

13 Haziran 2014

www.guven-kutay.ch

YAPI STATİĞİ

Yapı Statığıne Giriş ve Özet

44-00

Burada "*Yapı Statığı*" tanımı inşaat mühendisliğinde kullanılan statiktir, mekanikteki ve makina mühendisliğindeki "Statik" ten bazı konularda bilhassa koordinat sistemi ile ön işaretlerde ayrıcalığı vardır. Bu ayrıcalıklar dosyalarda gösterilmiştir.

Bu dosyada "*Yapı Statığıne Giriş ve Özet*" sizlere genel tanımlamaları, terimleri ve konuların dağılımı ile özetini vermeye gayret edeceğiz. Diğer 44 lü dosyalar ile *Prof. Dr. P. Marti* nin derste anlattıkları ve ders notlarının tercümesini bire bir değil, detaylı anlatımıyla iletmeye gayret edeceğiz.

M. Güven KUTAY, Muhammet ERDÖL

En son durum: 11 Eylül 2014

Bu dosya çalışmalar boyunca değiştirileceğinden en son durumu devamlı kontrol ediniz.

DİKKAT:

Bu çalışma iyi niyetle ve bugünün teknik imkanlarına göre yapılmıştır. Bu çalışmadaki bilgilerin yanlış kullanılmasından doğacak her türlü maddi ve manevi zarar için sorumluluk kullanana aittir. Bu çalışmadaki bilgileri kullananlara, kullandıkları yerdeki şartları iyi değerlendirip buradaki verilerin yeterli olup olmadığına karar vermeleri ve gerekirse daha detaylı hesap yapmaları önerilir. Eğer herhangi bir düzeltme, tamamlama veya bir arzunuz olursa, hiç çekinmeden bizimle temasa geçebilirsiniz.

Statik dosyalarında kullandığımız bazı terimlerin Almandan Türkçe karşılığını, ne Türk Dil Kurumunda nede normal veya elektronik sözlüklerde bulamadık. Hedefimiz Türkçe bilen ve temel bilgisi az dahi olan kütleye basit olarak bilgileri aktarmak olduğu için, kendi mantığımıza göre okuyucunun anlayacağı, basit Türkçe terimler kullandık. Ayrıca 44-00 numaralı dosyada Türkçe-Almanca-(İngilizce-Fransızca) sözlük ile kaynakları verdik. İsteyen oradan kullanılan Türkçe terimleri bulabilir. Bilginiz ola!..

*Terimlerin Türkçe karşılığı için büyük yardımı olan sayın **Muhammet ERDÖL** e kendim ve dosyadan faydalanacakların adına şimdiden çok teşekkür ederim. Ayrıca 44-20 numaralı dosyada Türkçe-Almanca sözlük ile teknik terimlerin tanımlamalarını verdik.*

DİKKAT:

Bütün statik dosyalarındaki veriler, Zürih Teknik Üniversitesi ETHZ, İnşaat bölümünde **Prof. Dr. P. Marti** nin derste anlattıkları ve ders notlarının detaylı anlatımlı tercümesidir. **Prof. Dr. P. Marti** ye tercümeğe müsaade ettiği için kendi ve bu dosyalardan faydalanacakların adına teşekkür ederiz. Orjinal ders notlarını Almanca olarak indirmek isterseniz (hala inernette ise) şu yolu izleyiniz:

www.ibk.ethz.ch/ma/education/bachelor/Baustatik Linkine girip:
Vorlesungsunterlagen Baustatik I (II) / Kolloquien Baustatik I(II) / Merkblätter Baustatik I(II) / Lösungen Kolloquien Baustatik I(II)

Gruplarından Statik notlarına ulaşabilirsiniz. Notlar internette değilse bir kısım orjinal ders notları sitede verilmiştir.

Bol şans !...

Daha geniş ve detaylı bilgi için **Prof. Dr. P. Marti** nin Statik kitabını almanızı öneririm.

Almanca-Deutsch



Peter Marti
Baustatik, Grundlagen-
Stabtragwerke-Flächentragwerke
Ernst & Sohn, Berlin, 2012

İngilizce-English



Peter Marti
Theory of Structures, Fundamentals,
Framed Structures, Plates and Shells
Ernst & Sohn, Berlin, 2012

Prof. Dr. P. Marti



Prof. Dr. sc. Peter Marti
1990 ile 2014 seneleri arasın-
da Zürih Teknik Üniversitesi
ETH da İnşaat Statiği ve
Konstrüksiyonu derslerini
vermiştir.

Yapı Statiği Őemsiyesinin altındaki 44 lü dosyaların dökümü aşağıda verilmiştir:

44_00_Yapı Statiđine Giriş+Özet

44_01_Reaksiyonlar+Kesit-Büyükükleri ve Alıştırmalar

44_02_Kafes_Kirişler ve Alıştırmalar

44_03_Etkiçizgileri ve Alıştırmalar

44_04_Gerilimler+Mohr dairesi ve Alıştırmalar

44_05_Virtüel İŐ_Prensibi ve Alıştırmalar

44_06_Statik_Belirsiz_Sistemler ve Alıştırmalar

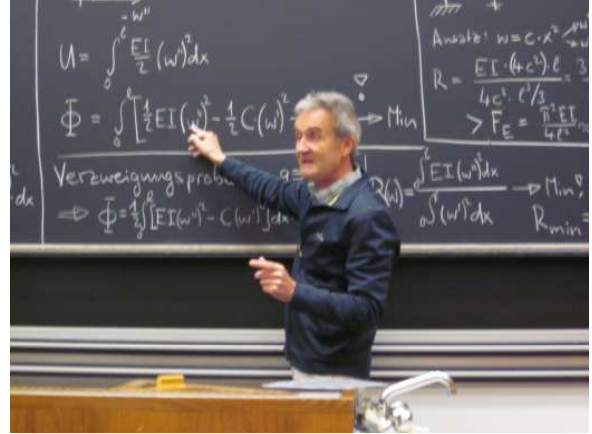
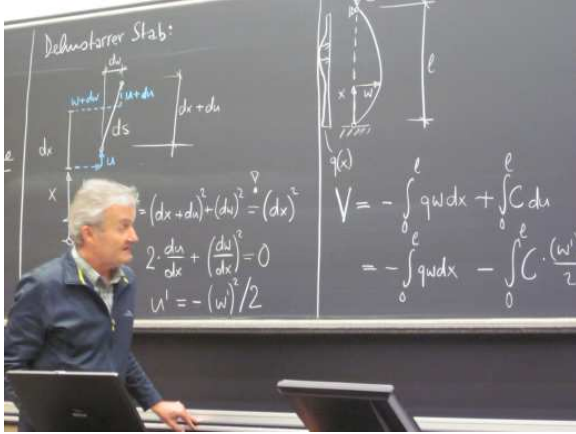
44_07_Elastik_Plastik_Sistemler ve Alıştırmalar

44_08_Stabilite ve Alıştırmalar

İÇİNDEKİLER

0.	Giriş.....	7
0.1.	Kabuller ve kurallar	7
0.1.1.	Koordinat sistemi	7
0.1.2.	Yatakların tanımlanması ve şekilsel ifadeleri	7
0.1.3.	Ön işaret kuralları	8
0.1.3.1.	Ön işaret kuralı I.....	8
0.1.4.	Kesit büyüklüklerinin dağılımlarının gösterilmeleri	9
0.1.5.	Statiğin temel prensipleri	9
0.1.6.	Dik üçgende açı tablosu	9
0.1.7.	Zorlamaların oluşturduğu etkiler	10
0.1.8.	Denge Denklemleri	10
0.2.	Dik üçgende kenar oranları.....	11
0.3.	Çeşitli bilgiler	11
0.3.1.	Yayıllı yük	11
0.4.	Reaksiyonlar+Kesit-Büyüklükleri (44_01_Dosyası).....	12
0.4.1.	Ezberle bilinmesi gereken temel formüller	12
0.4.2.	Problemin çözümünde kademeler.....	13
0.4.3.	Kavisli çubuk	13
0.4.4.	Sehim için Mohr analojisi	14
0.4.5.	Basit Temel haller	15
0.5.	Kafes-Kirişler (44_02_Dosyası).....	16
0.5.1.	Düğümde denge denklemleri metodu, DDD.....	16
0.5.2.	Ritter kesiti metodu, RKM.....	16
0.5.3.	Virtüel İş Prensibi metodu, VIP.....	16
0.5.4.	Virtüel İş Prensibi metodu, VIP.....	16
0.5.5.	Kafes konstrüksiyonda statik belirlilik.....	16
0.6.	Etki çizgileri (44_03_Dosyası).....	17
0.6.1.	Statik belirli sistemlerde etki çizgileri.....	17
0.6.1.1.	Yer yer belirleme Metodu	17
0.6.1.2.	Land Metodu	18
0.6.1.3.	Land metodu çözüm yolu:.....	18
0.6.1.4.	Sehim için etki çizgisi	19
0.6.1.5.	Kafes kirişlerde etki çizgisi	20
0.6.2.	Statik belirsiz sistemlerde etki çizgileri	20
0.7.	Gerilimler ve Mohr dairesi (44_04_Dosyası).....	21
0.7.1.	Mohr dairesi.....	21
0.7.1.1.	Mohr dairesi, grafik çözüm	21
0.7.1.2.	Mohr dairesi, analitik çözüm.....	21
0.7.1.3.	Normal ve Kayma gerilimleri.....	22
0.7.1.4.	Analojik giriş:.....	22
0.7.1.5.	σ ve τ için ön işaret kuralı	22
0.7.2.	Kesitteki gerilimler	23
0.8.	Virtüel İş Prensibi (44_05_Dosyası).....	24
0.9.	Statik-Belirsiz-Sistemler (44_06_Dosyası)	24
0.10.	Elastik-Plastik-Sistemler (44_07_Dosyası)	24
0.11.	Stabilite (44_08_Dosyası)	24
1.	İntegral tablosundan açıklamalı özet.....	25
2.	Teknik sözlük	26
3.	Teknik terimler ve tanımı	29
4.	Kaynaklar	30
4.1.	Literatür	30
5.	Konu İndeksi	31

Prof. Dr. Peter MARTİ



Ders esnasında Peter MARTİ

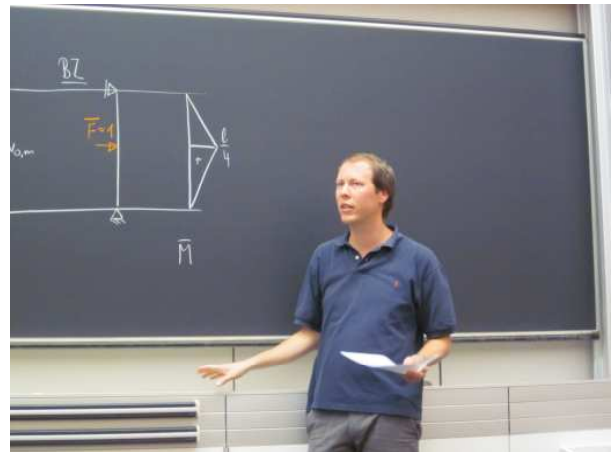
1949 senesinde doğan **Prof. Dr. sc. techn. Peter MARTİ**, 1990-2014 (Mayıs) seneleri arasında ETH Zürich'de İnşaat statığı (Baustatik) ve Konstrüksiyonu ile Çelikbeton(Stahlbeton) dersleri vermiştir.

Aynı zamanda Peter Marti şu komisyonların başkanlığını yapmıştır. ACI-ASCE Joint Committee 445 "Shear and Torsion" ve fib Commission 4 "Modelling" of Structural Behaviour and Design". SIA 162 "Betoninşaat (Betonbau)" komitesi başkanı, "Swisscodes" komitesi başkanı ve "Gesellschaft für Ingenieurbaukunst" derneğinin başkanıdır.

Peter Marti danışman, bilirkişi ve jüri üyesi olarak bir sürü Bina, Köprü ve Tünel gibi aktivitelerde yer almıştır. Peter Marti 2014 senesinde 65 yaşını doldurduğu için emekliye ayrılmıştır.

Prof. Peter Marti'nin 2013-2014 senesinde iki sömester derslerini büyük bir zevkle takip edip tercüme izinini aldım. Peter Marti derin teknik bilgisi olan, mütevazı ve iyi bir öğretici kişiydi. Kendisine hayatının üçüncü kısmında (emeklilik devresinde) mutlu ve sihatli günler dilerim.

Baş Asistan İnş. Müh. Daniel LOCHER



Alıştırmalar dersi esnasında baş asistan Daniel LOCHER

1986 senesinde doğan İnş. Müh. Daniel LOCHER, 2012-2014 senelerinde Prof. Peter Marti'ye baş asistanlık yapmıştır. Genelde bir gruba (Kolloquium) alıştırmanın nasıl çözüldüğünü anlatan Daniel LOCHER, Peter Marti'nin kalp ameliyatı esnasında bütün sınıfa teoriyide başarıyla aktarmıştır. Kendisinin derin teorik bilgisi yanında mütevazı tutumu ve pratik bilgisi kendisinin başarılı bir mühendis olacağını işaretidir. Kendisine meslek hayatında bol şans, mutluluklar ve başarılar dilerim.

STATİK

0. Giriş

Burada statığe en başından başlayarak inceleyeceğiz. Statığı biliyorum diyenlerin bile, bildiklerini doğrulamaları için, bu kısma dikkatle göz atmalarını öneririm. Şunu hiç unutmamak gerekir:

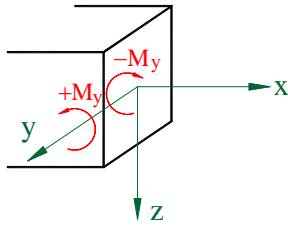
Pratikte bütün problemler uzayda oluşur, ama biz bunu düzleme indirip çözeriz. Fakat bütün problemler düzleme indirilemez.

İşe önce tanımlamalar, anlaşmalar ve kurallarla başlayalım.

0.1. Kabuller ve kurallar

0.1.1. Koordinat sistemi

Statikte koordinat sistemi mekaniğin koordinat sistemiyle uyuşmaz. Statığın koordinat sisteminde x-ekseni parçanın boyuna eksenidir ve z-ekseni daima aşağıya doğrudur. y-eksenide x-eksenine diktir. Artı yönleri z-ekseninde daima aşağıya doğru olup x ve y eksenleri x ekseninin yön seçimine göre belirlenir.



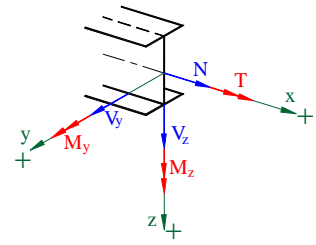
Eksenlerin yönleri:

x- eksen = Profil eksen

y- eksen = x-eksenine dik

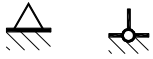
z- eksen = daima aşağıya

$$V_z = \frac{dM_y}{dx} ; q_z = -\frac{dV_z}{dx} = -\frac{d^2M_y}{dx^2}$$



Şekil 1, Statikte koordinat sistemi

0.1.2. Yatakların tanımlanması ve şekilsel ifadeleri



Hareketsiz yatak : x, z ve y yönlerinde hareketsiz, fakat her yönde eğimi olabilen yataklardır. Eğer sistemin ucunda iseler moment sıfırdır.



Hareketli yatak : İki yönde hareketsiz, fakat her yönde eğimi olabilen yataklardır. Eğer sistemin ucunda iseler moment sıfırdır.



Sabit yatak : Her yönde hareketsiz ve her yönde eğimi olmayan yataklardır, fakat moment sıfır değildir.



Mafsal bağlantılar : Sistemi statik belirli kılmak için kullanılırlar ve moment daima sıfır olur. Dışa doğru kuvvetin sıfır olmasına karşın içinde eşit değer ve ters yönde aksiyon ve reaksiyon kuvvetleri bulunur.



Sanal Mafsal : Sistemin taşıma gücünü bulmak için hesaplarda sanal olarak kullanılan mafsallardır.



Rijit bağlantılar : Sistemdeki kirişi bir açı ile rijit olarak büyötmek için kullanılan bağlantılardır. Dik açı özel haldir. Moment iki yödede aynı büyüklüktedir. Kuvvet açığa göre yön değiştirir.



Portafo uç : Sistemin havada serbest ve yataklanmamış ucudur. Moment daima sıfırdır. Kuvvet varsa etkisi durumuna göre değer alır, yoksa kuvvet sıfırdır.

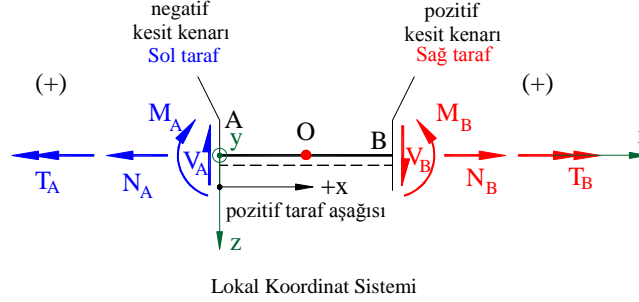


Özel noktalar : Çözümde serbest cisim diyagramının "SCD" çiziminde özel olarak gösterilmek istenen noktalar için kullanılır.

0.1.3. Ön işaret kuralları

0.1.3.1. Ön işaret kuralı I

Ön işaret kuralları **ÖİK** ve mekaniğin denge denklemleride **DD** daima Şekil 2 ile verildiği gibi kullanılır.



Şekil 2, Ön işaret kuralı ve lokal koordinat sistemi

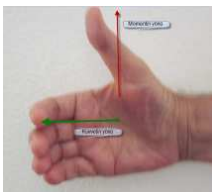
Şekil 2 ile verilen durum bir kirişin veya çubuğun ya kesiti alınmış küçük bir kısmı yada tam boyu olarak kabul edilir. Görüldüğü gibi lokal koordinat sistemi de gösterilmiştir. Kirişin/kiriş parçasının sağ tarafı pozitif kesit kenarı ve sol tarafıda negatif kesit kenarı olarak işaretlenmiş ve kesit büyüklüklerinin pozitif yönleri verilmiştir. Sağ ve sol taraf orta nokta "O" ya göre belirlenmiştir.

Kesit büyüklüklerini detaylı incelersek:

$N_{A,B}$ Normal kuvvet; x-ekseni doğrultusunda olan kuvvet $N_B - N_A = 0$
Normal kuvvetin x-eksenine göre ön işareti hesaplarda kullanılır. Kesit büyüklükleri dağılım diyagramında ise normal kuvvet kirişi "**Çekmeye**" zorluyorsa ön işareti pozitif "+". "**Basmaya**" zorluyorsa ön işareti negatif "-" kabul edilir. Kesit büyüklükleri dağılım diyagramında gösterilmesi Şekil 5 ile verilmiştir.

$V_{A,B}$ Dik kuvvet; x-eksenine dik olan kuvvet $V_B - V_A = 0$
Dik kuvvetin z-eksenine göre ön işareti hesaplarda kullanılır. Kesit büyüklükleri dağılım diyagramında ise; sağ tarafta dik kuvvetin yönü aşağıya doğru ise ön işareti pozitif "+", yukarıya doğru ise ön işareti negatif "-" kabul edilir. Sol tarafta dik kuvvetin yönü aşağıya doğru ise ön işareti negatif "-", yukarıya doğru ise ön işareti pozitif "+" kabul edilir. Kesit büyüklükleri dağılım diyagramında gösterilmesi Şekil 5 ile verilmiştir.

$M_{A,B}$ Eğilme momenti; $M_B - M_A - V_A \cdot x = 0$; $M_A - M_B + V_B \cdot x = 0$
Eğilme momenti; momentin arandığı yer ile dik kuvvet arasındaki mesafenin dik kuvvetle çarpımı ile bulunur. Genelde kuvvetin ve mesafenin ön işaretleri momentin ön işaretini verir. Fakat şöyle bir kural kabul edilir. "O" noktası momentin arandığı yer olarak kabul edilirse; "O" noktasının sağ tarafındaki momentin yönü saat yönünün tersi ise momentin ön işareti pozitif "+", moment yönü saat yönünde ise momentin ön işareti negatif "-" kabul edilir. "O" noktasının sol tarafındaki momentin yönü saat yönünün tersi ise momentin ön işareti negatif "-", moment yönü saat yönünde ise momentin ön işareti pozitif "+" kabul edilir. Kesit büyüklükleri dağılım diyagramında ise; moment kirişin alt tarafını "**Çekmeye**" zorluyorsa ön işareti pozitif "+", "**Basmaya**" zorluyorsa ön işareti negatif "-" kabul edilir. Kesit büyüklükleri dağılım diyagramında gösterilmesi Şekil 5 ile verilmiştir.

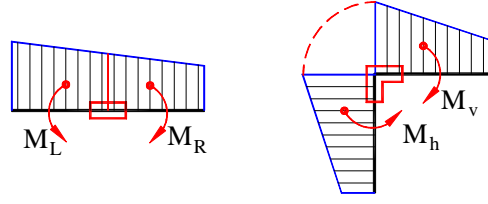


Şekil 3, Moment için sağ el kuralı

Moment için sağ el kuralı (bkz. Şekil 3) :

Sağ elin parmaklarını kuvvet yönünde tutarsak, baş parmak bize momentin yönünü gösterir. Başparmak momentin etkin olduğu eksenin pozitif "+" yönündeyse momentin ön işareti pozitif "+", ters yönündeyse momentin ön işareti negatif "-" kabul edilir.

Unutulmaması gereken en önemli kural momentin sistemin her yerinde iki yönde eşit olmasıdır.



Şekil 4, Moment kuralı

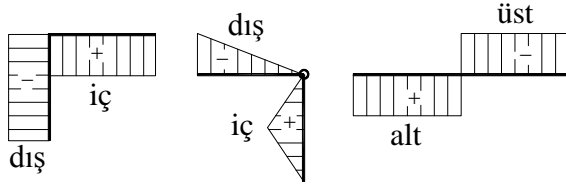
$$\Sigma M = M_L + M_R = 0 \quad \text{veya} \quad \Sigma M = M_v + M_h = 0 \quad M_v = M_h$$

T_{A,B} Burulma momenti; $T_B - T_A = 0$

Burulma momenti; momentin arandığı eksen ile dik kuvvet arasındaki mesafenin dik kuvvetle çarpımı ile bulunur. Ön işareti sağ el kuralıyla bulunur. Bkz. Şekil 3 Kesit büyüklükleri dağılım diyagramında gösterilmesi Şekil 5 ile verilmiştir.

Daha başka etkiler varsa onlarda dikkate alınır. Değerler yerleştirilirken ön işaretlerine dikkat edilir.

0.1.4. Kesit büyüklüklerinin dağılımlarının gösterilmeleri



Moment ve kuvvet dağılımları kirişin üst ve dış tarafında ise ön işareti negatif "-", alt ve iç tarafında ise ön işareti pozitif "+" olur. Veya moment ve kuvvet dağılımları negatif "-" ise kirişin üst ve dış tarafına, pozitif "+" alt ve iç tarafına çizilirler.

Şekil 5, Moment ve kuvvet dağılımları

0.1.5. Statiğin temel prensipleri

Statiğin üç temel prensibi vardır:

- 1) Virtüel iş (veya güç) prensibi,
- 2) Reaksiyon prensibi, Isaac NEWTON
- 3) Kesit prensibi, Leonard EULER.

0.1.6. Dik üçgende açı tablosu

	0	15	30	45	60	75	90
π	0	$\pi/6$	$\pi/3$	$\pi/2$	$2\pi/3$	$5\pi/6$	π
sin	0	0,25882	0,50000	0,70711	0,86603	0,96593	1,00000
	0		1/2	$1/\sqrt{2}$	$\sqrt{3}/2$		1
cos	1	0,96593	0,86603	0,70711	0,50000	0,25882	0,00000
	1		$\sqrt{3}/2$	$1/\sqrt{2}$	1/2		0

	90	105	120	135	150	165	180
π	π	$7\pi/6$	$4\pi/3$	$3\pi/2$	$5\pi/3$	$11\pi/6$	$2.\pi$
sin	1,00000	0,96593	0,86603	0,70711	0,50000	0,25882	0,00000
	1		$\sqrt{3}/2$	$1/\sqrt{2}$	1/2		
cos	0,00000	-0,25882	-0,50000	-0,70711	-0,86603	-0,96593	-1,00000
	0		-1/2	$-1/\sqrt{2}$	$-\sqrt{3}/2$		-1

0.1.7. Zorlamaların oluşturduğu etkiler

Tek kuvvet, lineer (doğrusal) moment çizgisi oluşturur.

Yayıllı yük sabitse, parabol şeklinde moment çizgisi oluşturur.

Arada tek kuvvet etkisi yoksa, moment çizgisinde de değişiklik olmaz.

Dik kuvvet sıfırsa moment maksimumdur.

Dik kuvvet yoksa moment dağılımı sabit kalır.

Eğilme momenti sıfırdır, eğer kesit mafsal veya mafsal kabul edilirse.

Eğilme momenti sıfırdır, eğer yatak sabit veya hareketli uç yatak ise.

Eğilme momenti dağılım çizgisi sabitse dik kuvvet sıfırdır ($V=0$).

Eğilme momenti dağılım çizgisi parabolse, etkileyen kuvvet sabit yayılı yüküdür.

Eğilme momenti maksimumsa dik kuvvet sıfırdır.

0.1.8. Denge Denklemleri

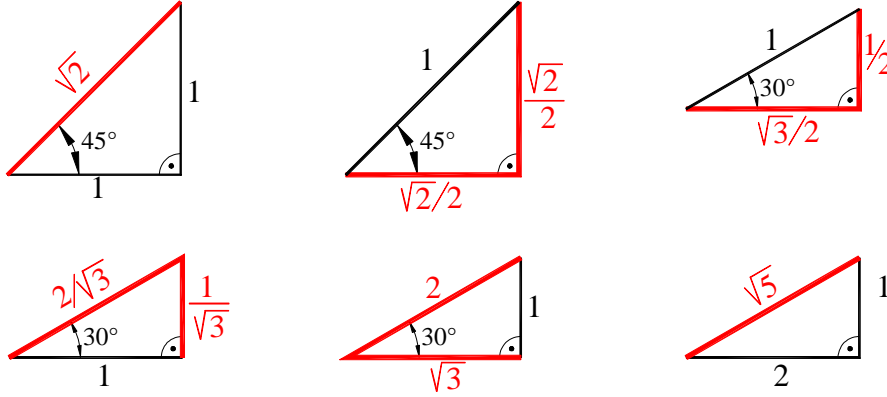
Düzlemdeki problemleri çözmek için mekaniğin üç altın Denge Denklemleri DD kullanılır;

1. $\Sigma M = 0$ **Sistemin her noktasında momentin toplamı sıfır olmalı**
2. $\Sigma F_X = 0$ **Sistemde x-yönündeki kuvvetlerin toplamı sıfır olmalı**
3. $\Sigma F_Y = 0$ **Sistemde y-yönündeki kuvvetlerin toplamı sıfır olmalı**

Sistemdeki bir noktanın 6 serbestlik derecesi (Freiheitsgrad) vardır:

- | | | | | | |
|----------------------|---|----------------------|---|----------------------|----------------------------------|
| 1. Θ_x | ; | 2. Θ_y | ; | 3. Θ_z | x,y,z eksenini etrafında dönme |
| 4. Δ_x | ; | 5. Δ_y | ; | 6. Δ_z | x,y,z yönlerinde eksenel hareket |

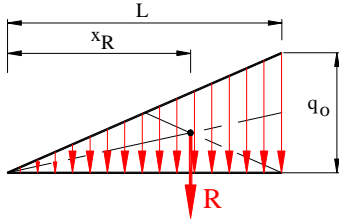
0.2. Dik üçgende kenar oranları



Şekil 6, Dik üçgende kenar oranları

0.3. Çeşitli bilgiler

0.3.1. Yayılı yük

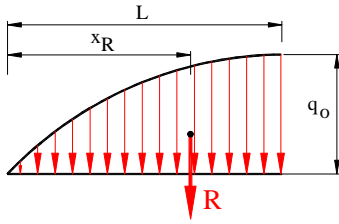


Şekil 7, Üçgen dağılımlı yayılı yük

Üçgen dağılımlı yayılı yük:

Bileşik kuvvet **BK**: $R = q_0 \cdot \frac{L}{2}$

BK in etki mesafesi: $x_R = \frac{2}{3} \cdot L$

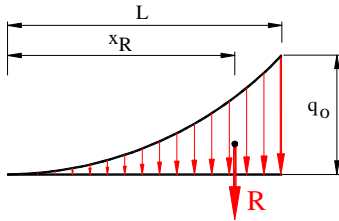


Şekil 8, Parabol dağılımlı yayılı yük (konveks)

Parabol dağılımlı yayılı yük (konveks):

Bileşik kuvvet **BK**: $R = q_0 \cdot \frac{2 \cdot L}{3}$

BK in etki mesafesi: $x_R = \frac{5}{8} \cdot L$

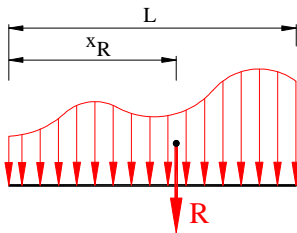


Şekil 9, Parabol dağılımlı yayılı yük (konkav)

Parabol dağılımlı yayılı yük (konkav):

Bileşik kuvvet **BK**: $R = q_0 \cdot \frac{L}{3}$

BK in etki mesafesi: $x_R = \frac{3}{4} \cdot L$



Şekil 10, Düzensiz dağılımlı yayılı yük

Düzensiz dağılımlı yayılı yük:

Bileşik kuvvet **BK**: $R = \int_0^L f(x) \cdot dx$

BK in etki mesafesi: $x_R = \frac{1}{R} \int_0^L x \cdot f(x) \cdot dx$

Özet

0.4. Reaksiyonlar+Kesit-Büyükükleri (44_01_Dosyası)

0.4.1. Ezbere bilinmesi gereken temel formüller

Gerilim

$$\sigma = E \cdot \varepsilon$$

F 1

σ	MPa	Gerilim
E	MPa	Elastiklik modülü
ε	1	Esneleme, birim uzama

Eğilme gerilimi

$$\sigma_{eğ} = \frac{M}{W_{eğ}}$$

F 2

$\sigma_{eğ}$	MPa	Eğilme gerilimi
M	Nm	Eğilme momenti
$W_{eğ}$	m^3	Eğilme mukavemet momenti

Eğilme mukavemet momenti

$$W_{eğ} = \frac{b \cdot h^2}{6}$$

F 3

$W_{eğ}$	m^3	Eğilme mukavemet momenti
b	m	Dikdörtgenin genişliği
h	m	Dikdörtgenin yüksekliği

Eğilme atalet (Eylemsizlik) momenti

$$I_{eğ} = \frac{b \cdot h^3}{12}$$

F 4

$I_{eğ}$	m^4	Eğilme atalet (Eylemsizlik) momenti
b	m	Dikdörtgenin genişliği
h	m	Dikdörtgenin yüksekliği

Kavis

$$\chi = \frac{1}{R} = \frac{2 \cdot \varepsilon_0}{h}$$

F 5

$$\chi = -w''$$

F 6

$$\chi = -w'' = \frac{M}{EI} \quad w'' = -\chi = -\frac{M}{EI}$$

F 7

χ	rad/m	Kavis (χ Hi okunur)
R	m	Kavis radyusu
ε_0	1	Uzama
$I_{eğ}$	m^4	Eğilme atalet (Eylemsizlik) momenti
b	m	Dikdörtgenin genişliği
h	m	Dikdörtgenin yüksekliği
w''	1/m	sehimin iki kere türevi, negatif kavis, mukavemet momenti
M	Nm	Eğilme momenti
E	MPa	Elastiklik modülü
I	m^4	Atalet momenti

Eğilme atalet (Eylemsizlik) momenti

$$I_{eğ} = \frac{b \cdot h^3}{12}$$

F 8

$I_{eğ}$	m^4	Eğilme atalet (Eylemsizlik) momenti
b	m	Dikdörtgenin genişliği
h	m	Dikdörtgenin yüksekliği

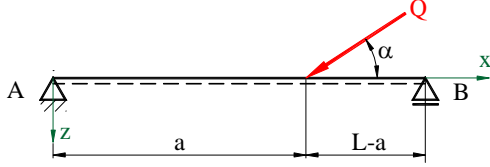
Eğilme momenti

$$M_{eğ} = E \cdot I_{eğ} \cdot \chi$$

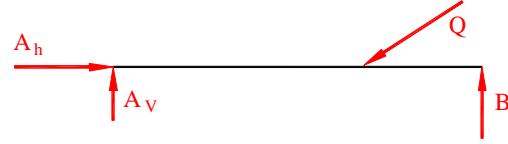
F 9

$M_{eğ}$	Nm	Eğilme momenti
E	MPa	Elastiklik modülü
$I_{eğ}$	m^4	Eğilme atalet (Eylemsizlik) momenti
χ	rad/m	Kavis (χ Hi okunur)

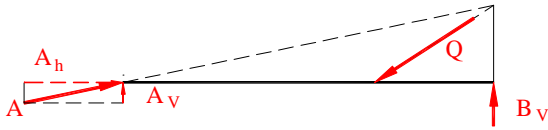
0.4.2. Problemin çözümünde kademeler:



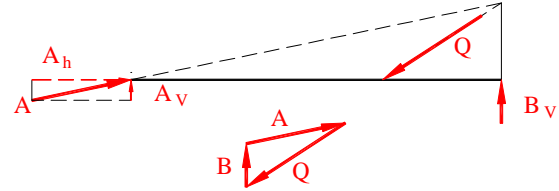
Şekil 11, Sistemin krokisi olduğu kadar ölçekli çizilir



Şekil 12, Serbest Cisim Diyagramı aksiyon ve reaksiyon değerleriyle çizilir



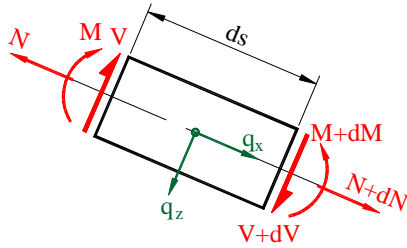
Şekil 13, Halat poligonu çizilerek reaksiyon kuvvetleri ya analitik veya grafik olarak hesaplanır



Şekil 14, Kuvvet poligonu çizilerek reaksiyon kuvvetleri grafik olarak hesaplanır

0.4.3. Kavisli çubuk

Kavisli çubukta denge denklemlerinden:



Şekil 15, Kavisli çubuk parçası

$$\frac{dN}{ds} - \frac{V}{\rho} + q_x = 0$$

$$\frac{dV}{ds} + \frac{N}{\rho} + q_z = 0$$

$$\frac{dM}{ds} - V = 0$$

$V=M=0$ eşit kabul edersek, kavis radiusunun " $\rho(s)$ " diferensiyel denklemini bulunur.

$$\frac{d\rho}{ds} \cdot q_z + \rho \cdot \frac{dq_z}{ds} = q_x$$

F 10

$q_x = 0$; $q_z = \text{sabit}$; $\rho = r = \text{sabit}$ kabul edilirse **kazan formülü** bulunur.

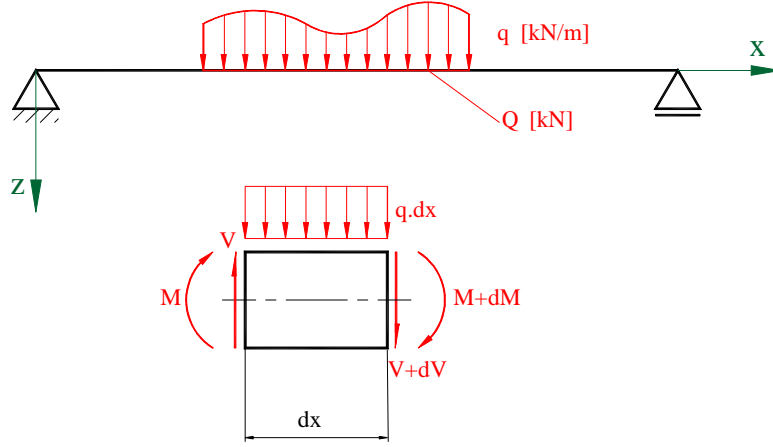
$$N = -q_z \cdot r = \text{sabit}$$

F 11

N	N	Normal kuvvet	q_z	N/m	Yayıllı yük
s	m	Küçük kavisli çubuk parçası	M	Nm	Eğilme momenti
V	N	Dik kuvvet	r	m	Kazan radiusu
ρ	m	Kavis radiusu			

0.4.4.Şehim için Mohr analojisi

Kirişlerde tek veya nokta etkili yüklerin yanında yayılı yüklerde olur. Tek kuvvetlerin dışında etki gösteren yayılı yükleri düşünürsek ile görülen durum ortaya çıkar.



Şekil 16, Basit kirişte yayılı yük

Kirişin dx boyunda küçük bir parçasını ele alıp inceleyelim. Burada kesitte oluşan dengeye göre:

Dik kuvvet $V = q \cdot dx$

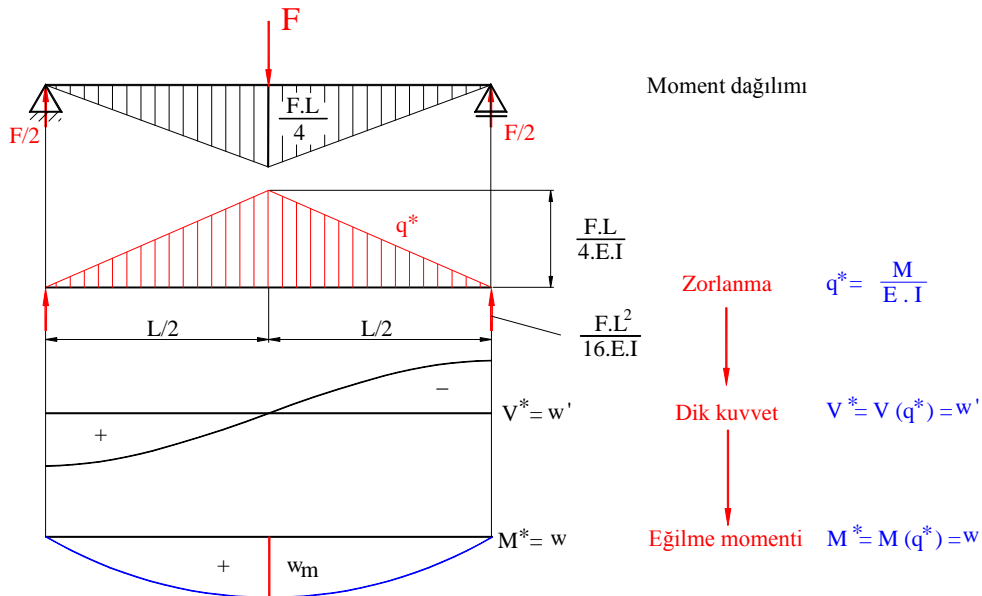
Moment $M = -V \cdot dx$

$$\sum F_V = 0 \quad V + dV = q \cdot dx + dV = 0 \quad \Rightarrow \quad q = -\frac{dV}{dx} = -\frac{d^2M}{dx^2}$$

$$\sum M = 0 \quad M + dM = -V \cdot dx + dM = 0 \quad \Rightarrow \quad V = \frac{dM}{dx}$$

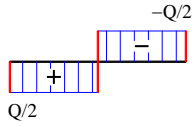
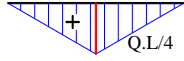
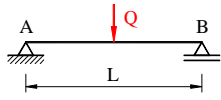
Bağıntılarını kurabiliriz. Buradanda; $\frac{d^2M}{dx^2} = -q$ $M'' = -q$

$M'' = -q$ diferensiyel denklemi yukarıda gördüğümüz $w'' = -\chi$ diferensiyel denklemine benzer. Burada eşdeğer çözümü düşünürsek şehimide zorlanmaya göre hesaplamak mümkündür (Mohr analojisi).

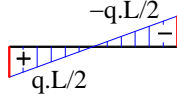
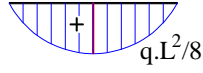
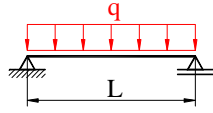


Şekil 17, Basit kirişte yayılı yük

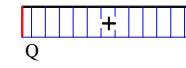
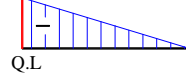
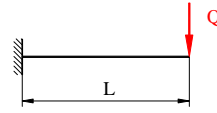
0.4.5. Basit Temel haller



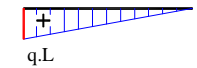
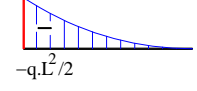
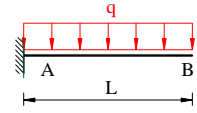
Şekil 18 a, Özel hal 1



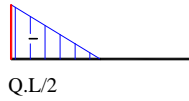
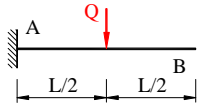
Şekil 18 b, Özel hal 2



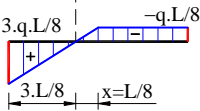
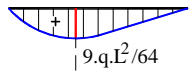
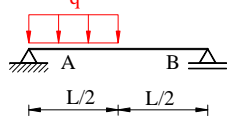
Şekil 18 c, Özel hal 3



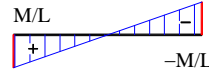
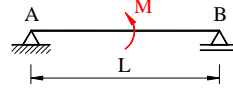
Şekil 18 d, Özel hal 4



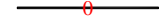
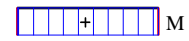
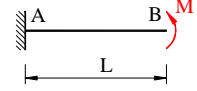
Şekil 18 e, Özel hal 5



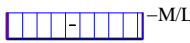
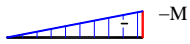
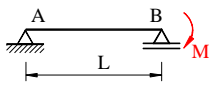
Şekil 18 f, Özel hal 6



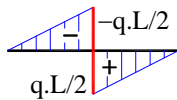
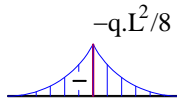
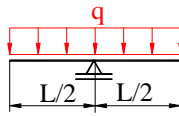
Şekil 18 g, Özel hal 7



Şekil 18 h, Özel hal 8



Şekil 18 i, Özel hal 9



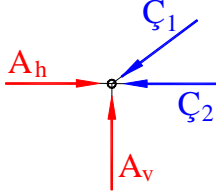
Şekil 18 j, Özel hal 10

Bu basit temel hallerin nasıl hesaplandığı, [44_01_01_Alıştırma_Çözümleri](#) ile gösterilmiştir.

0.5. Kafes-Kirişler (44_02_Dosyası)

Kafes kiriş tam dolu kiriş gibi kabul edilir ve Dayanak/Yatak kuvvetleri bulunur. Düğümlerde reaksiyon kuvvetleri analitik olarak şu yollarla bulunur:

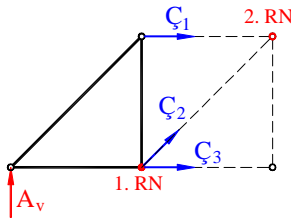
0.5.1. Düğümde denge denklemleri metodu, **DDD**



Şekil 19, Düğümde denge denklemleri metodu

1. Dayanak/Yatak kuvvetleri bulunur,
2. En fazla 2 bilinmeyenli düğüm seçilir,
3. Her düğümde DDD uygulanır
 $\Sigma F_v = 0$ $\Sigma F_h = 0$ gibi,
4. Çubuk kuvveti
 $\checkmark > 0$ ise Çeki çubuğu,
 $\checkmark < 0$ ise Bası çubuğudur.

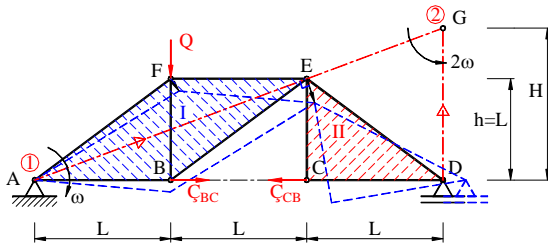
0.5.2. Ritter kesiti metodu, **RKM**



Şekil 20, Ritter kesiti metodu

1. Dayanak/Yatak kuvvetleri bulunur,
2. Üç çubuk yerine üç kuvvet seçilir
 $(\checkmark_n ; \checkmark_{n+1} ; \checkmark_{n+2})$,
3. İki kuvvetin kesiştiği düğümde "Ritter Noktası **RN**" moment denklemi kurulur,
1.RN \checkmark_1 için, 2.RN \checkmark_3 için
4. Gerekirse her düğümde DDD uygulanır
 $(\checkmark_x, \checkmark_z = 0)$

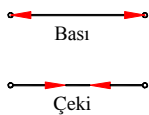
0.5.3. Virtüel İş Prensibi metodu, **VİP**



Şekil 21, Virtüel İş Prensibi metodu

1. Dayanak/Yatak kuvvetleri bulunmaz,
2. Hesaplanacak çubuk yerine kuvvet kabul edilir
 $(\checkmark_{BC} ; \checkmark_{CB})$ gibi)
3. Virtüel hareket durumu düşünülür,
genelde açısal hız " ω " veya hız " v " gibi,
4. Kuvvet etkisindeki her düğümde, düğüm hızı bulunur,
5. Toplam İş denklemi ile bilinmeyenler hesaplanır, $P_{top} = F_1 \cdot v_1 + M_1 \cdot \omega_1 = 0$

0.5.4. Virtüel İş Prensibi metodu, **VİP**



Kuvvet yönü düğüm noktasına doğruysa, çubuk "**bası**" ile, düğüm noktasına ters ise, çubuk "**çeki**" ile zorlanır.

Şekil 22, Çubuk kuvvetleri

0.5.5. Kafes konstrüksiyonda statik belirlilik

$a + n_{\checkmark} = 2 \cdot n_d$	F 12
$a + n_{\checkmark} < 2 \cdot n_d$	F 13
$a + n_{\checkmark} > 2 \cdot n_d$	F 14

a	[-]	Reaksiyon sayısı (Dayanaktaki kuvvetler)
n_{\checkmark}	[-]	Çubuk sayısı
n_d	[-]	Düğüm sayısı

F 12 statik belirli ve uygulanabilir, F 13 ve F 14 statik belirsiz ve uygulanamaz.

0.6. Etkiçizgileri (44_03_Dosyası)

0.6.1. Statik belirli sistemlerde etki çizgileri

Etki çizgisi birim büyüklüğündeki hareketli bir birim yükünün/kuvvetinin $Q = 1$ herhangi bir noktayı etkilediği S_i değerini gösterir. Etki ordinatı η_{ik} birim kuvveti $Q = 1$ in "i" noktası için değerini verir.

Hareketli tek kuvvetler Q_m

$$S_i = \sum_{m=1}^n Q_m \cdot \eta_{im}$$

F 15

Hareketli yayılı yükler q

$$S_i = \int q(x) \cdot \eta_i(x) \cdot dx$$

F 16

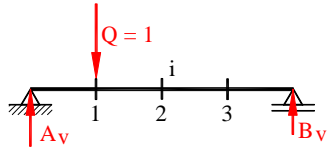
S_i	N	Etki değeri
Q_m	N	Tek kuvvet
η_{im}	1	i noktası için etki ordinatı
$q(x)$	N/m	Yayılı yük

0.6.1.1. Yer yer belirleme Metodu

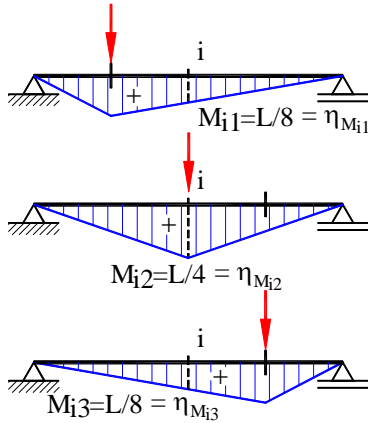
Bu metotta kuvvet kabul edilen her noktada düşünülerek yer yer etkisi belirlenir.

Konum fonksiyonları

Değerler her $\frac{1}{4}$ kesitte yük " $Q=1$ " ve " $L=1$ " ile her konum çizgisi



Moment dağılımı:



Hareketli yük Q , 1 numaralı kesitte iken i kesitine etkilediği moment M_{i1} hesaplayalım.

$$A_v \cdot L - Q \cdot \frac{3}{4} \cdot L = 0$$

$$A_v = \frac{3}{4}$$

$$M_{i1} = A_v \cdot \frac{L}{2} - Q \cdot \frac{L}{4} \cdot L$$

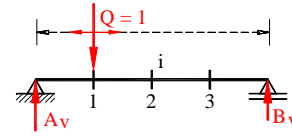
$$M_{i1} = \frac{1}{8} = \eta_{Mi1}$$

$M_{i1} = L/8$ dir. Buda " η_{Mi1} " etki ordinatıdır.

Diğer konumlardaki etki ordinatları analog hesaplanır.

Etki fonksiyonları

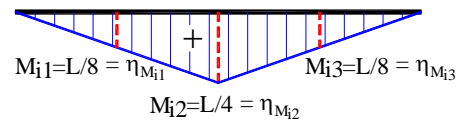
Hareketli yük $Q=1$ yerel konumda, her $\frac{1}{4}$ kesitte, etki değerleri M_i vede V_i için.



i kesiti için moment etki çizgisi:

i kesitinin moment etki çizgisi, konum fonksiyonlarında bulunan değerlerle, aşağıda görüldüğü gibi çizilir.

η_{Mi} :



$$\eta_i = \frac{x_i}{L} \quad Q=1$$

Bu diyagramda etki ordinatı " η_{Mi} " hareketli yük $Q=1$ in olduğu yerde ölçülür. Bu değer kuvvet ölçülen yerde iken " i " kesitindeki momentin büyüklüğünü verir. Şöyleki; Kuvvet $\frac{1}{4} L$ de iken, " i " kesitindeki moment $Q \cdot L/8$ dir. $Q=1$ olduğu için $L/8$ diye gösterilir.

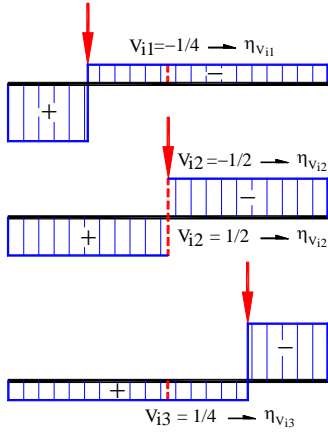
Dik kuvvet dağılımı:

Dik kuvvetler dağılımını yapmak için B_V kuvvetini bilmemiz gerekir.

$$\Sigma F_V = 0 \quad A_V - Q + B_V = 0$$

$$B_V = Q - A_V \quad B_V = 1 - 3/4$$

$$B_V = 1/4$$

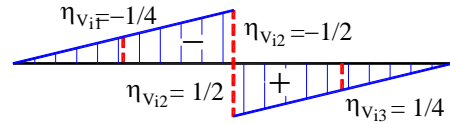


Şekil 23, Dik kuvvet dağılımı

i kesiti için dik kuvvet etki çizgisi:

i kesitinin dik kuvvet etki çizgisi, konum fonksiyonlarında bulunan değerlerle, aşağıda görüldüğü gibi çizilir.

$$\eta_{Mi}$$

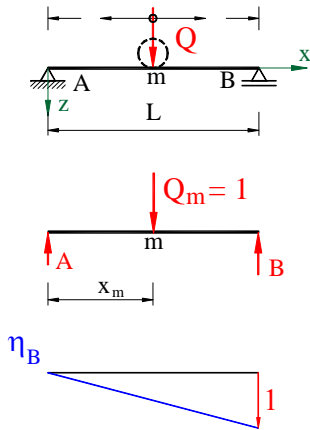


Şekil 24, i kesitinde dik kuvvet etki çizgisi

Şekil 24 ile verilen diyagramdan her konumun değeri ölçülerek i kesitinin etki ordinatı okunur. Böylece kesitin maksimum ve minimum değerleri derhal görülür.

0.6.1.2. Land Metodu**0.6.1.3. Land metodu çözüm yolu:**

1. Etki çizgisini aradığımız dayanağı yok kabul ederek sistemin reaksiyonunun ters yönünde birim kaydırması (birim ordinatı) dayanak yerine konulur.



Şekil 25, Klasik kiriş, B için EÇ

Örnek olarak hareketli dik kuvvetin klasik kirişte B yatağı için etki çizgisini " η_B " bulalım, Şekil 25;

- Etki çizgisi aranan yatak B yok kabul edilir,
- Yatak yerine yatak kuvvetinin ters yönünde birim ordinatını koyulur,
- Kuvvet diğer A yatağında olduğunda B yatağı kuvveti sıfırdır,
- Statik belirli sistemlerde etki çizgileri, sehim etki çizgisi hariç, doğrudur,
- A yatağı ile B yatağındaki birim ordinatının birleştirilmesiyle hareketli dik kuvvetin B yatağı için etki çizgisi bulunmuş olur.

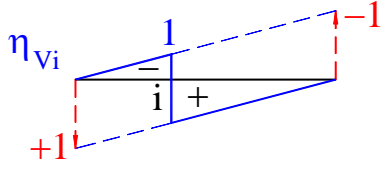
2. Birinci paragrafta teorik olarak etki çizgisinin nasıl bulunduğunu gördük. Pratikte ön işaret kuralına göre hareketli dik kuvvetin etki çizgisi ön işaret kuralına, diğer deyişle, kiriş/çubuk tarafına göre bulunur.

Şekil 26, Klasik kiriş, V_B için EÇ

Örnek olarak yukarıdaki, Şekil 25, ile verilen kirişi ele alalım ve " η_{BV} " yi bulalım. Bütün işlemler aynen yapılır, ön işaret kuralına göre birim ordinatı negatif alınır. Birim ordinatının yönü ve işareti:

$$\oplus \uparrow V \quad \ominus \uparrow V$$

3. Birinci ve ikinci paragraflarda yatağın etki çizgisini gördük. Burada kirişin herhangi bir noktası için hareketli dik kuvvetin etki çizgisini bulalım.

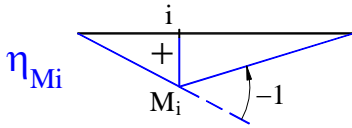


Şekil 27, Klasik kiriş, V_i için EÇ

Örnek olarak yukarıdaki, Şekil 25, ile verilen kirişi ele alalım ve " η_{Vi} " yi bulalım;

Önce Bütün işlemler aynen yapılır, ön işaret kuralına göre birim ordinatı negatif alınır.

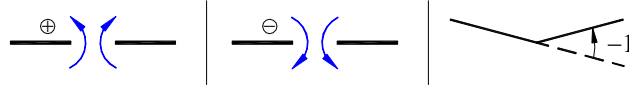
4. Moment için etki çizgisi. Burada kirişin herhangi bir noktası için hareketli dik kuvvetin oluşturduğu momentin etki çizgisini bulalım.



Şekil 28, Klasik kiriş, M_i için EÇ

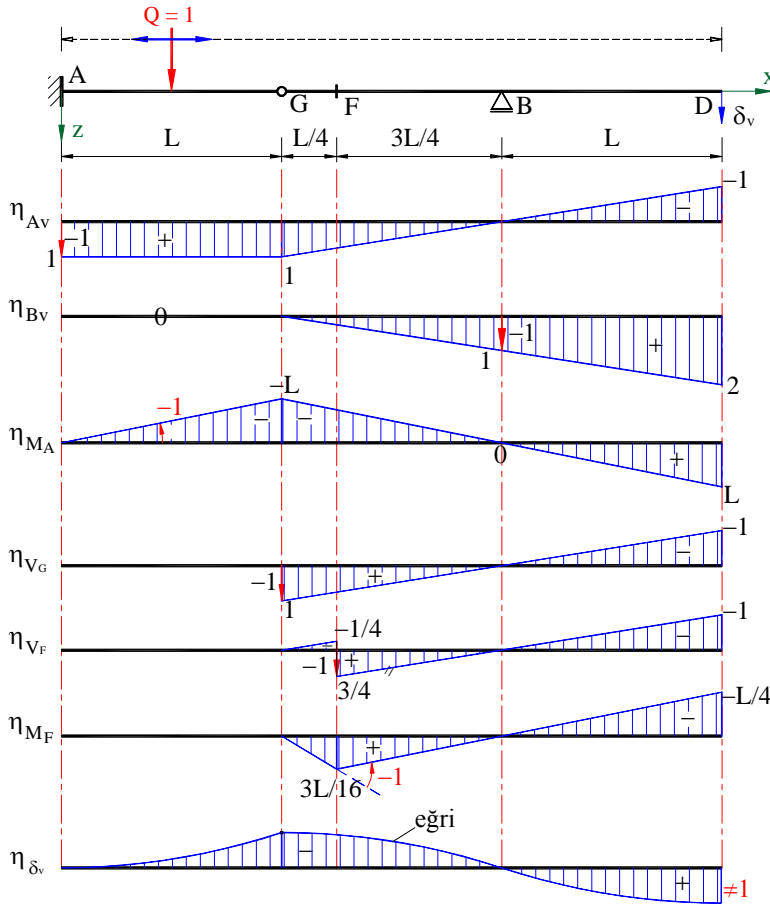
Örnek olarak yukarıdaki, Şekil 25, ile verilen kirişi ele alalım ve " η_{Mi} " yi bulalım;

Etki çizgisi aranan noktada bir mafsal düşünülür. Bu mafsalda bir kırılma yapılır. Temel kurallar uygulanır. Uç yataklarda moment sıfırdır, gibi. Moment yönü moment alanının içinden çıkacakmış gibi düşünülür ön işareti bulunur. Örnekte "+" dir.



0.6.1.4. Sehim için etki çizgisi

"i" noktasının "x" mesafesindeki kuvvet $Q=1$ için sehim etki çizgisi " δ_i " Mohr analojisi veya İş denklemiyle bulunur.



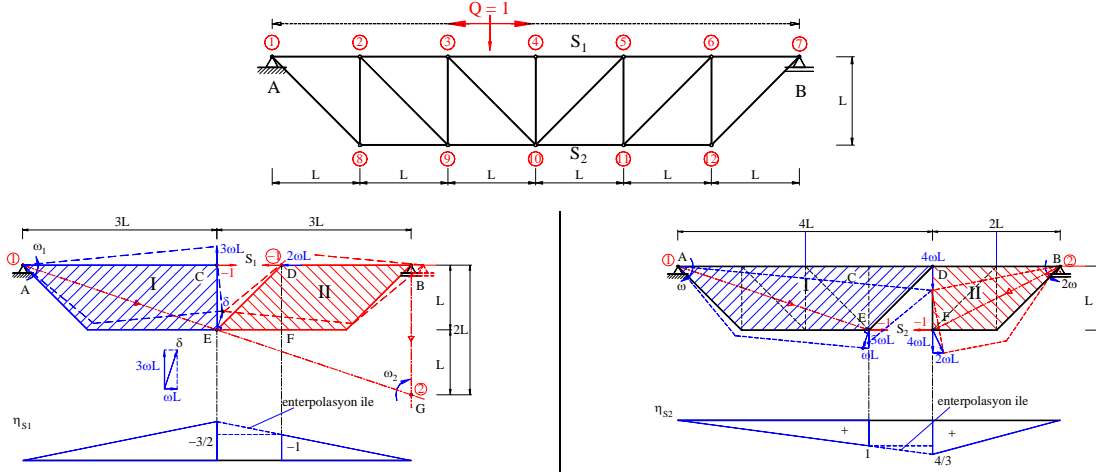
Şekil 29, Statik belirli sistemde etki çizgileri için örnek

- Negatif birim deformasyonun seçimi etki eden büyüklüğü karşılayacak şekilde yapılmalıdır.
- Etki çizgisinin arandığı bölgedeki her nokta kalacak, fakat bütün yataklar beraber kaydırılacaklardır (Sıkıştırılmış dayanaklardaki momentlerin döndürülmesi gibi).

0.6.1.5. Kafes kirişlerde etki çizgisi

1. Etki çizgisi aranan çubuk yok kabul edilir,
2. Sanal kaydırma " ω " nın yönünde seçilir, bütün MZ ve ω bulunur,
3. Yok kabul edilen çubuğun bütün uzaması için 1 ($\delta_1 + \delta_2 = 1$) kabul edilip ω hesaplanır,
4. Bütün noktalar için " ω " dan oluşan etki çizgisi ordinatı " η " lar hesaplanır.

Daima iki uç değerleri hesaplamak gerekir.



$$\omega_1 = \omega_2 = \omega$$

$$\omega_2 \cdot 2L = 1 \quad \omega_2 = \omega_1 = -\frac{1}{2L}$$

$$C_{\eta NS1} = 3 \cdot \omega_1 \cdot L = 3 \cdot \frac{-1}{2L} \cdot L$$

$$C_{\eta NS1} = \frac{-3}{2}$$

Şekil 30, Kafes kirişte S_1 çubuğunun $C_{\eta NS1}$

$$\omega \cdot 2L + \omega \cdot L = 1 \quad \omega = \frac{1}{3L}$$

$$F_{\eta NS2} = 4 \cdot \omega \cdot L = 4 \cdot \frac{1}{3L} \cdot L$$

$$F_{\eta NS2} = \frac{4}{3}$$

Şekil 31, Kafes kirişte S_2 çubuğunun $F_{\eta NS2}$

0.6.2. Statik belirsiz sistemlerde etki çizgileri

Bütün işlemler statik belirli sistemlerde olduğu gibi yapılır, virtüel kaydırma yalnız doğru etki çizgilerini değil, aksine bükük etki çizgileride oluşturur.

- Nitel: Etki çizgileri negatif birim deformasyonlarından dolayı analog olarak eğri olur.
- Nicel: $\eta_{Si} = w(k)$

1. Etki çizgisi aranan değer olduğu yerde ve yönde bağlantı kaldırılır,
2. Benzer bir değer " k " seçilir,
3. " k " değeri öyle hesaplanır ki, aranan değer olduğu yerde ve yönde negatif birim deformasyonu $\delta = -1$ bulunur (İş denklemi).
4. Hesaplanan " k " değeri ile Moment dağılımı bulunur,
5. " k " değeri ve Mohr analogisi ile sehim çizgisi hesaplanır, $w = \eta_{Si}$:

$$q^* = \frac{M}{E \cdot I} = w^* \quad \text{buradan} \quad M^* = w$$

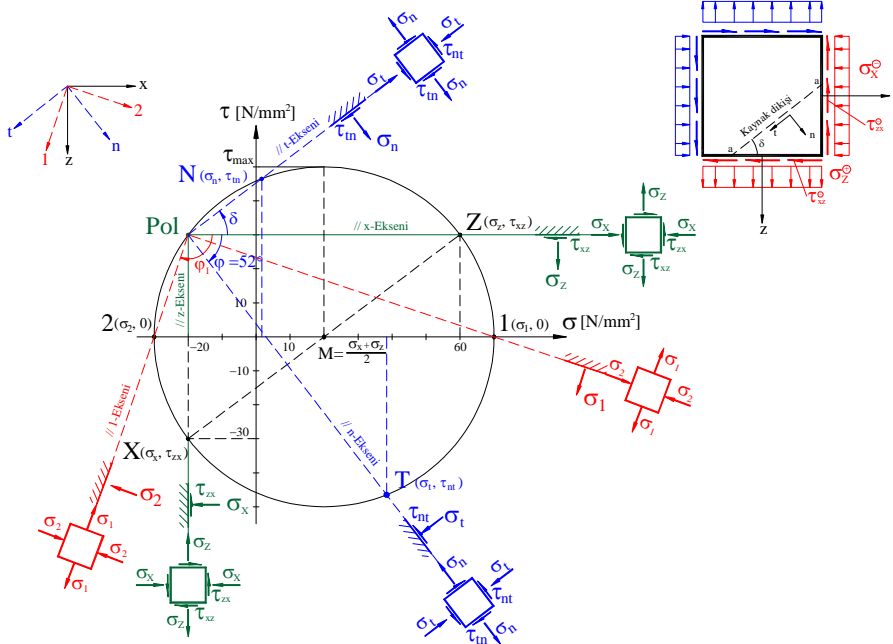
$$w'' = -\frac{M}{E \cdot I} \quad \text{buradan} \quad \delta_{xi} = w_i \quad \delta_{ix} = \delta_{xi}$$

0.7. Gerilimler ve Mohr dairesi (44_04_Dosyası)

0.7.1. Mohr dairesi

0.7.1.1. Mohr dairesi, grafik çözüm

Düzlemde gerilimler. Temel kural $\sigma_1 > \sigma_2$ ve φ daima saat yönünde.



Bilinen değerler:

$$\sigma_x = -20 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_z = 60 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{xz} = \tau_{zx} = -30 \text{ N/mm}^2$$

$$\delta = 38^\circ$$

Daire merkezi:

$$M = \frac{\sigma_x + \sigma_z}{2}$$

Rayus:

$$R = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_z}{2}\right)^2 + \tau_{xz}^2}$$

Ana gerilimler:

$$\sigma_{1,2} = M \pm R$$

Şekil 32, Mohr dairesi

0.7.1.2. Mohr dairesi, analitik çözüm

Ana gerilimler:

$$\sigma_{1,2} = \frac{\sigma_x + \sigma_z}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_z}{2}\right)^2 + \tau_{xz}^2}$$

Ana gerilimlerin yönleri:

$$\tan 2\varphi_1 = \frac{2 \cdot \tau_{xz}}{\sigma_x - \sigma_z}$$

Maksimum kayma gerilmesi:

$$\tau_{\max} = R = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_z}{2}\right)^2 + \tau_{xz}^2}$$

$$\sigma_{1,2} = \frac{-20 + 60}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{-20 - 60}{2}\right)^2 + (-30)^2}$$

$$\sigma_1 = 70 \text{ N/mm}^2 \quad ; \quad \sigma_2 = -30 \text{ N/mm}^2$$

$$\tan 2\varphi_1 = \frac{2 \cdot (-30)}{-20 - 60} = 0,75$$

$$2 \cdot \varphi_1 = \arctan 0,75 \quad \varphi_1 = 18,4^\circ + 90^\circ = 108,4^\circ$$

$$\tau_{\max} = R = \sqrt{\left(\frac{-20 - 60}{2}\right)^2 + (-30)^2} = 50 \text{ N/mm}^2$$

Kaynak dikişinde gerilimler a-a: x- ve n-Eksenleri arasındaki açı

$$\varphi = 90 - \delta = 90 - 38 = 52^\circ$$

$$\sigma_n = \sigma_x \cdot \cos^2 \varphi + \sigma_z \cdot \sin^2 \varphi + \tau_{xz} \cdot 2 \cdot \sin \varphi \cdot \cos \varphi$$

$$\sigma_t = \sigma_x \cdot \sin^2 \varphi + \sigma_z \cdot \cos^2 \varphi - \tau_{xz} \cdot 2 \cdot \sin \varphi \cdot \cos \varphi$$

$$\tau_{tn} = \tau_{nt} = (\sigma_z - \sigma_x) \cdot \sin \varphi \cdot \cos \varphi + \tau_{xz} (\cos^2 \varphi - \sin^2 \varphi)$$

$$\sigma_n = 0,6 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_t = 39,4 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{tn} = \tau_{nt} = 46,1 \text{ N/mm}^2$$

Mohr dairesinin konstrüksiyonu:

- Koordinatlar sistemi çizilir,
- (X ve Z) veya (X ve M) belirlenir ve Mohr dairesi çizilir,
- X den // Z ye ve Z den // X e çizilir. Bu doğruların kesiştiği yer "Kutup" noktasıdır. Kutup noktasını 1 ve 2 noktalarına birleştiren doğrular ana gerilimlerin yönlerini verir,
- Kutup noktası, 1 ile 2 noktası ile birleştirilirse τ ortadan kaybolur ve yalnız " σ " kalır.
- Kaynak dikişindeki gerilimler; Kutup noktasında δ açısı çizilir, Mohr dairesini kestiği nokta N ve doğru n-Eksenidir, Kutup noktasından bu doğruya çizilen dik doğru t-Eksenini verir ve bu doğrunun Mohr dairesini kestiği nokta T dir.

Özel hal: 1) Hidro statik durum, Örneğin: $\sigma_x = -30$; $\sigma_z = -30$, Mohr dairesi burada bir noktadır ve $\varphi = 0$ dir.

0.7.1.3. Normal ve Kayma gerilimleri

n-ekseninde normal gerilim

$$\sigma_n = \sigma_x \cdot \cos^2 \varphi + \sigma_y \cdot \sin^2 \varphi + \tau_{xy} \cdot 2 \sin \varphi \cos \varphi$$

t-ekseninde normal gerilim

$$\sigma_t = \sigma_x \cdot \sin^2 \varphi + \sigma_y \cdot \cos^2 \varphi - \tau_{xy} \cdot 2 \sin \varphi \cos \varphi$$





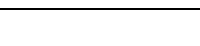
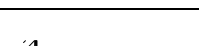
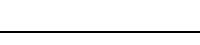
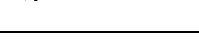
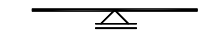
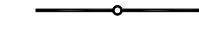
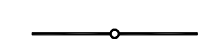
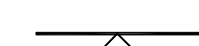
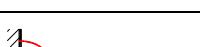
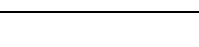
Kesme gerilimi

$$\tau_{tn} = \tau_{nt} = (\sigma_y - \sigma_x) \cdot \sin \varphi \cdot \cos \varphi + \tau_{xy} \cdot (\cos^2 \varphi - \sin^2 \varphi)$$

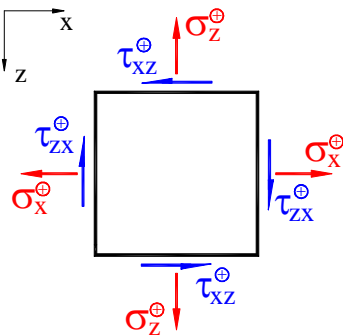
Malzemenin bozulması (kopması, kırılması):

- Gevrek malzeme; σ_{\max}
- Esnek malzeme; τ_{\max}

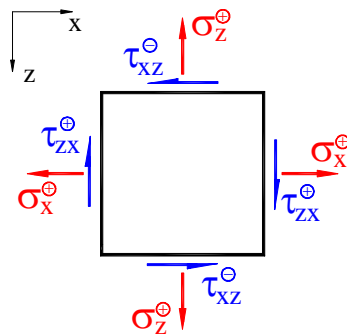
0.7.1.4. Analojik giriş:

Pratikteki giriş			Analojik giriş		
$\rightarrow -\int \rightarrow$ $\rightarrow \int \rightarrow$	$Q = -M''$ $V = M'$ M		$\rightarrow -\int \rightarrow$ $\rightarrow \int \rightarrow$	$q^* = M/EI = -w'' = \chi$ $V^* = w' = \varphi$ $M^* = w$	Kavis Rotasyon Sehim
	Basit yataklanmış	$w = 0$ $w' \neq 0$		Basit yataklanmış	$M^* = 0$ $V^* \neq 0$
	Sıkıştırılmış	$w = 0$ $w' = 0$		Serbest uç	$M^* = 0$ $V^* = 0$
	Serbest uç	$w \neq 0$ $w' \neq 0$		Sıkıştırılmış	$M^* \neq 0$ $V^* \neq 0$
	Ortadan yataklanmış	$w = 0$ $w'_L = w'_R$		Mafsalsal	$M^* = 0$ $V^*_L = V^*_R$
	Mafsalsal	$w \neq 0$ $w'_L \neq w'_R$		Ortadan yataklanmış	$M^* \neq 0$ $V^*_L \neq V^*_R$
	Yaylı sıkıştırılmış	$w = 0$ $w' = c_f \cdot M_A$		Tek kuvvetli serbest uç	$M^* = 0$ $V^* = c_f \cdot M_A$
	Yaylı yataklanmış	$w = c_f \cdot M_A$ $w' \neq 0$		Uç momentli basit yataklanmış	$M^* = c_f \cdot M_A$ $V^* \neq 0$

0.7.1.5. σ ve τ için ön işaret kuralı



Şekil 33, Fizik düzlemi



Şekil 34, Mohr düzlemi

" τ " indisinde 1. indis gerilimin yönünü, 2. indisde gerilimin dik olduğu eksenini gösterir. Örneğin: τ_{xz} , x-ekseni yönünde, z-eksenine dik kesme gerilimi. Kesme gerilimleri, cismin merkezini saat yönünde çeviriyorsa pozitif (+), tersine çeviriyorsa negatif (-) işaret verilir.

" σ_x " indisi gerilimin yönünü ve xz veya xy düzleminde olduğunu gösterir.

0.7.2. Kesitteki gerilimler

0.8. Virtüel İş Prensibi (44_05_Dosyası)

0.9. Statik-Belirsiz-Sistemler (44_06_Dosyası)

0.10. Elastik-Plastik-Sistemler (44_07_Dosyası)

0.11. Stabilité (44_08_Dosyası)

1. İntegral tablosundan açıklanmalı özet

Hesaplarda devamlı integral işlemleri ile karşılanacaktır. İntegral hesaplarını matematik olarak yapacağımıza zaman kaybetmemek ve kolaylık olması için " İntegral tablosundan" yapacağız. Arzu eden integral hesabını analitik olarak yapar ve sonucun aynı olduğunu görür.

HHD	VYD	İzahat	İntegral formülü
		Şekil önemli yön değil	$\frac{1}{4} \cdot M_0 \cdot M_1 \cdot \frac{L}{E \cdot I}$
		Aynı yönde, yön önemli değil	$\frac{1}{3} \cdot M_0 \cdot M_1 \cdot \frac{L}{E \cdot I}$
		Her yön geçerli	$\frac{1}{4} \cdot M_0 \cdot M_1 \cdot \frac{L}{E \cdot I}$
		Her yön geçerli	$\frac{1}{3} \cdot M_0 \cdot M_1 \cdot \frac{L}{E \cdot I}$
		Simetrik, yön önemli değil	$\frac{1}{6} \cdot M_0 \cdot M_1 \cdot \frac{L}{E \cdot I}$
		*)1	$\frac{1}{6} \cdot [m_L \cdot (2M_L + M_R) + m_R \cdot (M_L + 2M_R)] \cdot \frac{L}{E \cdot I}$
		*)1	$\frac{1}{6} \cdot M \cdot (m_L + 2m_R) \cdot \frac{L}{E \cdot I}$
		*)1	$\frac{1}{6} \cdot M \cdot (2m_L + m_R) \cdot \frac{L}{E \cdot I}$
		*)2	$\frac{1}{6} \cdot m \cdot (2M_L + M_R) \cdot \frac{L}{E \cdot I}$
		*)2	$\frac{1}{6} \cdot m \cdot (M_L + 2M_R) \cdot \frac{L}{E \cdot I}$
		*)2	$\frac{1}{6} \cdot M \cdot (m_L + 2m_R) \cdot \frac{L}{E \cdot I}$
		*)2	$\frac{1}{6} \cdot M \cdot (2m_L + m_R) \cdot \frac{L}{E \cdot I}$
		*)2	$\frac{1}{6} \cdot m \cdot (2M_L + M_R) \cdot \frac{L}{E \cdot I}$
			$\frac{5}{12} \cdot M_0 \cdot M_1 \cdot \frac{L}{E \cdot I}$
			$\frac{1}{6} \cdot M_0 \cdot M_1 \cdot \left(1 + \frac{a}{L}\right) \cdot \frac{L}{E \cdot I}$

*)1 Şekil önemli, yamuk. Yön ve sağ sol büyüklüğü önemli değil

*)2 Çapraz şekil yamuk sayılır, eğer $M_L \neq M_R$ ve $M \neq M/2$ ise. Aynı zamanda $m_L \neq -m_R$ ve $m \neq -m/2$ ise.

2. Teknik sözlük

Türkçe/Türkisch	Almanca/Deutsch	İngilizce/English
Türev	Ableitung, f	derivative
farklılık	Abweichung, f	
Azaltma kriterleri	Abzählkriterien, f	
İş, W	Arbeit, f	work
Taksim etmek	aufspalten	
Kiriş	Balken, m	beam
Şart	Bedingung, f	condition
Yükleme	Belastung, f	load
Virtüel Yüklem Durumu VYD	Belastungszustand, n	load condition
Eğilme rijitliği E.I	Biegesteifigkeit, f	flexural rigidity
Devamlı mukavemet	Dauerfestigkeit, f	endurance limit
Devamlı mukavemet	Dauerhaftigkeit, f	durability
Deformasyonmetodu	Deformationsmethode, f	deformation method
Esneleme rijitliği E.A	Dehnsteifigkeit, f	
Esneleme, birim uzama, ϵ	Dehnung, f	strain
Deviasyon momenti	Deviationsmoment, n	product of inertia
farklılık	deviator	
Isı enerjisine geçme	Dissipation, f	dissipation
Devamlı kiriş	Durchlaufträger, m	continuous beam
Öz ağırlık, kendi ağırlığı	Eigengewicht, n	self-weight
Öz yük, Kendi yükü	Eigenlast, f	dead load
Sıkma momenti	Einspannmoment, n	tightening torque
Etki	Einwirkung, f	action
Elastiklik	Elastizität, f	elasticity
Elastiklik modülü, E	Elastizitätsmodul, n	elasticity module
Elastiklikteorisi	Elastizitätstheorie, f	theory of elasticity
Eskiz	Entwurf, m	conceptual design
Tasarı	Entwurf, m	conceptual design
Taslak	Entwurf, m	conceptual design
Taslak işi	Entwurfsarbeit, f	draft design
Taslağı etkileyen her şey	Entwurfsrandbedingung, f	design boundary condition
Yorulma mukavemeti	Ermüdungsfestigkeit, f	fatigue resistance
Yay esnekliği, c_f	Federnachgiebigkeit, f	
Rijit sıkıştırma momenti	Festeinspannmoment, n	
Sıkı tutma momenti	Festhaltungsmoment, n	
Atalet momenti, J_i	Flächenträgheitsmoment, n	
Akma mukavemeti, f_i (Yapı statığı)	Fliessspannung, f	

Türkçe/Türkisch	Almanca/Deutsch	İngilizce/English
Kullanma sınırı	Gebrauchsgrenze, f	serviceability limit
Kullanılabilirlik sınırı	Gebrauchstauglichkeit, f	serviceability
Risk	Gefährdung, f	hazard
Riske sokma	Gefährdung, f	hazard
Tehlikeye sokma	Gefährdung, f	hazard
Denge	Gleichgewicht, n	equilibrium
Denge denklemi DD	Gleichgewichtsbedingung, f	equation of equilibrium
Değişme derecesi	Gradient, m	
Limit değer	Grenzwert, f	limiting value
Sınır değer	Grenzwert, f	boundary value
Limit teoremi	Grenzwertsatz, f	theory of limit
Sınır değer teoremi	Grenzwertsatz, f	limiting value theorem
Büyüklik, boyut	Grösse, f	dimension
Asal gerilimler	Hauptspannungen, f	principal stress
Kesit çekirdeği	Kern, m	
Düğüm noktası	Knotenpunkt, m	
Kuvvet metodu	Kraftmethode, f	force method
Çapraz rijitlik	Kreuzsteifigkeit, f	
Kriter, ölçüt	Kriterium, n	criterion
Kavis, χ	Krümmung, f	curve
Kısmi, parsiyel	partiell	partial
plastiklik	Plastizität, f	plasticity
Plastiklik teorisi	Plastizitätstheorie, f	theory of plasticity
Virtüel iş prensibi VİP	Prinzip der virtuellen Arbeiten	The Principle of Virtual Work
Prensip, kural	Prinzip, n	principle
Çapraz kuvvet	Querkraft, f	
Redüksiyon teoremi	Reduktionssatz, f	theory of reduction
Teorem	Satz, f	kit, theory
Kayma	Schiebung, f	shearing strain
Temel çizgi	Schlusslinie, f	base line
Serbest Cisim Diyagramı, SCD	Schnittkörperdiagramm, SKD	free body diagram
Kesit alanı, A	Schubfläche, f	cross sectional area
Torsiyon merkezi	Schubmittelpunkt, m	
Burulma rijitliği GA*	Schubsteifigkeit, f	rigidity of torsion
Ağırlık merkezi	Schwerpunkt, m	
Çubuk rijitliği	Stabsteifigkeit, f	rigidity of bar/beam
Sertlik, rijitlik	Steifigkeit, f	rigidity
Sistem	System, m	system
Taşıyıcı, Kiriş	Träger, m	beam

Türkçe/Türkisch	Almanca/Deutsch	İngilizce/English
Yük, Taşınan yük, Q	Traglast, f	load
Alt, en düşük	unter	under
Artakalan	überzählig	residual
Bilinmeyen Değer BD	Überzähligegröße, f	unknown value
Varyant	Variante, f	alternative
Döndürme, eğim, ϕ	Verdrehung, f	slope
Yöntem	Verfahren, n	method
Deformasyon	Verformung, f	deformation
Deformasyonmetodu	Verformungsmethode, f	
Hareket, durum, tarz	Verhalten, n	restained
Kayma	Verschiebung, f	
Kayma değişme derecesi	Verschiebungsgradient, m	
Hakiki Hareket Durumu HHD	Verschiebungszustand, n	
Uyumluluk	Verträglichkeit, f	compatibleness
Uyumluluk Şartı UŞ	Verträglichkeitsbedingung, f	compatibleness condition
deformasyon tensörü	Verzerrungstensor, m	
Virtüel	virtuell	virtual
Değer	Wert, f	value
Etkin	wirksam	active
Etkin kayma alanı, A*	wirksame Schubfläche, f	active cross sectional area
Durum	Zustand, n	state, condition

3. Teknik terimler ve tanımı

Teknik terim	Tanımı
Düğüm noktası <i>Knotenpunkt, m</i>	Birden fazla kiriş veya çubuğun bağlantı noktasına verilen ad.

4. Kaynaklar

4.1. Literatür

[1]	Assmann, B.	Technische Mechanik, Band 1:Statik 11. Auflage, Oldenburg, München, 1989
[2]	Berger, J.	Technische Mechanik für Ingenieure, Band 1: Statik Vieweg, Braunschweig, 1991
[3]	Gross, D. Hauger, W. Schnell, W.	Technische Mechanik, Band 1: Statik Springer, Berlin, 2003
[4]	Gross, D. Schnell, W. Ehlers, W.	Formeln und Aufgaben zur Technischen Mechanik: 1 Statik. Springer, Berlin, 1998
[5]	Hagedorn, P.	Technische Mechanik, Band 1: Statik Deutsch, Frankfurt am Main, 2003
[6]	Hahn, H.G.	Technische Mechanik fester Körper, Hanser, München, 1992
[7]	Hahn, H.G. Barth, F.J. Fritzen, C.-P.	Aufgaben zur Technischen Mechanik, Hanser, München, 1995
[8]	Holzmann, G. Meyer, H. Schumpich, G.	Technische Mechanik, Teil 1:Statik 5. Auflage, Teubner, Stuttgart, 1980
[9]	Kollbrunner, C.F. Basler, K.	Torsion, Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg/New York, 1966
[10]	Marti, P.	Autographie-Blätter (101-0113) (ETHZ ders notları) Baustatik I, ETHZ
[11]	Marti, P.	Baustatik, Grundlagen-Stabtragwerke-Flächentragwerke Ernst & Sohn, Berlin, 2012
[12]	Müller, H.H. Magnus, K.	Grundlagen der Technischen Mechanik, Teubner, Stuttgart, 1990
[13]	Nash, W.A. Yazan Sümer, S. Çeviren	Teori ve Problemlerle, Cisimlerin Mukavemeti 2. Baskıdan çeviri, Güven kitapevi, Ankara, 1979
[14]	Sayir, B. Ziegler, H.	Mechanik 1: Grundlagen und Statik Birkhäuser, Basel, 1982
[15]	Sayir, M.B. Dual, J. Kaufmann, S.	Ingenieurmechanik 1, Grundlagen und Statik Teubner, Stuttgart, 2004
[16]	Szabó, I.	Einführung in die technische Mechanik nach Vorlesungen von István Szabó. Springer, Berlin, 2003
[17]	Szabó, I.	Höhere technische Mechanik nach Vorlesungen von István Szabó. Springer, Berlin, 2001
[18]	Topkaya, H.	Mukavemet, Elastik cisimlerin statığı 3. Baskı, Güven kitapevi, Ankara, 1978
[19]	Ziegler, F.	Technische Mechanik der festen und flüssigen Körper, Springer, Wien, 1998
[20]	Ziegler, H.	Vorlesungen über Mechanik, Birkhäuser, Basel, 1977

Kalın basılmış **Marti, P., Autographie-Blätter (101-0113) (ETHZ ders notları) Baustatik I, ETHZ** temel literatürdür.

5. Konu İndeksi**B**

Bası çubuğu	16
Basit Temel haller	15
Burulma momenti	9

Ç

Çeki çubuğu	16
-------------------	----

D

Denge Denklemleri	10
Dik kuvvet	8
Dik üçgende açı tablosu	9
Dik üçgende kenar oranları	11

E

Eğilme momenti	8
Etki fonksiyonları	17

H

Hareketli yatak	7
Hareketsiz yatak	7

K

Konum fonksiyonları	17
Koordinat Sistemi	7
Kuvvet dağılımı	9

M

Mafsal bağlantıları	7
Moment dağılımı	9

N

Normal kuvvet	8
---------------------	---

O

Ön işaret kuralı	8
Özel noktalar	7

P

Portafo uç	7
------------------	---

R

Rijit bağlantılar	7
-------------------------	---

S

Sabit yatak	7
Sağ el kuralı	8
Sanal Mafsal	7
Serbestlik derecesi	10

Y

Yer yer belirleme metodu	17
--------------------------------	----