koşullarına en yakın koşulu yakalamak için belirlenen tek noktadan test düzeneğine elastik ip kullanılarak asılmıştır.
- Nihai ürün üzerinde belirlenen noktalardan herhangi birine bir adet ivmeölçer sabitlenmiş ve Roving Hammer yöntemi (Çekici Gezdirme Yöntemi) ile darbe çekici tüm noktalar üzerinde gezdirilmiştir.



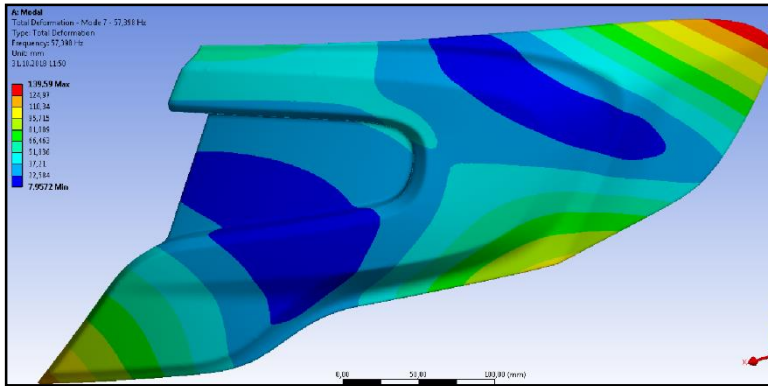


- 1. Mode shape'i yakaladığımız en iyi nokta 18 numaralı noktadır.
- Frekans değeri: 79,772 Hz
- Genlik değeri: 43,553 g/N
- 2. Mode shape'i yakaladığımız en iyi nokta 16 numaralı noktadır.
- Frekans değeri: 129,474 Hz
- Genlik değeri: 8,397 g/N
- 3. Mode shape'i yakaladığımız en iyi nokta 18 numaralı noktadır.
- Frekans değeri: 189,871 Hz
- Genlik değeri: 45,403 g/N

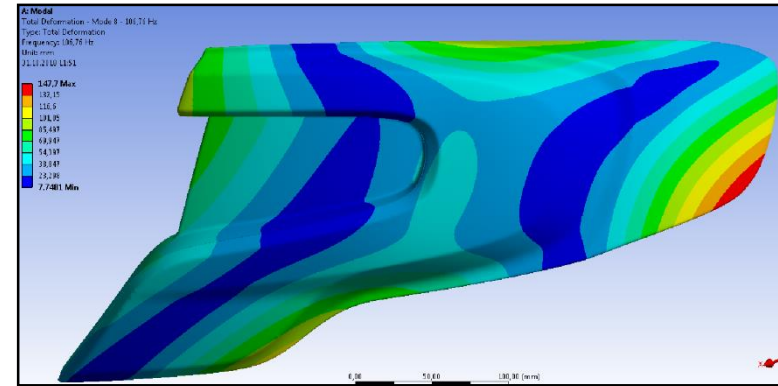
	Analiz	Test – Çekici Gezdirmeye Yöntemi		
	Frekans (Hz)	Frekans (Hz)	Hata Oranı (%)	Genlik (g/N)
1.Mod	85,509	79,772	6,70	43,553
2.Mod	129,97	129,474	0,38	8,397
3.Mod	198,13	189,871	4,16	45,403

NUMUNE 2

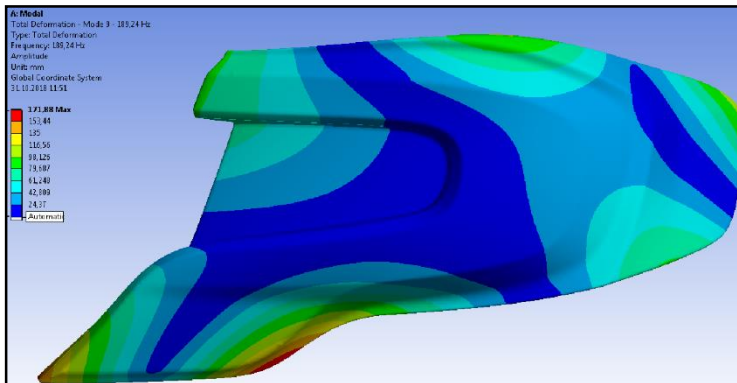




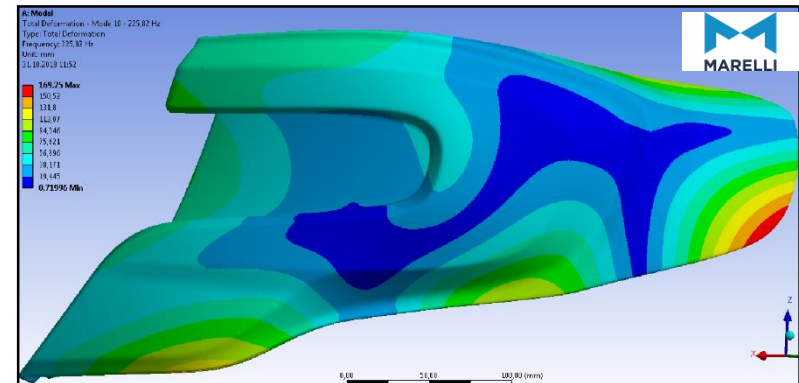
1. Mod – 57,398 Hz



2. Mod – 106,76 Hz

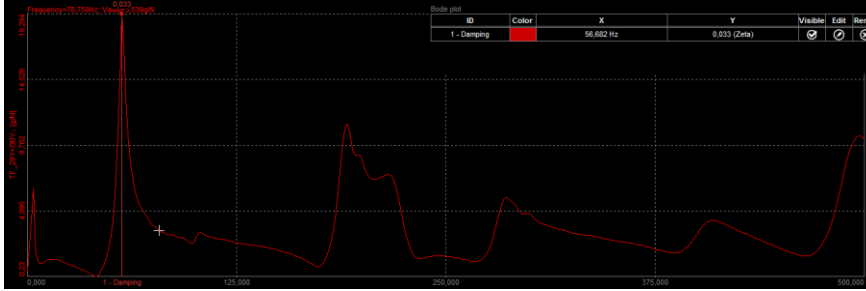


3. Mod – 189,24 Hz

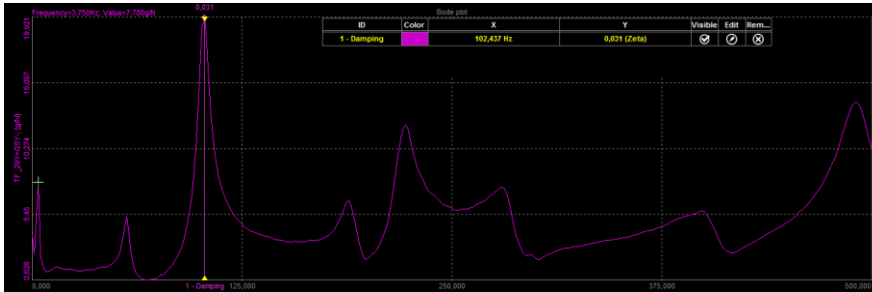


4. Mod – 225,82 Hz

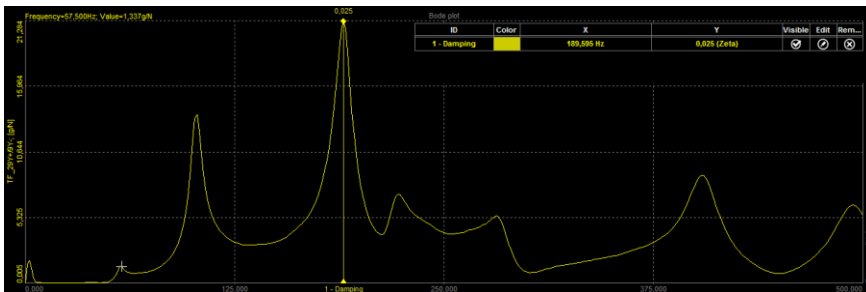
Yapılan Analizler ve Testler



- 1. Mode shape'i yakaladığımız en iyi nokta 30 numaralı noktadır.
- Frekans değeri: 56,682 Hz
- Genlik değeri: 19,294 g/N



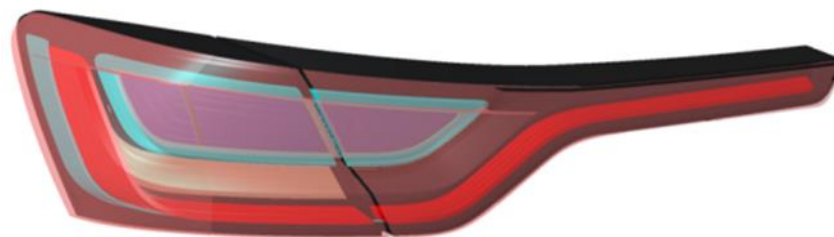
- 2. Mode shape'i yakaladığımız en iyi nokta 25 numaralı noktadır.
- Frekans değeri: 102,437 Hz
- Genlik değeri: 19,921 g/N



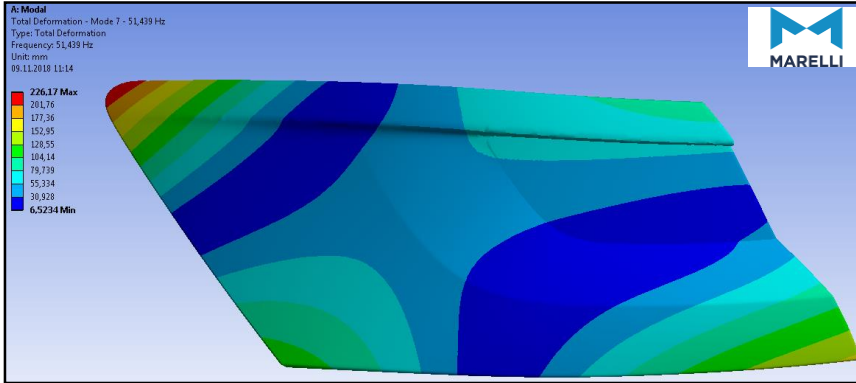
- 3. Mode shape'i yakaladığımız en iyi nokta 9 numaralı noktadır.
- Frekans değeri: 189,595 Hz
- Genlik değeri: 21,284 g/N

	Analiz	Test – Çekici Gezdirme Yöntemi		
	Frekans (Hz)	Frekans (Hz)	Hata Oranı (%)	Genlik (g/N)
1.Mod	57,398	56,682	1,24	19,294
2.Mod	106,76	102,437	4,04	19,921
3.Mod	189,24	189,595	0,18	21,284

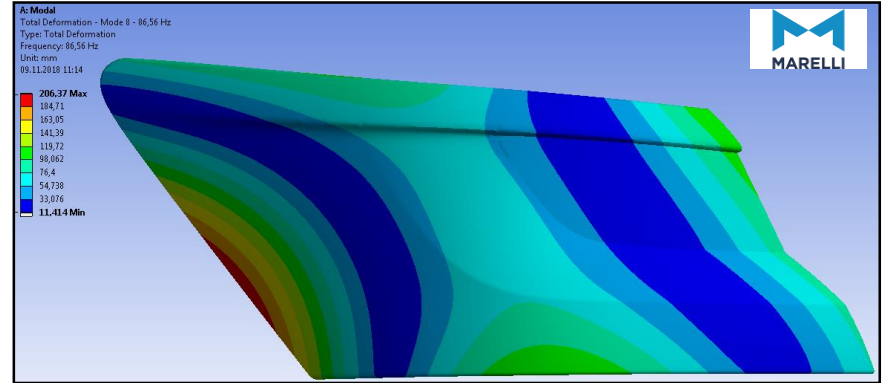
NUMUNE 3



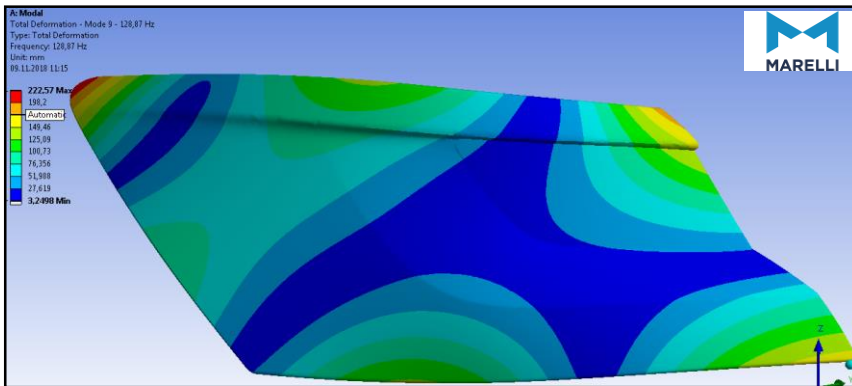
Yapılan Analizler ve Testler



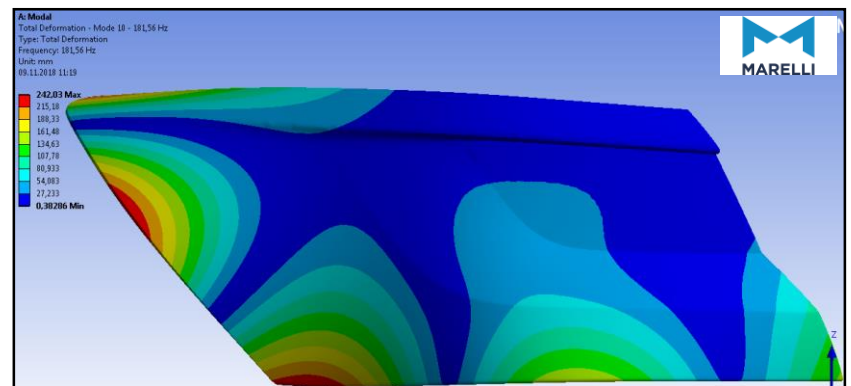
1. Mod – 51,489 Hz



2. Mod – 86,56 Hz

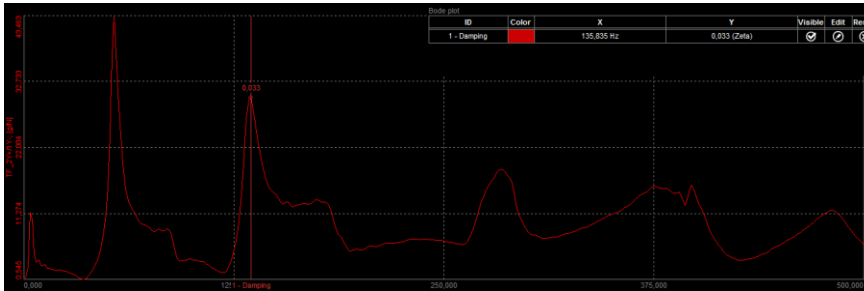
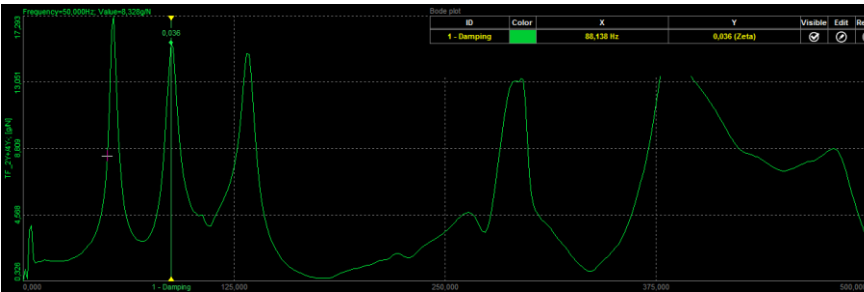
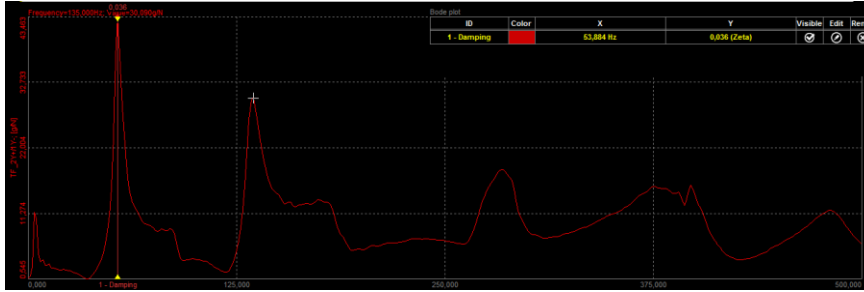


3. Mod – 128,87 Hz



4. Mod – 181,56 Hz

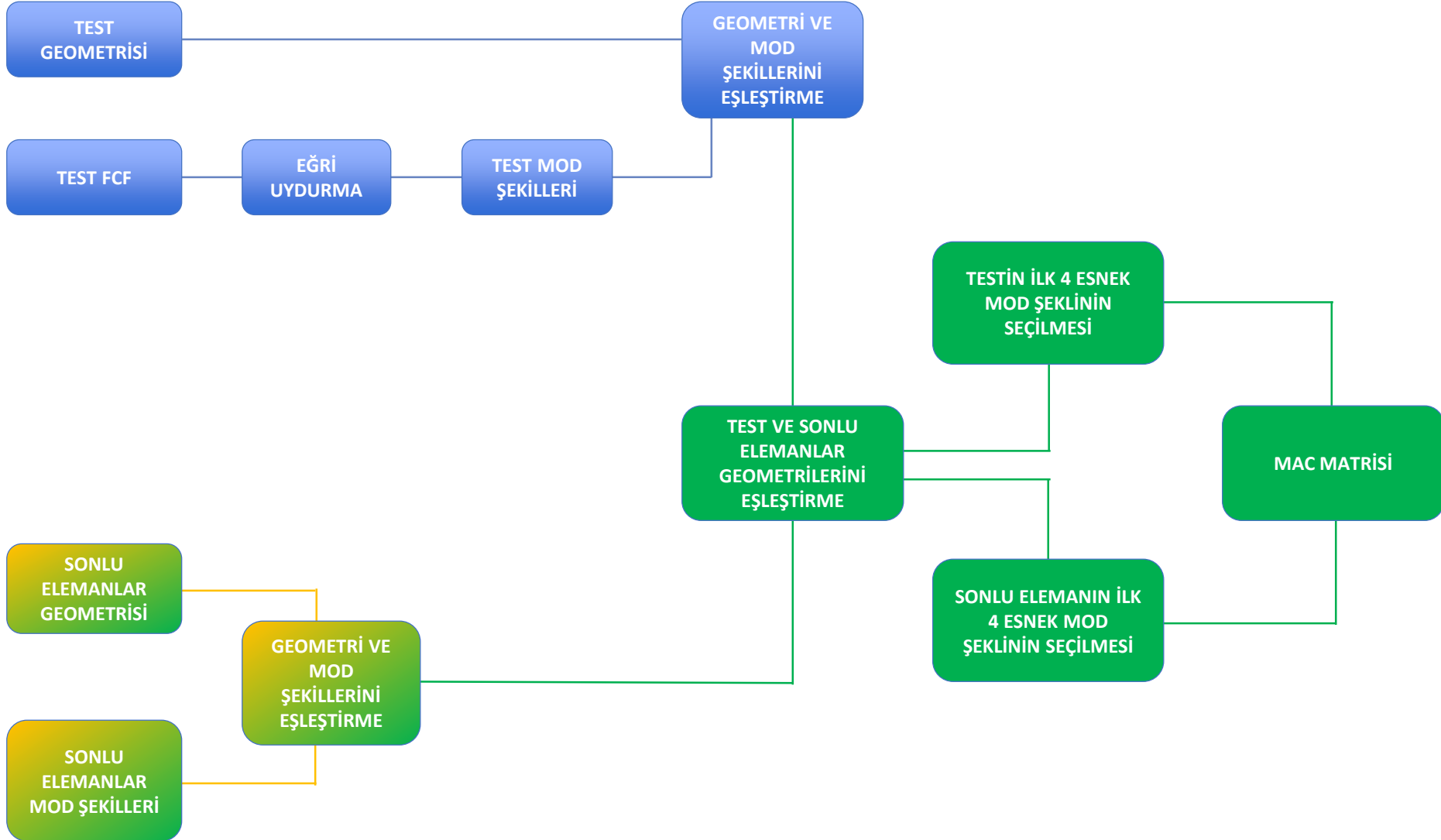
Yapılan Analizler ve Testler



- 1. Mode shape'i yakaladığımız en iyi nokta 1 numaralı noktadır.
- Frekans değeri: 53,884 Hz
- Genlik değeri: 43,463 g/N
- 2. Mode shape'i yakaladığımız en iyi nokta 4 numaralı noktadır.
- Frekans değeri: 88,138 Hz
- Genlik değeri: 15,580 g/N
- 3. Mode shape'i yakaladığımız en iyi nokta 1 numaralı noktadır.
- Frekans değeri: 135,835 Hz
- Genlik değeri: 30,090 g/N

	Analiz	Test – Çekici Gezdirme Yöntemi		
	Frekans (Hz)	Frekans (Hz)	Hata Oranı (%)	Genlik (g/N)
1.Mod	51,439	53,884	4,53	43,463
2.Mod	86,56	88,138	1,79	15,580
3.Mod	128,87	135,835	5,12	30,090

MEScope Yazılımı ve MAC Matrisinin Çıkartılması Akış Diyagramı



MEScope Yazılımı ve MAC Matrisinin Çıkartılması



*STR: EMA_Structure - 3D View

Select Substructure Visible Label Object Properties Transparent Hide Texture Animate With Contours Data Type Rotation RPM

Select Substructure	Visible	Label	Object Properties	Transparent	Hide Texture	Animate With	Contours Data Type	Rotation	RPM
1	Yes	Structure	Yellow Blue Red	No	No	Both	Translation	No	0

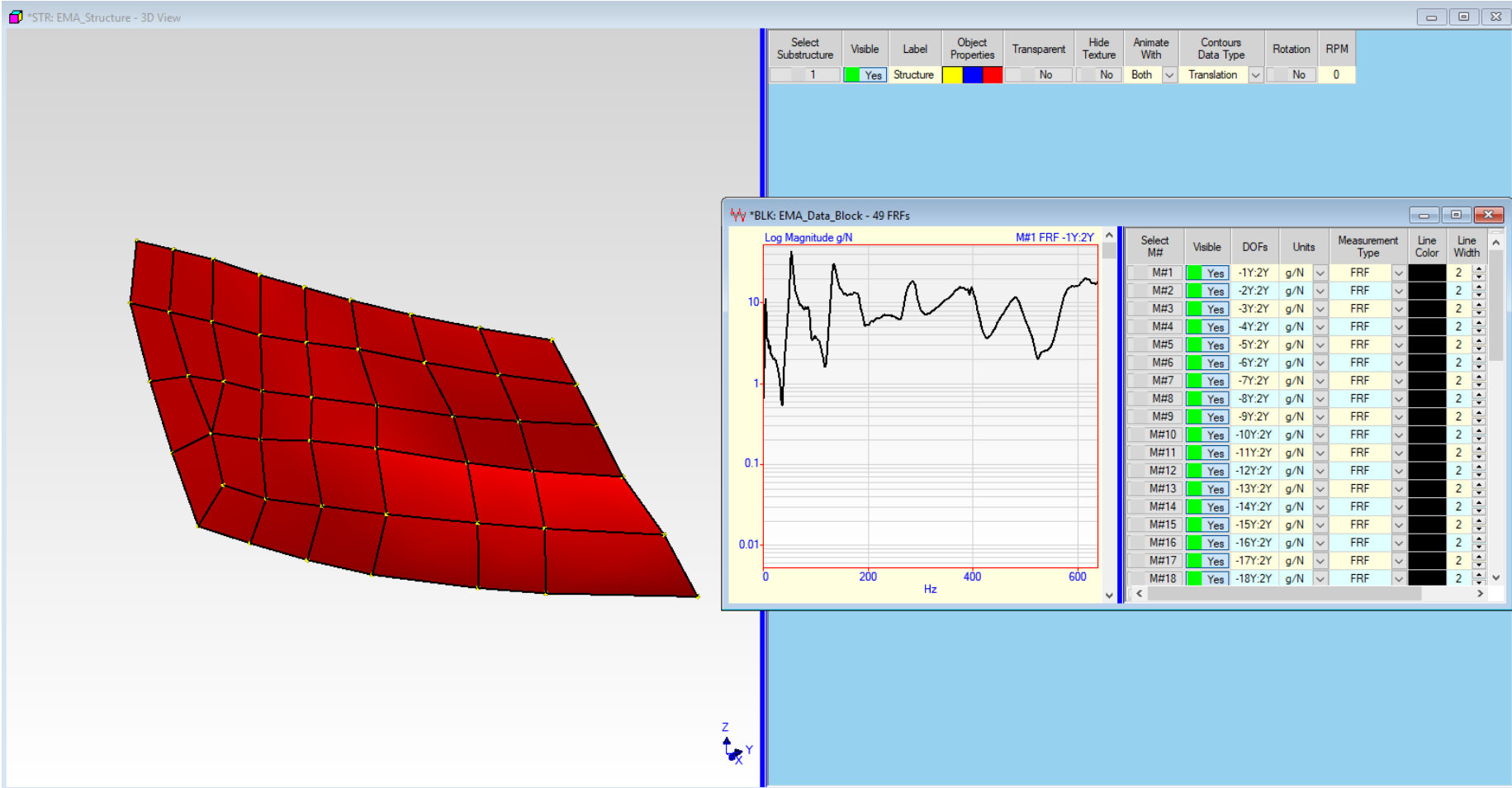
Select Data to Import

	Translate	File Name	Label	Measurement Type	Number of M
1	Yes	LFF_Impact_Test_Tek_Elastik_lp13	Coherence_2Y+/1Y- (Coherence)	Coherences	1
2	Yes	LFF_Impact_Test_Tek_Elastik_lp14	TF_2Y+/1Y- (FRF)	FRFs	1
3	Yes	LFF_Impact_Test_Tek_Elastik_lp15	Coherence_2Y+/2Y- (Coherence)	Coherences	1
4	Yes	LFF_Impact_Test_Tek_Elastik_lp16	TF_2Y+/2Y- (FRF)	FRFs	1
5	Yes	LFF_Impact_Test_Tek_Elastik_lp17	Coherence_2Y+/3Y- (Coherence)	Coherences	1
6	Yes	LFF_Impact_Test_Tek_Elastik_lp18	TF_2Y+/3Y- (FRF)	FRFs	1
7	Yes	LFF_Impact_Test_Tek_Elastik_lp19	Coherence_2Y+/4Y- (Coherence)	Coherences	1
8	Yes	LFF_Impact_Test_Tek_Elastik_lp10	TF_2Y+/4Y- (FRF)	FRFs	1
9	Yes	LFF_Impact_Test_Tek_Elastik_lp11	Coherence_2Y+/5Y- (Coherence)	Coherences	1
10	Yes	LFF_Impact_Test_Tek_Elastik_lp12	TF_2Y+/5Y- (FRF)	FRFs	1
11	Yes	LFF_Impact_Test_Tek_Elastik_lp13	Coherence_2Y+/6Y- (Coherence)	Coherences	1
12	Yes	LFF_Impact_Test_Tek_Elastik_lp14	TF_2Y+/6Y- (FRF)	FRFs	1
13	Yes	LFF_Impact_Test_Tek_Elastik_lp15	Coherence_2Y+/7Y- (Coherence)	Coherences	1
14	Yes	LFF_Impact_Test_Tek_Elastik_lp16	TF_2Y+/7Y- (FRF)	FRFs	1
15	Yes	LFF_Impact_Test_Tek_Elastik_lp17	Coherence_2Y+/8Y- (Coherence)	Coherences	1

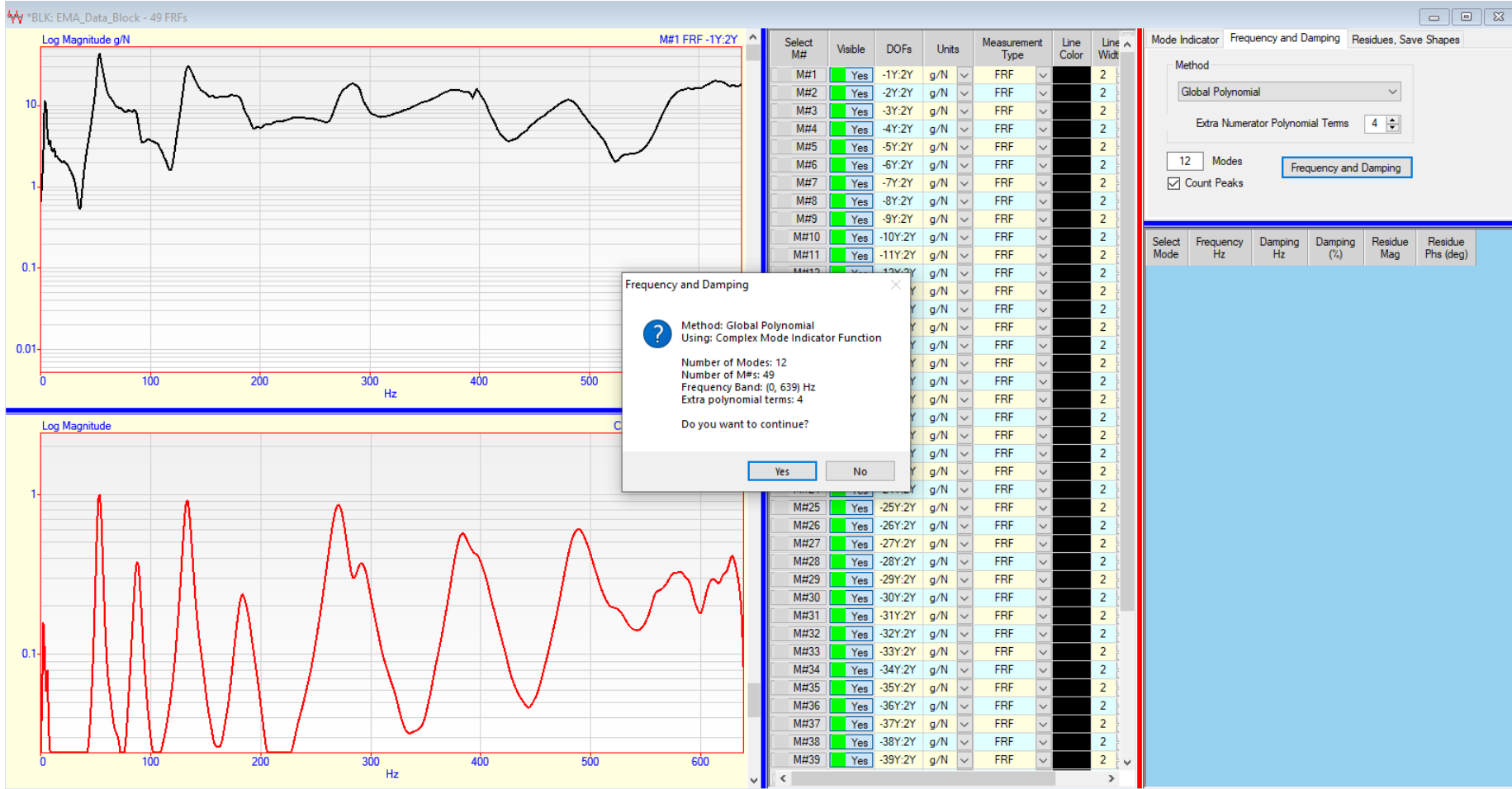
Time Domain / Frequency Domain

Import Cancel

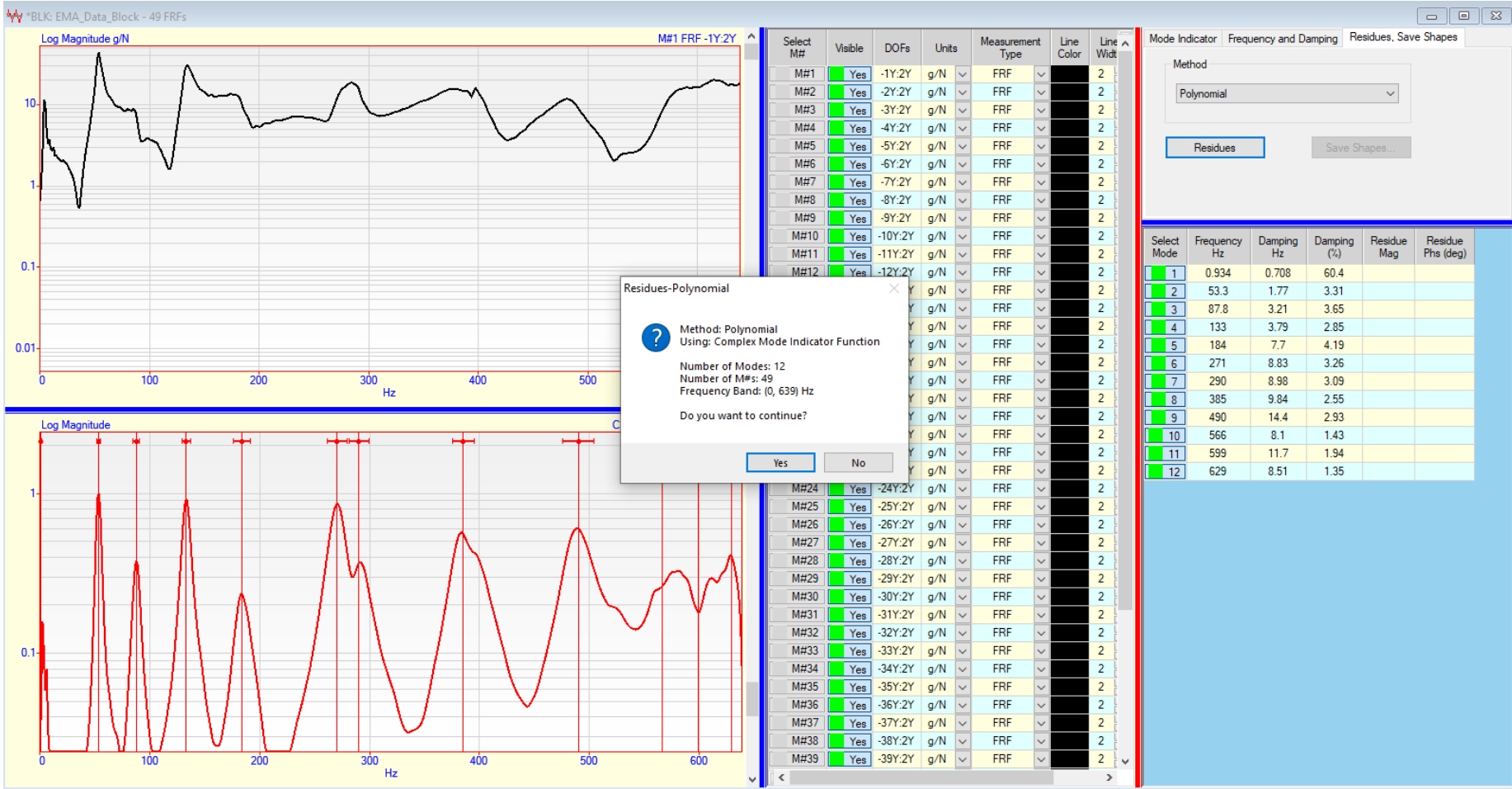
MEScope Yazılımı ve MAC Matrisinin Çıkartılması



MEScope Yazılımı ve MAC Matrisinin Çıkartılması



MEScope Yazılımı ve MAC Matrisinin Çıkartılması



MEScope Yazılımı ve MAC Matrisinin Çıkartılması



*BLK: EMA_Data_Block - 49 FRFs

Log Magnitude g/N

M#1 FRF -1Y:2Y FRAC: 0.97

Hz

Log Magnitude

CMIF Using Imaginary Part

Hz

Select M#	Visible	DOFs	Method
M#1	Yes	-1Y:2Y g	Polynomial
M#2	Yes	-2Y:2Y g	
M#3	Yes	-3Y:2Y g	
M#4	Yes	-4Y:2Y g	
M#5	Yes	-5Y:2Y g	
M#6	Yes	-6Y:2Y g	
M#7	Yes	-7Y:2Y g	
M#8	Yes	-8Y:2Y g	
M#9	Yes	-9Y:2Y g	
M#10	Yes	-10Y:2Y g	
M#11	Yes	-11Y:2Y g	
M#12	Yes	-12Y:2Y g	
M#13	Yes	-13Y:2Y g	
M#14	Yes	-14Y:2Y g	
M#15	Yes	-15Y:2Y g	
M#16	Yes	-16Y:2Y g	
M#17	Yes	-17Y:2Y g	
M#18	Yes	-18Y:2Y g	

Select Mode	Frequency Hz	Damping Hz	Damp
1	0.934	0.708	6
2	53.3	1.77	3
3	87.8	3.21	3
4	133	3.79	2
5	184	7.7	4
6	271	8.83	3
7	290	8.98	3
8	385	9.84	2
9	490	14.4	2
10	566	8.1	1
11	599	11.7	1
12	629	8.51	1

*STR: EMA_Structure - 3D View, - [Dwell] SHP: EMA_Shape_Table

SHP: EMA_Shape_Table
Freq: 53.3 Hz, Damp: 3.31%
Complex Shape

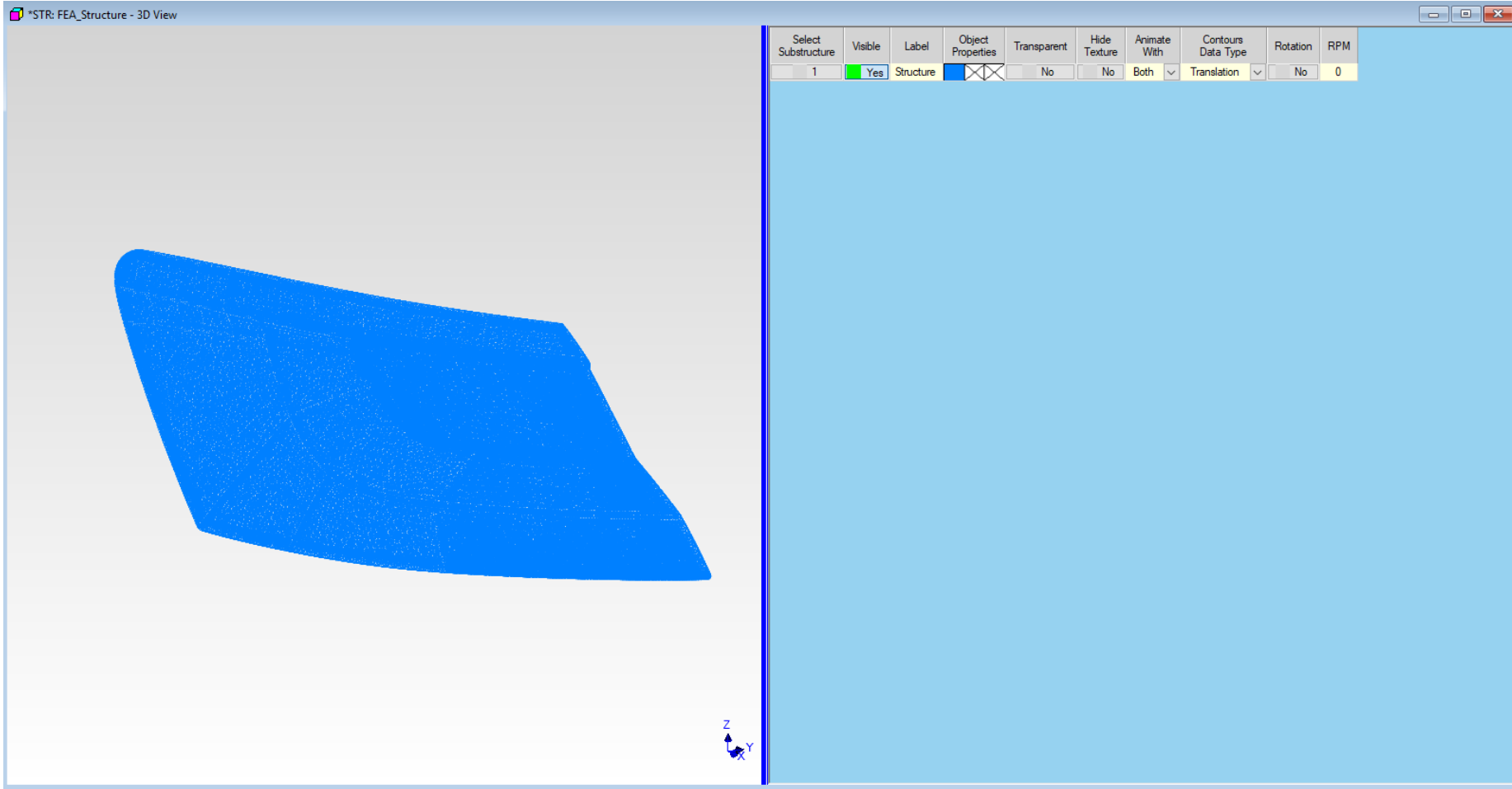
Select Substructure	Visible	Label	Object Properties	Transparent	Hide Texture	Anti V
1	Yes	Structure	Yellow, Blue, Red	No	No	Bot

*SHP: EMA_Shape_Table

Select Shape	Frequency (or Time)	Damping	Units	Damping (%)	Label
1	0.934	0.708	Hz	60.4	Global-Poly
2	53.3	1.77	Hz	3.31	Global-Poly
3	87.8	3.21	Hz	3.65	Global-Poly
4	133	3.79	Hz	2.85	Global-Poly
5	184	7.7	Hz	4.19	Global-Poly
6	271	8.83	Hz	3.26	Global-Poly
7	290	8.98	Hz	3.09	Global-Poly
8	385	9.84	Hz	2.55	Global-Poly

Select M#	DOFs	Units	Measurement Type	Label	Shape 1		Shape 2		Shape 3		Shape 4	
					Magnitude	Phase	Magnitude	Phase	Magnitude	Phase	Magnitude	Phase
M#1	-1Y:2Y	g/N-sec	Residue Mode Shape	Poly	33.5	106	974	4.58	186	182	1.33E+03	4
M#2	-2Y:2Y	g/N-sec	Residue Mode Shape	Poly	41.3	107	935	5.6	90.9	20.9	1.27E+03	5
M#3	-3Y:2Y	g/N-sec	Residue Mode Shape	Poly	41.8	14	20.2	255	541	358	665	.
M#4	-4Y:2Y	g/N-sec	Residue Mode Shape	Poly	15.6	103	392	183	636	3.1	665	.
M#5	-5Y:2Y	g/N-sec	Residue Mode Shape	Poly	16.5	319	641	186	396	359	36.8	.
M#6	-6Y:2Y	g/N-sec	Residue Mode Shape	Poly	33.5	109	749	4.04	194	179	740	3
M#7	-7Y:2Y	g/N-sec	Residue Mode Shape	Poly	29.8	115	386	5.27	113	4.13	48.7	3

MEScope Yazılımı ve MAC Matrisinin Çıkartılması



MEScope Yazılımı ve MAC Matrisinin Çıkartılması



***BLK: EMA_Data_Block - 49 FRFs**

Log M#1 FRF -1Y:2Y FRAC: 0.97

Log Magnitude CMIF Using Imaginary Part

Select M#	Visible	Method
M#1	Yes	Polynomial
M#2	Yes	
M#3	Yes	
M#4	Yes	
M#5	Yes	
M#6	Yes	
M#7	Yes	
M#8	Yes	
M#9	Yes	
M#10	Yes	
M#11	Yes	
M#12	Yes	
M#13	Yes	
M#14	Yes	
M#15	Yes	
M#16	Yes	
M#17	Yes	
M#18	Yes	

Select Mode	Frequency Hz
1	0.934
2	53.3
3	87.8
4	133
5	184
6	271
7	290
8	385
9	490
10	566
11	599
12	629

***STR: FEA_Structure - 3D View**

Select Substructure	Visible	Label	Ob Prop
1	Yes	Structure	
2	Yes	FEA_Substructure	

***STR: PM_Structure - 3D View**

Select Substructure	Visible	Label	Ob Prop
1	Yes	FEA_Substructure	
2	Yes	Structure	

***SHP: EMA_Shape_Table**

Select Shape	Frequency (or Time)	Damping	Units	Damping (%)	Label
1	0.934	0.708	Hz	60.4	Global-Poly
2	53.3	1.77	Hz	3.31	Global-Poly
3	87.8	3.21	Hz	3.65	Global-Poly
4	133	3.79	Hz	2.85	Global-Poly
5	184	7.7	Hz	4.19	Global-Poly
6	271	8.83	Hz	3.26	Global-Poly
7	290	8.98	Hz	3.09	Global-Poly
8	385	9.84	Hz	2.55	Global-Poly

Select M#	DOFs	Units	Measurement Type	Label	Shape 1 Magnitude	Shape 1 Phase	Magni
M#1	-1Y:2Y	g/N-sec	Residue Mode Shape	Poly	33.5	106	97
M#2	-2Y:2Y	g/N-sec	Residue Mode Shape	Poly	41.3	107	93
M#3	-3Y:2Y	g/N-sec	Residue Mode Shape	Poly	41.8	14	20
M#4	-4Y:2Y	g/N-sec	Residue Mode Shape	Poly	15.6	103	39
M#5	-5Y:2Y	g/N-sec	Residue Mode Shape	Poly	16.5	319	64
M#6	-6Y:2Y	g/N-sec	Residue Mode Shape	Poly	33.5	109	74
M#7	-7Y:2Y	g/N-sec	Residue Mode Shape	Poly	29.8	115	38

***STR: EMA_Structure - 3D View**

Select Substructure	Visible	Label	Object Properties
1	Yes	Structure	

MEScope Yazılımı ve MAC Matrisinin Çıkartılması



*STR: FEA_Structure - 3D View

Select Substructure	Visible	Label	Obj Prop
1	Yes	Structure	
2	Yes	FEA_Substructure	

*BLK: EMA_Data_Block - 49 FRFs

Log M#1 FRF -1Y:2Y FRAC: 0.97

Log Magnitude CMIF Using Imaginary Part

*SHP: FEA_Shape_Table

Select Shape	Frequency (or Time)	Damping	Units	Damping (%)	Label
1	51.4	0	Hz	0	
2	86.6	0	Hz	0	
3	129	0	Hz	0	
4	182	0	Hz	0	

Select Mode	Frequency Hz
1	0.934
2	53.3
3	87.8
4	133
5	184
6	271
7	290
8	385
9	490
10	566
11	599
12	629

Select M#	DOFs	Units	Measurement Type	Label	Shape 1 Magnitude	Shape 1 Phase	Shape 1 Magnitude
M#1	61674X		UMM Mode Shape		22.8	180	20.9
M#2	61674Y		UMM Mode Shape		206	0	9.38
M#3	61674Z		UMM Mode Shape		77.3	180	40.9
M#4	69679X		UMM Mode Shape		22.9	180	20.2
M#5	69679Y		UMM Mode Shape		205	0	7.15
M#6	69679Z		UMM Mode Shape		76.6	180	39.2
M#7	87385X		UMM Mode Shape		23.3	180	20

*STR: EMA_Structure - 3D View

Select Substructure	Visible	Label	Object Properties
1	Yes	Structure	

*SHP: EMA_Shape_Table

Select Shape	Frequency (or Time)	Damping	Units	Damping (%)	Label
1	53.3	1.77	Hz	3.31	Global-Poly
2	87.8	3.21	Hz	3.65	Global-Poly
3	133	3.79	Hz	2.85	Global-Poly
4	184	7.7	Hz	4.19	Global-Poly

Select M#	DOFs	Units	Measurement Type	Label	Shape 1 Magnitude	Shape 1 Phase	Magni
M#1	-1Y:2Y	g/N-sec	Residue Mode Shape	Poly	974	4.58	18
M#2	-2Y:2Y	g/N-sec	Residue Mode Shape	Poly	935	5.6	90.
M#3	-3Y:2Y	g/N-sec	Residue Mode Shape	Poly	20.2	255	54
M#4	-4Y:2Y	g/N-sec	Residue Mode Shape	Poly	392	183	63
M#5	-5Y:2Y	g/N-sec	Residue Mode Shape	Poly	641	186	39
M#6	-6Y:2Y	g/N-sec	Residue Mode Shape	Poly	749	4.04	19
M#7	-7Y:2Y	g/N-sec	Residue Mode Shape	Poly	386	5.27	11

*STR: PM_Structure - 3D View

Select Substructure	Visible	Label	Obj Prop
1	Yes	FEA_Substructure	
2	Yes	Structure	

MEScope Yazılımı ve MAC Matrisinin Çıkartılması



*STR: FEA_Structure - 3D View

Select Substructure	Visible	Label	Ob Prop
1	Yes	Structure	
2	Yes	FEA_Substructure	

*BLK: EMA_Data_Block - 49 FRFs

Log M#1 FRF -1Y:2Y FRAC: 0.97

Log Magnitude, CMIF Using Imaginary Part

Select M#	Visible	Mode Indicator	Method
M#1	Yes		Polynomial
M#2	Yes		
M#3	Yes		
M#4	Yes		
M#5	Yes		
M#6	Yes		
M#7	Yes		
M#8	Yes		
M#9	Yes		
M#10	Yes		

Select Mode	Frequency Hz
1	0.934
2	53.3
3	87.8
4	133

*SHP: FEA_Shape_Table

Select Shape	Frequency (or Time)	Damping	Units	Damping (%)	Label
1	51.4	0	Hz	0	
2	86.6	0	Hz	0	
3	129	0	Hz	0	
4	182	0	Hz	0	

Select M#	DOFs	Units	Measurement Type	Label	Shape 1 Magnitude	Shape 1 Phase	Shape 1 Magnitude
M#1	61674X		UMM Mode Shape		22.8	180	20.9
M#2	61674Y		UMM Mode Shape		206	0	9.38
M#3	61674Z		UMM Mode Shape		77.3	180	40.9
M#4	69679X		UMM Mode Shape		22.9	180	20.2
M#5	69679Y		UMM Mode Shape		205	0	7.15
M#6	69679Z		UMM Mode Shape		76.6	180	39.2
M#7	87385X		UMM Mode Shape		23.3	180	20

FEA | Point Matching

Choose an FEA and an EMA Shape Table
Warning! EMA and FEA shapes must animate correctly before using this command.

FEA Shapes	EMA Shapes
SHP: EMA_Shape_Table	SHP: EMA_Shape_Table
SHP: FEA_Shape_Table	SHP: FEA_Shape_Table
BLK: EMA_Data_Block	BLK: EMA_Data_Block

UMM Mode Shapes, 4 Shapes, 770823 M#s Residue Mode Shapes, 4 Shapes, 49 M#s

OK Cancel

Select M#	DOFs	Units	Measurement Type	Label	Shape 1 Magnitude	Shape 1 Phase	Shape 1 Magnitude
3	133	3.79 Hz	2.85	Global-Poly			
4	184	7.7 Hz	4.19	Global-Poly			

Select M#	DOFs	Units	Measurement Type	Label	Shape 1 Magnitude	Shape 1 Phase	Shape 1 Magnitude
M#1	-1Y:2Y	g/N-sec	Residue Mode Shape	Poly	974	4.58	18
M#2	-2Y:2Y	g/N-sec	Residue Mode Shape	Poly	935	5.6	90
M#3	-3Y:2Y	g/N-sec	Residue Mode Shape	Poly	20.2	255	54
M#4	-4Y:2Y	g/N-sec	Residue Mode Shape	Poly	392	183	63
M#5	-5Y:2Y	g/N-sec	Residue Mode Shape	Poly	641	186	39
M#6	-6Y:2Y	g/N-sec	Residue Mode Shape	Poly	749	4.04	19
M#7	-7Y:2Y	g/N-sec	Residue Mode Shape	Poly	386	5.27	11

*STR: EMA_Structure - 3D View

Select Substructure	Visible	Label	Object Properties
1	Yes	Structure	

*STR: PM_Structure - 3D View

Select Substructure	Visible	Label	Ob Prop
1	Yes	FEA_Substructure	
2	Yes	Structure	

MEScope Yazılımı ve MAC Matrisinin Çıkartılması



The screenshot displays the MEScope software interface with several windows open:

- STR: FEA_Structure - 3D View:** Shows a red 3D model of a structure. The table below lists substructures:

Select Substructure	Visible	Label
1	Yes	Struktur
2	Yes	FEA_Substr

- STR: EMA_Structure_PM - 3D View:** Shows a blue 3D model of a structure. The table below lists substructures:

Select Substructure	Visible	Label
1	Yes	Structure

- BLK: EMA_Data_Block - 49 FRFs:** A plot showing FRF magnitude vs. frequency (Hz). The plot title is "M#1 FRF -1Y:2Y FRAC". The x-axis ranges from 0 to 600 Hz, and the y-axis ranges from 0.1 to 10. Below the plot, there are arrows indicating measurement points.
- SHP: PM_FEA_Shape_Table:** A table showing shape data for PM_FEA_Shape_Table.

Select Shape	Frequency (or Time)	Damping	Units	Damping (%)	Label	MPC	Pz
1	51.4	0	Hz	0		1	
2	86.6	0	Hz	0		1	
3	129	0	Hz	0		1	
4	187	0	Hz	0		1	

- SHP: PM_EMA_Shape_Table:** A table showing shape data for PM_EMA_Shape_Table.

Select Shape	Frequency (or Time)	Damping	Units	Damping (%)	Label	MPC
1	53.3	1.77	Hz	3.31	Global-Poly	0.989
2	87.8	3.21	Hz	3.65	Global-Poly	0.981
3	133	3.79	Hz	2.85	Global-Poly	0.985
4	184	7.7	Hz	4.19	Global-Poly	0.974

- Display | MAC:** A window titled "Modal Assurance Criterion (MAC)" showing a 3D bar chart. The chart has four bars labeled S1, S2, S3, and S4. The y-axis ranges from 0 to 1. The bars are colored in shades of red and green.
- STR: PM_Structure - 3D View:** Shows a red 3D model of a structure. The table below lists substructures:

Select Substructure	Visible	Label
1	Yes	FEA_Substr
2	Yes	Struktur

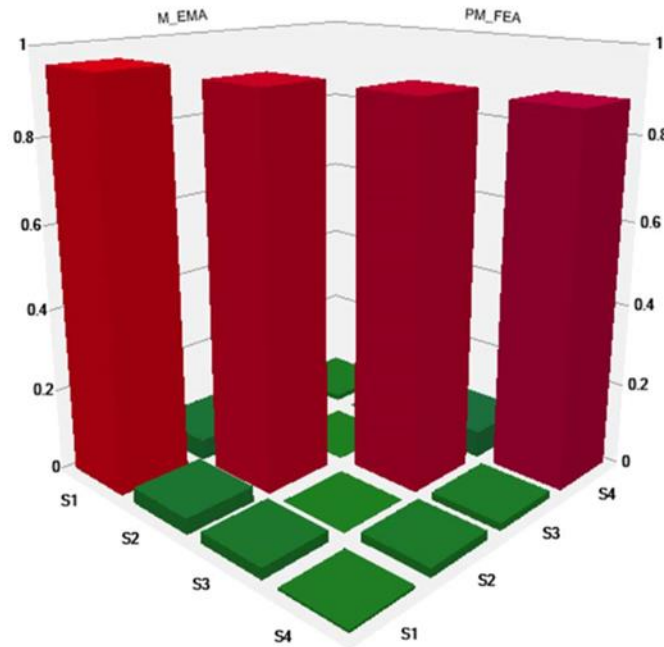
- STR: FEA_Structure_PM - 3D View:** Shows a blue 3D model of a structure. The table below lists substructures:

Select Substructure	Visible	Label
1	Yes	FEA_Substr

- Table at the bottom:** A table showing measurement data for three modes (M#1, M#2, M#3).

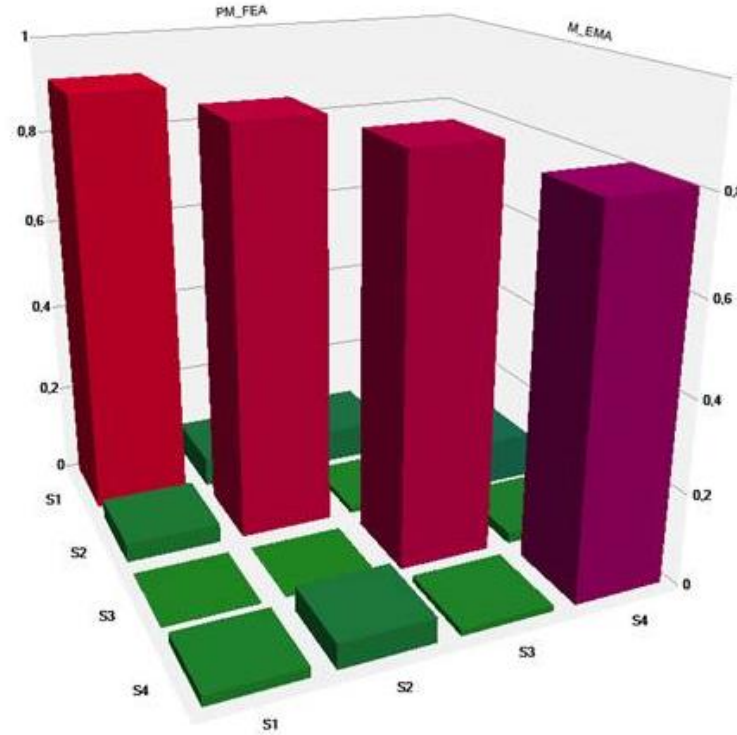
Select M#	DOFs	Units	Measurement Type	Label	Mag
M#1	61674X		UMM Mode Shape		2
M#2	61674Y		UMM Mode Shape		2
M#3	61674Z		UMM Mode Shape		7

MEScope Yazılımı ve MAC Matrisinin Çıkartılması



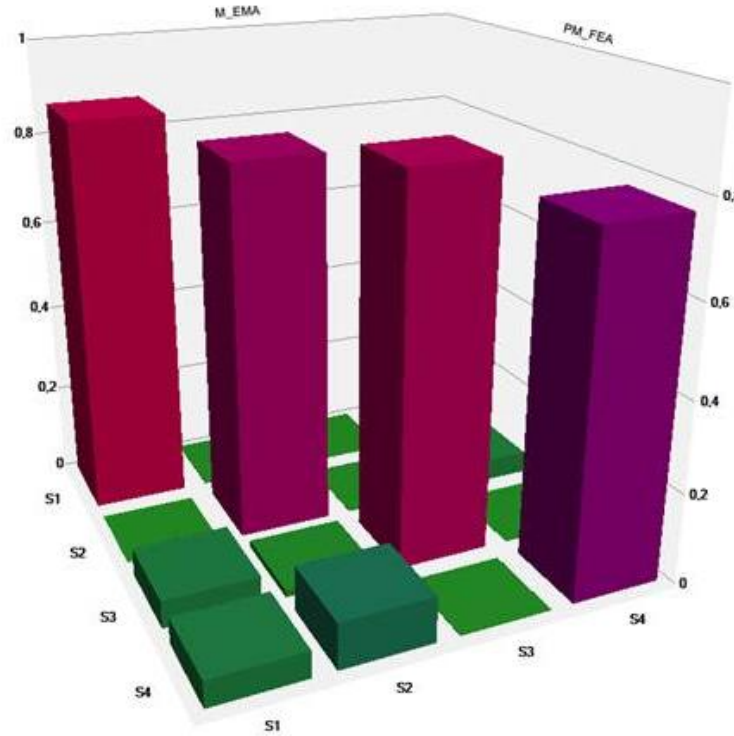
					Shape 1	Shape 2	Shape 3	Shape 4
	Label	PM_FEA_Shape_Table						
		Frequency(or Time)			51,4	86,6	129	182
	PM_EMA_Shape_Table		Damping		0	0	0	0
			Damping (%)		0	0	0	0
Shape 1	Global-Poly	53,3	1,77	3,31	0,959	0,0386	0,0279	0,00669
Shape 2	Global-Poly	87,8	3,21	3,65	0,051	0,928	0,00161	0,0225
Shape 3	Global-Poly	133	3,79	2,85	0,0024	0,000795	0,908	0,0185
Shape 4	Global-Poly	184	7,7	4,19	0,0142	0,000481	0,0652	0,881

MEScope Yazılımı ve MAC Matrisinin Çıkartılması



				Shape 1	Shape 2	Shape 3	Shape 4	
	Label	PM_FEA						
	M_EMA	Frequency(or Time)		85,5	130	198	264	
		Damping		0	0	0	0	
		Damping (%)		0	0	0	0	
Shape 1	Global-Poly	81,1	3,53	4,35	0,916	0,0673	0,0747	0,00618
Shape 2	Global-Poly	128	4,31	3,36	0,0419	0,887	0,0144	0,102
Shape 3	Global-Poly	191	6,67	3,49	0,00237	0,00034	0,866	0,0246
Shape 4	Global-Poly	258	7,57	2,93	0,0226	0,0546	0,0136	0,808

MEScope Yazılımı ve MAC Matrisinin Çıkartılması



					Shape 1	Shape 2	Shape 3	Shape 4
	Label	M_EMA			Global-Poly	Global-Poly	Global-Poly	Global-Poly
	PM_FEA	Frequency(or Time)			56,3	102	190	221
		Damping			1,73	3,09	5,05	6,21
			Damping (%)			3,08	3,03	2,66
Shape 1		57,4	0	0	0,867	0,00223	0,000353	0,00496
Shape 2		107	0	0	9,26E-05	0,816	0,00119	0,0494
Shape 3		189	0	0	0,0618	0,0157	0,839	0,000361
Shape 4		226	0	0	0,0584	0,101	0,00179	0,77



Teşekkürler...