

20 – 50 Kg Arası Kütlelerin Daldırma Tartım Tekniği İle Yoğunluklarının Belirlenmesi

Ümit Yüksel Akçadag¹, Orhan Sakarya²

¹TÜBİTAK, Ulusal Metroloji Enstitüsü P.K.54 41470 Gebze/TÜRKİYE
Tel: 262 679 50 00 / 5400 E-mail : umit.akcadag@ume.tubitak.gov.tr
²TÜBİTAK, Ulusal Metroloji Enstitüsü P.K.54 41470 Gebze/TÜRKİYE
Tel: 262 679 50 00 / 5401 E-mail : orhan.sakarya@ume.tubitak.gov.tr

ÖZET

OIML'in tanımladığı ağırlık sınıfları içinde yer alan ve kütle skalası oluşturma çalışmalarında kullanılan 20 kg – 50 kg arası kütlelerin kütle değerlerinin belirlenebilmesi için, bu kütlelerin yoğunluk değerlerinin de bilinmesi gerekir. Bu nedenle referans kütlelerin yoğunluk değerleri doğru ve istenilen belirsizlikte belirlenmelidir.

Bir katı cismin bir sıvı içinde ağırlık kaybına uğramasıyla ya katı cismin yoğunluğu yada sıvının yoğunluğu belirlenir. Katı cisim yoğunluğu, katı cisim yoğunluk standardı veya yoğunluğu bilinen kaldırma sıvısının yardımı ile bulunur.

Bu çalışmada, 20 – 50 kg arası kütlelerin yoğunlukları daldırma tartım tekniği ile belirlenmiştir. Kütle yoğunlukları, bir terazi üzerinde içinde saf su bulunan cam bir kap içine kütlelerin bir askı tertibatı yardımı ile tamamen daldırılması ve tartılması ile elde edilmiştir.

Bu ölçüm düzeneği UME Hacim ve Yoğunluk Laboratuvarında gerçekleştirilmiş olup, bağıl ölçüm belirsizliği yaklaşık olarak 4.10^{-5} olarak elde edilmiştir.

Anahtar kelimeler : Katı yoğunluk belirlenmesi, daldırma tartım tekniği, hidrostatik tartım

1.GİRİŞ

SI-Uluslararası Birimler Sisteminde yoğunluk türetilmiş bir birimdir. Bir maddenin kütesinin hacmine oranı olarak tanımlanır ve birimi kg/m^3 'tür.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Laboratuvar ortamında yapılan kütle ölçümlerinde kütle hacminden dolayı, Arşimet prensibine göre hava kaldırma kuvveti etkisinde kalır. Bu nedenle oluşacak hataları en aza indirebilmek için cismin hacminin iyi bir doğrulukla belirlenmesi gerekir.

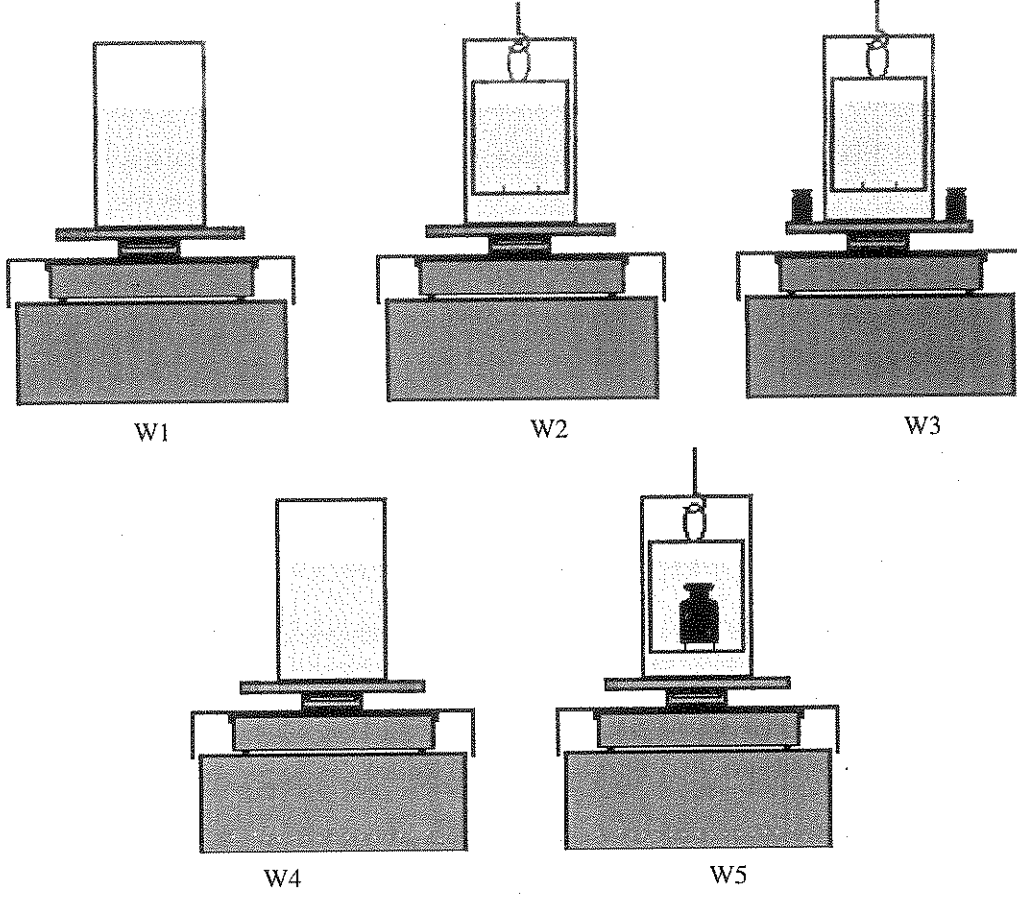
20 kg – 50 kg arası kütlelerin yoğunlukları alttan askılı klasik hidrostatik tartım yöntemi yerine uygulaması daha kolay olan üstten yüklemeli bir hidrostatik sistem ile belirlenmektedir. Bu yöntemde kullanılan düzende; bir terazi ve bunun üzerinde içi sıvı doldurulmuş silindir bir cam kap ile beraber hassas bir termometre ve bu cam kap içinde asılı durumda bulunan bir kefe bulunmaktadır.

Bu tartım sisteminde, 10 mg okunabilirliğe sahip 60 kg kapasiteli terazi kullanılmıştır. Kullanılan cam silindir 300 mm çapında ve 600 mm yüksekliğinde olup ve yaklaşık 30 L saf su ile doldurulmuştur. Tartım sistemi 40 kg'lık bir ön yüklemeye maruzdur. Test edilen cismin yerleştirilmesi esnasında hava kabarcıkları oluşmasına engel olmak amacıyla test edilen cisim sıvıya daldırılmadan önce ıslak bir bezle silinerek ıslatılmaktadır.

2. ÖLÇÜM YÖNTEMİ VE GEREKLİ HESAPLAMALARA ESAS OLAN FORMÜLLER

Ölçümler Şekil 1.'de şematik olarak gösterilen düzende gerçekleştirilir. Terazi üzerinde içi saf su ile doldurul-

muş silindir bir cam kap, cam silindir içinde numune katı cismi askı halindeyken tartmak amacıyla bir kefe ve bu kefenin de yukarı aşağı hareketini sağlamak için bir vinç bu düzeneği oluşturmaktadır. Ayrıca saf suyun ölçüm esnasındaki sıcaklığını okumak için silindir cam kap içine bir termometre bulunmaktadır. Havanın yoğunluğunu belirlemek için de ortam sıcaklığı, basınç ve nem değerleri de ölçü aletleri aracılığı ile ölçülür.



Şekil 1. Üstten yüklemeli katı yoğunluk belirleme düzeneği

Eşitlik (1) ile numune katı cismin yoğunluğu belirlenir.

$$\rho (t \text{ } ^\circ\text{C}) = \frac{m_c}{m_{cf}} (\rho_f - \rho_a) + \rho_a \quad (1)$$

- m_c : Numune katı cismin konvansiyonel tartım değeri
- m_{cf} : Taşan sıvıya karşılık gelen tartım değeri
- ρ_f : Saf su yoğunluğu
- ρ_a : Hava yoğunluğu

m_{cf} , aşağıdaki şekilde belirlenir;

- f : $W_3 - W_2 - m_c$
- m_{cf} : $W_5 - W_2 - f$
- ΔW : $W_5 - W_3$

Yoğunluk belirleme işlemi Şekil (1) dikkate alınarak yapılır.

- Terazi üzerinde bulunan ve içi saf su ile dolu olan cam silindir tartılır (W_1)
- Terazi üzerinde bulunan ve içi saf su ile dolu olan cam silindirin içine askı tertibatı kefe koyulur ve tartılır (W_2)
- Bu kefe içine numune katı cisim koyulur ve tartılır (W_3)
($W_3 - W_2$) kadar standart ağırlık standart kütle (m_c) setinden seçilir
- Terazi üzerinde bulunan ve içi saf su ile dolu olan cam silindir tekrar tartılır (W_4)
- Terazi üzerinde bulunan ve içi saf su ile dolu olan cam silindir içine askı tertibatı kefe konulur ve tartılır (W_5)
- Terazi üzerinde bulunan ve içi saf su ile dolu olan cam silindir, askı tertibatı ve standart ağırlıklar (m_c) tartılır (W_6)
- Terazi üzerinde bulunan ve içi saf su ile dolu olan cam silindir tekrar tartılır (W_7)
- Terazi üzerinde bulunan ve içi saf su ile dolu olan cam silindir içine kütle ile beraber askı tertibatı kefe koyulur ve tartılır (W_8)
- Yukarıda anlatılan işlemler (d'den h'ye kadar olan kısım) üç kez tekrarlanır
- Tartım esnasında saf su sıcaklığı, ortamın sıcaklığı, basınç ve nem değerleri ölçülür
- Eşitlik (1) kullanılarak elde edilen üç yoğunluk değeri eşitlik (2) yi kullanılarak 20°C 'de elde edilir.

$$\rho(20^\circ\text{C}) = \rho(t^\circ\text{C})(1+3\alpha(t-20^\circ\text{C})) \quad (2)$$

α : hacim genleşme katsayısı, $^\circ\text{C}^{-1}$

Üç çevrimle yapılan ölçümlerden elde edilen üç yoğunluk değerinin ortalama değeri alınarak katı cismin yoğunluğunu eşitlik (3) ile belirlenir.

$$\rho_{\text{ORT}}(20^\circ\text{C}) = (\rho_1(20^\circ\text{C}) + \rho_2(20^\circ\text{C}) + \rho_3(20^\circ\text{C}))/3 \quad (3)$$

Eşitlik (1) kullanılarak elde edilen hacim değerinin belirsizliği aşağıdaki fonksiyon şeklinde ifade edilir.

$$\rho = f(m_c, m_{cf}, \Delta W, \rho_f, \rho_a)$$

Belirsizlik bütçesine dahil edilen bileşenler aşağıda sıralanmıştır:

- $U(m_c)$: Numune kütleinin konvansiyonel tartım değeri belirsizliği
- $U(m_{cf})$: Saf su ortamında yapılan tartımda standart kütlelerin konvansiyonel tartım değeri belirsizliği
- $U(\Delta W)$: Ölçümün standart sapması (s)
- $U(\rho_f)$: Saf suyun belirsizliği
- $U(\rho_a)$: Hava yoğunluğu belirsizliği

Gerekli hesaplamalara esas olan formüller:

Saf su yoğunluğunu sıcaklığın bir fonksiyonu olarak hesaplayan formül eşitlik (4)'de verilmiştir.

$$\rho_w = \sum_{n=0}^5 \frac{(a_n t^n)}{1 + bt} \quad (4)$$

- $a_0 = 9.9983952 \cdot 10^2 \quad \text{kg/m}^3$
- $a_1 = 1.6952577 \cdot 10^1 \quad ^\circ\text{C}^{-1} \text{kg/m}^3$
- $a_2 = -7.9905127 \cdot 10^{-3} \quad ^\circ\text{C}^{-2} \text{kg/m}^3$
- $a_3 = -4.6241757 \cdot 10^{-5} \quad ^\circ\text{C}^{-3} \text{kg/m}^3$
- $a_4 = 1.0584601 \cdot 10^{-7} \quad ^\circ\text{C}^{-4} \text{kg/m}^3$
- $a_5 = -2.8103006 \cdot 10^{-10} \quad ^\circ\text{C}^{-5} \text{kg/m}^3$
- $b = 1.6887236 \cdot 10^{-2} \quad ^\circ\text{C}^{-1}$

Eşitlik (4)'e ölçüm anındaki suyun sıcaklığı ve diğer sabitler konularak saf suyun yoğunluğu kg/m^3 olarak bulunur.

Hava yoğunluğunu hesaplayan eşitlik (5)'de verilmiştir.

$$\rho_a = \frac{0.348444P - h(0.00252t - 0.020582)}{273.15 + t} \quad (5)$$

- ρ_a : Hava yoğunluğu (kg/m³)
P : Ortam basıncı (mbar)
t : Ortamın sıcaklığı (°C)
h : Ortamın bağıl nemi (% olarak)

3. ÖLÇÜM SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRME

Ölçümlerde E1 sınıfı 20 kg ve 50 kg nominal değerli iki adet kütlein yoğunluk değerleri belirlenmiş olup, sonuçlar 20°C referans sıcaklığında Tablo 1'de verilmiştir.

(OIML'e göre E1 sınıfı kütleler için $\rho = 8000 \pm 67$ kg/m³ olmalıdır).

Tablo 1. E1 sınıfı 20 kg ve 50 kg kütlelerin yoğunluk değerleri

Nominal değer (kg)	Yoğunluk değeri (kg/m ³)	Yoğunluk belirsizliği, k=2.0 (kg/m ³)	Bağıl yoğunluk belirsizliği
20	8025.6	0.3	3.6E-05
50	8017.2	0.3	3.9E-05

Kütle skalası oluşturma çalışmalarında kullanılan bağıl hacim belirsizliği en fazla 3.10^{-4} iken, bu çalışmada 4.10^{-5} civarında bulunmuş olup, elde edilen yoğunluk değerleri OIML'in tanımladığı sınırlar içinde yer almıştır.

4. REFERANSLAR

- [1] "OIML R 111, Weights of classes E1, E2, F1, F2, M1, M1-2, M2, M2-3, and M3"
- [2] "Rapor PTB", 1997 ALMANYA /Braunschweig
- [3] Dr. F. Spieweck und Dr. H. Bettin , Dipl. -Ing. H. Toth "Einfachte Festkörper-Sichtebestimmung mit einer Oberschaligen Waage wagen + dosiren" 6/1990
- [4] G.S. Kell, "Density, Thermal expansivity and compressibility of liquid water from 0 °C to 150 °C : correlations and tables for atmospheric pressure and saturation reviewed and expressed on 1968 temperature scale.J.Chem. & Eng. Data 20", 1975, s. 97-105
- [5] "Guide to the expression of uncertainty in measurement, ISO", Switazarland, 1993