

**Sazlık Tipi Balık Geçişinin Hidrolik Karakteristiklerinin
DeneySEL Olarak İncelenmesi ve Boyutlandırma
Konseptinin Geliştirilmesi**

Program Kodu: 3001

Proje No: 214M518

Proje Yürütücüsü:
Prof. Dr. Serhat KÜÇÜKALİ

AĞUSTOS 2016
ANKARA

ÖNSÖZ

Hidroelektrik santraller ve hidrolik yapılar yukarı ve aşağı yönlü göç eden balıkların geçişlerini bloke edebilir ya da gecikmeye sebep olabilirler. Bu durum balık popülasyonlarında azalmasına neden olur. Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifinin 2002 yılında yürürlüğe girmesiyle, birçok AB üyesi için akarsularda ekolojik koşullarının iyileştirilmesi ve balık geçiş yapılarının verimli ve fonksiyonel şekilde çalışması öncelikli alanlardan biri olmuştur.

Proje kapsamında deneysel olarak incelenmiş olan sazlık tipi balık geçişinde, sazlık bloklarının eğimli bir açık kanala farklı düzeneklerde yerleştirilmesinden düşük akım alanları oluşması neticesinde küçük ve büyük farklı balık türlerinin göç edebilmesi için uygun hidrolik koşullar oluşur. Literatürde ilgili konuda bundan önce gerçekleştirilen çalışmalarda sadece büyük balıkların balık geçitlerindeki göçünü dikkate alınmış ve küçük balıkların göçü ihmal edilmiştir. Ayrıca, önerilen balık geçiş yapısının diğer klasik balık geçidi tiplerinden en önemli farklılığı ise değişik boylarda ve türlerdeki balıklara herhangi bir engel oluşturmadan nehir rejiminde ve üniform akım koşulları altında göç koridorları sağlamasıdır. Ayrıca, sazlıkların titreşim hareketi, balıkların yanal çizgilerini kullanarak balık geçidi girişini bulmalarını sağlayan bir fiziksel etken olabilir. Projenin sonucunda, özellikle ülkemizde de önemli uygulama alanlarının olacağını düşündüğüm yenilikçi bir balık geçiş yapısı olan sazlık tipi balık geçişiyle ilgili hidrolik tasarımın ve boyutlandırma konseptinin geliştirilmesi hedeflenmiştir.

Bu proje kapsamında, sazlık tipi balık geçidinin 1:2 ölçeğinde fiziksel modeli Çankaya Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Akışkanlar Mekaniği ve Hidrolik Laboratuvarında kurulmuştur. Bu proje TÜBİTAK 3001- Başlangıç Ar-Ge Projeleri Destekleme Programı 214M5101 Proje Numarasıyla desteklenmiştir. Sazlık tipi balık geçidini geliştiren ve bu konuda benimle bütün bilgi ve tecrübelerini paylaşan Almanya Kassel Üniversitesin 'den Dr. Dr.-Ing. Reinhard Hassinger'e şükranlarımı sunarım. Deney ve ölçüm sisteminin kurulumundaki katkılarından dolayı DOTEK'ten Semih Özşuca, Ethem Yıldırım, Erdinç Yaman ve Efor Test'den Orhan Kutu ve Rahmi Mermer'e teşekkürlerimi sunarım. Balık geçitlerinin hidrolik tasarımı konusunda deneyimini ve görüşlerini paylaşan Dr. İnş. Müh. Bülent Çağlar Özcan'a teşekkür ederim. Ayrıca, deneylerin düzenlenmesi ve veri toplamadaki yardımlarından dolayı İnşaat Mühendisliği Bölümü Teknisyeni Serdar Çobanbaş'a ve lisans öğrencisi Dursun Özelçi'ye ayrıca teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖNSÖZ	ii
İÇİNDEKİLER	iii
TABLO LİSTESİ	iv
ŞEKİL LİSTESİ.....	v
SEMBOL LİSTESİ VE KISALTMALAR	vii
ÖZET	viii
ABSTRACT	ix
BÖLÜM 1 GİRİŞ	1
1.1 Çalışmanın Anlam ve Önemi	1
1.2 Çalışmanın Amaç ve Kapsamı	4
BÖLÜM 2 LİTERATÜR ÖZETİ.....	6
BÖLÜM 3 GEREÇ VE YÖNTEM.....	10
BÖLÜM 4 BULGULAR VE TARTIŞMA.....	14
4.1 Debi Anahtar Eğrisi ve Darcy-Weisbach Direnç Faktörü.....	14
4.2 Akım Doğrultundaki Noktasal Hız Dağılımları	21
4.3 Akım Görüntüleme Tekniği ve Sazlıkların Titreşim Hareketi.....	27
4.4 Türbülans Büyüklükleri.....	29
4.3 Sazlık Tipi Balık Geçidinin Boyutlandırma Konseptinin Geliştirilmesi .	34
BÖLÜM 5 SONUÇ VE ÖNERİLER.....	36
KAYNAKLAR	37
EK	41

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 1. Farklı balık kuşağı zonları için izin verilebilir maksimum yersel akım hızları	3
Tablo 2. Gerçekleştirilmiş olan deneylere ait test sonuçları.....	15
Tablo 3. Farklı sazlık yoğunlukları ve taban eğimleri için Denklem (8)'de verilen regresyon eşitliği için elde edilen a ve b katsayıları ve R ² değerleri	20
Tablo 4. Akım görüntüleme tekniği sonucu elde edilen sazlıkların titreşim frekansı	29
Tablo 5. Balık kuşağı zonuna bağlı olarak balık geçitlerinde sağlanması gereken akım derinlikleri.....	34

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1. Sazlık demetinin yerleştirildiği bir taşıyıcı plakadan oluşan sazlık bloğu.....	2
Şekli 2. Sazlık bloğunun kanal içine beton temel üzerine sabitlenerek yerleştirilmesi	2
Şekil 3. Geleneksel balık geçitleri: (a) dikey yarıklı, (b) kaya parçalarından oluşan doğal tip.....	3
Şekil 4. Yenilikçi bir balık geçişi olan sazlık tipi balık geçişi	4
Şekil 5. DWA (2014) Standardına göre sazlık blokları için farklı yerleşim tipleri	6
Şekil 6. a) Sazlık demetlerinin yerleşiminin üstten görünümü ve her bir sazlık elemanında sınır tabakasından ayrılama sonucu oluşan Von Karman Caddesi, ve (b) sazlıkların akım alanı içinde titreşimi.....	8
Şekli 7. Balıklarda akım alanındaki hidrodinamik değişimleri (hız, çevrinti, türbülans) algılanmasını sağlayan yanal çizgi	9
Şekil 8. Proje kapsamında imal edilen deney düzeneğinin üç boyutlu görünümü	11
Şekil 9. Proje kapsamında imal edilen sazlık tipi balık geçişinin Çankaya Üniversitesi Akışkanlar Mekaniği ve Hidrolik Laboratuvarında 1:2 ölçeğindeki fiziksel modeli ve ölçüm sistemini gösteren fotoğraf ...	11
Şekli 10. Proje kapsamında imal edilen sazlık demetleri ve bloğu	12
Şekil 11. Sazlık blokların kanal içindeki yerleşim düzeni.....	12
Şekli 12. Sazlık tipi balık geçidinde mikro mulineyle noktsal hız ölçümü yapılırken	13
Şekil 13. Yapılan deney testlerinin büyük çoğunluğunda (%98) gözlenmiş olan nehir rejimindeki akım	17
Şekil 14. En düşük sazlık yoğunluğu, en yüksek taban eğimi ve debide gözlenmiş olan “Tumbling” akım rejimi	17
Şekil 15. Farklı taban eğimleri ve sazlık yoğunlukları için elde edilmiş olan debi anahtar eğrileri.....	18
Şekil 16. Üç farklı sazlık yoğunlu için Darcy-Weisbach sürtünme faktörünün batıklık oranı ve taban eğimiyle değişimi	20

Şekli 17.	Birbirini takip eden sazlık blokları yerleşimlerinde gerçekleştirilen noktasal hız ölçümlerinin üstten görünümü	22
Şekil 18.	Ana (tekrar eden) akım geometrisindeki sazlık blokları çevresindeki farklı noktalarda ölçülen derinliksel-ortalama akım hızlarının $A_w=0.016 \text{ m}^2/\text{m}^2$ sazlık yoğunluğu için dağılımı	23
Şekil 19.	Sahada sazlık blokları çevresinde gerçekleştirilmiş olan noktasal hız ölçümleri	23
Şekil 20.	Mini Nivus CSM-100 cihazıyla sazlık blokların arka bölgesinde hız profili ölçümü yapılırken.....	25
Şekil 21.	Sazlık bloğunun arkasında üç farklı taban eğiminde ölçülmüş düşey hız profilleri	25
Şekli 22.	DSİ TAKK Hidrolik Model Laboratuvarında 1:3 ölçeğinde inşa edilen Bafa Balık Geçidi fiziksel modeli	26
Şekil 23.	Bafa havuzlu-savaklı balık geçidi enkesiti.....	26
Şekil 24.	Bafa Balık Geçidi orifis çıkışındaki hız profili.	27
Şekil 25.	Akım görüntüleme tekniğiyle sazlıkların titreşim periyodunun belirlenmesi	29
Şekil 26.	Sazlık blokları etrafında iki farklı taban eğiminde ADV ile ölçülmüş yatay düzlemdeki iki boyutlu hızların dağılımı	31
Şekli 27.	Geçirimsiz beton bloklar etrafındaki akım alanı	32
Şekil 28.	Sazlık blokları etrafında iki farklı taban eğiminde türbülans kinetik enerjisinin dağılımı	33
Şekil 29.	Sazlık tipi balık geçişi için hidrolik tasarım ve boyutlandırma konseptini gösteren diyagram	34
Şekil 30.	Sazlık tipi balık geçidinin boyutlandırılmasında ve sazlık yoğunluğunun belirlenmesinde kullanılan parametreler	35

SEMBOL LİSTESİ ve KISALTMALAR

A_w	szalık elemanların plandaki izdüşümünde akım alanı içindeki yoğunluğu (m^2/m^2)
a_x	szalık bloklarının akım doğrultusundaki eksenleri arası mesafe (m)
a_y	szalık bloklarının yanal doğrultusundaki eksenleri arası mesafe (m)
B	kanal genişliği (m)
D_b	szalıkların çapı (m)
d	akım derinliği (m)
d/h	batıklık oranı
f	Darcy-Weisbach direnç faktörü
g	yerçekimi ivmesi (m^2/s)
h	szalık yüksekliği (m)
Fr	Froude sayısı
k	birim kütledeki türbülans kinetik enerjisi (m^2/s^2)
L	szalık blokları arasındaki boyuna mesafe (m)
Q	debi (m^3/s)
q	birim genişlikten geçen debi (m^2/s)
Re	Reynolds sayısı
R_h	hidrolik yarıçap (m)
St	Strouhal sayısı
S_o	kanal taban eğimi
TI	türbülans şiddeti
TKE	türbülans kinetik enerjisi
U	akım doğrultusundaki zamansal ortalama hız
V	kesitsel-ortalama akım hızı (m/s)
x	akım doğrultusundaki mesafe
u	akım doğrultusundaki hız (m/s)
v	yanal doğrultudaki hız (m/s)
w	düşey doğrultudaki hız (m/s)
z	düşey mesafe
ΔP	birim hacimde kırılan enerji miktarı (W/m^3)
ε	<i>birim kütlede kırılan enerji miktarı</i> (m^2/s^3)
γ	suyun özgül ağırlığı (N/m^3)
ν	suyun kinematik viskozitesi (m^2/s)

ÖZET

Balık geçitleri, su canlılarının göç yolları üzerindeki baraj ve bent gibi engelleri aşarak akarsudaki memba ve mansap göçlerini kolaylaştıran yapılardır. Bir balık geçiş yapısının fonksiyonu, eğimli bir kanalda balıkların memba yönünde göç edebilmesi için elverişli hidrolik koşulların (yeterli akım derinliği, yeterince büyük ve iyi aralıklı dinlenme alanları, düşük akım hızları ve düşük türbülanslı akış) sağlanmasıdır. Proje kapsamında, diğer klasik tarzdaki balık geçişlerinden (havuzlu-savaklı, düşey yarıklı, doğal tip) farklı bir hidrolik çalışma prensibine sahip sazlık tipi (brushed-type) balık geçişinin hidrolik karakteristikleri deneysel olarak incelenmiştir. Proje kapsamında sazlık tipi balık geçiş yapısının 1:2 ölçeğinde fiziki modeli yapılmış ve model üzerinde sistematik deneyler gerçekleştirilmiştir. Deneyler dikdörtgen en kesitli 0.4 m genişliğinde suyun devridaim olduğu bir açık kanalda gerçekleştirilmiştir. Deneyler 4 farklı sazlık yoğunluğu ve 3 farklı taban eğiminde (%2, %4, %6) gruplandırılmıştır. Her bir grupta 6 farklı batıklık oranında ölçümler yapılmıştır. Akım içindeki sazlık yoğunluğu sazlık blokları arasındaki boyuna yönündeki mesafenin değiştirilmesiyle ayarlanmış; farklı batıklık oranları ise debinin değişimiyle sağlanmıştır. Ayrıca, balık geçiş boyunca ki boş bölgelerde yersel akım hızları mikro mülne aletiyle ölçülmüş ve hız dağılımları elde edilmiştir. Deneylerde Froude sayısı, Fr , 0.18 ile 0.40 arasında; Reynolds sayısı, Re , ise 5.46×10^4 ile 1.28×10^5 arasında değişim göstermiştir. Modelden elde edilecek sonuçlar Froude benzeşimine göre prototipe aktarılacaktır.

Projeden elde edilecek deneysel verilerin sazlık tipi balık geçişinin hidrolik koşullarının anlaşılmasına katkı sağlaması beklenmektedir. Çünkü, literatürde daha önce bu konuda yapılmış sistematik bir deneysel çalışma yoktur. Gerçekleştirilecek olan deneysel ölçümlerin ve analizlerin neticesinde yeni bir yaklaşım olarak sazlık tipi balık geçiş için boyutsuz sayıların kullanıldığı boyutlandırma konsepti ve hidrolik tasarımın gerçekleştirilmiştir. Önceki yapılan çalışmalardan farklı olarak, makro-pürüzlülük koşulları iki parametreyle ifade edilecektir. Bunlardan birincisi sazlık elemanların akım içinde batıklık oranı, ikincisi ise sazlık elemanların plandaki izdüşümünde akım alanı içindeki yoğunluğudur. Üniform akım koşulları için Darcy-Weisbach sürtünme faktörü sazlıkların akım içindeki batıklık oranı ve sazlıkların akım alanındaki yoğunluğuyla ilişkilendirilmiştir. Bu ampirik denklem sayesinde üniform akım derinliği ve kanal geometrisi verileriyle kesitsel-ortalama akım hızı ve debi tahmin edilebilir. Son olarak, modelden elde edilen sonuçlar klasik tipteki balık geçişleriyle karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sazlık Tipi Balık Geçidi, Üniform Akım, Sazlık Yoğunluğu, Taban Eğimi

ABSTRACT

Fish passes are structures that facilitate the upstream or downstream migration of aquatic organisms over obstructions to migration such as dams and weirs. The function of a fish passage structure is to provide favorable hydraulic conditions (sufficient flow depth, large enough and well-spaced resting areas, low local flow velocities, and low turbulent flows) for fishes to migrate through upstream direction. In the present project, the hydraulic characteristics of the brush-type fish pass, which has a different working principle than conventional fish passes (pool-weir, vertical slot, natural type), has been experimentally investigated. The experiments were conducted in a rectangular 0.4 m wide recirculating flume. The experiments were grouped for 3 different bed slopes (%2, %4, and % 6) and 4 different brush densities. For the each group, the data were gathered for 6 different relative submergence. The densities of the brushes were adjusted by changing the stream-wise spacing between brush bars; whereas relative submergences will be controlled by changing the discharge. Moreover, local flow velocities were measured in the gap regions by micro propeller and velocity distributions were obtained. In the experiments, Reynolds and Froude number ranges between 5.46×10^4 - 1.28×10^5 and 0.18-0.40, respectively. The model test results will be transferred to the prototype based on the Froude similitude.

The model test results will be expected to contribute the understanding the hydraulic conditions of the brush-type fish pass. Because, the literature lacks from a systemic experimental study on brush-type fish passage structures. Based on the experimental data and analysis, a new dimensioning and hydraulic design concept has been developed for the uniform flow conditions. Unlike previous studies, macro-roughness conditions will be referred to with two parameters as relative submergence and density of brush elements in the plan projection. Accordingly, the Darcy-Weisbach friction factor has been related with the relative submergence and density of the brush elements for uniform flow conditions. By using the proposed formula, cross-sectional average velocity and discharge can be estimated for the given uniform flow depth and channel geometry data. Consequently, the model test results will be also compared with the conventional fish passage structures.

Keywords: Brush Fish Pass, Uniform Flow, Brush Density, Bed Slope