

Noktasal Kuyu Özellikli Su Alma Ağzında Çevri Oluşumu

Nevzat YILDIRIM*
Nihat EROĞLU**
Kerem TAŞTAN***

ÖZ

Bu makalede, su alma ağzına giren havalı çevrinin (air-vortex) oluşumu akışkanlar mekaniği ilkeleriyle açıklanmıştır. Her çeşit akım sınırı (hava, katı, tabakalı akışkan ara yüzeyi, akım ayırım yüzeyi v.s gibi) su alma ağzı akımına engel etkisi oluşturmaktadır. Çevriler, esas olarak su alma ağzı akımına engel etkisi oluşturan akım sınırlarından kaynaklanır. Su yüzeyinden, tabakalı akışkan ara yüzeyinden, akım ayırım yüzeyinden ve katı sınırlardan kaynaklanan tüm çevriler “sualtı çevrisi” olup hepsinin oluşumu aynı niteliktedir. Bu çalışmada yapılan deneyler, süzgeç-koni tipi ve süzgeç-boru tipi yapıların çevriyi etkin bir şekilde sönmlediğini göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Su alma ağzı, çevri, hava girişi, kritik batıklık, çevri engelleme.

ABSTRACT

Occurrences of Vortices at an Intake of Point Sink Character

In this study, the occurrence of vortices entering the intake of point sink character is explained by fluid mechanics principles. All types of boundaries (air, solid, fluid interface and flow-dividing subsurface) cause obstruction effects on the intake flow. A vortex basically originates from the boundary that has obstruction effects on the intake flow. All vortices originating from the free-surface, flow-dividing surface, fluid-interface and solid boundaries are “subsurface-vortices” of the same nature. Experiments included in this study have indicated that strainer-conic and a strainer-pipe type structures prevent the vortices effectively.

Keywords: Intake, vortex, air-entrainment, critical submergence, vortex prevention.

Not: Bu yazı

- Yayın Kurulu'na 22.06.2009 günü ulaşmıştır.
- 31 Mart 2012 gününe kadar tartışmaya açıktır.

* Gazi Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara - nevzaty@gazi.edu.tr
** Gazi Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara - enihat@gazi.edu.tr
*** Gazi Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara - ktastan@gazi.edu.tr

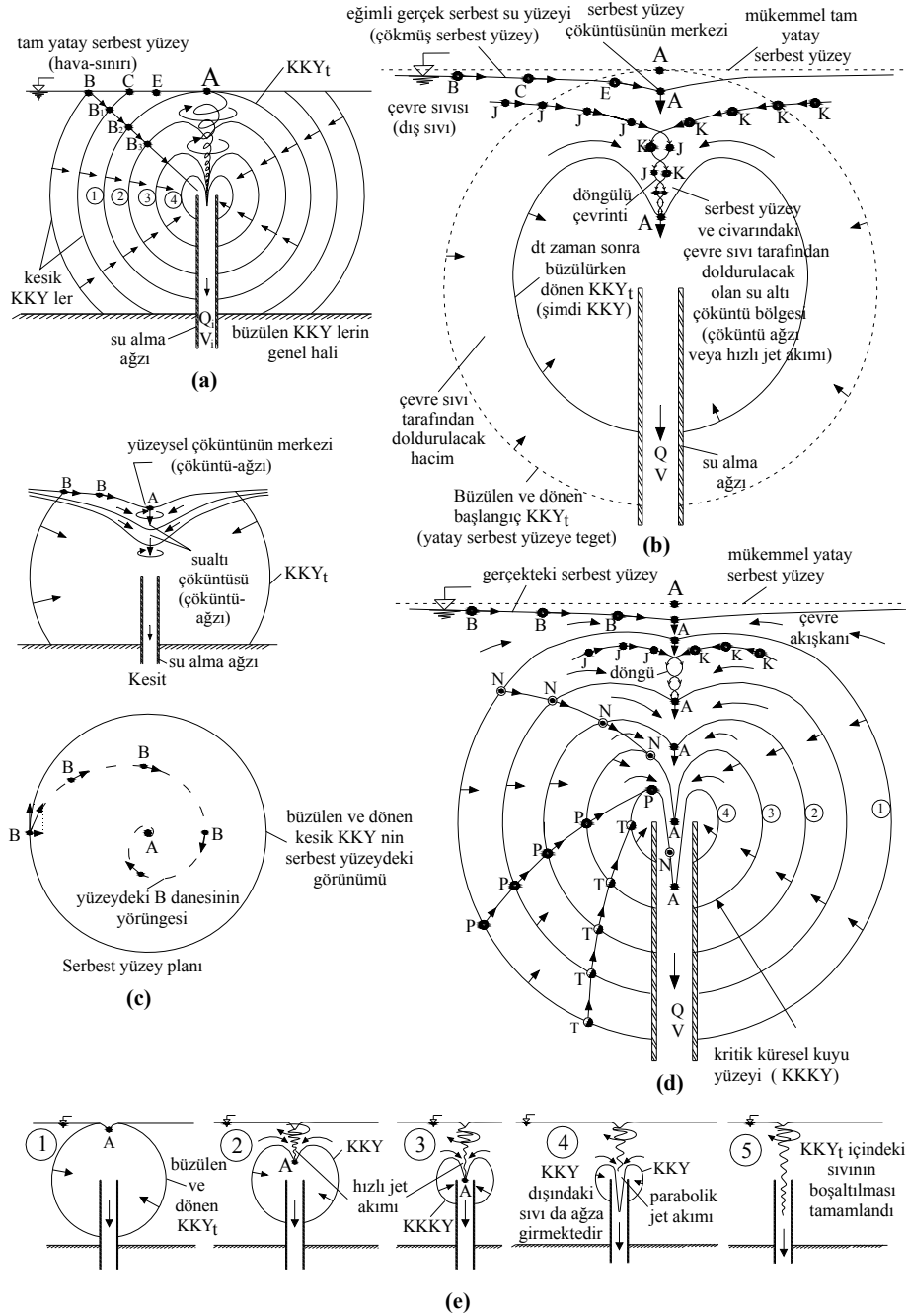
1. SERBEST YÜZEY (AIR-BOUNDARY) ÇEVRESİNİN OLUŞUMU

Bir akım alanında noktasal kuyu özelliklerine sahip boru tipinde su alma ağzı olduğu zaman, küresel kuyu yüzeyi (KKY) 'nin geliştiği Kocabaş ve Yıldırım (2002) tarafından gösterilmiştir[1]. KKY'nin merkezi ve debisi su alma ağzınınki ile aynıdır. Şekil 1(a) da su yüzeyine A noktasında teğet olan KKY küresi KKY_t ile gösterilmiştir. Süreklilik gereği serbest yüzey daneleri arasında sadece A danesi su alma ağzına doğru en büyük merkezi (radyal) hızla sahiptir.

Eğer su yüzeyi tam olarak yatay kalsaydı, yatay su yüzeyini kesmesi nedeniyle oluşan kesik bir KKY 'nin merkezi (radyal) doğrultuda büzülerek tam küre olan KKY_t olabilmesi için hem su yüzeyinde hemde kesik bir KKY üzerinde bulunan B danesinin sadece ağız merkezine doğru (radyal) hız vektörüne sahip olması ve $BB_1B_2B_3$ merkezi doğrultusunu takip etmesi gerekirdi. Halbuki, A danesi ağza doğru hareket ettiğinden, süreklilik gereği olarak B danesinin yatay su yüzeyini takip ederek A danesinin yerini alması gerekir. Fakat, B danesi hem su alma ağız debisini sağlayacak büyüklükteki merkezi (radyal) hızla, hemde A'nın yerini alması için su yüzeyinde A'ya doğru yatay bir hızla aynı anda sahip olamaz. Çünkü, Potansiyel akım çözümüne göre B'nin toplam hızı yalnız ve yalnız su alma ağız debisini sağlayacak büyüklükteki merkezi doğrultudaki (radyal) hız olabilir. B'nin bu merkezi hızı, B'nin üzerinde bulunduğu KKY üzerindeki bütün danelerinki ile aynıdır. Bu açıklama gösteriyor ki A danesi gerçek su alma ağzına doğru merkezi doğrultuda hareket ettiğinde, A'nın yerini alabilecek hiçbir dane olamaz. Kısacası, potansiyel akım kabul ve çözümüne göre KKY_t üzerindeki A noktasında süreklilik kanunu geçersiz olur. A danesi, kendisi gibi su yüzeyinde bulunan diğer danelerden çok daha hızlı olarak gerçek ağza doğru ilerleyip yol alırken, sürtünme nedeniyle A'ya yakın kesik KKY'ler üzerinde bulunan komşu serbest su yüzeyi danelerini de beraberinde sürükleyip götürdüğünden, su yüzeyinde "mecburi" bir çöküntünün oluşmasını sağlar [Şekil 1(b)]. Böylece A danesi su alma ağzına doğru ilerlerken su yüzeyinde bir çöküntünün oluşmasına sebep olur. KKY_t 'nin en üst noktası olan A su yüzeyi noktasında oluşan çöküntünün derinliği, su yüzeyinin diğer kısımlarından çok daha fazladır.

Su alma ağzı akımı, KKY'ler içerisini boşaltmaya çalıştığından, KKY'ler içerisinde emme etkisi oluşur ve KKY'ler büzülürler. Su alma ağzının bu emme etkisi ve süreklilik nedeniyle, KKY_t ve KKY_t 'den küçük olan tam küre KKY'ler büzülür ve içlerindeki çöküntüler daha da derinleşir. Serbest su yüzeyi yakınlarında bulunan suyun, serbest yüzey altında büzülmekte olan KKY_t 'nin üst kısmındaki çöküntü bölgesini (süreklilik gereği) A ya doğru akarak doldurabilmesi ancak ve ancak sürtünme ve ağırlık kuvvetlerinin A' ya doğru bileşenlerinin oluşmasıyla mümkün olur. Bilhassa, ağırlık kuvvetinin A' ya doğru bileşen oluşturabilmesi için serbest su yüzeyinin A ya doğru bir eğime sahip olması gerekir. Kısacası, süreklilik kanunu gereği su yüzeyinden A ya doğru mecburi bir eğim oluşur.

Su alma ağzına ait sürekliliği sağlamak için B danesi, su alma ağzına doğru olan merkezi (radyal) hızına ek olarak, A noktasına doğru başka bir hızla daha kazanmalıdır. Öyle ki, bu iki hız vektörünün bileşkesi eğimli su yüzeyine (çökmüş su yüzeyine) teğet olur. Böylece, gerçek akım durumunda, B danesi Şekil 1(a) daki $BB_1B_2B_3$ yolunu değil de Şekil 1(b)' de gösterilen BCEA çökmüş serbest su yüzeyini takip ederek A noktasına doğru akar. Bu durumda, B danesi A'nın yerini alır ve kesikli KKY küresi de büzülerek KKY_t tam küresi olur. Serbest su yüzeyi danesi A hariç, diğer tüm serbest su yüzeyi daneleri gerçek su alma



Şekil 1 (a)-(e). KKY'nin büzülme aşamaları ve hava sınırından kaynaklanan serbest çevrinin gelişimi.

ağzına doğru bileşke hız vektörlerine sahip olamazlar ve gerçek su alma ağzına doğru merkezi doğrultuda (radyal) ilerleyemezler. Bunun yerine, A noktasından ayrılıp giden serbest yüzey danelerinin özelliklerini kazanmak ve onların yerini almak için, çökmüş serbest yüzeye teğet olan hız vektörleriyle eğimli serbest su yüzeyinde ilerleyip sıranın kendilerine gelmesini beklerler ki bu işlem serbest su yüzü danelerinin su alma ağzına ulaşma ve ağza girme şansını kazanmalarının tek yoludur. A danesi hariç, diğer tüm serbest su yüzü daneleri gerçek su alma ağzına doğru merkezi (radyal) bileşke hız vektörlerine sahip olmadıkları için, serbest çevri açısından hava sınırı, sıfır-hız (no-slip) şartından dolayı değil ama, serbest yüzeyi kesen KKY'lerin varlığından dolayı engel etkisi bakımından sanki katı sınırmış gibi davranır. B danesi, çöküntü yüzeyinin merkezindeki A noktasına doğru merkezi (radyal) olarak hareket ettiği için, ayrıca bir açısız hız kazanır (Coriolis etkisi ve serbest yüzeydeki diğer rahatsızlıklardan dolayı B danesi dönmeye maruz kalır). Bunun sonucunda, Şekil 1(c) de gösterildiği gibi B danesinin serbest su yüzeyindeki yörüngesi spiral şeklinde olur.

Kocabaş ve Yıldırım (2002)'in tarifledikleri gibi, tüm KKY küreleri büzülürken aynı zamanda Coriolis ve akım ortamındaki diğer rahatsızlıkların etkileri nedeniyle düşey eksen etrafında dönerler[1]. Gerçekte, Şekil 1(b-c)'de gösterilen serbest su yüzeyindeki B danesinin spiral yörüngesi, B danesinin üzerinde bulunduğu kesik küre KKY' nin öncelikle tam küre KKY_t olması için büzülürkenki zincirleme aşamalarıdır. Yüzeysel çökme, serbest yüzey daneleri için "çöküntü ağzı" diye adlandırılacak bir çeşit su alma ağzı gibi davranır. Tüm serbest su yüzü danelerinin su alma ağzına ulaşmaları için mecburen geçmeleri gereken tek bir nokta vardır. Bu nokta, Şekil 1(a-d) deki KKY_t üzerinde bulunan ve KKY_t'nin su yüzeyine teğet olduğu A noktasıdır. Tüm serbest su yüzü akımı, A noktasından veya serbest yüzeydeki "çöküntü ağzı"ndan geçmek için A' ya doğru ilerler.

Tüm serbest su yüzeyi daneleri A'ya yaklaştıklarından, A noktasında ve civarında karşılaşan serbest yüzey danelerinin çarpışması neticesinde oluşan rahatsızlıklar (Coriolis etkisi dahil) serbest yüzey akımıyla KKY_t'nin A noktasına taşınır ki bu durumda KKY küreleri KKY_t küresinden küçüktür. Serbest yüzey çevrisinin oluşumu, serbest yüzeydeki rahatsızlıklara karşı çok hassastır. Çünkü, tüm serbest yüzey rahatsızlıkları (vortisite), "çöküntü ağzı"na giren serbest yüzey akımları yoluyla toplanır, havalı çevrintinin çöküntüsü boyunca taşınır ve su alma ağzına ulaştırılırlar. Katı sınırdaki (mesela, su alma ağzı borusu gibi) veya katı sınırın çok yakınındaki KKY_t veya KKY kısımları sınır etkisi altında oldukları için, KKY'nin bu kısımları engel etkisinin daha az olduğu diğer tüm kısımlardan daha yavaş şekilde büzülür.

Gerçekte, KKY_t küresi'nden küçük olan tüm tam KKY'ler, KKY_t küresinin büzülme safhalarının tümüdür. Süreklilik kanunundan dolayı KKY_t veya tam KKY büzüldükçe içerisindeki serbest çevrinti çöküntüsü daha da derinleşir. Tam bir KKY küresindeki çöküntü, serbest yüzeyin altındaki su için, bir çeşit su alma ağzı gibi davrandığından, aynı bir "çöküntü ağzı" gibidir [Şekil 1 (b-c)]. Büzülen KKY_t küresinin çöküntüsündeki daneler, aynı KKY_t küresinin diğer kısımlarındaki danelere göre su alma ağzına doğru daha büyük hızlara sahiptirler. Bu yüzden, büzülen KKY_t nin çöküntüsünü dolduran akışkan, hızlı bir "jet akımı" gibi su alma ağzına doğru ilerler [Şekil 1(b-d)]. KKY_t küresi ve KKY_t den daha küçük diğer tam küre KKY'ler büzüldükçe, içlerindeki çöküntü Şekil 1(b-d) de gösterildiği gibi hızlı bir "jet akımı" şeklinde civardaki akışkan tarafından doldurulur. Bir "çöküntü" ye veya "çöküntü ağzı" na doğru olan akım, gerçek su alma ağzına doğru olan akıma çok

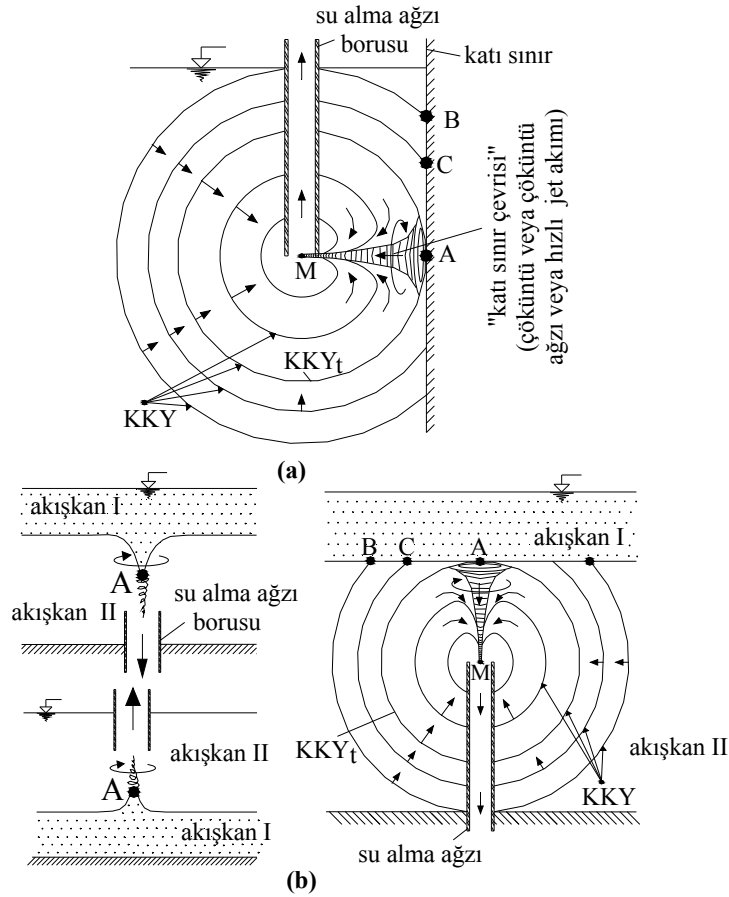
benzerdir. Serbest yüzeyden gerçek su alma ağzına kadar çevrinin izlediği yol, benzer akım özelliklerine sahip sonsuz sayıda “çöküntü ağzı” içinde “çöküntü ağzı” (iç içe çöküntü ağzıları) şeklindeki çöküntüler zincirinden oluşur [Şekil 1(b-d)].

“Çöküntü ağzı”na doğru olan akımsa Coriolis kuvveti ve akım bölgesindeki düzensizlikten kaynaklanan rahatsızlıkların etkisindedir. Bu etkilerden dolayı, çöküntüye doğru olan akımlar da dönerler. Sürtünme (shear)-deformasyonu ve dönmenin (rotasyonun) oldukça büyük olduğu “çöküntü” bölgesine yakın yerdeki KKY kısımları, KKY'nin diğer kısımlarından daha hızlı büzülürler. Bu etkiden dolayı, KKY büzülürken aynı KKY'nin üzerinde bulunan diğer danelerin yörüngeleri de su alma ağzına doğru mükemmel merkezi doğrultuda (radyal) olmaktan sapabilir. Şekil 1(d)'de gösterildiği gibi, ilk başlangıcından sonuna kadar büzülmenin her safhasından geçtikleri için KKY küresinin üzerindeki tüm daneler, mesela A,N,P ve T daneleri KKY küresindeki çöküntünün bir parçası olarak er yada geç su alma ağzına ulaşırlar ve ağza girerler. Şekil 1(d-e) görüldüğü üzere, KKY küresinin büzülme aşamaları, çöküntünün gelişimi ve KKY'deki hızlı jetin oluşumu, kavitasyon olayındaki gaz kabarcıklarının büzülerek yok olması sürecindeki oluşuma [Knapp,1979, Şekil 8.11 ve 8.12] oldukça çok benzerdir[2]. Kavitasyon kabarcığının içindeki emme olayı, su buharının inanılmaz ölçüde hızlı yoğunlaşması nedeniyle oluşmakta ve kavitasyon kabarcığının büzülerek yok olmasını sağlamaktadır. KKY durumunda ise, emme olayı su alma ağzı akımı tarafından oluşturulup KKY nin büzülerek yok olması sağlanmaktadır. Gerek kavitasyon kabarcığı büzülüp yok olurken, gerekse KKY büzülüp yok olurken her ikisinde de “hızlı jet” veya çöküntü gelişmesi vardır. KKY kritik küresel kuyu yüzeyi (KKKY) olduğu zaman, KKY içindeki çökme yeterince derin olmakta ve çökmenin alt ucu su alma ağzına girmektedir. Eğer, batıklık kritik batıklıktan yeterince büyükse, serbest yüzeye yakın olan akışkan, çöküntüyü rahat bir şekilde doldurabildiğinden hava çekirdekli çevri gelişemeyip çevri, burgulu su çevrisi gibi görünmektedir veya eğer hava çekirdekli çevri gelişirse de (batıklığın büyüklüğüne bağlı olarak) su alma ağzına ulaşamaz. Diğer taraftan, eğer batıklık kritik batıklığa eşit veya kritik batıklıktan küçükse, KKKY küresinin üst kısmındaki akışkan çöküntüyü tamamen doldurmakta yetersiz olur. Böyle bir durumda, hava ve su yüzeyi akışkanı KKY küresindeki çöküntüyü beraber doldururlar. Hava çekirdekli çevri tam gelişir ve alt ucu su alma ağzına ulaşır (ağza hava girer).

Büzülen KKY'nin çöküntüsünün içine akan akışkan daneleri çöküntünün merkezindeki A danesinin yörüngesi boyunca zıt yöndeki hızları nedeniyle çarpıştıklarından ve Coriolis etkisiyle bağlantılı olarak hızlı jet akımının içinde veya A danesinin yörüngesi boyunca büyük miktarda çevrintiye (vortisiteye) sebep olurlar [Şekil 1(b) deki J ve K daneleri]. Bu danelerin burgulu yörüngesi, Kocabaş ve Yıldırım'ın (2002) çalışmasında verilen Şekil 4'deki fotoğrafta gösterildiği gibi dönen bir çevri veya dönen bir hızlı jet akımı (swirling-impinging jet flow) gibi görünür[1]. Çevrinti (vortisite) taşıyan serbest yüzey akımı çöküntü boyunca ilerlerken ve KKY'nin üst kısmının dışındaki çevre sıvısı etrafındaki sıvıya göre yüksek izafi (relative) hıza sahip hızlı bir parabol jeti halinde KKY küresinin çöküntüsünü doldururken , çok miktarda çevrinti (vortisite) çöküntünün içine doğru taşır. Viskosite-sürtünmesi nedeniyle hızlı jet akımı, yakınındaki akışkan danelerini çöküntüye ve su alma ağzına doğru sürükler. Böylece, KKY büzüldükçe ve daha da küçüldükçe, çevrinin gücü (strength of the vortex) artar, çöküntü daha derin ve daha dar olur [Şekil 1(d-e)]. Bu yüzden, çöküntüyü dolduran ve çöküntü boyunca su alma ağzına ulaşan akım, güçlü ve tam gelişmiş burgulu çevrinti akımı gibi görünür.

2. KATI-SINIRDAN BAŞLAYAN ÇEVİRİNİN OLUŞUMU

Şekil 2(a)'da gösterildiği gibi bir katı sınır göz önüne alınsın. Şekil 1'deki KKY_t ve serbest su yüzeyi (hava sınırı), sırasıyla Şekil 2(a) daki katı sınıra teğet olan KKY_t 'ye ve katı sınıra tekabül eder. Serbest yüzeyden başlayan çevrinin oluşumu için daha önceden anlatılan açıklamaların benzeri katı sınırdan başlayan sualtı çevrilerinin oluşumu için de tam olarak geçerlidir. Gerçek akışkan durumunda, katı sınır üzerinde bulunan tüm danelerin [Şekil 2(a) daki A,B ve C] hızı sıfırdır (no-slip condition). Yani katı sınırdaki bu daneler hareket edemezler. Bu nedenle, KKY_t küresinden büyük olan KKY küresinin katı sınır tarafından engellenen kısmı büzülemezken KKY nin geriye kalan kısmı büzülür. KKY küresinin sınırdaki ve sınıra yakın olan kısımları sınır etkisi altında olduğu için, KKY küresinin bu kısımları KKY 'nin sınırdan az etkilenen diğer kısımlarından daha yavaş büzülür. KKY küresinin büzülme hızı, sınırdaki sıfırdan başlayıp tedrici olarak sınırdan çok uzakta en büyük (maximum) değerine ulaşır. Bunun neticesi olarak, katı sınırdaki büyük bir hız değişimi (velocity gradient) ve güçlü bir çevinti (vorticity) oluşur.



Şekil 2. (a) Katı sınırdaki (b) Tabakalı akışkan arayüzündeki çevrinin gelişimi.

Gerçek su alma ağzına ulaşmak için hızlı jet akımı çöküntü boyunca ilerlerken, aynı zamanda katı sınır yakınlarında gelişen çevrintiyi de (vorticity) beraberinde taşır. KKY büzülüp daha da küçüldükçe, çöküntü daha da uzar, darlaşır ve dar-uzun dönen bir paraboloid jete çok benzer şekil alır. Katı sınır yakınlarında çevrinti (vorticity) taşıyan tüm akım, KKY_t 'nin sınıra teğet olduğu A noktasına doğru ilerleyip toplanır ve “çöküntü ağzı”nın veya “katı sınır-çevrinsi” nin yörüngesini takip ederek gerçek su alma ağzına ulaşırlar [Şekil 2(a)]. Eğer, çevrinin gücü (veya açılal hız) yeterince artarsa ve çöküntü akımının içindeki basınç da akışkanın buharlaşma basıncından daha az olursa, kaviteasyon olayı olur ve katı sınırdan başlayıp ağza giren çevri “gazdan oluşan çevri” (gazlı çevri, cavitation-vortex) olarak görünür.

3. TABAKALI AKIŞKAN ARAYÜZEYİNDEN BAŞLAYAN ÇEVİRİNİN OLUŞUMU

Tabakalı akışkan durumunda, KKY_t küresinin akışkan arayüzeyine teğet olduğu A noktasındaki danenin hızı sıfır değildir [Şekil 2(b)]. Akışkan arayüzeyindeki tüm daneler arasında, sadece A noktasındaki dane su alma ağzına doğru en büyük merkezi (radyal) hız sahiptir. KKY küresinin büzülmesi ve çöküntünün gelişmesi, hava sınırına (serbest yüzeye) veya katı sınıra sahip tek akışkanlı akımdaki su alma ağzı için anlatılanlarla tamamen aynıdır. Tabakalı akışkan hem “olumlu” hemde “olumsuz” etkiye sahiptir. Tabakalı akışkanın olumsuz etkisi şu şekildedir.

Su alma ağzına akım sağlamayan akışkan tabakasının yüzeysel gerilim etkisi ve vizkozite-sürtünmesinden dolayı, su alma ağzına akım sağlayan akışkan tabakasının arayüz ve civarındaki yaklaşım hızı azalır. Bu nedenle, tabakalı akışkan durumundaki yüzeysel çöküntü ve kritik batıklığın, tabakalı olmayan akışkan durumunda olandan daha büyük olması beklenir. Viskozite-sürtünmesi ve yüzeysel gerilme “olumlu etki”nin de kaynağıdır. Tabakalı akışkanın yüzeysel gerilmesi ve viskoz-sürtünmesi, akımdaki rahatsızlığı veya akışkan arayüzeyindeki çevrintiyi (vorticity) etkin bir şekilde sönmeler (özellikle de çevri çöküntüsünün iç ara yüzeyinde). Bunun sonucunda, çevrinin enerjisi ve A danesinin hızı çok etkin bir şekilde azaltılmış olur. Çevri çöküntüsünün su alma ağzına doğru olan uzaması oldukça kısıtlanır. Yıldırım ve Jain 1979, Lubin ve Springer 1967 tarafından gözlemlendiği gibi tabakalı akışkanın kritik batıklığa “olumlu” etkisi, “olumsuz” etkisinden çok daha büyüktür[3,4]. Eğer, su alma ağzının batıklığı (su alma ağzının, tabakalı akışkan arayüzüne olan mesafesi) kritik batıklıktan daha büyükse, su alma ağzına akım sağlamayan akışkan tabakası KKY_t küresindeki çöküntüye dolar ve KKY_t küresi büzülürken su alma ağzına akım sağlayan akışkan tabakasının A'nın dümen suyunda kalıp KKY_t küresindeki çöküntünün içinde çarpışacak hiç bir danesi olmaz. Bu sebeple, A'nın dümen suyunda hiç bir çevrinti oluşmaz. A noktası ile su alma ağzı arasında çevrinti akımının oluşması ve çöküntünün uzaması [Şekil2(b)] olayı tamamen KKY kürelerindeki çöküntüyü dolduran ve su alma ağzına akım sağlayan akışkan tabakasının danelerinin Şekil 1(b)'deki K ve J danelerine benzer şekilde çarpışmasından dolayı meydana gelmektedir. Eğer, su alma ağzının batıklığı kritik batıklıktan daha küçükse, KKY_t küresinin içindeki çöküntü, su alma ağzına akım sağlamayan akışkan tabakası için düşey ekseni etrafında dönen bir çesit “çöküntü-ağzı” gibi davranır. Bu durumda, su alma ağzına akım vermeyen akışkan tabakasının içerisinde ayrıca oluşan ve büzülen KKY'ler meydana gelebilir. Ağza akım vermeyen akışkan tabakasının daneleri KKY_t küresindeki çöküntüyü doldurmak için çöküntüye doğru önemli ölçüde hız kazanırlar ve aynı Şekil 1(b)'deki K ve J daneleri gibi

çarpışır. Bunun sonucunda, döngülü bir yüzeysel çöküntü (havalı çevrinti) su alma ağzına akım sağlamayan tabakalı akışkan tabakasının içindedir oluşabilir. Eğer, su alma ağzına akım sağlamayan üst tabaka akışkanının kalınlığı KKY₁ küresindeki çöküntüyü tamamen doldurmak için yeterli değilse, üst tabaka hava girişli çevrinin içine akacak ve hava girişli çevri çöküntüsünün sınırlarını takip ederek su alma ağzına girecektir. Böyle bir durumda, ağza akım vermeyen akışkan tabakasının kritik batıklık üzerindeki (hava girişli çevri) etkisi ihmal edilebilir.

4. İKİ SU ALMA AĞZI ARASINDA (AKIM AYRIM YÜZEYİNDE) SUALTI ÇEVRESİNİN OLUŞUMU

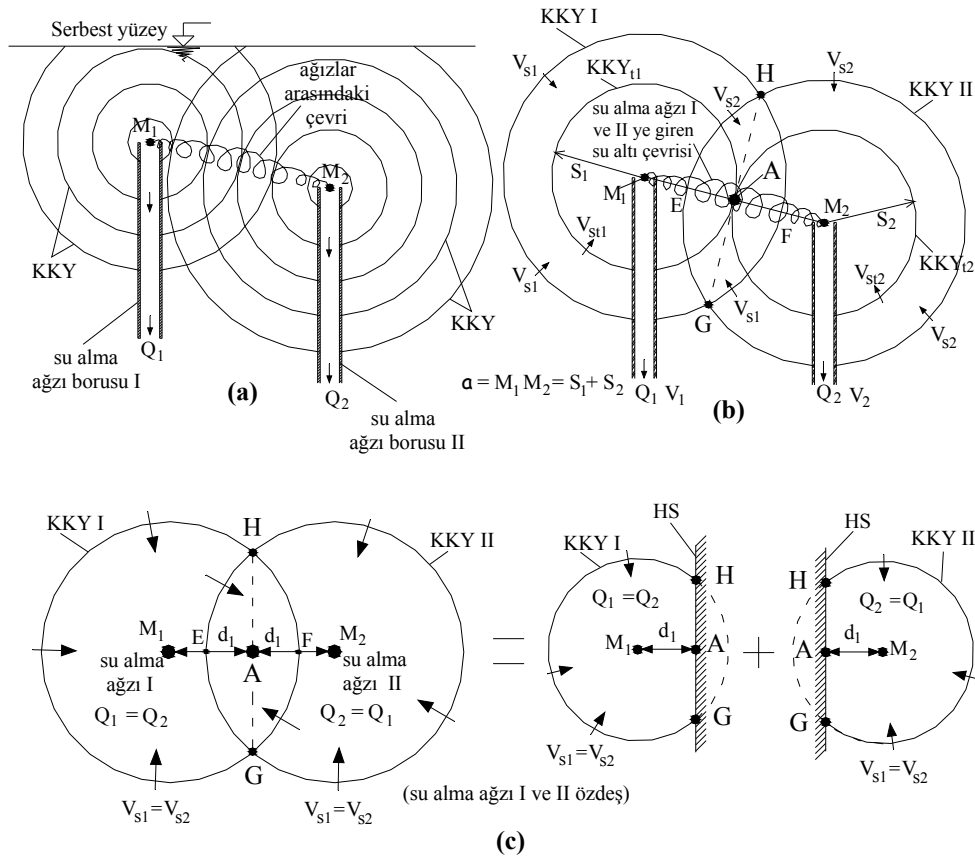
Sırasıyla M₁ ve M₂ merkez noktalarına ve Q₁ ve Q₂ debilerine sahip boru tipi iki su alma ağzı grubu gözönüne alınsın. Her bir su alma ağzı için, sonsuz sayıda tam veya kesikli KKY küreleri çizilebilir [Şekil 3(a)]. Gerçekte, aynı su alma ağzının her bir KKY küresi kendisinden bir büyük KKY küresinin bir büzülme aşamasını temsil eder. Şekil 3(b)'deki gibi su alma ağzı I ve II için kesişen herhangi iki KKY küreleri dikkate alınsın ve bu küreler sırasıyla KKY I ve KKY II diye adlandırılınsın. KKY I ve KKY II tam veya kesikli olabilir. Şekil 3(b)'de, V_{s1} ve V_{s2} sırasıyla KKY I ve KKY II'deki merkezi (radyal) hızlardır. Su alma ağzı I'nın, su alma ağzı II'nin akımına olan akım engel etkisi, su alma ağzı I'e doğru olan HFG·V_{s1} debisine eşittir. Benzer şekilde, Su alma ağzı II'nin su alma ağzı I'in akımına olan akım engel etkisi, su alma ağzı II ye doğru olan HEG·V_{s2} debisine eşittir. KKY II'ye ait HEG 'den geçen debi, HFG·V_{s1} miktarı kadar azalır. Yani, HEG den geçen ve su alma ağzı II ye doğru olan net debi (HEG·V_{s2} – HFG·V_{s1})' ye eşittir.

Fiziksel olarak, şu üç muhtemel durum söz konusudur. (HEG·V_{s2} – HFG·V_{s1}) = 0 ; (HEG·V_{s2} – HFG·V_{s1}) > 0 veya (HEG·V_{s2} – HFG·V_{s1}) < 0 olabilir. Akım alanında (HEG·V_{s2} – HFG·V_{s1}) = 0, (HEG·V_{s2} – HFG·V_{s1}) > 0 ve (HEG·V_{s2} – HFG·V_{s1}) < 0 durumlarını aynı anda sağlayan sonsuz sayıda yer olabilir. Su alma ağzı I ve II' nin sonsuz sayıdaki KKY küreleri, aynı anda ve sürekli olarak büzüldükleri için, HEGFH'in içinde olduğu gibi dışında da sonsuz sayıda yerde (HEG·V_{s2} – HFG·V_{s1}) > 0 ve (HEG·V_{s2} – HFG·V_{s1}) < 0 şartlarını sağlayacak şekilde birbirlerini keserek geçerler, çarpışmak için zıt hızlara sebep olurlar ve akım alanında düzensizliklerin ve sürtünmenin meydana gelmesini sağlarlar.

Bu kendiliğinden varolan sonsuz-çevrinti (vortisite)-besleme mekanizması, su alma ağzı I ile II arasında uzayan sualtı çevrisine büyük bir "güç" katkısı yapar. Hidrolik şartlardan dolayı su alma ağzı I ile II arasında bir akım "ayrım yüzeyi" ("geçirgen olmayan hayali sınır (HS)") mecburen oluşur. A noktası, akım ayrım yüzeyi HS ile su alma ağzı I ve II'nin merkezlerini birleştiren doğru üzerinde olmalıdır. Bu A noktasında, Şekil3(b)'de KKY₁ ve KKY₂ ile gösterilen her iki su alma ağzına ait KKY küreleri birbirlerine teğet olup her iki su alma ağzına doğru olan hızlar büyüklük olarak eşit fakat birbirlerine zıt yöndedirler. Eğer, su alma ağzı I ve II özdeş (Q₁=Q₂) ve simetrik ise, akım ayrım yüzeyi düzgün bir yüzey olur ve su alma ağzı I ve II'nin merkezleri arasında tam orta noktada yer alır [Şekil 3(b) deki HAG, HS dairesel yüzeyi olur].

Teorik olarak, su alma ağzı I ile II arasında uzayan sualtı çevrisinin başlangıç noktasının A noktası olması gerekir. İki su alma ağzı arasında uzayan sualtı çevrisinin oluşumu, gerçek

katı sınırlarda oluşan çevrininkine tamamen benzerdir [Şekil 1,2 ve 3(a-b)]. Eğer, sualtı çevrisi yeterince güçlüyse, basınç akışkanın buharlaşma basıncının altına düşecek şekilde açısal hız artar (kavitasyon olur) ve su alma ağzı I ile II arasında su altında “gazdan oluşan bir çevri (kavitasyonlu çevri)” görünür. Gazdan oluşan bu çevri her iki ağza da girmektedir. Bu olay yazarlar tarafından deneyler süresince ve diğer araştırmacılar (i.e. De Siervi ve ark. 1982) tarafından da gözlemlenmiştir[5]. HS nin varlığı [Şekil 3(c)’deki su alma ağzı I ve II nin özdeş olması durumunda] gösteriyor ki herhangi bir sınır (serbest yüzey veya hava sınırı dahil) “süperpozisyon” yöntemiyle veya hayali “ayna görüntü” (mirror image method) yöntemiyle suni olarak oluşturulabilir (geçirimsiz akifer sınırına yakın açılmış kuyulardaki piyezometre seviyelerinin düşüm miktarını bulurken kullanılan yöntemin benzeri). Sualtı çevrisi açısından, HS’nin konumunun bilinmesine gerek yoktur. Fakat, HS’nin üzerindeki A’nın yerinin bilinmesi gereklidir. Su alma ağzı I ve II’nin özdeş olup olmadığına bakılmaksızın A’nın yeri aşağıda anlatıldığı gibi bulunabilir.



Şekil 3. (a) ve (b) Su alma ağzı I ve II arasında uzanan sualtı çevrisi ve akım ayırım yüzeyindeki “A”nın teorik yeri (c) Su alma ağzı I ve II arasındaki geçirgen olmayan hayali sınırlar (HS)

5. SUALTI AKIM AYRIM (HS) YÜZEYİ ÜZERİNDEKİ “A” NIN YERİ

A noktası için aşağıdaki şartlar geçerlidir [Şekil 3(b)].

$$S_1 + S_2 = a ; \quad V_{st1} = V_{st2} ; \quad Q_1 = A_{s1} \cdot V_{st1} ; \quad Q_2 = A_{s2} \cdot V_{st2} \quad (1)$$

Burada, S_1 ve S_2 sırasıyla KKY_{t1} ve KKY_{t2} 'nin yarıçaplarıdır, a = su alma ağzı I ve II nin merkez noktaları olan M_1 ve M_2 arasındaki mesafe, $V_{st1}=KKY_{t1}$ 'deki hız, $V_{st2}=KKY_{t2}$ 'deki hız, $A_{s1}=KKY_{t1}$ in net çalışan toplam yüzey alanı ve $A_{s2}=KKY_{t2}$ in net çalışan toplam yüzey alanıdır. Eşitlik (1) şu şekilde yazılabilir,

$$Q_1/Q_2 = A_{s1}/A_{s2} = [(A_{s1}/D_1^2)/(A_{s2}/D_2^2)](D_1/D_2)^2 \quad (2)$$

Burada, D_1 ve D_2 sırasıyla su alma ağzı I ve II nin iç çaplarıdır.

Eşitlik (1) ve (2) deneme yanılma yöntemiyle çözülür. Q_1/Q_2 bilindiğinden çözümün işlem sırası aşağıdaki gibidir.

- i) İster el ile ister bilgisayarla ölçekli grafik olarak, su yüzünü ve akım sınırlarını (su alma boruları, kanal duvarları...vb) çiz
- ii) S_1 'i seç ve eşitlik (1)'den $S_2 = (a - S_1)$ ' i hesapla, Ölçekli olarak, KKY_{t1} ve KKY_{t2} yi birinci aşamada çizilen akım sınırlarının geometrisinin üzerine çiz
- iii) Aşama (ii)'de çizilen KKY_{t1} ve KKY_{t2} nin A_{s1} ve A_{s2} sini ölçerek veya geometriden bul
- iv) Eşitlik (2) deki şartların sağlanıp sağlanmadığını kontrol et. Sağlıyorsa çözüm doğru olarak bulunmuştur (sağlamıyorsa S_1 'i yeniden seç ve 2.aşamadan tekrar başla).

Eşitlik (1) ve (2) nin geçerliliğini ispatlamak için, Ansar ve arkadaşlarının (2002) çalışmalarındaki Şekil 7 ve Şekil 9 (a) ve (c) de verilen akım ve geometri şartları [Durum I ($Q_1/Q_2 = 1$) ve Durum II ($Q_1/Q_2 = 7/3 = 2.33$), $D_1 = D_2 = D$ = su alma ağzlarının iç çapı] için olan sonuçlar kullanılabilir[6].

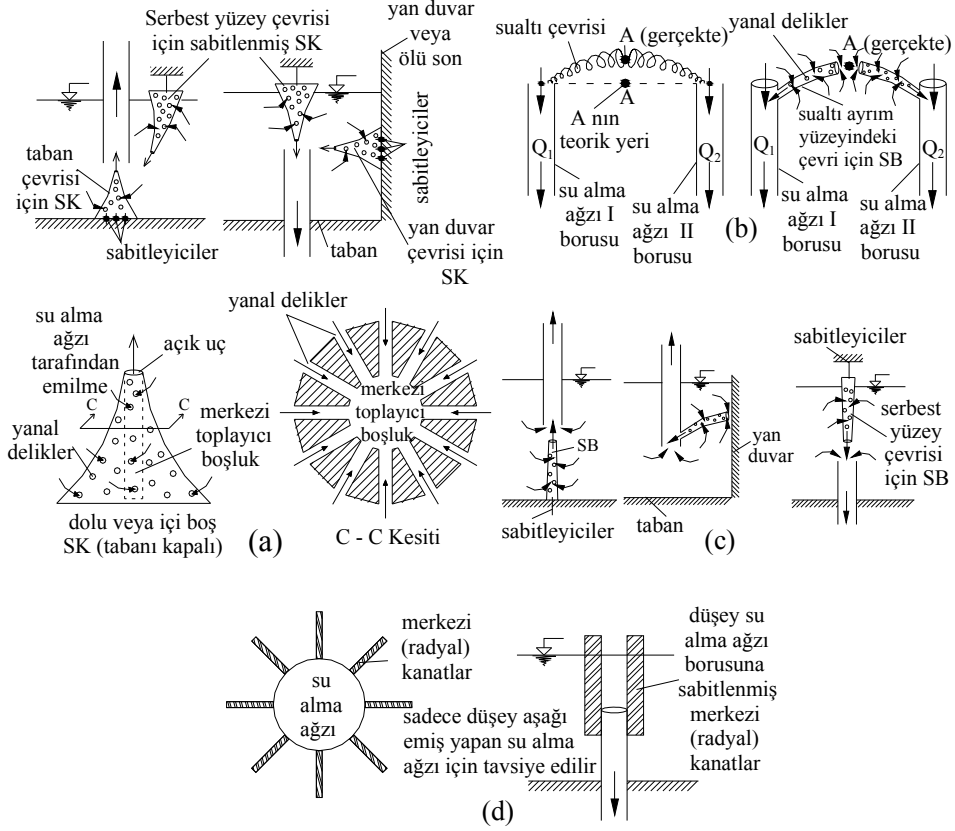
Ansar ve arkadaşlarının (2002) Durum I ($Q_1/Q_2=1$) ve Durum II ($Q_1/Q_2=2.33$)'si için Eşitlik (1) ve (2) den elde edilen sonuçlar sırasıyla ($S_1/D = S_2/D = 1.5$, $A_{s1}/D^2 = A_{s2}/D^2 = 17.56$) ve ($S_1/D = 2.06$, $S_2/D = 0.94$, $A_{s1}/D^2 = 21.44$, $A_{s2}/D^2 = 9.20$) şeklinde bulunmuştur. Eşitlik (1) ve (2) den bulunan A noktasının yeriyle Ansar ve arkadaşlarının (2002) verilerinden elde edilen sonuç Şekil 4 de karşılaştırılmıştır.

6. SUALTI ÇEVİRİLERİNİN YOK EDİLMESİ

Sualtı çevrisinin oluşum mekanizmasını yok etmek veya zayıflatmak için, bu çalışmada aşağıdaki yöntemler önerilmiştir.

- I) Bir “Süzgeç-Huni “(veya Süzgeç-Koni) (SK) çevrinin yörüngesine yerleştirilebilir. Böyle bir durumda KKY_t veya KKY kürelerindeki çöküntünün yerini SK doldurabilir (alabilir). SK' nin tabanı kapalı ve sabitlenmiş, akımın emildiği yan yüzeyleri ise delikli ve ucu da açıktır. SK kapalı-tabanlı delikli-tkaç-yapı' dır. SK nin çevri üstünde “tıkama” ,”sürtünme” ve “emme” etkisi vardır.

Önerilen SK, SB ve MK nin etkisini görmek için aşağıda kısaca anlatılan deneyler yapılmıştır.



Şekil 5. SK ve SB ile sualtı çevrisinin yok edilmesi

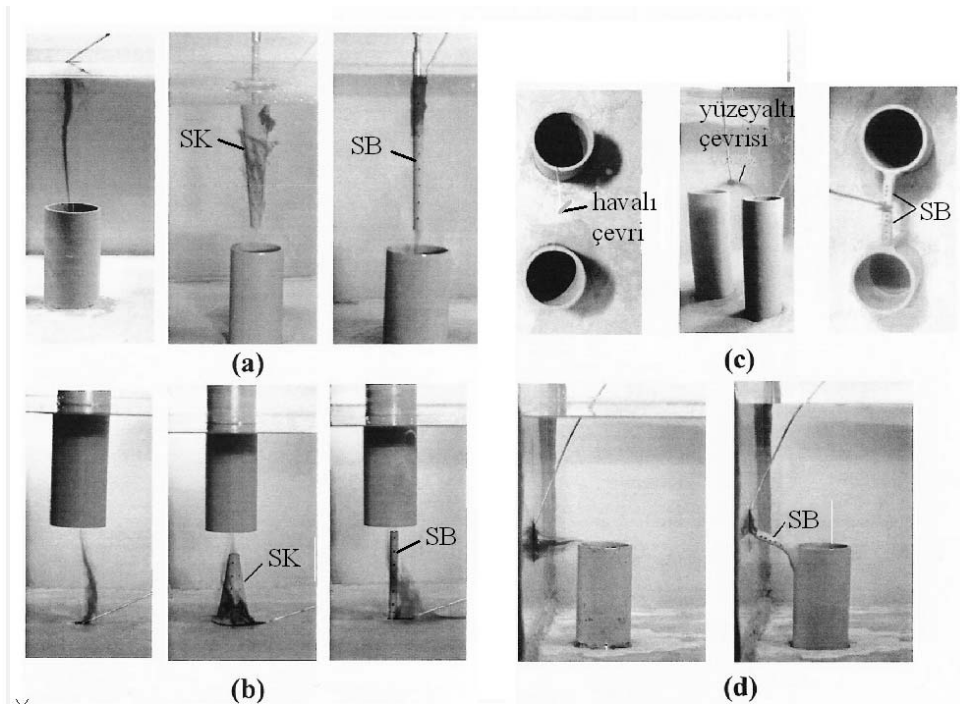
7. DENEYLER

Deneyler dikdörtgen bir kanal içine yerleştirilmiş boru tipi bir su alma ağzıyla ($D=5.32$ cm) yapılmıştır. Deneylerde kullanılan SK'nin ve SB'nin taban çapları sırasıyla D ve $D/7$ şeklindedir.

Taban ve serbest yüzey çevirileri için SK ve SB nin uçlarının kanal tabanına ve su yüzeyine olan mesafeleri $D/2$ olarak alınmıştır. Deneylere ait fotoğraflar Şekil 6'da verilmiştir. Bu şekildedeki görüldüğü gibi, SK ve SB sualtı çevrisini etkin bir şekilde zayıflatmaktadır. Deneylerde, MK civarındaki çevri akımının, MK civarında ayrılma çevirilerine (separation vortices) sebep olduğu görülmüştür.

Serbest yüzeyden su alma ağzına kadar uzanan MK düşey aşağıya doğru emiş yapan su alma ağzına giren serbest çevri üzerinde etkindir. Fakat, düşey yukarı doğru emiş yapan su alma ağzına giren ve kanal tabanından başlayan çevri üzerinde MK etkili değildir (hatta

çevriyi güçlendirdiği görülmüştür). Serbest yüzeyle çevrinin eksenine SB'ninki ile çakıştığında SB daha etkili olmaktadır. Fakat, akımdaki kararsızlıklar ve düzensizliklerden dolayı, serbest yüzeyle çevrinin yeri ve eksenine sık sık değiştiğinden SB çoğu zaman etkili olamamaktadır (çünkü çapı küçüktür). SK ise büyük boyutlu-kapalı-son' undan dolayı hem serbest yüzeyle çevriyi yok etme hemde serbest çevriyi en üst yüzeyinden örtme işlevini görmektedir. Dolayısıyla SK çok daha etkilidir. Eğer, SK ve SB boyunca akım herhangi bir şekilde su alma ağzınınkinden (mesela başka bir yöntemle) daha etkin bir şekilde emilirse, SK ve SB nin etkileri dahada artar.



Şekil 6. SK ve SB nin çalışırkenki fotoğrafları (a) Düşey aşağı emişli su alma ağzı, (b) Düşey yukarı emişli su alma ağzı, (c) Su alma ağzı I ve II arasındaki akım ayrım yüzeyinde oluşan sualtı çevrisi, (d) Yan duvar (katı sınır) çevrisi.

8. SONUÇLAR

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

- Su alma ağzına giren çevrilerin oluşum mekanizması akışkanlar mekaniği ilkeleriyle açıklanmıştır. Gerçekte, su alma ağzına giren tüm çevriler sualtı çevrileridir ve oluşumları aynı niteliktedir.
- Dönen sualtı çevrisinin ana sebebi, KKY küresi büzülürken oluşan çöküntüyü dolduran hızlı jet akımıdır.

Noktasal Kuyu Özellikli Su Alma Ağzında Çevri Oluşumu

- Su alma ağzına giren çevriler, su alma ağzı akımına engel etkisi yapan sınırlardan kaynaklanır ve bu sınırlardan başlar.
- Sualtı çevrisinin başladığı sınırlar “süperpozisyon“ veya “hayali ayna görüntüsü” yöntemiyle sunni olarak da oluşturulabilir.
- Sualtı çevrisi (ilk başladığı nokta dikkate alınarak) SK ve SB ile yok edilebilir.

Semboller

- A_{s1} :KKY_{t1} in çalışan net yüzey alanı
 A_{s2} :KKY_{t2} in çalışan net yüzey alanı
 D_1 :su alma ağzı I in iç çapı
 D_2 :su alma ağzı II in iç çapı
 d_1 :su alma ağzının merkezinin sınıra olan uzaklığı
 Q_1 :su alma ağzı I 'in debisi
 Q_2 :su alma ağzı II 'in debisi
 S_{t1} :KKY_{t1} in yarıçapı
 S_{t2} :KKY_{t2} in yarıçapı
 V_{s1} :KKY I deki merkezi (radial) hız
 V_{s2} :KKY II deki merkezi (radial) hız
 V_{st1} :KKY_{t1} deki hız
 V_{st2} :KKY_{t2} deki hız

Kaynaklar

- [1] Kocabaş, F., ve Yıldırım, N., Effect of circulation on critical submergence of an intake pipe. J. Hydraul. Res., IAHR, 40(6), 741-752, 2002.
- [2] Knapp, T.R., Daily, W.J., ve Hammitt, G.F., Cavitation (Engineering Societies Monograph). Institute of Hydraulic Research, University of Iowa, Iowa City, Iowa, 1979.
- [3] Yıldırım, N., ve Jain, S.C., Effect of a surface layer on free surface vortex. Proc.18th. Assoc. for Hydr. Res. Delft, The Netherlands, 4, 411-418, 1979.
- [4] Lubin, B.T., ve Springer, G.S., The formation of a dip on the surface of a liquid draining from a tank. J. Fluid Mech., 29(2), 385-390, 1967.
- [5] De Siervi, F., Viguier, H.C., Greitzer, E.M., ve Tan, C.S., Mechanisms of inlet-vortex formation. J. Fluid Mech., 124, 173-207, 1982.
- [6] Ansar, M., Nakato, T., ve Constantinescu, G., Numerical simulations of inviscid three-dimensional flows at single-and dual-pump intakes. J. Hydraul. Res., IAHR, 40(4), 461-470, 2002.