



SELÇUK
ÜNİVERSİTESİ

T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
KİMYA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

KİMYA MÜHENDİSLİĞİ LABORATUVARI-II
BORU EK PARÇALARINDA MEKANİK ENERJİ
KAYIPLARI
VE
KAYIP KATSAYISI HESAPLANMASI

Şubat-2015
KONYA

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	v
SİMGELER VE KISALTMALAR	vi
1. GİRİŞ	1
2. MATERYAL VE YÖNTEM	2
2.1. Ekipman	2
2.2. Deneysel Çalışma	2
2.2.1. Bir ek parçasındaki toplam kaybın ölçülmesi.....	2
2.2.2. Dirsek ve çap değişim bölgelerindeki akışın karakteristiği	4
2.2.3. Deneyin yapılışı	6
3. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA	7
3.1. Hesaplamalar	7
KAYNAKLAR	10

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

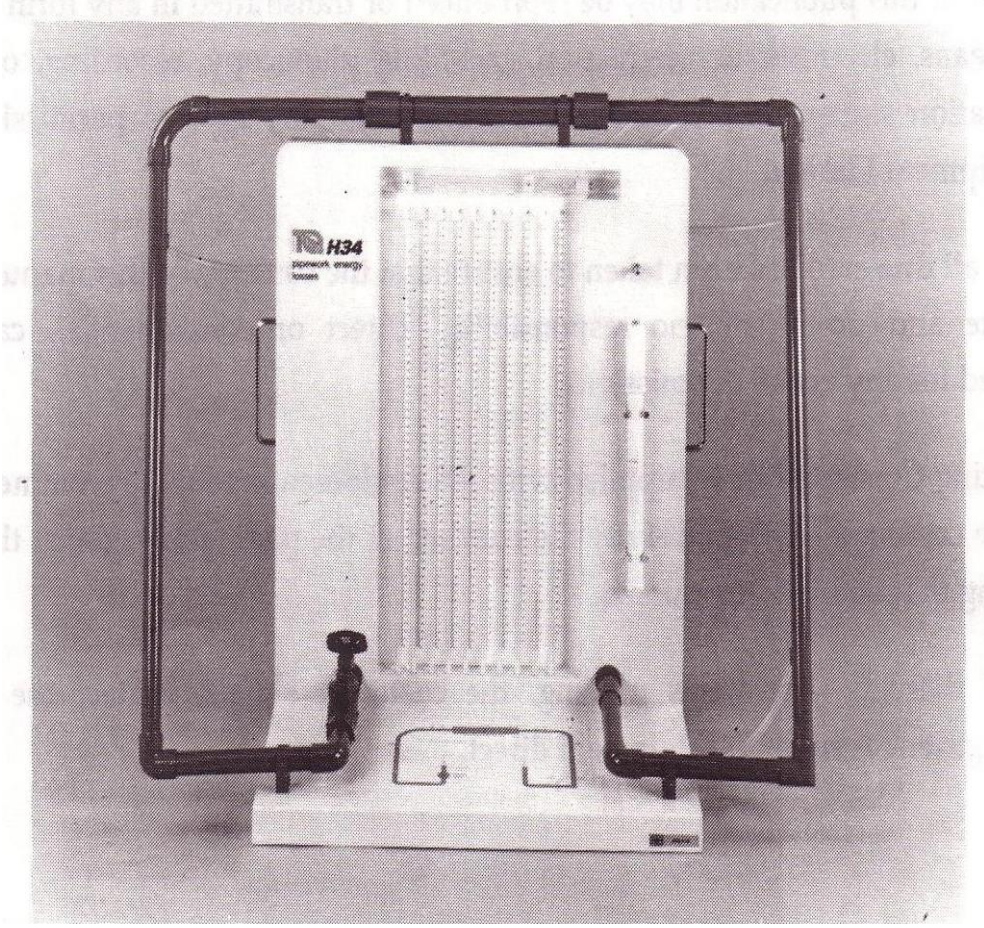
V	Ortalama akış hızı (m/s)
D	Çap (m)
R	Yarıçap (m)
Δh	Basınç değişimi (mm su)
ΔH	Toplam yük kaybı (mm su)
K	Kayıp katsayısı
Re	Reynolds sayısı
Q	Hacimsel akış hızı (m ³ /s)
A	Boru yüzey alanı (m ²)
ρ	Yoğunluk (g/cm ³)

1. GİRİŞ

Birçok boru akış sistemi dirsek, çap değişim-birleşme yerleri ve vana gibi ek parçaları içerir. Bu tip ek parçaların akış alanını ve yönünü değiştirmesi, sistemde boru duvarlarından kaynaklanan sürtünme kayıpları yanında ek enerji kayıplarına yol açar. Genellikle ek parçalarından kaynaklanan bu kayıplar büyüktür ve dikkate alınması gerekir (McCabe, 1993). Bu deneyde değişik akış hızları için, çeşitli tip ek parçalarından kaynaklanan enerji kayıpları incelenecektir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Ekipman



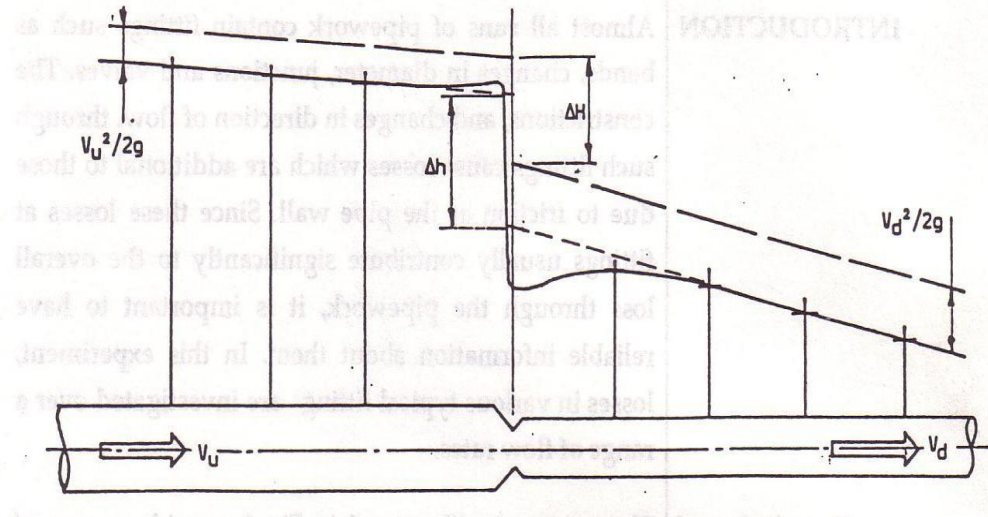
Şekil 2.1. Akış sisteminin genel görünüşü

Sert plastik bileşenlerden imal edilmiş sistem Şekil 2.1’de gösterilmiştir. Su, boru girişine hidrolik tezgâhtan beslenmekte ve çıkışta tezgâhtaki ölçüm tankına boşalmaktadır. Boru boyunca birer tane 90° köşeli dirsek, 90° dirsek, 90° büyük yarıçaplı dirsek ve boru çapında ani genişleme ve daralma kısımları bulunmaktadır. Basınç ölçmek amacıyla her ek parçasının 4 boru çapı mesafede iki tarafından çok tüplü manometreye bağlantı yapılmıştır. Sistemdeki akış hızı boru çıkışı yakınındaki vana aracılığıyla ayarlanabilmektedir.

2.2. Deneysel Çalışma

2.2.1. Bir ek parçasındaki toplam kaybın ölçülmesi

Şekil 2.2’de suyun V_u hızıyla (ortalama hız) D_u çapındaki borudan kesit alanının daraldığı bir noktaya akışı görülmektedir. Bu daralma noktası aynı şekilde bir vana veya dirsek olabilirdi. Daralmadan sonra akışkan D_d çapındaki borudan V_d hızıyla (ortalama hız) akmaya devam etmektedir. Şekil 2.2, boru boyunca basınç ve toplam enerji değişikliğini göstermektedir. Ek yerinden çok önce akış profili akış boyunca korunmakta ve değişmemektedir. Buna “gelişimini tamamlamış boru akışı” denir. Bu kısımdaki basınç değişiminin sebebi boru duvarından kaynaklanan sürtünmedir ve değişim küçük ve sabit bir hızla gerçekleşir. Buna karşın ek yerine yakın yerlerde, akış yönündeki ve hızındaki ani değişimlerden dolayı, basınçta keskin değişim ve akış düzeninde bozulmalar meydana gelir. Ek bölgesinden sonra akış ilerledikçe bu akışı bozan etkiler sönümleşir ve basınç değişim çizgisi asimptotik olarak doğrusal değişim halini alır. Akış tekrar “gelişimini tamamlamış akış” durumuna döner.



Şekil 2.2. Boru ek parçasındaki kayıp şematik görünümü

Şekil 2.2’ de ek parçasından kaynaklanan basınç değişimi Δh olarak görülmektedir. Kinetik enerji değişimini de dikkate alarak toplam enerji değişimine karşılık gelen yük değişimi şöyle olacaktır;

$$\Delta H = \Delta h + (V_u^2/2g) - (V_d^2/2g) \quad (2.1)$$

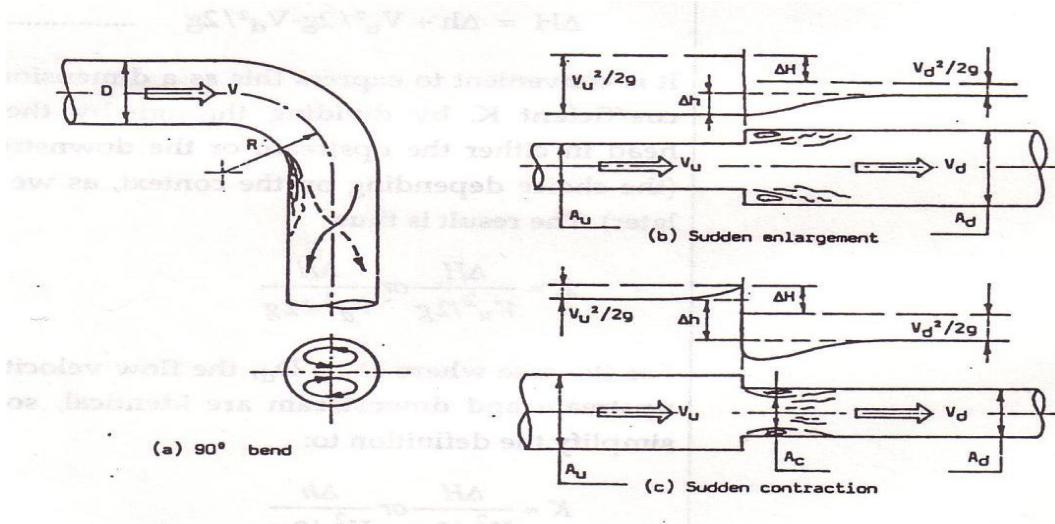
Ek yerinde çap değişimi yoksa ($D_u=D_d$) akış hızı sabit kalacaktır ($V_u=V_d=V$). Bu durum için boyutsuz “kayıp katsayısı” K şöyle tanımlanır;

$$K = \Delta H / (V^2/2g) = \Delta h / (V^2/2g) \quad (2.2)$$

Yüksek doğrulukta ölçüm yapabilmek ve basınç değişim çizgilerinin düz olduğu kısımlardan veri alabilmek için boru boyutunun yeterince uzun (60 boru çapından fazla) olması gerekir. Kullanılan sistem küçük boyutlu olduğu için bu mümkün değildir fakat basınç ölçüm noktalarının akışın ciddi şekilde bozulduğu kısmın dışına konması, makul doğrulukta Δh değeri okumak için yeterli olacaktır.

2.2.2. Dirsek ve çap değişim bölgelerindeki akışın karakteristiği

Şekil 2.3a, sabit D çapına sahip 90° lik dirsekteki akışı göstermektedir. Bükümün yarıçapı R dir. Dirseğin iç yüzeyindeki basınç en düşük, dış yüzeyindeki en yüksek olacak şekilde, büküm içerisindeki radyal basınç değişimi nedeniyle akış eğim kazanmakta ve şekilde görüldüğü gibi girdap(vortex) şeklinde ikincil akışlar oluşturmaktadır. Bu nedenle dirsek çıkışında ve bir miktar boru boyunca da ikili spiral akış gözlenir. Ayrıca basınç değişimi ve merkezkaç kuvvetlerin etkisiyle akışın boru duvarından ayrılışı ve türbülent burgaçların oluşumu görülür. Bu etkilerin ve akış düzensizliklerinin sonucu olarak bükümün olduğu bölgede önemli enerji kayıpları gerçekleşecektir. K kayıp katsayısı R/D oranının bir fonksiyonudur. Bu oranın artması bükümün keskinliğini ve K değerini azaltacaktır. R/D nin mümkün en küçük değeri 0,5 dir ve bu durumda K değeri genellikle 1,4 civarındadır. R/D 2 veya 3'e kadar yükseltildiğinde K değeri 0,2 ye kadar inecektir. K değeri ayrıca Reynolds sayısına da zayıf şekilde bağlıdır, fakat çoğu uygulamada bu ihmal edilebilir.



Şekil 2.3. Dirsek, ani genişleme ve ani daralmadaki akış (H34 Losses in Pipe Fittings)

Şekil 2.3b, akış alanındaki ani genişlemeyi göstermektedir. Küçük çaplı borudan çıkan akış jet oluşturmakta ve duvardan ayrılmaktadır. Bunun sonucu oluşan türbülent karışma toplam enerjide düşüğe neden olmaktadır. Buna karşın alan genişlemesinden dolayı akışkanın basıncı artmaktadır. Genişlemenin başlangıcındaki basıncı küçük borudan çıkan jetinkine eşit kabul edersek, genişlemenin başlangıcı ile akışın tekrar oturduğu kesitler arasında aşağıdaki momentum denkliği yazılabilir;

$$m (V_d - V_u) = p_u A_d - p_d A_d = A_d (p_u - p_d) \quad \text{ise} \quad (2.3)$$

$$(p_u - p_d) = (m / A_d) (V_d - V_u) = \rho \cdot V_d (V_d - V_u)$$

Bu iki kesit arasındaki Bernoulli denkliği şöyle olacaktır;

$$(p_u / \rho) + (V_u^2 / 2) - h_{tesisat} = (p_d / \rho) + (V_d^2 / 2) \quad (2.4)$$

Momentum denkliğinden elde edilen $p_u - p_d$ terimi eşitlik 2.4'de yerine konursa

$$h_{tesisat} = (V_u - V_d)^2 / 2 \quad (2.5)$$

ve toplam yük kaybı şöyle gösterilebilir;

$$\Delta H = (V_u - V_d)^2 / 2g \quad (2.6)$$

Basıncıdaki yükselme;

$$\Delta h = V_d (V_u - V_d) / g \quad (2.7)$$

olacaktır. Süreklilik eşitliğinden yararlanarak K kayıp katsayısı;

$$K = [(V_u - V_d)^2 / 2g] / (V_u^2 / 2g) = [1 - (V_d / V_u)]^2 = [1 - (A_u / A_d)]^2 \quad (2.8)$$

olacaktır ve değeri sıfır ile 1.0 arasında değişecektir.

Son olarak Şekil 2.3c'deki ani daralmayı inceleyelim. Burada da akışın dar bölgeye girince boru duvarından ayrıldığı görülmektedir. Bir jet oluşumu ve ilerleyen akışla enerji kayıpları yaratan türbülent difüzyon ve karışma söz konusudur. Dolayısıyla kayıplar daralmış jet alanı A_c den A_d boru alanına genişleme sırasında olmaktadır. Ani genişlemedeki gibi toplam yük kaybı;

$$\Delta H = (V_c - V_d)^2 / 2g \quad (2.9)$$

Ve K kayıp katsayısı;

$$K = [(V_c - V_d)^2 / 2g] / (V_d^2 / 2g) = [(V_c / V_d) - 1]^2 = [(A_d / A_c) - 1]^2 \quad (2.10)$$

olacaktır. Daralma için K değeri daralma oranına göre sıfır ile 0.44 arasında değer alacaktır.

K için deneysel eşitlik şöyledir;

$$K = 0,4(1 - (A_d / A_u)) \quad (2.11)$$

2.2.3. Deneyin yapılışı

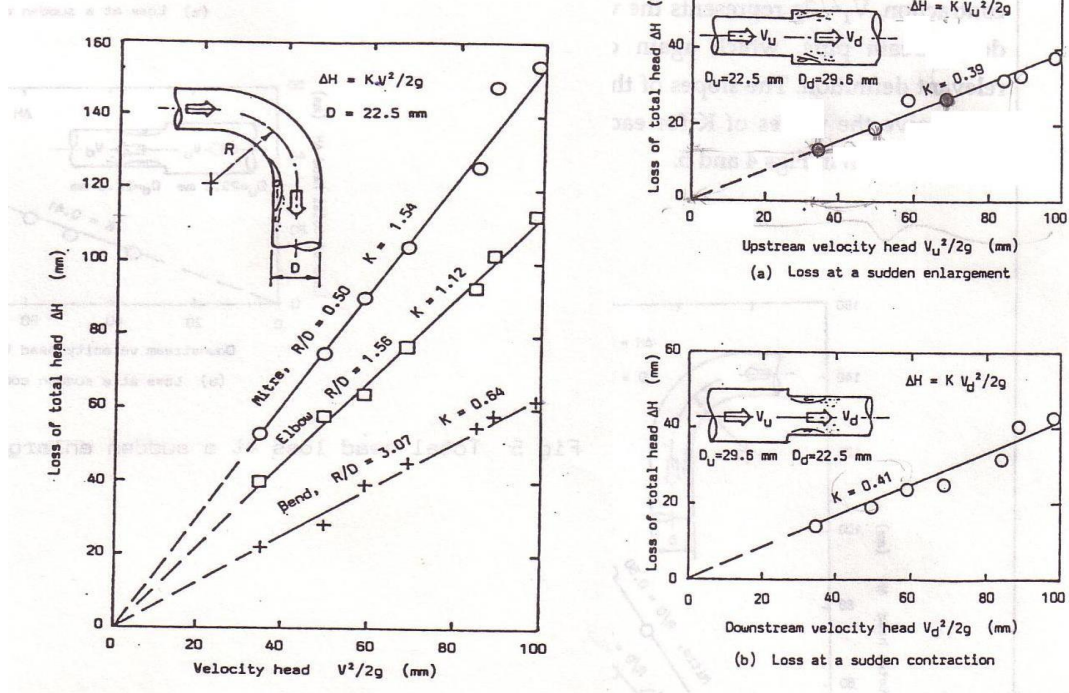
Çıkışa yakın kısımdaki vanayı sonuna kadar açın, sistemin fişini takarak pompayı çalıştırın. Su bir süre döndükten sonra, vanayı az açık konuma getirip sistemdeki havanın manometrelerden çıkışını sağlayın. Bunun için manometrelerin bağlı olduğu sübabı gevşeterek ayarlama yapın. Daha sonra bisiklet pompasıyla sübaptan hava basarak manometre seviyelerini aşağı uygun konuma indirin. Şimdi çıkış vanasını, manometre düzeyleri okunacak aralıkta kalacak şekilde, dikkatli bir şekilde yavaşça açın ve mümkün olan en yüksek değere getirin. Ek parçaları için manometre yükseklik farklarını ve belli bir miktar suyun ölçüm tankında toplanması için gerekli zamanı kaydediniz (akış hızı için). Aynı ölçümleri vanayı kısarak ayarlanacak altı ayrı akış hızı için tekrarlayın. Akış hızı azaltılınca, manometre değerlerini okuma sınırları içinde tutabilmek için, manometrelere daha fazla hava basmak gerekebilir

Sonra, küçük ve büyük çaplı borular için akış hızları ve karşılık gelen kinetik enerji-yük terimleri hesaplanır (Tablo 3.2). Bu değerlerden ve okunan basınç farklarından yararlanarak, ek parçalarındaki toplam yük kaybı hesaplanır. Daralma ve genişleme kısımları için toplam yük kaybı, alan değişikliğine bağlı hız değişiminden ötürü manometreden okunan değerden farklı olacaktır (Eşitlik-1'e bakınız).

Tablo 3.2					Toplam yük kaybı ΔH (mm su)				
Hacimsel akış hızı Q (m ³ /s)	V ₁ (m/s)	V ₂ (m/s)	V ₁ ² /2g (mm)	V ₂ ² /2g (mm)	Köşeli Dirsek 1-2	Normal Dirsek 3-4	Ani genişleme 5-6	Ani daralma 7-8	Büyük çaplı dirsek 9-10

Kayıp Katsayılarının (K) Hesaplanması

Her ek parçasının kayıp katsayısını hesaplamak için, Tablo 3.2'deki toplam yük kaybına karşı küçük çaplı borudaki kinetik enerji terimi ($V_1^2/2g$) grafiğe geçirilir. Grafikteki veri noktaları için orijinden geçen bir doğru çizilir. Doğruların eğimleri Şekil- 4 'de görüldüğü gibi her ek parçası için K değerini verecektir.



Şekil 3.1. Değişik yarıçaplardaki 90° lik dirsekler için (solda) ve ani genişleme-ani daralma için (sağda) kayıp katsayılarının (K) hesaplanması

KAYNAKLAR

H34 Losses in Pipe Fittings-User Manual, Tecquipment Limited, England.

W., McCabe, J., Smith, P., Harriott, 1993, Unit Operations of Chemical Engineering, 5th Ed.