

MOODY DİYAGRAMININ İKİ FAZLI AKIŞA UYGULANABİLİRLİĞİ

Fahri DAĞLI, Ayla KALELİ

Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
Makina Mühendisliği Bölümü, 67100 Zonguldak - TÜRKİYE

(Geliş Tarihi : 07.02.1997)

Özet : Katı - sıvı karışımlarını modellemek için, tipik non-Newtonian akışkanlar olarak bingham akışkanlar kullanılabilir. Bu makale bingham akışkanlarının borudaki akışını incelemekte olup burada, Ogihara ve Miyazawa'nın çalışması aktarılmaktadır. Ogihara ve Miyazawa yeni bir reynolds sayısı önermişler ve bu Reynolds sayısını kullanarak bilinen Moody Diyagramının Bingham akışkanlar için de kullanılabileceğini göstermişlerdir.

Anahtar kelimeler: Non-Newtonian Akışkanlar, Bingham Akışkanlar, Moody Diyagram

APPLICABILITY OF MOODY DIAGRAM TO TWO PHASE FLOW

Summary : Bingham fluids, as typical non-Newtonian fluids, can be used to model solid-liquid mixtures. This paper analyzes the pipe flow of Bingham fluids and here the research made by Ogihara and Miyazawa has been giving. Ogihara and Miyazawa had proposed an extended Reynolds number and by using this Reynolds number, they had shown that the usual Moody Diagram could be used for Bingham fluids.

Key Word: Non-Newtonian Fluids, Bingham Fluids, Moody Diagram

GİRİŞ

Sıvıların taşınmasında olduğu gibi, gerek teknik ve gerekse ekonomik açıdan, katı maddelerin hidrolik boru hatlarıyla taşınımı gün geçtikçe önem kazanmaktadır. Bilindiği gibi boru hatlarıyla katı madde taşınımında, katı madde parçacıkları sıvı ile karıştırılıp, pompa yardımıyla basılmaktadır. Bu nedenle; sıvı beton, kanalizasyon çamuru, maden cevherleri vb. gibi katı-sıvı karışımlarının boru hatlarıyla taşınması uygulamada büyük önem kazanmıştır.

Katı-sıvı karışımlarının taşındığı boru hatlarının dizaynında halen, tek fazlı sıvı akımındaki enerji kaybı için geliştirilmiş olan teorilerden yararlanılmaktadır. Bu şekilde yapılan dizayn da gerçekçi olmadığından, sistem performansının düşmesine veya ekonomik açıdan daha fazla bir maliyete neden olabilmektedir. Ancak, katı-sıvı karışımlarının akımı için de henüz kesin çözümler bulunmuş değildir. Çünkü akımın dinamiğine; katı partikülün boyutu, şekli, konsantrasyonu ve sıcaklık gibi birçok faktör etki etmektedir [2].

Minura ve Matsuo [1] Bingham akışkanlar gibi davranan kil ve kaolin toprak karışımı akışkanların, laminar ve türbülans akım özelliklerini incelemiştir. Ogihara ve Miyazawa yeni bir Reynolds sayısı (Re_B) önermiş ve bu Reynolds sayısını kullanarak, Moody diyagramının Bingham akışkanlarına da uygulanabileceğini göstermiştir.

2. BİNGHAM AKIŞKANININ ÖZELLİĞİ

Katı-sıvı karışımı akım plastik özelliğe sahiptir. Bu nedenle, non-Newtonian akışkanlar olarak muamele edilmesi gerekmektedir. Bu tür katı-sıvı karışımlarının davranışı, tipik non-Newtonian akışkanlar olarak bilinen,

Bingham akışkanlarıyla uyum içinde olduğundan model

olarak Bingham akışkanı kullanılabilir. Bilindiği üzere, Bingham akışkanının bünye denklemi (1) formülü ile ifade edilebilir.

$$\tau = \tau_f + \eta_p (du/dy) \quad (1)$$

Bir akışkanın, τ_f 'den daha küçük kayma gerilmelerinde katı gibi davrandığı ve τ_f 'den büyük değerlerde de Newtonian akışkan özelliği gösterdiği durumlarda bu denklem kullanılır. Bingham akışkanına örnek olarak; sulu çamur, sondaj çamuru, yağlı boya, diş macunu ve kanalizasyon çamuru verilebilir.

3. BİNGHAM AKIŞKANLAR İÇİN REYNOLDS SAYISININ İFADE EDİLMESİ

Katıların borularla hidrolik naklini gerçekleştiren sistemlerde asıl problem; sürtünmenin neden olduğu h_L , enerji kaybını (yük kaybını) hesaplamaktır. Bilindiği üzere, (1) ve (2) noktaları arasındaki enerji denklemi,

$$z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} \pm h_m = z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + h_y + h_L \quad (2)$$

şeklinde yazılabilir. Darcy-Weisbach denkleminden h_L ,

$$h_L = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} \quad (3)$$

bulunabilir. (3) denklemini kullanabilmek için, sürtünme katsayısının (f) değeri bilinmelidir.

Herhangi bir akışkana ait Reynolds ifadesi, Reynolds boyutsuz sayısının tanımından yararlanarak aşağıdaki şekilde yazılabilir:

$$\text{Reynolds sayısı, } Re = \frac{\text{Atalet kuvveti}}{\text{Sürtünme kuvveti}} = \frac{m a}{\tau A}$$

Bu ifadede; A alanı üzerindeki τ kayma gerilmesi için kullanılan bağıntı hangi akışkana ait ise, o akışkana ait Reynolds ifadesini elde etmiş oluruz. Ogihara ve Miyazawa, Bingham akışkanı için aşağıdaki Reynolds eşitliğini önermişlerdir:

$$Re_B = Re[1 - X(\tau_0)] \quad (4)$$

Bingham akışkanı için:

$$X(\tau_0) = \frac{4}{3} \left(\frac{\tau_f}{\tau_0} \right) - \frac{1}{3} \left(\frac{\tau_f}{\tau_0} \right)^4 \quad (5)$$

dır. Burada, $Re = \rho V D / \eta_{pl}$ olarak kullanılmalıdır.

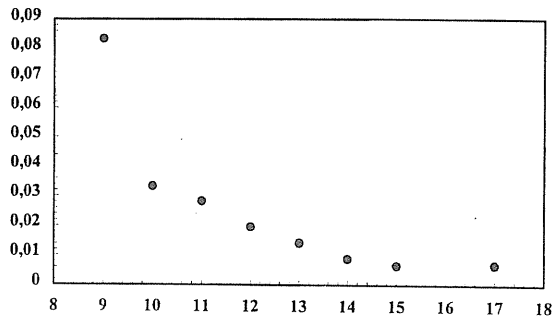
4. ÇÖZÜM İZLENECEK ADIMLAR

1) Plastik viskozite (η_{pl}) değeri, W/B oranına göre (tablo 1) şekil 1'den okunur.

Tablo 1. Ağırlık esasına göre verilen su/betonit oranları (W/B) ile karışımın özgül ağırlığı (w) arasındaki ilişki.

W/B	w (N / m ³)
9	10378,98
10	10320,12
11	10271,07
12	10231,83
13	10202,4
14	10172,97
15	10153,35
17	10133,73

Plastik Viskozite η_{pl} (Pa.s)

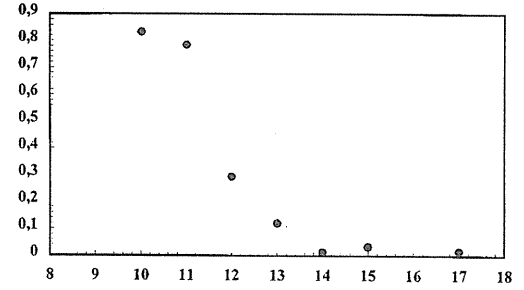


Su/Betonit Oranı (W/B)

Şekil 1 Plastik viskozite ile su/betonit oranları arasındaki ilişki.

2) τ_f değeri, W/B oranına göre şekil 2'den okunur.

τ_f Akma Gerilmesi (N/m²)



Su/Betonit Oranı (W/B)

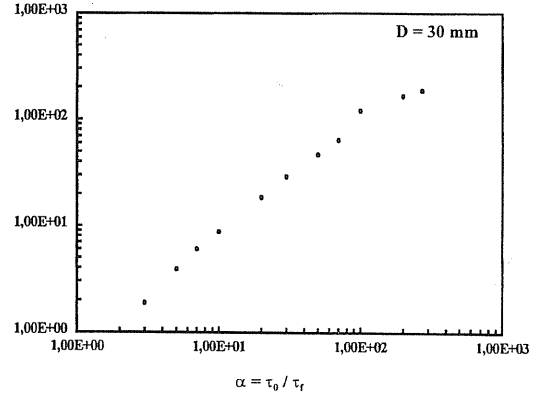
Şekil 2 Akma gerilmesi ile su/betonit oranı arasındaki ilişki.

3) $V = Q/A$ formülü kullanılarak hesaplanır.

4) $Re = \frac{\rho V D}{\eta_{pl}}$ bulunur.

5) $\alpha = \frac{\tau_0}{\tau_f}$ değeri, $K = \frac{8 V \eta_{pl}}{\tau_f D}$ değerine göre şekil 3'den okunur.

$K = 8 V \eta_{pl} / (\tau_f D)$



Şekil 3 Çeper kayma gerilmesi ve ortalama hız arasındaki ilişki (D=30mm).

6) Re_B değeri, (4) ve (5) nolu denklemler kullanılarak hesaplanır.

Önemli Not: Bu çalışmada sadece Bingham akışkanı için yapılmış olup, genişletilmiş Reynodls sayısı 4 ~7000 aralığında geçerlidir.

5. ÖRNEK BİR UYGULAMA

Su-bentonit karışımının 2,83 lt/s'lik debi ile 30 mm çapındaki borudan akışında, su/bentonit oranının 12 (W/B=12) olduğu şartlar için sürtünme katsayısını (f) hesaplayarak, Moody diyagramından okunan değerle mukayese ediniz.

- 1) $W/B = 12$ oranı için şekil 1'den, $\eta_{pl} = 0,1962 \text{ Pa.s}$
- 2) $W/B = 12$ oranı için şekil 2'den, $\tau_f = 2,943 \text{ Pa.s}$
- 3) $V = 4 \text{ m/s}$ ve $D = 0,03 \text{ m}$.
- 4) $Re = \rho V D / \eta_{pl} = 1000.4.0.03 / 0,1962 = 611,62$
- 5) $K = (8.V.\eta_{pl}) / (\tau_f D) = (8.4.0,1962) / (2,943.0,03) = 71,11$

$K = 71,11$ için şekil 3'den, $\alpha = \tau_0 / \tau_f = 74$ ve $\tau_f / \tau_0 = 0,0135$

$$Re_B = Re \left[1 - \frac{4}{3} \left(\frac{\tau_f}{\tau_0} \right) + \frac{1}{3} \left(\frac{\tau_f}{\tau_0} \right)^4 \right] = 600,61; 4 < Re_B = 600,61 < 7000$$

Moody diyagramından: $Re_B = 600,61$ ve $(\delta/D) = 0,005$ için, $f = 0,1$ okunur. Sürtünme katsayısı f , laminer akım için formülünden ($f = 64/Re_B$) hesaplanarak, $f = 0,106$ bulunur.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ogihara ve Miyazawa'nın bu çalışması, Moody diyagramının Bingham akışkanlarına da uygulanabileceğini göstermektedir. Ayrıca; Ogihara ve Miyazawa'nın önerdiği Bingham akışkanına ait Reynolds sayısından (Re_B) yararlanarak; tek fazlı laminer veya türüblanslı akımda sürtünme katsayısının hesabında kullanılan denklemlerin, iki fazlı akışa da uygulanabileceği anlaşılmaktadır.

Benzer çalışmanın diğer non-Newtonian akışkanlar için de yapılmasının faydalı olacağı düşünülmektedir. Bu amaçla, non-Newtonian akışkanlar ile ilgili yeni araştırmalara ihtiyaç vardır.

SEMBOLLER

A	Alan (m^2)
D	Boru çapı (m)
du/dy	Hız gradyanı ($1/\text{s}$)
f	Sürtünme katsayısı
g	Yerçekimi ivmesi (m/s^2)
h_L	Sürekli kayıp (m)

h_m	Pompanın basma yükü (m)
h_y	Yersel kayıp (m)
K	Katsayı
L	Boru uzunluğu (m)
Re	Reynolds sayısı
Re_B	Bingham akışkanının Reynolds sayısı
V	Ortalama hız (m/s)
z	Potansiyel yük (m)
w	Karışımın özgül ağırlığı (N/m^3)
W/B	Karışımındaki su ve bentonit ağırlıklarının oranı
γ	Özgü ağırlık (N/m^3)
α	Çeper kayma gerilmesinin akma gerilmesine oranı
δ	Ortalama boru pürüzlülüğü (mm)
τ	Kayma gerilmesi (N/m^2)
τ_0	Çeper kayma gerilmesi (N/m^2)
τ_f	Akma gerilmesi (N/m^2)
η_{pl}	Plastik viskozite (Pa.s)
μ	Newtonian akışkanlar için dinamik viskozite (Pa.s)
(P/ γ)	Basınç yükü (m)
ρ	Yoğunluk (kg/m^3)
Q	Debi (m^3/s)

KAYNAKLAR

- [1] Minure, N. and Matsuo, T., "Tubulent Characteristics of Suspensions of Neutrally Buoyant Particles", Flocs and Kaolin, Proceedings of Japan Society of Civil Engineers, no. 284, pp. 49-58, 1979.
- [2] Ogihara, Y. and Miyazawa, N. "Journal of Hydraulic Research", vol. 29, no.2, pp. 189-205, 1991.