

Akım Gözlem İstasyonlarında Yatak Sürtünme Katsayısı ve Eğiminin Sayısal Yöntemle Bulunması

Ender DEMİREL*

Nuri ÇAYNAK**

İsmail AYDIN***

ÖZ

Bu çalışmada, doğal nehir yataklarından elde edilen akım ölçüm verileri nehrin hidrolik özelliklerinin bulunması ve ölçülen verilerin uyumluluğunun test edilmesi için değerlendirilmiştir. Kesit geometrisinin tanımlanması için yapılan ölçümlerden kesit faktörü hesaplanmış ve büyük su derinliğinde yapılan ölçümler sentetik olarak zenginleştirilerek kesit faktörü-su derinliği ilişkisi sürekli fonksiyonlar olarak bulunmuştur. Yatak sürtünmesi ve yatak eğimi noktasal hız ölçümlerinin logaritmik cidar fonksiyonları ile ifade edilmesi yoluyla bulunmuştur. Böylece, geleneksel olarak yapılan akım ölçüm verilerinden daha fazla teknik bilgi edinmenin mümkün olduğu örneklenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Akarsu ölçüm istasyonu, üniform akım, yatak eğimi, yatak sürtünme katsayısı.

ABSTRACT

Determination of Bed Friction Coefficient and Bottom Slope At Flow Gauging Stations Using A Numerical Method

In this study, measured flow data obtained from natural streams is utilized to predict hydraulic characteristics and to validate conformity of the measured data sets. Section factor is computed from cross-section measurements. Relations between section factor and water depth are derived from synthetically enriched data based on measurements at high water levels. Bed friction and bed slope are determined by fitting logarithmic law to measured point velocity data. Thus, it's shown that it can be possible to obtain more technical information from the traditional flow measurement data.

Keywords: Flow measurement station, uniform flow, bed slope, bed friction coefficient.

Not: Bu yazı

- Yayın Kurulu'na 19.07.2012 günü ulaşmıştır.
- 31 Aralık 2013 gününe kadar tartışmaya açıktır.

* Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, İnşaat Müh.Bölümü, Eskişehir - edemirel@ogu.edu.tr

** Tabasu Proje Mühendislik İnşaat Tic. Ltd. Şti., Ankara - ncaynak@tabasu.com.tr

*** Orta Doğu Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara - ismaydin@metu.edu.tr

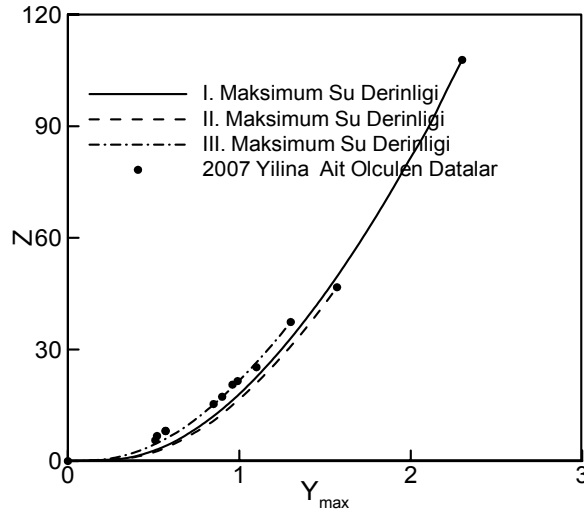
1. GİRİŞ

Her yıl giderek artan sayıda kısa süreli şiddetli yağış ve sonrasında özellikle yerleşim alanlarına zarar veren taşkınlar yaşanmaktadır. Bir yandan da son yıllarda akarsularımızda hidrolik enerji amaçlı çok sayıda proje uygulamaya konulmaktadır. Akarsularda yapılacak sulama, taşkın koruma, enerji ve benzeri mühendislik uygulamalarında mutlaka yapılması gereken hidrolik analizler vardır. En basit hesaplamada bile ilk ihtiyaç duyulacak veriler akarsuyun debisi, debi-derinlik ilişkisini belirleyen akarsu yatağının eğimi ve yüzeyinin fiziki özellikleri ya da kısaca yüzey pürüzlülüğüdür.

Son yıllarda bilgisayar teknolojisinde meydana gelen gelişmeler sayesinde açık kanal akımlarının hareket denklemlerinde herhangi bir basitleştirme yapılmadan denklemlerin sayısal çözümüne dayanan birçok hesaplama modeli geliştirilmiştir [1-6]. Bu çalışmada Akarsu Gözlem İstasyonlarından (AGİ) elde edilen ölçüm verileri kullanılarak yatak sürtünme katsayısı ve eğiminin bulunması için bir sayısal yöntem önerilmiştir.

2. SENTETİK KESİT VERİSİ OLUŞTURULMASI

Devlet Su İşleri (DSİ) Genel Müdürlüğü ve Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİEİ) Genel Müdürlüğü'nün yerleşik ölçüm uygulamalarında kesit ölçümünün kapsamı, ölçümün yapıldığı andaki su derinliği ile sınırlıdır. Bu nedenle ölçümlerin çoğu ana yatak içinde tekrarlanarak elde edilir. Yüksek su derinliği ile daha az karşılaşıldığı için yan yatakların kesit özellikleri ölçüm verileri içinde yeterince tekrarlanmamaktadır. Şiddetli yağış sonrasında yüksek su seviyelerinde ise çoğu zaman ölçüm yapılmadığı düşünülmektedir. Bu da, hidrolik bakımdan en yararlı olabilecek verilerin eksik olduğu anlamındadır. AGİ verileri incelendiğinde yüksek su derinliklerindeki verilerin çok az olduğu görülecektir [7].



Şekil 1. Sentetik kesit faktörü-su derinliği ilişkisi

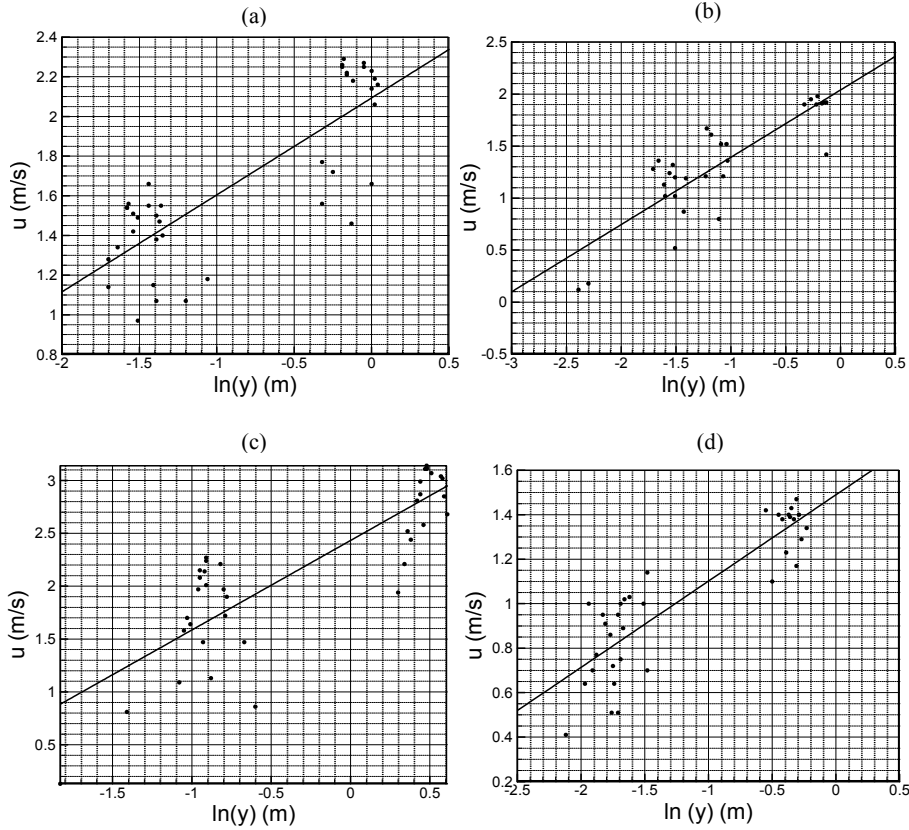
En yüksek 3 ya da 4 su derinliğinde yapılan kesit ölçümleri kullanılarak 3 veya 4 set sentetik veri üretilmiştir (Şekil 1). Şekildeki noktalar doğrudan ölçüm, çizgilerse sentetik verilerdir. Sentetik veri çizgilerinin birbirine olan uzaklığı kesit alan ölçümündeki hataları yansıtmaktadır. Sentetik veriler oluşturulurken üstel fonksiyonlar kullanılmıştır. Talveg çizgisine yaklaşıldığında örtüşmeleri ise ölçüm yerinin değişmediğinin işaretidir.

3. AĞI ÖLÇÜMLERİNDEN AKARSU YATAK EĞİMİNİN HESAPLANMASI

AGİ'lerde debi hesabı için noktasal hız ölçümü yapılmaktadır. Akımın sığ olduğu hallerde tek derinlikte, yeterli derinlik olduğu hallerde ise iki derinlikte muline ile hız ölçülmektedir. Türbülansı tam gelişmiş, hidrolik olarak pürüzlü yüzeylerde genel hız profili için logaritmik fonksiyonlardan yararlanılabilir.

$$u/u_* = A \ln (y/k_s) + B \quad (1)$$

$$u_* = \sqrt{\tau/\rho} \quad (2)$$



Şekil 2. Kelkit-Reşadiye AĞI a) Kasım, b) Ocak, c) Mayıs, d) Temmuz ayları hız ölçümleri en iyi uyan fonksiyon eğrileri

Burada u noktasal hız, u_* kayma hızı, $A=2.41$ ve $B=8.5$ sabit sayılar, y hız ölçümünün yapıldığı noktanın cidardan uzaklığı, k_s kanal yatağının eşdeğer kum pürüzlülüğü, τ cidar kayma gerilmesi ve ρ suyun yoğunluğudur. Denklem (2) cidarda bir nokta üzerindeki hız ölçümlerinin ifadesidir.

Açık kanal akımlarında üniform bir akım için momentum denklemi yazıldığında ıslak çevre üzerindeki ortalama kayma gerilmesi için

$$\tau = \gamma R S \quad (3)$$

ilişkisi bulunur. Burada R akım kesitinin hidrolik yarıçapı, γ suyun özgül ağırlığı, S ise kanal eğimidir. Denklem (3)' ten yatak eğiminin hesaplanabilmesi için ortalama cidar kayma gerilmesinin bilinmesi gerekir. Denklem (1) kayma hızıyla çarpılarak yeniden yazılırsa

$$u = c_1 \ln(y) + c_2 \quad (4)$$

ve akım kesitinin farklı dilimlerinde yapılan hız ölçümleri logaritmik ölçekte çizilerek Denklem (4)' te tanımlanan doğrusal ilişki ile ifade edilirse c_1 ve c_2 sayıları hesaplanabilir. Denklem (1) ve (4) karşılaştırıldığında $u_* = c_1/A$ ilişkisinden kayma hızı hesaplanır. Denklem (2) ve (3) birleştirildiğinde ise kanal eğiminin hesaplanması mümkündür.

$$S = \frac{u_*^2}{gR} \quad (5)$$

Bu yöntem Kelkit-Reşadiye AGİ verilerine uygulanmıştır [7]. Kasım, Ocak, Mayıs ve Temmuz aylarında yapılan hız ölçümlerinden elde edilen logaritmik hız profilleri Şekil 2'de gösterilmiştir.

Her aylık ölçüm setinden bir eğim hesaplanabilir. Aylık ölçümlerden elde edilen eğimlerin ortalaması AGİ için geçerli eğim olarak kabul edilecektir. Ölçülen noktasal hızlardan pürüzlülük ve ortalama yatak eğimi bulma işlemi Çizelge 1'de gösterilmiştir. Teorik olarak yüzey pürüzlülüğünün mevsime ve derinliğe bağlı değişimini gözlemek mümkündür. Ancak, ölçüm hataları bu anlamda bir değerlendirme yapılmasına olanak vermemektedir.

Bir akarsu için farklı ölçümlerden tek bir pürüzlülük değeri elde edilmek istendiğinde aylık ölçümlerin ortalaması kullanılabileceği gibi, sadece eğimin ortalaması (Çizelge 1'deki 0.00605 değeri) alınarak debi-kesit faktörü ilişkisinden regresyon analizi yoluyla en uygun pürüzlülük değeri de bulunabilir. Verileri uygun olan 8 farklı istasyon için bu ikinci yöntem uygulanmış, bu istasyonlar için aylık ölçümlerin pürüzlülük değerlerinin ortalaması ile doğrusal regresyondan bulunan değerleri Çizelge 2'de karşılaştırılmıştır [7].

Aylık ölçümlerden ayrı ayrı elde edilen pürüzlülük değeri ile regresyondan elde edilen pürüzlülük değerleri oldukça farklı olup, aylık ölçümden gelen pürüzlülükler genelde daha yüksektir. Ancak, kesit faktörü hesaplarında daha doğru ve güvenilir olduğu gözlenen Kelkit-Reşadiye, Çoruh-Yusufeli gibi istasyonlarda her iki yolla hesaplanan pürüzlülük değerleri birbirine yakındır. Sonuç olarak, doğrusal regresyon analizinden gelen değerlerin daha güvenilir olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 1. Kelkit-Reşadiye AGİ'de Yatak Eğim Hesabı

Aylar	C_1	C_2	u_*	τ	S	n
Ekim	0.28850	1.42592	0.11828	0.00143	0.00222	0.04786
Kasım	0.48886	2.09335	0.20043	0.00410	0.00983	0.04778
Aralık	0.48886	2.09333	0.20043	0.00410	0.00412	0.04251
Ocak	0.64657	2.03933	0.26509	0.00716	0.00912	0.04565
Şubat	0.45330	2.04507	0.18585	0.00352	0.00318	0.05189
Mart	0.31772	1.29123	0.13027	0.00173	0.00289	0.05445
Nisan	0.40465	1.43655	0.16591	0.00281	0.00401	0.05455
Mayıs	0.84676	0.24326	0.34717	0.01229	0.00714	0.05112
Haziran	0.32865	1.15107	0.13475	0.00185	0.00425	0.04926
Temmuz	0.38811	1.48956	0.15912	0.00258	0.00356	0.05333
Ağustos	0.48669	1.43171	0.19954	0.00406	0.01178	0.05491
Eylül	0.47767	1.45510	0.19584	0.00391	0.01051	0.04443
Ortalamalar	0.46803	1.51629	0.19189	0.00413	0.00605	0.04981

Çizelge 2. Farklı istasyonlarda aylık ölçümlerin ortalamasından ve regresyondan hesaplanan pürüzlülük değerlerinin karşılaştırması

Akım Gözlem İstasyon Adı	Aylık Ölçümlerin Pürüzlülük Değerlerin ortalaması	Doğrusal Regresyondan Hesaplanan Pürüzlülük Değerleri
Aras - Karakurt	0.04194	0.01809
Aras - Tuzluca	0.04464	0.02773
Kızılırmak - Ahmethacı	0.06594	0.03991
Seyhan - Kozan	0.02886	0.02555
Çoruh - Yusufeli	0.06384	0.06109
Fırat - Kemah	0.05773	0.04754
Kelkit - Reşadiye	0.04981	0.05044
Kızılırmak - Söğüthan	0.03470	0.02431

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

DSİ Genel Müdürlüğü ve EİEİ Genel Müdürlüğü kayıtlarından alınan akarsu akım ölçüm verilerinin sistematik bir değerlendirmesi yapılmıştır. Akım ölçümlerinin ilgili kurumlarda yaygın olarak kullanım amacı debi hesaplamak ve ölçüm kesitindeki anahtar eğrilerini oluşturmaktır. Bu çalışmada, bilinen yaygın kullanım dışında, aynı verilerden yararlanılarak akarsu yatağının eğimi ve yatak pürüzlülük katsayısının bulunması için yöntemler önerilmiştir. Noktasal hız ölçümleri, hidrolik olarak pürüzlü yüzeyler için bilinen logaritmik hız fonksiyonlarına oturtularak akarsu yatağındaki ortalama cıdar gerilmeleri ve yatak eğimi bulunmuştur. Kesit geometrisinin tanımlanması için yapılan ölçümlerden kesit faktörü hesaplanmış ve büyük su derinliği olan ölçümlerden daha küçük derinlikler için sentetik olarak kesit faktörü-su derinliği ilişkisi sürekli fonksiyonlar olarak bulunmuştur. Hız ölçümlerinin alanda integralinden elde edilen debi, noktasal hız ölçümlerinden elde edilen akarsu yatak eğimi ve kesit ölçümlerinden elde edilen kesit-faktörü bilgileri Manning denkleminde kullanılarak yatak pürüzlülük değerleri bulunmuştur. Böylece, geleneksel olarak yapılan akım ölçüm verilerinden daha fazla teknik bilgi edinmenin mümkün olduğu örneklenmiştir. Yukarıda ifade edilen analiz yöntemleri uygulandığında, yapılan akım ölçümlerinin bir bölümünün güvenilirliğinin tartışılır olduğu açıkça görülmektedir. Akım ölçüm istasyonlarının fiziki altyapılarının yanı sıra, ölçüm yöntemlerinin de iyileştirmeye ihtiyacı olduğu görülmüştür.

Kaynaklar

- [1] Lai, Y.G., Two-Dimensional Depth-Averaged Flow Modeling with an Unstructured Hybrid Mesh, *J. Hdraul. Eng.*, 136, 1, 12-23, 2007.
- [2] Rodi, W., *Turbulence Models and their Applications in Hydraulics-a State-of-Arts Review*, IAHRM, Balkema, Rotterdam, 1993.
- [3] Mols, T., Chaudhry, M.H., Depth-Averaged Open Channel Flow Model, *J. Hdraul. Eng.*, 124, 6, 453-465, 1993.
- [4] Wu, W., Depth-Averaged Two-Dimensional Numerical Modeling of Unsteady Flow and Nonuniform Sediment Transport in Open Channels, *J. Hdraul. Eng.*, 130, 10, 1013-1024, 2004.
- [5] Czernuszenko, W., Rylov, A., Modeling of three-dimensional velocity field in open channel flows, *J. Hydraul. Res.*, 40, 2, 135-143, 2002.
- [6] Yen, B.C., Open Channel Flow Resistance, *J. Hdraul. Eng.*, 128, 1, 1-20, 2002.
- [7] Çaynak, N., Akım Gözlem İstasyonlarında Yatak Sürtünme Katsayısı ve Eğiminin Sayısal Yöntemle Bulunması, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, 2011.