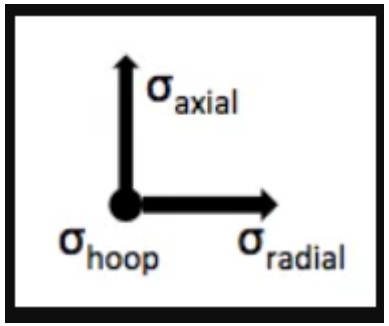
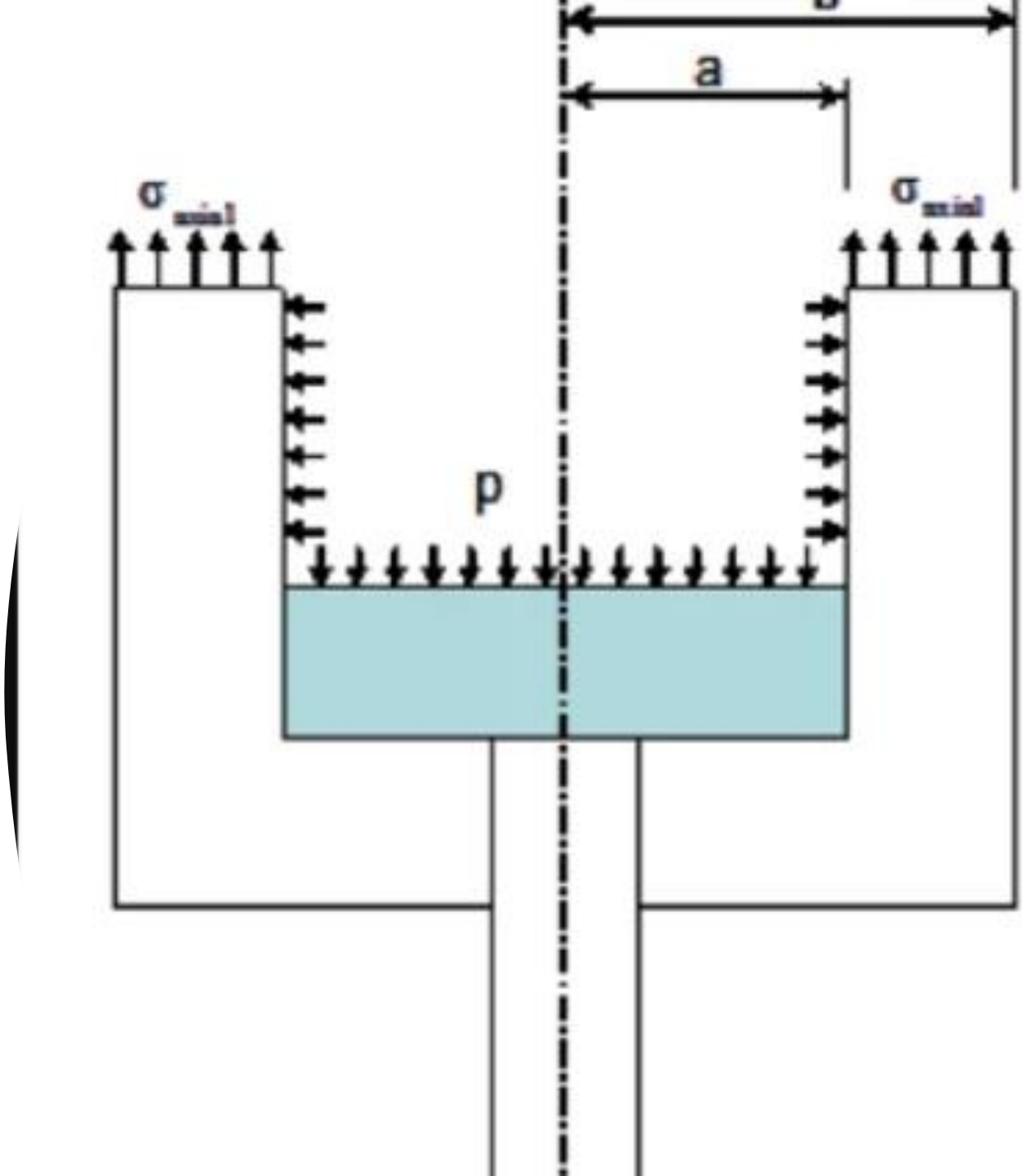
Ansys structural ile güvenli kazan tasarımı

Dr. Öğr. Üyesi Cemil Koyunoğlu
Enerji Sistemleri Mühendisliği Öğretim Üyesi
Yalova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi

Sorun Tanımı

- Yandaki basınçlı, kalın cidarlı hidrolik silindiri göz önüne alalım. Aşağıdaki şekil, orta düzlem boyunca bir kesiti göstermektedir.
- Silindirik Koordinatlarda Gerilme Yönleri





Analiz

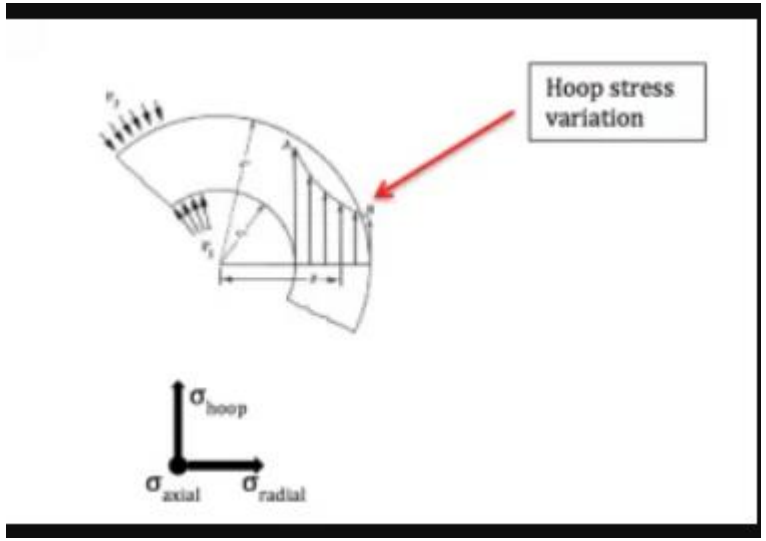
- σhoop, çevresel yönde (bu düzlem dışında)
- a = iç yarıçap = 1.5 inç
- b = dış yarıçap = 2 inç
- Silindirlerin uzunluğu 18 inç olarak kabul edilsin ve kap içerisindeki basınç 1000 psi olsun. Burada, silindirlerin orta uzunluğunda (9 inçte) halka, eksenel ve radial gerilmeleri bulma konusunda ilgileneceğiz, burada kapakların yerel etkilerini yok sayıyoruz.
- İki ve üç boyutlu analizlerden elde edilen sonuçları, ince cidar ve kalın cidar yaklaşımları için teorik formüllerle karşılaştırın.
- Not: Bu problem malzeme seçimi gerilme üzerinde etkide bulunmayacaktır; sadece deplasmanları ve gerilmeleri etkileyecektir.

Ön Analiz

- İnce ve kalın cidarlı silindirlerdeki gerilmeler için denklemler, birçok malzeme mekaniği kaynağında bulunabilir ve burada a = iç yarıçap, b = dış yarıçap, r = gerilmenin bulunacağı radial konum ve t = cidar kalınlığı ile özetlenmiştir.

	Thin-wall	Thick-wall
Hoop Stress	$\sigma_\theta = \frac{pa}{t}$	$\sigma_\theta = \frac{pa^2\left(r^2+b^2\right)}{r^2\left(b^2-a^2\right)}$
Axial Stress	$\sigma_{ax} = \frac{pa}{2t}$	$\sigma_{ax} = \frac{pa^2}{b^2-a^2}$

- Dikkat edilmesi gereken bir husus, kalın cidar teorisinde halka gerilmesinin radial pozisyon ile değiştiğidir, oysa ince cidar teorisunda gerilmenin sabit olduğu varsayılmıştır. Halka gerilme kalın cidar denkleminde r'nin yerine a ve b'nin yerine konulmasıyla, gerilmenin iç yüzeyde daha büyük olduğunu ikna edici bir şekilde gösterir. Kalın cidarlı kaplardaki halka gerilme değişimi şu şekilde tasvir edilebilir (görüntü, basınçlı kapın üstünden bakıldığında görülen görüntüye karşılık gelir)



- Verilen parametreler ve halka gerilmesi için yukarıdaki formüller kullanılarak, ince cidar ve kalın cidar yaklaşımlarıyla elde edilen maksimum halka gerilmesinin sırasıyla 3000 psi ve 3571 psi olduğunu buluyoruz. Bu, %16'lık bir farka denk gelir ve bu da ince cidar teorisinin bu geometri için yeterli olmayabileceğini gösterir. İnce cidar teorisi, aslında b/a oranı 1.10'dan küçük olduğunda iyi sonuçlar verir, ancak burada durum böyle değildir.
- Aksiyal gerilmelerin her iki teori için de radyusa bağlı olmadığından sabit olduğunu göz önüne alın. Bu örnekte, ince cidar ve kalın cidar yaklaşımları sırasıyla 1500 psi ve 1285 psi üretir.
- İç ve dış yüzeylerdeki radial gerilmeler, sınır koşullarından çıkarılabilir:
- Dış yüzeydeki radial gerilme, serbest bir yüzeyde çekişin sıfır olduğu için 0 psi'dir.
- İç yüzeydeki radial gerilme ise -1000 psi'dir çünkü uygulanan normal çekişe (radial yönlendirme burada aynı zama normal yöndür) eşit olmalıdır. Negatif işaret, uygulanan çekişin basınçlı olduğunu gösterir.

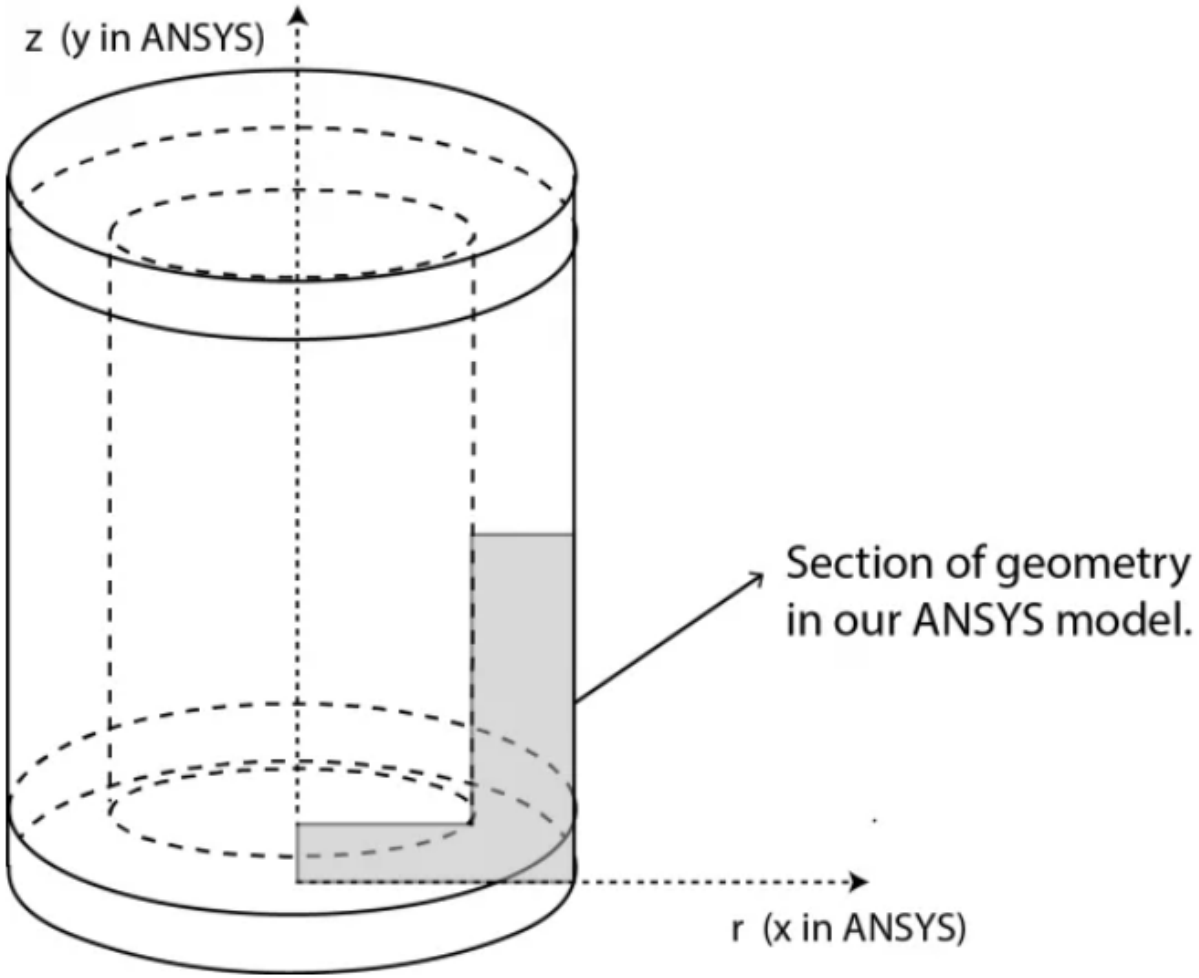
Yandaki tablolar, bu yaklaşımların sonuçlarını göstermektedir

		FEA Axisymmetric	Thin-Wall Equation	Thick-Wall Equation
HOOP STRESS (psi)	Inner Surface	?	3000	3571.4
	Outer Surface	?	3000	2571.4
AXIAL STRESS (psi)	(Constant for both theories)	?	1500	1285.7

		FEA Axisymmetric	Boundary Conditions
RADIAL STRESS (psi)	Inner Surface	?	-1000
	Outer Surface	?	0

Eksik bilgileri doldurmak için Ansys simülasyonları kullanarak eksen simetrisi analizi yapacağız. Ardından, Ansys simülasyonunun sayısal sonuçlarını analitik sonuçlarla karşılaştıracağız.

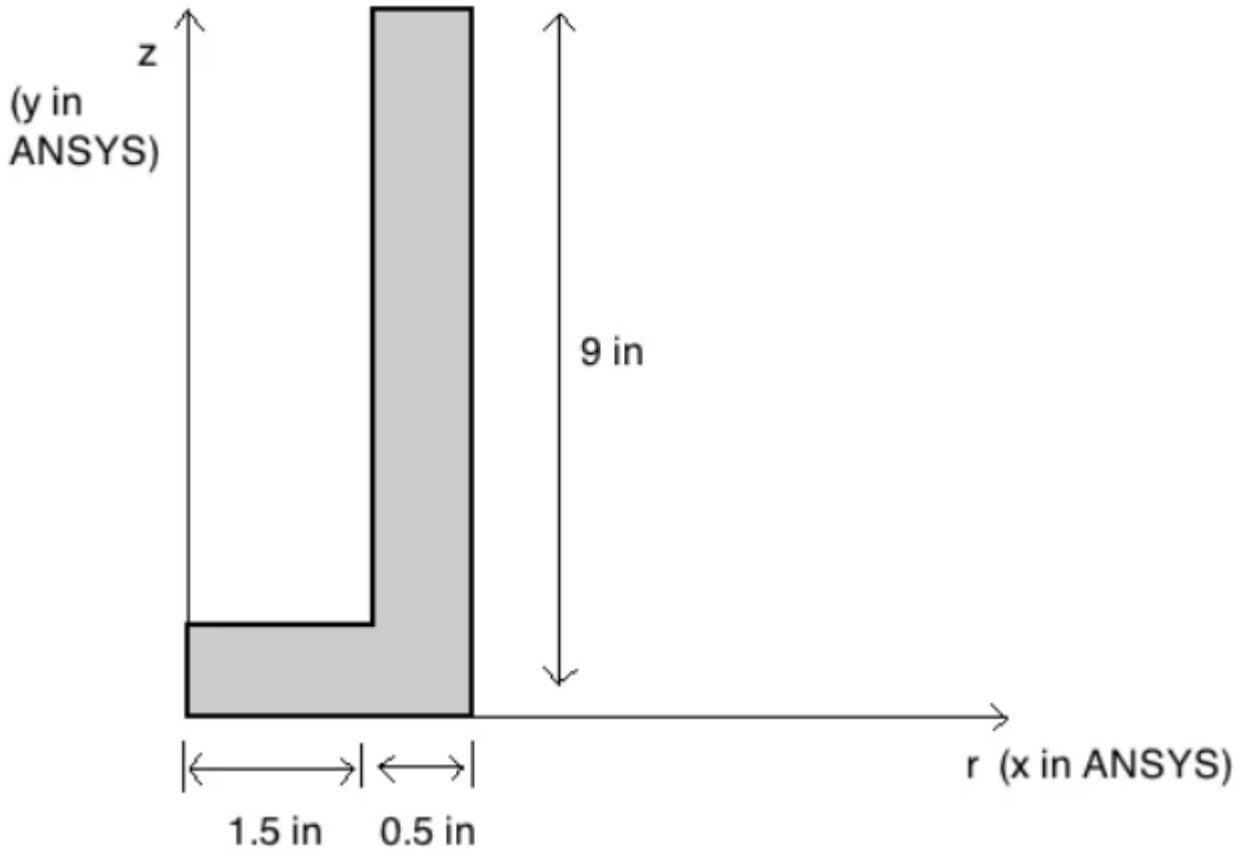
Eksen simetrik modeller için silindirik polar koordinatları (r, θ, z) kullanırız ve θ yönde herhangi bir değişiklik olmaz. Bu nedenle, aşağıda gösterildiği gibi (r, z) düzleminde bir dilim modelleyebiliriz.



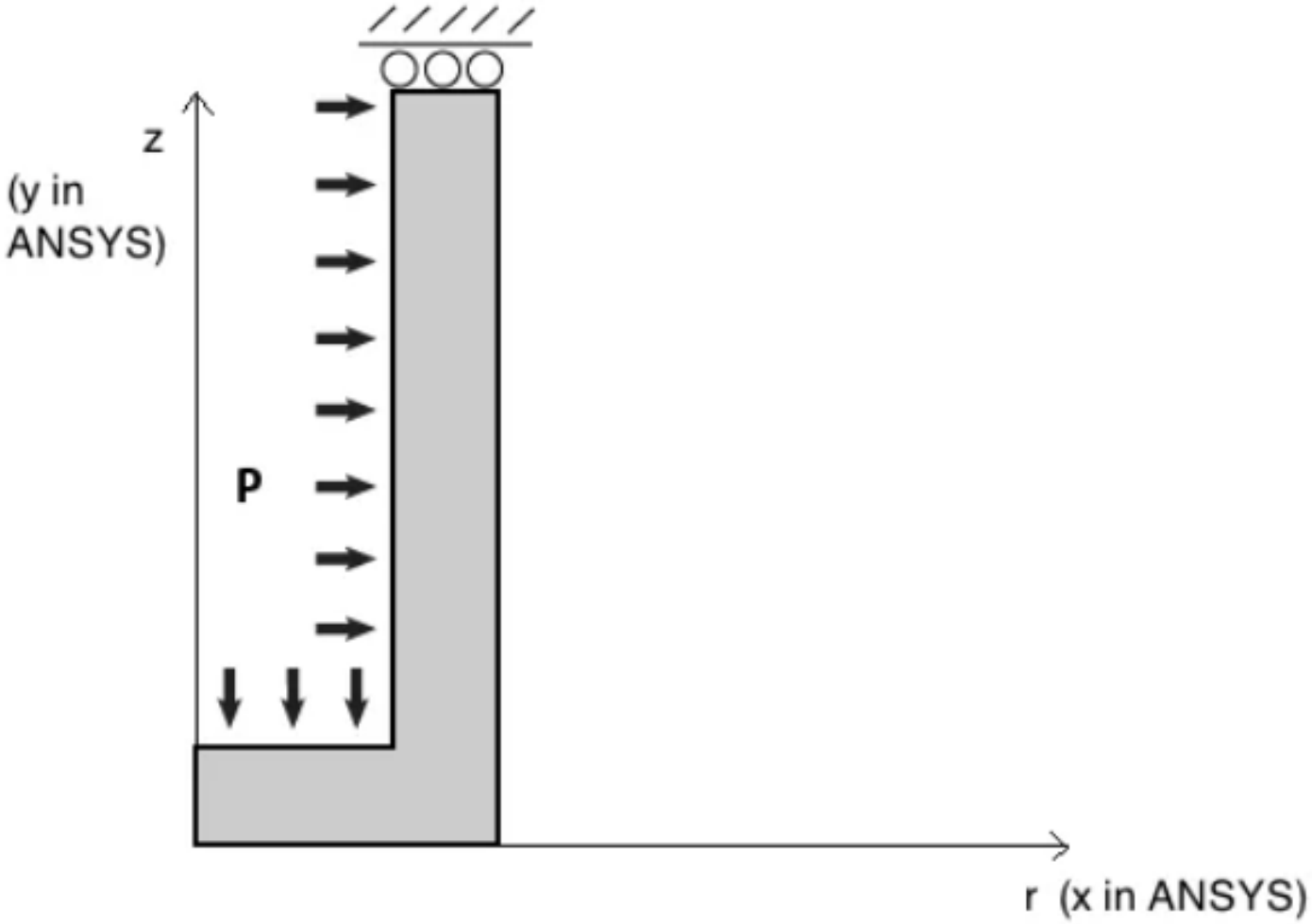
- Ansys'te, radial yönlendirme x (r yerine) ve aksiyal yönlendirme y (z yerine) olarak adlandırılır. Kafa karıştırıcı! Eksen simetrik bir analizde, Ansys'teki yönlendirmeleri 'x' ve 'y' yerine radial ve aksiyal olarak düşünmenizi öneririz.
- Ansys'teki eksen simetrik modeller için y ekseni her zaman simetri ekseni olacaktır. İlgili 3D geometri, 2D kesiti y ekseni etrafında 360° döndürerek oluşturulabilir (Bu adımı Sayısal Sonuçlar aşamasında gerçekleştireceğiz).
- Aşağıda modellememiz gereken 2D geometri bulunmaktadır

Modelin toplam uzunluğunun sadece yarısını modellenmesi için simetriyi kullanıyoruz.

İlk olarak bir taslağı oluşturacak ve ardından bu taslağı kullanarak bir 'yüzey gövdesi' oluşturacağız. 'Yüzey gövdesi', mesh uygulayabileceğimiz ve sınır koşullarını uygulayabileceğimiz bir alan demektir. Aşağıdaki video, taslağı ve yüzey gövdesini oluşturmak için izlenmesi gereken adımları göstermektedir.



Fiziksel Ayarlar, Aşağıda modele uygulayacağımız sınır koşulları bulunmaktadır



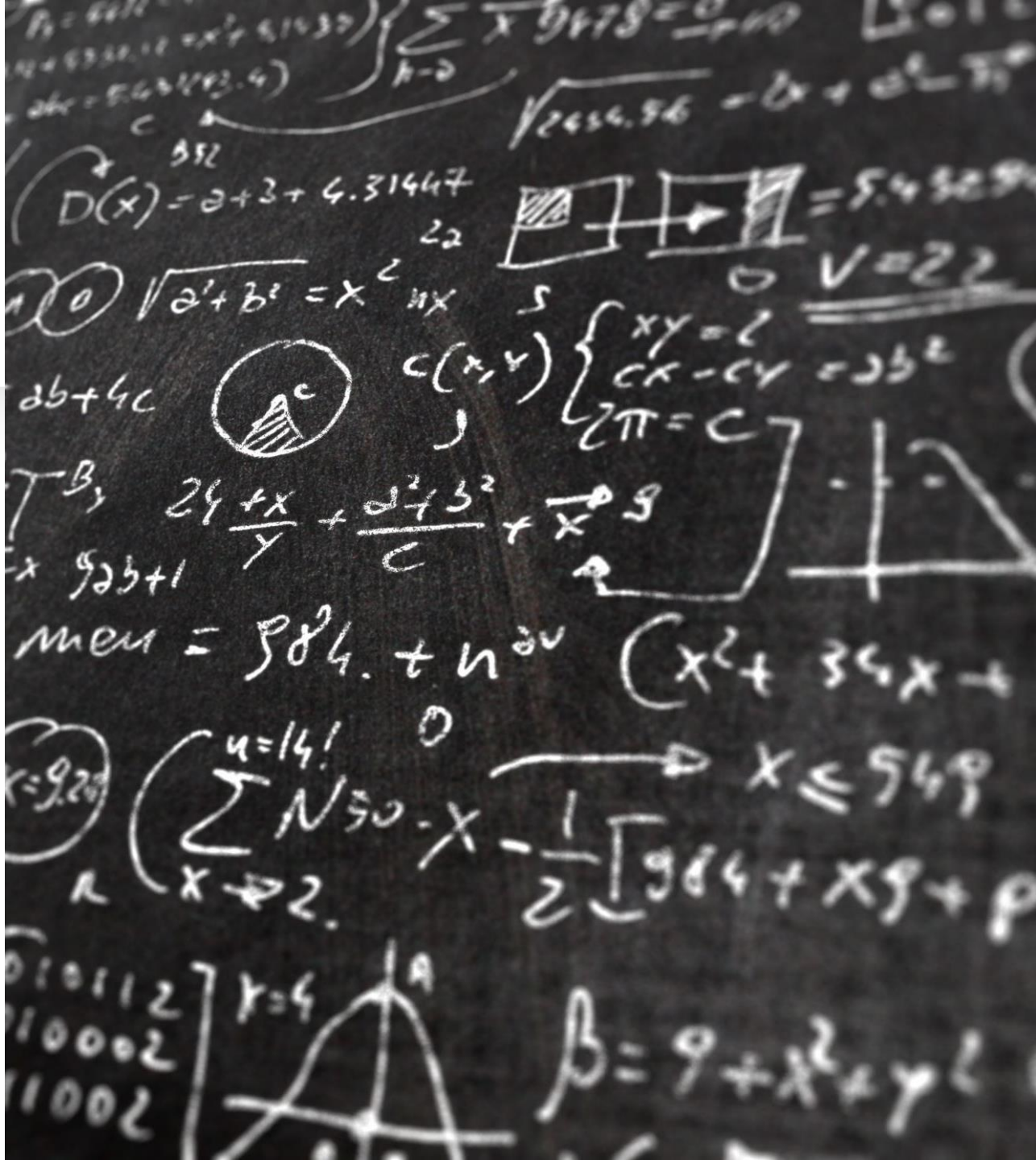
Üst kenardaki simetri sınır koşulu, aksiyel (y) yönde sıfır yer değiştirme anlamına gelir. Üst kenar, silindirin orta uzunluğunda yer aldığından ve yalnızca yarısını modellediğimizden bir simetri düzlemi temsil eder. Ansys yazılımında, bu simetri sınır koşulunu "Sürtünmesiz destek" kullanarak uygularız.

Eksen simetrik bir modelde, radial yönde rijit cisim hareketini önlemek için yer değiştirme kısıtlamalarına gerek yoktur, çünkü radial yer değiştirme yapısal olarak direnç gösterilen genişleme/contraction'ı temsil eder.

Aşağıdaki video, problem fiziklerini belirtmenin (aksisimetril analiz, malzeme özellikleri - Young'ın modülü ve Poisson oranı - ve sınır koşulları) ve bu ayarların sonradan sayısal çözüm elde edilirken eleman formülasyonuna nasıl beslendiğini göstermektedir.

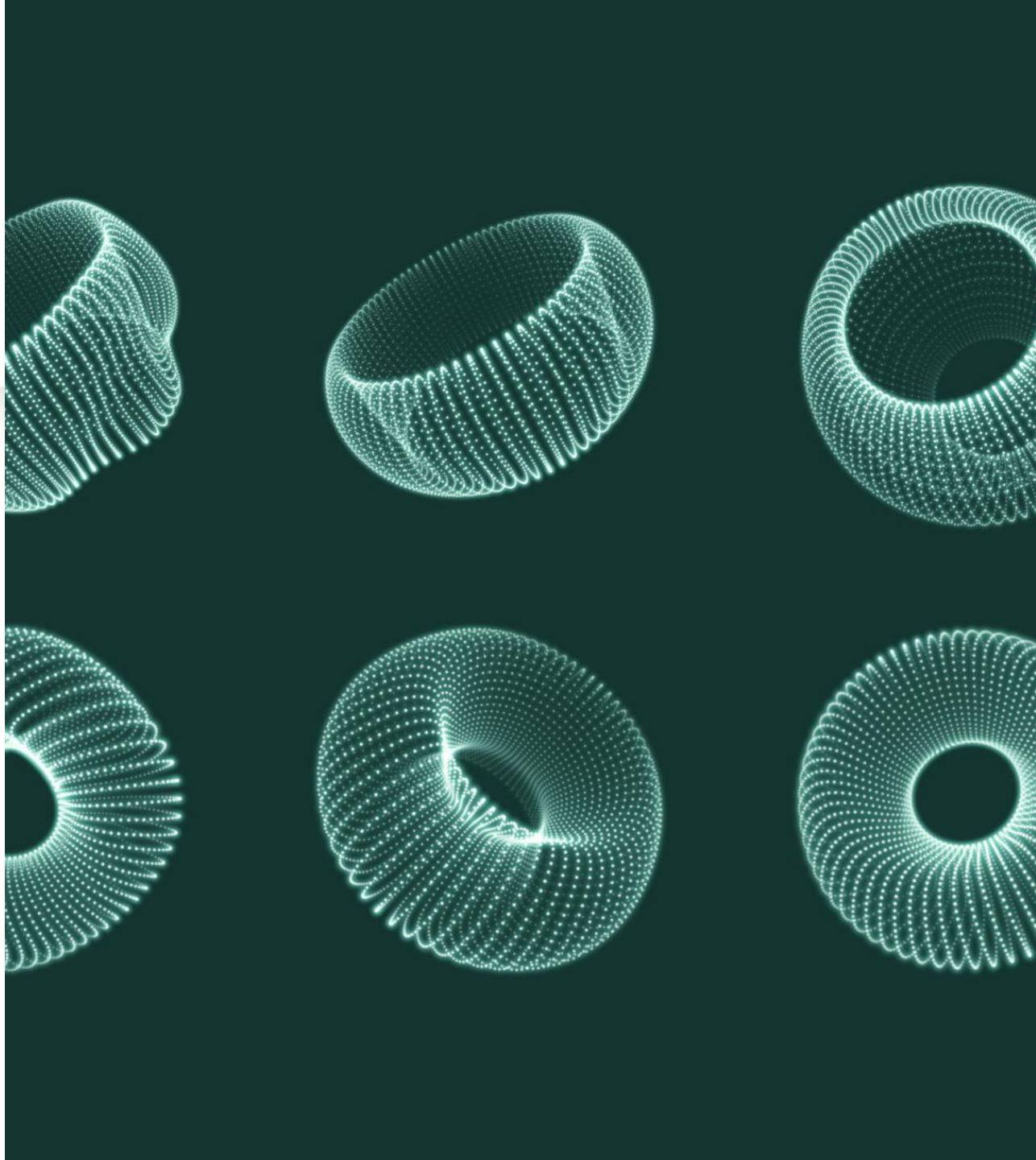
Nümerik çözüm

- Sayısal çözümü elde etmek için Çöz düğmesine tıklanır. Ansys yazılımı, her eleman için rijitlik matrisini oluşturdu, global rijitlik matrisini birleştirdi ve nodal yer değiştirmelerini elde etmek için tersine çevirdi. Bu, Ansys çözücünün gerçekleştirdiği hesaplamanın büyük bir kısmını oluşturur. Şekil bozulması ve gerilmeler gibi bir sonraki inceleyeceğimiz tüm sonuçlar, bu nodal yer değiştirmelerinden türetilmiştir.

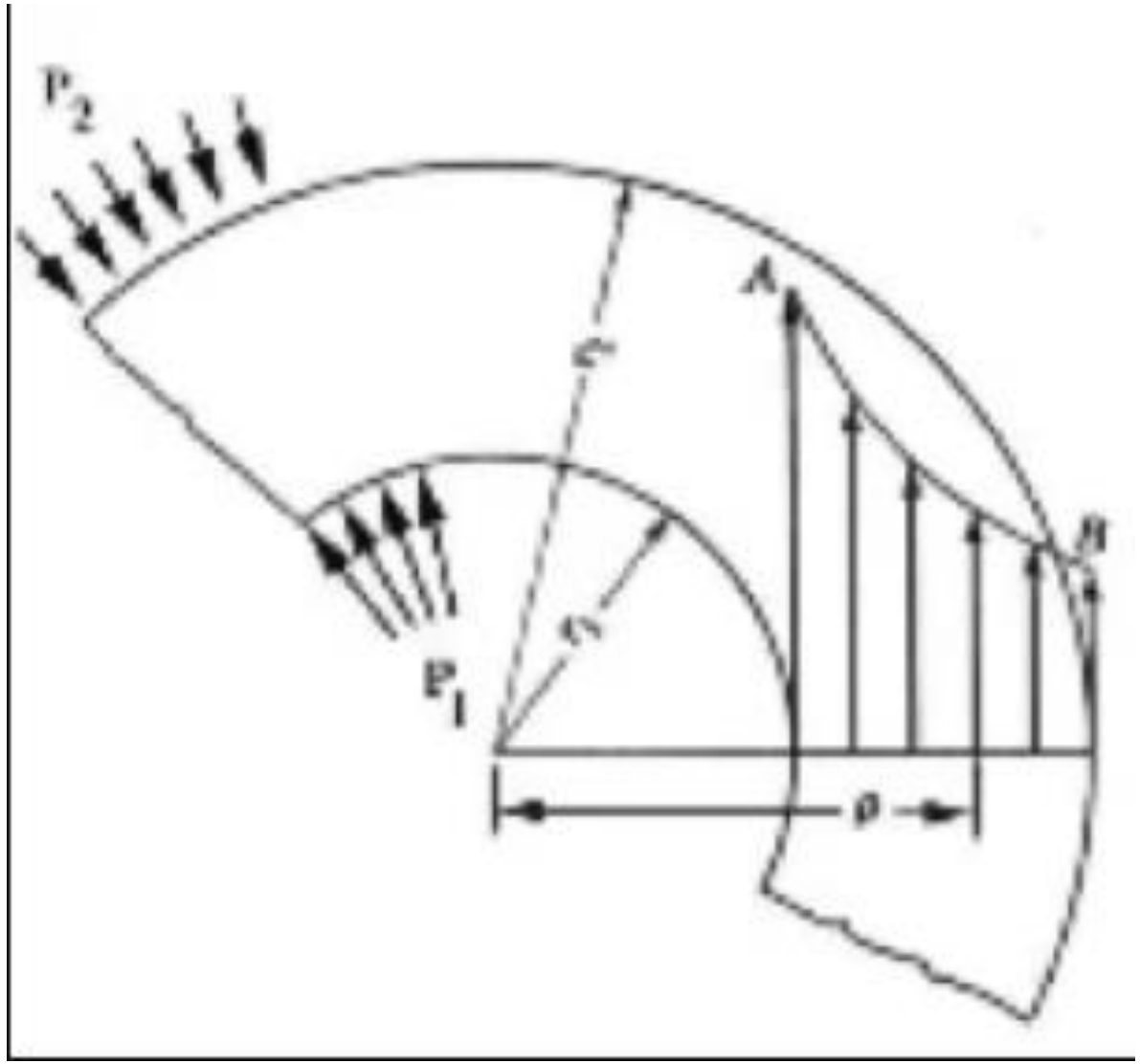


Nümerik sonuçlar

- Halka, aksiyel ve radial gerilmeler benzer bir şekilde bulunabilir.
- Halka gerilmesini grafiksel olarak temsil etmenin ilginç bir yolu, Ansys yazılımındaki "path" aracını kullanmaktır. Aşağıdaki video, gerilmenin yarıçapa bağlı olarak nasıl görüntüleneceğini göstermektedir, tam olarak aşağıdaki şekilde olduğu gibi.



'Path' aracı aynı zamanda üst kenar boyunca aksiyel ve radial gerilmeleri göstermek için de kullanılabilir.



Doğrulama ve onaylama

- Sonuçları kontrol etmek için formal bir süreç olarak düşünülebilir. Daha önce şekil bozulması üzerinde bazı sağlıklı kontrol etmeler yaptık. Başka bir temel kontrol, sonuçların ağı ayrıştırıldıkça nasıl değiştiğini belirlemeyi içerir.

TEŞEKKÜRLER

cemil.koyunoglu@yalova.edu.tr