



Simetrik Akarsu Kavşaklarında Akım Derinliklerinin İncelenmesi

*Investigation of Flow Depths at Symmetrical Confluences*Mustafa Eyhan^{1*}, Cihan Canıbek¹, Gökçen Bombar², António Heleno Cardoso³¹İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, mustafa_eyhan@hotmail.com, ORCID: ID: 0000-0002-4165-2430¹İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, cihancanibek@hotmail.com, ORCID: ID: 0000-0001-6316-5919²İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, gokcen.bombar@ikcu.edu.tr, ORCID: ID: 0000-0002-8156-6908³Lisbon Üniv. Instituto Superior Técnico, İnşaat Mühendisliği Bölümü, antonio.cardoso@tecnico.ulisboa.pt, ORCID: ID: 0000-0002-9600-4254

MAKALE BİLGİLERİ

*Makale Geçmişi:*Geliş 18 Şubat 2022
Revizyon 28 Mart 2022
Kabul 20 Haziran 2022
Online 30 Eylül 2022*Anahtar Kelimeler:**Akarsu kavşağı, akım derinliği,
momentum denklemi*

ÖZ

Bu çalışmada 90° birleşim açısına sahip simetrik akarsu kavşaklarında akım derinlikleri incelenmiştir. Çalışmadaki sabit parametreler; kavşak açısı ve genişlikler olup, değişken parametreler ise yan kollardan gelen debiler ve mansap akım derinliğidir. Çalışmada kavşak bölgesinde belirlenmiş olan kontrol hacminde akım derinlikleri ölçülmüştür. Kontrol hacminin mansabında ölçülen akım derinliğine bağlı olarak memba akım derinlikleri bulunmuştur. Memba akım derinlikleri iki yan kol için de aynıdır varsayımına bağlı olarak momentum denklemi yazılmıştır. Momentum denklemlerinde elde edilen akım derinlikleri deneylerde ölçülen akım derinlikleriyle karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak kontrol hacmi memba akım derinliklerinin eşit olduğu varsayımı doğrulanmıştır ve deneysel ve sayısal veriler birbirine yakın bulunmuştur.

ARTICLE INFO

*Article history:*Received 18 February 2022
Received in revised form 28 March 2022
Accepted 20 June 2022
Available online 30 September 2022*Keywords:**Confluence, flow depth, momentum
equations*

ABSTRACT

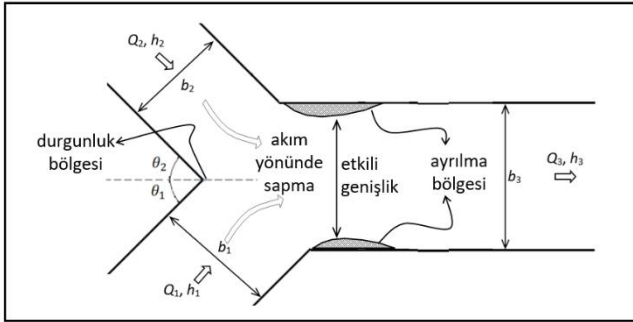
In this study, the flow depths at symmetrical confluences stream with 90° junction angle was investigated. In the study; constant parameters are the intersection angle and widths, and the variable parameters are the flow rates from the tributary channels and the downstream flow depth. In the study, flow depths were measured in the control volume determined in the confluence area. Upstream flow depths were found depending on the flow depth measured downstream of the control volume. The momentum equation is written for tributary channels based on the assumption that the upstream flow depths are the same. The flow depths obtained in the momentum equations were compared with the experimental flow depths. As a result, the assumption was confirmed that the control volume upstream flow depths are equal and the experimental and numerical data were found to be close to each other.

Doi: 10.24012/dumf.1075920

* Sorumlu Yazar

Giriş

Akarsu kavşağı iki veya daha fazla akarsuyun birleşerek birbirine karıştığı ve tek bir akarsu olarak akmaya devam ettiği yer olarak tanımlanmaktadır [1], [2], [3]. Akarsu kavşakları simetrik veya asimetric olabilir. En genel hali ile sediment taşınımının olmadığı bir akarsu kavşağının plan görünümü Şekil 1’de verilmiştir. Best (1987) tarafından ortaya konmuş akarsu kavşaklarındaki hidrodinamik yapının kavramsal modeline göre, iki yan kolun birleşmesi ile akım yönünde sapma olmakta, iç köşede basıncın ve akım derinliği artmakta, akım hızlarının ve kayma gerilmelerinin azaldığı durgunluk bölgesi ve dış yan duvarların etrafında ayrılma bölgeleri oluşmaktadır. Ayrılma bölgesi içinde kendi etrafında dönen çevrıntiler meydana gelmekte ve yukarı yönde düşey hızlar önemli ölçüde belirginleştiği gözlenmektedir. Bu düşey hızlar bir nevi su perdesi oluşturmakta ve bu perde ana kanaldaki akımın bu bölgeye girmesini engellemektedir. Böylece karışma noktasının mansabındaki akımın aktığı kesit daha da daralmakta, etkili kanal genişliği azalmakta ve daha büyük hızlara sebep olmaktadır. Akarsu kavşağı Şekil 1’deki gibi Q_1 ve Q_2 debisine sahip, b_1 ve b_2 genişliğinde ve h_1 ve h_2 akım derinliğindeki iki yan kolun ana kanal eksenine yaptıkları θ_1 ve θ_2 açıları ile birleşerek, Q_3 ($= Q_1 + Q_2$) debisi, b_3 genişliği ve h_3 akım derinliğinde akmaktadır [4].

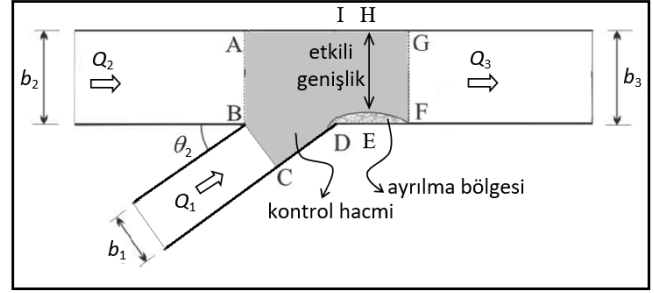


Şekil 1. Genel hali ile bir akarsu kavşağı ve ilgili değişkenler [4].

Burada ana kanal eksenine yapılan açıların sıfırdan farklı olması durumunda kavşak simetrik, herhangi birinin sıfır olması durumunda asimetric olarak tanımlanmaktadır. Hem simetrik ve hem de asimetric özellikteki tüm akarsu kavşakları içinde süreklilik ve momentumun korunumu denklemleri kavşağa bağlı olan tüm kollar için belirli varsayımlar altında bir kontrol hacmi üzerinde uygulanarak akım derinlikleri belirlenebilmektedir.

Akarsu kavşaklarında akım derinliklerinin incelenmesi üzerine bilinen ilk çalışma Taylor (1944) tarafından yapılmıştır. Taylor, dikdörtgen kesitli yan kolun $\theta_2 = 45^\circ$ ve 135° açılarla ana kanala birleştiği asimetric akarsu kavşağı deney düzeneği üzerinde akımın karakteristik özelliklerini incelemiştir (Şekil 2). Tüm kollarda nehir rejiminde oluşturduğu kavşak içinde belirlediği ABCDFGA kontrol hacmi üzerinde süreklilik ve momentumun korunumu ilkesi kullanırken şu varsayımları yapmıştır: (1) yan kol ve ana kanal genişlikleri birbirine eşittir ($b = b_1 = b_2 = b_3$), (2) taban eğimi sıfırdır, (3) sürtünmeden kaynaklı enerji kayıpları ihmal edilebilir, (4) hidrostatik basınç dağılımı geçerlidir, (5)

kontrol hacmi sınırlarında akım çizgileri birbirine paraleldir, (6) AB ve BC kesitlerindeki akım derinlikleri eşittir ($h_{AB} = h_{BC}$), (7) BC ve CD yüzeyine etkiyen basınç eşittir ve (8) tüm en kesitlerde hız uniform olarak dağılmıştır [2], [3], [5].



Şekil 2. Asimetric akarsu kavşağı plan görünümü [5].

Elde edilen denklem (1) ile verilmiştir.

$$N_y^3 - N_y(1 + 2F_3^2) + 2F_3^2[N_q^2(1 + \cos\theta_2) - 2N_q + 1] = 0 \quad (1)$$

Burada akım derinliği oranı $N_y = h_1/h_3$, debi oranı $N_q = Q_1/Q_3$ ve kavşak mansabındaki Froude sayısı $F_3 = U_3/\sqrt{gh_3}$ olup denklem yaklaşık $F_3 > 0,5$ için geçerlidir [5]. Taylor (1944) denklem (1) ile kavşak içindeki akım derinliklerini hesaplamış ve bu hesaplanan değerleri deneysel veriler ile kıyaslamıştır. Kavşak açısının 45° ve küçük N_q değerleri için birbirine daha yakın sonuçlar elde edildiği görülmüş olup, hatanın daha ziyade (5) numaralı varsayımdan kaynaklandığı ifade edilmiştir. Webber ve Greated (1966), Taylor (1944)'ün çalışmasına ilave olarak 30° , 60° ve 90° olan üç birleşim açısında, $N_q = [0, 0,2, 0,4, 0,6, 0,8, 1]$ değerlerinde ve nehir rejiminde (maksimum $F_3 = 0,6$) gerçekleştirilen deneylerde kavşak boyunca meydana gelen derinlik artışı ve yan duvarların kavisli olmasının etkisini incelemiştir. Denklem (1)'in kullanılması ile hesaplanan N_y değerlerinin deneylere göre daha küçük elde edildiği görülmüş, bir düzeltme katsayısı ve enerji kaybının hesaplanması için de bir denklem önerilmiştir [2], [3], [7].

Momentum denkleminin çıkartılmasında seçilecek kontrol hacminin sınırları Taylor (1944) tarafından yapılmış varsayımların geçerliliği üzerine etkilidir. Özellikle akım çizgilerinin paralel olması üzerine yapılmış (5) nolu varsayım ile ayrılma bölgesinin uzunluğu ve genişliğinin etkili olduğu görülmektedir [5]. Modi ve diğerleri (1981) sürtünme kayıplarının belirlenmesinde ayrılma bölgesi genişliğinin özellikle etkili olduğunu belirtmiştir. Bu nedenle ayrılma bölgesi geometrisi üzerine çeşitli araştırmalar yapılmıştır [8]-[11]. Best ve Reid, (1984) dikdörtgen kesitli asimetric akarsu kavşağında 30° , 60° , ve 90° kavşak açıları ve mansap akım Froude sayısı 0,1 - 0,3 arasında değiştiği deneylerinde ayrılma bölgesi genişliği, W ve uzunluğunu, L mansap kanal genişliğini kullanarak boyutsuzlaştırmış ve her iki parametrenin N_q ve θ_2 ile arttığını göstermiştir [9]. Hager (1987), ayrılma bölgesinin geometrisinin maksimum genişliği ve uzunluğu tahmin edilmesi üzerine asimetric kavşakta çalışma yapmıştır. Şekil 2 üzerinde CD yüzeyine

gelen hidrostatik basınç P^* ve etkin genişliğin hesaplanmasında kullanılan bir katsayı olan daralma katsayısını, m dikkate alarak nehir rejiminde yaptığı deneyler sonunda ayrılma bölgesinin hem uzunluğu hem de genişliğinin yan koldan gelen debinin toplam debiye oranının artmasıyla artmakta olduğunu ortaya koymuştur [6]. Gurram ve diğerleri (1997), asimetrik kavşak üzerinde yaptıkları çalışmada 30° , 60° , ve 90° kavşak açılarını incelemiştir. Çalışmada mansap Froude sayıları 0,25, 0,50 ve 1,00 yan kol ve ana kol debi oranları 0, 0,25, 0,50, 0,75 ve 1,00 olarak alınmıştır [2], [3], [12], Hsu ve diğerleri (1998a), 30° , 45° ve 60° kavşak birleşim açıları, eşit genişlikte olan ana kanal ve yan kola sahip asimetrik kavşak üzerinde nehir rejiminde çalışma yapılmıştır. Yük kayıplarının hesaplanmasını amaçlayan çalışmada enerji kayıplarının Froude sayısı ve kavşak açısının artması ile arttığı belirtilmiştir [2], [3], [10]. Hsu ve diğerleri (1998b), 12 m uzunluğunda ana kanal ve 4 m uzunluğunda yan koldan oluşan asimetrik kanal kavşağında deneysel çalışma yapılmıştır. Kanal genişlikleri yan kol ve ana kanalda eşittir. Çalışmada enerji ve momentum düzeltme katsayısı, ayrılma bölgesinin mansap tarafında hesaplanmıştır. Sayısal çalışmaya sürtünme ve türbülans kayıpları da eklenmiş ve buna bağlı olarak enerji kaybı katsayısı geliştirilmiştir. Çalışmada kavşaktan membaya doğru ana kanal ve yan kol genişliklerinin iki katı kadar mesafede akım derinliklerinin yaklaşık olarak eşit olduğu belirtilmiştir [2], [3], [13]. Weber ve diğerleri (2001), 90° açılı akarsu kavşağında yaptıkları çalışmada kavşak içinde hız ölçümü gerçekleştirmişler ve ayrılma bölgesi genişliğinin su yüzeyi yakınında tabana göre daha fazla olduğunu belirtmişlerdir [14].

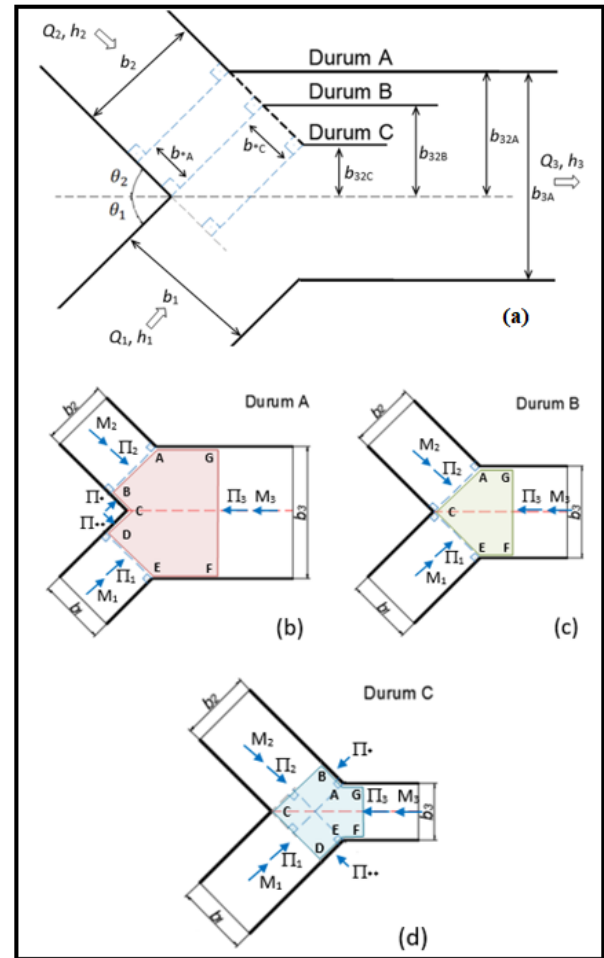
Coelho (2015), eşit genişliklere sahip asimetrik bir kavşakta tüm kanallarda nehir rejiminin (Tip 1), kavşak membasında sel veya nehir rejiminin mansabında ise nehir rejiminin (Tip 2), kavşak membasında sel veya nehir rejiminin mansabında ise sel rejiminin (Tip 3) gerçekleştirildiği deneyler olarak 3 tipe 36 deney gerçekleştirmiştir. Şekil 2’de AB, BC ve GF kesitlerinde ölçtüğü akım derinlikleri ile denklem (1) kullanılarak hesapladığı derinlikleri kıyaslamıştır. Tip 1 akımlarında AB ve BC en kesitlerinde akım derinliklerinin eşit olduğu varsayımının doğrulandığı belirtilmiştir [2], [3], [15].

Carballada ve diğerleri (1981), simetrik kavşaklardaki akım üzerine çalışma yapmışlardır. İki kanalın kavşak membalarındaki akım derinliklerinin eşit olduğu ve kavşak mansabındaki momentum düzeltme katsayısının 1,15 olduğu varsayımı yapılmıştır [2], [3], [16]. Pandey ve Mishra (2012), dikdörtgen ve trapez kesitli akarsu kavşakları üzerinde çalışmışlardır. Çalışmada $\theta_1 = 30^\circ$ ve $\theta_2 = 90^\circ$, kanal genişlikleri $b_1 = 0,35$ m, $b_2 = 0,25$ m ve $b_3 = 0,45$ m ve yan kol 1 ve 2’nin, ana kanal eksenine ile yaptığı açılar sırasıyla θ_1 ve θ_2 ’dir. Yapılan varsayımlara göre akım kanal duvarlarına paraleldir, hız kavşak üstünde ve altında homojen dağılmaktadır, sürtünme kaybı ihmal edilmiştir, yan kol akım derinlikleri kavşak membalarında aynıdır. Belirlenen kavşak birleşim bölgesi için gerekli varsayımlara göre momentum denklemleri yazıldığında ve deneysel verilerle kıyaslandığında kavşak membalarında su yüksekliklerinin yaklaşık olarak aynı olduğu ve deneysel verilerle örtüştüğü belirtilmiştir [2], [3], [17].

Çalışmanın Amacı

Literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde hem simetrik hem asimetrik kavşaklar için farklı geometrilere uygulanabilen farklı denklemler görülmüştür. Bu çalışmada düzenlenecek genel bir denklemin deneysel olarak doğrulanması amaçlanmış ve Şekil 3.a’da verilen plan üzerinde momentum denkleminin kullanılarak yapılan varsayımların uygunluğunun araştırılması planlanmıştır. Yan kolların ana kanal ile birleşimleri incelendiğinde Şekil 3’te verilen 3 farklı konfigürasyon ile karşılaşılabileceği görülmüştür. Burada Şekil 3.b, 3.c ve 3.d’de yan kolların birbirine aynı açı ile bağlandığı ve sırasıyla Durum A, Durum B ve Durum C sunulmuştur.

İki yan kol ve bir ana kanalın birleştiği akarsu kavşaklarında karşılaşılabilecek üç muhtemel durum vardır. Bu durumlardan ilki; yatay eksenle θ_1 ve θ_2 açıları ile bağlanan akarsu kavşağında yan kolların ana kanal ile birleştiği duvardan yan kolların diğer duvarlarına çizilen dikler yan kolların birleştiği duvarla kesişmiyor, yan kol memba tarafına doğru kalıyorsa durum A, çizilen dik yan kolların birleştiği duvarla kesişiyorsa durum B, yan kol duvarlarıyla kesişmiyor, yan kolun iç bölgesinde kalıyorsa durum C’deki gibidir. Muhtemel koşullar arasında Pandey (2012)’nin yapmış olduğu çalışmanın Durum B’ye Coelho (2015) tarafından gerçekleştirilen çalışmanın Durum C’ye uygun olduğu görülmektedir.



Şekil 3. Kanal geometrisine göre (a) muhtemel durumlar (b) Durum A, (c) Durum B, (d) Durum C [2].

Bu durumlar için aşağıdaki varsayımlar yapılarak (1) yan kol ve ana kanal genişlikleri sırasıyla b_1 , b_2 ve b_3 'dir, (2) taban eğimi sıfırdır, (3) sürtünmeden kaynaklı enerji kayıpları ihmal edilebilir, (4) hidrostatik basınç dağılımı geçerlidir, (5) kontrol hacmi sınırlarında akım çizgileri birbirine paraleldir, (6) durum A için AB ve DE kesitlerinde, durum B ve durum C için AB ve BC kesitlerindeki akım derinlikleri eşittir, (7) durum A için BC ve CD yüzeyine durum C için AG ve EF yüzeyine etkiyen basınç eşittir, (8) tüm en kesitlerde hız üniform olarak dağılmıştır.

Burada b_{*A} Durum A için hidrostatik kuvvetin etki ettiği duvar genişliğini, b_{*C} ise Durum A için hidrostatik kuvvetin etki ettiği duvar genişliğini göstermekte olup Durum C için hidrostatik kuvvetin etki ettiği duvar bulunmamaktadır. Uygulanan hidrostatik kuvvet Π_* ve ana kanal eksenine paralel bileşeni Π_{*x} olarak tanımlandığında

$$\Pi_{*x} = \frac{1}{2} \gamma (b_{31} - b_1 \cos \theta_1) h_1^2 \quad (2)$$

Burada γ özgül ağırlıktır. Şekil 3.b, 3.c ve 3.d'de 1 nolu yan kolun sınırında bulunan kesite etkiyen hidrostatik basınç kuvveti ve momentumun ana kanal eksenindeki bileşenleri sırasıyla kuvvet P_{1x} ve M_{1x} olup aşağıdaki denklemler ile verilmiştir.

$$\Pi_{1x} = \frac{1}{2} \gamma b_1 h_1^2 \cos \theta_1 \quad (3)$$

$$M_{1x} = \rho \frac{Q_1^2}{b_1 h_1} \cos \theta_1 \quad (4)$$

Burada ρ yoğundur. 2 nolu yan kol için adı geçen değişkenler sırasıyla P_{*x} , P_{2x} ve M_{2x} ve ana kanal için P_3 ve M_3 olup Şekil 3.b, 3.c ve 3.d'de verilen kontrol hacmine etkiyen tüm kuvvetler denklemden yazıldığında aşağıdaki denklem elde edilmiş olur.

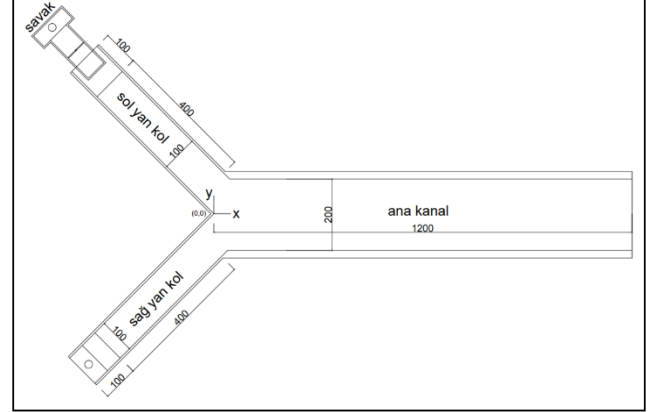
$$\Pi_{1x} + \Pi_{*x} + \Pi_{2x} + \Pi_{*x} - \Pi_3 + M_{1x} + M_{2x} - M_3 = 0 \quad (5)$$

Taylor (1944) tarafından yapılmış varsayımlardan biri olan akım derinliklerinin yan kol kesitinde eşit olması durumunun geçerliliğinin incelenmesi amacıyla simetrik akarsu kavşağında Durum A koşulları oluşturulmuştur. Kavşak bölgesinde belirlenmiş olan kontrol hacmi içinde akım derinlikleri ölçülmüş ve kontrol hacmi mansap akım derinliğine bağlı olarak denklem (4) kullanılarak kontrol hacmi membarları için akım derinlikleri hesaplanmıştır. Elde edilen akım derinlikleri deneysel çalışmada ölçülen akım derinlikleri ile kıyaslanmıştır.

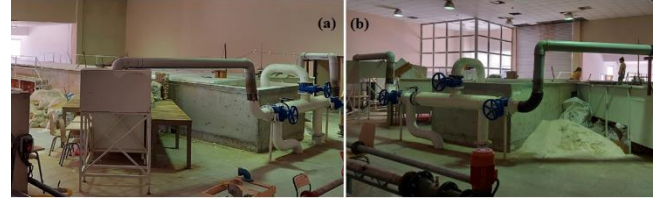
Deney Düzenegi ve Deneysel Yöntem

Akarsu kavşaklarında akım derinliklerinin incelendiği bu çalışmada deneyler, İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Hidrolik Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir. Ana kanal için 12 m uzunluğunda, 2 m genişliğinde dikdörtgen kesitli kanal kullanılmıştır. Yan kollar ise 4 m uzunluğunda ve 1 m genişliğindedir. Simetrik olan yan kollar 90° 'lik açı ile birbirine bağlanmaktadır (Şekil 4 ve Şekil 5). Deneyler için gereken su bodrum katta bulunan su deposundan sağlanmıştır. 24 m^3 kapasiteli bu depoya bağlı iki hat üzerinde birer santrifüj pompa bulunmakta olup her bir

hat yan kollara su iletmek için birbirinden bağımsız çalışabilmektedir. Kanala çıkan su kanal mansabında bulunan savaktan metal borular aracılığı ile bodrum kattaki su deposuna geri gelmektedir [3].



Şekil 4. Deney düzenegi plan görünümü (uzunluklar cm olarak verilmiştir).



Şekil 5. Deney düzenegi (a) sol görünüşü, (b) sağ görünüşü [3].

Sağ yan koldaki debi ayarı debimetre cihazı ile yapılmış, sol yan kol debi ayarı ise dikdörtgen savak yardımıyla yapılmıştır. Bu savağa gelen debi hesabı denklem 6 ile verilen Rehbock dikdörtgen savak formülü ile yapılmıştır.

$$Q = c_d \frac{2}{3} \sqrt{2gb_s} h_a^{3/2} \quad (6)$$

Burada h_a dikdörtgen savak akan su yüksekliği, h_s dikdörtgen savak dolu su yüksekliği, b_s savak genişliği, g yer çekimi ivmesi, Q debi, c_d Rehbock formülü debi katsayısıdır.

Bu katsayıya ait kullanılan denklem,

$$c_d = 0,602 + 0,083 \frac{h_a}{h_s} \quad (7)$$

Bu çalışma kapsamında farklı debilerde ve farklı mansap akım derinliklerinde 10 adet deney gerçekleştirilmiştir.

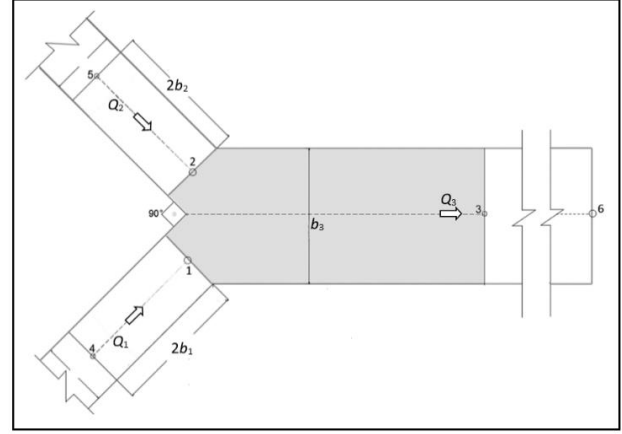
Deneysel Yöntem ve Bulgular

Deney düzenegi üzerinde ölçüm noktalarının yerleri ve denklem (5)'in uygulanacağı kontrol hacmi Şekil 6'da sunulmuştur. Yan kolların memba ve mansap noktalarında yan kola akım özelliklerinin elde edileceği ölçüm noktaları (4) ve (5) numaralı noktalar $2b_1 = 2b_2 = 2 \text{ m}$ olarak hesaplanmıştır [15], [17]. Ana kanal mansabındaki kontrol

noktası (6) numaralı nokta olup $x=11,105$ m'de yer almaktadır. Kontrol hacmi sınırlarında (5) nolu varsayımın yapılabilmesi için mansap sınırının ayrılma bölgesi dışında tutulması gerekmektedir. Kavşak mansap sınırının koordinatları belirlenmesinde ayrılma bölgesi genişliği W , ve uzunluğu, L , için Best ve Reid, (1984) tarafından önerilmiş denklemler dikkate alınmıştır. Best ve Reid (1984) çalışmasını asimetrik kavşaklar için gerçekleştirmişlerdir. Simetrik kavşaklar için bu denklemler uygulanırken simetrik kavşağın iki asimetrik kavşaktan oluştuğu düşünülerek kavşak açısı 45° , yan kol debisinin toplam debiye oranı olan $N_q = 1$ alınmıştır. Kavşak genişliği yan kol debilerine göre ağırlıklı olarak bölüştürülmüştür. Ayrılma bölgesi genişliği 18 cm – 35 cm arasında, uzunluğu 90 cm – 180 cm arasında hesaplanmıştır. Bu uzunluklar Pandey ve Mishra (2012) ve Coelho (2015) $3b_3$ ve $2b_3$ olarak önermiş ve bu çalışmada 6 m ve 4 m hesaplamıştır. Bu çalışmada (3) nolu ölçüm noktasının kavşak köşesine olan uzaklığı 4,105 m olarak alınmış olup yan kollardaki (1) ve (2) nolu noktaları 2 m mesafede yer almaktadır. Deneyler kapsamında bu noktalarda ölçümler yan kollar ve ana kanal duvarları üzerinde bulunan arabaya bağlı limnometre ile yapılmıştır.

Yan kollar için aynı, farklı debiler ve farklı mansap akım derinliklerine bağlı olarak gerçekleştirilmiş deneylere ait

özellikler Tablo 1'de sunulmuştur. Burada Q_1 sağ yan kol debisi, Q_2 sol yan kol debisi, Q_3 ana kanal toplam debisidir. Mansap kapağı çeşitli yüksekliklerde ayarlanarak kavşak mansabındaki ana kanaldaki akım derinlikleri değiştirilmiş olup ölçülmüş akım derinlikleri, h_4 , h_5 , h_6 ve hesaplanan Froude sayıları aynı tabloda yer almaktadır. Çalışma kapsamındaki tüm deneyler nehir rejiminde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 6. Birleşim bölgesi kontrol hacmi [3].

Tablo 1. Çalışma kapsamında deney setindeki parametreler ve değerleri.

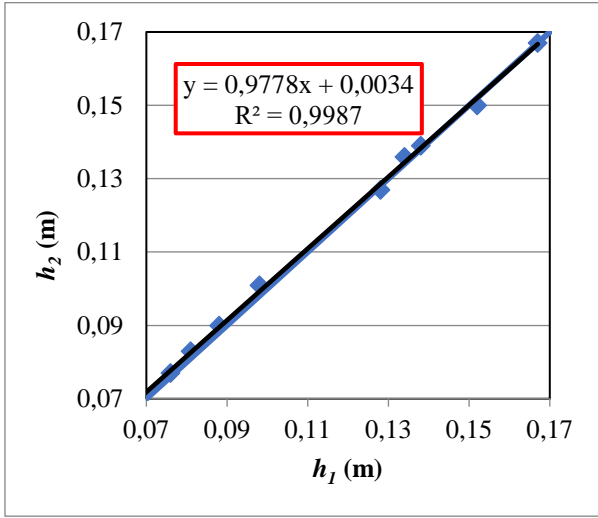
| | Q_1 (l/s) | Q_2 (l/s) | Q_3 (l/s) | Q_1/Q_3 | Q_2/Q_3 | Q_1/Q_2 | h_4 (cm) | Fr_4 | h_5 (cm) | Fr_5 | h_6 (cm) | Fr_6 |
|----|----------------|----------------|----------------|-----------|-----------|-----------|---------------|--------|---------------|--------|---------------|--------|
| 1 | 20 | 20 | 40 | 0,50 | 0,50 | 1,0 | 0,082 | 0,27 | 0,079 | 0,57 | 7,65 | 0,30 |
| 2 | 20 | 20 | 40 | 0,50 | 0,50 | 1,0 | 0,139 | 0,12 | 0,137 | 0,25 | 13,55 | 0,13 |
| 3 | 20 | 20 | 40 | 0,50 | 0,50 | 1,0 | 0,169 | 0,09 | 0,166 | 0,19 | 16,40 | 0,10 |
| 4 | 30 | 20 | 50 | 0,60 | 0,40 | 1,5 | 0,092 | 0,23 | 0,091 | 0,58 | 8,20 | 0,34 |
| 5 | 30 | 20 | 50 | 0,60 | 0,40 | 1,5 | 0,138 | 0,13 | 0,135 | 0,32 | 13,10 | 0,17 |
| 6 | 30 | 20 | 50 | 0,60 | 0,40 | 1,5 | 0,154 | 0,11 | 0,154 | 0,26 | 15,25 | 0,13 |
| 7 | 40 | 20 | 60 | 0,67 | 0,33 | 2,0 | 0,104 | 0,19 | 0,102 | 0,59 | 9,15 | 0,35 |
| 8 | 10 | 10 | 20 | 0,50 | 0,50 | 1,0 | 0,059 | 0,22 | 0,057 | 0,47 | 5,10 | 0,28 |
| 9 | 10 | 10 | 20 | 0,50 | 0,50 | 1,0 | 0,078 | 0,15 | 0,078 | 0,30 | 7,30 | 0,16 |
| 10 | 10 | 10 | 20 | 0,50 | 0,50 | 1,0 | 0,129 | 0,07 | 0,128 | 0,14 | 12,45 | 0,07 |

Tablo 2. Deneysel çalışmada elde edilen akım derinlikleri.

| No | h_1 (m) | h_2 (m) | h_3 (m) | $h_{denklem}$ (m) | Π_{1x} (N) | Π_{*x} (N) | Π_{2x} (N) | Π_{**x} (N) | Π_3 (N) | M_{1x} (N) | M_{2x} (N) | M_3 (N) |
|----|--------------|--------------|--------------|----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|----------------|-----------------|-----------------|--------------|
| 1 | 0,081 | 0,083 | 0,079 | 0,081 | 22,48 | 10,34 | 22,48 | 8,32 | 60,45 | 3,51 | 3,51 | 10,19 |
| 2 | 0,138 | 0,139 | 0,138 | 0,138 | 66,15 | 30,43 | 66,15 | 24,47 | 185,47 | 2,05 | 2,05 | 5,82 |
| 3 | 0,167 | 0,167 | 0,169 | 0,169 | 98,91 | 45,50 | 98,91 | 36,60 | 278,53 | 1,67 | 1,67 | 4,75 |
| 4 | 0,088 | 0,090 | 0,087 | 0,089 | 27,39 | 12,60 | 27,39 | 10,13 | 73,40 | 7,16 | 3,18 | 14,45 |
| 5 | 0,134 | 0,136 | 0,134 | 0,135 | 63,13 | 29,04 | 63,13 | 23,36 | 176,15 | 4,72 | 2,10 | 9,33 |
| 6 | 0,152 | 0,150 | 0,155 | 0,155 | 83,51 | 38,41 | 83,51 | 30,90 | 234,17 | 4,10 | 1,82 | 8,09 |
| 7 | 0,098 | 0,101 | 0,095 | 0,097 | 32,84 | 15,11 | 32,84 | 12,15 | 88,54 | 11,63 | 2,91 | 18,95 |
| 8 | 0,057 | 0,058 | 0,055 | 0,056 | 10,88 | 5,00 | 10,88 | 4,03 | 29,68 | 1,26 | 1,26 | 3,64 |
| 9 | 0,076 | 0,077 | 0,077 | 0,077 | 20,56 | 9,46 | 20,56 | 7,61 | 57,41 | 0,92 | 0,92 | 2,61 |
| 10 | 0,128 | 0,127 | 0,127 | 0,127 | 56,07 | 25,79 | 56,07 | 20,75 | 158,23 | 0,56 | 0,56 | 1,57 |

Kontrol hacmi sınırında bulunan noktalarda ölçülmüş akım derinlikleri Tablo 2’de verilmiştir. Tabloda ayrıca denklem (5) kullanılarak elde edilen (1) ve (2) noktalarındaki akım derinliği $h_{denklem}$ ile denklem içeriğindeki terimlerin aldığı değerler de verilmiştir.

Kavşak birleşim açısı 90° olan deneysel çalışmada kavşak kontrol hacmi membalarına ait, Tablo 2’de verilen h_1 ve h_2 akım derinlikleri için oluşturulan grafik, Şekil 7’de verilmiştir. Grafikten de görüldüğü üzere h_1 ve h_2 akım derinliklerinin oranı 0,9987 olarak bulunmuştur ve birbirine yakın değerlerde olduğu görülmektedir. Buradan denklem (5)’in çıkarılışında yapılmış (6) nolu varsayımın geçerli olduğu görülmüştür.



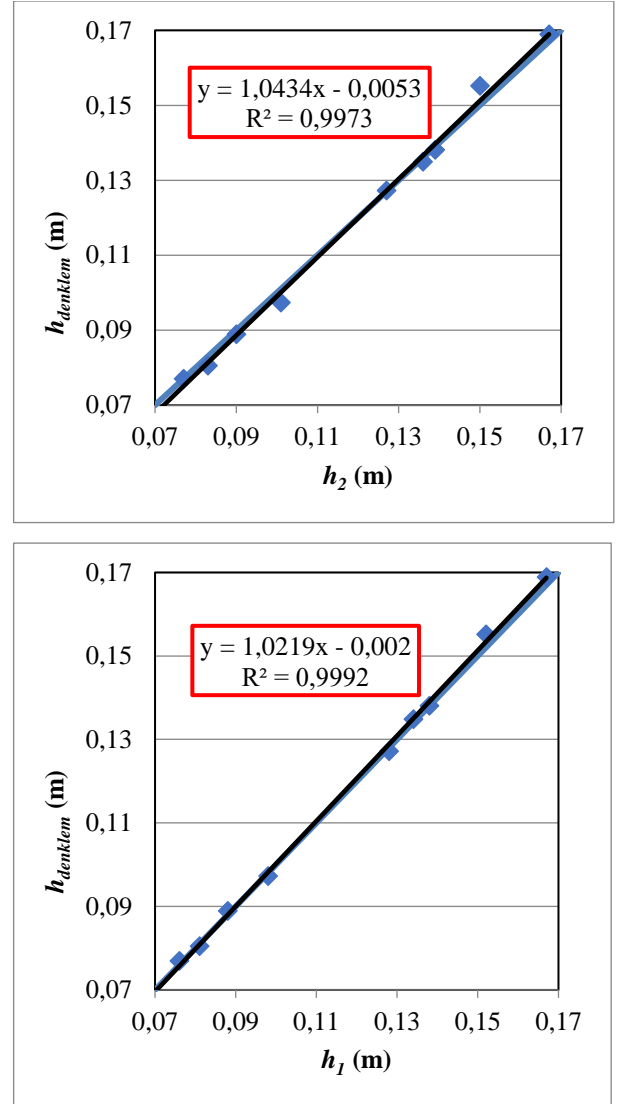
Şekil 7. Kavşak kontrol hacmi akım derinliklerine ait oran (Deneysel veriler).

Denklem (5) kullanılarak hesaplanan (1) ve (2) noktalarındaki akım derinliği ($h_{denklem}$) ile ölçülen h_1 ve h_2 akım derinlikleri arasındaki hata payı %’lik fark şeklinde Tablo 3’te verilmiştir.

Tablo 3. Deneysel çalışma ve momentum denkleminde elde edilen akım derinlikleri ve %’lik farklar.

| No | h_1 ve h_2 farkı (%) (h_1-h_2)/ h_1 | h_1 ve $h_{denklem}$ farkı (%) ($h_1-h_{denklem}$)/ h_1 | h_2 ve $h_{denklem}$ farkı (%) ($h_2-h_{denklem}$)/ h_2 |
|----|--|--|--|
| 1 | 2,469 | 2,469 | 4,819 |
| 2 | 0,725 | 0 | 0,719 |
| 3 | 0 | 1,198 | 1,198 |
| 4 | 2,273 | 1,136 | 3,333 |
| 5 | 1,493 | 0 | 1,471 |
| 6 | 1,316 | 1,974 | 3,333 |
| 7 | 3,061 | 3,061 | 5,941 |
| 8 | 1,754 | 3,509 | 5,172 |
| 9 | 1,316 | 1,316 | 0 |
| 10 | 0,781 | 0,781 | 0 |

Deneysel verilerden elde edilmiş olan h_1 ve h_2 değerleri ile denklem (5) ile elde edilen akım derinliği değerlerinin karşılaştırılması sırasıyla Şekil 8.a ve 8.b’de verilmiştir.



Şekil 8. Kavşak kontrol hacmi (a) 1 nolu nokta ve (b) 2 nolu nokta için akım derinliği oranları.

Bu çalışmada durum A için yapılmış (6) numaralı varsayımda AB ve DE kesitlerindeki akım derinlikleri eşit alınmıştır. Şekil 3.a’da C noktası durgunluk noktası olarak adlandırılmakta olup burada akım derinliğinin hız yüksekliği kadar artması söz konusudur. AB ve DE kesitlerinde akım derinliğinin sırasıyla $(2h_1 + U_1^2/2g)/2$ ve $(2h_2 + U_2^2/2g)/2$ alınması durumunda Π_{*x} ve Π_{**x} değerleri ortalama %3,6 ve %4,9 farklı olmuştur. Bu fark kabul edilebilir mertebede olup yapılmış varsayımın geçerliliğini göstermektedir.

Sonuçlar

Kanal kavşakları açık kanal hidroliğinde önemli bir yere sahiptir. Bu yüzden bu bölgedeki akım yapısının durumu iyi bilinmelidir. Bu çalışma akarsu kavşak bölgesi birleşim

membalarındaki akım derinliklerinin incelenmesi üzerine yapılmıştır. Geçmiş çalışmalarda farklı kavşak geometrileri üzerine yapılmış çalışmaların her biri için ayrı denklemler düzenlenmiştir. Bu çalışmada simetrik ve asimetric kavşaklar için farklı kavşak açılarındaki birleşimler ve farklı geometrik durumlar için genel olarak bir denklem yazılmış ve bir dizi deney yapılarak nehir rejimi koşullarında deneysel sonuçlar ile hesaplanan değerler karşılaştırılmıştır. Deney koşullarında ve yapılmış varsayımlar ile hesaplanan ve ölçülen akım derinliklerinin birbirine yakın mertebede olduğu görülmüştür. Buna ek olarak kavşak birleşim membarlarında akım derinliklerinin eşitliği varsayımı doğrulanmıştır.

Teşekkür

Bu araştırma, 2017-T2L-FEBE-0041 ve 2017-T2L-FEBE-0042 nolu projelerin desteği ile imal edilen deney düzeneği üzerinde yapılmıştır.

Kaynaklar

- [1] Akarsu Kavşağı Tanımı, <https://tr.wikipedia.org/wiki/Akarsu>,” internet sitesinden alıntı.
- [2] Canıbek C., “Akarsu Kavşaklarında Akım Derinliklerinin Deneysel Olarak Araştırılması,” Yüksek Lisans Tezi, 2021.
- [3] Eyhan M., “Akarsu Kavşaklarında Taban Kotu Eşitsizliği Durumunda Akım Derinliklerinin Deneysel Olarak Araştırılması,” Yüksek Lisans Tezi, 2021.
- [4] Best J., “Flow Dynamics at River Confluences: Implications for Sediment Transport and Bed Morphology,” Recent Development in Fluvial Sedimentology, SEPM Spec. Publ. 39, F.G. Etheridge, R.M. Flores, and M.D. Harvey, eds., (1987); 27-35.
- [5] Taylor E. H., “Flow Characteristics at Rectangular Open Channel Junctions,” Transactions of ASCE, 1944; 109, 893–912.
- [6] Hager W. H., “Separation Zone at Open-Channel Junctions,” 1987; 113(4), 539-543.
- [7] Webber N. B., ve Greated C. A., “An Investigation of Flow Behavior at the Junction of Rectangular Channels,” Proc., Inst. Civ. Engrs., London, England, 1966; 34, 321-334.
- [8] Best J., ve Reid I., “Separation Zone at Open Channel Junctions,” J. Hydr. Engrg., ASCE, (1984); 1588-1594.
- [9] Hager, W. H., “Verlustbeiwerte in Röhren und Gerinnen,” Wasser-Energie-Luft, Vol. 76, 1984, pp. 253-261.
- [10] Hsu C. C., Wu F. S. ve Lee W. J., “Flow at 90° Equal-width Open Channel Junction,” J. Hydr. Engrg., ASCE, 1998a; 124(2), 186-191.
- [11] Yang Q. Y., Wang X. Y., Lu W. Z., ve Wang X. K., “Experimental Study on Characteristics of Separation Zone in Confluence Zones in Rivers”, Journal of Hydrologic Engineering, (2009); 14(2):166-177.
- [12] Gurram S. K., Karki K. S., ve Hager W. H. “Subcritical Junction Flow,” J. Hydr. Engrg., ASCE, 1997; 123(5), 447-455.
- [13] Hsu C. C., Wu F. S., ve Lee W. L., “Flow at 90° Equal-Width Open-Channel Junction,” J. Hydraul. Eng., 1998b; 124(2), 186-191.
- [14] Weber, L. J., Schumate, E. D., ve Mawer, N., “Experiments on Flow at a 90° Open-Channel Junction,” Journal of Hydraulic Engineering, 2001; 127, 340–350.
- [15] Coelho M. M. L. P., “Experimental Determination of Free Surface Levels at Open Channel Junctions,” Journal of Hydraulic Research, 2015; 394-399.
- [16] Carballada L., Wuach T. T., Marche C., ve Ramamurthy A. S., “Modele de junction des rivieres,” Proc., 19th IAHR Congr., 1981; 2(A7), 237-280 (Fransızca).
- [17] Pandey A. ve Mishra R., “Comparison of Flow Characteristics at Rectangular and Trapezoidal Channel,” Journal of Physics: Conference Series 364, 2012; 012141.