

Karşıdan Alışlı Kontrolsüz Dolusavakların Bilgisayar Yardımı ile Projelendirilmesi

Mehmet ARDIÇLIOĞLU,

*Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
İnşaat Mühendisliği Bölümü, 38039, Kayseri-TÜRKİYE*

Gülden GÜLTEPE

*D.S.İ. XIII. Bölge Müdürlüğü,
Proje Şube Müdürlüğü, Antalya-TÜRKİYE*

Tefaruk HAKTANIR

*Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
İnşaat Mühendisliği Bölümü, 38039, Kayseri-TÜRKİYE*

Geliş Tarihi 24.05.1999

Özet

Dolusavak yapıları, akarsu tarafından baraj ya da gölet rezervuarına getirilen taşkın debilerinin rezervuardan ötelenmesi esnasında baraj mansabına emniyetle taşımaya yarayan yapılardır. Baraj gölüne gelen bir taşkın hidrografının baraj gövdesine zarar vermeden mansapta nehir yatağına aktarılması, yeterli kapasitede, hidrolik ve statik bakımdan emniyetli bir savak yardımı ile mümkün olmaktadır. Günümüzde dolusavakların tasarımı klasik yöntemler izlenerek yapılmakta, bu da zaman ve enerji kaybına yol açmaktadır. Bu çalışmada karşıdan alışlı kontrolsüz dolusavakların projelendirilmesinde kullanılacak Qbasic dilinde bir program geliştirilmiştir. Program yardımı ile dolusavak elemanlarından olan yaklaşım kanalı, dolusavak eşiği, deşarj kanalı ve enerji kırıcı yapısının dizaynı kısa sürede ve hassas olarak yapılabilmektedir.

Anahtar Sözcükler: Dolusavak, Enerji kırıcı havuz, Bilgisayar destekli tasarım

Computer-Aided Design of Ungated Overflow Spillways

Abstract

A spillway is an essential component structure of a dam which conveys the excessive flood discharges during routing of flood hydrographs through the reservoir of the dam. The approach channel, the spillway, the chute channel, and a suitable energy dissipating basin at the end make up the flood discharge system. This four-element discharge unit performs the serious task of overpassing the severe floods without causing any serious damage to the dam. The hydraulic design of the approach channel, the spillway, the chute channel, and the stilling basin all require involved computations, including interpolations from various design charts. Therefore, design of these structures requires a huge amount of computational load when performed manually, in a conventional way, which is still a common practice in our country. In this study, a computer program which performs all the computational load for the designs of the approach channel, the ungated (free-fall) spillway, its chute channel, and the dissipating basin of a hydraulic jump type is developed. The output of the program is a possible complete design of all these four elements. The input data format is easy to prepare, and the program lets the user to choose among many alternative designs.

Key Words: Spillway, Energy dissipating basin, Computer aided design

Giriş

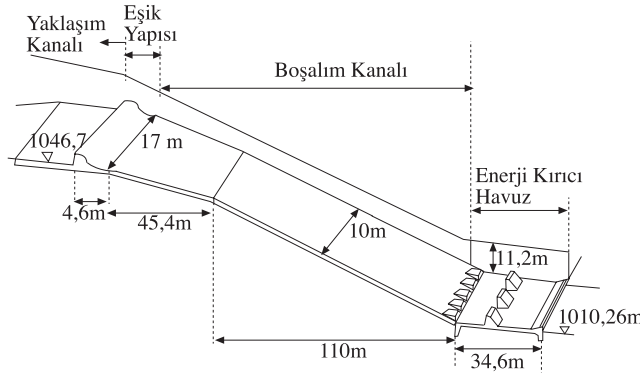
Barajlar toprak ve su kaynaklarının verimli şekilde değerlendirilerek ülke hizmetine sunulması amacıyla inşaa edilen mühendislik yapılarıdır. Barajların en önemli kısımlarından birini oluşturan dolusavak, akarsuyun baraj veya gölet haznesine getirdiği suyun barajı doldurduktan sonra yapıya zarar vermeden mansaba geçmesini sağlayan bir yapıdır. Beton ağırlık ve kemer barajlarda dolusavak yapısı baraj gövdesi üzerine yerleştirilebilir. Bu tür barajlarda suyun gövde üzerinden aşması tehlike oluşturmaz. Çoğunlukta bulunan toprak veya kaya dolgu baraj ve göletlerde ise suyun üzerinden aşması barajın yıkılmasına yol açar. Bu nedenle toprak ve kaya dolgu barajlarda dolusavak dolgudan ayrı olarak projelendirilir. Dolusavaklar fonksiyonlarını gerçekleştirebilmeleri için 4 farklı bölüm olarak projelendirilirler. Bunlardan birincisi yaklaşım kanalı olup, suyu rezervuardan alarak savak yapısına iletmek için kullanılır. Suyun üstünden savaklandığı esas yapı, kontrol kesiti veya dolusavak gövdesi olup su alt napına uygun bir şekil verilerek hidrolik bakımdan etkin bir profil elde edilebilir. Kapaklı veya kapaksız olarak projelendirilebilir. Dolusavak yardımı ile mansaba geçirilen su enerji kırıcı tesise kadar boşaltım kanalı ile taşınır. Suyun kret kotundan akarsuyun talveg kotuna kadar taşınması zorunluluğu dolusavak kanalının oldukça dik eğimli projelendirilmesini zorunlu kılar. Boşaltma kanalında su büyük hız kazanarak uç yapısına gelir ve büyük

bir kinetik enerjiye sahip olur. Söz konusu enerjinin baraj eteğinde nehir yatağının ve yamaçların oyulmasına ve civardaki yapılara zarar vermesine engel olmak için enerji kırıcı tesis inşaa edilir (Şentürk, 1972). Şekil 1’de tipik bir örnek olarak Yeşilyayla Barajı yaklaşım kanalı, dolusavağı, tahliye kanalı ve enerji kırıcı havuzu gösterilmektedir.

Dolusavakların Hidrolik Hesapları

Dolusavak hidroliği suyun savak yaklaşım kanalına girdiği kesitten başlar ve ana yatak içine yeniden verildiği konumda son bulur. Yaklaşım kanalının projelendirilmesinde baraj gölünden kanala girişte yük kayıplarının azaltılmasına ve kanal içinde düzenli bir akımın elde edilmesine çalışılmalı, kanal içinde büyük yük kayıplarına ve oyulmalara neden olabilecek hızlardan ve girdap, anaför gibi düzensizliklerden kaçınılmalıdır.

Eşik yapısı memba yüzü düşey olabileceği gibi 1/3, 2/3, 1/1 eğimli olabilir. Eşik yüksekliğinin (P), eşğin üzerindeki su yüküne (H_0) oranının küçük olduğu kapaklı dolusavaklarda memba yüzünün eğimli olması deşarj katsayısını artırmaktadır. Buna karşın daha küçük su yükü altında çalışan kapaksız dolusavaklarda deşarj katsayısının artması memba yüzünün dik olmasına bağlıdır. Kapaksız dolusavaklarda taşkın halinde gelen katstrofal hidrograf göl içinde ötelenerek hareket ederken çıkan akım pik debisi H_0 yüksekliği ile eşik üzerinden mansaba geçer. H_0 yüksekliğini belirleyebilmek için



Şekil 1. Yeşilyayla barajı, yaklaşım kanalı, dolusavak, boşaltım kanalı ve enerji kırıcı havuzun görünüşü

taşkın öteleme hesabı yapılmalıdır. Bu arada ; 1) hacim satıh eğrisi, 2) dolusavak taşkın hidrografi ve 3) dolusavak deşarj eğrisine ihtiyaç vardır.

Hacim satıh eğrisi ile dolusavak taşkın hidrografi planlama aşamasında belirlenir. Dolusavak deşarj eğrisi belirlenirken normal su seviyesinden yaklaşık

0,2m.lik artışlarla H_0 proje yüküne çıkılır. Her bir adımdan elde edilen H_0 seviyesine karşılık gelen debi

$$Q = CLSH_0^{3/2} \quad (1)$$

şeklinde ifade edilen klasik savak formülünden hesaplanır. Her bir adımda elde edilen göl su seviyesi

ile yaklaşım kanalı hız yükü toplamına ($NSS + H_0$) karşılık gelen Q debi değeri hesaplanarak dolusavak deşarj ilişkisi nümerik iki kolon halinde elde edilir. C savak katsayısı için birçok ilgili kaynakta, kapsamlı ölçümler sonucu çıkarılmış, abaklar mevcuttur (Bureau of Reclamation, 1961).

H_0 proje hesap yükü belirlendikten sonra eşik yapısı girişinde kanalın dikdörtgen kesitli olduğu düşünülerek su derinliği d hesaplanır. Eşik yapısı girişinde enerji denklemi yazılırsa

$$Mak.SS = YKTK + d + h_a \quad (2)$$

Bu ifadede Mak.SS: maksimum su seviyesi, $YKTK$: yaklaşım kanalı taban kotu, d : su derinliği ve h_a da eşik girişi hız yüksekliği olup;

$$h_a = Q^2 / (d^2 LS^2 2g) \quad (3)$$

burada, LS :savak boyu (veya genişliği), g : yerçekimi ivmesidir. Bu son ifade (2) de yerine yazılırsa d 'nin bağımsız değişken olduğu tek bilinmeyenli 3.dereceden bir denklem elde edilir. Akım kritik üstü rejimde olduğundan d derinliği için en küçük kök alınır.

İdeal savak tasarımında, eşik profili belirlenirken, su alt napı profili, savak üst profili ile çakışıyorsa savak sırt eğrisi boyunca negatif basınç meydana gelmez. Böylece, tasarım debisi ve ona yakın debileri geçirirken, beton savak yapısının etkin bir gücü olan kaviteyasyon tahribatına uğraması engellenmiş olur. A.B.D.(Waterways Experiment Station) tarafından verilen savak profili denklemi

$$Y/H_0 = -K(X/H_0)^m \quad (4)$$

şeklinde dir. Burada K ve m değerleri su yüküne bağlı değerlerdir ve değişimi abaklarla gösterilmiştir. Şekil 1 de tipik bir savak eşik profili görülmektedir.

Boşaltım kanalı, dolusavağın eşik yapısı ile enerji kırıcı tesis arasında kalan bölümdür. Eğer mansapta enerji kırıcı havuz veya sıçratma eşiği varsa kanal dikdörtgen olarak boyutlandırılır. Yatay kurptan kaçınılmalı, arazi profiline mümkün olduğunca uyum kaydıyla profil üzerinde eğim değişme noktalarına düşey kurplar yerleştirilmelidir. Dikdörtgen veya trapez kesitli bir boşaltım kanalında kanal başlangıcından itibaren suyun izlediği profil, belirli kot ve kilometrelerdeki su derinliklerinin hesaplanması ile belirlenir. Kanal boyunca herhangi bir noktadaki enerji yüksekliği

$$Mak.SS = z + d + V^2/2g + h_s \quad (5)$$

ifadesi ile belirlenir. Burada, z : o kesitin kanal taban kotu, d : akım derinliği, V : ortalama su hızı ve h_s : o noktaya kadar oluşan sürtünme kaybıdır. Bu amaçla geliştirilmiş tablolar kullanılarak kanal başından itibaren istenilen mesafelerde su yüzü profili belirlenir (Sungur, 1993a,1993b).

Dolusavaktan ve şut kanalından geçen akım mansap su seviyesine düştüğü yerde kritik üstü rejimdedir. Bu durumda akımın kinetik enerjisi yüksek olduğundan akarsu yatağında oyulmaya neden olacaktır. Bunu önlemek için akım rejiminin uygun bir ortamda selden nehire değiştirilmesi gerekir. Böylece hidrolik sıçramaya maruz kalan akım, enerjisinin büyük bir kısmını kaybeder ve ileride mansap kanalındakine uygun bir nehir rejimine geçerek hızı küçülür. Bu amaçla projelendirilen enerji kırıcı havuzlar saptırma dişleri, çıkış eşikleri ve orta çarpma blokları kullanılmak suretiyle hidrolik sıçramayla akımın enerjisini kırarlar (Bureau of Reclamation, 1961; Linsey ve Ark., 1992).

Hidrolik sıçrama dolayısıyla enerji kırılmasının yapının hemen mansabında oluşması en ideal durumdur. Enerji kırıcı havuzun türünü belirlemek amacıyla kullanılan boşaltım kanalı sonundaki Froude sayısı

$$Fr = V/\sqrt{gd} \quad (6)$$

$Fr < 1,7$ olması halinde özel bir enerji kırıcı yapıya ihtiyaç olmaz. Derinliğin değişmeye başladığı yerden itibaren mansap su derinliğinin dört katı mesafesine kadar kanal kaplaması devam ettirilmelidir. $1,7 < Fr < 2,5$ arasında oluşan sıçramaya sıçrama öncesi hal adı verilir. Enerji kaybı az olur. Eşik ve enerji kırıcı bloklara gerek yoktur. $2,5 < Fr < 4,5$ arasında hidrolik sıçrama tam anlamı ile meydana gelmektedir. Bu akım şartlarında U.S.B.R tarafından geliştirilen havuz tipi I'in projelendirilmesi önerilmekte olup havuzdaki mansap su derinliği hesaplanan eşlenik sıçrama derinliğinden % 10 fazla büyük alınır. Böylece sıçramanın havuz sınırları içinde kalarak dalga hareketinin kısmen sönümlenmesi sağlanır. $Fr > 4,5$ olması durumunda enerji kırıcı havuzda tam bir hidrolik sıçrama meydana gelir. Bu hal için U.S.B.R iki farklı tip havuz tavsiye etmektedir. Enerji kırıcıya yaklaşım hızının $15\text{m/sn}'den$ küçük olduğu durumlarda ve havuzdaki su yüksekliğinin $15 < H \leq 30$ m. olması durumunda Tip II enerji kırıcının projelendirilmesi önerilmektedir. Yaklaşım hızının $15\text{m/s}'den$ büyük su derinliğinin $30 < H \leq 60\text{m}$. olduğu durumlarda Tip III enerji kırıcı önerilmektedir. Kaviteyasyon tahribatı dolayısıyla bu durumda enerji kırıcı

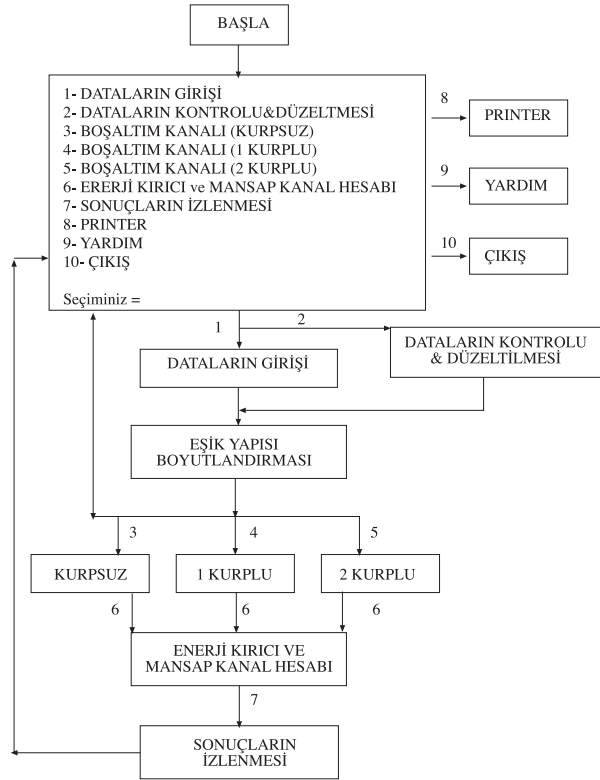
blok kullanılmaz. Enerji kırılması hidrolik sıçrama ile temin edildiğinden Tip II'ye nazaran daha uzun havuz gerekir. Mansap kanalında Manning formülü yardımı ile Q sabit debisi için d yüksekliği hesaplanır. Enerji kırıcı havuzlar için önerilen havuz tipleri ve kesit özellikleri Design of Small Dams, 1961'de verilmiştir.

Bilgisayar Programının Tanıtımı ve Yeşilyayla Projesi

Barajların en önemli elemanlarından biri olan dolusavak yapılarının klasik yöntemlerle dizaynı, deneme yanılma gerektiren, değişik abakların kullanıldığı, oldukça zahmetli ve zaman alıcı tasarım hesaplarını içerir. Bu çalışmada, karşıdan alışı kontrolsüz dolusavakların projelendirilmesinde yardımcı olacak DSAVAK isimli bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. Dolusavağa su girişini sağlayan yaklaşım kanalının boyutlandırılması ile başlayan program, dolusavak eşiği ve boşaltım kanalını farklı alternatifler için (kurplu-kurpsuz) boyutlandırmakta ve su yüzü profilini belirlemektedir. Boşaltım kanalı

çıkış kesitindeki akım rejimine (Froude sayısına) bağlı olarak enerji kırıcı havuz tipi belirlenerek boyutlandırılması yapılmaktadır.

Geliştirilen Dolusavak programına ait akış şeması Şekil 2 de verilmiştir. Program çalıştırıldığında karşınıza çıkan menü yardımı ile yapılacak işlem belirlenir. Yeni bir projeye ait veriler girilecekse 1 nolu menü seçilerek proje isminin ekrandan girilmesi istenir ve projeye ait verilerin girileceği pencere aktif hale gelir. Tablo 1 de programa başlangıç datası olarak girilmesi gerekli bilgiler görülmektedir. Mevcut datalar üzerinde değişiklik yapılması gerektiğinde giriş penceresinden 2 seçeneği yardımı ile kayıtlı proje seçilerek Tablo 1 de verilen giriş bilgilerine ulaşılır ve gerekli düzeltmeler yapılır. Program dolusavak giriş ve eşik yapısına ait Tablo 2 de verilen hesaplamaları yapar, sonucu ekranda göstererek çıktı dosyasına kaydeder. Bir tuşa basarak boşaltım kanalı bilgilerinin girildiği ekran karşınıza çıkar. Boşaltım kanalı Km değerlerinin ilki program tarafından yerleştirilir. Bu uzaklıktan itibaren kilometre değerleri ve eğimler dolusavak kanal projesinden alınarak Tablo 1 de görüldüğü üze-



Şekil 2. Programın akış şeması

Tablo 1. Proje giriş bilgileri

Savak katsayısı (C)	= 2,068
Eşik üstü su derinliği (H ₀)	= 2,40
Eşik yüksekliği (P)	= 0,90
Proje debisi (Q)	= 130,712
Savak genişliği (LS)	= 17
Mak.su seviyesi (Mak.SS)	= 1050,50
Yaklaşım kanalı taban kotu (YKTK)	= 1047,20
Boşaltım kanalı başlangıç eğimi (AL)	= 0,09
Normal su seviyesi (NSS)	= 1048,10
Boşaltım kanalı sonu kanal genişliği (LBS)	= 10
Mansap kanalı taban genişliği (BM)	= 10
Yatak taban eğimi (J)	= 0,10
Mansap kanalı pürüzlülük katsayısı (N)	= 0,028
Boşaltım kanalı pürüzlülük katsayısı (N1)	= 0,016
Boşaltım kanalı duvar şevi eğimi (SM)	= 0,00
Daralma bitiş km si (Dbk)	= 50
Kesit sayısı (KESITS)	= 17
Kurp sayısı (KURPS)	= 1
Kurp başlangıç km (KURPbkm)	= 50
Kurp K katsayısı (KURPK)	= 0,30
Yeşilyayla Barajı boşaltım kanalı kesit ve ilk kurp değerleri	
Kesit sayısı: 17	
Kurp sayısı : 1	
	KM
	4,604
	J
	0,09
	0,09
	0,09
	0,09
	0,09
	0,09
	0,09
	0,291
	0,291
	0,291
	0,291
	0,291
	0,291
	0,291
	0,291
	0,291
	0,291
	0,50
Kurp başlangıç km si	= 50,00
Kurp K katsayısı	= 0,30
Boşaltım kanalı baş.gen.	= 17
Boşaltım kanalı bit.gen.	= 10
Daralma (genişleme) boyu	= 45,396
Boş.kan.duvar şev eğimi	= 0,00
Mak.su seviyesi	= 1050,50
Su derinliği	= 1,101
Proje debisi (m ³ /s)	= 130,712
N1 Prüzülük katsayısı	= 0,016
Enerji Kırıcı Havuz	
Boşaltım kanalı sonu taban kotu	= 1009,62
Boşaltım kanalı sonu su derinliği	= 0,611
Boşaltım kanalı sonu su hızı	= 21,376
Boşaltım kanalı sonu su derinliği	= 0,684

re girilir. Ana menüye dönülerek projemizde boşaltım kanalının kurpsuz, bir veya iki kurplu olması durumlarına göre 3,4 veya 5 seçeneklerinden biri seçilir. Kurp sayısı, kurp başlangıç kilometresi

ve kurp K katsayısı program tarafından tüm projeler için aynı verilmektedir. Eğer projede kurp varsa bu değerler ilk kurp değerleri ile değiştirilmektedir. Program boşaltım kanalı akım özelliklerini belirle-

yerek Tablo 2 de görülen su yüzü profili tablosunu oluşturur. Bu tablodan boşaltım kanalı çıkış kilometresi değerleri alınarak enerji kırıcı havuzun hesabına geçilir. Boşaltım kanalına ait kanal sonu taban kotu, boşaltım kanalı sonu su derinliği, boşaltım kanalı sonu su hızı değerleri girilir. Program, enerji kırıcı

tip seçimini, boyutlandırmasını yaparak son bulur. Ele alınan örneğe ait çıktı dosyası Tablo 2 de verilmiştir. Yeşilyayla barajı örneğinde hesaplamalar sonucu belirlenen su yüzü profili ve enerji çizgisi Şekil 3 de gösterilmiştir.

Tablo 2. Yeşilyayla projesi çıktı dosyası

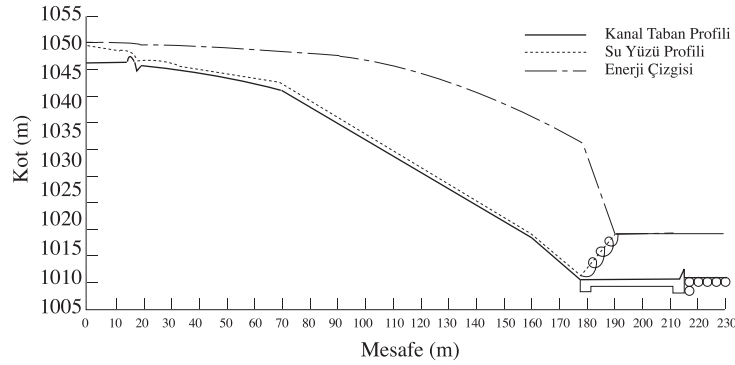
Eşik Girişi Su Derinliği = 2,955 m	
DOLUSAVAK EŞİK GİRİŞİ	
K= 0,498	m= 1,830
XC= 0,491	YC = 0,158
R1 = 1,049 m R2 = 0,468 m	
Boşaltım kanalı başlangıç kotu	= 1046,66m
Boşaltım kanalı başlangıcı su yüksekliği	= 1,101m
Boşaltım kanalı başlangıcı su derinliği	= 1,105m
Boşaltım kanalı başı eğrilik yarıçapı	= 5,505m
EŞİK YAPISI KOORDİNATLARI	
<u>X (m)</u>	<u>Y(m)</u>
0,10	-0,00
0,20	-0,01
0,30	-0,03
0,40	-0,04
0,50	-0,07
0,60	-0,09
0,70	-0,13
0,80	-0,16
0,90	-0,20
1,00	-0,24
1,10	-0,29
1,20	-0,34
1,30	-0,39
1,40	-0,45
1,50	-0,51
1,70	-0,64
1,80	-0,71
1,90	-0,78
2,00	-0,86
2,10	-0,94
2,20	-1,02
2,30	-1,10
2,40	-1,19
2,50	-1,29
2,60	-1,38
2,70	-1,48
2,80	-1,58
2,90	-1,69
3,0	-1,80
Parabolün dairesel kurba geçtiği noktanın kotu	= 1047,53 m
Parabolün dairesel kurba geçtiği nokta	= (1,602 ; 0,570)
Eşik yapısı boyu	= 4,604 m

Tablo 2'nin devamı

KM	Taban Kotu	B (m)	d (m)	$A(m^2)$	V (m ³ /s)	hv (m)	$R^4/3$	Sf	Sfort	L (m)	hf (m)	Σ hf (m)	J	d11 (m)	Enerji Kotu (m)
0+4,60	1046,66	17,00	1,101	18,717	6,984	2,486	0,966	0,013	0,000	0,396	0,000	0,249	0,09	1,105	1050,25
0+5,00	1046,62	16,94	1,095	18,544	7,049	2,532	0,959	0,013	0,013	5,00	0,005	0,254	0,09	1,099	1050,24
0+10,00	1046,17	16,17	1,065	17,212	7,594	2,940	0,922	0,016	0,015	10,00	0,073	0,327	0,09	1,069	1050,17
0+20,00	1045,27	14,63	1,054	15,409	8,483	3,667	0,896	0,021	0,018	10,00	0,183	0,51	0,09	1,058	1049,99
0+30,00	1044,37	13,08	1,086	14,210	9,199	4,313	0,910	0,024	0,022	10,00	0,222	0,732	0,09	1,090	1049,77
0+40,00	1043,47	11,54	1,156	13,339	9,799	4,894	0,951	0,026	0,025	10,00	0,248	0,980	0,09	1,160	1049,52
0+50,00	1042,57	10,00	1,268	12,677	10,311	5,419	1,015	0,027	0,026	7,23	0,263	1,243	0,09	1,273	1049,26
0+57,23	1041,20	10,00	1,145	11,446	11,420	6,647	0,910	0,037	0,032	2,77	0,230	1,473	0,291	1,192	1049,02
0+60,00	1040,39	10,00	1,084	10,844	12,054	7,406	0,858	0,043	0,040	10,00	0,111	1,584	0,291	1,129	1048,92
0+70,00	1037,48	10,00	0,937	9,374	13,943	9,909	0,730	0,068	0,056	10,00	0,558	2,142	0,291	0,976	1048,36
0+80,00	1034,57	10,00	0,848	8,481	15,412	12,106	0,651	0,093	0,081	10,00	0,808	2,950	0,291	0,883	1047,55
0+90,00	1031,66	10,00	0,788	7,880	16,587	14,024	0,599	0,118	0,105	10,00	1,055	4,004	0,291	0,821	1046,50
0+100,00	1028,75	10,00	0,745	7,451	17,543	15,685	0,561	0,140	0,129	10,00	1,290	5,294	0,291	0,776	1045,21
0+110,00	1025,84	10,00	0,713	7,132	18,327	17,120	0,533	0,161	0,151	10,00	1,508	6,802	0,291	0,743	1043,70
0+120,00	1022,93	10,00	0,689	6,889	18,974	18,349	0,512	0,180	0,171	10,00	1,706	8,508	0,291	0,717	1041,99
0+130,00	1020,02	10,00	0,670	6,700	19,509	19,399	0,496	0,197	0,188	10,00	1,882	10,390	0,291	0,698	1040,11
0+140,00	1017,11	10,00	0,655	6,552	19,950	20,286	0,483	0,211	0,204	18,93	2,038	12,428	0,291	0,682	1038,07
0+158,93	1009,62	10,00	0,611	6,115	21,376	23,289	0,445	0,263	0,237	1,07	4,485	16,913	0,50	0,684	1033,59
0+160,00	1009,09	10,00	0,608	6,082	21,492	23,543	0,442	0,267	0,265	-	0,284	17,196	0,50	0,680	1033,30

Tablo 2'nin devamı

Boşaltım kanalı sonu taban kotu	= 1009,62 m
Boşaltım kanalı sonu su derinliği	= 0,611 m
Boşaltım kanalı sonu su hızı	= 21,376 m/s
Boşaltım kanalı sonu su derinliği	= 0,684 m
ENERJİ KIRICI YAPISI FR = 8,731	
Dengeli sıçrama oluşur ve su kütleinin enerjisini kırmak amacıyla enerji kırıcı havuz Tip II kullanılır.	
* Sıçramadan sonraki derinlik	d2 = 8,111 m
Sıçramadan sonraki alan	A2 = 81,108 m ²
Sıçramadan sonraki hız	V2 = 1,612 m/s
Sıçramadan sonraki hız yüksekliği	hv2 = 0,132 m
* Düşü havuzu uzunluğu	LII = 34,612 m
Şüt blokları yüksekliği	h1 = 0,684 m
Şüt blokları aralıkları	S1 = 0,684 m
Max. dış genişliği	W1 = 0,684 m
Kenar boşluğu	k1 = 0,342 m
* Sıçramadan sonraki enerji kotu	ENK = 1017,863 m
Düşü havuzu sonundaki dış genişliği	S2 = 1,217 m
Düşü havuzu sonundaki dış yüksekliği	h2 = 1,622 m
Düşü havuzu sonu dış aralıkları	W2 = 1,217 m
Düşü havuzu sonu dış üst genişliği	g2 = 0,162 m
** Enerji kırıcı havuz hava payı	HP = 2,949 m
** Enerji kırıcı havuz duvar yüksekliği	D = 11,192 m



Şekil 3. Yeşilyayla barajı örneğinde hesaplanan su yüzü profili ve enerji çizgisi

Yapılan çalışmada Antalya ili Korkuteli ilçesi Yeşilyayla bucağında yapılması düşünülen Yeşilyayla barajına ait proje bilgileri esas alınmıştır. Proje 546 ha araziye sulamak üzere düşünülen kil çekirdekli zonlu toprak dolgu tipinde bir barajdır. Baraj, talvegden 33,50 m, temelden 51,50 m yüksekliğinde olup kret genişliği 10,0 m ve kret uzunluğu 280 m dir. Barajın sağ sahilinde yapılması önerilen karşıdan alışı-kontrolsüz dolusavak en ekonomik çözüm ol-

maktadır. Dolusavak kret genişliği 17 m, kret kotu 1048,10 m dir. Dolusavak proje debisi göle giren ve çıkan olmak üzere 139,68 m³/s ve 130,712 m³/s dir. Boşaltım kanalının uzunluğu 158,0 m olup 0+050 m ye kadar daralmalı, bu noktadan sonra sabit genişliktedir. Enerji kırıcı yapısı olarak II. Tip enerji kırıcı havuz seçilmiştir (Gültepe, 1998).

Geliştirilen program çıktısı D.S.I. XIII. Bölge Müdürlüğü, Proje Şubesi tarafından klasik

yöntemler kullanılarak el ile hesaplanan Yeşilyayla barajı projesi ile karşılaştırılmıştır. Sonuçların el ile yapılan ve oldukça uzun ve hassas çalışma gerektiren mevcut proje bilgileri ile uyum içerisinde olduğu belirlenmiştir. Geliştirilen program yardımı ile el ile yapılan ve tekrar gerektiren uzun hesap adımları kolaylıkla yapılabilen ve sonuçlar klasik yöntem ile elde edilen sonuçlarla çakışmaktadır.

Sonuçlar

Su kaynaklarının değerlendirilmesi amacıyla inşaa edilen barajların elemanlarından biri olan dolusavakların yapımı baraj maliyetinin önemli bir kısmını içerir. Taşkın anında fazla gelen suyun yapıya zarar vermeden mansap tarafına aktarılması, iyi projelendirilmiş, yeterli kapasitede, hidrolik bakımdan verimli savaklar ile mümkün olmaktadır. Bu nedenlerle savakların projelendirme aşamalarında oldukça dikkatli çalışmalar yapılması gerekir. Günümüzde projelendirme çalışmaları klasik yöntemler ile elle yapılmakta, bu da uzun ve yorucu bir çalışmayı gerektirmektedir.

Bu çalışmada, karşıdan alışı kontrolsüz dolusavakların projelendirilmesinde kullanılabilecek Qbasic dilinde bir program geliştirilmiştir. Dolusavağın başlangıç kısmı olan yaklaşım kanalında akım derinliğini hesaplayarak başlayan program, dolusavak eşik profilini belirleyerek boşaltım kanalındaki akım özelliklerini kanalın, kurpsuz, bir veya iki kurplu olması durumlarına göre hesaplamaktadır. Boşaltım kanalı sonu akım özelliklerine göre enerji kırıcı havuzun tip seçimi yapılarak boyutlandırılmakta ve mansap kanalındaki akım özellikleri belirlenmektedir. Tüm bu işlemler kısa sürede hassas bir şekilde yapılmakta ve proje mühendisleri için oldukça kolaylıklar sağlamaktadır. Yapılan çalışmada örnek uygulama olarak Antalya ili Yeşilyayla bucağında yapılması planlanan Yeşilyayla Barajı'na ait proje bilgileri esas alınmıştır. İstenen veriler ve hesap sonucu bulunan değerler tablo şeklinde sunulmaktadır. Geliştirilen program, küçük, büyük, kapaksız dolusavağı olan, hidrolik sıçramalı enerji kırıcı havuzlu bütün barajların, yaklaşım kanalı, eşik yapısı, boşaltım kanalı ve enerji kırıcı havuzu kombinasyonunun DSİ'ce uygulana gelen yöntem ile tasarımı yapar.

Ele alınan Yeşilyayla projesine ait program çıktılarının DSİ tarafından el ile yapılan hesap ve boyutlandırmalar ile uyum içerisinde olduğu görülmüştür.

Semboller

A	:	Boşaltım kanalı akım kesit alanı (m^2)
AL	:	Boşaltım kanalı başlangıç eğimi
A_2	:	Sıçramadan sonraki alan (m^2)
B	:	Boşaltım kanalı taban genişliği (m)
BM	:	Mansap kanalı taban genişliği (m)
C	:	Savak katsayısı
d	:	Boşaltım kanalı su derinliği (m)
D	:	Enerji kırıcı havuz duvar yüksekliği (m)
Dbk	:	Daralma bitiş kilometresi (m)
d_1	:	Boşaltım kanalı su yüksekliği (m)
d_2	:	Sıçramadan sonraki derinlik (m)
ENK	:	Sıçramadan sonraki enerji kotu (m)
Fr	:	Froude sayısı
g	:	Yerçekimi ivmesi (m/s^2)
g_2	:	Düşü havuzu sonu dış üst genişliği (m)
ha	:	Eşik girişi hız yüksekliği (m)
hf	:	Boşaltım kanalı adım yük kaybı (m)
Σhf	:	Boşaltım kanalı toplam yük kaybı (m)
hs	:	Sürtünme kaybı (m)
hv	:	Boşaltım kanalı akım hız yüksekliği (m)
hv_2	:	Sıçramadan sonraki hız yüksekliği (m)
h_1	:	Şüt blokları yüksekliği (m)
h_2	:	Düşü havuzu sonundaki dış yüksekliği (m)
H	:	Enerji kırıcı havuz su derinliği (m)
H_0	:	Eşik üstü proje su yükü (m)
HP	:	Enerji kırıcı havuz hava payı (m)
J	:	Yatak taban eğimi
K	:	Savak profil sabiti
$KESİTS$:	Kesit sayısı
KM	:	Boşaltım kanalı hesap kesit aralığı (m)
$KURPbkm$:	Kurp başlangıç kilometresi (m)
$KURPK$:	Kurp K Katsayısı
$KURPS$:	Kurp sayısı
k_1	:	Kenar boşluğu (m)
L	:	Su yüzü profili hesabı adım mesafesi (m)

LBS	: Boşaltım kanalı sonu kanal genişliği (m)	S_1	: Şüt blokları aralıkları (m)
LS	: Savak genişliği (m)	S_2	: Düşü havuzu sonundaki dış genişliği (m)
LII	: Düşü havuzu uzunluğu (m)	V	: Ortalama akım hızı (m/s)
m	: Savak profil sabiti	V_2	: Sıçramadan sonraki hız (m/s)
$Mak.SS$: Baraj gölündeki maksimum su seviyesi (m)	W_1	: Max. dış genişliği (m)
N	: Mansap kanalı pürüzlülük katsayısı	W_2	: Düşü havuzu sonu dış aralıkları (m)
NSS	: Normal su seviyesi (m)	X	: Kret tepesine yerleştirilmiş ekenden yatay uzaklık (m)
N_1	: Boşaltım kanalı pürüzlülük katsayısı	XC	: Savak eşik duvarının eğri tepe noktasına uzaklığı (m)
P	: Eşik yüksekliği (m)	Y	: Kret tepesine yerleştirilmiş ekenden düşey uzaklık (m)
Q	: Proje Debisi (m^3/s)	YC	: Savak eşik duvarının eğriliğe geçtiği noktanın savak tepesine uzaklığı (m)
R	: Hidrolik yarıçap (m)	$YKTK$: Yaklaşım kanalı taban kotu (m)
R_1	: Savak büyük eğrilik çapı (m)	z	: Yersel yükseklik (m)
R_2	: Savak küçük eğrilik çapı (m)		
Sf	: Kanal taban eğimi		
$Sfort$: Kanal taban eğimi ortalaması		
SM	: Boşaltım kanalı duvar şev eğimi		

Kaynaklar

Bureau Of Reclamation, Design Of Small Dams, chap. VIII, United States Government Printing Office, Washington, 247 - 307, 1961.

Gültepe, G., Karşıdan Alışlı (Kontrolsüz) Dolusavakların Bilgisayar Programı ile Projelendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri, 1998.

Linsley, R.K., Franzini, J.B., Freyberg D. L., Tchobanoglous, Water Resources Engineering, 269-308, McGraw-Hill , 1992.

Sungur, T., Su Yapıları I, Baraj ve Göletler (Su Biriktirme Yapıları), DSİ Basımevi, Ankara, 162 - 171, 1993a.

Sungur, T., Su Yapıları II, Regülatörler (Su Alma Yapıları), DSİ Basımevi, Ankara, 1 - 53, 1993b.

Şentürk, F. , Dolusavakların Hidroliği ve Projelendirilmesi , DSİ Basımevi, Ankara, 1 - 251, 1972.