



## Kısa Makale

# Zeminlerde Meydana Gelen Oturma ve Kabarmaların Oturma Hücreleri İle Belirlenmesi

Ali CIRIK, İsmail ZORLUER

Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Afyonkarahisar

## ÖZET

Toprak dolgu barajlarda, tünellerde, depolama tanklarının altında, maden ocaklarında ve inşaat temellerinde meydana gelen oturmalar veya kabarmalar yapılara ciddi zarar verebilmektedir. Yapılara zarar veren oturmaları ve kabarmaları zamanında tespit edip gerekli önlemlerin alınarak oluşabilecek zararları en aza indirmek önemlidir. Bu amaçla çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bu çalışmada zeminlerde meydana gelen oturmaları veya kabarmaları tespit etmek amacıyla kullanılan oturma hücreleri yer almıştır. Dünyada yaygın olarak kullanılmakta olan oturma hücreleri pünomatik ve titreşimli tel oturma hücreleridir. Bu iki tip hücrenin kullanım amacı, kurulumu, uygulaması çalışmada verilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Oturma, Kabarma, Oturma Hücreleri,

## 1.GİRİŞ

Oturma hücreleri zeminlerdeki oturmaları ve kabarmaları gözlemlemek için kullanılır. Genellikle kullanım alanları şunlardır; Kazılarda veya kazı temellerinde meydana gelen oturma ve kabarmaları, tünel inşaatlarında, maden ocaklarında meydana gelen göçükleri, depolama tanklarının altında meydana gelen konsolidasyonu, drenaj veya ön yükleme sırasında oluşan oturmaları, dolgularda meydana gelen oturmaları gözlemlemek için kullanılır [1,2,3]. Ayrıca yapı kontrolü veya yol kazılarında ve toprak dolgu barajlarda kullanılır [5].

## 2. UYGULAMA

Oturma hücreleri; bir sıvı rezervuarı, sıvı ile doldurulmuş ince borular ve basınç dönüştürücüden oluşur. İnce borulardan birinin ucu oturma hücresine bağlıdır. Bu kısım dolgu içine veya sondaj deliğine yerleştirilir. Diğer borunun ucu ise inşaat alanının uzağında olan rezervuara bağlıdır [3].

Dönüştürücü, ince borular içindeki sıvının yüksekliğinden oluşan basıncı ölçer. Dönüştürücü zemini kuşatacak şekilde kurulur. Sıvı yüksekliği azaldığında oturma hücresi yüksek basıncı ölçer. Oturma, sıvı kaynağındaki basınç değişimlerinin mm veya inch birimi olarak ölçülmesiyle belirlenir[3,7].

Oturma hücreleri vibrasyonlu veya pünomatik dönüştürücülü olarak ikiye ayrılır. Vibrasyonlu versiyonu değerleri okumak için daha elverişlidir[2,3].

## 2.1. Avantajları

Dönüştürücü ve borular tamamen gömüldür. Bu nedenle inşaat trafiğini engellemez. Okumalar inşaat alanının uzağından alınabilir. İnşaat aktivitesine ara vermeden devam etmesini sağlar. Kullanılan borulara uygun şekilde yön verilebilir ve rezervuar ile dönüştürücü arasında düz bir hat gerektirmez[1].

Sistem, basınç ve sıcaklık değişimlerinden etkilenmektedir. Sıcaklık problemleri bağlantı borularının mümkün olduğu kadarıyla kısa mesafede kurulması ile giderilebilir[1].

## 3. PÜNOMATİK OTURMA HÜCRESİ

Pünomatik oturma hücresi standart gözlem teknikleri kullanılarak ölçülemeyen zemin oturmalarını ölçmek için kullanılır. Genellikle toprak dolgulu barajların, arazi dolgularının, yumuşak zeminlerin oturma değişimlerini ölçmek için faydalıdır[7].

### 3.1. Sistem Elemanları

**Oturma hücreleri:** hücre plastik silindir ile içinde bulunan penomatik dönüştürücüden oluşur.

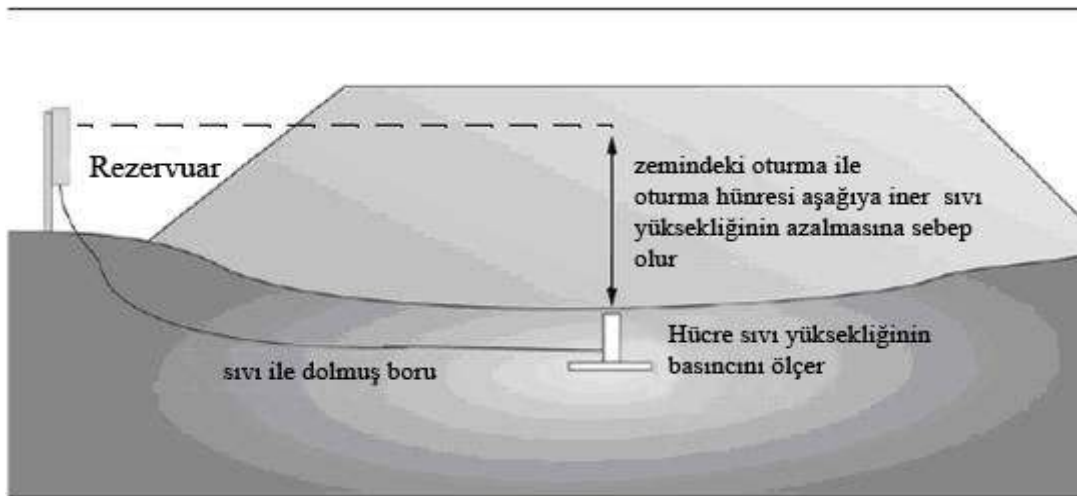
**Borular:** ince borular ¼ inch ikiz borudan oluşur. Sıvı ile doldurulmuş borunun uçlarında genişletme elemanı ile hızlı konektör vardır. Uçları toz tıkaçı ile tıkanmıştır.

**Rezervuar:** kolay menfezli rezervuarda bir tane oturma hücresi bulunur. Otomatik veya manuel okuma için idealdir.

En iyi sonucun elde edilmesi için, rezervuar hücreden en az 10feet yukarıya yerleştirilir. Bu iyi bir diyagram elde edilmesi için yeterli sıvı yüksekliği sağlar[7].

### 3.2. Uygulamannın Teorisi

Oturma hücreleri: sıvı ile doldurulmuş boru, basınç dönüştürücüsü ve sıvı rezervuar gibi üç daimi unsurdan oluştuğu ifade edilmişti. Bağlantı borularından bir tanesinin ucu basınç dönüştürücüye bağlıdır. Dönüştürücü zemin içindedir. Diğer borunun ucu rezervuara bağlıdır. Rezervuar sabit zeminden daha yüksek bir yerde inşaat alanının uzağına yerleştirilir. şekil 2 [7]



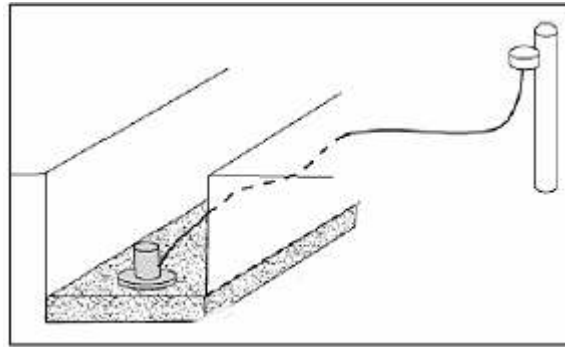
Şekil 2 Pünomatik Oturma Hücresi[7]

Dönüştürücü borunun içindeki sıvının dikey yüksekliğinden dolayı oluşan basıncı ölçer. Sıvının yüksekliği dönüştürücü ile rezervuar yüksekliğinin farkına eşittir. Dönüştürücü zemini kuşatacak şekilde kurulur. Sıvı yüksekliğinin azalması ile dönüştürücü daha yüksek basıncı ölçer[7].

Oturma sıvı yüksekliğinin basınç dönüşümünün mm veya inch cinsinden hesaplanması ile bulunur[7].

### 3.3. Pnömatik Oturma Hücresinin Kurulumu

Oturma hücresi, rezervuar ve birleştirme çukuru için yer seçilir. Önceden belirlenen derinlikte ve genişlikte çukur kazılır. Çukur içerisinden keskin taşlar ve kaya parçaları alınır. İyi derecelenmiş kum çukurun altına serilir[7].



Şekil 2 Hücrenin Yerleştirilmesi[7]

Doğru hücre ve doğru uzunlukta boru seçilip seçilmediği kontrol edilir. Sistemin en zayıf noktası boruların hücreye bağlandığı yerdir. Zayıf noktanın korunması için hücre zemine yatay olarak yerleştirilir. Eğer hücre zemine dikey olarak yerleştirilmek zorunda ise zemin yeterli derinlikte kazılmalıdır[7].

Hücrenin üst kısmı en az 100mm kum tabakası ile örtülmeli ve el ile sıkıştırılmalıdır.

Borular çukur boyunca yerleştirilir. Boruların çukur hattı boyunca zeminde meydana gelebilecek oturmalardan korunması için yılan gibi kıvrım şeklinde yerleştirilir. Dolayısı ile gerilmelerden zarar görmesi belli oranda azaltılmış olur. Dikey doğrultuda döşenen borular daha çok gerilmeye maruz kalırlar kutular yerleştirilerek çökme etkisinden meydana gelecek etkiler azaltılır[7].

Kabloların ve boruların üzeri kum tabakası ile örtülür ve el ile sıkıştırılır. Daha sonra çukurun geri doldurulması dikkatli bir şekilde yapılmalıdır [7].

Rezervuar yuvası duvar üstüne veya kazığa yerleştirilir. Seçilen yer direk gün ışığından korunmalı, boru uzunluğu fazla olamayacak mesafede seçilmelidir. Sıcaklık değişimleri minimize edilmelidir. Rezervuar kalıcı yerine yerleştirilmeden önce sistem test edilmelidir. Test yönergesi şu şekildedir[7].

Rezervuar havası alınmış sıvı ile doldurulur. Sıvının hızlı bağlantı tıkaçından akması sağlanır. İleriki zamanda sıvı buharlaşabilir. Buharlaşma olduğunda sıvı tekrar rezervuara konur. Buharlaşan sıvının yerine sadece su konabilir. Eklenecek olan suyun havası alınmalıdır[7].

Hızlı birleştirici soketler(hücre borusunun üstündeki) havası alınmış sıvı ile doldurulur. Sonra hızlı birleştirici tıkaçlar monte edilir. Bağlantılar tamamlandığında boruların içindeki basınç altındaki fazla miktarda olan sıvı dışarı çıkar[7].

### 3.4. Sistemin Test Edilişi

Bu test rezervuardaki elavasyon değişikliklerinin tepkilerini kontrol etmek amacıyla dır. Yapılan test sürecinde barometre düzeltmesine gerek yoktur[7].

1. Oturma hücresinden bir okuma alınır.
2. Rezervuar, başlangıç yüksekliğinden 0.5m yükseltilir ve okuma alınır.
3. Rezervuar, ilk konumdan 0.5m aşağıya indirilir ve okuma alınır.
4. Okumalar su yüksekliğinin tepe noktasına çevrilir. İkinci ve üçüncü okumalar tepe noktasından 0.5m gösterebilir. Hesaplanan tepe noktaları yaklaşıktır.
5. Testten sonra, rezervuar kalıcı yükseklikteki yerine yerleştirilir.

### 3.4. Okumaların Alınması

Pünomatik dönüştürücüyü okumak için iki yol vardır. Bu yollar akışlı ve akışsız metodudur. Burada akışlı metot incelenmiştir. Akışlı metot akış ölçer gerektirir.[7].

### 3.5. Göstergenin hazırlanması

İnşaat alanından ayrılamadan önce, tankta yeterli gaz olup olmadığı kontrol edilmelidir. Tank basıncı 35bar veya 500psi den yüksek olmalıdır. Gerekli ise tank tekrar doldurulur. Basınç ayarlaması topuzun saat yönünde aksi yönde çevrilmesi suretiyle yapılır[7].

Tank kontrol vanası açık konumda bırakılarak gazın göstergesi beslemesi sağlanır.

### 3.6. Boruların Bağlanması

Dönüştürücüde iki tane boru vardır. Boruların biri siyah diğeri ise şeffaftır. Siyah borunun ucuna hızlı birleştirici yerleştirilir. Siyah boru göstergedeki dönüştürücü soketine bağlanır. Eğer bağlantı panele yapılırsa jumper kullanılarak panel ile gösterge birleştirilir[7].



Şekil 3 Boruların Bağlanması[7]

Şeffaf boru gaz borusudur. Gaz borusu toz kapağı ile korunabilir. Kapağı, dönüştürücü aktif edilmeden önce alınır. Gazın geri dönüşü sırasında hafif bir patlama sesi duyulabilir. Gaz borusu geri akış göstergesine bağlanır veya bir şişe temiz su yerleştirilir[7].

Eğer dönüştürücüye bağlanan borular uzak mesafeli ise aktifleşme ve okuma için biraz beklenmelidir. Akış oranının artması bu süreyi azaltmaz. Gerçekte, hızlı akış okuma için daha fazla beklemeye sebep olur[7].

### 3.7. Okuma Alınması

- 1- Gazın geri dönüşü kontrol edildiğinde, akış vanası kurulur. Akış ölçer\_göstergede 30mm olarak gösterir. Bu 47cc/m veya 0.1SCF' a eşittir.
- 2- Basınç okumasının düzenli olması için beklenir. Boru 500feet uzaklıkta ise bu süre 90sn kadardır.
- 3- En üst ölçüden başlayarak aşağıya doğru okuma alınır.

### 3.8. Okumaları Doğrulanması

- 1- Akış kontrol vanası açık pozisyona getirilir. Amaç basınç ölçme aletinde okumaların değiştirilmesidir.
- 2- Okumanın düzenli hale gelmesi için beklenir. İlk okuma ile karşılaştırılır. İşlem dikkate değer okumalar alınmaya kadar devam ettirilir.

### 3.9. Veri İndirimi

Dönüştürücüdeki basınç okumasının su yüksekliğine çevrilmesi tablo1'deki veriler kullanılarak şu şekilde yapılır[7].

$$\text{Su Yüksekliği} = \text{Doğrulanmış Hücre Basıncı} * \text{Çevirme Faktörü}$$

### 3.10. Oturmanın Hesabı

Su yüksekliğindeki değişimler oturmayı veya kabarmayı gösterir. Eğer değişiklikler pozitif ise oturma meydana gelmiş olur. Eğer negatif ise kabarma meydana gelmiş olur[7].

$$\text{Su Yüksekliğindeki Değişiklik} = \text{Su Yüksekliği}_{\text{O anki}} - \text{Su Yüksekliği}_{\text{Başlangıçtaki}}$$

Tablo1 Okumaların Su Yüksekliğine Çevrilmesi [7]

| Başlangıç birimi | Çarpan | Sonuç Birimi |
|------------------|--------|--------------|
| psi              | 27.73  | inch         |
|                  | 2.31   | feet         |
|                  | 704.3  | mm           |
|                  | 0.7043 | m            |
| bar              | 10215  | mm           |
|                  | 10.215 | m            |

### 3.11. Sıvı Yoğunluğunun Doğrulanması

Bu işlem opsiyonel doğrulamadır. Normalde gerekli değildir. Oturmayı gözlemlemek tipik değişiklikleri gerektirir.

Oturma hücresini besleyen havası alınmış sıvı 50/50 su ve Ethylene Glycol karışımıdır. Karışım %7 sudan daha ağırdır. Aşağıdaki tabloda su / Ethylene Glycol karışım yoğunluğunun çeşitli sıcaklıktaki karışımı verilmiştir. O andaki sıvının tepe noktasını hesaplamak için tablodaki uygun olan değere bölünür. Bu normalde 1.07'dir [7].

Değerleri kullanmaya karar vermeden önce, sıvı yüksekliğini oluşturan sıvının sıcaklığı üniform olarak dağılmadığı unutulmamalıdır. Gömülü borudaki sıvı 10-15°C arasındadır. Gömülü olmayan tarafın ısı ise gün içindeki sıcaklık değişikliğinden etkilenir.

**Tepe noktası 50/50 Ethylene Glycol/Su = Su yüksekliği / Yoğunluk faktörü**

Tablo 2 Sıcaklık Değişim Faktörü[7]

| Sıcaklık ,°C | Yoğunluk Faktörü |
|--------------|------------------|
| -10          | 1.0800           |
| -5           | 1.0775           |
| 0            | 1.0750           |
| 5            | 1.0725           |
| 10           | 1.0700           |
| 15           | 1.0672           |
| 20           | 1.0645           |
| 25           | 1.0617           |
| 30           | 1.0590           |
| 35           | 1.0560           |
| 40           | 1.0530           |

#### 4. TİTREŞİMLİ TEL OTURMA HÜCRESİ

Hücre titreşimli tel dönüştürücüden oluşur. İçine monte edilmiş su haznesi mevcuttur. Bir çift naylon boru hücreden sabit zeminde bulunan okuma terminaline uzatılır. Naylon borular su ile doldurulur ve veri potuna, dönüştürücü yuvasına bağlanır. Hücredeki dikey hareket su yatağındaki sıvı basıncı okuması ile ilgilidir[4].

Basınç değişimini ölçmek ve dolayısı ile oturma veya kabarma miktarını bulmak için titreşimli tel okuması hücre hareketinden oluşan sıvı basıncının direk okunmasını sağlar. Metre cinsinden gösterilir. Basınç bir önceki ile karşılaştırılıp kayıt edilebilir[4].



Şekil 4 Çukur Tipi Hücre



Şekil 5 Sondaj Tipi Hücre

## 5.SONUÇ

Bu çalışmada oturma hücrelerinin genel özellikleri, eşitleri, uygulama şekli incelendi. Yaygın olarak pünomatik ve titreşimli tel oturma hücreleri kullanılmaktadır. Oturma hücreleri kullanılarak zeminlerde meydana gelen oturmalar ve kabarmalar tespit edilir. Bunun neticesinde gerekli önlemler alınır.

Pünomatik oturma hücreleri kullanılırken hava basıncı atmosfer olayları sonucu değişim içindedir. Basıncı değişikleri hesaplarda düzeltilmelidir. Titreşimli tel oturma hücreleri hava olaylarından daha az etkilenir.

## KAYNAKÇA

- [1]- [www.sensor123.com/tech%20note\\_settlement%20cell.htm](http://www.sensor123.com/tech%20note_settlement%20cell.htm)
- [2]- [www.123.com/settlementcell.htm](http://www.123.com/settlementcell.htm)
- [3]- [www.geotrade.com/Products/Geotechnical/Settlement\\_cells/settlement\\_cells.html](http://www.geotrade.com/Products/Geotechnical/Settlement_cells/settlement_cells.html)
- [4]- [www.soil.co.uk](http://www.soil.co.uk)
- [5]- [www.roctest.com](http://www.roctest.com)
- [6]- [www.slopeindicator.com/pdf/pneumatic%20setcell%20datasheet.pdf](http://www.slopeindicator.com/pdf/pneumatic%20setcell%20datasheet.pdf)
- [7]- [www.slopeindicator.com/pdf/manuals/pneumatic-settlement-cell.pdf](http://www.slopeindicator.com/pdf/manuals/pneumatic-settlement-cell.pdf)