

BARAJ YIKILMASI TAŞKIN DALGALARININ MANSAPTA OLUŞTURACAĞI SU YÜZÜ PROFİLLERİNİN İNCELENMESİ

Hatice (ÖZMEN) ÇAĞATAY

Ç.Ü., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

Selahattin KOCAMAN

M.K.Ü., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Antakya/Türkiye

ÖZET : Geçmişte meydana gelen bir çok felaket oldukça güvenli yapılar olmalarına rağmen her barajın bir yıkılma riskine sahip olduğunu göstermektedir. Bir barajın yıkılması durumunda rezervuarında depolanmış olan çok büyük miktardaki su gedikten boşalarak mansapta çok sayıda can kaybına ve önemli hasarlara neden olabilecek bir taşkın yaratabilir. Bu nedenle baraj yıkılması sonucunda oluşan potansiyel taşkın koşullarının belirlenmesi ve su basması haritaları ile tahliye programlarını da içeren acil durum planlarının geliştirilmesi oldukça önemlidir. Bu çalışmada, baraj yıkılması sonucu oluşacak taşkın dalgasının büyüklüğü belirlenerek dinamik dalga yöntemi ile mansap boyunca ötelenmiştir. Mansapta su yüzü profilleri farklı zamanlar ve farklı Manning pürüzlülük değerleri için elde edilmiştir. NWS FLDWAV adlı bilgisayar modeli kullanılarak Kozan Barajı üzerinde bir uygulama yapılmıştır.
Anahtar Kelimeler: Baraj yıkılması, Taşkın ötelenmesi, Su yüzü profili, Pürüzlülük, Dinamik öteleme

INVESTIGATION OF WATER SURFACE PROFILES OF DAM BREAK FLOOD WAVES AT THE DOWNSTREAM

ABSTRACT : Many disasters which have occurred in the past show that although dams are considerably safe structures, every dam has risk to fail. In the case of a dam break, large quantities of stored water in the reservoir is released through the breach into the downstream of the valley and can create major floods that can cause a great number of death and serious damages. Therefore, it is important to predict potential flood conditions resulting from dam break and to develop emergency action plans including inundation maps and evacuation programs. In this study, magnitude of the flood waves has been determined and routed along downstream of the dam by dynamic routing method. Water surface profiles for different times and for various Manning roughness coefficients have been obtained at the downstream. A case study was performed on Kozan Dam by using the computer model NWS FLDWAV.
Key words: Dam break, Flood routing, Water surface profile, Roughness, Dynamic routing

1. GİRİŞ

Taşkın sonucu üstten aşma veya borulanma nedeniyle bir barajın yıkılması halinde, rezervuarında depolanmış olan çok büyük miktarda su kısa süre içerisinde boşalarak mansapta büyük taşkınlara neden olacağından can kayıpları ve önemli ölçüde maddi hasarlar meydana gelebilir. Bu tür olayların etkileri, gözlemlerin yanı sıra sayısal ve fiziksel modellerden sağlanan bilgilere dayanarak acil durum planlarının hazırlanması ve baraj yıkılmasından dolayı sel basacak alanların belirlenmesiyle azaltılabilir. Baraj yıkılması taşkın analizi genel olarak iki kısımda ele alınır. İlk olarak baraj gövdesi üzerinde meydana gelen bir gedikten çıkan taşkın hidrografi hesaplanır. Daha sonra bu hidrograf mansaptaki akarsu kesiminde ötelenerek önceden belirlenen kesitlere ne zaman, hangi yükseklikte ve hangi debide varacağı, ne kadar zaman sonra hangi yüksekliğe düşeceği belirlenir.

Baraj yıkılması sonucu oluşan taşkınların akarsu boyunca ötelenmesi için kullanılan modellerin bir çoğunda gedik oluşumu ötelemeden ayrı olarak düşünülür ve gedik karakteristikleri bağımsız olarak belirlenerek taşkın öteleme modellerine girdi olarak kullanılır (1).

Gedikten çıkan taşkınının baraj mansabında ötelenmesinde, süreklilik ve momentum (Saint-Venant) denklemlerinin sayısal çözümüne dayanan dinamik dalga yöntemi kullanılmaktadır (2). Bu yöntemde, ağırlıklı dört noktalı kapalı sonlu farklar ile belirli başlangıç ve sınır şartları altında çözüm yapılmaktadır (3,4).

Bu çalışmada NWS FLDWAV adlı bilgisayar modeli kullanılarak Kozan Barajı üzerinde uygulama yapılmıştır (5). Baraj yıkılması sonucu oluşan taşkın dalgası belirlenerek baraj mansabı boyunca ötelenmiştir. Baraj yıkılması olayında uygun pürüzlülük katsayılarının seçimi bir belirsizliğe sahiptir. Yapılan çalışmalardaki gözlem sonuçları baraj yıkılması sonucunda ortaya çıkan akımın Manning pürüzlülük değerinin ($n=0.08$) oldukça yüksek olabileceğini göstermekle birlikte belirsizlik söz konusudur (6). Bu nedenle mansapta su yüzü profilleri farklı pürüzlülük değerleri için farklı zamanlarda elde edilerek karşılaştırılmıştır.

2. TAŞKIN ÖTELENMESİ

Baraj yıkılması sonucu meydana gelen taşkınların mansap boyunca belirlenen bir mesafede ötelenmesinde Saint-Venant denklemleri olarak bilinen süreklilik ve momentum denklemlerinin sayısal çözümüne dayanan dinamik öteleme yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntem taşkın dalgasının ivme etkilerini, akarsu yatağındaki kesit değişimlerini ve kabarma etkilerini dikkate aldığından dolayı tek boyutlu taşkın öteleme yöntemleri arasında en hassas olanıdır. Bu sebeple taşkın dalgası ivme hareketlerinin, ağırlık ve sürtünme etkilerine göre daha önemli olduğu baraj yıkılması taşkınlarının ötelenmesinde kullanılan en uygun modeldir. Akımı idare eden süreklilik ve momentum denklemlerinin genel hali sırasıyla

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial s_{co}(A + A_0)}{\partial t} - q = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial(s_m Q)}{\partial t} + \frac{\partial(\beta Q^2 / A)}{\partial x} + gA \left(\frac{\partial h}{\partial x} + S_f + S_e + S_i \right) + L + W_f B = 0 \quad (2)$$

şeklindedir. Burada Q debi, h su yüzeyi seviyesi, A akımın aktif enkesit alanı, A_0 aktif olmayan enkesit alanı, s_{co} ve s_m yükseklikle değişen kıvrımlılık faktörleri, x akarsu yatağı boyunca boyuna uzaklık, t zaman, q giren yada çıkan yanal akım, β momentum düzeltme katsayısı, g yerçekimi ivmesi, S_f sürtünme eğimi (enerji çizgisi eğimi), S_e genişleme-daralma eğimi, S_i çamur/enkaz içeren akımlar gibi Newtonien olmayan akışkanların iç viskoz çalkantısıyla karşılaşılana ilave sürtünme eğimi, B su yüzeyi (h) seviyesindeki aktif akarsu üst genişliğini, W_f akım yüzeyi üzerindeki rüzgar direnci etkisini gösterir.

Denklem (1) ve (2)'deki Saint-Venant denklemleri lineer olmayan, hiperbolik kısmi diferansiyel denklem sistemi oluşturur. Denklemler iki bağımsız değişken (x ve t), iki bağımlı değişken (h ve Q) içerir. Kalan terimler ya x, t, h ve Q'nun fonksiyonlarıdır ya da sabitlerdir. Bu denklemler, kanal geometrisi ve sınır şartlarının karışık olmadığı ve denklemlerin lineer olmayan özelliklerinin ihmal edildiği veya lineer kabul edildiği durumlar hariç analitik çözümler için uygun değildir. Bu nedenle denklemlerin çözümünde sayısal yöntemler kullanılır. Sayısal yöntemler içinde oldukça fazla uygulama alanı bulan sonlu farklar yöntemi, kolay uygulanabilirliği nedeni ile diferansiyel denklemlerin çözümünde tercih edilir.

Bir çok avantajı bulunduğundan dolayı "ağırlıklı dört noktalı kapalı" şema diferansiyel denklemlerin çözümünde yaygın olarak kullanılmaktadır. Şekil 1'de görülen şema dikdörtgen şeklindeki x-t (mesafe-zaman) ağından oluşur, i indisi mesafeyi j indisi zamanı simgeler. Kısmi türevlerin sonlu fark ifadeleri karenin (grid) ortasında yer alan M noktasına göre yazılır. Böylece M'nin etrafındaki dört noktada kullanılmış olur. Δx mesafe Δt ise zaman adımını göstermektedir. Δx ve Δt adımlarının eşit olması gerekmediği gibi Δx ve Δt 'nin büyük değerleri için bile doğru sonuca ulaşılmaktadır. Burada önemli olan Δx ve Δt 'nin artımlarındaki miktarın orantılı olmasıdır. M noktasındaki zamana bağlı türevler x eksenini boyunca i'inci ve i+1'inci noktalar arasında orta noktada,

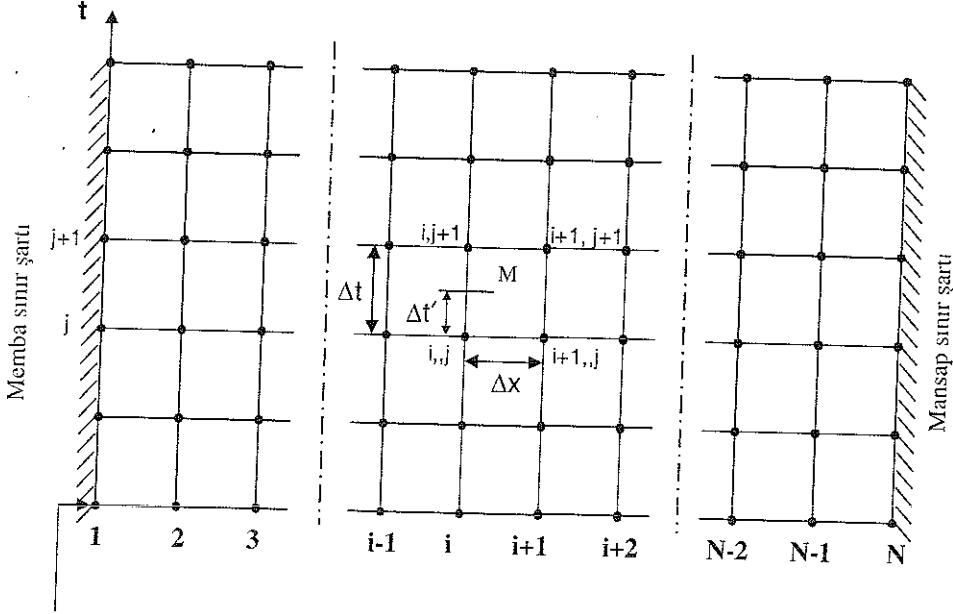
$$\frac{\partial \Psi}{\partial t} = \frac{\Psi_i^{j+1} + \Psi_{i+1}^{j+1} - \Psi_i^j - \Psi_{i+1}^j}{2\Delta t_j} \quad (3)$$

ifadesi ile bulunur. Burada Ψ herhangi bir değişkeni (Q, h, A, A_0 , S_0 , s_{co} vb.) gösterir.

$\theta = \Delta t' / \Delta t$ olmak üzere M noktasındaki yersel türevler θ ve $(1-\theta)$ ağırlık faktörlerine göre iki bitişik zaman çizgisi arasında,

$$\frac{\partial \Psi}{\partial x} = \theta \left[\frac{\Psi_{i+1}^{j+1} - \Psi_i^{j+1}}{\Delta x_j} \right] + (1-\theta) \left[\frac{\Psi_{i+1}^j - \Psi_i^j}{\Delta x_j} \right] \quad (4)$$

ifadesi ile belirlenir.



Şekil 1. Saint-Venant denklemlerinin sonlu fark formunun yazıldığı x-t ağı

Türevler dışındaki değişkenler, yersel türevlerin aynı ağırlık faktörleri kullanılarak değerlendirildiği noktadaki zaman çizgisinde,

$$\Psi = \theta \left[\frac{\Psi_i^{j+1} + \Psi_{i+1}^{j+1}}{2} \right] + (1-\theta) \left[\frac{\Psi_i^j + \Psi_{i+1}^j}{2} \right] \quad (5)$$

ifadesi ile hesaplanır. θ ağırlık faktörü için 0.55 ~ 0.60 arasında bir değer alınır.

Denklem (3), (4) ve (5)'teki sonlu fark ifadeleri, (1) ve (2) denklemlerindeki türevlerin ve diğer değişkenlerin yerine yazılırsa aşağıdaki ağırlıklı dört noktalı kapalı sonlu fark formundaki denklemler elde edilir.

Süreklilik denklemi:

$$\theta \left[\frac{Q_{i+1}^{j+1} - Q_i^{j+1}}{\Delta x_i} \right] - \theta q_i^{j+1} + (1-\theta) \left[\frac{Q_{i+1}^j - Q_i^j}{\Delta x_i} \right] - (1-\theta) q_i^j + \left[\frac{s_{coi}^{j+1} (A + A_0)_i^{j+1} + s_{coi}^{j+1} (A + A_0)_{i+1}^{j+1} - s_{coi}^j (A + A_0)_i^j - s_{coi}^j (A + A_0)_{i+1}^j}{2\Delta t_j} \right] = 0 \quad (6)$$

Momentum denklemi:

$$\begin{aligned} & \left[\frac{(s_{m_i} Q_i)^{j+1} + (s_{m_i} Q_{i+1})^{j+1} - (s_{m_i} Q_i)^j - (s_{m_i} Q_{i+1})^j}{2\Delta t_j} \right] \\ & + \theta \left[\frac{(\beta Q^2 / A)_{i+1}^{j+1} - (\beta Q^2 / A)_i^{j+1}}{\Delta x_i} + g \bar{A}^{j+1} \left(\frac{h_{i+1}^{j+1} - h_i^{j+1}}{\Delta x_i} + \bar{S}_i^{j+1} + S_c^{j+1} + \bar{S}_i^{j+1} \right) + L_i^{j+1} + (W_f \bar{B})_i^{j+1} \right] \\ & + (1-\theta) \left[\frac{(\beta Q^2 / A)_i^j - (\beta Q^2 / A)_i^j}{\Delta x_i} + g \bar{A}^j \left(\frac{h_{i+1}^j - h_i^j}{\Delta x_i} + \bar{S}_i^j + S_c^j + \bar{S}_i^j \right) + L_i^j + (W_f \bar{B})_i^j \right] = 0 \quad (7) \end{aligned}$$

2.1. Lineer Olmayan Denklem Takımının Sayısal Çözümü

Denklem (6) ve (7)'deki j 'inci zaman çizgisinde yer alan terimler başlangıç şartları yada önceki hesaplamalardan bilinir. Başlangıç şartları x eksenini boyunca ilk zaman çizgisi için ($t=0$ anında) her bir düğüm noktasındaki h_i^j ve Q_i^j değerleri arasındaki ilişkiden belirlenir. $g, \Delta x_i, \bar{B}_i, C_w, k_{cc}$ gibi terimler çözümden bağımsız olarak belirlenen ve bilinen büyüklüklerdir. $j+1$ 'inci zaman çizgisindeki $A_i^{j+1}, A_{i+1}^{j+1}, B_i^{j+1}, B_{i+1}^{j+1}, S_i^{j+1}$ gibi terimler bilinmeyen olmalarına rağmen h ve Q 'nun fonksiyonları olarak ifade edilebildiklerinden temel bilinmeyenler $Q_i^{j+1}, h_i^{j+1}, Q_{i+1}^{j+1}, h_{i+1}^{j+1}$ terimleridir.

Sonlu fark formundaki denklem (6) ve (7)'de dört bilinmeyen ($Q_i^{j+1}, h_i^{j+1}, Q_{i+1}^{j+1}, h_{i+1}^{j+1}$) ve buna karşın sadece iki denklem mevcut olduğundan doğrudan çözüm yapılamaz. Bununla birlikte (6) ve (7) denklemleri memba ($i=1$) ve mansap ($i=N$) sınırları arasında yeralan ve Şekil 1'de gösterilen ($N-1$) adet dikdörtgen ağın her noktasına uygulanırsa, $2N$ bilinmeyenli ($2N-2$) denklemden meydana gelen lineer olmayan bir denklem sistemi elde edilir. N , enkesitlerin toplam sayısını gösterir. Daha sonra birisi memba sınırında ve diğeri mansap sınırında olmak üzere önceden belirlenmiş sınır şartları denklem takımının çözümü için gerekli iki ilave denklemi sağlar.

Lineer olmayan denklem sistemi, $j+1$ 'inci zaman çizgisinde bilinmeyen parametreler olan h ve Q cinsinden aşağıda görüldüğü gibi özetlenebilir.

$UB(h_i^{j+1}, Q_i^{j+1}) = 0$	membra sınır şartı
$C_1(h_1^{j+1}, Q_1^{j+1}, h_2^{j+1}, Q_2^{j+1}) = 0$	birinci gridteki süreklilik denklemi
$M_1(h_1^{j+1}, Q_1^{j+1}, h_2^{j+1}, Q_2^{j+1}) = 0$	birinci gridteki momentum denklemi
.....	
$C_i(h_i^{j+1}, Q_i^{j+1}, h_{i+1}^{j+1}, Q_{i+1}^{j+1}) = 0$	i 'inci gridteki süreklilik denklemi
$M_i(h_i^{j+1}, Q_i^{j+1}, h_{i+1}^{j+1}, Q_{i+1}^{j+1}) = 0$	i 'inci gridteki momentum denklemi
.....	

$$C_{n-1}(h_{n-1}^{j+1}, Q_{n-1}^{j+1}, h_n^{j+1}, Q_n^{j+1}) = 0$$

n-1'inci gridteki süreklilik denklemi

$$M_{n-1}(h_{n-1}^{j+1}, Q_{n-1}^{j+1}, h_n^{j+1}, Q_n^{j+1}) = 0$$

n-1'inci gridteki momentum denklemi

$$DB(h_n^{j+1}, Q_n^{j+1}) = 0$$

mansap sınır şartı

Burada C'ler süreklilik denklemini, M'ler momentum denklemini, UB memba sınır şartını (upstream boundary), DB mansap sınır şartını (downstream boundary) ifade etmektedir. 2N bilinmeyenli lineer olmayan 2N adet denklem sisteminin çözümü Newton-Raphson yöntemi ile yapılır.

Lineer olmayan denklem sisteminin ardışık çözüm hesaplamaları, 2N bilinmeyen için başlangıç deneme değerlerinin verilmesiyle başlar. Q ve h için bu deneme değerleri j zaman çizgisinde başlangıç şartından bilinen (j=1 ise) veya önceki zaman adımı hesaplamalarından bilinen deneme değerleri olabilir. Deneme değerlerinin denklem sistemi içerisinde yerine konulmasıyla 2N adet fark elde edilir. Newton-Raphson yöntemi, bu farkların uygun bir tolerans seviyesine azalana veya sıfıra yaklaşıp kadar deneme değerinin düzeltilmesini sağlar.

Bu denklem sisteminin Newton-Raphson iterasyon tekniği ile çözülebilmesi için teknik gereği sistem her bir Δt zaman dilimi için önce lineer hale getirilmekte bunun içinde Jacobian matrisine ihtiyaç duyulmaktadır. Jacobian katsayılar matrisi 2N adet denklemin 2N adet bilinmeyene göre birinci türevinin alınması ile elde edilmektedir. Lineer hale gelen sistem Gauss Eliminasyon yöntemi ile çözülebilmektedir.

Saint Venant denklem takımının çözülebilmesi için memba ve mansap sınır şartlarının bilinmesi gereklidir. Memba sınır şartı önceden belirlenmiş bir debi $Q_1=Q(t)$ veya su yüzeyi hidrografi $h_1=h(t)$ olabilir. Mansap kesitinin fiziksel özelliklerine ve mevcut imkanlara bağlı olarak farklı sınır şartları kullanılabilir ancak genelde son kesite ait tek değerli veya dinamik kapalı anahtar eğrileri kullanılmaktadır.

Ayrıca Saint-Venant değişken akım denklemlerinin sayısal çözümüne başlayabilmek için, hesaplamaların başlangıcında ($t=0$ anında) tüm enkesitlerde ($i=1,2,3,\dots,N$) akımın durumu (h_i ve Q_i) bilinmelidir. Bu durum akımın başlangıç şartları olarak adlandırılır.

Saint-Venant denklemlerinin sonlu farklarla çözümünde, hesaplamalarda güçlüklerle karşılaşmamak ve kabul edilebilir nümerik hassaslık elde edebilmek için mesafe adımlarının (Δx_i) ve zaman adımlarının (Δt) uygun bir biçimde seçilmesi büyük önem taşır.

3. UYGULAMA VE TARTIŞMA

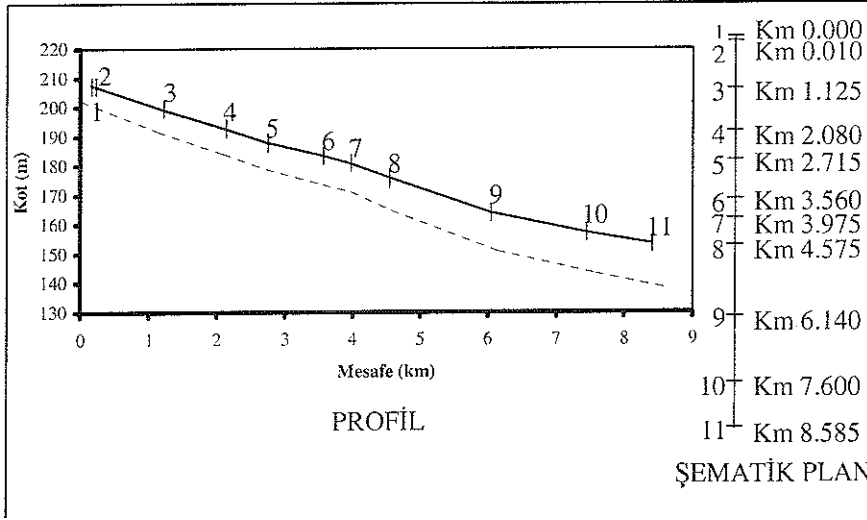
Bu çalışmada baraj yıkılması sonucu oluşan taşkın hidrografının belirlenmesi ve mansaptaki akarsu boyunca ötelenmesi için National Weather Service (A.B.D.) tarafından geliştirilmiş olan NWS FLDWAV (1998) adlı bilgisayar paket programı kullanılmıştır (5). Program yardımıyla, baraj yıkılması sonucu oluşan gedikten çıkan akım hidrografi hesaplanmakta ve bu hidrograf mansap boyunca ötelenmektedir.

Baraj yıkılması sonucu meydana gelen taşkın dalgası baraj mansabındaki akarsu kısmında ötelenirken modelde akımı idare eden bir boyutlu denklemler kullanılmaktadır. Bu nedenle uygulamada kullanılacak baraj seçiminde öncelikle akarsu kesiminin akımın düşey ve yatay yöndeki hareketlerinin ihmal edilebileceği, dar bir vadiye sahip olmasına dikkat edilmiştir. Ayrıca mansapta risk altındaki popülasyonun

varlığına da bakılmıştır. Yıkılma mekanizması toprak dolgu barajlarda daha iyi bilindiğinden ilk olarak bölgemizdeki toprak dolgu barajlar incelenmiş ve bu koşula uyan toprak dolgu baraj olmadığı görülmüştür. Bu yüzden kriterlere en yakın olan kil çekirdekli, kaya dolgu olmasına rağmen Kozan Barajı uygulama için seçilmiştir. Bununla birlikte barajın deprem bölgesi içinde olması da baraj için bir risk oluşturmaktadır.

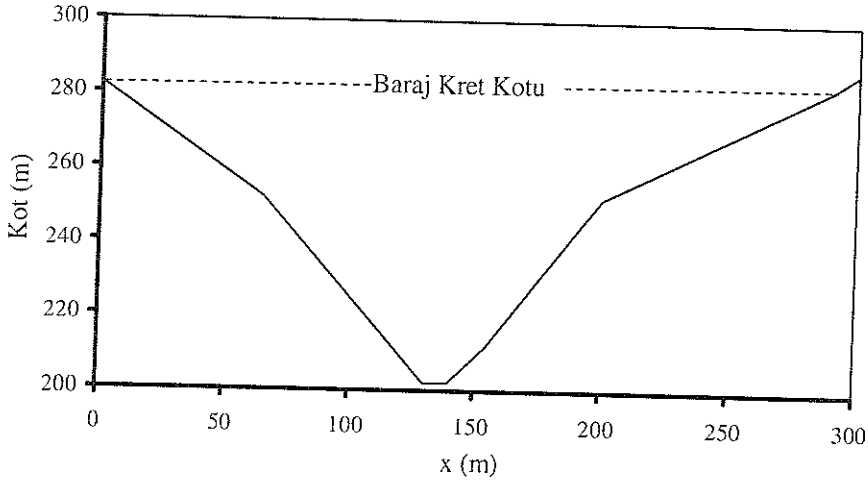
Kozan barajı Kozan ilçesinin 10 km kuzey doğusunda olup Kilgen çayı üzerinde sulama amacıyla inşa edilmiştir. 55000 nüfuslu Kozan ilçesi barajın mansabında bulunmaktadır ve barajın yıkılması halinde ilçe risk altındadır.

Uygulamada aralarındaki mesafe 0.415 ile 1.565 km arasında değişen 11 kesit kullanılmıştır. İlk iki kesit baraj aksında ve son kesit baraja 8.585 km uzaklıktadır. Her enkesit 9 tane seviye (H) ve buna karşılık gelen kanal üst genişliği (B) çifti ile tanımlanmıştır. Kesit yerlerinin profili ile şematik planı Şekil 2'de ve baraj aksındaki enkesit ise Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 2. Akarsu profili ve kesit yerlerinin şematik planı

Baraj yıkılması olayında akımın pürüzlülük katsayılarının kesin bir değeri olmamakla birlikte oldukça yüksek olduğu bilinmektedir. Kozan Barajı mansabında yapılan gözlem sonucunda Manning pürüzlülük değerinin $n=0.06$ olduğuna karar verilmiştir. Bununla birlikte baraj aksından 9. kesite (6.140 km) kadar akarsu kıvrımlarının fazla oluşu nedeniyle, bu bölgede seçilen değer $n=0.08$ alınarak kıvrımlılık etkisi yansıtılmaya çalışılmıştır.



Şekil 3. Baraj aksına ait enkesit

Baraj yıkılması analizinde barajın yıkılmasına neden olacak etken (deprem, taşkın vb.), yıkılmanın şekli (borulanma, üstten aşma vb.) ve yıkılma meydana geldiği anda göideki su seviyesinin ne olacağı önceden kestirilememektedir. Kozan Barajına ait dolusavak kapasitesi incelendiğinde muhtemel maksimum taşkını rahatlıkla deşarj edebilecek yeterliliğe sahip olduğu görülmüştür. Taşkınların kaynağını sadece yağış suları oluşturduğu için muhtemel taşkınlar Kozan barajı için risk oluşturmamaktadır. Bu sebeple barajın gövde üzerinden su aşması sonucu yıkılması olası görülmemektedir. Bundan dolayı çalışmada barajın gövdesinde oluşarak gelişen dahili bir erozyon yani borulanma sonucunda yıkıldığı varsayılmıştır. Literatürde borulanmanın genellikle tabandan, baraj yüksekliğinin 1/2'si ile 2/3'ü arasında bir noktada başladığı söylenmektedir (7). Yapılan analizlerde daha kritik olduğu için borulanma merkezi barajın orta noktası olan 239 m olarak seçilmiş ve aşınmanın talveg seviyesinde (202 m) sonlandığı kabul edilmiştir. Bu seçimin yapılmasının nedeni, borulanmanın barajın orta noktasında başlaması durumunda gedik üstündeki su yükü daha fazla olacağından genellikle yıkılmanın daha kısa sürede meydana gelmesi dolayısıyla daha kritik bir hal olmasıdır.

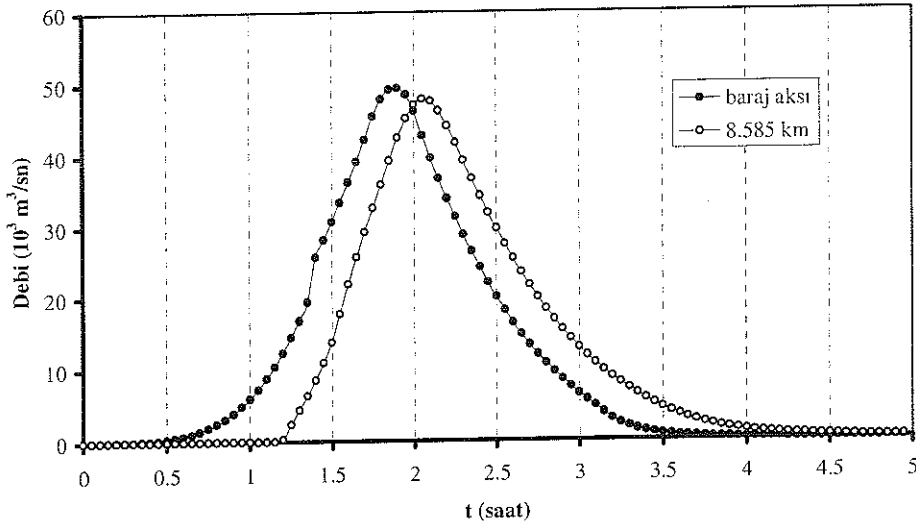
Şekil 4'te baraj yıkılması sonucu elde edilen taşkın hidrografı ile öteleme mesafesinin sonundaki (kesit 11) çıkan akım hidrografları görülmektedir. Diğer sekiz kesite ait hidrograflar ikisinin arasında yer almaktadır. Şekil 4'e bakıldığında hidrografın zamana göre bir miktar ötelenerek (≈ 10 dakika) pik debi değerinin düştüğü ve çok az yayvanlaştığı görülebilir. Pik debiler arasındaki farkın küçük olması öteleme mesafesinin kısa ve dar olması, akarsu boyunca biriktirme hacimlerinin fazla olmayışı, su kayıplarının ihmal edilmesi ile açıklanabilir.

Şekil 5 su yüzü profillerinin zamanla değişimi göstermektedir. Zaman seçiminde kesitlerde pik debinin görüldüğü ortalama zaman ($t \approx 2$ saat) baz alınarak hidrografların iki artan kolundan ($t=1.5, 1.75$ saat) iki de azalan kolundan ($t=2.25, 2.5$ saat) olmak üzere toplam beş farklı zaman ele alınmıştır. Baraj aksından 3. km'ye kadar su derinliği

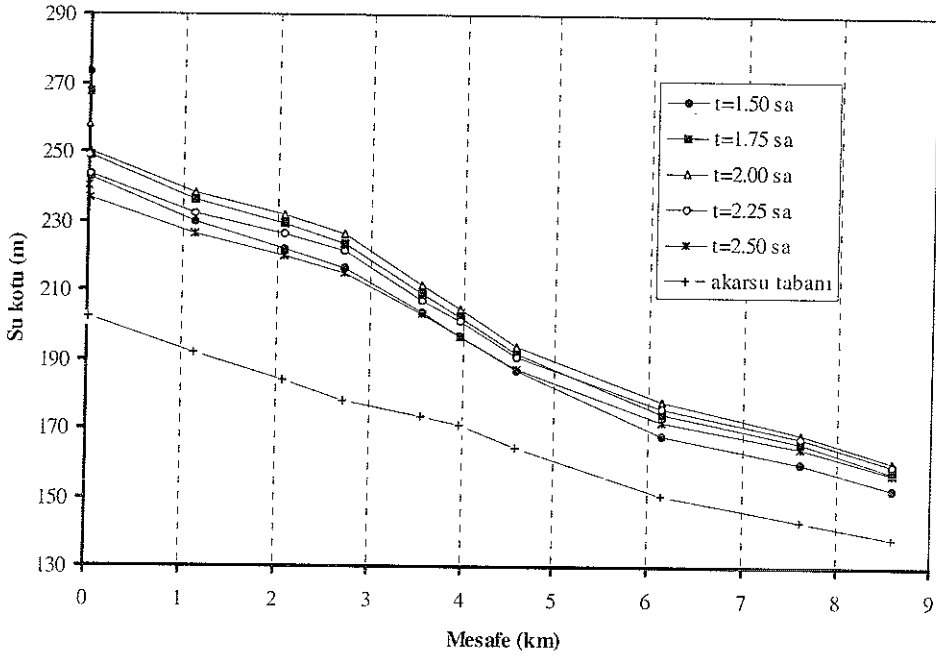
fazla olup kabarma etkisi gözlenmekte mansapta ilerledikçe akarsu enkesitinin de genişlemesiyle su derinliğinde azalma görülmektedir.

Su yüzü profilinin pürüzlülükle değişimi Şekil 6'da verilmiştir. Pürüzlülük değerleri seçilirken $n=0.08$ esas alınmış bu değer $\%25$ fazlası olan $n=0.1$ ve $\%25$ eksik $n=0.06$ ile karşılaştırılmıştır. Burada zaman olarak bütün kesitlerde pik debiye ulaşma süresinin ortalaması olan $t \approx 2$ saat alınmıştır. Sudaki yükseklik pürüzlüğün artışıyla artmakta, başlangıçtan 2. km'ye kadar ve 3.5 km - 6 km arasında fark daha belirgin olarak gözlenmektedir.

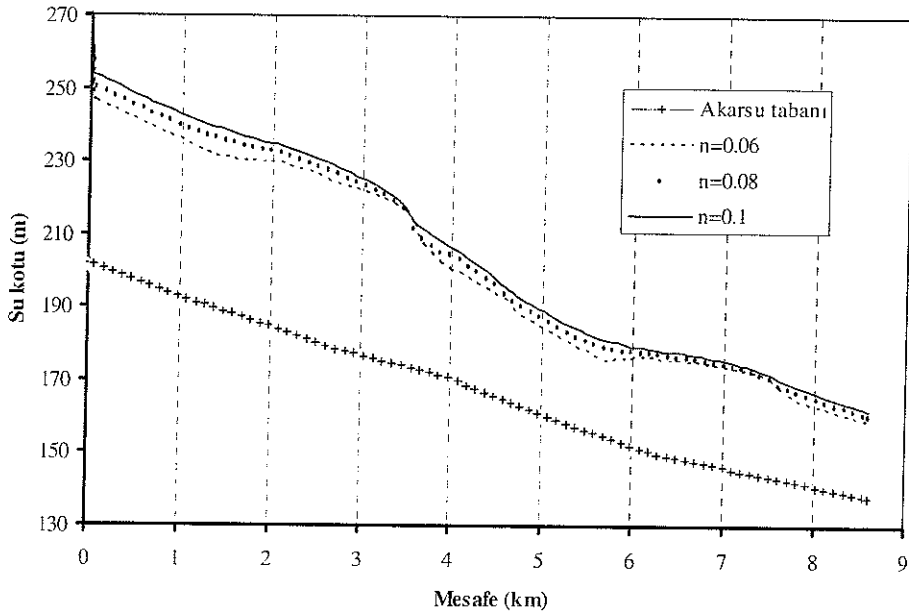
Şekil 7 ve Şekil 8 sırasıyla $t=1.5$ saat ve $t=2.5$ saat anındaki farklı pürüzlülük değerlerine ait su yüzü profillerini göstermektedir. Bu zaman değerlerinin biri taşkın hidrografının yükselen kolunda diğeri alçalan kolunda seçilmiştir. Yükselen kol için ($t=1.5$ saat) öteleme mesafesinin yarısına kadar olan kısımda pürüzlülük etkisini göstermiş geri kalan kısımda belirgin bir fark gözlenmemiştir. Alçalan kol için ($t=2.5$ saat) ise pürüzlülük etkisi öteleme mesafesi boyunca belirgin olup profiller arasında bir paralellik görülmektedir.



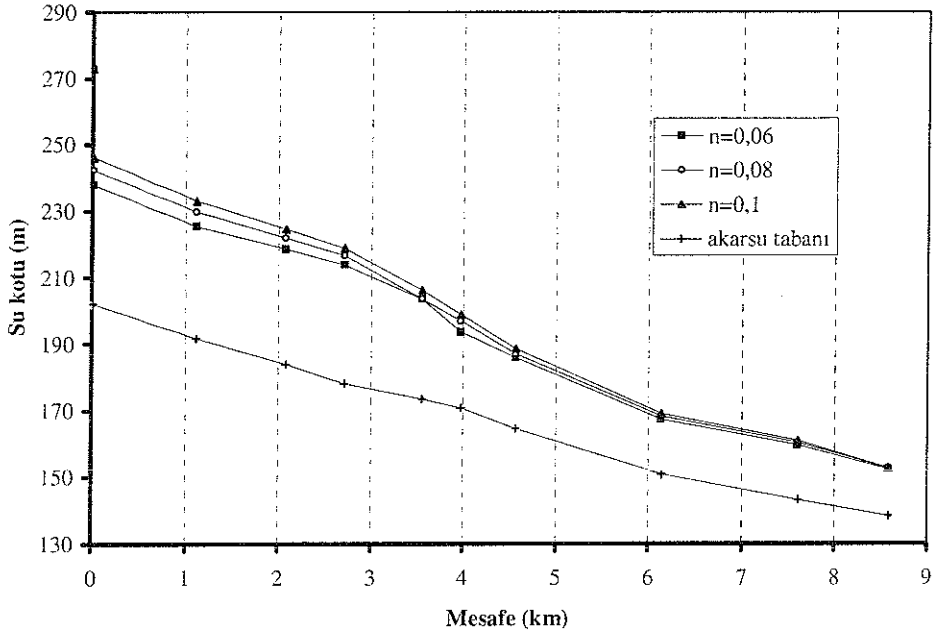
Şekil 4. Baraj aksında (0.00 km) ve son kesitteki (8.585 km) taşkın hidrografları



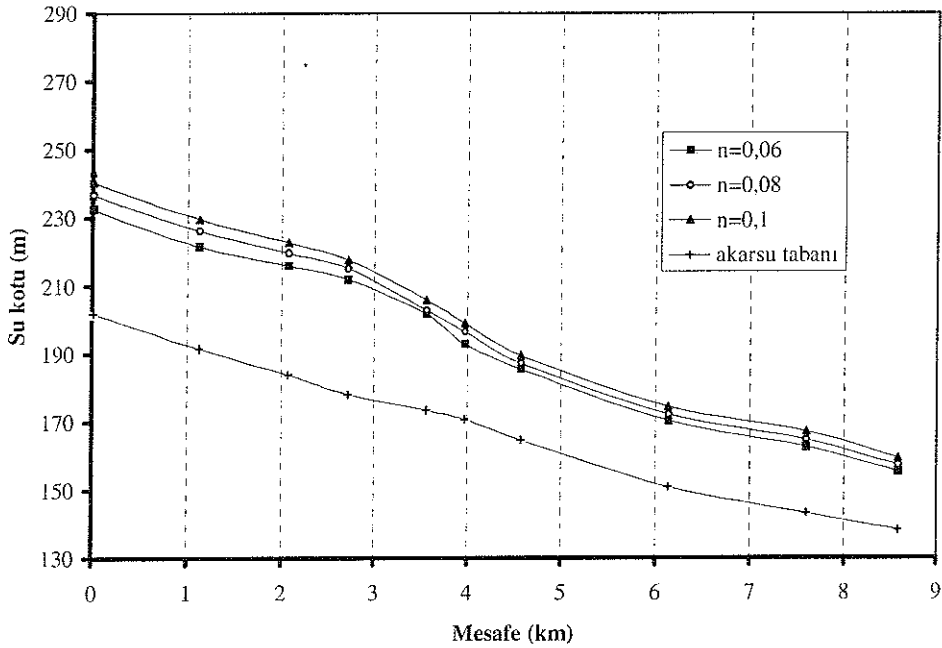
Şekil 5. Farklı zamanlardaki su yüzü profilleri



Şekil 6. Farklı pürüzlülük değerleri için maksimum su seviyesi profilleri



Şekil 7. t = 1.5 saat anındaki farklı pürüzlülük değerleri için su yüzü profilleri



Şekil 8. t = 2.5 saat anındaki farklı pürüzlülük değerleri için su yüzü profilleri

4. SONUÇLAR

Elde edilen bulgulara dayanarak Kilgen çayı üzerinde bulunan Kozan barajının yıkılması sonucunda, barajın 10 km mansabında bulunan Kozan ilçesinin büyük bir kısmının taşkından zarar göreceği söylenebilir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

NWS FLDWAV isimli bilgisayar programı kullanılarak Kozan Barajının yıkılması sonucu oluşan taşkın hidrografi hesaplanmış ve bu program yardımıyla baraj mansabında 8.5 km'lik bir mesafe boyunca ötelenmiştir. Pik debiler arasındaki farkın küçük olması öteleme mesafesinin kısa ve dar olması, akarsu boyunca biriktirme hacimlerinin fazla olmayışı, su kayıplarının ihmal edilmesi ile açıklanabilir.

Farklı zaman değerleri için mansap boyunca su yüzü profilleri çizilerek dalga hareketinin oluşumu gözlenmiştir. Baraj yıkılması sonucu oluşan taşkın mansapta hangi zamanda hangi yükseklikte olacağı belirlenmiştir.

Pürüzlülük değişiminin su yüzü profillerine etkisi irdelenmiştir. Pürüzlülüğün artmasıyla akım hızı düşmekte buna bağlı olarak hidrografının seyahat süresi artmakta ve öteleme mesafesi boyunca, su seviyelerinde yükselmeye neden olmaktadır.

Öteleme mesafesi boyunca ilerlerken taşkın hidrografının yükselen kolunda alınan zaman değerinde, farklı pürüzlülük değerleri için su yüzü profilleri birbirine yaklaşmaktadır. Alçalan kolunda alınan zaman değerinde ise öteleme mesafesi boyunca su yüzü profilleri arasındaki fark daha belirgin olup profiller arasında paralellik gözlenmektedir.

5. KAYNAKLAR

1. Kocaman,S., "Baraj Yıkılması Analizi ve Uygulaması", *Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana, Türkiye, 2002.*
2. Chow,V.T., Maidment,D.R. ve Mays,L.W., "Applied Hydrology", McGraw-Hill Co., New York, 310-342, 1988.
3. Özmen,H., "Baraj Gölünden Taşkın Öteleme Modelleri", *Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana, Türkiye, 1999.*
4. Jin,M. and Fread,D.L., "Dynamic Flood Routing with Explicit and Implicit Numerical Solution Schemes", *ASCE, Journal of Hydraulic Engineering, 123(3):166-173, 1997.*
5. Fread,D.L. ve Lewis,J.M., "NWS FLDWAV Model: Theoretical Description / User Documentation", *Silver Spring, Maryland, 1998.*
6. Morris,M.W. ve Galland,J.C., "CADAM (Concerted Action on Dambreak Modelling): Dambreak Modelling Guidelines & Best Practice". *HR Wallingford, Howbery Park, Wallingford, Oxon, OX10 8BA, United Kingdom, 1998.*
7. Molu,M., "Dam-Break Flood in A Natural Channel: A Case Study", *Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ, Türkiye, 1995.*