



HEC-RAS yardımıyla bir menfezin hidrolik analizi

Ali Emre ULU*

Bitlis Eren Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bitlis
alিয়েmreulu@gmail.com ORCID: 0000-0001-7499-3891, Tel: (434) 222 00 00 (3618)

M. Cihan AYDIN

Bitlis Eren Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bitlis
mcaydin@gmail.com ORCID: 0000-0002-5477-1033

Geliş: 13.07.2018, Kabul Tarihi: 25.08.2018

Öz

Menfezler, akarsu üzerinden ulaşım yolları oluşturmak için çok eski zamanlardan beri başarıyla uygulanmış sanat yapılarıdır. Tarihi çok eskilere dayanan menfez yapımı, akarsularda üzerine inşa edilerek, yaya ve taşıt geçişleri için güvenli bir koridor sağlamaktadırlar. Menfezlerin üst kısımları geçit olarak kullanıldığı gibi, menfezlerin içlerinden de geçişler gerçekleşmektedir. Bunlardan en yaygın olarak bilinen geçit işlevi, menfezlerin, balık geçidi olarak kullanılarak doğal dengenin bozulmasına engel olmalarıdır. Menfezlerin diğer önemli bir özelliği ise, köprü gibi ulaşım yapılarıyla kıyaslandığında maliyet açısından ekonomik oluşlarıdır. Makalede incelenen bölge Bitlis Rahva mevkiinde yer alan 2.35 km² havza alanına sahip bir dere yatağı üzerindedir. Dereden geçen maksimum debi; havzanın büyüklüğü, yıllık maksimum yağış miktarı ve havza katsayısı gibi değişkenler elde edildikten sonra, Rasyonel Metot kullanılarak hesaplanmıştır. Dere üzerinden karayolu ulaşımı için dolgu kesit içerisine kutu kesitli menfez yerleştirilecektir. Menfez yapılacak doğal dere yatağının eğimi harita üzerinden ortalama olarak 0.025 (%2.5) hesaplanmıştır. Bu makalede yöntem olarak, taşkın analizleri gerçekleştirmek için yaygın bir şekilde kullanılan HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center-River Analysis System) analiz programı yardımıyla, seçilen örnek bir dere üstüne inşa edilmesi olası bir menfezin hidrolik analizleri gerçekleştirilmiştir. Dere ile ilgili bütün gerekli parametreler toplandıktan sonra HEC-RAS'a aktarılmış ve programın menfez analizlerinde ne denli etkili olduğu gözlemlenmiştir. Elde edilen analiz sonuçlarına göre, HEC-RAS yazılım programı menfez gibi sanat yapılarının hidrolojik ve hidrolik analizlerinde güvenle kullanılabilir olduğu sonucu ortaya çıkmıştır.

Anahtar kelimeler: Menfez Tasarımı, HEC-RAS, Hidrolik Analiz, Rasyonel Metot.

* Yazışmaların yapılacağı yazar

DOI:

Giriş

Menfez yapıları inşaat mühendisliğindeki önemli su yapılarından. Çok eski bir tarihi de olan menfez yapıları akarsulardan güvenli ulaşım koridorları oluşturmak amacıyla tasarlanmaktadır. Bunun yanında menfezler akarsularda bulunan balıkların güvenli bir şekilde geçişlerine de izin vererek yumurta bırakabilecekleri akarsuyun memba kısımlarına ulaşabilmelerini sağlamaktadır. Menfezlerin önemli bir özelliği de köprü gibi ulaşım yapılarıyla kıyaslandığında maliyet açısından daha ekonomik oluşlarıdır. Kuru dere yataklarında bile menfezler kullanılarak yağış zamanlarında suyun geçişi sağlanmalıdır. Bir menfez tasarlanırken genellikle akarsuyun 5 ila 50 yıllık taşkın debileri hesaba katılarak boyutları dizayn edilir (ODOT, 2010). Son yıllarda geliştirilen sayısal yazılım programları, menfez gibi sanat yapılarının hidrolik ve hidrolojik hesaplarının kolaylıkla yapılmasını sağlamaktadır. Amerikan Su Kaynakları Enstitüsü (IWR), Hidrolojik Mühendislik Merkezi (HEC) tarafından tasarlanan ve geliştirilen HEC-RAS (*Hydrologic Engineering Centers-River Analysis System*) tek boyutlu matematik modelleme kullanarak açık kanal akımlarının modellenmesine olanak sağlamaktadır. Akarsu ve açık kanal hidroliğinde birçok uygulaması olmasına rağmen literatürde menfez tasarımı ile ilgili kapsamlı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu nedenle aşağıda HEC-RAS kullanılarak yapılan, literatürdeki bazı çalışmalardan bahsedilmiştir.

Efe ve Önen (2015), HEC-RAS yazılım programını kullanarak Batman Çayı'nın taşkın analizini gerçekleştirmiştir. 1/1000 ölçekli haritalar kullanılarak 165 en kesit HEC-RAS programına aktarılarak en kesit profilleri elde edilmiştir. Özdemir vd. (2011), Çanakkale il sınırları içerisinde bulunan Çokal Barajı için çökme modeli ve çöktükten sonraki meydana gelecek taşkın analizi detaylı olarak, HEC-RAS yazılım programı kullanılarak analiz edilmiştir. Tate (1999), yüksek lisans tezinde, drenaj tesislerinin tasarımına yardımcı olmak için otomatik taşkın planı haritalaması amacıyla bir

CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) yaklaşımı sunmaktadır. Bu yaklaşımı, HEC-RAS hidrolik modeli ile ArcView CBS arasında bir bağlantı kurarak, taşkın planı verilerini elde etmiş ve analizlerini gerçekleştirmiştir. HEC-RAS yukarıda belirtilen kullanımlarının yanı sıra Ochiere vd. (2015) tarafından Kenya'da bulunan bir yeraltı sulama kanalına yağmur ve erozyon tarafından taşınan sediment analizi için de kullanılmıştır. Chanson (2007), menfez tasarımları üzerinde durmuş ve minimum enerji kayıplarına sahip menfezlerin, daha düşük maliyetlerle ilişkili olarak da memba tarafında oluşacak bir selde ciddi bir azalmaya neden olacağı belirtilmiştir.

Bu çalışmada, Devlet Su İşleri (DSİ) genel müdürlüğünün menfez tasarımı ile belirlemiş olduğu bazı temel ilkelere karayolu menfezlerinin hidrolik kesitlerinin belirlenmesi için örnek bir uygulama verilmiştir. Çalışmada, HEC-RAS sayısal analiz programı kullanılarak bir akarsu üzerinde örnek bir menfezin hidrolojik ve hidrolik koşullar göz önüne alınarak tasarımı yapılmıştır. Tasarlanan menfezin boyutları hesaplanırken akarsuyun maksimum debisi Rasyonel Metot kullanılarak yaklaşık olarak bulunmuştur. Elde edilen debiler ve akarsuyun menfez inşa edilecek en kesitleri HEC-RAS'a aktarılmış ve 3x3 m boyutlarında inşa edilecek bir menfezin hidrolik kesit analizleri yapılmıştır.

Materyal ve Metot

İncelenen bölge Bitlis Rahva mevkiinde yer alan 2.35 km² havza alanına sahip bir dere yatağı üzerindedir. Dere üzerinden karayolu ulaşımı için dolgu kesit içerisine kutu kesitli menfez yerleştirilecektir. Dereden geçen maksimum debi; havzanın büyüklüğü, yıllık maksimum yağış miktarı ve havza katsayısı gibi değişkenler hesaplandıktan sonra, Rasyonel Metot kullanılarak hesaplanmıştır. Menfez yapılacak doğal dere yatağının eğimi harita üzerinden ortalama olarak 0.025 (%2.5) hesaplanmıştır. HEC-RAS'a aktarılan menfezle ilgili özellikler aşağıda Çizelge 1' de gösterilmiştir.

Tablo 1. Menfez özellikleri

Menfez Yeri:	UTM Projeksiyonu, 3. Derece Dilim ve ED50 datumuna göre: Y=514324.192;X=4261167.073
Menfez Boyutu Ve Tipi:	3x3 m kutu menfez
Toplam Menfez Uzunluğu:	54 m
Yol Platform Genişliği:	24 m
Dolgu Şev Eğimleri:	3/2 (yatay/düşey)
Menfez Eğimi:	%2
Doğal Dere Yatağı Eğimi:	%2.5
Menfez Üzerindeki Dolgu Yüksekliği:	6.69 m
Çalışılan Debiler:	$Q_{\min}=0.5$ ve $Q_{\max}=2.97$
Dere Yatağı Manning Pürüzlülük Katsayısı:	0.035
Menfez için Manning Pürüzlülük Katsayısı:	0.014
Dere Akış Katsayısı (C)	0.35
Yaklaşık Yağış Alanı	2.35 km ²

Menfez toplam uzunluğu üzerinden geçen karayolu dolgu kesitine göre 54 m olması ön görülmüştür. Yolun boykesitine uygun olarak %4.7 eğimle iki yamaç birleştirilmiş ve yol platform genişliği 24 m olarak planlanmıştır. Menfez yerleştirecek yol enkesitinde menfez üzerindeki dolgu yüksekliği 6.69 m, toplam menfez uzunluğu yaklaşık 54 m ve dolgu şev eğimleri 3/2 (yatay/düşey), menfez eğimi ise doğal dere yatağına yakın bir değer olarak 0.02 (%2) olarak alınmıştır. Menfez dere yatağına dik olarak yerleştirilecek ve iç ölçüleri 3x3 m boyutlarında olacaktır.

Taşkın hesabı yapımında kullanılan HEC-RAS bilgisayar modeli, Amerikan Su Kaynakları Enstitüsü (IWR), Hidrolojik Mühendislik Merkezi (HEC) tarafından, nehir sistemlerinde kararlı ve kararsız akış hesaplaması yapmak amacıyla tasarlanmıştır. Taşkın hesaplama özelliği yanında; dereler ve yapılar (örn. köprüler ve menfezler) arasındaki etkileşimi algılama, yerleşik kararlı ve kararsız akış çözücü özelliği, su kalitesi ve sediment taşınım analizi de yapabilen HEC-RAS, hidrolik mühendisliği alanında yaygın olarak kullanılan ücretsiz bir yazılım programdır. Nehir analiz bileşenlerine ek olarak, temel su yüzeyi profilleri hesaplandıktan sonra da ilave edilebilecek birkaç hidrolik tasarım özelliği de içermektedir (HEC-RAS,

2008). Bu özellikleriyle beraber HEC-RAS aynı zamanda menfez gibi sanat yapılarının hidrolojik analizlerini de gerçekleştirebilmektedir. Dere enkesit geometrileri, bu geometriler arasındaki uzaklık, dere pürüzlülük katsayıları ve akarsuyun hidrolojik verileri en başta tanımlanması gereken parametrelerdir.

Analiz Sonuçları

Menfez kesit hesapları için dereden gelebilecek en büyük debi Rasyonel Metot kullanılarak hesaplanmıştır. Yerleştirilecek menfez çıkış noktası olarak dikkate alınan dere kesitinin yağış alanı yaklaşık 2.35 km², havza geçiş süresi 1 saatten az tahmin edilmiştir. Meteoroloji verilerine göre bir saatlik maksimum yağış 13 mm, arazi yapısı az geçirimli ve eğimli kabul edilerek havza akış katsayısı 0.35 olarak alınmış olup; bu değerlere göre Rasyonel Metot kullanılarak gelebilecek maksimum debi aşağıda hesaplanmıştır (Bayazıt, 2011). Rasyonel Metot, yağış süresinin havzanın geçiş süresinden büyük veya eşit olduğu küçük havzalarda (500-5000 m²), havzadan geçen maksimum yüzeysel akış hesaplamalarında, menfez debi ve yağmur suyu debi hesaplarında en fazla kullanılan kolay yöntemlerden biridir.

Rasyonel yöntemde maksimum akışı hesaplamak için kullanılan formül:

$$Q = C \times I \times A \quad (1)$$

Burada; Q: debi (m³/s); C: akış katsayısı (0.05-0.95); I: yağış şiddeti (m/s); A: havza alanı (m²)'dir.

$$C = 0.35 \text{ (az geçirimli ve eğimli)}$$

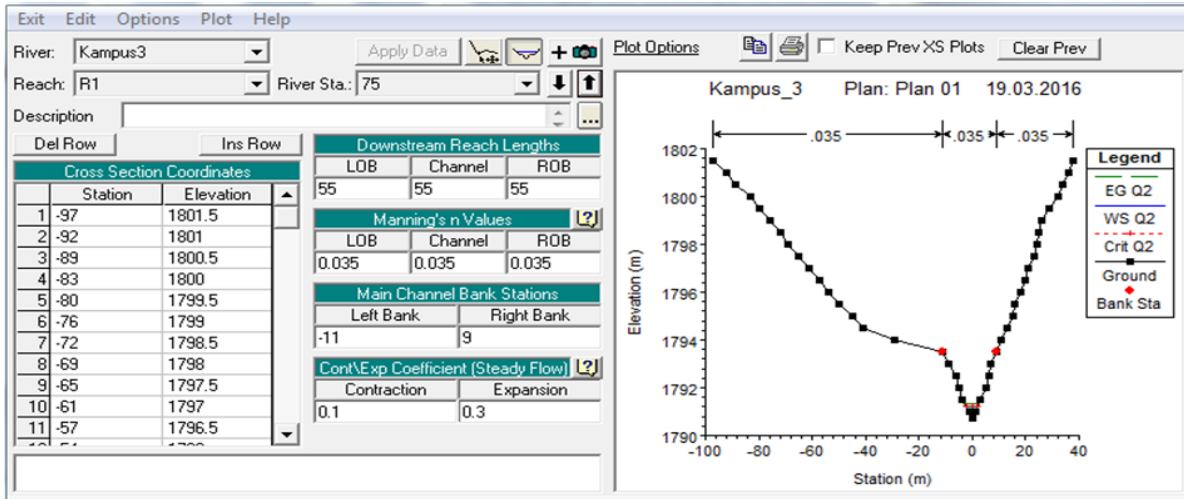
$$I = 13 \text{ mm/saat} = 3.61 \times 10^{-6} \text{ m/s}$$

$$A = 2.35 \text{ km}^2 = 2.35 \times 10^6 \text{ m}^2$$

Buna göre muhtemel maksimum debi:

$$Q = C \times I \times A = 0.35 \times 3.61 \times 10^{-6} \times 2.35 \times 10^6 = 2.97 \text{ m}^3/\text{s}$$

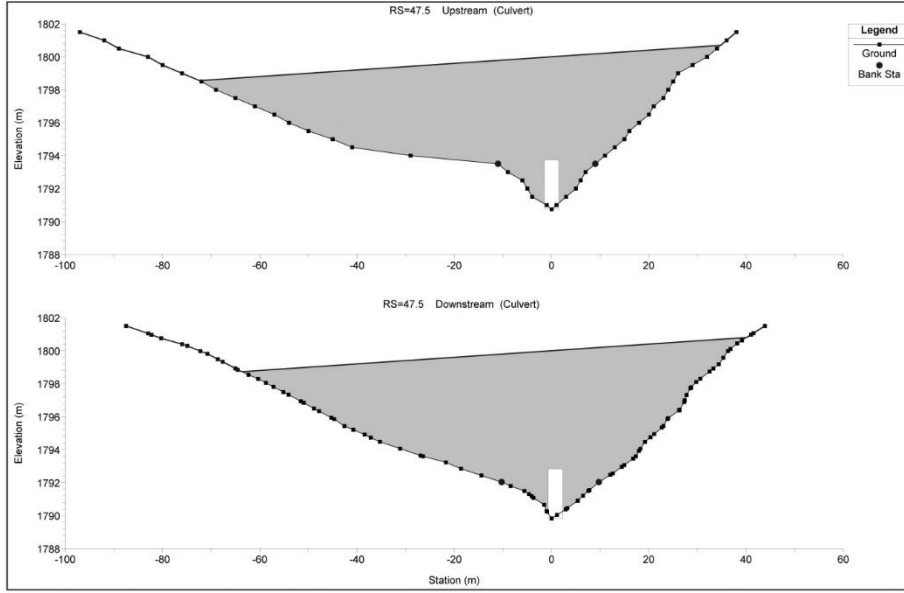
Rasyonel Metotdan elde edilen bu değer maksimum kabul edilerek bunun yanısıra küçük debilerdeki menfezin durumunu görebilmek açısından ikinci bir minimum debi $Q_{\min}=0.5 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak kabul edilmiştir. Hidrolik hesaplar için menfezin yerleştirileceği dere yatağının 150 m uzunluğu dikkate alınmıştır. 15 m aralıklarla dere yatağının hidrolik enkesitleri 1/1000 ölçekli haritalardan elde edilmiş ve HEC-RAS'a aktarılmıştır. Dere yatağı için Manning katsayısı 0.035 olarak alınmıştır (Strum, 2010). HEC-RAS'a tanımlanan bir kesit örneği Şekil 1'da verilmiştir.



Şekil 1. HEC-RAS'a tanımlanmış dere kesiti

Yukarıda verilen menfez özelliklerine göre menfez üzerindeki dolgu ve 3x3 m menfez kesitleri Şekil 2'deki gibi tanımlanmıştır.

(Menfez, yatay ve düşey ölçek farklılığından dolayı dikdörtgen gözükmektedir).

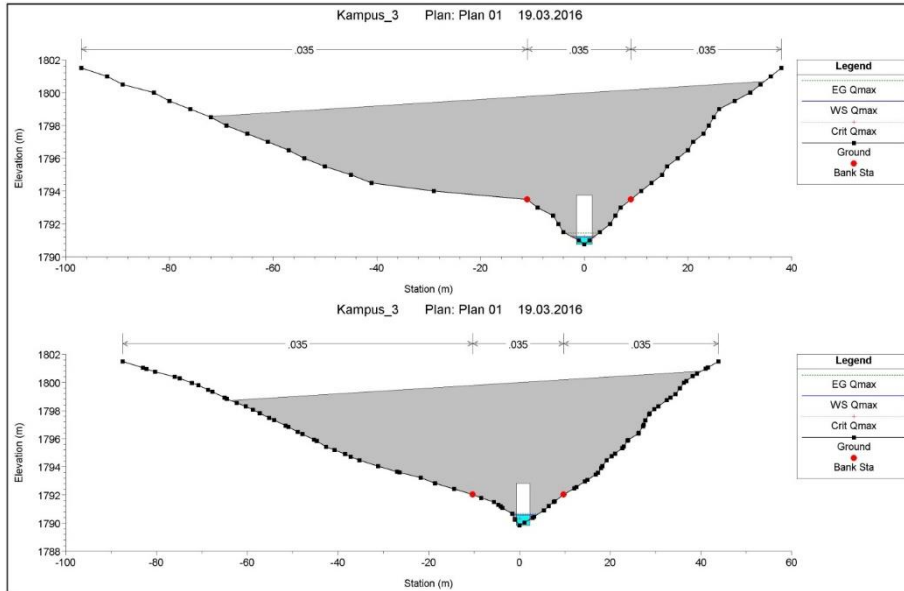


Şekil 2. HEC-RAS'ta menfez memba ve mansap kesitleri (Memba tarafından bakış)

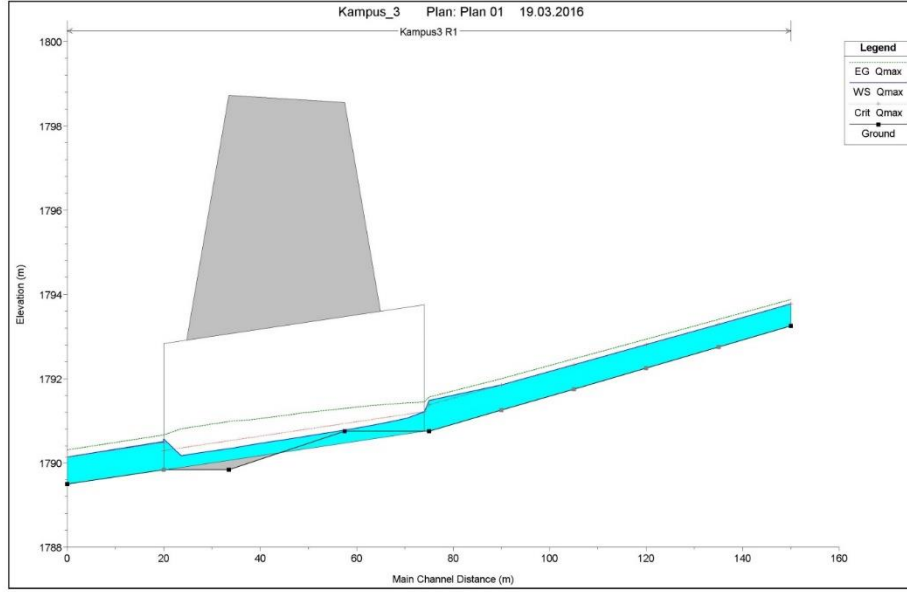
Menfez verileri HEC-RAS'a girilmiş ve beton menfez için Manning katsayısı 0.014 olarak alınmıştır. Rasyonel yöntemle belirlenen $2.97 \text{ m}^3/\text{s}$ 'lik debiler dikkate alınarak HEC-RAS'ta yapılan hidrolik hesaplar aşağıda verilmiştir.

Şekil 3'de menfezin memba ve mansap kesitlerindeki akım durumları verilmiştir. Bu kesitlerden anlaşılacağı üzere seçilen $3 \times 3 \text{ m}$

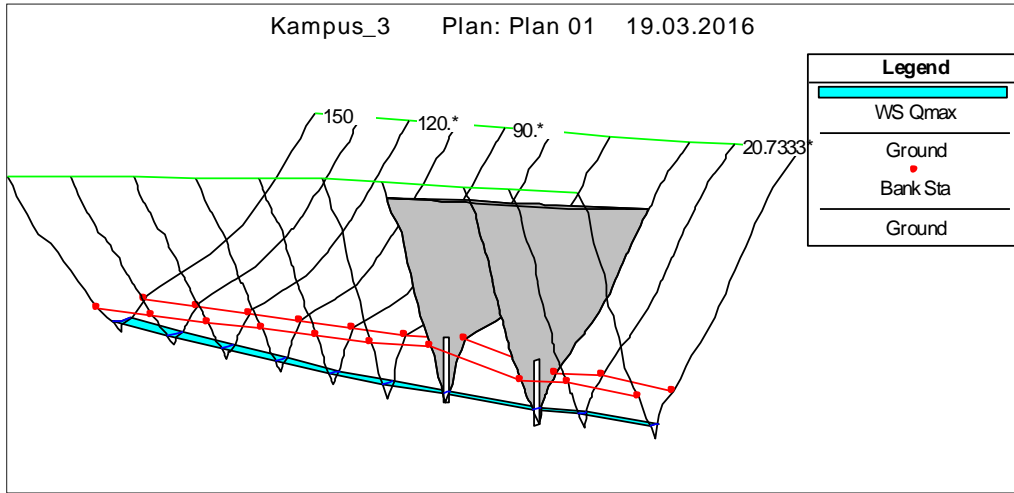
menfez boyutları dere yatağındaki maksimum debiyi geçirebilmektedir. Şekil 4 ve 5'de maksimum debi için hidrolik boykesitler gösterilmiştir. Şekillerden de anlaşılacağı üzere Menfez içerisindeki akım, nispeten düşük pürüzlülüğe sahip olduğundan dere yatağından daha düşük ve kritik derinliğe yakın bir değerde geçmektedir.



Şekil 3. Menfez memba ve mansap kesitlerindeki akım durumları ($Q_{max}=2.97 \text{ m}^3/\text{s}$)



Şekil 4. $Q_{max}=2.97 \text{ m}^3/\text{s}$ için hidrolik boykesit



Şekil 5. Hidrolik kesitlerin perspektif görünüşü ($Q_{max}=2.97 \text{ m}^3/\text{s}$)

Sonuç

HEC-RAS yazılımı tek boyutlu matematiksel modeller kullanarak, açık kanal akımlarının su yüzü profillerinin belirlenmesinde basit ama etkili bir yöntemdir. Bu çalışmada, bu yazılım sayesinde örnek bir menfez yapısına ait hidrolik karakteristikleri tespit edilerek menfez akarsu ve menfez kesitlerinin hidroliği analiz edilmiştir. Menfez için seçilen 3x3 m boyutlarına sahip olan kare şeklinde tasarlanan menfezin, hesaplarda

kullanılan ve Rasyonel yöntem ile tespit edilen $2.97 \text{ m}^3/\text{s}$ 'lik debi için yeterli olduğu gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar ışığında özellikle karayollarının güvenliği açısından yapılacak menfezlerin hidrolik analizleri yapıldıktan ve bu şekilde ilgili kurumdan (DSİ) gerekli izinler alındıktan sonra ancak yapısal tasarımlarına geçilebilmektedir.

Kaynaklar

- Bayazıt, (2011), Su Kaynakları Mühendisliği, Beta Yayınları.
- Chanson, H., (2007). Hydraulic performances of minimum energy loss culverts in Australia. Journal of performance of constructed facilities, 21(4), 264-272.
- Efe, H. ve Önen, F., (2015). Batman Çayı'nın taşkın analizinin HEC-RAS programıyla yapılması. Dicle Üni. Müh. Fak., Müh. Dergisi, 6 (2): 83-92.
- HEC-RAS., (2008). HEC-RAS, River Analysis System. US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center.
- Ochiere, H.O., Onyando, J.O. ve Kamau, D.N., (2015). Simulation of Sediment Transport in the Canal Using the Hec-Ras (Hydrologic Engineering Centre-River Analysis System) in an Underground Canal in Southwest Kano Irrigation Scheme–Kenya. International Journal of Engineering Science Invention, ISSN (Online): 2319 – 6734, ISSN (Print): 2319 – 6726, Volume 4 Issue 9, PP.15-31
- ODOT (Ohio Department of Transportation), (2010). Location and Design Manual. Volume 2 Drainage Design. Updated April 2010.
- Özdemir, H., Akbulak, C. ve Özcan, H., (2011). Çokal Barajı (Çanakkale) çökme modeli ve taşkın risk analizi. Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi. C. 8:2-660.
- Strum, T.W., (2010). Open Channel Hydraulics, Mc Graw-Hill, p:132.
- Tate, E.C., (1999). Maidment DR. Floodplain mapping using HEC-RAS and ArcView GIS (Master's thesis, University of Texas at Austin).

Hydraulic analysis of a culvert with HEC-RAS

Extended abstract

Culverts are engineering structures that have been successfully applied since ancient times to create transportation routes through the stream. In addition, the culverts allow the fish found in the rivers to pass safely and reach the upstream parts of the stream where they can lay eggs. An important feature of the culverts is that they are more economical in terms of cost when compared to transport structures such as bridges. Even in dry river beds, using culverts, water passing should be provided at the time of rainfall. When designing a culvert, they are usually dimensioned by joining a 5 to 50-year flood forecasting account of the stream. Numerical modelling programs developed in recent years provide easy hydrological and hydrological calculations of the structures such as culverts. Designed and developed by the American Water Resources Institute, Hydrological Engineering Center, HEC-RAS allows the modeling of open channel flows using one-dimensional mathematical modeling. Although there are many applications in river and open channel hydrology, there is not a comprehensive study about culvert design in the literature.

The area studied is a creek bed with a 2.35 km² basin area. The culvert will be placed over the creek in the filling section for road transport. The maximum flow rate was calculated using the Rational Method with the help of variables such as the size of the basin, the annual maximum rainfall amount and the basin coefficient. The slope of the natural stream bed to be placed is calculated as 0.025 (2.5%) on the map. Filling culvert over its entire length with respect to road's cross-section is foreseen to be 54 m. The value obtained from the Rational Method was accepted as maximum and another minimum flow rate $Q_{\min} = 0.5 \text{ m}^3/\text{s}$ was used for the calculations in order to be able to see the state of the culvert in the small openings. For hydraulic calculations, the length of 150 m of the creek bed where the culvert is to be installed is taken into account. Using a 15 m intervals, the hydraulic sections of the creek bed were obtained from the 1/1000 scale maps and transferred to HEC-RAS. Manning coefficient of the stream bed is taken as 0.035. The culvert data were entered in HEC-RAS and the Manning coefficient for the concrete culvert was taken as 0.014. Since the flow in the culvert has

a relatively low roughness, it passes at a lower and critical depth than the stream bed.

The precipitation area of the section of the stream, which is considered as the exit point to be installed, is estimated to be about 2.35 km² and the transition period of the flow from the basin is less than 1 hour. According to the meteorological data, the maximum hourly rainfall is 13 mm, the land structure is assumed to be less permeable and inclined, and the basin flow coefficient is taken as 0.35, so the maximum flow rate which can be obtained is calculated according to these values. The rational method is one of the easiest methods most commonly used in culvert and rainwater flow calculations in small basins where the precipitation period is greater or equal to the transit time of the basin. All of the processes, calculations, tables and figures found after the numerical analysis are shown in the article.

In this study, some basic principles that the General Directorate of State Hydraulic Works (SHW) have identified through the culvert design are given as an example to determine the hydraulic sections of the roadway culverts. In the study, a sample culvert on a stream was designed by taking HEC-RAS numerical analysis program in consideration of hydraulic conditions. While the dimensions of the designed grill were calculated, the maximum flow of the stream was found approximately using the Rational Method. The cross sections of the pipes and the culverts to be constructed are transferred to HEC-RAS, and a hydraulic section analysis of a 3x3 m culvert is carried out. the structural designs can be applied. According to the results obtained, only after the hydraulic analyzes of the culverts to be done in terms of the safety of the roads are made, and after obtaining the necessary permits from the related institution (SHW),

Keywords: *Culvert Design, HEC-RAS, Hydraulic Analysis, Rational Method.*