

AKARSU KIVRIMLARINDA MEYDANA GELEN TABAN TOPOĞRAFYASI VE YEREL OYULMA İLE İLİŞKİSİ

Mahmud GÜNGÖR, Mahmut FIRAT

Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kınıklı/Denizli

Geliş Tarihi : 05.05.2005

ÖZET

Akarsu kıvrımlarında meydana gelen sekonder akımların etkisiyle taban topoğrafyasında deformasyonlar oluşmaktadır. Bunun sonucunda, akarsu kıvrımlarına yerleştirilecek olan köprü ayakları ve mahmuzlar gibi yapıların etrafında meydana gelen yerel oyulma derinlikleri, kanal kıvrımının $\sim 60^\circ$, $\sim 130^\circ$ merkez açılarında ve kanalın dış kenarında oldukça artırmaktadır. Bu sebeple, su yapıları etrafındaki yerel oyulma derinliklerinin tespiti çalışmalarında taban topoğrafyasının belirlenmesi ve oyulma derinliklerine etkisinin araştırılması oldukça önemli olmaktadır. Bu çalışmada, 180° lik bir kanal kıvrımında, su yapısı yerleştirilmeden sadece akımdan dolayı meydana gelen taban deformasyonları incelenmiştir. Bunun için bir seri deney yapılarak her 5° lik merkez açıda kanal enkesiti boyunca taban seviyeleri ölçülmüş ve taban topoğrafyası çıkarılmıştır. Yapılan deneysel çalışmanın sonucunda, kıvrımın girişinde mabadan gelen malzeme, taşınan malzemeyi karşıladığından pek fazla oyulma olmadığı, ancak daha sonra gelen malzemenin yetersizliğinden dolayı oyulma derinliğinin arttığı gözlenmiştir. Kanal kenarlarından cidar etkisinin olmadığı düşünülen kanal genişliğinin % 20'si kadar içerideki bir hat boyunca ve akım ekseninde oluşan rölatif akım derinlikleri tesbit edilmiş ve akımın etkisiyle meydana gelen taban topoğrafyası çıkarılmıştır. Sonuç olarak, kıvrımlı kanalda akımın etkisiyle oluşan taban topoğrafyasına etki eden parametrelerin, engel yerleştirildiğinde meydana gelen yerel oyulmaların oluşumunda da aynen etkili olduğu ve taban topoğrafyasıyla yerel oyulma derinliklerinin çok yakın bir benzerlik gösterdiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler : Nehir hidroliği, Yerel oyulma, Taban topoğrafyası, Akarsu kıvrımı, Köprü ayağı

RIVER BED TOPOGRAPHY IN MEANDERING STREAMS AND ITS RELATIONSHIP WITH LOCAL SCOUR

ABSTRACT

In Meandering Streams, deformation in bed topography occurs due to secondary flows. This situation significantly increases the local scour depths around hydraulic structures such as bridge piers and dikes, especially at the central angles of $\sim 60^\circ$, $\sim 130^\circ$ and outer boundaries of the channel. Therefore, it is important to determine bed topography in dealing with local scour depths around hydraulic structures and investigate its effect on scour depths. In this study, bed deformations generated before the construction of hydraulic structure in a channel bend of 180° due to only flow are investigated. For this purpose, a series of experiments were made and bed topography was obtained by measuring the bed elevations at each central angle of 5° . As a result of the experimental study, scour was not much observed in the beginning of the meander because the materials coming from the upstream replaces the carried material, but it was observed that the scour depth increases because of the lack of incoming material. The generated relative flow depths were determined at flow axis and along the line which was thought to be at a distance of 20 % of channel width from the channel boundary and bed topography generated by the effect of flow was obtained. As a result, it was observed that the parameters which are effective in the generation of bed topography due to flow at meandering channel have the same effect in the generation of local scour when an obstacle is placed and that the bed topography and local scour depths have a very close similarity.

Key Words : River hydraulics, Local scour, Bed topography, Stream bends, Piers, Abutment

1. GİRİŞ

Akarsu kıvrımlarındaki akım karakteristikleri ve katı madde hareketi, doğrusal kısımlardakiler göre çok daha karmaşıktır (Yen, 1990). Geçen 30 yılda Huang et al. (1967), De Vriend (1976), Smith and Mc. Lean (1984) ve Ali (1985) yaptıkları çalışmalarda, akarsu kıvrımlarındaki akımın iki boyutlu matematiksel modelini türetmişlerdir. Bu modellerin bazılarında akımın taban topoğrafyasına etkisi incelenmiş, ancak genellikle sabit tabanlı kanallar dikkate alınarak akım modeli üzerinde çalışılmıştır.

Hareketli tabanlı akarsularda taban topoğrafyası ve akım arasındaki etkileşimlerle ilgili pek çok araştırma yapılmıştır. Yen (1970) Sabit kenarlı bir kıvrımlı kanalda taban topoğrafyasının gelişimi ve akımla etkileşimini incelemiştir. Engelund (1974) akarsu kıvrımlarında katı madde süreklilik ve hareket denklemlerini kullanarak, katı madde hareketini incelemiş ve taban topoğrafyasının son halini tahmin etmiştir.

Ayrıca, Kikawa et al. (1976) da kıvrım akımını ve tabanda meydana gelen değişimlerini, zamana bağlı olarak incelemiş, akarsu kıvrımlarında tam gelişmiş taban topoğrafyasıyla benzeştiğini göstermiştir. Zimmermann and Kennedy (1978), Falcon (1979) ve Odgaard (1981) tamamen gelişmiş kıvrımlarda enine taban eğimin incelemişler ve enine katı madde hareketini etkileyen parametrelerin katı madde dane ağırlığı ile kayma kuvveti olduğunu tespit etmişlerdir.

Oyulma olayını değişik karekterde pek çok parametre etkilemektedir. Bugüne kadar çok sayıda çalışma yapılmasına rağmen, problemin bu denli karmaşık yapısından dolayı henüz genel bir teoriye ulaşılamamıştır (Breusers and Raudkivi, 1991). Ayrıca, oyulma derinliğini belirlemeye yardımcı olan mevcut çalışmaların hemen hemen hepsi, doğrusal eksenli akarsularda yapılmıştır. Kaldı ki bu çalışmalarda bile, sonuçlar açısından birliktelik sağlanamamıştır. Bu sebeple; problem, ilmi çevrelerde hâla önemli olmaya devam etmektedir.

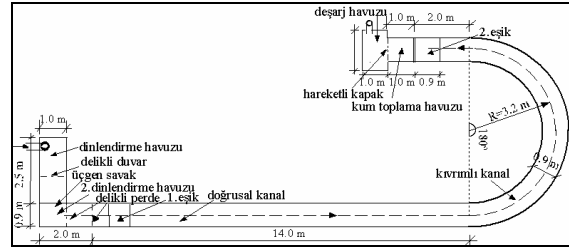
Ikeda and Nishimura (1986) Kıvrımlarda askı maddesi hareketinin oyulma derinliğini en fazla % 8 civarın artırdığını ifade etmişler. Ikeda et al. (1987) akarsu kıvrımlarında, taban malzemesi cinsinin oyulma derinliğine etkisini araştırmış ve uygun malzeme kullanımıyla oyulma derinliğinin en fazla % 30~40 kadar azaltılabileceğini ifade etmiştir.

Ancak, henüz hareketli tabanlı akarsu kıvrımlarında, taban topoğrafyasının maksimum denge oyulma derinliğine etkisi ile ilgili yeterli derecede araştırma yoktur.

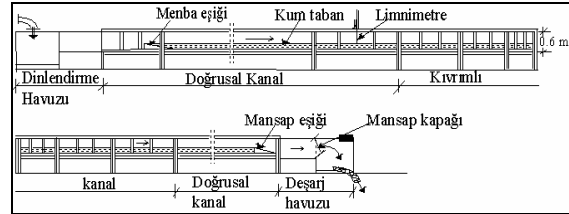
Bu çalışmada, akarsu kıvrımlarında meydana gelen taban topoğrafyasının, kıvrıma yerleştirilen köprü orta ayakları, köprü kenar ayakları, mahmuzlar ve benzeri yapıların etrafında meydana gelen maksimum denge oyulma derinliklerine etkisi incelenmiştir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMA

Deneyler Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Hidrolik-Kıyı Liman Yapıları Laboratuvarında kurulu genişliği 0.9 m, uzunluğu 27 m ve yüksekliği 0.6 m olan bir kanalda yapılmıştır (Güngör, 1997). Deney kanalı doğrusal ve kıvrımlı olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır. Deney kanalının vaziyet planı ve boykesiti Şekil 1'de verilmiştir.



(a) Deney kanalının vaziyet planı



(b) Deney Kanalının boyuna kesiti

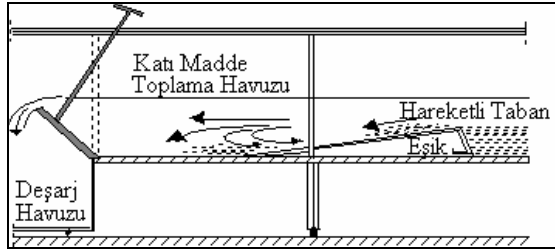
Şekil 1. Deney kanalının vaziyet planı ve boyuna kesiti

Kanal mansabına hareketli bir kapak yapılmıştır. Kanaldaki su seviyesi bu kapakla istenen düzeyde ayarlanabilmektedir. Ayrıca, bu kapağın membaında hareketli taban seviyesinden 0.17 m daha düşük kottaki 1.6 m. uzunluğunda kum toplama havuzunda mansap eşiğini geçen katı maddenin toplanması temin edilmiştir.

Kanal, 14 m doğrusal, sonra 180° kıvrımlı, 3.2 m eksen eğrilik yarıçaplı 12 m. uzunluğunda kıvrımlı, daha sonra da, 2 m uzunluğunda ikinci bir doğrusal kısımdan oluşmaktadır. Sabit genişlikli ve sabit eğrilik yarıçaplı, 0.001 taban eğimli olup, tabanı alüminyumdan, yan duvarları da plegsigglass'dan imal edilmiştir.

Deney kanalının baş tarafına, kanala giren suyun taban malzemesini bozmadan akmasını temin etmek için, 0.80 m uzunluğunda ve 0.20 m yüksekliğinde menba eşiği, akımdan dolayı taban malzemesinin kaymasını önlemek için de kanalın son kısmına uzunluğu 0.90 m, yüksekliği 0.17 m olan mansap eşiği yerleştirilmiştir.

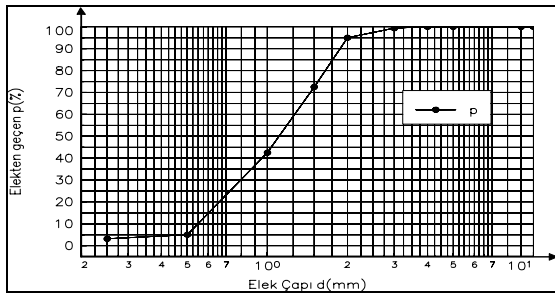
Böylece bu mansap kapağı sayesinde hem tabii akım sağlanmış, hem de kum toplama havuzunda ters çevriler meydana getirerek katı maddenin burada toplanması sağlanmıştır (Şekil 2). Her deneyin sonunda, katı madde toplama havuzunda biriken katı madde, buradan alınarak kanala geri verilmiş, el aletleri ile kanalın girişine doğru taranmış ve kanal tabanı yeniden düzeltilerek bir sonraki deneyeye hazır hale getirilmiştir.



Şekil 2. Katı maddenin toplanması

2. 1. Deneyde Kullanılan Taban Malzemesinin Özellikleri

Taban malzemesi olarak özgül ağırlığı, $\gamma_s = 26,5 \text{ kN/m}^3$ olarak belirlenen kuvars kumu kullanılmıştır. Ayrıca, bu malzemenin granülometri eğrisi aşağıdaki gibi belirlenmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Taban malzemesinin granülometri eğrisi

Şekil 3'deki grafikten, $D_{10} = 0.56 \text{ mm}$, $D_{50} = 1.13 \text{ mm}$, $D_m = D_{60} = 1.28 \text{ mm}$, $D_{90} = 1.86 \text{ mm}$ olarak okunmuştur. Buna göre; üniformaluluk sayısı, $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{1.28}{0.56} = 2.28$ olarak tespit edilmiş, bu durumun da, zırlanma erozyonu ve malzeme yığılması gibi dinamik denge hali için uygun

olmayan durumlara sebebiyet vermeyeceği düşünülmüştür.

Taban malzemesi, yukarıda belirtilen eşikler arasındaki kanal tabanına yaklaşık 20 m uzunluğunda ve 0.16 m yüksekliğinde serilmiştir.

Kıvrımın mansabından ayrılan malzemedan dolayı membadan aynı tip malzeme ile kanal beslenerek sürekli denge hali muhafaza edilmiştir.

Her deneyde akım şartları sabit tutulmuş, ayrıca her deneyin öncesinde kanal tabanı düzleştirilmiş, böylelikle taban şekillerinin ve kanal kıvrımının etkisiyle oluşan, taban şekillerinin başlangıç etkisi önlenerek, deneyler için akım özellikleri, akışkan özellikleri ve katı madde özellikleri tamamen eşit tutulmuştur.

3. HAREKETLİ TABAN AKIMININ OLUŞUMU İÇİN KRİTİK HIZLARIN TESBİTİ

Bütün araştırmacıların ortak görüşü olarak, kanal tabanına yerleştirilen köprü ayağı etrafında meydana gelen maksimum denge oyulma derinliği için, $\bar{U} = \bar{U}_{kr}$ olduğu bilinmektedir. Burada, \bar{U}_{kr} , kanal taban hareketi için gerekli ortalama kritik hızı, \bar{U} 'da, kanaldaki ortalama akım hızını belirtmektedir.

Bu çalışmada, deneyler hareketli taban şartlarında gerçekleştirildiğinden; araştırmacıların kritik hız için elde ettikleri ampirik ifadelerden yararlanılmıştır. Deneysel çalışma şartları olan, akım derinliği, $h = 10 \text{ cm}$. ve ortalama dane çapı, $d_{60} = 1.28 \text{ mm}$. için, ortalama kritik hızlar hesaplanmış ve bunların da ortalaması alınarak Tablo 1'de gösterilmiştir (Üç, 1979).

Tablo 1. Çeşitli Araştırmacılara Göre $h = 10 \text{ cm}$ ve $d_{60} = 1.28 \text{ mm}$ İçin Kritik Hız Değerleri ve Ortalama Debi

Araştırmacı Adı	Kritik Hız (U_{kr})
HANCU	0.344
GONCHAROV	0.434
SHIELDS	0.475
LEVI	0.379
M.PETER	0.620
BOGARDI	0.510
\bar{U}_{kr} (m/sn)	0.460
Deney sonucu U_{kr} (m/s)	0.455
Q_{ort} (lt/sn)	41

Tablo 1'de görüldüğü gibi, kanaldaki akımın ortalama kritik hızı, 0.46 m/sn dir. Bu hız göz önüne alınarak kanaldaki yaklaşım hızı akım derinliği ve geçirilecek debi bir seri deney sonucu tesbit edilmiştir. Bu deneylerin sonucunda ortalama akım hızı, 0.455 m/sn., akım derinliği de 10 cm. olarak bulunmuştur.

4. KANAL KIVRIMLARINDA OYULMA OLAYI VE TABAN TOPOĞRAFYASI

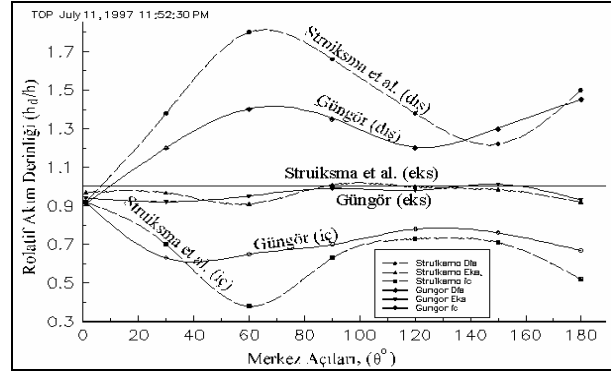
Kanal kıvrımlarında, merkezkaç kuvvetinin etkisiyle su dış kıyıya doğru itilir. Böylece su seviyesi dış kıyıda yükselir, iç kıyıda azalır. Dış kıyıda bu yükselme sonucunda rölatif basıncın artmasıyla dıştan içe doğru normal akım yönüne dik ve kapalı devre şeklinde helisel bir akım oluşur. Bunun sonucunda da, kıvrımın dışında oyulma, içinde ise, yığılmalar meydana gelir. Köprü temelleri tasarımında bu durumu göz önüne alması gerekmektedir (Güngör, 1997).

Bu çalışmada, deney kanalı yukarıda anlatıldığı gibi hazırlandıktan sonra, kanala ortalama 41 l/s debide su verilmiş ve bir seri deney yapılmıştır.

Deneylerde her $\theta = 5^\circ$ merkez açıda bir enkesit boyunca kanal kenarlarından cidar etkisinin olmadığı düşünülen 0.2 B kadar içerideki bir hat boyunca ve akım ekseninde oluşan, sadece akımdan dolayı meydana gelen maksimum denge oyulma

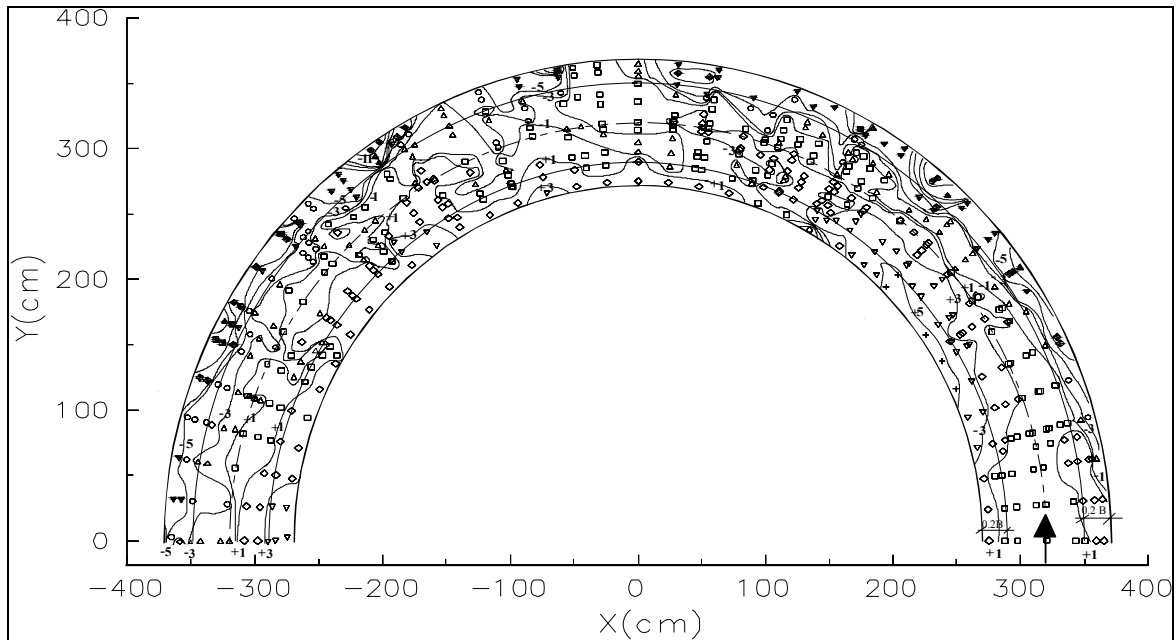
derinlikleri Şekil 1a'da görüldüğü gibi kanal üzerine yerleştirilen limnometre ile ölçülmüştür. Burada; B, kanal taban genişliğidir.

Daha sonra maksimum denge oyulma derinliklerini (h_d), su derinliğine (h) bölünerek kanal kıvrımı boyunca rölatif oyulma derinlikleri hesaplanmış, üç eksen boyunca elde edilen taban profilleri, Struiksma ve diğ. (1985) çalışması ile aynı grafikte, Şekil 4'de gösterilmiştir.



Şekil 4. Kıvrımın kenarlarından 0.2 b kadar içerideki bir hat boyunca ve akım ekseninde akımın etkisiyle oluşan taban şekli

Öte yandan, her ardışık $\theta = 5^\circ$ lik merkez açılarda enkesit boyunca maksimum denge oyulma derinlikleri ölçülerek, taban seviyeleri ve kıvrım taban topografyası çıkarılmış, Şekil 5'de gösterilmiştir.



Şekil 5. Kanal kıvrımında akımın etkisiyle oluşan taban topografyası

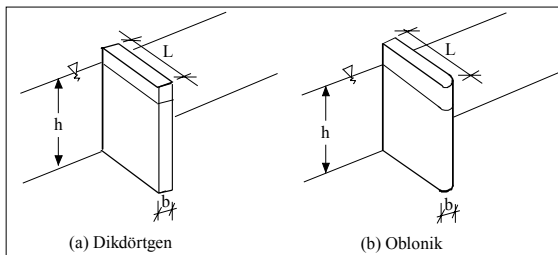
Şekil 5'ten de görüldüğü gibi, her bir enkesit üzerinde gözlem sonucu belirlenen her üç (maksimum-minimum) noktada ölçüm yapılmıştır. Bu nedenle, her bir enkesit üzerinde alınan ölçüm sayısı bir değerine göre farklılık arz etmektedir.

Şekil 5 incelendiğinde kıvrımın girişinde, membadan gelen malzeme, taşınan malzemeyi karşıladığından pek fazla oyulma olmadığı, ancak daha sonra gelen malzemenin yetersizliğinden dolayı oyulma derinliklerinin arttığı görülmektedir. Ancak, kıvrımın dışında 60° merkez açı civarında, içinde de 130° merkez açı civarında, maksimum oyulma derinlikleri meydana gelmektedir.

5. KÖPRÜ ORTA VE KENAR AYAKLARI ETRAFINDA MEYDANA GELEN OYULMA DERİNLİKLERİNİN TESPİTİ

Yapılan bu deneylerin esas amacı, kanal kıvrımının iç kenarına, dış kenarına ve akım eksenine, kanal boyunca çeşitli atak açılarında yerleştirilen dikdörtgen ve oblonik ayaklar etrafında oluşan yerel oyulma derinlikleriyle kanal kıvrımına her hangi bir yapı yerleştirilmeden sadece kıvrım akımıyla oluşan taban topografyasıyla ilişkisinin tespitidir.

Bu amaçla, deneylerde Şekil 6'da gösterilen, boyutlar cm. cinsinden olmak üzere; dikdörtgen için 5*10, 5*15, 5*20 olarak tespit edilen ayak modelleri, oblonik için de $r = 2.5$ cm yarıçaplı yarım daire kesitli elemanlarla dikdörtgen ayaklar birleştirilerek elde edilen kesitli ayak modelleri kullanılmıştır.



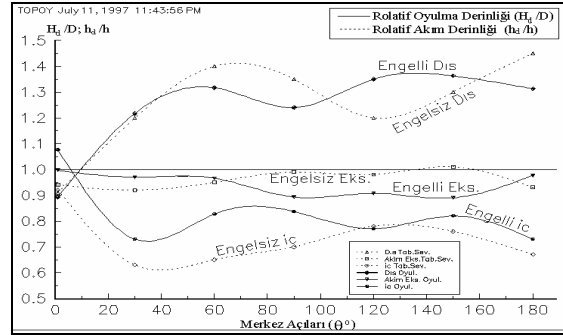
Şekil 6. Deneyde kullanılan köprü ayağı model kesitleri

Gerek elemanlar arası, gerekse kanal yan duvarları ile kenar ayaklar arasındaki sızdırmazlık lastik contalarla temin edilmiştir. Ayrıca, deneylerde saç profiller kullanılmış, pürüzlülüğü minimuma indirmek için ayaklar yağlı boya ile boyanmıştır.

Yapılan deneylerde, kıvrımın, $\theta = 0^\circ$ merkez açısından başlayarak her 30° 'de bir kanal eksenine, dış kenara ve iç kenara kanal boyunca, 7 değişik boyutlu dikdörtgen ve oblonik ayak modeli tek tek yerleştirilerek meydana gelen maksimum denge oyulma derinlikleri ölçülmüş, çeşitli parametrelere göre değişimi ve kanal boyunca maksimum denge oyulma derinliğinin yeri ve merkez açısı belirlenmiştir.

180°'lik kanal kıvrımında, aynı akım ve aynı taban malzemesi şartları korunarak tabanın topoğrafyası belirlenmiş, kanal kıvrımı taban topoğrafyası ile rölatif oyulma derinliklerinin ilişkisi araştırılmıştır.

Ayrıca kanal kıvrımı boyunca, sadece akımdan dolayı oluşan rölatif uyulma derinlikleriyle köprü orta ve kenar ayakları yerleştirilerek elde edilen rölatif oyulma derinlikleri arasındaki benzerlikler incelenmiştir (Şekil 7).



Şekil 7. Kıvrımlı kanalda taban topografyasıyla yerel oyulmanın ilişkisi

6. SONUÇLAR

Şekil 4 incelendiğinde: Sadece kıvrımın etkisiyle kanal boyunca, dış ekseninde, iç ekseninde ve kanal ekseninde elde edilen rölatif denge oyulma derinlikleriyle Struiksm et al. (1985)'in yaptığı çalışma arasında genelde iyi bir uyumun olduğu görülmektedir.

Kıvrımın dışında 60° merkez açı civarında rölatif oyulma derinliğinin her iki çalışmada da maksimum değere ulaştığı tespit edilmiştir. Ayrıca, 130° merkez açı civarında kıvrımın dış kenarına yerleştirilen ayaklar etrafında meydana gelen rölatif oyulma derinliği maksimum değere ulaşmıştır.

Şekil 7 incelendiğinde: Kanal kıvrımında elde edilen taban topografyasıyla, kanal boyunca her üç ekseninde de kıvrıma yerleştirilen ayaklar etrafında meydana gelen yerel oyulma derinliklerinin yakın bir

benzerlik gösterdiği ve taban şekillerinin maksimum rolatif denge oyulma derinliğinin oluşumunda etkili olduğu görülmektedir.

Ayrıca, kıvrımlı kanalda akımın etkisiyle oluşan taban topoğrafyasına etki eden parametrelerin, kıvrıma yerleştirilen köprü kenar ve orta ayakları etrafında meydana gelen denge oyulma derinliklerinin oluşumunda da aynen etkili oldukları görülmektedir.

7. KAYNAKLAR

Ali, A. M. 1985. "Longitudinal and Transverse Variations of Secondary and Depth-Averaged Flows in Meandering Channels" PhD Thesis Presented to University of Tokyo, at Tokyo, Japan,

Breusers, H. N. C., Raudkivi, A. J. 1991. "Scouring", Hydraulic Structures Design Manual, No. 2, A. A. Balkema, Rotterdam, The Netherlands.

De Vriend, H. J. 1976. "A mathematical Model of Steady Flow in Curved Shallow Channels" Report No. 76-1 Laboratory of Fluid Mechanics, Delft Univ. of Technology.

Engelund, F. 1974. "Flow and Bed Topography in Channel Bends" J. Hydr. Div., ASCE, 100 (11), 1631-1648.

Falcon Aconia, M. 1979. "Alanalysis of Flow in Alluvial Channel Bends" PhD Thesis Presented to University of Iowa City, Iowa.

Güngör, M. 1997. "Kıvrımlı Akarsulara Yerleştirilen Köprü Ayakları Etrafında Meydana Gelen Oyulmaya Etki Eden Parametrelerin Deneysel Tesbiti", Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.

Huang, W. H. 1976. "Robertson, J. M., McPherson, M. B. "Some Analytical Results for Plane 90° Bend Flow" J. Hydr. Div., ASCE, 93 (6), 169-185.

Ikeda, S., Nishimura, T. 1986. "Flow and Bed Profile in Meandering Sand-Silt Rivers" J. Hydr. Engrg., ASCE, 112(7), 562-579.

Ikeda, S., Yamasaka, M., Chiyoda, M. 1987. "Bed Topography and Sorting in Bends" J. Hydr. Engrg., ASCE, 113 (2),190-206.

Kikkawa, H., Ikeda, S., Kitagawa, A. 1976. "Flow and bed topography in Curved Open Channels" J. Hydr. Div. ASCE, 102 (9),1327-1342.

Odgaard, A. J. 1981. "Transverse Bed Slope in Alluvial Channel Bends" J. Hydr. Div., ASCE, 107 (12), 1677-1694.

Smith, J. D., McLean, S. R.1984. "A Model for Flow in Meandering Streams" Water Resour. Res., 20(9), 1301-1315.

Struiksmas, N., Olesen, K. W., Flokstra, C., De Vriend, H. J. 1985. "Bed Deformation in Curved Aluvial Cannels", Pub.No. 333, Delft Hy. Lab.

Yen, B. C. 1967. "Some Aspects of in Meandering Channels", Jour. of Hydraulics Res., I.A.H.R., 1:465.

Yen, C. L. 1970. "Bed Topography Effect on Flow in a Meander", J. Hydr. Div., ASCE, 961 (1), 57-73.

Yen, C. L., Ho, S. Y. 1990. "Bed Evolution in Channel Bends" Jour. of Hydraulic Eng., ASCE, Vol. 116, No. 4, 545-561, April.

Zimmermann, C., ve Kennedy, J., F. 1978. "Transverse Bed Slopes in cCurved Alluvial Streams" J. Hydr. Div., ASCE, 104 (1), 33-48.