

KATODİK KORUMA PROJESİNİN YAPILMASI

PROJE İÇİN ÖN ÇALIŞMALAR:

Katodik koruma sisteminden iyi bir netice alabilmek için proje yapımından önce dikkatli bir güzergah ve arazi etüdü yapılmalıdır. Bu çalışmalarda dikkat edilecek hususlar;

A- Korunacak yapı hakkında bilgiler

- 1-Güzergah plan ve profili
- 2-Tesis tarihi,tesis şekli
- 3-Kaplama cinsi
- 4-Korumadan önceki potansiyeli

B-Çevre hakkında bilgiler.

- 1-Civarda başka katodik korumalı sistemlerin olup olmadığı
- 2-Akım alış verişi olabilecek yabancı yapıların tespiti
- 3-Enerji temin noktalarının ve Y.G. hatlarının tespiti
- 4-Ulaşım şartları
- 5-Anot ve redresörlerin konulabileceği yerlerin tespiti.

C-Arazi çalışmaları

- 1.Şartnamelerde belirtilen aralıklarla toprak rezistivite ve pH değerlerinin ölçülmesi
- 2.Redoks potansiyeli ölçümü.

c.1.a-Toprak rezistivitesinin ölçülmesi: (Wenner metodu)

Wenner metodu ile rezistivite (özgül direnç) ölçümü

Bu metot da dört adet elektrot eşit (L cm) aralıklarla ve aynı doğrultuda toprağa daldırılır. En dışlardaki elektrotlardan (C1 ve C2) akım uygulanır, içteki (P1 ve P2) elektrotlarından voltaj ölçülür. Toprak direnci, Ohm kanunu uygulanarak ($R = V / I$) ölçü aletinden doğrudan okunur.

Rezistivite = $2 \times \pi \times R \times L$ (ohmxcm) bağıntısından hesaplanır.

Wenner metodunda toprak altındaki gömülü çelik yapıların, ölçümde hatalara sebep olacağı bilinmelidir. Elektrotlar, boru hattına **dik** olarak yerleştirilmelidir. Boru güzergahında veya boruya paralel yerleştirilmeleri, gerçek değerden düşük rezistivite ölçmemize sebep olur.

Dört uçlu Weston köprüsü sistemi ile geliştirilmiş cihazlar yardımıyla aşağıda izah edildiği şekilde ölçümler yapılır. Bu cihazların kullanımına ait bilgiler cihazın modeline göre farklı olup kendi broşüründe bulunacağı için burada sadece ölçüm işleminin ana hatları verilmiştir.

- Cihazın uçları eşit aralıklarla toprağa batırılır. (Batırma derinliği, (L) aralığının 1/20 'sini geçmemelidir.) Uçlar arası mesafenin L =159 cm olması hem hesap kolaylığı hem de boru derinliğinden ölçü alınmasını sağlamak için tercih nedenidir.
- Uçlar toprağa batırıldıktan sonra cihazın tipine göre (manyeto kollu veya pilli) toprağın direnci ölçülür. Cihazın ekranında ölçülen direnç 1000 ile çarpılarak, ölçüm

yapılan yerdeki ve 159 cm derinlikteki rezistivite bulunmuş olur. Bu arada cihazın çarpan kademesine de dikkat etmek gerekir.

$\delta = 2 \times \pi \times a \times R$ (ohmxcn) bağıntısında

$a = 159$ cm $R =$ Cihazdan okunan değer (ohm)

$\delta = 2 \times 3.14 \times 159 \times R = 1000 \times R$ (ohmxcn) olur.

(cihazın çarpan kademesi 0.1 ise okunan R değeri, 100 ile çarpılmalıdır)

Toprak rezistivitesi laboratuvar ortamında "soil box" toprak kutusu yöntemi ile de ölçülebilir.

c.1.b - Toprak rezistivitesi ölçümü (Toprak kutusu yöntemi ile)

Toprak rezistivitesinin korozyona tesir eden en önemli faktör olduğu bilindiğine göre, bu ölçümün çok doğru bir şekilde yapılması gerekir. Genel olarak, toprak rezistivitesi düştükçe korozyon artar. Ayrıca, toprak rutubeti arttıkça rezistivite azalır.

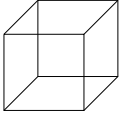
Bilinmelidir ki toprak rezistivitesi çok kısa mesafelerde ve derinliklerde değişiklik gösterebilir. Bu yüzden numunenin doğru noktadan alınmış olması gerekir.

Ana prensip dört elektrotlu Wenner metodu gibidir. Burada da toprakla temas eden 4 adet elektrot bulunur. Soil box' ın dıştaki elektrotları plaka şeklindedir.

$$\delta \text{ (Rezistivite) } = R \frac{W \times h}{L} \text{ (ohm x cm) bağıntısından bulunur.}$$

$W =$ Elektrot genişliği ; $h =$ Elektrot yüksekliği $L =$ İki elektrot ara mesafesi (ölçüler cm cinsinden)

Soil Box 'ta ölçümler için multimetre kullanılması halinde, akım ve voltajın aynı anda okunması gerekir. Multimetrede potansiyel (volt) , akım ise (amper) kademesinde olmalıdır.



1 cm ölçülerinde küp biçimli kutu içindeki toprağın ölçülen direnci (R) (ohm) , aynı toprağın rezistivitesine (geçirgenliğine) (δ) eşittir.

$$R = \delta \text{ (ohmxcn)}$$

Kutunun ölçülerini değiştirdiğimizde ;

Direnç (R ohm) = $\delta \times L / w \times h$ bağıntısından bulunur. Rezistivite ise ; $\delta = R \times w \times h / L$ Bağıntısından bulunur. ($w \times h =$ kutu içindeki saç elektrodun kesit alanıdır.)

$W=5$ cm, $h=6$ cm, $L=23$ cm kutuda $\delta = R \times 30 / 23 = R \times 1,3$ (ohmxcn) Olacaktır.

İki ucunda çelik elektrot levhası olan bir kutuya direnci ölçülecek toprak, su veya kok tozu konulmuş olsun. Akım levhalarına, harici 6-24 Volt değerinde bir batarya ile akım uygulanır. Kutunun içinden, avometre volt kademesine alınarak uçları $L = 10$ cm ara mesafe ile su veya toprağa daldırılır. Voltajı ölçülür. $R = V / A$ bağıntısından direnci bulunur.

Voltaj ölçtüğümüz iki uç arası 10 cm, ve kesit alanı 30 cm² olduğundan $(wxh) / L = 3$ cm

Ölçülen voltaj =1,9V, Akım = 0,002A

$R = 1,9 / 0,002 = 950$ ohm bulunur.

Voltaj uçları ara mesafesine göre düzeltme faktörü ile çarpılarak,

$$\delta = 950 \times 3 = 2850 \text{ ohm} \times \text{cm bulunur. (Çeşme suyu)}$$

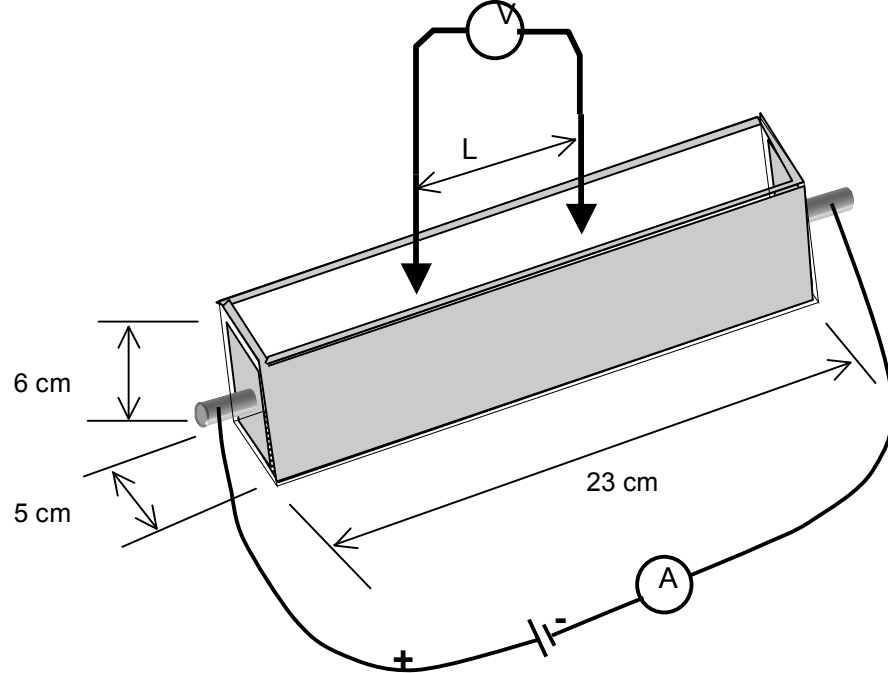
Elimizde 4 uçlu megger olması halinde, megger'in P1 – C1 ve P2 – C2 uçları şöntlenir. P1 ve P2 uçlarından kutunun akım levhalarına akım tatbik edilir. Megger üzerinden toprağın direnci (R) okunur. Resimdeki ölçülerde olan bir "soil box" taki malzemenin rezistivitesi $\delta = 1,3 \times R$ olarak bulunur.

ZEMİNLERİN REZİSTİVİTESİNE GÖRE KOROZİFLİK DEĞERLENDİRMESİ

Zemin Cinsi	Ohm x cm
ÇOK KOROZİF	<1000
KOROZİF	1000-3000
ORTA KOROZİF	3000-10000
AZ KOROZİF	>10000

pH değerlerinin tayini :

Toprağın kimyasal yapısı hakkında bilgi edinebilmek için turnusol kağıdı tabir edilen özel gösterge kağıdı yardımı ile veya doğrudan digital göstergeli pH metre ile toprağın pH değeri ölçülür. Asidik ve bazik ortamlar koruma esnasında dikkate alınmalıdır. Bu ölçümün yapılabilmesi için, toprağın damıtık su ile doymun hale getirilmiş olması gerekir.



c.2-Zeminin Redoks Potansiyeli tayini :

Zemin içinde platin elektrodun , bakır/bakırsülfat referans elektroda karşı potansiyel değeri (E) mV. aşağıdaki formule uygulanarak Redoks potansiyeli hesaplanır. Zeminler redoks potansiyeline göre dört sınıfa ayrılırlar.

$$\text{Redoks Potansiyeli} = E + 316+60 (\text{pH} - 7)$$

Zemin Redoks Pot.(mV.)

100 >
100 – 200
200 – 400
> 400

Zeminin Korozif Özelliği

Çok Korozif
Korozif
Orta Korozif
Az Korozif

Zemin redoks potansiyeli pH değerine bağlı olduğundan zeminin biyolojik ve asidik korozyonu hakkında bilgi vermektedir.

ÖRNEK KATODİK KORUMA PROJESİ HESAPLARI

A-ORTALAMA TOPRAK ÖZGÜL DİRENCİ TAYİNİ (R_{ORT})

Toprak özgül direncinin hesabına ait aşağıdaki formülde değerler yerlerine konularak, ortalama rezistivite bulunur. (Logaritmik ortalama ile de hesaplar yapılabilir.)

$$R_{\text{ORT}} = \frac{a_{1n} - \frac{a_1 + a_n}{2}}{n - 1} \text{ ohmxcm. bulunur. (Örnek olarak ortalama rezistiviteyi 3400 ohmxcm alalım)}$$

a_{1n} ⇒ 1. noktadan son noktaya kadar ölçülen rezistiviteler toplamı

a₁ ⇒ En düşük rezistivite

a_n ⇒ En yüksek rezistivite

n ⇒ rezistivitesi ölçülen nokta sayısı

B-KORUYUCU AKIM İHTİYACININ TESBİTİ (I)

Ortalama toprak özgül direncine bağlı olarak ekte verilen V.S.Kalman eğrisinden okunan koruma akımı miktarları, boru izolasyonunun bitüm ve yeni döşenmiş olduğu göz önünde bulundurularak hesaplara alınacaktır. Koruma akımı aşağıda verilen İller Bankası 47 nolu Yayın sayfa 136 çizelge 15 den de alınabilir.

Çizelge 15

<u>Ortalama Rezistivite</u>	<u>Koruma akımı(mA/m²)(Çıplak boru için)</u>
<1000 ohmxcm. (Çok korozif)	20<I
1000-3000 ohmxcm. (Korozif)	20>I>5
3000-10000 ohmxcm. (Orta Korozif)	5>I->0.1
>10000 ohmxcm. (Az korozif)	I<0.1

V.S.Kalman' dan çıplak borunun 3400 ohmxcm. toprak özgül direnci için koruma akım yoğunluğu **1,7 mA/m²** bulunmuştur. P.E. kaplı boru için koruma akım yoğunluğu çıplak boruya göre 1/10 oranında azaltılarak alınır.

C- KORUNACAK TOPLAM YÜZEY (S_k)

Korunacak toplam yüzey, boru et kalınlığı çapa ilave edilerek , $2 \times r \times L$ formülünden Hesaplanır.

L >> Boru boyu (1000 mt olsun)

$2 \times r$ >> Boru çapı (çap = 0.4 mt olsun) (Boru et kalınlığını ihmal edelim)

S_k = 3,14 x 0,4 x 1000 = 1256 m² bulunur.

D- TOPLAM KORUMA AKIMI (I)

Toplam boru yüzeyinin (S_k) ,1 m² boru için gerekli koruma akımı (I) ile çarpımından toplam koruma akımı

I_{toplam} = S_k m² x I mA/m² = 1256 x 1/10 x 1,7 = 213,52 mA bulunur.

GALVANİK SİSTEMLE KORUMA

Galvanik anotların verebilecekleri akımlar anodun kimyasal ve fiziki yapısına göre değişmektedir. Anotların verebilecekleri akımlar (buldukları rezistiviteye bağlı olarak) hesap yolu ile bulunabilir. Magnezyumun devre potansiyeli AZ63 alaşım için 600 mV., Yüksek Potansiyelli anot için 750 – 870 mV. Alınır..(TS 5141 Sy:9 Çizelge: 5)

Dwight formülünden de anodun toprağa geçiş direnci bulunarak, $I_a = V/R$ bağıntısından Hi-Pot yatay monte edilmiş bir anodun verebileceği akım bulunur. (Dwight formülü aşağıda verilmiştir.)

Toplam akım ihtiyacının I_a'ya bölünmesiyle anot sayısı hesaplanmış olur.

17Lb. ağırlığındaki 9x9x64 cm. çıplak ve $\phi 16$, L=80 cm. dolgulu ölçülerindeki bir anodun toprağa geçiş direnci aşağıda verilen Dwight formulünden bulunur. (Hi-Pot. anot , yatay durumda)

$$R_y = \frac{50}{2 \times \pi \times 64} \times \left(\ln \frac{4 \times 64}{9} - 1 \right) = 0.124 \times 2.348 = 0.415 \text{ ohm. (Anodun dolguya geçiş direnci)}$$

$$R_y'' = \frac{1000}{2 \times \pi \times 80} \times \left(\ln \frac{4 \times 80}{16} - 1 \right) = 1.99 \times 1.995 = 3.97 \text{ ohm. (Dolgunun toprağa geçiş direnci)}$$

Toplam $R_y = 4.38 \text{ ohm}$. bulunur. (50 ohmxcm dolgu içindeki 17 Lb. Ağırlığında bir Hi-Pot. Mg. Anodun, 1000 ohmxcm rezistivitedeki toprağa geçiş direnci)

Bu anodun 3400 ohmxcm rezistiviteli bir ortamdaki toprağa geçiş direnci $3400 \times 4.38 / 1000 = 14,89 \text{ ohm}$. Hesaplanır. bu anodun bulunduğu ortamda verebileceği akım miktarı, devre potansiyeli 750 mA. alındığında ;

$$I_a = 750 / 14.89 = 50,3 \text{ mA. bulunur.}$$

Gerekli anod sayısı ise toplam koruma akımı ihtiyacının bir anodun verebileceği akıma bölünmesiyle hesaplanır.

$$N = 213 \text{ mA} / 50,3 = 4 \text{ ad. 17 Lb. Yüksek Pot.}$$

Bu hesaplama anot sayısının akım ihtiyacına göre tespiti içindir. Aşağıdaki formülden anodun ömür tahkiki de yapılarak gerçek anot sayısı bundan sonra bulunmalıdır.

$$\text{Galvanik anotların ömrü} = \frac{\text{Anod kütlesi (kg) x Anod verimi x eskime faktörü}}{\text{Çekilen akım (A) x Teorik yıpranma (kg/Axyıl)}} \quad \text{(TSE5141)}$$

Formülde ; Anot kütlesi = 7.7 kg. (17 Lb.)
Anot verimi = %50 (TSE5141 Çizelge 5)
Yıpranma = 4,0 kg/Axyıl (TSE5141 Çizelge 5)
Eskime fakt.= 0.85 alınacaktır.

$$\frac{4 \times 7.7 \times 0.50 \times 0.85}{0.213 \text{ A} \times 4 \text{ kg/A.yıl}} = 15.36 \text{ yıl bulunur.}$$

Koruma ömrünün 20 yıl olması isteniyor ise, anot sayısını $X = 20 / 15,36 = 1.3$ defa arttırmak gerekir

$N = 1.3 \times 4 = 5,2$ Adet anot gereklidir.

ANOD POZİSYONUNA BAĞLI OLARAK ANOT DİRENCİ VE VEREBİLECEĞİ AKIM. (DWIGHT FORMULLERİ)

Aynı malzemeden üretilen galvanik anodlardan çekilebilecek maksimum akım; anodun yerleştirileceği bölgenin toprak özgül direnci, anod dolgusu ve keza anodun yerleşim pozisyonuna göre değişmektedir.

Anot direnci, anodun yeraltına dikey veya yatay olarak konulmasına göre farklılık göstermektedir. **Dikey haldeki anot direnci, yatay haldeki anot direncinden daha yüksektir.** Dolayısıyla aynı şartlar altında yatay yerleştirilmiş anottan, dikey olarak yerleştirilmiş anoda göre daha çok akım çekilebilmektedir.

Anot direncinin hesaplanması için **H.B. Dwight** formülleri kullanılmaktadır.

1) Dik olarak yerleştirilen bir anodun direnci:

$$R_d = \frac{\rho}{2\pi L} \times \left[\ln \left(\frac{8L}{d} \right) - 1 \right]$$

2) Yatay olarak yerleştirilen bir anodun direnci:

$$R_y = \frac{\rho}{2\pi L} \times \left[\ln \left(\frac{4L}{d} \right) - 1 \right]$$

R_d : Dikey olarak yerleştirilen tek anot direnci. (Ohm)

R_y : Yatay olarak yerleştirilen tek anot direnci. (Ohm)

ρ : Zemin rezistivitesi. (Ohmxcm.)

L : Anot boyu. (Anot torbası dahil) (cm.)

d : Anot çapı. (Anot torbası dahil) (cm.)

Yukarıda verilen formüllere göre anot boyu 80 cm. , çapı 20 cm. olan iki anodun yatay ve dikey konumdaki dirençlerini toprak özgül direnci **1000 Ohmxcm** olan bir bölgede karşılaştırsak ;

$$R_d = \frac{1000}{2.\pi.80} \left[\ln \left(\frac{8 \times 80}{20} \right) - 1 \right] = 4,907 \text{ Ohm}$$

$$R_y = \frac{1000}{2 \cdot \pi \cdot 80} \left[\ln\left(\frac{4 \times 80}{20}\right) - 1 \right] = 3,528 \text{ Ohm}$$

Örnekten de görüleceği üzere dikey olarak yerleştirilen anodun direnci yatay olana göre yüksek ve buna bağlı olarak dikey olarak yerleştirilen bir anottan çekilebilecek akım, yatay olanına göre az olacaktır.

Bir magnezyum anodun devre direncini 750 mV kabul edersek ;

Yatay montajı halinde $i = 750 / 3,528 = 213 \text{ mA}$,

Dikey montajı halinde $i = 750 / 4,907 = 153 \text{ mA}$ akım çekilebilir.

CEBRİ SİSTEMLE KORUMA

Cebri sistemli katodik koruma hesaplarına yukarıda bulunan toplam akım ihtiyacından hareketle başlanır. İkinci adım olarak anot yatağının tipine karar verilir. Düşey veya yatay tipte anot yatağı yapılabilir. Yatay anot yataklarında Fe/Si (demir / silikon) anot kullanılması mümkün olmakla beraber bu anotların kullanılmasında zorluklar bulunmaktadır. Bu yüzden hesaplar, metal oksit kaplı titanyum anotlarla korumaya göre yapılmaktadır.

Karışık metal oksit kaplı titanyum anotlarla yatak dizaynı:

Lida dizileri bir veya daha fazla anodun bir kablo üzerine dizilmesi ile elde edilir. Lida anotlarla yatak dizaynı, cebri sistemli diğer anotlarla yapılan dizaynlara benzer. Buna rağmen projeci Lida anotlarla dizayn yaparken daha çok alternatiflere sahiptir. En uygun sayıda en uygun anodun seçilmesi mümkündür.

Son 20 yıldır yaygın olarak, üzeri karışık metal oksit kaplı I. sınıf titanyum tüp veya şerit anotlar kullanılmaktadır. Titanyum anotlar hakkında daha geniş bilgi ileride verilmiştir. LIDA patentli adı ile üretim yapan İtalyan De Nora firmasının ürettiği bilgisayar programı kullanılarak cebri sistemli koruma için titanyum anot miktarı bulunabilir. Sadece Lida anotlar için geçerli olan programı şirketimizden ücretsiz temin etmek mümkündür. Bu program sadece Lida anotlar için olup, başka üreticilerin anotları için uygulanamaz.

Anot yatağının yapılacak yerdeki ve derinlikteki rezistivite de ölçüldükten sonra, derinkuyu anot yatağına ait hesaplar yapılabilmektedir.

MMO kaplı titanyum tüp anotlar için anot ömrü :

$\text{Log}(10) \text{ Ömür(yıl)} = 3.3 - \text{Log}(10) \times (i)A.(A/m^2)$ Formülde (i)A anot akım yoğunluğudur.