

MEKANİK TASARIM VE ANALİZİN BİLİMSEL ESASLARI

Yazar

İlyas KACAR



© Copyright 2023

Bu kitabın, basım, yayın ve satış hakları Akademisyen Kitabevi A.Ş.'ne aittir. Anılan kuruluşun izni alınmadan kitabın tümü ya da bölümleri mekanik, elektronik, fotokopi, manyetik kağıt ve/veya başka yöntemlerle çoğaltılamaz, basılamaz, dağıtılamaz. Tablo, şekil ve grafikler izin alınmadan, ticari amaçlı kullanılamaz. Bu kitap T.C. Kültür Bakanlığı bandrolü ile satılmaktadır.

ISBN	Yayıncı Sertifika No
978-625-399-485-3	47518
Kitap Adı	Baskı ve Cilt
Mekanik Tasarım ve Analizin Bilimsel Esasları	Vadi Matbaacılık
Yazar	Bisac Code
İlyas KACAR ORCID iD: 0000-0002-5887-8807	TEC009070
Yayın Koordinatörü	DOI
Yasin DİLMEN	10.37609/akya.2910
Sayfa ve Kapak Tasarımı	
Akademisyen Dizgi Ünitesi	

Kütüphane Kimlik Kartı

Kacar, İlyas.

Mekanik Tasarım ve Analizin Bilimsel Esasları / İlyas Kacar.

Ankara : Akademisyen Yayınevi Kitabevi, 2023.

392 s. : şkl, çizelge. ; 195x275 mm.

Kaynakça ve Ekler var.

Video kaynağı Qr kod ile belirtilmiştir.

ISBN 9786253994853

GENEL DAĞITIM

Akademisyen Kitabevi A.Ş.

Halk Sokak 5 / A Yenışehir / Ankara

Tel: 0312 431 16 33

siparis@akademisyen.com

www.akademisyen.com

ÖNSÖZ

Bu kitapta imalat esnasında sıklıkla karşılaşılan tasarım ve analiz süreçlerinin bilimsel esasları sunulmuştur. Pek çok kitaptan farklı olarak işletmelerde gerçekleştirilen faaliyetleri içeren örnekler bu kitapta sistematik olarak incelenmiştir. Bulgular laboratuvarlar ve işletmelerde saatlerce bazen de günlerce süren denemeler, deneyler ile tespit edilmiştir.

Kitabın kapsamı hem akışkan hem de katı cisim mekaniğidir. Okuyucunun temel mekanik bilgisine sahip olması gerekmektedir. Bu nedenle sadece analiz örneği değil aynı zamanda konuya ilişkin teorik temel bilgiler de kısa-öz, açık-net olarak sunulmuştur. Elde edilen bulgular Türkçe bilimsel açık literatüre sunulmuştur. Konu yazılım kullanmayı gerektirdiği için öğrenme verimini artırmak amacıyla kitaptaki örneklerin çizim, analiz dosyaları ve bunlara ilişkin eğitim videoları da okuyucunun erişimine sunulmuştur.

Yazılımda kullanılan komutlar orijinal hâli ile verilmiştir. İlaveten, nadir de olsa bazı terimlerin Türkçe'de karşılığı olmaması nedeni ile anlam kaybına uğramaması için teknik literatürde kullanıldığı hâli ile verilmiştir. Kitap baştan itibaren değil, birinci bölümde verilen tanımlar, tarifler ile birlikte sadece ihtiyaç duyulan bölümü çalışmaya müsaittir.

Yazılım olarak ANSYS® programı kullanılmıştır. Kitapta yer alan örneklerin çözümünde eğitim amacıyla bana Ansys® yazılımından faydalanma imkânı sağlayan Numesys© firmasına ve Genel Müdürü Sayın Ekin Ersan'a, Şule Ağtaş'a, Oktay Hançerli'ye, Ahmet Okudan'a, Gökhan Deveci'ye değerli katkıları için teşekkür ederim.



Ulu önder Gazi Mustafa Kemal Atatürk'ün yolunda, Türkiye Cumhuriyeti'mizin kuruluşunun 100. yılı içerisinde bu kitabın bilime, eğitime, sanayiye katkı sağlamasını, ülkede yol gösterici olarak bilim ve tekniğin esas alınmasını, bununla birlikte 06.Şubat.2023 Kahramanmaraş merkezli depremlerin, Şanlıurfa sel baskınının ve orman yangınlarının tedbir almak adına unutulmamasını dilerim.

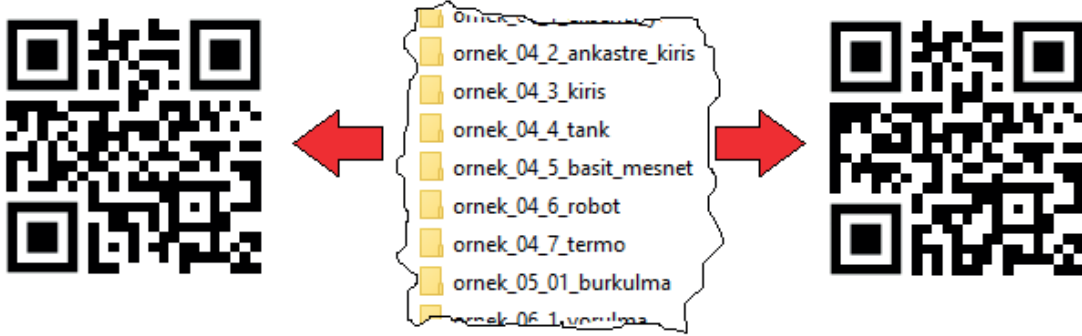
Bu kitabın işbu birinci baskısının hazırlanmasında önemli katkıları bulunan öğrencilerime, bilimsel değerlendirme yaparak değerli vaktini harcayan Prof. Dr. Fahrettin Öztürk'e, Prof. Dr. Yusuf Cunedioğlu'na, Dr. Cem Korkmaz'a, Mak. Yük. Müh. Özkan Tunç'a, Mek. Müh. Halil Bahadır Akyıldız'a, sponsorluk desteğinden dolayı Powerpress Endüstri Makinaları Paz. İth. İhr. San. ve Tic.A. Ş.'ne ve kapak tasarımı yapan DALL-E yapay zekâya teşekkür ederim.

Doç. Dr. İlyas Kacar, 2023

Dijital materyal kullanımı ve bilgisayarda çalışırken dikkat edilecek hususlar

- Bu kitapta ekran görüntüleri üzerinden anlatımlar da mevcut olup kullanılan yazılımın güncel bir sürümünün okuyucunun bilgisayarına kurulmuş, örnek dosyaların bilgisayara indirilmiş ve videolarda anlatılanların eksiksizce uygulanmış olması konunun derinlemesine anlaşılabilmesi için gereklidir.

- Kitap içerisinde bulunan örneklerdeki geometri ve analiz dosyalarını indirmek için gereken bağlantılar <https://bit.ly/3LXzghv> veya <https://bit.ly/3Fhy6tA> olup bu bağlantıları içeren aşağıdaki kare kodlar taratılarak dosyalara daha kolay ulaşılabilecektir. Dosyaların tamamı 1 GB civarında olup sıkıştırılmış tek dosya hâindedir. Bu dosyalar kullanılarak simülasyonların okuyucularca da tekrarlanması, değiştirilmesi mümkündür.



- Ayrıca bu örneklerin çözümünü gösteren eğitim videoları her örneğin içerisinde hem bağlantı hem de kare kod olarak verilmiştir. Videolar gereksiz uzatılmamıştır. Hem örneklerin çözüm adımlarını hem de yazılımın kullanımını içermektedir. Yazarın ileride ekleyebileceği yeni videoları da takip etmek isteyen okuyucular <https://www.youtube.com/@ikacar> bağlantısını takip edebilecektir.
- Örneklerin çözümünü içeren klasörlerde hem geometri hem de analiz dosyaları mevcuttur. Kitabın amacı çizim yapmayı öğretmek değildir! Asıl amaç analiz yapabilmek olduğu için okuyucunun çizimle zaman kaybetmemesi, hazır çizim dosyalarını kullanması önerilmektedir.
- Yazılımlarda hesaplama başlatılmış ve işlem devam ediyorken elektrik kesintisi, kilitlenme vb. durumlar oluşabilmekte, kaydedilmemiş tüm bilgiler kaybedilmektedir! Bu gibi durumlarla karşılaşmamak için çözüm düğmesine basmadan önce kaydet düğmesine basarak dosyanın son hâlinin kayıtlı olduğundan emin olunuz. Ayrıca çalışma esnasında da olası kapanmalar durumunda veri ve zaman kaybı yaşamamak için *kaydet* düğmesine sıklıkla basmayı alışkanlık hâline getiriniz.
- Herhangi bir sorun ile karşılaşılması durumunda kullandığımız yazılımı kapatıp tekrar açınız. Kapatmadan önce eğer yapabiliyorsanız dosyanızı kaydetmeyi unutmayınız!
- Çiziminizi ayrı bir yazılımda yapıp analiz içerisine aktaracaksanız oluşturacağınız çizim dosyasını analiz yazılımının okuyabilmesi için çizim yazılımının önceki sürümü türünde kaydediniz. Örneğin çiziminizi AutoCAD®'in en yeni sürümünde yapıyor olsanız da *farklı kaydet* seçeneği seçerek eski bir sürüm olan AutoCAD® R14 sürümünde kaydediniz.
- Uzun dosya yollarında çalışmayınız. Sadece yolda değil aynı zamanda dosya ve klasör adlarında da Türkçe karakter, boşluk bulunmamalıdır! Windows© kullanıcı adınızın içerisinde de Türkçe karakter, boşluk bulunmamalıdır. Çünkü bu ad, masaüstündeki dosyaların yollarına otomatik olarak eklenmektedir.

Doğruya örnek D:\cevaplar\dosya-adi.wbpj

Yanlış örnek D:\User\Ayşe\mekanik tasarım ve analiz\ÇĞŞÜÖİ çğşıöü.wbpj

- Ana sürücü olan C:\ sürücüsünün olası bir hasarı durumunda veri kaybı yaşamamak için dosyaların başka sürücüde muhafaza edilmesi veya periyodik olarak yedeklenmesi önerilmektedir.

İÇİNDEKİLER

BÖLÜM 1 GİRİŞ	1
Tasarım Nedir?.....	1
Tasarımın Bağlı Olduğu Disiplinler	2
İmalat Yöntemleri	2
Tasarımın Aşamaları	3
Tescil ve Patent	5
Analiz Nedir?.....	5
Model Nedir?.....	6
Sonlu Eleman Yöntemi Nedir?.....	6
Sentez Nedir?.....	7
Optimizasyon Nedir?	8
HATIRLATMALAR	9
Histogram	9
Serbest Cisim Diyagramları	9
Denge Denklemleri	9
Normalize Etmek.....	9
Parçaları Yapıştırarak (glue) Bütün Bir Cisim Oluşturmak	10
Esnek, Rijit Cisimler.....	10
"...ill constrain..."	11
"...insufficinetly constrain..."	11
Serbestlik Derecesi, Kısıt	11
Bilimsel Gösterim	12
Bilgisayar Kaynakları.....	12
İterasyon, Yakınsama.....	13
Gerçek, Mühendislik Değerleri.....	13
Gevrek, Sünek Davranış.....	13
Normal, Kayma Gerilmesi.....	13
3 Sayısının Mekanikteki Yeri.....	13
Çubuk, Kafes, Kiriş, Çerçeve, Kolon	13
SORULAR	15
BÖLÜM 2 KONUMSAL VE ZAMANSAL AYRIKLAŞTIRMA	17
Sonlu Fark Yöntemi	18
Sonlu Hacim Yöntemi	18
Sonlu Eleman Yöntemi.....	19

YAZILIMLARDAKİ DENKLEM ÇÖZÜCÜLER.....	23
GEOMETRİ.....	24
MALZEME.....	26
SEY'de SIKÇA KULLANILAN TERİMLER.....	26
Sonlu Eleman Modeli.....	28
Yakınsama.....	29
Şekil Fonksiyonu, Eleman Mertebesi (Lineer, kuadratik, kübik...)	29
Eleman Formülü (tam, indirgenmiş).....	30
Eleman Kalitesi.....	32
Yük, Sınır Şartları, Simetriklik, Eğim.....	32
Doğrulama.....	36
SORULAR.....	41
BÖLÜM 3 MEKANİK ANALİZ TÜRLERİ.....	43
Mekaniğin Yapıtaşları.....	43
Mekanik Yük Türleri.....	44
Lineer ve Nonlinear Analizler.....	46
SORULAR.....	48
BÖLÜM 4 YAPISAL ANALİZLER.....	49
Deformasyon.....	50
Şekil Değiştirme ve Gerilme.....	51
Von Mises Eşdeğer Gerilmesi.....	52
Von Mises Eşdeğer Şekil Değiştirmesi.....	52
Asal Gerilme ve Asal Şekil Değiştirme.....	53
Maksimum Kayma Gerilmesi.....	54
Maksimum Fark.....	54
Emniyet Katsayısı.....	54
Termal Şekil Değiştirme.....	56
Enerji.....	56
Yapısal Hata.....	57
Birden Fazla Parçanın Bir Arada Bulunması.....	58
Basit/Kayar Mesnetli Bağlantılar.....	59
SORULAR.....	75
BÖLÜM 5 KOLONLAR VE BURKULMA ANALİZİ.....	79
Kritik Yük.....	80
Bağlantı Türü.....	80
Alan Atalet Momenti.....	81
Burkulma Modları.....	83
BURKULMA SİMÜLASYONU.....	83

Sınır Şartı	84
SORULAR.....	87
BÖLÜM 6 YORULMA ANALİZİ	89
S-N Eğrileri.....	90
Yük Türleri.....	91
Harmonik yükler	91
Rastgele yükler	93
Ortalama Gerilmenin S-N ve S-ε Eğrilerine Etkisi	93
Yorulma Emniyet Katsayısı	95
YORULMA SİMÜLASYONLARI	96
Simülasyonda Tekrarlı Yükleme Oluşturmak	98
Yorulma Mukavemet Faktörü (Kf).....	100
Ölçek Faktörü.....	101
S-N İnterpolasyonu	101
Yorulma Simülasyonu Sonuçları.....	102
SORULAR.....	108
BÖLÜM 7 DİNAMİK ANALİZ	111
Zaman Entegrasyon Şemaları	113
Analiz Zamanının Belirlenmesi.....	115
Dinamik Analizlerde Başlangıç Şart(lar)ı Tanımlamak.....	115
Yükleme Adımları Kullanarak Başlangıç Şartı Oluşturmak	115
Bir Dinamik Analizde Başlangıç Etkilerini Azaltmak İçin Birden Fazla Yük Adımı Uygulamak	117
Kütle-Yerçekimi Etkileri	118
SORULAR.....	119
BÖLÜM 8 RİJİT CİSİMLERİN DİNAMİK ANALİZİ	121
Bağlantı (Yatak).....	121
Dayama	123
Sıçrama Katsayısı	124
Rijit Dinamik Analizde Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar	124
SORULAR.....	134
BÖLÜM 9 ESNEK CİSİMLERİN DİNAMİK ANALİZİ.....	137
BÖLÜM 10 EKSPLESİT DİNAMİK ANALİZ	143
Analiz Ayarları	144
Simetrik Sınır Şartı	145
Hasar Başlangıcı, Evrilmesi ve Kopma.....	145
Eleman Silinmesi	149

Eleman Ağı	150
Analizde Yük Adımları	151
Şok Dalgası İlerlemesi	151
Temas ve Cisim Etkileşim Nesneleri	152
Hata Mesajları	152
SORULAR.....	157
BÖLÜM 11 TİTREŞİM ANALİZİ	157
Titreşimin Mekanik Sistemlere Olan Etkileri	160
Titreşim ile İlgili Temel Terimler.....	160
Sönümleme.....	162
Sönümün Titreşime Etkisi.....	165
Sönümlemenin Girilişi.....	166
Titreşimin Matematiksel Modeli	166
SERBEST TİTREŞİM ANALİZİ	167
Eleman Ağı	168
Sınır Şartları.....	169
Analiz Ayarları	169
Ön Gerilmeli Modal Analiz.....	169
Modal Analiz Sonuçları	170
Doğal frekans sonuçları	170
Titreşim biçimlerine (Mod şekilleri) ilişkin sonuçlar	171
Kütle katılım çarpanlarına ilişkin sonuçlar	172
Campbell grafiği	173
SEY ile Modal Analizde Dikkat Edilecek Temel Hususlar	173
Hata Mesajları	174
Rezonans Frekansı Esaslı Faydalı Uygulamalar.....	174
SORULAR.....	183
BÖLÜM 12 ZORLANMIŞ TİTREŞİM ANALİZLERİ.....	185
HARMONİK CEVAP ANALİZİ	189
Harmonik Çözüm Yöntemleri	191
Harmonik Analiz Sonuçları	193
SPEKTRUM ANALİZLERİ.....	201
CEVAP SPEKTRUMU	202
Kayıtlı bir Deprem Spektrumunun Uygulanması	202
Depreme Karşı Dayanım	204
06.Şubat.2023 Kahramanmaraş Merkezli Depremler.....	204
RASTGELE SPEKTRUM	208
Rastgele Titreşim Simülasyonları	209
Rastgele Titreşim Analizi Sonuçları	211
SORULAR.....	213

BÖLÜM 13 NONLİNEER YAPISAL ANALİZLER	215
Malzemelerin Lineer Davranışı	215
Malzemelerin Nonlinear Davranışı.....	216
Temastan Kaynaklanan Nonlinearlikler	220
Geometrik Nonlinearlikler	220
Newton-Raphson Denge İterasyonları	221
Nonlinear Analiz Parametreleri.....	222
Kuvvet Dengesi Elde Edilememesinin Nedenleri ve Düzeltilmesi.....	225
Plastik Deformasyon Simülasyonlarında Kullanılması Önerilen Kontrol Listesi.....	233
Döngüsel Deformasyon Simülasyonlarında Kullanılması Önerilen Kontrol Listesi.....	234
BÖLÜM 14 KIRILMA MEKANİĞİ	243
Çatlak Önü Gerilme Hesabı	244
Gerilme Yoğunluk Faktörü.....	245
Kırılma Tokluğu.....	245
Kırılma Tokluğu Hasar Kriteri.....	246
Şekil Değiştirme Enerjisi Salıverim Oranı	247
Yorulma Çatlağı İlerlemesi	248
KIRILMA MEKANİĞİ SİMÜLASYONU	250
Kırılma Aracı.....	251
Çatlak Yerleştirme.....	252
Çatlak İlerlemesi	252
BÖLÜM 15 OPTİMİZASYON.....	259
Optimizasyon Yöntemleri.....	265
Yüzey Pürüzlülüğü ve Üretim Yöntemleri.....	265
ŞEKİL OPTİMİZASYONU	266
SORULAR.....	273
BÖLÜM 16 ALTI SİGMA (6Σ) ANALİZİ	275
BÖLÜM 17 HESAPLAMALI AKIŞKAN DİNAMİĞİ	277
HAD ile İlgili Temel Terimler	277
Akışkan Türleri	278
Akış Türleri.....	279
Sıkıştırılabilir Akış	280
Hareket Denklemleri.....	280
Ayrıklaştırma.....	282
Sınır Şartları.....	282
Türbülans Modelleri.....	283
Yazılımlar ile HAD Analizi.....	285
Ağdan Bağımsızlık Analizi	288

Akış Bölgesi	288
Temaslar	290
İşletme Şartları	291
Referans Değerler	291
Analiz Öncesi Ayarlar	291
Çözüm Yöntemleri.....	291
Çözücü Türleri	292
Çözüm Kontrolleri	292
Monitörler ve Yakınsama Kontrolü	292
Başlangıç Değerleri Atama (Initialization).....	293
Hesaplamanın Başlatılması.....	294
Uygun zaman adımının belirlenmesi.....	295
Analiz Sonuçlarının Değerlendirilme Yöntemleri.....	295
Çok Fazlı Akış	297
Bağıl Hareketli Cisimler.....	301
SORULAR.....	306
GENEL SONUÇLAR.....	307
BÖLÜM SONU SORULARIN CEVAPLARI	308
KAYNAKLAR.....	309
EK-1: GAUSS NOKTALARI.....	313
EK-2: AĞ OLUŞTURMA TAKTİKLERİ	316
EK-3: KUM SAATİ.....	323
EK-4: MESNETLER, YÜKLER VE SINIR ŞARTI TÜRLERİ	325
EK-5: KULLANICI TANIMLI SONUÇLAR.....	334
EK-6-A: TEMAS ÇİFTLERİ	338
EK-6-B: EKSPLİSİT ANALİZLERDE TEMAS ALGILAMA	358
EK-7: GERİLME YIĞILMASI VE TEKİLLİK	365
EK-8: ÇEŞİTLİ GEOMETRİLER İÇİN GERİLME YOĞUNLUK FAKTÖRÜ	368
EK-9: ANSYS® PROGRAMININ KULLANIMINA ÖZGÜ ÖZELLİKLER.....	372
SONSÖZ	381

KAYNAKLAR

1. Johnson, D. *MET425 - FEA Applications II, Workbench Design Optimization*. 2015 [cited 2015; Available from: http://enr.bd.psu.edu/davej/classes/fea2_opt.html.
2. Sözlük, G.T. *T.C. Başbakanlık Atatürk Kültür, Dil ve Tarih Yüksek Kurumu Türk Dil Kurumu. Güncel Türkçe Sözlük 2015* [cited 2015 05.10.2015]; Sözlük]. Available from: http://www.tdk.gov.tr/index.php?option=com_gts&arama=gts&guid=TDK.GTS.56125d4bef5809.20723390.
3. Becer, E., *İletişim ve Grafik Tasarım*. Vol. 6. Basım. 2008, Ankara: Dost Kitabevi Yayınları.
4. IsimTescil.net. *Tasarım Nedir?* 2015 [cited 2015 05.10.2015]; Available from: <http://www.isimtescil.net/markatescil/tasarim-nedir.aspx>.
5. Kacar, İ., S. Kılıç, and F. Öztürk, *Mühendis kimdir?*, in *Geleceğin Mühendisi*, Ö. Gündoğdu, Editor. 2022, Paradigma Akademi: Çanakkale. p. 31-60.
6. Karypis, G. and V. Kumar, *METIS—A Software Package for Partitioning Unstructured Graphs, Partitioning Meshes and Computing Fill-Reducing Ordering of Sparse Matrices*. 1997.
7. Matweb©. *MatWeb, Your Source for Materials Information*. [Web tutorial] 2021 2021 [cited 2021 May 15th, 2021]; Available from: <http://www.matweb.com/index.aspx>.
8. Miller, E. *Submodeling in ANSYS Mechanical: Easy, Efficient, and Accurate*. [Web tutorial] 2013 2021 [cited 2021 May 15th, 2021]; Available from: https://www.padtinc.com/blog/submodeling_ansys_mechanical/.
9. NOORI, A.R. and S. YILDIRIM, *Effect of the finite element modeling techniques on the dynamic analysis of beams* Journal of Engineering Sciences of Adıyaman University, 2022. 9(18): p. 581 - 590.
10. Korkmaz, C. and İ. Kacar, *Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği Simülasyonları İçin Optimum Eleman Ağ Yapısının Belirlenmesi*, in *Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Üzerine Güncel Araştırmalar*, O.G. Deniz Yılmaz, Önder Uysal, Mehmet Emin Gökdoğan, Ahmet Süslü, Editor. 2021, Akademisyen Kitabevi Vadi Matbaacılık, Yenışehir/Ankara.
11. FEAnalysis, *3D Cylindrical Thick Pressure Vessel Finite Element Analysis with ANSYS Workbench Mechanical*. 2019, Youtube.com.
12. SimScale GmbH, *What is Turbulent Flow?* SimScale Documentation, 2021. May 28th, 2021.
13. Fujita, T., et al., *Evaluation of Parallelized Unstructured-Grid CFD for Aircraft Applications*, in *Parallel Computational Fluid Dynamics 2002*, K. Matsuno, et al., Editors. 2003, North-Holland: Amsterdam. p. 387-394.
14. ASME, *Standard for Verification and Validation in Computational Fluid Dynamics and Heat Transfer*. 2009, The American Society of Mechanical Engineers. p. 100.
15. ASME, *An Illustration of the Concepts of Verification and Validation in Computational Solid Mechanics*. 2012, The American Society of Mechanical Engineers. p. 36.
16. Solmaz, S. *Verification and Validation in Computer-Aided Engineering – Explained*. [Web tutorial] 2021 2021 [cited 2021 May 15th, 2021]; Available from: <https://www.simscale.com/blog/2017/07/verification-and-validation-cae/>.
17. Vikipedi. *Temel bilimler*. 2015 [cited 2015 08.10.2015]; Available from: https://tr.wikipedia.org/wiki/Temel_bilimler.
18. Pappalardo, C.M. and D. Guida, *A time-domain system identification numerical procedure for obtaining linear dynamical models of multibody mechanical systems*. Archive of Applied Mechanics, 2018. 88(8): p. 1325-1347.
19. Nedergaard, N.J., et al., *The feasibility of predicting ground reaction forces during running from a trunk accelerometry driven mass-spring-damper model*. PeerJ, 2018. 6: p. e6105.
20. Xiang, X. and D. Zi-Hang, *Numerical implementation of a modified Mohr–Coulomb model and its application in slope stability analysis*. Journal of Modern Transportation, 2017. 25(1): p. 40-51.
21. Lean Engineer, 2) *Ansys Workbench ile Basınçlı Kap Analizi*. 2018, Youtube.com.
22. Ncalculators. *Cylinder Hoop (Circumference) Stress Calculator*. 2021; Available from: <https://ncalculators.com/mechanical/cylinder-hoop-circumference-stress-calculator.htm>.
23. Bugday, M. and M. Karali, *Design optimization of industrial robot arm to minimize redundant weight*. Engineering Science and Technology, an International Journal, 2019. 22(1): p. 346-352.
24. Güvenç, İ., *Ansys Workbench Ders 3 Steady State Thermal Deformation*. 2018, Youtube.com.
25. Hetnarski, R.B. and M.R. Eslami, *Thermal Stresses -- Advanced Theory and Applications*. 2008: Springer Netherlands.
26. Tunc, O., *Investigation on forging performance of AA6082*, in *Mechanical engineering*. 2020, Nigde Omer Halisdemir University: Niğde. p. 135.
27. DuQuesnay, D. *FD+E SAE Keyhole Specimen Test Load Histories and Crack Initiation and Propagation Results*. 2021 Jan2021 [cited December 14, 2022].
28. Cornell University. *ANSYS - Fatigue Analysis*. [Web tutorial] 2014 2021 [cited 2021 May 15th, 2021]; Available from: <https://confluence.cornell.edu/display/SIMULATION/ANSYS++Fatigue+Analysis>.

29. University of Idaho. *Advanced Solidworks, FEA, Fatigue*. 2020 [cited 2020 03.03.2020]; Available from: <https://www.webpages.uidaho.edu/mindworks/Adv%20Solidworks/FEA/Fatigue%20of%20a%20Notched%20Part%20-%20Final.pdf>.
30. Trehan, R. *Fatigue strength reduction factor*. 2020 [cited 2020 01.03.2020]; Available from: <https://www.cati.com/blog/2014/11/fatigue-strength-reduction-factor>.
31. Ansys How To Videos, *ANSYS Student: Fatigue Analysis of a Formula SAE Hub*. 2019, Youtube.com.
32. Singh, K., d. Kumar, and E. Ijmtst, *Modeling and Fatigue Analysis of Robotic Arm with Lightweight Materials using FEA Technique*. International Journal for Modern Trends in Science and Technology, 2021. 7: p. 41-46.
33. Wilde Analysis Ltd., *ANSYS for Robust Design: Design Against Failure Using ANSYS Explicit STR*. 2015, Youtube.com.
34. Burchitz, I.A., *Improvement of Springback Prediction in Sheet Metal Forming*, in *The Strategic Research Programme of the Netherlands Institute for Metals Research*. 2008, Universiteit Twente: Rotterdam, The Netherlands. p. 155.
35. Szczypinski-Sala, W., A. Kot, and M. Hankus, *The Evaluation of Vehicle Vibrations Excited with a Test Plate during Technical Inspection of Vehicle Suspension*. Applied Sciences, 2023. 13(1): p. 11.
36. Anova. *FEA ANALİZ PROJELERİ*. 2015 [cited 215 30.11.2015]; Available from: http://www.anova.com.tr/main/122/yapisa_analiz_simulasyonlari.aspx.
37. Create, B.F. *Multi Position Carriage Stop Part 2*. 2023 [cited 2023 February 16th, 2023]; Available from: <https://www.youtube.com/watch?v=K59t7X3UGo0>.
38. Robotik Sistem. *Tork nedir, tork hesaplama*. [Web tutorial] 2019 2019 [cited 2021 May 15th, 2021]; Available from: http://www.robotiksistem.com/tork_nedir_tork_hesaplama.html.
39. Ahn, K.H., W.-B. Lee, and J.-B. Song, *Reduction in gravitational torques of an industrial robot equipped with 2 DOF passive counterbalance mechanisms*. 2016 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), 2016: p. 4344-4349.
40. Sharcnet©. *Ds explicit dynamics analysis type*. [Web tutorial] 2015 [cited 2015 May 15th, 2015]; Available from: https://www.sharcnet.ca/Software/Ansys/16.2.3/en-us/help/wb_sim/ds_explicit_dynamics_analysis_type.html.
41. Zhao, C., et al., *A two-phase modeling strategy for analyzing the failure process of masonry arches*. Engineering Structures, 2020. 212: p. 110525.
42. Zhao, C., et al., *A modified RBSM for simulating the failure process of RC structures*. Computers and Concrete, 2018. 21(2): p. 219-229.
43. Zhong, X., et al., *A 3-D RBSM for simulating the failure process of RC structures*. Structural Engineering and Mechanics, 2018. 65(3): p. 291-302.
44. Fang, Y., et al., *Research on chip formation mechanism and surface morphology of particle-reinforced metal matrix composites*. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2021. 117(11): p. 3793-3804.
45. Yavuz, H., *Cylindro-Conical Mild Steel Projectile Impact on E-Glass Fiber Reinforced Laminated Composite Plate Including Delamination Analysis*. European Mechanical Science, 2021. 5(1): p. 21-27.
46. Çetin, A., *Experimental and computational investigation of biomechanical performance of medical screws*, in *Institute of Natural and Applied Sciences, Department of Mechanical Engineering*. 2017, Çukurova University: Adana. p. 104.
47. Padmanabhan, A., *Ansys explicit analysis of crack propagation through steel and aluminum*. 2017, youtube.com.
48. Laughlin, D., et al., *Fabrication, Microstructure, Magnetic, and Recording Properties of Percolated Perpendicular Media*. Magnetics, IEEE Transactions on, 2007. 43: p. 693-697.
49. Dassault. *Gerçek Hayata Uygun Titreşim Analiziyle Tasarımı Basitleştirme*. 2015; Available from: <http://www.armadayazilim.com/Content/images/79f06702-05c9-49c5-919d-e52447e90706.pdf>.
50. Boyce, M.P., *5 - Rotor Dynamics*, in *Gas Turbine Engineering Handbook (Fourth Edition)*, M.P. Boyce, Editor. 2012, Butterworth-Heinemann: Oxford. p. 215-250.
51. Shakshat Virtual Lab. *Virtual Labs for Mechanical Vibrations(M)*. [Web tutorial] 2009 [cited 2021 May 15th, 2021]; Available from: <https://mv-iitg.vlabs.ac.in/>.
52. TSE, *Çevre şartlarına dayanıklılık deneyleri - bölüm 2-6: Deneyler - Deney fc: Titreşim (sinüs biçimli)*. 2013, Türk Standardları Enstitüsü: TK8: Elektronik Teknik Komitesi.
53. Wright, J.R. and J.E. Cooper, *Introduction to aircraft aeroelasticity and loads*. Vol. 20. 2014: John Wiley & Sons.
54. ANSYS Inc. *Chapter Ten Harmonic Analysis*. ANSYS Training Manual [Web tutorial] 2005 [cited 2021 May 15th, 2021]; Available from: <https://slidetodoc.com/chapter-ten-harmonic-analysis-harmonic-analysis-chapter-overview/>.
55. Yildirim, S. and E. Esim, *Harmonic Response Analysis of Double Bridge Crane System on Multi Carriages*. 2019.
56. Yu, Y., et al., *Modal and harmonic response analysis of key components of robotic arm based on ANSYS*. Vibroengineering PROCEDIA, 2017. 12: p. 109-114.

57. Kicko, J. *Chapter 6: Spectrum Analysis*. 2014 [cited 2015 10.12.2015]; Available from: http://mostreal.sk/html/guide_55/g-str/GSTR6.htm.
58. Vibration Data. *El Centro Earthquake Page*. [Web tutorial] 2005 [cited 2021 May 15th, 2021]; Available from: <http://www.vibrationdata.com/elcentro.htm>.
59. Irvine, T. *Power spectral density units: $[G^2/Hz]$* . 2007 [cited 2023 February 16th, 2023]; Revision B [Available from: <https://vibrationdata.com/tutorials2/psd.pdf>].
60. Bölgesel Deprem-Tsunami İzleme ve Değerlendirme Merkezi. *Türkiye ve yakın çevresindeki son depremler*. 2023 [cited 2023 07.Nisan.2023]; Available from: <http://www.koeri.boun.edu.tr/scripts/1st0.asp>.
61. Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı. *2023 Kahramanmaraş ve Hatay Depremleri Raporu*. 2023 [cited 2023 07.Nisan.2023]; Available from: <https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2023/03/2023-Kahramanmaraş-ve-Hatay-Depremleri-Raporu.pdf>.
62. Çanakkale Haber. *Kahramanmaraş'ta 7.7 ve 7.6 büyüklüğünde deprem*. 2023 [cited 2023 07.Nisan.2023]; Available from: <https://www.canakkalehaber.com/kahramanmaraş-ta-7-7-ve-7-6-buyuklugunde-deprem/44486/>.
63. Rodrigues, H. and A. Elnashai, *Advances and Challenges in Structural Engineering: Proceedings of the 2nd GeoMEast International Congress and Exhibition on Sustainable Civil Infrastructures, Egypt 2018 – The Official International Congress of the Soil-Structure Interaction Group in Egypt (SSIGE)*. 2018: Springer International Publishing.
64. Kumar, S.M., *Analyzing Random Vibration Fatigue Powerful ANSYS Workbench tools help calculate the damage of vibrations that lack straightforward cyclic repetition*. ANSYS Advantage, 2008. II(3).
65. Sagaut, P., S. Deck, and L. Larchevêque, *Numerical simulation data: From validation to physical analysis*. 2023.
66. Mohd Salleh, A. and M.E. Daud, *Power Spectral Density Analysis of Ocean Wave by using GPS Buoy*. International Journal of Integrated Engineering, 2018. 10: p. 61-65.
67. Schaldenbrand, P., *What is a Power Spectral Density (PSD)?* Siemens, 2020. 1(1): p. 1.
68. Massel, S.R., *Spectral and statistical properties of ocean waves*, in *Ocean Waves Breaking and Marine Aerosol Fluxes*, S.R. Massel, Editor. 2007, Springer New York: New York, NY. p. 31-73.
69. Ludwik, P., *Elemente der Technologischen Mechanik*. 1909: Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 59.
70. Hollomon, J.H., *Tensile Deformation*. Transactions of the Metallurgical Society of AIME, 1945. 162: p. 268-290.
71. Krupskowski, A., *Annales de L'Ac. Pol. des Sc. Techn*, 1946. 7: p. 113.
72. Kacar, İ. and S. Kılıç, *7075-T6 alüminyum alaşımının soğuk dövme simülasyonu için birleşik plastisite model parametrelerinin tespiti ve tersine analiz ile kalibrasyonu*. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 2022. 37(4): p. 2091-2104.
73. Armstrong, P.J. and C.O. Frederick, *A mathematical representation of the multiaxial Bauschinger effect*. Materials at High Temperatures, 2007. 24(1): p. 1-26.
74. Oznewman, P. *Multilinear kinematic plasticity material model create from a stress strain graph*. [Web tutorial] 2017 [cited 2018 May 15th, 2018]; Available from: <https://forum.ansys.com/discussion/472/multilinear-kinematic-plasticity-created-from-a-stress-strain-graph>.
75. caeai.com. *Plasticity simulation tips tricks*. [Web tutorial] 2017 [cited 2018 May 15th, 2018]; Available from: <https://caeai.com/blog/plasticity-simulation-tips-tricks>.
76. ANSYS Inc. *Lecture 5 Rate Independent Plasticity Structural Nonlinearities*. ANSYS Training Manual [Web tutorial] 2010 [cited 2021 May 15th, 2021]; Available from: <https://www.scribd.com/document/360230326/1301-ENME442-lab7-pdf>.
77. Oznewman, P. *Convergence Issues - Highly Distorted Elements*. ANSYS Learning Forum [Web tutorial] 2018 [cited 2021 May 15th, 2021]; Available from: <https://forum.ansys.com/discussion/708/convergence-issues-highly-distorted-elements>.
78. CAE Associates Inc., *Nonlinear Convergence*. 2015, youtube.com.
79. Harris, T. *Overcoming Convergence Difficulties in ANSYS Workbench Mechanical, Part II: Quick Usage of Mechanical APDL to Plot Distorted Elements*. [Web tutorial] 2012 2021 [cited 2021 May 15th, 2021]; Available from: <https://www.padtinc.com/blog/overcoming-convergence-difficulties-in-ansys-workbench-mechanical-part-ii-quick-usage-of-mechanical-apdl-to-plot-distorted-elements/>.
80. Valiente, A. and M. Elices, *Premature Failure of Prestressed Steel Bars*. Failure Analysis Case Studies II. Vol. 5 (3). 2001: Elsevier Science Ltd.
81. Kisa, M. and J. Brandon, *Free vibration analysis of multiple open-edge cracked beams by component mode synthesis*. J. Sound Vib., 2000. 238(1): p. 1-18.
82. Uğuz, A., *Kırılma Mekaniğine Giriş*. 1. Baskı ed. 1996: Uludağ Üniversitesi Yayınları.
83. Richenberg, E.A. and S. Lachance-Barrett. *Plate With a Hole Optimization - Parameter Setup in Solidworks*. [Web tutorial] 2014 2021 [cited 2021 May 15th, 2021]; Available from: <https://confluence.cornell.edu/display/SIMULATION/Plate+With+a+Hole+Optimization+-+Parameter+Setup+in+Solidworks>.

84. Oznewman, P. *Parameters not imported into workbench 18 2 from solidworks inventor*. [Web tutorial] 2018 [cited 2018 May 15th, 2018]; Available from: <https://forum.ansys.com/discussion/1251/parameters-not-imported-into-workbench-18-2-from-solidworks-inventor>.
85. Ren, M.Y. and A. Vipradas. *ANSYS DOE and Design Optimization Tutorial*. [Web tutorial] 2020 2021 [cited 2021 May 15th, 2021]; Available from: https://designinformaticslab.github.io/productdesign_tutorial/2016/11/20/ansys.html.
86. Makinaegitimi. *Teknik Resimde YüzeY Pürüzlülüğü*. 2023; Available from: <https://www.makinaegitimi.com/teknik-resimde-yuzey-puruzlulugu/>.
87. Okbaz, A., *Boru içi akış ve ısı transferi analizi (B_Fluent_Türkçe_Örnek_1)*. 2017, Youtube.com.
88. OpenFOAM®, *Spalart-Allmaras*. OpenFOAM: User Guide v2012 The open source CFD toolbox, 2021. Copyright © 2016-2017 OpenCFD Ltd.
89. Kacar, İ. and C. Korkmaz, *Döner tamburlu kurutucularda gübre kurutma simülasyonu*. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, 2021. 17(3): p. 94-100.
90. Sowmyashree, Y., et al., *Study on effect of semi-circular dimple on aerodynamic characteristics of NACA 2412 airfoil*. Vol. 2204. 2020. 030009.
91. Michalski, J. *What is Gauss point in FEM?* [Web tutorial] 2019 [cited 2016 May 15th, 2016]; Available from: <https://www.quora.com/What-is-Gauss-point-in-FEM>.
92. HK Tutorials, 9. *Ansys Meshing Global Controls*. 2016, Youtube.com.
93. Korkut, S. *Hourglass Nedir? Nasıl Önlenir?* [Web tutorial] 2017 22 MAYIS 2019 [cited 2021 May 15th, 2021]; Available from: <https://www.serdarkorkut.com/2017/05/25/hourglass-nedir-nasil-onlenir/>.
94. caeai.com. *Why worry about hourglassing explicit dynamics part I*. [Web tutorial] 2017 [cited 2016 May 15th, 2016]; Available from: <https://caeai.com/blog/why-worry-about-hourglassing-explicit-dynamics-part-i>.
95. Sharcnet©. *Ds remote point overview*. [Web tutorial] 2015 [cited 2015 May 15th, 2015]; Available from: https://www.sharcnet.ca/Software/Ansys/17.0/en-us/help/wb_sim/ds_remote_point_overview.html.
96. Oatis, D. *Using User Defined Results in ANSYS Mechanical*. [Web tutorial] 2011 2021 [cited 2021 May 15th, 2021]; Available from: <https://www.padtinc.com/blog/using-user-defined-results-in-ansys-mechanical/>.
97. Madenci, E., *The finite element method, and applications in, engineering using ANSYS®*. 2006, LLC: Springer Science-nBusiness Media.
98. Gillett, J. *Distributed loads in Ansys Workbench*. [Web tutorial] 2008 2021 [cited 2021 May 15th, 2021]; Available from: <https://www.eng-tips.com/viewthread.cfm?qid=217699>.
99. Ponathil, S., *Uniformly varying load on a beam - Ansys Tutorial*. 2013, Youtube.com.
100. Ponathil, S., *UVL on a beam - Ansys Tutorial*. 2013, Youtube.com.
101. Philippe, R., *Dispositive Pour Aspirer Les Paillettes Metalliques Formees Lors De La Decoupe De La Toile Dans Une Presse D'emboutissage Et Presse Equipee D'un Tel Dispositif*. Patent no:FR 2 975 314 - A1., France, Editor. 2011.
102. Ridzon, M., *Modeling Contact in ANSYS Workbench*. 2014, Youtube.com.
103. Miller, E. *Surface Projection Based Contact Detection*. [Web tutorial] 2012 2021 [cited 2021 May 15th, 2021]; Available from: <https://www.padtinc.com/blog/surface-projection-based-contact-detection/>.
104. caeai.com. *How make sure your contact elements hit target*. [Web tutorial] 2017 [cited 2016 May 15th, 2016]; Available from: <https://caeai.com/blog/how-make-sure-your-contact-elements-hit-target>.
105. Cundall, P.A. and O.D.L. Strack, *A discrete numerical model for granular assemblies*. Geotechnique, 1979. 29: p. 47-65.
106. ANSYS Inc. *Chapter 7 Explicit Dynamics: BodyInteractions ANSYS Explicit Dynamics*. ANSYS Training Manual [Web tutorial] 2009 [cited 2021 May 15th, 2021]; Available from: <https://www.scribd.com/presentation/152222295/Explicit-Dynamics-Chapter-7-Body-Interactions>.
107. calculix09, *Lesson 1 - Stress Singularities Due To Boundary Conditions (ANSYS)*. 2015, Youtube.com.
108. Budynas, R.G., J.K. Nisbett, and J.E. Shigley, *Shigley's mechanical engineering design*. 9th ed ed. McGraw-Hill series in mechanical engineering. 2011, New York: McGraw-Hill New York.