



Barajın Kısmi ve Ani Yıkılması Durumlarında Oluşan Taşkın Dalgalarının Çarpıtılmış Fiziksel Model ile Deneysel Olarak Araştırılması

Experimental Investigation of The Flood Wave Propagation Due to Partial and Sudden Dam Break by Distorted Physical Model

Tanıl Arkış^{1*}, Mehmet Şükrü Güney²

¹ Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Hidrolik-Hidroloji ve Su Kaynakları Programı, İzmir, TÜRKİYE

² İzmir Ekonomi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İzmir, TÜRKİYE

Sorumlu Yazar / Corresponding Author *: tanilarkis@gmail.com

Geliş Tarihi / Received: 25.02.2020

Kabul Tarihi / Accepted: 28.04.2020

Araştırma Makalesi/Research Article

DOI: 10.21205/deufmd.2020226622

Atıf şekli/ How to cite: ARKİS, T., GÜNEY, M.S., (2020). Barajın Kısmi ve Ani Yıkılması Durumlarında Oluşan Taşkın Dalgalarının Çarpıtılmış Fiziksel Model ile Deneysel Olarak Araştırılması. DEUFMD 22(66), 887-896.

Öz

Barajlar su temini, sulama, enerji üretimi ve taşkın kontrolü gibi faydalı işlevleri olan önemli su yapılarıdır. Çok büyük can ve mal kaybına sebep olan baraj yıkılması deneysel ve sayısal olarak uzun yıllardan beri araştırılmaktadır. Barajın yıkılması durumunda oluşan taşkın dalgalarının yayılması Dokuz Eylül Üniversitesi Hidrolik Laboratuvarı açık alanında inşa edilmiş olan Ürkmez Barajı ve mansap bölgesinin çarpıtılmış fiziksel modeli yardımıyla deneysel olarak araştırılmıştır. Model ilk yazarın burslu doktora öğrencisi olarak görev aldığı TÜBİTAK 110M240 nolu proje kapsamında tasarlanmış ve inşa edilmiştir. Yatay ölçeği 1/150 ve dikey ölçeği 1/30 olan bu fiziksel model baraj gölünü ve baraj mansabında denize kadar olan yerleşim yerini de içermektedir. Modelin geometrik parametreleri mevcut haritalar ve benzeşim kanunları kullanılarak belirlenmiştir. Bu bağlamda 300 m²'lik alanda inşa edilmiş olan modelde baraj gölü yaklaşık olarak 11 m³, baraj uzunluğu 2,84 m ve yüksekliği 1,07 m'dir. Ürkmez Barajı fiziksel model için makul boyutlara sahip olduğu ve yerleşim yerine yakın olduğu için seçilmiştir. Evler ve karayolu gibi hususlar da modelde yerleştirilmiştir. Su derinlikleri e+ WATER L seviye ölçerleri kullanılarak ölçülmüştür. Hızlar Ultrasonic Velocity Profiler (UVP) algılayıcıları ile belirlenmiştir. Taşkın dalgasının yayılması kamera vasıtasıyla kaydedilmiştir. Elde edilen deneysel bulgular değerlendirilmekte ve bunların prototipte karşılık gelen değerleri yorumlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Fiziksel model, çarpıtılmış model, benzeşim kanunları, baraj yıkılması, taşkın yayılması.

Abstract

Dams are important water structures which serve to several beneficial purposes such as water supply, irrigation, energy production and flood control. Dam break causes important losses of life and property; hence it was investigated for several years. Flood propagation due to partial and sudden dam break was studied experimentally by means of a distorted physical model of Ürkmez Dam and its downstream region, built in the open area of Hydraulics Laboratory of Dokuz Eylül University. The physical model was designed and built in the scope of the project TÜBİTAK 110M240 at which the first author performed his Ph. D. studies. The horizontal and vertical scales of the physical model are 1/150 and 1/30, respectively. It contains the reservoir, the dam and the downstream part of the dam until the sea. The geometric parameters of the model were determined by using the similitude laws and the available maps. Accordingly, in the model located in an area of 300 m², the reservoir is approximately 11 m³, the dam has a length of 2.84 m and a height of 1.07 m. Ürkmez dam was chosen since it has reasonable dimensions and it's located close to Ürkmez village. The features such as the residences and highway were also located in the physical model. The water depths were measured by using the level sensors e+ WATER L. The velocities were determined by Ultrasonic Velocity Profiler (UVP) transducers. The flood wave propagation was recorded by means of a camera. The obtained experimental findings are evaluated and their corresponding prototype values are interpreted.

Keywords: *Physical model, distorted model, similarity laws, dam break, flood propagation.*

1. Giriş

Barajlar içme ve kullanma suyu temini, enerji üretimi, sulama, taşkın önleme, rekreasyon, balıkçılık ve bunun gibi birçok faydalı işlevleri olan su yapılarıdır. Barajlar dolu savak yetersizliği, yapısal hatalar (temel problemleri), şev kaymaları, heyelanlar, sızma ve borulanma, suyun baraj gövdesi üstünden aşması, deprem gibi farklı nedenlerle yıkılabilmektedir. Baraj yıkılması durumunda büyük felaketler yaşanmakta, çok oneli can ve mal kayıpları oluşmaktadır. Bu nedenlerle baraj yıkılması durumunda oluşan taşkın dalgalarının yayılması konusunda geçmişte birçok deneysel ve sayısal araştırma gerçekleştirilmiş ve gerçekleştirilmeye devam edilmektedir. Mevcut deneysel çalışmaların çok büyük çoğunluğunda baraj yıkılması senaryoları kanala yerleştirilen bir kapağın kaldırılması ile gerçekleştirilmiştir. Baraj gövdesi inşa edilerek yapılan deneysel çalışmalar son derece azdır. Bu alanda yapılmış bazı önemli çalışma aşağıda verilmektedir.

Leal vd, [1] deneylerini 19,2 m uzunluğunda, 0,50 m genişliğinde ve 0,70 m yüksekliğinde hareketli tabana sahip dikdörtgen bir kanalda yapmışlardır. Haznenin mansap kısmındaki kanalda yıkılmadan önce belli bir derinlikte su ile çalışmışlardır. Yıkılmayı hareketli kapak ile sağlamışlardır.

Bellos [2] iki boyutlu dalga yayılmasını ıslak ve kuru yatak koşullarında deneysel olarak araştırmıştır. Derinlik değişimlerini ve dalga yayılma davranışını analiz etmek için basınç algılayıcıları kullanmıştır. Deneysel bulgular önceden geliştirilmiş kararsız iki boyutlu akım programı ile elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılmıştır.

Testa vd. [3] Toce River vadisinin kentsel bölümüne karşılık gelen 50 m uzunluklu ve 1:100 ölçekli modeli üzerinde taşkın dalgasının yayılmasını incelemişlerdir. Binalar 15 cm kenar uzunluklu küp şeklindeki beton bloklarla temsil edilmişlerdir.

Alcrudo ve Mulet [4] yıkılan Tous Barajı'nın mansabında 5 km mesafede yer alan kasabanın taşkın dalgalarından etkilenmesini matematiksel olarak modellemişlerdir. Böylece, Tous Barajı'ndaki verilerden yola çıkarak elde ettikleri matematiksel modelleri diğer gerçek değerler ile karşılaştırmışlardır.

Bu çalışmada yapıldığı gibi hem baraj gölünü ve gövdesini hem de barajın mansap bölgesini içeren ölçekli bir fiziksel model üzerinde yapılan deneysel çalışmalar literatürde mevcut değildir. Ürkmez barajının fiziksel modelinin tasarlanıp inşa edilerek baraj yıkılması nedeniyle oluşan taşkın dalgası yayılmasının üç boyutlu olarak incelenmesi bu çalışmanın özgün değerini oluşturmaktadır.

2. Çarpıtılmış Fiziksel Model

İncelenen alanın genel görünüşü Şekil 1’de verilmektedir [5]. Bu fiziksel model TÜBİTAK 110M240 nolu proje kapsamında tasarlanmış ve inşa edilmiştir. Bu proje kapsamında hem trapez veya üçgen şeklindeki gedikler nedeniyle oluşan kısmi yıkılma hem de ani yıkılma deneyleri gerçekleştirilmiştir.

Fiziksel model yerçekimi kuvveti daha etkin olduğundan Froude benzeşim kanununa göre tasarlanmıştır. Yatay ve düşey ölçekler modelin belirlenen alana uygun olarak inşa edilerek çalıştırılabileceği ve hızların ve derinliklerin yeterli hassasiyetle ölçülebileceği şekilde seçilmiştir. Yatay ölçeğin 1/150 ve düşey ölçeğin 1/30 olarak seçilmesiyle aşağıdaki ölçekler tanımlanabilmektedir:

Çarpıklık katsayısı:

$$n = \frac{\ell_{zr}}{\ell_{xr}} = 5$$

Eğim ölçeği:

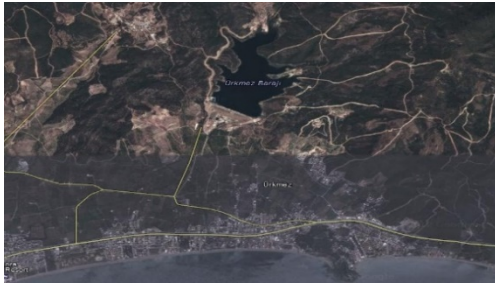
$$S_r = \ell_{zr} / \ell_{xr} = 5$$

Enkesit alanı ölçeği:

$$A_r = \ell_{xr} \ell_{zr} = 1/4.500$$

Hacim ölçeği:

$$V_r = \ell_{xr}^2 \ell_{zr} = 1/675.000$$



Şekil 1. İncelenen alanın genel görünüşü

Doğadaki Ürkmez Barajı (prototip) ve inşa edilen fiziksel modelinin geometrik özellikleri Tablo 1’de verilmektedir:

Tablo 1. Ürkmez Barajı ve modelinin geometrik özellikleri

Özellik	Prototip	Fiziksel model
Kret uzunluğu (m)	426	2,84
Kret genişliği (m)	12	0,08
Barajın temelden yüksekliği (m)	32	1,07
Baraj gölü minimum hacmi (m ³)	375.000	0,556
Baraj gölü maksimum hacmi (m ³)	8.625.000	12,778
Baraj gölü normal seviye hacmi (m ³)	7.950.000	11,778
Baraj gölü aktif hacmi (m ³)	7.575.000	11,222

Hız ve zaman ölçekleri için aşağıdaki ifadeler yazılabilmektedir [6].

Froude hız ölçeği:

$$v_r = v_{xr} = \sqrt{\ell_{zr}} = 1/5,48$$

Zaman ölçeği:

$$t_r = \frac{\ell_{xr}}{\sqrt{\ell_{zr}}} = \frac{1}{n} \sqrt{\ell_{zr}} = 1/27,4$$

3. Çarpıtılmış Fiziksel Modelin İnşaatı

Fiziksel model için ayrılmış bulunan yaklaşık 300 m²’lik alanın inşaat öncesi görüntüsü Şekil 2’de verilmektedir.



Şekil 2. Model inşaatı öncesinde tahsis edilen alanın görünüşü

İlgili haritalardan elde edilen enkesitlerin modeldeki boyutları belirlendikten sonra; bu enkesitler metal levhalar kullanılarak imal

edilmiş ve metal profillere kaynak yapılarak yerleştirilmişlerdir (Şekil 3).



Şekil 3. Enkesitlerin imal edilmesi ve yerleştirilmesi

Göl bölgesi etrafı duvarla örüldükten sonra, Şekil 4'te gösterildiği gibi içi dolgu malzemesi ile doldurulmuştur.



Şekil 4. Göl bölgesinin duvarla örülmesi ve dolgu malzemesi ile doldurulması

Mansap bölgesi de benzer bir şekilde inşa edilmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. Mansap bölgesinde kesitlerin yerleştirilmesi ve dolgu malzemesiyle doldurulması

Kısmi yıkılmayı temsil etmek üzere trapez prizma ve üçgen prizma şeklinde hareketli kısımlar içeren baraj gövdeleri metal malzemeden imal edilmiştir, Şekil 6'da trapez şeklinde gedik açılması ve üçgen şeklinde gedik açılması senaryolarında kullanılan baraj gövdeleri verilmektedir.



Şekil 6. Hareketli trapez prizma ve hareketli üçgen prizma içeren baraj gövdeleri

Ani yıkılma, Şekil 7'de gösterilen dikdörtgen şeklindeki metal kapağın aniden devrilmesi ile gerçekleştirilmiştir.



Şekil 7. Ani yıkılmanın oluşturulmasında kullanılan kapak

Su derinlikleri Şekil 8'de gösterilen e+ WATER L seviye ölçerleri kullanılarak ölçülmüştür.



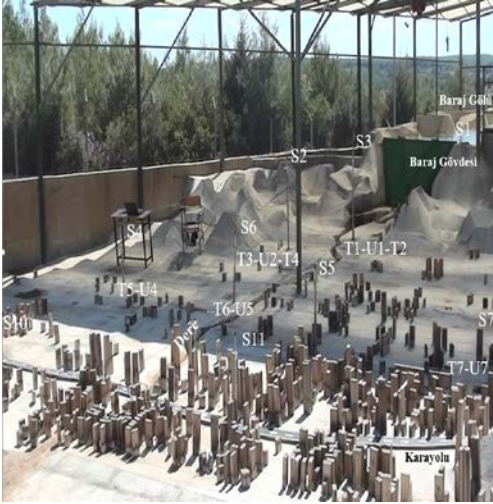
Şekil 8. Su derinliklerinin ölçülmesinde kullanılan seviye ölçerler

Hızlar Ultrasonic Velocity Profiler (UVP) algılayıcıları ile belirlenmiştir. Ölçüm düzeneği Şekil 9'da verilmektedir [7].

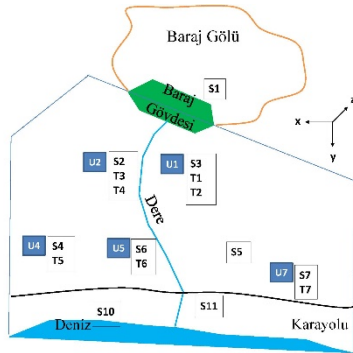


Şekil 9. Hızların ölçülmesinde kullanılan UVP cihazı ve algılayıcıları

Yerleşim yerindeki bina yükseklikleri göz önüne alınarak binalar ve Seferihisar-Kuşadası karayolu yerleştirilmiştir. Tamamlanmış modelin genel bir görünüşü Şekil 10'da deney cihazlarının konumlarını gösteren kroki Şekil 11'de verilmektedir.



Şekil 10. Fiziksel modelin inşaatı bittiğinde genel görüntüsü ve ölçüm cihazlarının konumları

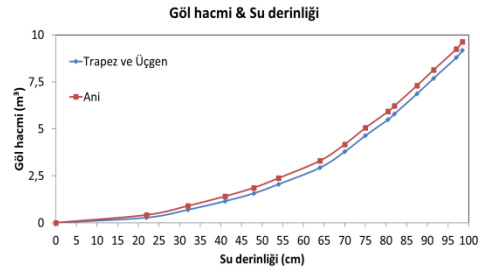


Şekil 11. Ölçüm cihazlarının konumlarını gösteren kroki

4. Deneysel Bulgular

TÜBİTAK 110M240 nolu proje kapsamında gerçekleştirilen bu çalışmalarda; gerçek boyutlarıyla temsil edilen baraj gövdesinde trapez şeklinde bir gedik açılması durumunda elde edilen deneysel sonuçlar [8] ve [9] yayınlarında yer almaktadır.

Seviye ölçer ve hızölçerlerin konumları Şekil 10'da gösterilmektedir. S1 seviye ölçeri baraj gölü içine yerleştirilmiş olup bu cihazdan ölçülen değerler ile baraj gölü seviyesindeki değişimler elde edilmiştir. Böylece deneyler öncesinde model için çıkartılmış bulunan ve Şekil 12'de verilen hacim-seviye eğrilerinden yararlanılarak baraj gölündeki hacim azalmaları ve dolayısıyla taşkın hidrografları belirlenmiştir.

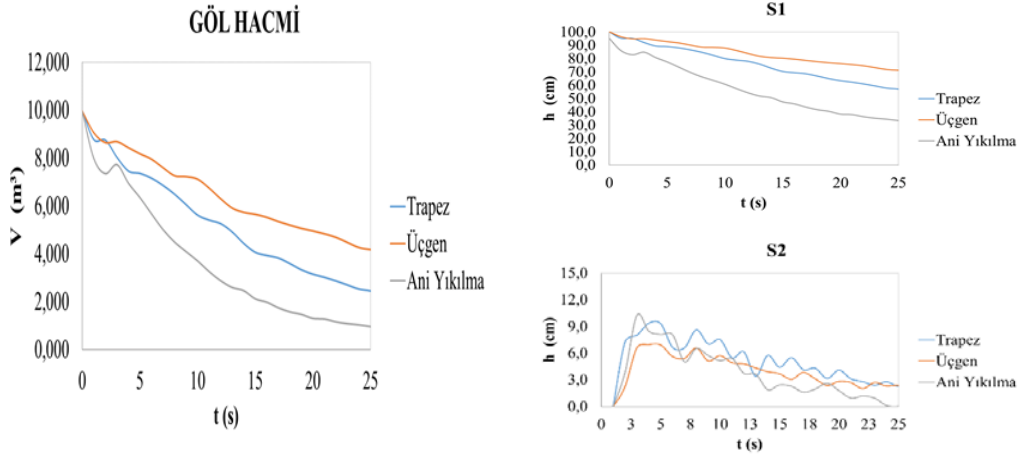


Şekil 12. Trapez - üçgen gedik ve ani yıkılma durumunda hacim-seviye eğrisi

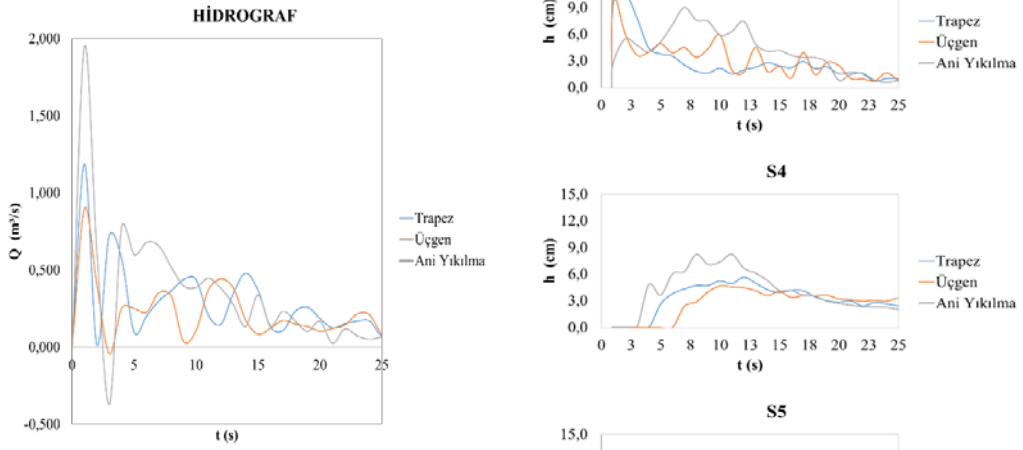
4.1 Su derinlikleri

Baraj gölünde $9,95 \text{ m}^3$ hacminde su varken elde edilen bulgular örnek olarak verilmektedir.

Şekil 13'te deney esnasında fiziksel modelin gölünde su hacminin zamanla değişimi verilmektedir. Su hacmindeki değişim miktarlarının zaman aralıklarına bölünmesiyle belirlenen giriş hidrografları Şekil 14'te verilmektedir.

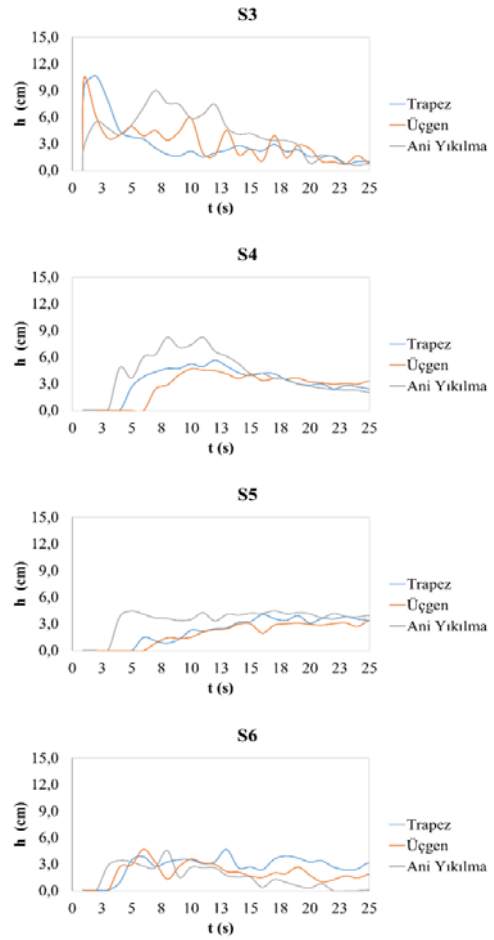


Şekil 13. Göl hacminin zamanla değişimi

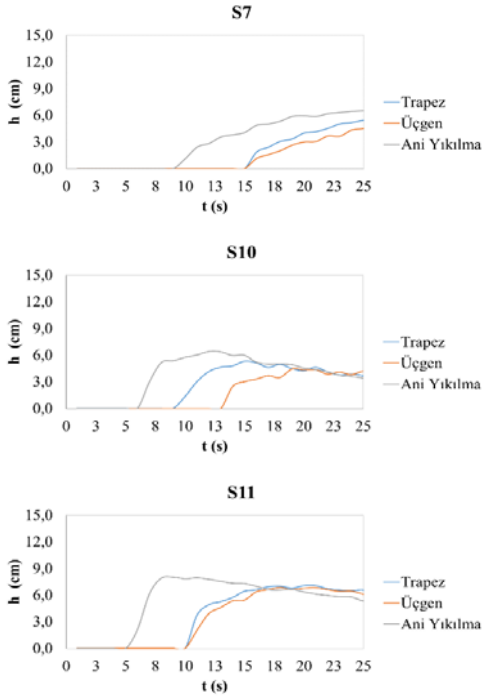


Şekil 14. Oluşturulan hidrograflar

Mansap bölgesinin değişik noktalarında ölçülen su derinlikleri Şekil 15'te verilmektedir. Deneyler tekrarlanarak ölçüm hataları en aza indirilmeye çalışılmıştır. Aşağıda verilen eğriler tekrarlanan iki deneyin ortalama sonuçlarına karşılık gelmektedir.



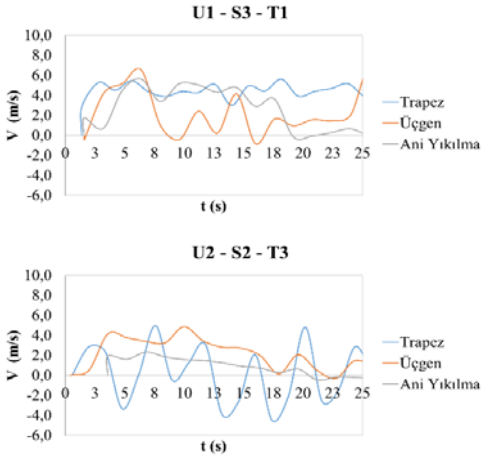
Şekil 15. Seviye çubuklarından ölçülen zamana bağlı su derinlikleri



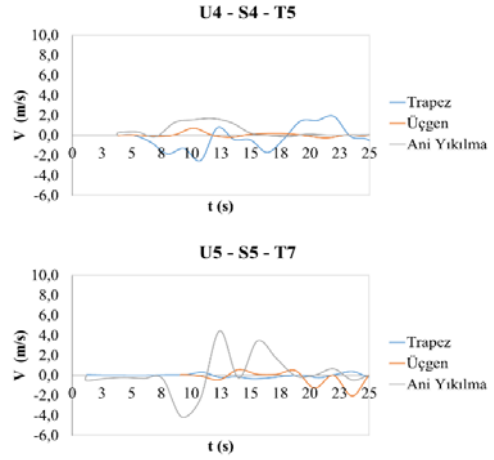
Şekil 15. Seviye çubuklarından ölçülen zamana bağlı su derinlikleri (devam)

4.2 Hızlar

Değişik kesitlerde ölçülen ortalama hız değerleri Şekil 16'da verilmektedir.



Şekil 16. Hız ölçerlerle elde edilen zamana bağlı hız değerleri



Şekil 16. Hız ölçerlerle elde edilen zamana bağlı hız değerleri (devam)

4.3 Taşkın dalgalarının yayılması

Taşkın dalgasının 2 s sonra ulaştığı noktalar trapez gedik, üçgen gedik ve ani yıkılma durumlarında sırasıyla Şekil 17, 18 ve 19'da verilmektedir.



Şekil 17. Trapez gedik durumunda taşkın dalgasının 2 s sonra ulaştığı noktalar



Şekil 18. Üçgen gedik durumunda taşkın dalgasının 2 s sonra ulaştığı noktalar



Şekil 19. Ani yıkılma durumunda taşkın dalgasının 2 s sonra ulaştığı noktalar



Şekil 22. Ani yıkılma durumunda taşkın dalgasının 4 s sonra ulaştığı noktalar

Taşkın dalgasının 4 s sonra ulaştığı noktalar trapez gedik, üçgen gedik ve ani yıkılma durumlarında sırasıyla Şekil 20, 21 ve 22'de verilmektedir.

Taşkın dalgasının 8 s sonra ulaştığı noktalar trapez gedik, üçgen gedik ve ani yıkılma durumlarında sırasıyla Şekil 23, 24 ve 25'te verilmektedir.



Şekil 20. Trapez gedik durumunda taşkın dalgasının 4 s sonra ulaştığı noktalar



Şekil 23. Trapez gedik durumunda taşkın dalgasının 8 s sonra ulaştığı noktalar



Şekil 21. Üçgen gedik durumunda taşkın dalgasının 4 s sonra ulaştığı noktalar



Şekil 24. Üçgen gedik durumunda taşkın dalgasının 8 s sonra ulaştığı noktalar



Şekil 25. Ani yıkılma durumunda taşkın dalgasının 8 s sonra ulaştığı noktalar

Farklı yıkılma senaryoları sonrasında elde edilen maksimum derinlikler Tablo 2’de, farklı yıkılma senaryoları sonrasında U1 ve U4 algılayıcılarından elde edilen maksimum hızlar örnek olarak Tablo 3’te, farklı yıkılma senaryoları sonrasında taşkın dalgasının S2 seviye ölçerine, S6 seviye ölçerine, karayoluna ve denize ulaşması için geçen süreler Tablo 4’te verilmektedir.

Tablo 2. Farklı ölçüm noktalarında ölçülen maksimum derinlikler

Seviye Ölçer	Trapez Gedik	Üçgen Gedik	Ani Yıkılma
S1 (cm)	100,0	100,0	95,3
S2 (cm)	9,4	7,0	10,3
S3 (cm)	10,6	10,4	9,0
S4 (cm)	5,7	4,7	8,3
S5 (cm)	4,1	3,4	4,5
S6 (cm)	4,7	4,7	4,6
S7 (cm)	6,3	5,9	6,5
S10 (cm)	5,3	4,4	6,4
S11 (cm)	7,1	6,8	8,1

Tablo 3. Farklı ölçüm noktalarında ölçülen maksimum hızlar

Seviye Ölçer	Trapez Gedik	Üçgen Gedik	Ani Yıkılma
U1 (m/s)	5,64	6,84	5,64
U4 (m/s)	1,92	3,17	4,69

Tablo 4. Taşkın dalgasının farklı noktalara ulaşım süresi

Ulaşılan Yer	Trapez Gedik	Üçgen Gedik	Ani Yıkılma
S2 (s)	2	2	2
S6 (s)	4	4	3
Karayolu (s)	6	6	5
Deniz (s)	8	8	6

5. Sonuçlar

Baraja yakın bölgelerde su derinliği 10 cm mertebesinde ölçülmüş olup prototipte 3 m’lik bir derinliğe karşılık gelmektedir. Bu da o bölgede bulunan evlerin 1. katının su ile dolacağı anlamına gelmektedir. Evlerin yoğun olduğu bölgede 8 cm mertebesinde derinlikler ölçülmüş olup doğada 2,40 m’lik derinlik değerine karşılık gelmektedir.

Baraj çıkışında modelde ölçülen 6,00 m/s mertebesindeki hız değerleri doğada 32,88 m/s’lik bir hıza karşı gelmekte olup önemli hasarlar yaratabilecek mertebededir. Yoğun yerleşimin olduğu bölgelerde ölçülen 1-4,5 m/s’lik hızlar ise doğada 5,48 m/s ve 24,66 m/s’lik değerlere karşılık gelmektedir. Bu mertebede hızların yaratacağı hidrodinamik etki önemli can ve mal kayıplarına sebep olabilecektir.

Taşkın dalgası 2 s içinde baraja yakın bölgeyi tamamen etkilemekte olup doğada yaklaşık 55 s’lik bir süreye denk gelmektedir. Ani yıkılmada modelde 6 s sonrasında taşkın dalgasının denize ulaştığı gözlemlenmiştir. Bu değer doğada 164,4 s’lik bir süreye karşılık gelmektedir. Taşkın dalgasının modelde 13 s sonrasında, doğada ise 356,2 s sonrasında oldukça sönümlendiği gözlemlenmiştir. Modelde 21 s (prototipte yaklaşık 10 dk) sonra göl suyunun çok önemli bir kısmının boşaldığı ve taşkın dalgasının da çok daha fazla sönümlendiği, 30 s sonra ise (prototipte yaklaşık 14 dk sonrasında) taşkın dalgasının tamamen şiddetini yitirdiği tespit edilmiştir.

Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK 110M240 nolu proje kapsamında maddi olarak desteklenmiş olup TÜBİTAK’a ve gerekli verileri temin ettiğimiz DSİ İzmir Bölge Müdürlüğü ve İZSU Genel Müdürlüğüne müteşekkirimiz.

Kaynakça

- [1] Leal, J. G. A. B., Ferreira, R. M. L., Franco, A. B. ve Cardoso, A. H. 2002. Dam-break waves on movable beds. In Bousmar&Zech (eds) Riverflow2002, Volume 2, 981-990.
- [2] Bellos, C. V. 2004. Experimental measurements of flood wave created by a dam break. EWRA, European Water, 7/8: 3-15.
- [3] Testa, G., Zuccala, D., Alcrudo, F., Mulet, J. ve Soares-Fraza, S. 2007. Flash flood flow experiment in a simplified urban district. Journal of Hydraulic Research, 45, 37-44.
- [4] Alcrudo, F. ve Mulet, J. 2007. Description of the Tous dam break case study. Journal of Hydraulic Research, 45, 45-57.
- [5] <http://maps.google.com> (Erişim tarihi 02.03.2020)
- [6] Yalin, M. S., 1971. Theory of Hydraulic Models. The Macmillan Press Ltd, London.
- [7] <http://www.met-flow.com> (Erişim tarihi 02.03.2020)
- [8] M. Ş. Güney, G. Tayfur, T. Arkış, G. Bombar 2015, Experimental and numerical investigation of flood propagation due to trapezoidal breach in the distorted physical model of Ürkmez dam, Dam Engineering, Vol XXV, issue 4, pp. 171- 187.
- [9] M. Ş. Güney, G. Tayfur and T. Arkış 2015. Experimental investigation of the hydrograph characteristics effect on the flood propagation due to the failure of the distorted physical model of Ürkmez dam. ACSEE 2015 / Proc. of The Third Intl. Conf. On Advances in Civil, Structural and Environmental Engineering, Zurich, Switzerland.