

Geçiş Borularında Eksene Dik Kesitlerdeki Ortalama Hızın Değişimi

Mehmet ATILGAN, Mustafa GÖLCÜ

Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Denizli-TÜRKİYE

Geliş Tarihi: 18.10.1996

Özet: Geçiş boruları; su ve hava tünellerinde, turbomakinalarda, özellikle jet motorlarının giriş ağzında ve kuvvet santralleri boru sistemlerinde kullanılır. Geçiş parçalarındaki enerji kayıplarından dolayı bu borulardaki akışlar çok önemlidir. Geçiş borusunun giriş ve çıkış kesit alanları eşdeğer veya farklı olabileceği gibi konumları da farklı olabilir. Bu çalışmada; giriş ve çıkış kesitlerinin çevreleri üzerindeki karşılıklı noktalar arasında bir doğru boyunca sağlanan geçişlerde ideal durumdaki ortalama hız değişimleri incelenmiştir. Geçiş borusu boyunca ortalama hız değişimleri bütün geçiş şekilleri için sayısal olarak hesaplanmış ve hızın eksen boyunca değişiminin geçiş borusunun giriş ve çıkış kesit şekillerine ve bunların birbirine göre konumlarına bağlı olduğu görülmüştür. Giriş ve çıkış kesit şekilleri farklı olan eşdeğer kesit alanları arasındaki geçişlerde; örneğin dairesel kesit alanlı bir borudan kare kesit alanlı bir boruya geçişte v_x hız değerinin geçiş borusunun ortasına kadar azaldığı ve ortada minimum değeri aldıktan sonra çıkışta tekrar girişteki hız değerini alacak şekilde arttığı görülmüştür. Aynı zamanda lineer geçiş durumlarındaki hız değişimleri de her bir geçiş şekli için ayrı ayrı incelenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Geçiş Boruları, Alan ve Hız Değişimi, Lineer Geçiş

Variation of Average Velocity Through the Transition Pipes at Cross Sections Perpendicular to the Axis

Abstract: Transition ducts are used in water channel and wind tunnels, turbomachinery, especially aircraft air intakes and power station ducting systems. Due to significant energy losses, flow through these ducts are very important. Inlet and outlet sections of transition ducts may be equal or different as well as their positions. In this study, the variations of average velocity have been investigated in ideal cases where the transitions are based on straight-line generators from a point at one end to the corresponding at the other. Variations of the average velocity along the transition duct have been calculated for all transition types. The variations of the velocity along the axes observed that it depends only on inlet and outlet cross sectional shapes and their positions. The transition between equal sections having different inlet and outlet shape, e.g. from a circular section to a square section, it has been observed that the velocity value v_x decreases through the half of the duct length and increases to the inlet value at the outlet section. At the same time, the velocity variation in linear state have been investigated for every transition type.

Key Words: Transition Pipes, Area and Velocity Variation, Linear Transition

Giriş

Borulardaki akışlarda kesit şeklinin veya kesit alanının değişmesi durumunda örneğin; dirseklerde, birleşme ve ayrılmalarda v.s. enerji kayıpları meydana gelir. Öte yandan bazen dairesel veya dikdörtgen kesit alanlı boruları, dikdörtgen veya elips kesit alanlı borulara (veya tersi) bir geçiş borusu parçası ile birleştirmek durumu ile karşı karşıya kalınabilir. Yakın zamana kadar yapılan araştırmalarda sabit kesit alanlı dairesel olmayan borulara ait yük kayıpları ile ilgili çok sınırlı kuramsal ve deneysel çalışmalara rastlanmasına karşın [Jones (1976), Zarling (1976), Gessner ve

Emery (1977)] değişik kesit şekline sahip farklı kesit alanlı boruları birleştiren geçiş borularındaki yük kayıplarına ait çalışmalar hemen hemen yok denecek kadar azdır [Idel Chik (1966), Miller (1971)].

Uygulamada genel olarak hem kesit şekilleri ve hem de kesit alanları farklı veya aynı boruların birleştirilmesi durumları ile karşı karşıya kalınabilir. Örnek olarak, bir hava tünelineki santrifuj vantilatör çıkışından gelen havanın genel tünel boru sistemine giriş kesiti dikdörtgen, çıkış kesiti dairesel olan bir geçiş borusu vasıtası ile iletimi gösterilebilir. Bu geçişleri sağlamada bazen dikdörtgen, elips veya

daireesel kesitli boruları kare, dikdörtgen veya elips kesitli borulara bir geçiş borusu ile birleştirmek gerekebilir. Bu tür geçiş borularındaki akışlarda, düz borulardakine göre bazı farklılıklar görülecektir.

Öte yandan geçiş borusunun giriş ve çıkış kesit alanlarının birbirine nazaran konumları da farklı olabilir. Hidrolik makinalarda bu tür geçiş borularına çok rastlanır. Örneğin; bu geçiş boruları aksi tesir türbinlerinde çarktan gelen suyu boşaltma kanalına yani serbest atmosfere sevketmede yayıcı olarak, tesir türbinlerinde ise çark kepçelerine su hüzmesinin uygun koşullarda serbest atmosfer içinde sevkinde kullanılmaktadır. Bunlara ek olarak, pompaların girişinde emme borusunun salyangozla ve salyangoz çıkışında da basma borusu ile bağlantıları bu tür geçiş borularıyla yapılmaktadır. Bu nedenle geçiş borusu denince; hem boru sistemleri arasındaki geçişi sağlayan ve hem de akışkanı uygun biçimde hidrolik makinaları sistemine iletmeye veya hidrolik makinaları sisteminden uzaklaştırmada kullanılan boru parçaları akla gelmelidir. Bu geçiş borularının tasarımı için çeşitli yöntemler uygulanmış ve bu yöntemler arasında gerek yapım ve gerekse içindeki akış düzeni açısından bazı farklılıklar görülmüştür. Geçiş borularının tasarımı ile ilgili bazı çalışmalar yapılmış ve bunların yapım yöntemleri çeşitli kaynaklarda ayrıntılı olarak verilmiştir [Atılğan (1982), Dekam ve Calvert (1986)].

Bu çalışma, değişik kesit şekline ve kesit alanına sahip boruları birleştiren veya hidrolik makinaları ile boru sistemleri arasındaki geçişi sağlayan geçiş borularındaki eksene dik kesitlerdeki ortalama hız değişimleri üzerinedir. Bu ortalama hız; boru akışlarında akış çeşidini belirlemede kullanılan en önemli faktörlerden birisidir. Her türlü geçiş şekillerinde eksen boyunca herhangi bir x mesafesindeki eşdeğer çapı bulmak sureti ile bulunan bu ortalama hız değerinden istifade ederek başka bir çalışmada da, herhangi bir geçiş borusu boyunca Re sayısının her x mesafesindeki değeri sayısal olarak hesaplanabilir.

Geçiş Borularında Eksene Dik Kesitlerdeki Alan Değişimi

Geçiş borusunun giriş ve çıkış kesit geometrisi ne olursa olsun karşılıklı noktalar arasında geçişin lineer bir hat boyunca gerçekleşmesi koşulu ile geçiş borusunun eksenini boyunca herhangi bir x mesafesindeki boyutsuz alan değişimi,

$$\bar{A}_x = \frac{A_x}{A_1} = 1 + f_1(\alpha, \beta, K)\bar{x} + f_2(\alpha, \beta, K)\bar{x}^2 \quad (1)$$

genel denklemi ile ifade edilmiş olup farklı tipteki geçiş şekilleri için $f_1(\alpha, \beta, K)$ ve $f_2(\alpha, \beta, K)$ parametreleri

Tablo 1'de verilmiştir (Atılğan, 1988). Burada kullanılan parametreler giriş ve çıkış kesitlerinin büyük kenar veya eksenlerinin konumuna bağlı olarak değişmektedir.

Dikdörtgen Kesit Alanından Dikdörtgen Kesit Alanına Geçiş (Tablo 1 (A) ve (C)):

Tablo 1 (A) ve (C) de görüldüğü gibi giriş kesit alanı A_1 , kenar uzunlukları a ve b olan bir dikdörtgen kesit alanlı borudan, çıkış kesit alanı A_2 ve kenar uzunlukları c ve d olan diğer bir boruya geçişte; K alan oranı göstermek üzere,

$$A_1 = a.b \quad (2)$$

$$A_2 = c.d \quad (3)$$

$$K = A_2/A_1 \quad (4)$$

şeklinde tanımlanmıştır.

Giriş ve çıkış kesitlerinin uzun kenarlarının (eksenlerinin) birbirine göre konumlarının dik veya paralel olma durumlarına göre (1) denklemindeki $f_1(\alpha, \beta, K)$ parametresi Tablo 1'de verilmiş olup $f_2(\alpha, \beta, K)$ parametresi ise, $f_1(\alpha, \beta, K)$ 'ya bağlı olarak;

$$f_2(\alpha, \beta, K) = K - 1 - f_1(\alpha, \beta, K) \quad (5)$$

şeklinde ifade edilmiştir.

Elips Kesit Alanından Elips Kesit Alanına Geçiş (Tablo 1 (B) ve (D)):

$$A_1 = \pi.a.b \quad (6)$$

$$A_2 = \pi.c.d \quad (7)$$

Elips kesit Alanından Dikdörtgen Kesit Alanına Geçiş (Tablo 1 (E) ve (F)):

$$A_1 = \pi.a.b \quad (8)$$

$$A_2 = c.d \quad (9)$$

şeklinde tanımlanmıştır.

Bütün geçiş şekillerindeki $f_2(\alpha, \beta, K)$ parametresi için (5) denklemi geçerli olmaktadır. Herbir geçiş şekli için α ve β 'ya bağlı olarak bir "t" terimi tanımlanmış olup, $f_1(\alpha, \beta, K)$ parametresi $f_1(t, K)$ şeklinde ifade edilmiştir (Tablo 1) ve buna bağlı olarak (5) nolu denklemindeki $f_2(\alpha, \beta, K)$ parametresini ise,

$$f_2(t, K) = K - 1 - f_1(t, K) \quad (10)$$

şeklinde tanımlamak mümkündür.

Lineer Geçiş Şartı

Geçiş borularının alan değişimi incelendiğinde, $K=1$ olması halinde daima bir maksimumdan geçmektedir. O halde $K=1$ için sabit kesit alanlı lineer geçişin sağlandığı özel durumlar hariç lineer bir geçiş şeklinin

söz konusu olmayacağı ortadadır. Bu arada $K=1$ için her iki uçtaki kesit şekilleri farklı olan geçişlerde; örneğin dairesel kesit alanından kare kesit alanına geçişte lineer bir geçiş durumu söz konusu olmayacaktır.

Deneyisel çalışma sonuçlarından, eksene dik kesitlerdeki alan değişiminin lineer veya buna yakın olması durumlarında yük kayıplarının daha düşük olduğu belirlenmiştir (Atılğan ve Bilgin 1988). Bu nedenle geçiş borularının tasarımında bu koşulları sağlayan geometrik boyutların belirlenmesi gerekmektedir. O halde (1) denklemi ile verilen alan değişiminin lineer olabilmesi için ikinci dereceden ifadenin sıfır olması gerekir. Yani;

$$f_2(\alpha, \beta, K) = 0 \text{ veya } f_2(t, K) = 0 \quad (11)$$

olacaktır. Böylece (10) denkleminde

$$f_1(t, K) = K-1 \quad (12)$$

bağıntısı elde edilir. Alan değişimi de,

$$\bar{A}_x = 1 + f_1(t, K)\bar{x} \quad (13)$$

şeklindedir.

Tablo 1'deki $f_1(t, K)$ eşitlikleri ile (12) denklemi eşitlenerek, elde edilen denklemden K değeri çözülür.

Buradan ikinci dereceden bir denklem elde edilir ve iki tane kök bulunur. Böylelikle, çeşitli geçiş durumları için lineerlik bağıntıları t parametresini içerecek şekilde ifade edilmiş olur (Atılğan, 1990). (Burada t parametresinin, geçiş borusunun giriş ve çıkış parametreleri α ve β 'ya bağlı olarak değiştiği unutulmamalıdır).

Geçiş Borularında Eksene Dik Kesitlerdeki Ortalama Hız Değişimleri

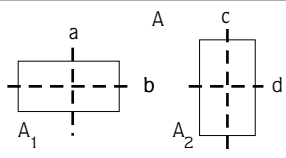
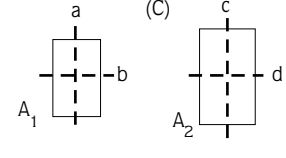
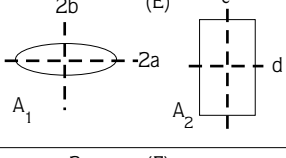
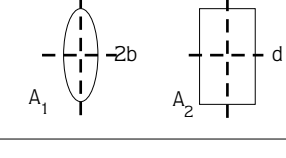
Daha önce de belirtildiği gibi geçiş borularındaki alan değişimi tamamen geometriye ve geçiş şekline bağlı olarak değişmektedir. Geçiş borularında eksene dik kesitlerdeki ortalama hız değişimlerine gelince; v_x , geçiş borusunun herhangi bir x mesafesindeki ortalama hızı, A_x ise x mesafesindeki alanı göstermek üzere süreklilik denkleminde;

$$A_1 v_1 = A_x v_x \quad (14)$$

ve buradan ortalama hız,

$$v_x = (A_1/A_x) v_1 \quad (15)$$

şeklinde elde edilir. Daha önce alan değişimi boyutsuz olarak ifade edilmişti. Aynı şekilde ortalama hız da

GEÇİŞ ŞEKİLLERİ		$f_1(\alpha, \beta, K)$	$f_1(t, K)$
	(B)	$\frac{1+\alpha\beta}{\sqrt{\alpha\beta}} \cdot \sqrt{K-2}$	$\frac{1+t}{\sqrt{t}} \cdot \sqrt{K-2}$ $t = \alpha\beta$ $0 < t \leq 1$
	(D)	$\frac{\alpha+\beta}{\sqrt{\alpha\beta}} \cdot \sqrt{K-2}$	$\frac{1+t}{\sqrt{t}} \cdot \sqrt{K-2}$ $t = \alpha/\beta$ $0 < t < \infty$
		$2 \cdot \left[\frac{1+\alpha\beta}{\sqrt{\alpha\beta\pi}} \cdot \sqrt{K-1} \right]$	$2 \left[\frac{1+t}{\sqrt{t\pi}} \cdot \sqrt{K-1} \right]$ $t = \alpha\beta$ $0 < t \leq 1$
		$2 \cdot \left[\frac{\alpha+\beta}{\sqrt{\alpha\beta\pi}} \cdot \sqrt{K-1} \right]$	$2 \left[\frac{1+t}{\sqrt{t\pi}} \cdot \sqrt{K-1} \right]$ $t = \alpha/\beta$ $0 < t < \infty$

Tablo 1. Geçiş Borularının Kesit Şekilleri ve Konumlarına Bağlı Olarak Geçiş Parametrelerinin Tanımı

Not: Tüm geçiş şekilleri için $0 < \alpha \leq 1$ ve $0 < \beta \leq 1$ alınacaktır. Yine geçiş şekillerine göre; $\alpha = a/b$ veya $\alpha = 2a/2b$; $\beta = c/d$ veya $\beta = 2c/2d$ şeklinde tanımlanmış olup $K = A_2/A_1$ 'dir.

boyutsuz olarak ifade edildiğinde $\bar{v}_x = \frac{v_x}{v_1}$; (15) nolu denklem,

$$\bar{v}_x = \frac{1}{1+f_1(t, K)\bar{x} + f_2(t, K)\bar{x}^2} \quad (16)$$

halini alır.

Buradan da görüldüğü gibi geçiş borusunun herhangi bir x mesafesindeki ortalama hız, α ve β 'ya bağlı olan t ile K değerlerine sahip bir geçiş borusunun, giriş ve çıkış geometrisine ve birbirine nazaran konumuna (giriş ve çıkış kesitlerinin büyük eksen veya kenarlarının birbirine göre dik veya paralel olma durumlarına) bağlı olmaktadır. O halde K'ya bağlı olarak geçişler farklı kesit alanları arasında ($K \neq 1$) olduğu gibi eşdeğer kesit alanları ($K=1$) arasında da gerçekleşebilir. Bu nedenle K, geçiş durumlarını belirlemede en etken büyüklük olmaktadır. Bu şekilde bütün geçiş şekilleri için \bar{v}_x boyutsuz ortalama hız değişim grafiklerini elde etmek mümkündür.

Şekil 1a ve 1b'de görüldüğü gibi dikdörtgen kesit alanından dikdörtgen kesit alanına geçişte giriş ve çıkış kesitlerinin büyük eksenlerinin birbirine göre dik veya paralel olma durumlarına göre farklı değerler almaktadırlar. Aynı şekilde Şekil 2a ve 2b'de de görüldüğü gibi elips kesitten dikdörtgen kesite geçişte de eksenlerin birbirine göre paralel veya dik olma durumlarına göre farklı değerler almış olup her iki geçiş şeklinde (dikdörtgenden dikdörtgene veya elipsten dikdörtgene); dik konum için $0 < t \leq 1$, paralel konum için $0 < t < \infty$ aralığı geçerli olmaktadır. Her iki geçiş şeklinde de genel olarak; dik konum için aynı K değerlerinde t değerlerinin artmasıyla ($t=0.05$ $K=0.5$, $t=0.25$ $K=0.5$) hız eğrilerinde bir artış görülmekte fakat farklı değerler almaktadır. Aynı şekilde paralel konum için de aynı K değerlerinde t değerlerinin artmasıyla ($t=0.2$ $K=1$, $t=1$ $K=1$) hız eğrilerinde bir artma görülmekte fakat şunu belirtmek gerekir ki; Şekil 1b'de görüldüğü gibi $t=1$ $K=1$ için $\bar{v}_x =$ sabit kalmakta fakat Şekil 2b'de ise $t=1$ $K=1$ için hız değeri bir minimum değerden geçmektedir. Bu tür geçişlerde bazı geçiş durumları için hız değerleri aşağıdaki örnekte gösterilmiştir.

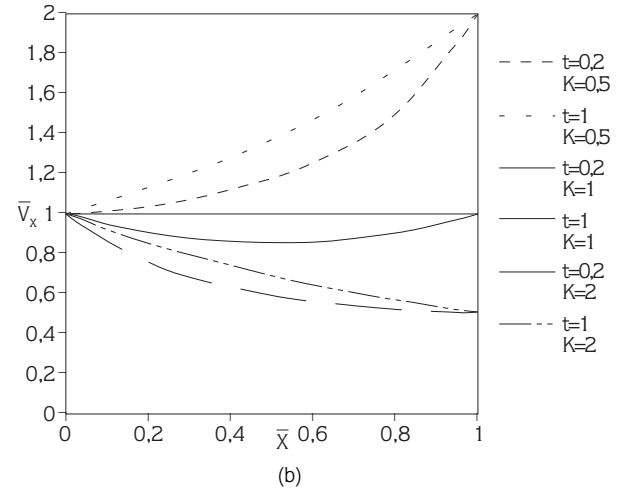
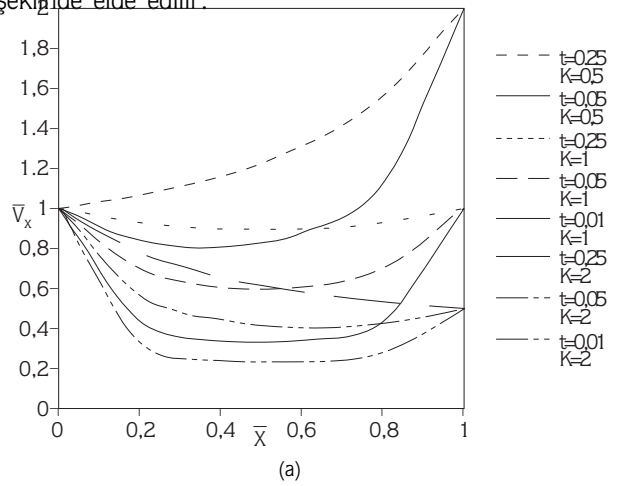
Örnek: $t=0.25$ $K=1$ durumunda, dikdörtgen kesitten dikdörtgen kesite geçişte dik konum için $\bar{v}_x=0.8888$, elips kesitten dikdörtgen kesite geçişte dik konumda ise $\bar{v}_x=0.8298$ minimum değerini aldıktan sonra artarak çıkışta girişteki değerine ulaşmaktadır. $t=0.2$ $K=1$ durumunda ise, dikdörtgen kesitten dikdörtgen kesite geçişte paralel konum için $\bar{v}_x=0.8541$, elips kesitten dikdörtgen kesite geçişte paralel konumda ise $\bar{v}_x=0.7952$ minimum değerini aldıktan sonra yine artarak çıkışta girişteki değerine

ulaştığı görülmüştür.

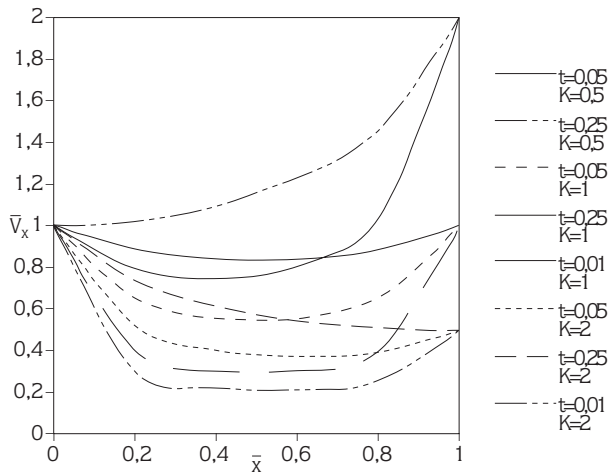
Kare kesit alanından kare kesit alanına veya daire kesit alanından daire kesit alanına geçiş ile (Şekil 3) daire kesit alanından kare kesite geçişte (Şekil 4) $\alpha=1$ ve $\beta=1$ olmasına rağmen hız değişimlerinde farklılıklar görülmektedir. Kare kesit alanından kare kesit alanına veya daire kesit alanından daire kesit alanına geçişte; $K=1$ için $\bar{v}_x=1$ sabit değerini almaktadır. Bu tür bir geçiş şeklinde hız değişimi sadece geçiş borusunun K değerlerine bağlı olacaktır. Böyle bir geçiş şeklinde hız değerlerinin değişim grafikleri K'ya bağlı olarak Şekil 3'te gösterilmiş olup bu hız değişiminin genel ifadesi,

$$\bar{v}_x = \left[\frac{2}{2 + f_1(K)\bar{x}} \right]^2 \quad (17)$$

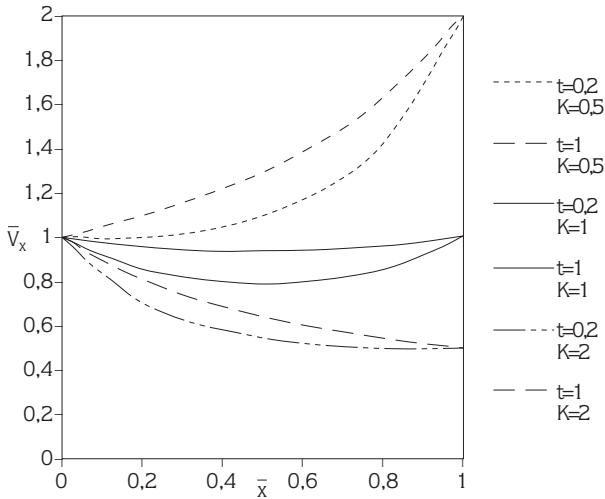
şeklinde elde edilir.



Şekil 1. Dikdörtgen kesitten dikdörtgen kesite geçişte boyutsuz hız değişimi: a) Giriş ve çıkış kesitlerinin uzun kenarları birbirine dik konumda b) Giriş ve çıkış kesitlerinin uzun kenarları birbirine paralel konumda



(a)



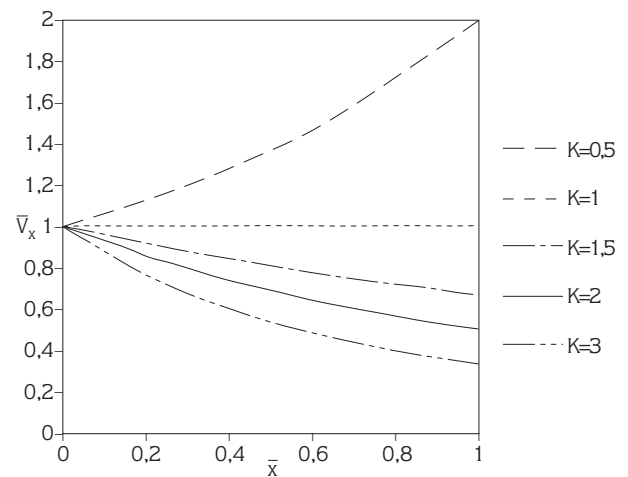
(b)

Şekil 2. Elips kesitten dikdörtgen kesite geçişte boyutsuz hız değişimi: a) Giriş ve çıkış kesitlerinin uzun kenarları birbirine dik konumda b) Giriş ve çıkış kesitlerinin uzun kenarları birbirine paralel konumda

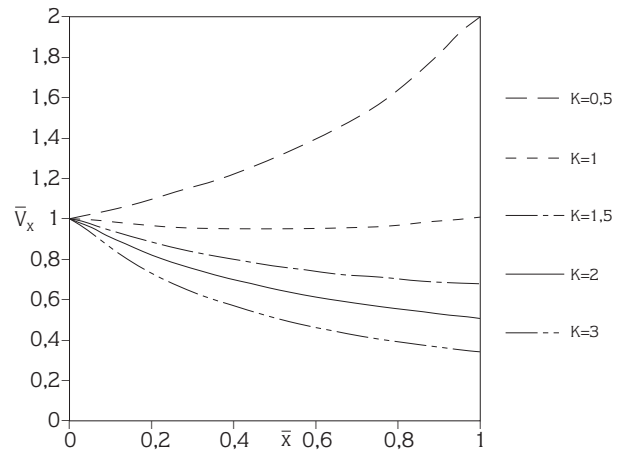
Daire kesit alanından kare kesit alanına geçişte ise $K=1$ olması halinde; $\bar{x}=0,5$ noktasında $v_x=0,93967$ minimum değerini aldıktan sonra artan değerlerle çıkışta girişteki değerini aldığı görülmüştür ve bu değerlerin değişimi ise Şekil 4'te gösterilmiş olup bu tür bir geçiş şeklinde genel olarak hız değişimini,

$$\bar{v}_x = \frac{1}{1 + 0.2568 (\bar{x} - \bar{x}^2)} \quad (18)$$

şeklinde yazmak mümkündür.



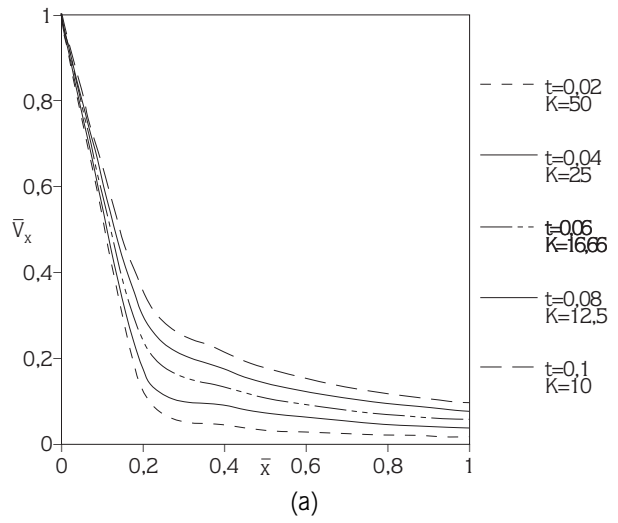
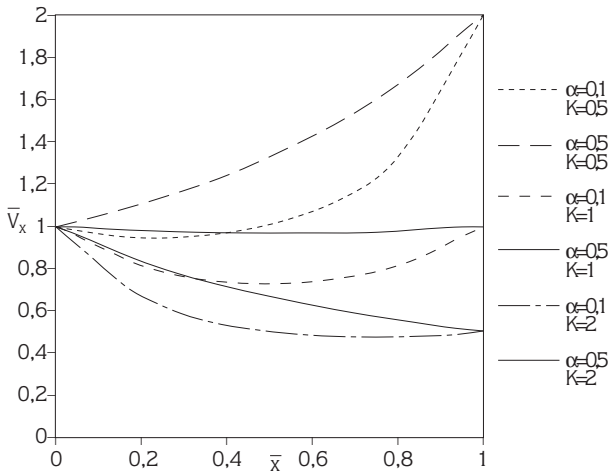
Şekil 3. Kare kesit alanından kare kesit alanına veya daire kesit alanından daire kesit alanına geçişte boyutsuz hız değişimi



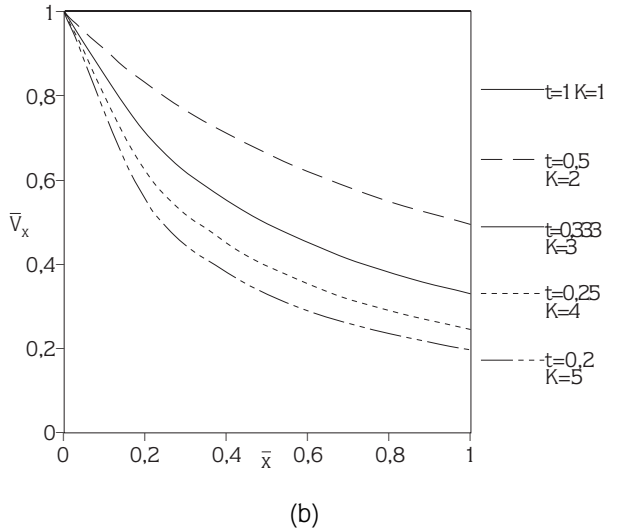
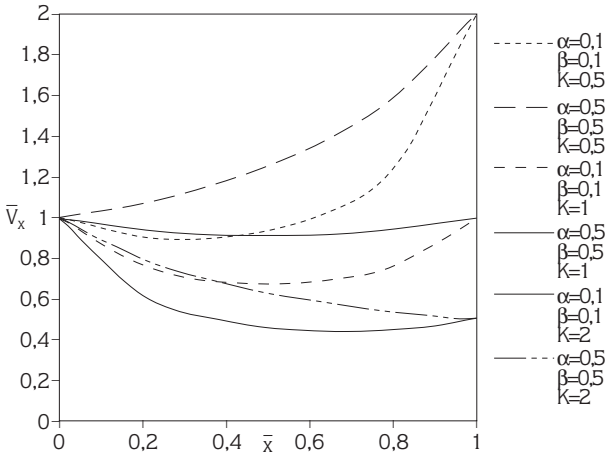
Şekil 4. Daire kesit alanından kare kesit alanına geçişte boyutsuz hız değişimi.

Dikdörtgen kesitten kare kesite geçiş ile elips kesitten daire kesite geçişte $f_1(\alpha, K)$ parametresi aynı olduğu için Şekil 5'de de görüleceği üzere aynı α ve K değerlerinde aynı hız değişim grafikleri elde edilir. Burada da aynı şekilde $K=1$ için α değeri ne olursa olsun hız değeri bir minimum değerden geçecektir. Fakat α değerinin artması ile bu minimum nokta daha yüksek bir değer alacaktır.

Şekil 6'dan da görüleceği üzere hız değişimleri elips kesitten kare kesite geçişte α ve K 'ya daire kesitten dikdörtgen kesite geçişte ise β ve K değerlerine bağlı olarak aynı hız değişim grafikleri elde edilmiştir. Örneğin; $\alpha=0.1$ $K=0.5$ ile $\beta=0.1$ $K=0.5$ için aynı hız değerleri elde edilmiştir.



Şekil 5. Dikdörtgen kesitten kare kesite veya elips kesitten daire kesite geçişte boyutsuz hız değişimi



Şekil 6. Elips kesit alanından kare kesit alanına veya daire kesit alanından dikdörtgen kesit alanına geçişte boyutsuz hız değişimi

Şekil 7. Lineer geçiş durumunda dikdörtgen kesitten dikdörtgen kesite geçişte boyutsuz hız değişimi: a) Giriş ve çıkış kesitlerinin uzun kenarları birbirine dik konumda b) Giriş ve çıkış kesitlerinin uzun kenarları birbirine paralel konumda ($K > 1$) için

Lineer Geçişte Eksene Dik Kesitlerdeki Ortalama Hız Değişimleri

Geçiş borusunun giriş ve çıkış parametrelerine bağlı olarak alandaki değişimler bundan önceki yapılan çalışmalarda ele alınmıştır [Atılgan (1982), Atılgan (1989)]. Bu değişimler parametrelere bağlı olarak incelendiğinde; (16) nolu denklemde; $f_2(t, K) = 0$ ise alan değişimlerinde bir lineerlik söz konusu olacak fakat v_x boyutsuz ortalama hız değişimlerinde bir lineerlik söz konusu olmayacaktır. Lineer geçiş durumunda hız ifadesi (16) nolu denklemden;

$$\bar{v}_x = \frac{1}{1 + f_1(t, K) \bar{x}} \quad (19)$$

şeklinde elde edilir. (12) nolu denklem (19) nolu denklemde yerine konarak hız değişim ifadesi;

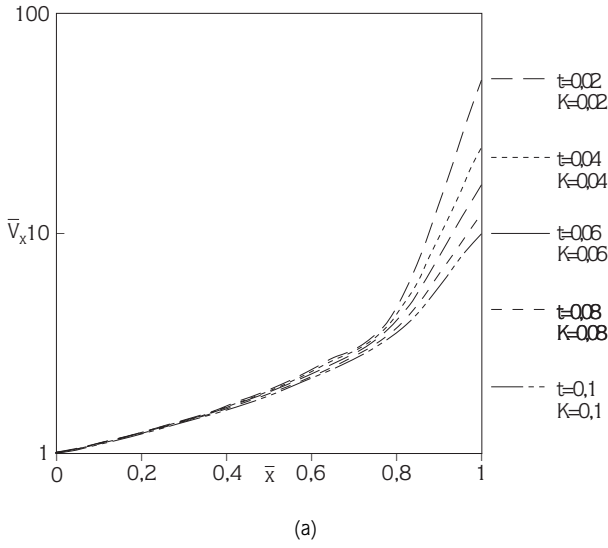
$$\bar{v}_x = \frac{1}{1 + (K-1) \bar{x}} \quad (20)$$

halini alır.

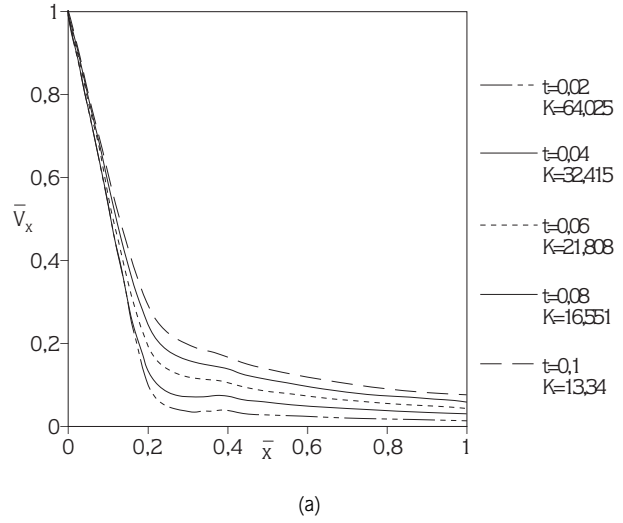
Elde edilen bu denklemden yararlanarak farklı giriş ve çıkış kesitlerine sahip geçiş borularındaki lineer

durumdaki hız değişim grafikleri elde edilir. Burada alınan K değerleri lineer geçişi sağlayan K değerleridir. Bu koşullar altında $K>1$ ise geçiş borusu iki boyutlu bir yayıcıyı temsil ederken $K<1$ olması halinde de iki boyutlu sürekli daralan bir boru halini alır. $K=1$ olması halinde ise $(f_1(t,K) = 0; (20)$ nolu denklemden $\bar{v}_x=1$ elde edilir. Bu durumda geçiş borusu sabit dikdörtgen, kare veya daire kesit alanlı bir boruya indirgenmiş olur.

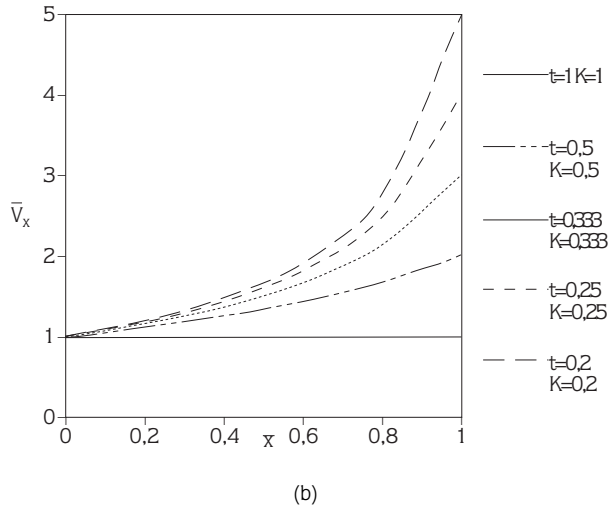
Dikdörtgen kesit alanından dikdörtgen kesit alanına geçişte, giriş ve çıkış kesitlerinin uzun kenarları birbiri-



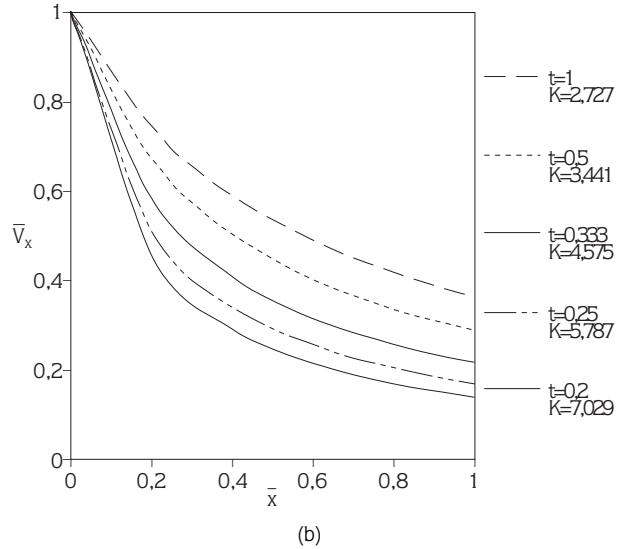
(a)



(a)



(b)



(b)

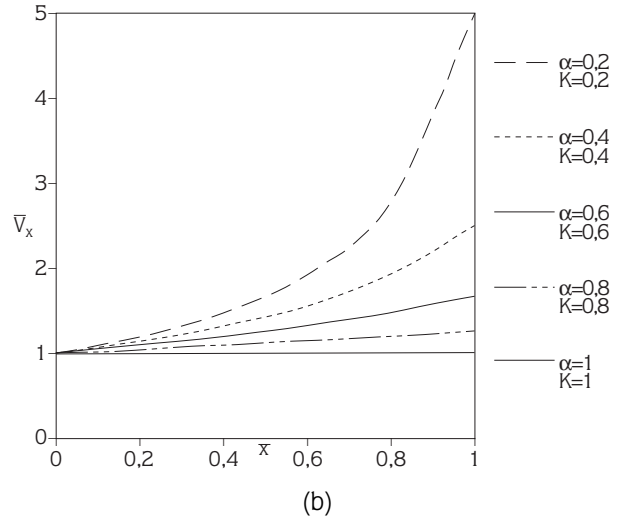
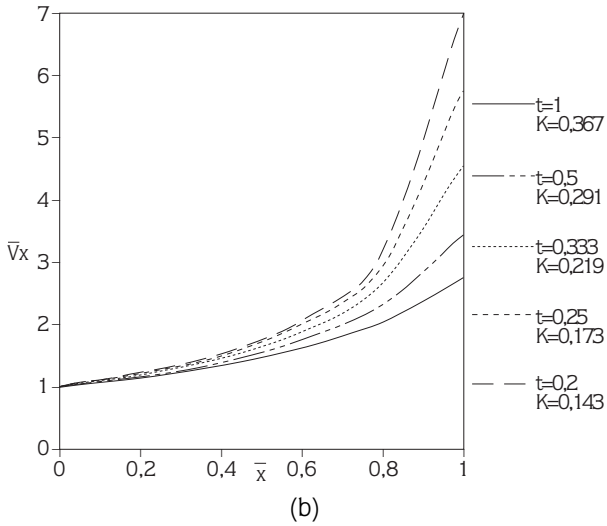
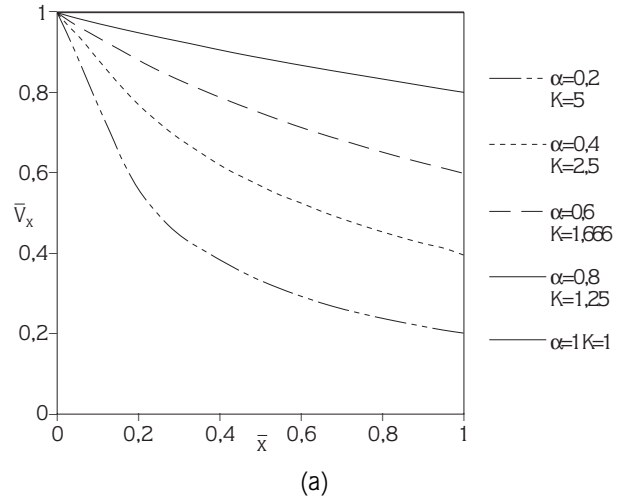
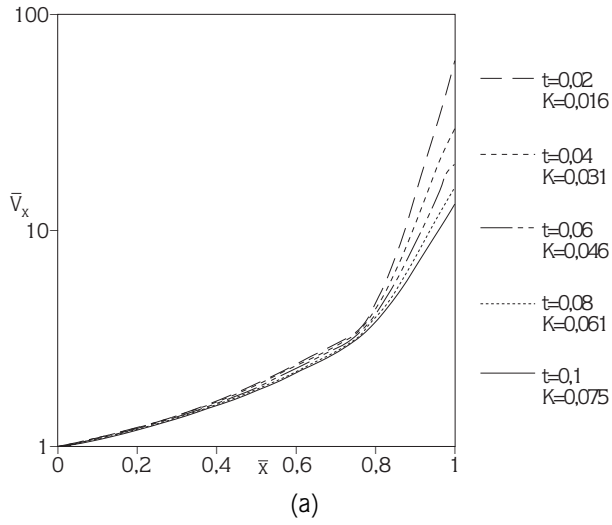
Şekil 8. Lineer geçiş durumunda dikdörtgen kesitten dikdörtgen kesite geçişte boyutsuz hız değişimi: a) Giriş ve çıkış kesitlerinin uzun kenarları birbirine dik konumda b) Giriş ve çıkış kesitlerinin uzun kenarları birbirine paralel konumda ($K<1$) için

Şekil 9. Lineer geçiş durumunda elips kesitten dikdörtgen kesite geçişte boyutsuz hız değişimi: a) Giriş ve çıkış kesitlerinin büyük eksenini ile uzun kenarı birbirine dik konumda b) Giriş ve çıkış kesitlerinin büyük eksenini ile uzun kenarı birbirine paralel konumda ($K>1$) için

rilerinde bir artış görülmektedir. Burada ise t değerlerinin artması ile K değerleri artmaktadır.

Elips kesitten dikdörtgen kesite geçişte, dikdörtgen kesitten dikdörtgen kesite geçişteki aynı durum geçerli olup $K > 1$ durumunda (Şekil 9a ve 9b), t değerlerinin artmasıyla aynı x mesafesindeki hız değerleri daha da büyük olmaktadır. $K < 1$ durumunda (Şekil 10a ve 10b) ise, hızlarda genel olarak bir artış söz konusu olmakta ve t değerlerinin azalmasıyla hız eğrilerinde bir artış görülmektedir.

Dikdörtgen kesitten kare kesite geçişte $K > 1$ durumu için artan α değerleri ile K değerleri azalmakta ve buna bağlı olarak hız eğrilerinde bir artış görülmektedir. $\alpha = 1$ için $K = 1$ değerini almaktadır ve geçiş, kare kesitten kare kesite geçiş durumuna alır. Hız değerlerinde ise bir değişim olmaz. $K < 1$ durumunda ise; artan α değerleri ile K artarak, $\alpha = 1$ için $K = 1$ değerini alır ve hızda bir değişim olmaz. $K > 1$ ve $K < 1$ için lineer geçişte hız değişim grafikleri sırası ile Şekil 11a ve Şekil 11b'de gösterilmiştir.

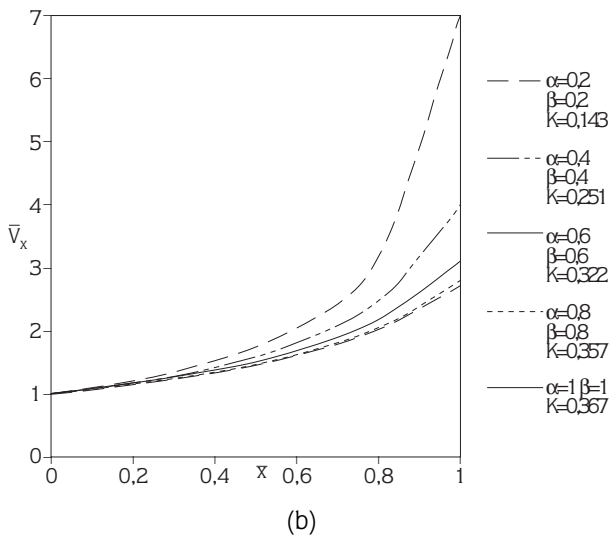
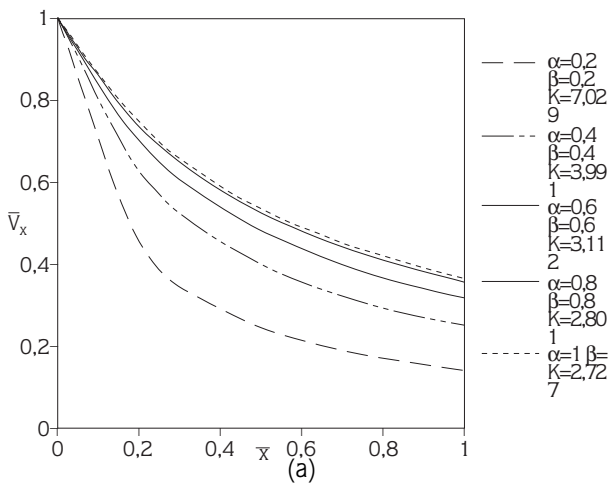


Şekil 10. Lineer geçiş durumunda elips kesitten dikdörtgen kesite geçişte boyutsuz hız değişimi: a) Giriş ve çıkış kesitlerinin büyük eksenini ile uzun kenarı birbirine dik konumda b) Giriş ve çıkış kesitlerinin büyük eksenini ile uzun kenarı birbirine paralel konumda ($K < 1$) için

Şekil 11. Lineer geçiş durumunda dikdörtgen kesitten kare kesite geçişte boyutsuz hız değişimi: a) $K > 1$ için b) $K < 1$ için

Elips kesitten kare kesite geçişte hız değişimleri α 'ya

bağlı olarak daire kesitten dikdörtgen kesite geçişte ise β değerlerine bağlı olarak değişim gösterecektir. Fakat aynı α ve β değerlerinde her iki geçiş şekli için aynı K değerlerini alacaklardır. $K>1$ durumu için, her iki geçiş şekli için α veya β değerlerinin artması ile K değeri azalmakta ve hız eğrilerinde de bir artış görülmektedir. $K<1$ durumunda ise, α veya β değerlerinin artması ile K değerleri artmakta ve hız eğrilerinde ise bir düşme görülmektedir. Elips kesitten kare kesite geçişte $\alpha=1$, daire kesitten dikdörtgen kesite geçişte ise $\beta=1$ olduğu zaman geçiş borusu daire kesitten kare kesite geçiş durumunu alır ve $K>1$ için $K=2,727$, $K<1$ için ise $K=0,367$ değerini alır. $K>1$ ve $K<1$ durumları için bu değişimler Şekil 12a ve Şekil 12b'de gösterilmiştir.



Şekil 12. Lineer geçiş durumunda elips kesitten kare kesite veya daire kesitten dikdörtgen kesite geçişte boyutsuz hız değişimi. a) $K>1$ için b) $K<1$ için

Sonuç ve Değerlendirme

Bu çalışmada hidrolik makinalarının giriş ve çıkışlarında veya boru sistemlerinde kullanılan çeşitli geçiş borularının eksenine dik kesitlerindeki boyutsuz ortalama hız değişimleri iki kısımda incelenmiş olup bunlardan birisi normal geçişteki hız değişim değerleri diğeri ise lineer geçiş şartlarındaki hız değişim değerleridir. Bu değerler bütün geçiş şekilleri için sayısal olarak hesaplanmış ve elde edilen bu ortalama hız değişimlerinin geçiş borusunun giriş ve çıkış kesit şekillerine ve konumlarına bağlı olarak değiştiği görülmüştür.

Örnek olarak bir dikdörtgen kesit alanından dikdörtgen kesit alanına geçişte (her iki konum için), aynı alan oranlarında bile α ve β 'ya bağlı olarak değişen t değerlerinin artması ile aynı mesafedeki hız değerlerinde bir artma görülmektedir. Aynı t değerlerinde ise K alan oranlarının artması ile hız değerlerinde bir düşme görülmektedir. Kare kesit alanından kare kesit alanına veya daire kesit alanından daire kesit alanına geçişte ($\alpha=1$, $\beta=1$) ise, hız değişimleri sadece K alan oranına bağlı olmaktadır. Burada;

$K>1$ için, hız değerlerinde bir düşme

$K=1$ için hız sabit

$K<1$ için hız değerlerinde bir artma görülmektedir.

Fakat buna karşın giriş ve çıkış kesit şekilleri farklı olan geçişlerde; örneğin, dairesel kesit alanlı bir borudan kare kesit alanlı bir boruya geçişte $\alpha=1$ ve $\beta=1$ olmasına rağmen $K=1$ olması halinde farklı bir durum karşımıza çıkmaktadır. Bu durumda v_x hız değişimi borunun ortasına doğru azalmakta ve ortada minimum değeri aldıktan sonra çıkışta tekrar girişteki hız değerini alacak şekilde arttığı görülmüştür.

Lineer geçişi sağlayan K alan oranlarından yararlanarak, lineer geçiş durumlarında farklı geçiş ve konumları için hız değişimleri incelenmiş olup, her ne kadar lineer geçişte alan değişimleri lineer olsa da hız değişimlerinde bir lineerlilik görülmediği ortaya çıkmıştır.

Semboller

a, b : Girişteki kesitin kenarları ($a<b$)

c, d : Çıkıştaki kesitin kenarları ($c<d$)

$\alpha=a/b$: $0<\alpha\leq 1$

$\beta=c/d$: $0<\beta\leq 1$

$t=\alpha.\beta$: $0<t\leq 1$ (giriş ve çıkış kesitlerinin uzun kenarları dik konumda)
 $t=\alpha/\beta$: $0<1<\infty$ (giriş ve çıkış kesitlerinin uzun kenarları paralel konumda)
 A_1 : giriş kesit alanı
 A_2 : çıkış kesit alanı
 $K=A_2/A_1$: alan oranı

A_x : x mesafesindeki kesit alanı
 $\bar{A}_x=A_x/A_1$: x mesafesindeki boyutsuz kesit alanı
 v_x : x mesafesindeki ortalama hız
 $v_x=v_x/v_1$: x mesafesindeki boyutsuz ortalama hız
 \bar{x} : giriş kesitinden itibaren aksel uzunluk
 L : geçiş borusu uzunluğu
 $x=x/L$: boyutsuz aksel uzunluk

Kaynaklar

Atılgan, M. "Geçiş Borularının Geometrisi ve Bu Borulardaki Akışın İncelenmesi", K.T.Ü. Makina ve Elektrik Fakültesi, Doçentlik Tezi, 1982.
Atılgan, M. "Geçiş Borularının Optimum Tasarımının Belirlenmesi", Ülkemizin Kalkınmasında Mühendisliğin Rolü Sempozyumu, 20-24 Haziran 1988, Yıldız Üni., İstanbul, Bildiriler Kitabı, 157-166, 1988.
Atılgan, M. "Geçiş Borularının Tasarım Yöntemleri", Doğa, Türk Mühendislik ve Çevre Bilimleri Dergisi, 14 (3), 432-441, 1990.
Atılgan, M., Bilgin A. "Farklı Kesit Şekline Sahip Boruları Birleştiren Geçiş Borularının Deneysel Olarak İncelenmesi", U.Ü. 1. Balıkesir Mühendislik Sempozyumu, 26-27 Nisan 1988, Balıkesir, U.Ü. Basımevi, 62-71, 1988.
Dekam, E.I., Calvert J.R. "Design of Transition Sections Between Ducts of Equal Area", J. Wind Eng. Ind. Aerodyn. 24, 117-127, 1986

Gessner, F.B. ve Emery, A.F., "A Length-Scale Model for Developing Turbulent Flow in a Rectangular Duct", Trans. ASME, Journal of Fluids Engineering, 99 (2), 347-355, 1977.
Idel Chik, I.E., Handbook of Hydraulic Resistance: Coefficients of local Resistance and of Friction, Jerusalem Israel Program for Scientific Translations, 517 pp, 1966
Jones, O.C., "An Improvement in the Calculation of Turbulent Friction in Rectangular Ducts", Trans. ASME, Journal of Fluids Engineering, 98 (2), 173-181, 1976
Miller, D.S., A Guide to Losses in Pipe and Duct Systems, The British Hydromechanics Research Association, 1971.
Zarling, J.P., "An Analysis of Laminar Flow and Pressure Drop in Complex Shaped Ducts", Trans. ASME, Journal of Fluids Engineering, 98 (4), 702-706, 1976.