

NUMERICAL APPROACH TO HINDERED SETTLING

Kaan YETİLMEZSOY*

Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Yıldız-İSTANBUL

Geliş/Received: 26.04.2003 Kabul/Accepted: 30.09.2004

ABSTRACT

In this study, a numerical approach supported by MATLAB 5.3 algorithm is presented based on the graphical method proposed by W. P. Talmadge and E.B. Fitch (1955). The principle of proposed approach is based on determination of required retention time by setting up the numerical relations on settling curve. After application of regression analysis in order to create best fitted settling curve for existing experimental data, the tangent equations, angle bisector equation and intersection points are calculated. These calculations are followed by determination of thickener area, solid matter load and surface hydraulic load. By using this numerical approach, results can be determined rapidly and practically with a high sensitivity for varying data.

Keywords: Hindered settling, numerical analysis, tangent equation, retention time, surface area.

ENGELLİ (BLOKLAŞMIŞ) ÇÖKELMEYE NÜMERİK YAKLAŞIM

ÖZET

Bu çalışmada, W. P. Talmadge ve E. B. Fitch (1955)'in önerdiği grafik metoduna dayanan, MATLAB 5.3 algoritmasıyla desteklenen bir nümerik yaklaşım sunulmuştur. Bu yaklaşımın esası, çökme eğrisi üzerinde nümerik bağıntıların kurulmasıyla gereken bekletme süresinin tayin edilmesidir. Mevcut deney verilerine en iyi uyum çökme eğrisinin denklemi regresyon analizi ile belirlendikten sonra, belirlenen eğri üzerinde teğet denklemleri, açıortay denklemi ve kesişim noktaları hesaplanmaktadır. Bu hesaplamaları, yoğunlaştırıcının alanı, katı madde yükünün ve yüzeysel hidrolik yükün belirlenmesi izlemektedir. Söz konusu nümerik yaklaşım ile sonuçlar, değişen veriler için çok hızlı ve pratik bir şekilde yüksek hassasiyetle elde edilmektedir.

Anahtar Sözcükler: Engelli çökme, nümerik analiz, teğet denklemi, bekletme süresi, yüzey alanı.

1. GİRİŞ

Atıksuların arıtılmasında biri ön çöktürme (biyolojik tasfiyeden önce) diğeri de son çöktürme (biyolojik tasfiyeden sonra) olmak üzere iki yerde çöktürme işlemi uygulanır. Süspansiyon içerisinde bulunan askıdaki maddelerin cinsine bağlı olmak üzere, dört tip çökelmeden bahsedilmektedir [2]. Bunlar;

1. Yumaklaşmasız serbest (daneli, discrete) çökme,
2. Yumaklaşmalı serbest (flocculent) çökme,
3. Engelli (bloklaşmalı, zone) çökme,
4. Sıkışma (compression) bölgesi çökmesi

olarak ifade edilmektedir. Bu çalışmada, engelli çökelmeye MATLAB 5.3 algoritmasıyla desteklenen bir nümerik analiz yaklaşımı sunulmuştur. Söz konusu yaklaşım ile üçüncü tip çökme olan engelli (bloklaşmış) çökelmede istenilen çamur konsantrasyonunu elde edebilmek

* e-mail: yetilmez@yildiz.edu.tr, Tel: (0212) 259 70 70 / 2730

için gereken bekletme süresinin pratik bir şekilde tayini esas alınmış ve bu amaçla, W. P. Talmadge ve E. B. Fitch (1955)'in önerdiği grafik metodundan yola çıkılarak, çökeltme eğrisi üzerinde nümerik bağıntılar yazılmıştır. Gereken bekletme süresinin hesaplanması için önce regresyon analizi ile deneysel verilere en iyi uyum ikinci dereceden bir çökeltme eğrisi uydurulmuş ve bu eğri üzerinde teğet denklemleri, açıortay denklemi ve kesişim noktaları hesaplanarak gereken bekletme süresinin [6] hesabı nümerik olarak yapılmıştır. Bu hesaplamaları çamur yoğunlaştırıcının alanının, birim alana düşen katı madde miktarının ve yüzeysel hidrolik yükün bulunması izlemiştir. Yaklaşım metoduna ait sonuçların, klasik çözüm yöntemi ile kıyaslanması açısından sayısal bir tasarım uygulamasına yer verilmiştir. Metodun uygulanmasını destekleyen algoritma ile elde edilen sonuçlar yüksek hassasiyet göstermektedir. Çalışmanın sonunda, nümerik yaklaşımı destekleyen MATLAB 5.3 programı ile yazılan tasarım algoritması yer almaktadır. Bu algoritma ile değişen veriler için sonuçlar çok hızlı ve pratik bir şekilde yüksek hassasiyetle elde edilmektedir.

2. ENGELLİ ÇÖKELMEDE BEKLETME SÜRESİNİN NÜMERİK OLARAK TAYİNİ

Nümerik yaklaşımın adımları, bir aktif çamur numunesi için yapılan deney sonuçlarını [4] gösteren sayısal bir uygulama üzerinde açıklanmıştır. İzlenen nümerik yaklaşım, MATLAB 5.3 algoritması ile modellenerek sonucun daha hızlı ve pratik olarak elde edilmesi sağlanmıştır. $H_0 = 40$ cm yüksekliğindeki bir çökeltme silindirin, başlangıçtaki katı madde konsantrasyonu $C_0 = 4000$ mg/Lt olan bir aktif çamur numunesi ile yapılan deneyde elde edilen çökeltme eğrisine ait karakteristikler, Tablo 1'de verilmiştir. Bu aktif çamur, katı madde konsantrasyonunu $C_U = 24000$ mg/Lt olacak şekilde yoğunlaştırılmak istenmektedir. Aktif çamur akımının debisi $Q_0 = 379$ m³/gün'dür. Buna göre gerekli yoğunlaştırıcının yüzey alanı (m²) ve bu yoğunlaştırıcının birim alanına düşen katı madde miktarı (kg/m²/gün) hesaplanacaktır.

Tablo 1. Numuneye ait çöktürme kolonu deneyinin sonuçları [4]

T (dakika)	0	10	20	30	40	50	60
H (cm)	40	25	15.5	10.5	8.5	6.8	6.67

Tablo 1'deki verilerine göre engelli çökeltme eğrisinin denklemi, nümerik tasarımın bir parçası olan en küçük kareler metodu ile oluşturulmuştur. Gerçek fonksiyon değerleri olan x ve y_i değerleri, deney neticeleri olan T (dk.) ve H (cm) değerlerine karşılık gelmektedir. Uydurulacak çökeltme eğrisi için $g(x)=cx^2+bx+a$ gibi ikinci dereceden bir fonksiyon seçilmiştir. Burada, yaklaşım hatalarının kareleri toplamının minimum olması için her bir fonksiyon katsayısına göre kısmi türevler [3] sıfır olmalıdır. Buna göre elde edilen ifadeler, Denklem 1'deki gibi bilinenler ve bilinmeyenler olarak matris formatında düzenlenmiştir. Tablo 1'de görülen veriler için ikinci dereceden bir eğri uydurulması amacıyla hesaplanan Denklem 1'deki matris elemanları, Tablo 2'de verilmiştir.

$$\begin{bmatrix} n & \sum x & \sum x^2 \\ \sum x & \sum x^2 & \sum x^3 \\ \sum x^2 & \sum x^3 & \sum x^4 \end{bmatrix}_{3 \times 3} * \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \end{bmatrix}_{3 \times 1} = \begin{bmatrix} \sum y_i \\ \sum y_i x \\ \sum y_i x^2 \end{bmatrix}_{3 \times 1} \quad (1)$$

Denklem 1'deki matrisin çözümüyle elde edilen "a, b ve c" değerleri, ikinci dereceden bir fonksiyona sahip olan çökeltme eğrisini oluşturmaktadır. "n" değeri ise ölçüm sayısını göstermektedir.

Tablo 2'nin son satırında görülen toplam sonuçları, ikinci dereceden eğriyi uydurmak için Denklem 1'de verilen matris ifadesinde yerine yazılmış ve bu matris ifadesi Denklem 2'de üç bilinmeyenli üç denklem formunda ifade edilmiştir.

Tablo 2. Matris içindeki ifadelerin hesabı

No	x ;T(dk.)	y _i ; H(cm)	(x) ²	(x) ³	(x) ⁴	y _i * x	y _i * (x) ²
1	0	40	0	0	0	0	0
2	10	25	100	1000	10000	250	2500
3	20	15.5	400	8000	160000	310	6200
4	30	10.5	900	27000	810000	315	9450
5	40	8.5	1600	64000	2560000	340	13600
6	50	6.8	2500	125000	6250000	340	17000
7	60	6.67	3600	216000	12960000	400.2	24012
Σ	210	112.97	9100	441000	22750000	1955.2	72762

$$7a + 210b + 9100c = 112.97$$

$$210a + 9100b + 441000c = 1955.2 \quad (2)$$

$$9100a + 441000b + 22750000c = 72762$$

Bu üç bilinmeyenli üç denklemin çözümünde burada Cramer Metodu kullanılarak determinantlar halinde çözüm yapılmıştır. Birinci dereceden üç bilinmeyenli denklem sistemi Denklem 3'te verilmiştir.

$$a_1x + b_1y + c_1z = d_1 ; a_2x + b_2y + c_2z = d_2 ; a_3x + b_3y + c_3z = d_3 \quad (3)$$

Bu denklem sistemine göre katsayılar determinantları her bir bilinmeyen (x,y,z) hesabında Sarrus kuralı [1] ile elde edilmiştir. Cramer Metodu'nun tanımında belirtilen "x, y ve z" bilinmeyenleri, sırasıyla "a,b ve c" bilinmeyenlerine karşılık gelmektedir. Denklem 2'de görülen sisteminin katsayıları, Denklem 3'teki a₁ = 7, a₂ = 210, a₃ = 9100, b₁ = 210, b₂ = 9100, b₃ = 441000, c₁ = 9100, c₂ = 441000, c₃ = 22750000, d₁ = 112.97, d₂ = 1955.2 ve d₃ = 72762 değerlerine karşılık gelmektedir. Cramer Metodu'na göre bilinmeyenler;

$$x = \frac{\Delta_x}{\Delta} = \frac{(d_1b_2c_3 + b_1c_2d_3 + c_1d_2b_3) - (d_3b_2c_1 + b_3c_2d_1 + c_3d_2b_1)}{(a_1b_2c_3 + b_1c_2a_3 + c_1a_2b_3) - (a_3b_2c_1 + b_3c_2a_1 + c_3a_2b_1)} = \frac{6.356 * 10^{11}}{1.646 * 10^{10}} \cong 38.606 = a \quad (4)$$

$$y = \frac{\Delta_y}{\Delta} = \frac{(a_1d_2c_3 + d_1c_2a_3 + c_1a_2d_3) - (a_3d_2c_1 + d_3c_2a_1 + c_3a_2d_1)}{(a_1b_2c_3 + b_1c_2a_3 + c_1a_2b_3) - (a_3b_2c_1 + b_3c_2a_1 + c_3a_2b_1)} = \frac{-2.247 * 10^{10}}{1.646 * 10^{10}} \cong -1.3646 = b \quad (5)$$

$$z = \frac{\Delta_z}{\Delta} = \frac{(a_1b_2d_3 + b_1d_2a_3 + d_1a_2b_3) - (a_3b_2d_1 + b_3d_2a_1 + d_3a_2b_1)}{(a_1b_2c_3 + b_1c_2a_3 + c_1a_2b_3) - (a_3b_2c_1 + b_3c_2a_1 + c_3a_2b_1)} = \frac{233926000}{1.646 * 10^{10}} \cong 0.0142 = c \quad (6)$$

şeklinde hesaplanmıştır. Denklem 7'de istenen çökme eğrisinin denklemi verilmiştir.

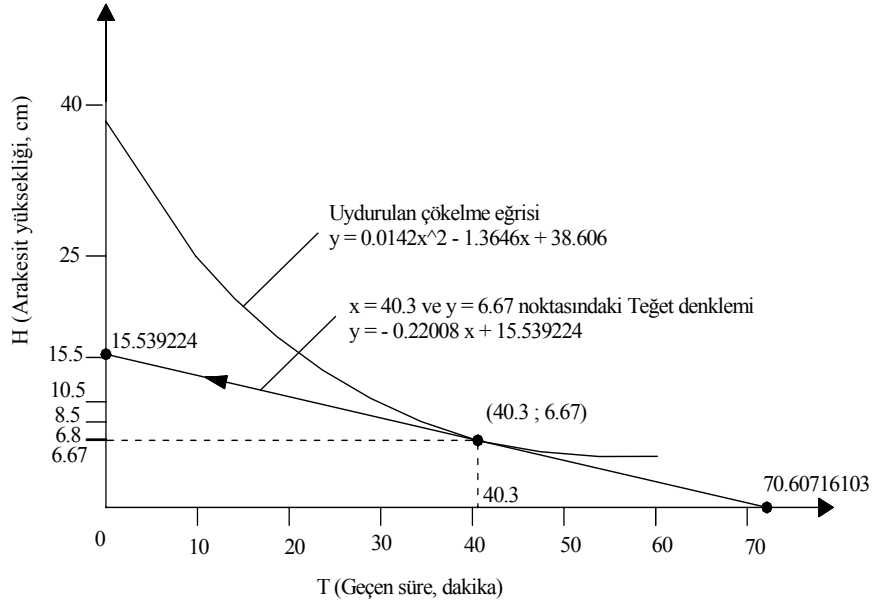
$$y = 38.606 - 1.3646x + 0.0142x^2 \quad (7)$$

İstenen konstrasyondaki çamur yüksekliği ise (H_U), Denklem 8'deki eşitliğe göre hesap edilmiştir.

$$C_0 * H_0 = C_U * H_U \rightarrow 4000 * 40 = 24000 * H_U \rightarrow H_U \cong 6.67 \text{ cm} \quad (8)$$

olarak bulunmuştur. W. P. Talmadge ve E. B. Fitch metoduna göre hesaplanan H_U değerinden çökme eğrisine çizilen yatay bir doğrunun eğriyi kestiği nokta belirlenir ve bu noktadan eğriye bir teğet çizilir. H_U = 6.67 cm değerinden eğriye çizilen y = 6.67'lik yatay doğrunun eğriyi kestiği noktanın apsisi, x ≅ 40.3 olarak hesaplanmıştır. Burada hesap bölgesi açısından çözüm köklerinden küçük olanı alınmıştır. Belirlenen (40.3 ; 6.67) koordinatından eğriye çizilecek olan teğetin denklemi için eğrinin o noktada tanımlı olan türevi [5] yani eğimi belirlenerek, teğetin nokta - eğim denklemi (point - slope equation) hesaplanmıştır. Bu kesim noktası x = 40.3 için teğetin eğimi $m = (y')_x = -0.22008$ olarak bulunmuştur. Eğim ve kesim noktasının koordinatlarına göre hesaplanan teğetin denklemi, Denklem 9'da verilmiştir.

$$y - y_0 = m(x - x_0) \rightarrow y - 6.67 = -0.22008 * (x - 40.3) \rightarrow y = -0.22008x + 15.539224 \quad (9)$$



Şekil 1. $H_u = 6.67$ cm yatay doğrusunun eğriyi kestiği noktadan çizilen teğet denklemi

Serbest çöktürmenin bittiği noktanın lineer olarak uzatılması ile ikinci bir doğru denklemi yazılmaktadır. Burada doğrunun eğimini belirlemek için serbest çöktürmenin bittiği son ordinat değeri olan $y = 25$ cm'den geçen yatay doğrunun, eğriyi kestiği noktanın apsisi $x \cong 11.3$ olarak elde edilmiştir. Burada da hesaplanacak bölge açısından bulunan apsis değerlerinden küçüğü alınmıştır. Bu lineer doğrunun denklemi yine nokta – eğim ifadesiyle oluşturulmuştur.

Uzatılan lineer doğrunun denklemi : $y = -1.327433628x + 40$ (10)

$H_u = 6.67$ yatay doğrusunun eğriyi kestiği noktadan çizilen teğet doğrusu ile serbest çöktürmenin bittiği noktadan uzatılan lineer doğrunun kesişim noktasının koordinatları, $x = 22.08939889$ ve $y = 10.677778909$ olarak elde edilmiştir. Bir açıyı ortalamayan açıortay doğrusunun geometrik yeri, o açıyı oluşturan doğrulardan eşit uzaklıkta bulunan noktalar kümesi [7] olduğundan $y = -0.22008x + 15.539224$ doğrusu ile bir $P(x_0; y_0)$ noktası arasındaki dik mesafe d_1 , $y = -1.327433628x + 40$ doğrusu ile aynı $P(x_0; y_0)$ noktası arasındaki dik mesafe de d_2 olarak ifade edilirse bu iki dik mesafenin birbirine eşitlendiği kesim noktası, açıortay doğrusunun geometrik yeridir. Burada söz konusu doğruların denklemleri, $L : Ax + By + C = 0$ formunda yazılmış ve bu iki dik mesafenin eşitliği için elde edilen çözüm denklemleri Denklem 11'de verilmiştir.

$$\text{Birinci durum : } d_1 = \frac{0.22008x + y - 15.539224}{\sqrt{(0.22008)^2 + (1)^2}} = d_2 = \frac{1.327433628x + y - 40}{\sqrt{(1.327433628)^2 + (1)^2}}$$

Açıortay doğrusunun denklemi :

$$0.9934386711x - 0.638019421y - 15.13182627 = 0 \rightarrow \text{Eğim} > 0 \quad (11)$$

$$\text{İkinci durum : } d_1 = \frac{0.22008x + y - 15.539224}{\sqrt{(0.22008)^2 + (1)^2}} = d_2 = \frac{-(1.327433628x + y - 40)}{\sqrt{(1.327433628)^2 + (1)^2}}$$

Açıortay ile dik kesişen doğrunun denklemi :

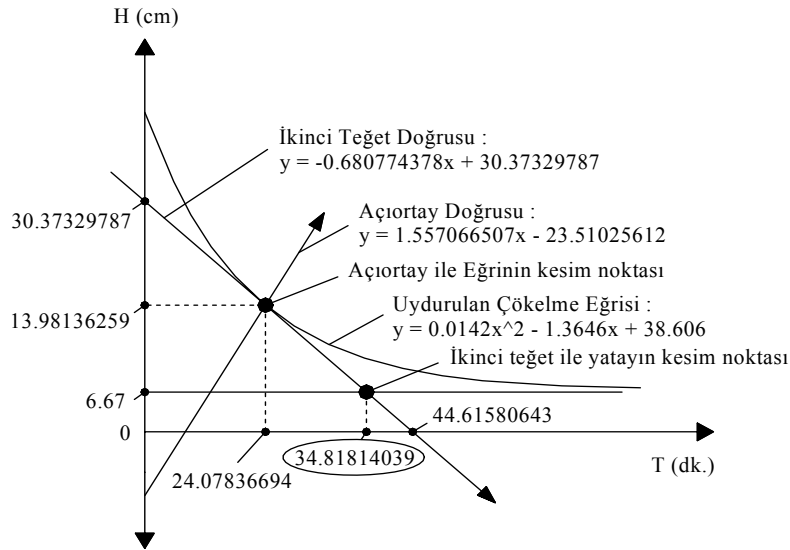
$$1.724962879x + 2.685881923y - 66.78267381 = 0 \rightarrow \text{Eğim} < 0$$

Numerical Approach to Hindered...

W. P. Talmadge – E. B. Fitch metoduna göre çözüm denklemlerinden eğimi pozitif olan doğru denklemi, aranan açkırtay doğrusunun denklemini vermektir. Diğer doğru denklemi ise açkırtay doğrusunun dik kesenidir. Açkırtay doğrusunun denklemi elde edildiğine göre bu denklem yardımıyla çökme eğrisinin kesim noktası hesaplanabilir. Bunun için açkırtay denklemi $y = mx+n$ formunda yazılıp uydurulan çökme eğrisinin denklemine eşitlendiğinde elde edilen ifadenin köklerinden küçük olan $x = 24.07836694$ değeri aranan apsis noktasıdır. Bu nokta, eğri denkleminde yerine yazılırsa ordinat değeri, $y = 1398136259$ elde edilmiştir. Buna göre açkırtay doğrusu ile uydurulan çökme eğrisinin istenilen kesim koordinatı (24.07836694;13.98136259) noktasıdır. W. P. Talmadge – E. B. Fitch Metodu'na göre açkırtay doğrusunun eğriyi kestiği noktadan çizilen ikinci teğet doğrusunun eğimi, kesim noktasının apsisinin eğrinin türev ifadesinde yerine yazılmasıyla elde edilmiş ve nokta – eğim bağıntısı ile oluşturulan ikinci teğet denklemi Denklem 12'de verilmiştir.

$$\text{İkinci teğet denklemi : } y = -0.680774378x + 30.37329787 \quad (12)$$

Başlangıçta çizilen $H_0 = 6.67$ cm yatay doğrusu ile ikinci teğet doğrusunun kesim noktasının apsis değeri, çamurun istenilen konsantrasyona gelmesi için gerekli olan bekleme süresini vermektedir. Buna göre ikinci teğet doğrusu ile H_0 yatay doğrusunun birbirine eşitlenmesi halinde elde edilen $x = 34.81814039$ değeri gerekli bekleme süresi (T_u) ne eşittir. Şekil 2'de ikinci teğet doğrusu, açkırtay doğrusu ve ilgili kesim noktaları gösterilmiştir.



Şekil 2. İkinci teğet doğrusu ile $H_U = 6.67$ cm yatay doğrusunun kesim noktası

Buradan, çamurun istenilen konsantrasyona ulaşması ve çamur kabarması olmadan, duru fazın üstten savaklanabilmesi için gerekli olan yüzey alanları $Q = 379 \text{ m}^3/\text{gün} = 0.263 \text{ m}^3/\text{dk}$ için;

$$A_1 = \frac{Q_0 * T_U}{H_0} = \frac{0.263 * 34.81814039}{0.40} \cong 22.89 \text{ m}^2 \quad (13)$$

$$A_2 = \frac{Q_0 T_1 (H_0 - H_U)}{H_0 (H_0 - H_1)} = \frac{0.263 * 10 * (40 - 6.67)}{40 * (40 - 25)} * \left(\frac{100 \text{ cm}}{\text{m}} \right) \cong 14.61 \text{ m}^2$$

şeklinde elde edilmiştir. Yoğunlaştırıcının projelendirilmesinde A_1 alanı daha büyük olduğundan

bu alan değeri esas alınarak bir adet yoğunlaştırıcının çapı $D \cong 5.4$ m olarak bulunmuştur. Bu yoğunlaştırıcıdaki katı madde ve yüzeysel hidrolik yük değerleri;

$$L_s = \frac{Q_0 * C_0}{A_{max}} = \frac{379 * 4}{22.89} \cong 66.23 \text{ kg/m}^2 / \text{gün}$$

$$L_h = \frac{Q_w}{A_{max}} = \frac{Q_0 * \left(\frac{H_0 - H_U}{H_0} \right)}{A_{max}} = \frac{379 * \left(\frac{40 - 6.67}{40} \right)}{22.89} = \frac{315.80175}{22.89} \cong 13.8 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{gün}$$

olarak hesaplanmıştır.

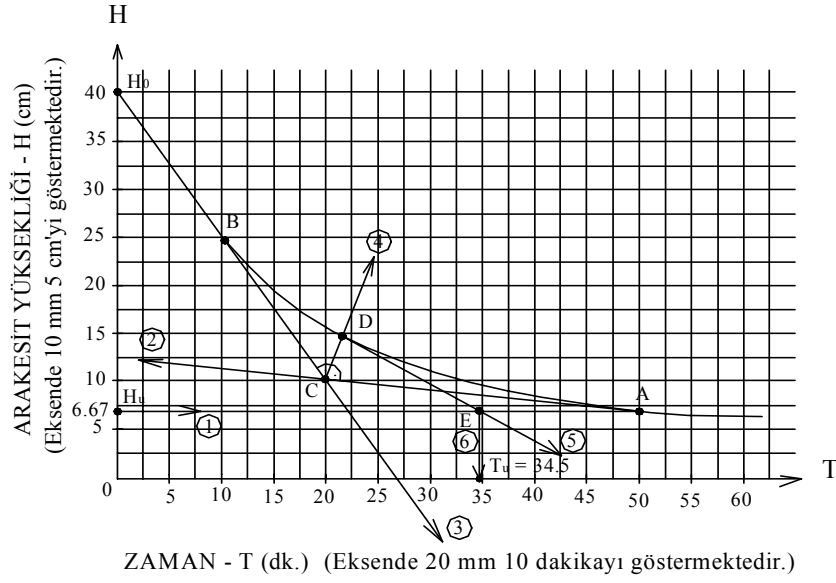
3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, W. P. Talmadge ve E. B. Fitch (1955) tarafından önerilen grafik metodu ile çözüm yöntemi esas alınmış ve çamurun istenilen konsantrasyona ulaşabilmesi için gerekli olan bekletme süresinin nümerik olarak tayini hedeflenmiştir. Söz konusu yaklaşım için regresyon analizi ile mevcut deney verilerine en iyi uyan ikinci dereceden bir çökeltme eğrisi denklemleri oluşturulmuş ve bu denklem üzerinde gereken bağıntılar kurularak teğet denklemleri, açıortay denklemleri ve kesişim noktalarından elde edilmiş ve T_U bekletme süresinin hesabı yapılmıştır. Burada, gereken bekletme süresi için 3 farklı değer mukayese edilmiştir. Bunlardan birincisi, sadece nümerik yöntem ile (MATLAB 5.3 algoritması ile desteklenmeden) elde edilen sonuç, ikincisi nümerik yöntemin MATLAB 5.3 algoritması ile desteklenmesi ile hesaplanan değer, üçüncüsü ise klasik grafik kağıdı ile bulunan süre değeridir. Bu çalışmanın esasını gerekli bekletme süresinin tayini teşkil ettiğinden, katı madde yükü ve yüzeysel hidrolik yük değerleri için mukayese yapılmış sadece T_U süreleri kıyaslanmıştır. Aynı şekilde bu değerler de karşılaştırıldığında yüksek hassasiyet görülmektedir. Sadece nümerik yaklaşım neticesinde elde edilen T_U değeri, bu makaledeki veriler için 34.81814039 dakika olarak bulunmuştur. Nümerik yaklaşımın, MATLAB 5.3 algoritması ile desteklenmesi ile edilen T_U değeri ise 34.8996 dakika olarak elde edilmiştir. Bu değerler arasında fark olmasının nedeni, gerek sayıların yuvarlanmasından gerek hesaplamalardaki hassasiyetlerden kaynaklanmaktadır. Söz konusu yaklaşımın algoritma olmadan uygulanması oldukça zaman almakta ve hata riski artmaktadır. Ancak önerilen yaklaşım, MATLAB 5.3 algoritması ile modellendiğinde işlem çok kısa sürede sonuçlanmaktadır. Mukayese için gerekli olan üçüncü bir değer ise bu sürenin grafik kağıdı ile bulunmasıdır. Şekil 3'ten görüldüğü gibi grafik kağıdı bulunan T_U değeri 34.5 dakikadır. Ancak burada da zaman kaybı ve çizim hataları söz konusudur. MATLAB 5.3 algoritması ile elde edilen T_U değerinin diğer sonuçlar ile mukayesesi yapılırsa; MATLAB 5.3 algoritması ile elde edilen süre: $T_U = 34.8996$ dakika, algoritma olmadan nümerik yaklaşımın uygulanması ile bulunan süre: $T_U = 34.81814039$ dakika için yaklaşım hatası (approximation error): YH (AE) = % 0.002334113, grafik kağıdı ile bulunan değer: $T_U = 34.5$ dakika için yaklaşım hatası (approximation error): YH (AE) = % 0.009137202 olarak elde edilmiştir.

Şekil 3'teki numaralar ve harfler; (1) $H_u = 6.67$ cm ordinatından çizilen yatay doğru, (2) H_u değerinin eğriyi kestiği noktadan çizilen birinci teğet doğrusu, (3) Serbest çökeltmenin bittiği noktadan uzatılan lineer doğru, (4) Birinci teğet doğrusu ile lineer doğrunun kesim noktasından çizilen açıortay doğrusu, (5) Açıortay doğrusunun eğriyi kestiği noktadan çizilen ikinci teğet doğrusu, (6) Açıortay doğrusunun H_u yatayını kestiği noktadan x eksenine inilen dik doğru, (A) H_u yatayının eğriyi kestiği nokta, (B) Serbest çökeltmenin bittiği nokta, (C) Birinci teğet doğrusu ile lineer doğrunun kesişim noktası, (D) Açıortay doğrusunun eğriyi kestiği nokta, (E) İkinci teğet doğrusunun H_u yatayını kestiği nokta olarak ifade edilmektedir. Çamurun istenilen konsantrasyona ulaşması için gerekli olan bekletme süresinin hesaplanmasını esas alan nümerik yaklaşımın, MATLAB 5.3 algoritması ile desteklenmesi neticesinde söz konusu süre ve yoğunlaştırıcıya ait diğer tasarım parametreleri çok hızlı ve kolay bir şekilde yüksek hassasiyetle

Numerical Approach to Hindered...

hesaplanmaktadır. Ayrıca farklı veriler için de sonuçların pratik olarak elde edilmektedir.



Şekil 3. T_U değerinin grafik kağıdı ile tayini

KAYNAKLAR

- [1] Ağargün, G., Özdağ, H., "Lineer Cebir ve Çözümlü Problemleri", Y.T.Ü Fen Edebiyat Fakültesi, İstanbul, 2001.
- [2] Aksoğan, S., "Su Getirme Kanalizasyon ve Suların Arıtılması", Cilt 2, PİMAŞ Yayınları, İstanbul, 1987, 882 – 897.
- [3] Edgar, T.F., Himmelblau, D.M., "Optimization of Chemical Processes", Mc Graw – Hill Chemical Engineering Series, New York, 1989, 50.
- [4] Muslu, Y., "Su Temini ve Çevre Sağlığı", İ.T.Ü Rektörlüğü, 1985, 462 – 465.
- [5] Protter, M. H., Protter, E. P., "Calculus with Analytic Geometry", 4th Edition, Jones and Barlett Publishers Inc., Boston, 1988, 449 – 454.
- [6] Sincero, A. P., "Correction to the Method of Talmadge and Fitch", CSCE/EWRI of ASCE Environmental Engineering Conf., Niagara, 2002, 1 – 7.
- [7] Thomas, G. B., Finney, R. L., "Calculus and Analytic Geometry", 8th Edition, Addison – Wesley Publishing Company, 1992, 48 – 51.

Ek. MATLAB 5.3 programı ile yazılan yoğunlaştırma tankı tasarım algoritması

Engelli çökelmeye nümerik yaklaşımda ve yoğunlaştırıcının tasarımında; MATLAB, The Language of Technical Computing, Version 5.3.0.10183 (R11), January 21, 1999, License Number : 76297, CD Serial Number : 11-10224-43044-38818-03811-61063-11324 nümerik analiz programından yararlanılmıştır. Söz konusu tasarım algoritması aşağıda verilmiştir.

```
clear  
%Çamur Yoğunlaştırıcı Tasarım Programı
```

```

%Programmed by Kaan YETILMEZSOY
C0=input('Numunenin başlangıçtaki konsantrasyonunu mg/l olarak giriniz C0=?');
Cu=input('İstenilen konsantrasyon değerini mg/l olarak giriniz Cu=?');
Q0=input('Aktif çamur akımının debisini m3/gün olarak giriniz Q0=?');
disp('Aşağıda verilen arakesit yüksekliklerini cm olarak giriniz...');
H1=input('Birinci arakesit yüksekliğini giriniz H1=?');
.....
H7=input('Yedinci arakesit yüksekliğini giriniz H7=?');
disp('Aşağıdaki süreleri dakika olarak giriniz...');
T1=input('Birinci süreyi giriniz T1=?');
.....
T7=input('Yedinci süreyi giriniz T7=?');
H=[H1 H2 H3 H4 H5 H6 H7];
T=[T1 T2 T3 T4 T5 T6 T7];
disp('Çökme eğrisi için ikinci dereceden  $y=a+bx+cx^2$  şeklinde eğri uyduruluyor...')
y=polyfit(T,H,2);
a=y(3);
b=y(2);
c=y(1);
Hu=(H1*C0)/Cu;
y1=[c b (a-Hu)];
r1=roots(y1);
x1=min(r1);
disp('Birinci teğet doğrusunun denklemi oluşturuluyor...')
m1=2*c*x1+b;
disp('Serbest çökmenin bittiği nokta lineer olarak uzatılıyor...')
y2=[c b (a-H2)];
r2=roots(y2);
x2=min(r2);
m2=(H2-H1)/x2;
xk=(m1*x1-m2*x2-Hu+H2)/(m1-m2);
yk=m1*(xk-x1)+Hu;
disp('Açıortay denklemi oluşturuluyor...')
b1=((1^2)+(m1^2))^0.50;
b2=((1^2)+(m2^2))^0.50;
A=-b2*m1+b1*m2;
B=b2-b1;
C=b2*m1*x1-b2*Hu-b1*m2*x2+b1*H2;
mk=-A/B;
disp('Açıortayın kesim noktası hesaplanıyor ve ikinci teğet denklemi oluşturuluyor...')
ya=[c (b+(A/B)) (a+(C/B))];
r3=roots(ya);
x3=min(r3);
y3=c*(x3^2)+b*(x3)+a;
m3=2*c*x3+b;
disp('Gerekli bekletme süresi (dk.):')
Tu=(Hu+m3*x3-y3)/m3;
disp(Tu)
disp('Çamurun istenilen konsantrasyona ulaşması için gerekli alan hesaplanıyor...')
Alan1=(((Q0/1440)*Tu)/H1)*100;
disp('Duru fazın çamur kabarması olmadan savaklanabilmesi için gerekli alan hesaplanıyor...')

```


Numerical Approach to Hindered...

```
Alan2=((Q0/1440)*T2*(H1-Hu))/(H1*(H1-H2))*100;
disp('Yoğunlaştırıcı yüzey alanı (m2):')
Alanlar=[Alan1 Alan2];
Amax=max(Alanlar);
disp(Amax)
disp('Yoğunlaştırıcının çapı (m):')
D=((4*Amax)/(3.141592654))^0.50;
disp(D)
disp('Katı madde yükü (kg/m2/gün):')
Ls=(Q0*(C0/1000))/(Amax);
disp(Ls)
disp('Yüzeysel hidrolik yük (m2/gün):')
Lh=(Q0*((H1-Hu)/H1))/Amax;
disp(Lh)
```