

İsale Hatlarında Kullanılan Vantuzların Kapasitelerinin Tayini

Mustafa ERSİN ⁽¹⁾

GİRİŞ

Bir isale hattının, geodetik ve hidrolik bakımından, yüksek noktalarında biriken havayı boşaltmak lâzımdır. Bu noktalardaki hava, ya borunun dolması ve boşalması esnasında isale hattına girmiş veya isale hattındaki basıncın azalması neticesinde erimiş havanın açığa çıkması (sudan ayrılması) ile meydana gelmiş olabilir. Her ne suretle meydana gelirse gelsin, isale hattının yüksek noktalarında toplanan ve debi değişimine sebep olan bu havanın çok iyi bir şekilde tahliye edilmesi gerekir. Keza, hattın doldurulması sırasında da borudaki mevcut havanın dışarı atılması lâzımdır. Boru kırıklarında ise, boşalan suyun yerini hemen hava ile doldurmak icabeder.

Gerek havayı tahliye etmek ve gerekse havanın girmesini temin etmek maksadı ile, isale hatlarının yüksek noktalarında, vantuz denilen, hava tahliye tertibatı kullanılır. Çeşitli tipte vantuzlar vardır. Ancak burada, otomatik bir vantuza ait, önce debi denklemleri elde edilecek, daha sonra vantuz küresinin sürtünme direnci incelenecektir.

DEBİ DENKLEMLERİNİN ELDE EDİLMESİ

Hava vanalarındaki akım, yüksek hızlarda cereyan eder. Genleşme dolayısıyla sıcaklık değişimi nazarı itibara alındığında hesap, adyabatik olarak yapılır. Sıkışabilen akışkanlar için adyabatik hâlde Bernouilli denklemi;

$$\left[\left(\frac{k}{k-1} \right) \frac{p_1}{\gamma_1} + \frac{v_1^2}{2g} + z_1 \right] - H_k = \left[\left(\frac{k}{k-1} \right) \left(\frac{p_1}{\gamma_1} \right) \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{(k-1)/k} + \frac{v_2^2}{2g} + z_2 \right] \quad (1)$$

şeklindedir. Burada

(1) Asistan, Yük. Müh., Sakarya D.M.M. Akademisi

g = Yerçekimi ivmesi

H_k = Toplam kayıp

k = Adyabatik sıkıştırma katsayısı

$p_1/\gamma_1=1$ noktasına ait, metre su sütunu cinsinden, basınç yüksekliği

$p_2/\gamma_2=2$ » » »

$v_1^2/2g=1$ » » » , hız yüksekliği

$v_2^2/2g=2$ » » »

$z_1=1$ noktasının kıyas düzlemine göre kotu

$z_2=2$ » » »

γ = Havanın yoğunluğudur.

Sürtünmenin ihmal edilmesi durumunda, 1 denklemi aşağıdaki gibi olur :

$$\left[\left(\frac{k}{k-1} \right) \frac{p_1}{\gamma_1} + \frac{v_1^2}{2g} + z_1 \right] - 0 = \left[\left(\frac{k}{k-1} \right) \left(\frac{p_1}{\gamma_1} \right) \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{(k-1)/k} + \frac{v_2^2}{2g} + z_2 \right]$$

veya

$$\left(\frac{k}{k-1} \right) \frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} + z = \text{Sabit} \quad (2)$$

Bir gaza ait z terimi, basınç terimine göre çok küçük değerde olduğundan terkedilebilir. Bu hâlde yukarıdaki 2 ifadesi,

$$\left(\frac{k}{k-1} \right) \frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} = \text{Sabit}$$

şekline girer. Bu ifadedeki γ yerine, ($\gamma = \rho \cdot g$) konular ve denklemin her iki tarafı da g ile çarpılırsa,

$$\left(\frac{k}{k-1} \right) \frac{p}{\rho g} \cdot g + \frac{v^2}{2g} \cdot g = \text{Sabit}$$

veya

$$\frac{v^2}{2} + \frac{k \cdot p}{(k-1)\rho} = \text{Sabit} \quad (3)$$

elde edilir. Buradaki ρ , gazın özgül kütleini göstermektedir.

Atmosferden vantuza giren havanın hızı v_1 ile gösterilsin. Vantuzdan boruya geçen havanın hızı da v_2 olsun. Havanın v_1 giriş hızının sıfır olduğu kabul edilsin. Bu taktirde, yukarıdaki 2 denklemi,

$$\left(\frac{k}{k-1}\right) \frac{p_1}{\gamma_1} = \left(\frac{k}{k-1}\right) \left(\frac{p_1}{\gamma_1}\right) \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{(k-1)/k} + \frac{v_2^2}{2g}$$

haline gelir. Bu ifadeden, çıkış hızının yüksekliği olan $(v_2^2/2g)$ çekilirse,

$$\frac{v_2^2}{2g} = \left(\frac{k}{k-1}\right) \frac{p_1}{\gamma_1} - \left(\frac{k}{k-1}\right) \left(\frac{p_1}{\gamma_1}\right) \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{(k-1)/k}$$

veya

$$\frac{v_2^2}{2g} = \left(\frac{k}{k-1}\right) \frac{p_1}{\gamma_1} \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{(k-1)/k}\right]$$

bulunur. Bu son ifadedeki γ_1 yerine eşiti olan $(\gamma_1 = \rho_1 \cdot g)$ konulursa, v_2 çıkış hızı için,

$$\frac{v_2^2}{2g} = \left(\frac{k}{k-1}\right) \frac{p_1}{\rho_1 \cdot g} \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{(k-1)/k}\right]$$

veya

$$v_2^2 = \left(\frac{2k}{k-1}\right) \frac{p_1}{\rho_1} \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{(k-1)/k}\right]$$

ve

$$v_2 = \sqrt{\frac{2k}{k-1} \cdot \frac{p_1}{\rho_1} \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{(k-1)/k}\right]} \quad (4)$$

ifadesi elde edilir.

Büzülme ve sürtünmeyi de nazarı itibara alarak boru içindeki basınç yardımıyla atmosferden vantuzla ve oradan da boruya giren havanın debisi için;

$$Q_2 = F_2 \cdot \mu_B \sqrt{\frac{2k}{k-1} \cdot \frac{p_1}{\rho_1} \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{(k-1)/k}\right]} \quad (5)$$

ve borudan vantuzla, oradan da atmosfere çıkan havanın debisi için de

$$Q_1 = F_2 \cdot \mu_E \sqrt{\frac{2k}{k-1} \cdot \frac{p_2}{\rho_2} \left[1 - \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{(k-1)/k}\right]} \quad (6)$$

denklemleri yazılabilir. Burada

μ_E ve μ_B = Büzülme ve sürtünme katsayıları

p_1 ve p_2 = Dış ve iç basınçları

F_2 = En dar akış kesiti (vantuzdan atmosfere açılan)

Q = m^3/sn olarak havanın debisini göstermektedir.

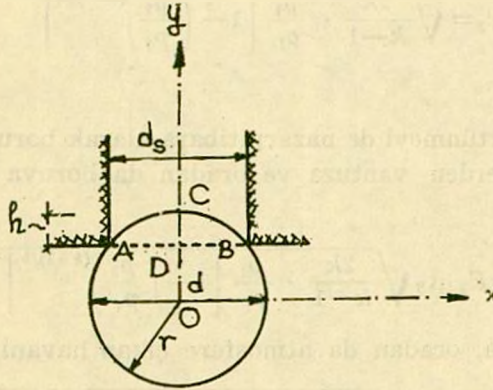
VANTUZ KÜRESİNİN SÜRTÜNME DİRENCİ

Alçak basınçlı hava emmeye yarayan çift küreli bir vantuz, negatif basınçların teşekkülü esnasında çalışır. Bu taktirde vana açıklığı, gecikmeli olarak serbest bırakılır. Zira; negatif basınç teşekkülünde, küre ile sıkıştırma halkasının birleşme yüzeyinde sürtünme mevcuttur.

Vantuzun çalışması esnasında, küresel yüzgeç yukarı kalktığı zaman, çıkış deliğine istinad eder. Bu durum, borudan vantuzun suyun girdiğini veya havanın vantuzdan çıktığını gösterir. Küresel yüzgeci kaldıran kuvvet, su içinde bulunan küre hacmindeki sıvının ağırlığına eşittir. Bu kuvvete A denirse,

$$A = \gamma \frac{4}{3} \pi r^3 \cong 0,524 \cdot \gamma \cdot d^3 \quad (\text{kg}) \quad (7)$$

dır. Burada kürenin çapı, d ile gösterilmiştir. Ancak, çok küçük iç basınçlarda ve çıkış deliğinin açılmaya yakın sınır durumlarında, istinad kesitindeki küre kesmesine ait kaldırma kuvvetini çıkarmak icabeder. O hâlde önce, bu kuvveti bulmak lâzımdır. Bunun için, aşağıdaki şekil gözönüne alınsın :



Şekil: Çıkış deliğine istinad etmiş Vantuz Küresi

x ve y eksenlerine göre kürenin çember denklemi,

$$x^2 + y^2 = r^2$$

dir. BCD düzleminin Oy eksenini etrafında dönmesinden dolayı, küre kesmesinin hacmi meydana gelecektir. Bu, matematiksel olarak ifade edilirse,

$$V_{ABC} = \pi \int x^2 \cdot dy$$

olur. Burada integral sınırları $(r-h)$ dan r ye kadar değişecektir. x ifadesi, çember denkleminde çekilir ve yukarıdaki denklemde yerine konursa;

$$V_{ABC} = \pi \int_{r-h}^r (r^2 - y^2) dy$$

elde edilir. Bu ifade çözümlenerek,

$$\begin{aligned} V_{ABC} &= \pi \left[r^2 y - \frac{1}{3} y^3 \right]_{r-h}^r = \pi \left\{ r^2 [r - (r-h)] - \frac{1}{3} [r^3 - (r-h)^3] \right\} \\ &= \pi \left[r^2(r-r+h) - \frac{1}{3} (r^3 - r^3 + 3r^2h - 3rh^2 + h^3) \right] \\ &= \pi \left(r^2h - r^2h + rh^2 - \frac{1}{3} h^3 \right) \end{aligned}$$

veya

$$V_{ABC} = \pi h^2 \left(r - \frac{1}{3} h \right)$$

olur. Kürenin yarıçapı olan r , d_s ve h cinsinden ifade edilmesi gerekir. BDO dik üçgeninden faydalanılarak,

$$\begin{aligned} r^2 &= \left(\frac{d_s}{2} \right)^2 + (r-h)^2 = \frac{d_s^2}{4} + r^2 - 2rh + h^2 \\ r &= \frac{d_s^2}{8h} + \frac{h}{2} \end{aligned}$$

bulunur. Bu da V_{ABC} ifadesinde yerine konursa,

$$V_{ABC} = \pi h^2 \left(\frac{d_s^2}{8h} + \frac{h}{2} - \frac{h}{3} \right) = \pi h^2 \left(\frac{d_s^2}{8h} + \frac{h}{6} \right)$$

veya

$$V_{ABC} = \frac{\pi h}{6} \left(\frac{3}{4} d_s^2 + h^2 \right)$$

şeklinde küre kesmesinin hacmi bulunur. O hâlde, küre kesmesine ait kaldırma kuvveti;

$$\Delta A = \gamma \cdot \frac{\pi h}{6} \left(\frac{3}{4} d_s^2 + h^2 \right) \quad (\text{kg}) \quad (8)$$

dır. Küre kesmesinin h yüksekliği, delik çapı d_s ve küre çapı d ye bağlı olarak,

$$h = \frac{d}{2} - \frac{\sqrt{d^2 - d_s^2}}{2} \quad \text{veya} \quad h = \frac{1}{2} (d - \sqrt{d^2 - d_s^2})$$

şeklinde ifade edilebilir.

Vantuzdaki iç basınç p_2 olsun. Bu basınç sebebi ile küre, deliğe

$$P = \frac{\pi \cdot d_s^2}{4} \cdot p_2 \quad (\text{kg}) \quad (9)$$

kuvvetiyle sıkıştırılır. Küresel yüzgecin cidar kalınlığı δ , ortalama çapı d_m ve özgül ağırlığı γ_k ise, kürenin zati ağırlığı G , yüzey alanı ($\pi \cdot d_m^2$) olduğuna göre,

$$G = \pi \cdot d_m^2 \cdot \delta \cdot \gamma_k \quad (\text{kg}) \quad (10)$$

dır. Buna göre, küreyi deliğe bastıran özgül sızdırmazlık basıncı

$$p = (A - \Delta A + P - G) \frac{1}{\pi d_s \cdot b} > (1,5 \sim 2) p_2 \quad (\text{kg/cm}^2) \quad (11)$$

şeklinde ifade edilir. Buradaki $1,5 \sim 2$ katsayısı, oturma yüzeyinin yapıldığı malzemeye bağlıdır. b ise, bu istinad halkasının genişliğini gösterir.

Dış basınç, boru içindeki iç basınçtan daha büyük olduğu zaman, hava giriş kesitindeki küre aşağıya düşer. Kürenin kendi ağırlığının ve kaldırma kuvvetinin tesiri ekseriya ihmâl edilebilir. Buna karşılık hava atmosfere çıkarken, iç basınç hiç bir rol oynamaz. Bu hâlde küre;

$$A < 0,9 G \quad (\text{kg})$$

olduğu zaman düşer. Buradaki $0,9$ katsayısı, sürtünme kuvvetlerinin tesirinden ve kürenin istinad halkasına yapıştığı düşünüldüğünden dolayı gözönüne alınmıştır. Bununla beraber A kaldırma kuvveti; kürenin batmışlığı azaldıkça, azalır.

Borunun içerisine hava girerken, negatif basıncın zuhuru sırasında, su kolonu henüz yırtılmamıştır. Dolayısıyla hava girişinin mümkün olması, kürenin dalmış durumdan kurtulması gerekir. Bu ise, negatif basınç tesirinin kaldırma kuvvetini yenmesi demektir,

$$(p_1 - p_2) \frac{\pi d_s^2}{4} + (0,5 \cdot G) - A = 0 \quad (12)$$

Negatif basınç tesirinin kaldırma kuvvetine eşit olduğunu gösteren 12 denklemindeki $(0,5 \cdot G)$, kürenin istinad yüzeyine yapışıp kalmasını gösterir. Başka bir deyimle $(0,5 \cdot G)$, kürenin sürtünme kuvvetini ifade etmektedir. Bu kuvvete m denirse küre, aşağıdaki ifadede gösterilen basınç farkına eriştiği zaman aşağıya düşer.

$$p_1 - p_2 = \frac{A - G + m}{\pi d_s^2 / 4} \quad (\text{kg/cm}^2) \quad (13)$$

Burada,

p_1 = Dış basınç (kg/cm²)

p_2 = İç basınç (kg/cm²)

A = Küre kaldırma kuvveti (kg)

G = Küre ağırlığı (kg)

m = Kürenin sürtünme kuvveti (kg)

d_s = Oturma kesiti çapı (cm) dir.

Dış ve iç basınç arasındaki belirli bir $(p_1 - p_2)$ farkı, hava girişini emniyete almak için gereklidir. Bu farkın büyük olması, boru hattının çökmesine veya kırılmasına sebep olur. p_2 nin düşme sınırı, boru hattının göçme mukavemeti ile tayin edilir. Göçme mukavemeti ise çeşitli şekillerde hesap edilebilir.

SONUÇLAR

Boruya hava girişi sırasında, aşağıya düşen küresel yüzgeç, vantuzun gövdesi içinde sakin bir şekilde durmaz. Bilâkis, yersel basınç şartlarının bir neticesi olarak, sallantı halindedir. Bu sallantı hareketi, vantuzun çıkış deliği istinad noktası ile en çukur noktası arasında meydana gelir. Hava, vantuzu terkedip dışarı çıktıktan sonra; bunun yerini alan suyun kaldırma kuvvetinin tesiri ile, teorik olarak vantuzun hemen kapanması gerekirse de bu ekseriya gerçekleşmez. Bilâkis küresel yüzgeç; umumiyetle hava çıkışı başladığı sırada, hava akımı tesiri ile vantuzun çıkış deliği istinad noktasına sıkıştırılır. Bütün bu hususların da vantuzun kapasitesine tesir edeceği aşikârdır.

NOTASYONLAR

- A = Kaldırma kuvveti
 b = İstinad halkası genişliği
 d = Küre çapı
 d_m = Küresel yüzgecin ortalama çapı
 d_s = Delik çapı
 F = Akış kesiti alanı
 G = Küresel yüzgecin zati ağırlığı
 g = Yerçekimi ivmesi
 H = Toplam kayıp
 h = Küre kesmesi yüksekliği
 k = Adyabatik sıkıştırma katsayısı
 m = Küre ile istinad halkası arasındaki sürtünme kuvveti
 P = Basınç kuvveti
 p = Basınç
 Q = Debi
 r = Küre yarıçapı
 V = Hacim
 v = Hız
 $v^2/2g$ = Hız yüksekliği
 z = Kot
 γ = Havanın yoğunluğu
 γ_k = Küresel yüzgecin özgül ağırlığı
 p/γ = Basınç yüksekliği
 ΔA = Küre kesmesine ait kaldırma kuvveti
 μ_B, μ_E = Büzülme ve sürtünme katsayıları
 ρ = Özgül kütle

BİBLİYOGRAFYA

1. Dönmez, H.
Teorik ve Pratik Hidrolik
2. Kalinske, A. A. - Robertson, J. M.
Air Entrainment Closed Conduit Flow. Transactions of ASCE, 1943
3. Löffler, H.
Wasserwirtschaft und Wasser Technik Beitrag zur Bemessung und zum Einsatz von Be- und Entlüftungsventilen in der Wasser Wirtschaft, WWT. 16. Jahrgang 1966, Heft 12.
4. Marks, L S.
Mechanical Engineers Handbook
5. Muslu, Y.
Su Getirme ve Kullanılmış Suları Uzaklaştırma Esasları