

TEL ÇEKİMİ

- Direk montajı tamamlanan ve montaj kabulü yapılan bir hatta sıra tel çekimine gelmektedir. Tel çekimi hattın küçük parçalar halinde ve belli bir düzen içinde, direklere izolatör askı takımlarıyla birlikte makaraların asılması, çekme ve fren makinalarıyla iletken telinin izolatörlere asılı makaraların üzerinden çekilmesi, daha sonra sırasıyla ek, sehim ve off-set gibi işlemlerin yapıldığı, damper/spacer damper ve ikaz kürelerinin takıldığı işlerin tümünü kapsar.
- Hattın küçük parçalarına "Etap" adı verilmektedir. En küçük etap en az 2 direkten oluşur. En uzun etap kılavuz telinin boyu ile sınırlıdır. Bir etap en fazla ana kılavuzun boyu kadar olabilir. Ek aparatıyla ek yapılarak uzatılması sağlanabilir ancak daha uzun etaplar için daha güçlü çekme makinesi gerekecektir. Ayrıca çok uzun bir etap iletken çekimi esnasında çeşitli zorlukları da beraberinde getirecektir.
- Çekme ve fren makinaları dediğimiz makinalarla, iletken bobinlerinin tel çekimi sırasında arazide nerede başlayıp nerede biteceğini bir düzen içinde gösteren listelere "Etap Listesi" denir.
- Güzergahın geçtiği arazi incelenerek enerji nakil hatları, karayolu, demiryolu ve PTT hatlarının bulunduğu direk aralıkları tespit edilerek tel çekimine hazırlık olarak enerji kesintisi, karayollarının trafiğe kapatılması gibi işlemler daha öncesinden programlanır. Gerekli hazırlıkların tamamlanmasından sonra tel çekimine başlanır.
- Tel çekiminin tamamlanmasından sonra sırasıyla ek, sehim ve off-set işlemleri ile hırdavat imalatçılarının kullanım tablolarına göre damper/spacer damper ve ikaz kürelerinin montajı yapılarak hat 2H kontrolüne hazır hale getirilir.
- EKATY Madde 46-a'da "Hava hatlarında kullanılacak iletkenlerin en büyük çekme zorlanmaları, iletkenin kopma dayanımının %45'ini geçmeyecektir." denilmektedir.

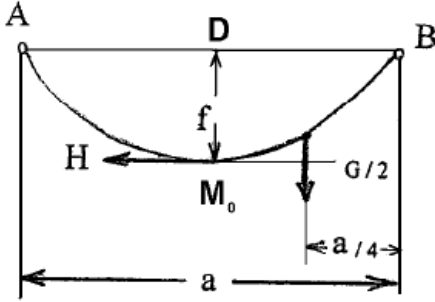
Tel Çekimi Teknik Şartnamesinde Yer Alan Bazı Önemli Noktalar:

- Maksimum çekme gerilmesi hiçbir zaman sehim hesaplarında belirtilen sehim verme gerilmesini geçmeyecektir.
- Makine ile ilk direktte bulunan makara arasındaki iletken eğimi hiçbir zaman üç yatay mesafeye karşı bir düşey mesafeden daha fazla diklikte olmayacaktır.
- Taşıyıcı direkler hiçbir zaman hattın tam veya kısmi gerilmesine maruz bırakılmayacaktır.
- Sehim verilmeden önce, tel çekme makaralarından geçirilen iletkenin makara üzerinde 24 saatten fazla asılı kalmasına izin verilmeyecektir.
- Sehim verildikten sonra iletkenler klemenslerle tesbit edilemeden önce iletken gerilmelerinin dengelenmesi için tel çekme makaralarında en az 2 saat asılı kalmalıdır. Bu süre iş sahibinin yazılı onayı yoksa 96 saati geçemez.
- Düzeltilmesinde güçlük bulunan ve teknik sakınca arzermeyen ± 15 cm'nin üzerindeki sehim farklılıkları için direk montaj kusurlarına benzer şekilde nefaset cezası kesilecektir.

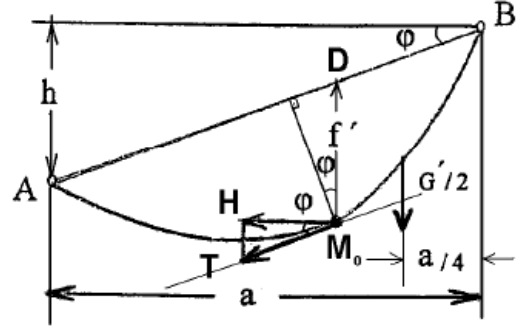
SEHİMİN HESAPLANMASI

Sehim : Askı noktalarını birleştiren doğruya paralel teğetin bulunduğu noktanın paralel doğruya uzaklığına sehim (fleş) (ing. flection - deflection) ya da salgı denir.

Eğik Menzilde Sehim: Direkler arası açıklığı a olan düz menzilli veya askı noktaları arasındaki kot farkı h olan eğik menzilli bir açıklıkta tel eğrisine çizilen ve askı noktalarını birleştiren AB doğrusuna paralel olan teğetin, tel eğrisine değme noktasından çizilen düşey doğrunun askı noktalarını birleştiren AB doğrusunu kestiği D noktası ile teğetin değme noktası arasındaki düşey mesafeye sehim denir.



Düz menzilde sehim (f)



Eğik menzilde sehim (f')

Sehim üç farklı yöntemle düz ve eğik menziller için ayrı ayrı hesaplanabilir;

- * Statik denge kurallarına göre sehimin hesaplanması
- * Tel eğrisi parabol kabul edilerek sehimin hesaplanması
- * Tel eğrisi hiperbol kabul edilerek sehimin hesaplanması

Statik Denge Kurallarına Göre Sehimin Hesaplanması:

Sehim şekil-1'deki B noktasına göre moment alınarak hesaplanır.

Düz menzil için:

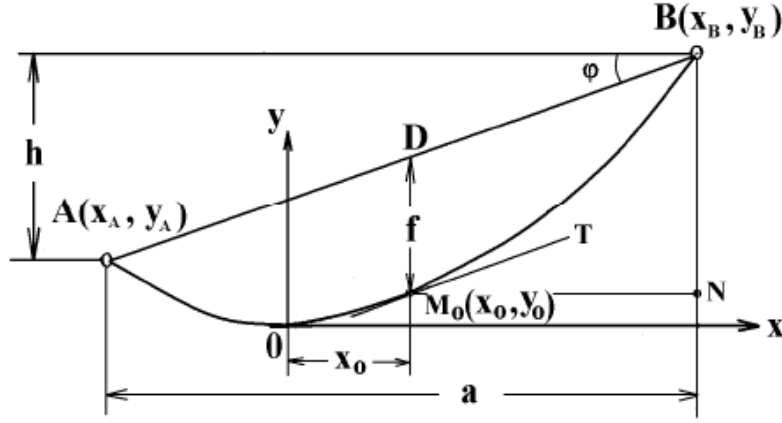
$$f = g \cdot a^2 / 8 \cdot H = a^2 / 8 \cdot c$$

Eğik menzil için:

$$f' = \frac{g \cdot a^2}{8 \cdot H \cdot \cos \phi} = \frac{a^2}{8 \cdot c \cdot \cos \phi}$$

Not: Bu ifadeler 300 m ye kadar düz menzillerde ve eğim açısı 30° yi geçmeyen 500 m ye kadar olan eğik menzillerde gerçek değere yakın sonuçlar verir !!!

Tel Eğrisinin Parabol Kabul Edilmesi Hallinde Sehim:



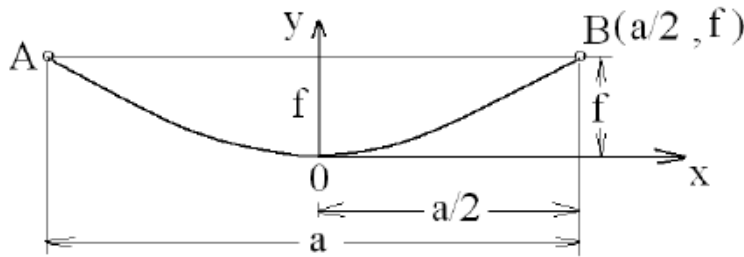
Tel eğrisinin parabol kabul edilmesi halinde sehim

$$f = \frac{a^2}{8.c} = \frac{\gamma.a^2}{8.\sigma} = \frac{g.a^2}{8.H}$$

Tel eğrisinin parabol kabul edilmesi halinde sehimin kot farkına bağlı olmadığı durumu ortaya çıkmaktadır. Yani eğik menzildeki sehim düz menzildeki sehime eşit olmaktadır. Sehimin yeri $a/2$ yani menzilin ortasıdır.

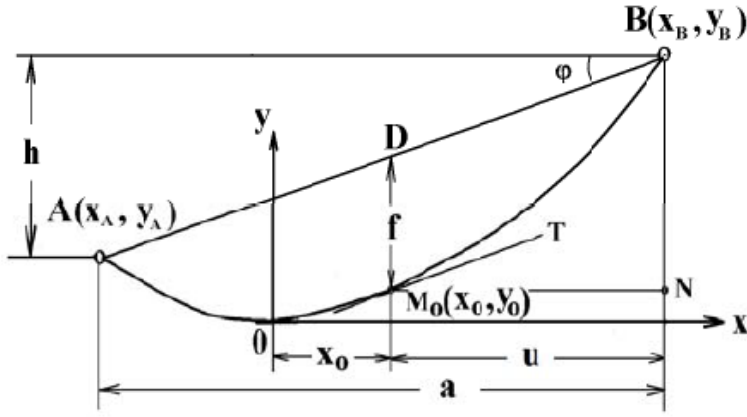
Tel Eğrisi Hiperbol Kabul Edildiğinde Sehim, Sehimin Gerçek Değeri:

$y = c.\text{Cosh} (x/c) - c$ hiperbolik ifadesinden yola çıkılarak sehim formülü bulunur.



Şekilde görüleceği üzere; $x = a/2$ için $y = f$ olacağından

$$f = c.\text{Cosh} (a/2c) - c \quad \text{olur.}$$



Sehimin eğik menzildeki gerçek ifadesi:

$$f = c \cdot \text{Cosh} \left[\text{Sinh}^{-1} \left(\frac{h}{2c \cdot \text{Sinh}(a/2c)} \right) + a/2c \right] + h/a \cdot \left[c \cdot \text{Sinh}^{-1}(h/a) - c \cdot \text{Sinh}^{-1} \left(\frac{h}{2c \cdot \text{Sinh}(a/2c)} \right) - a/2 \right] - c \cdot \text{Cosh} \left[\text{Sinh}^{-1}(h/a) \right]$$

***Bu ifade sehimin eğik menzildeki gerçek ifadesidir. Burada $c = H/g = \sigma/\gamma$ olmak üzere telin parametresi, a m cinsinden direkler arası açıklık ve h askı noktaları arasındaki kot farkıdır. (B noktasının kotu yukarıda ise (+), aşağıda ise (-) alınacaktır.)

Düz menzilde sehimin gerçek ifadesi:

$$f = \frac{H}{g} \cdot \text{Cos} h \left(\frac{g \cdot a}{2 \cdot H} \right) - \frac{H}{g}$$

Sehimin gerçek yeri:

$$u = c \cdot \text{Sinh}^{-1} \left(\frac{h}{2c \cdot \text{Sinh}(a/2c)} \right) + a/2 - c \cdot \text{Sinh}^{-1}(h/a)$$

- c : Telin parametresi adını alır . $c = H/g = \sigma/\gamma$ [m]
- H : Telin yatay teğetli noktadaki çekme kuvveti [kg]
- σ : Telin yatay teğetli noktadaki gerilmesi [kg/mm^2]
- g : Telin yüklü veya yüksüz birim ağırlığı [kg/m]
- γ : Telin yüklü veya yüksüz özgül ağırlığı [$\text{kg}/\text{m} \cdot \text{mm}^2$]

***Bulunan bu ifadeler eğik menzil ve düz menzil için sehimin değerinin bulunmasını sağlarlar. Büyük açıklıklarda ve askı noktaları arasındaki kot farkının çok büyük olduğu durumlarda sehimin gerçek ifadesi ile değerinin bulunması daha sağlıklı sonuçlar verir.

ÖRNEK:

Sehimin yaklaşık ve gerçek değerinin mukayesesine ait bir örnek verelim. Direkler arası açıklık $a = 400$ m ve askı noktaları arasındaki kot farkı $h = 150$ m dir . Kullanılan iletken ise Cardinal ($g = 1,8298$ kg/m $H = 3400$ kg) olsun.Tel eğrisi parabol kabul edilirse, eğik menzildeki sehim düz menzildeki sehime eşit olacağından,

$$f = \frac{g \cdot a^2}{8 \cdot H} = \frac{1,8298 \cdot 400^2}{8 \cdot 3400} = 10,76 \text{ m}$$

Tel eğrisinin hiperbolik gerçek değeri alınırse sehim,

$c = H/g = 3400/1,8298 = 1858,13$ m $2c = 2 \cdot 1858,13 = 3716,26$ m olup,
değerler yerine konursa,

$$150$$

$$f = 1858,13 \cdot \text{Cosh} \left[\text{Sinh}^{-1} \left(\frac{150}{400} \right) + 400/3716,26 \right]$$

$$+ 150/400 \cdot [1858,13 \cdot \text{Sinh}^{-1} (150/400) - 1858,13 \cdot \text{Sinh}^{-1} \left(\frac{150}{400,773} \right) - 400/2]$$

$$- 1858,13 \cdot \text{Cosh} [\text{Sinh}^{-1} (150/400)]$$

$$f = 2070,52 - 74,53 - 1984,48 = 11,51 \text{ m}$$

Gerçek sehim değeri, tel eğrisinin parabol kabul edilmesindeki değerinden büyüktür. Açıklık ve kot farkı büyüdükçe sehimler arasındaki fark da artacaktır.

Sehim eğik menzile ait ifadeden hesaplanırsa, gerçeğe çok yakın bir değer elde edilmektedir.

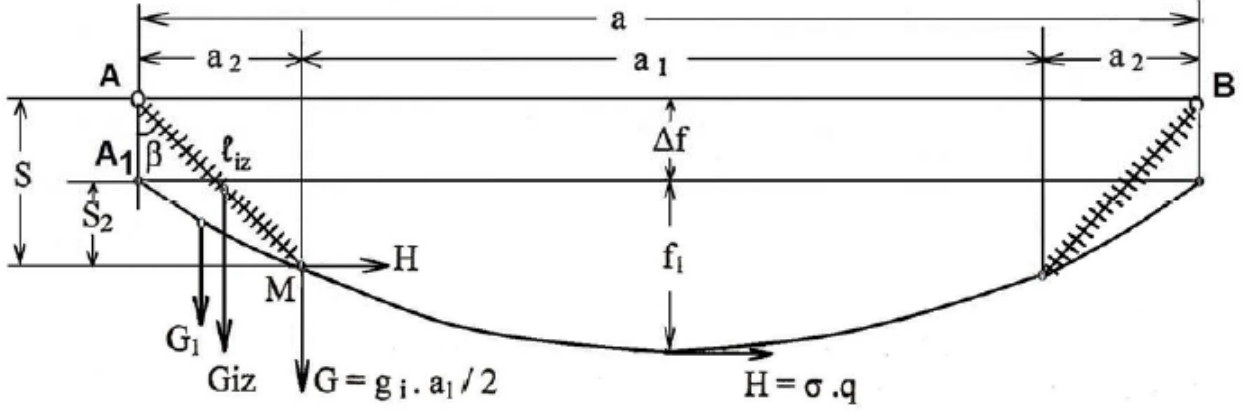
$$\text{Cos} \varphi = a / \sqrt{(a^2 + h^2)} = 400 / (400^2 + 150^2) = 0,936$$

$$f' = f / \text{Cos} \varphi = 10,76 / 0,936 = 11,49 \text{ m} \approx 11,51 \text{ m}$$

Statik ya da parabolik düz menzildeki sehim hesabında eğim ($\text{Cos} \varphi$) dikkate alınarak eğik menzildeki karşılığı bulunmuştur. Çok yakın bir değer elde edilmiştir.

Gergi Zincir İzolatörlü Açıklıklarda Sehim:

Gergi zincir izolatör takımından dolayı iletken sehimindeki artış, $\Delta f = S - S_2$ ve zincir izolatörsüz sehim $f_1 = g_i \cdot a^2 / 8 \cdot H$ olup, toplam sehim, $f = f_1 + \Delta f$ olur.



A ve A1 noktalarına göre moment alınarak hesap yapılır.

G : iletkenin ağırlığı G_{iz} : izolatör ağırlığı

$$\Delta f = S - S_2 \quad a_2 = \ell_{iz} \cdot \sin\beta \quad H = \sigma \cdot q$$

$a_2 \approx \ell_{iz}$ olduğu kabul edilir.

$$\Delta f = \frac{\ell_{iz}}{2 \cdot \sigma \cdot q} (G_{iz} - g_i \cdot \ell_{iz})$$

Toplam sehim ise,

$$f = f_1 + \Delta f = \frac{g_i \cdot a^2}{8 \cdot H} + \frac{\ell_{iz} \cdot \sin\beta}{2 \cdot \sigma \cdot q} (G_{iz} - g_i \cdot \ell_{iz} \cdot \sin\beta)$$

$$\sin\beta = \frac{2 \cdot H}{\sqrt{4 \cdot H^2 + (g_i \cdot a + G_{iz})^2}}$$

olur.

DEĞİŞİK HALLER DENKLEMİ

- Değişik ortam sıcaklıklarındaki gerilmeleri hesaplamaya yarayan ifadeye değişik haller denklemi denir.
- Enerji iletim hatlarında değişik ortam sıcaklıklarındaki yani en düşük ortam sıcaklığından en yüksek ortam sıcaklığına kadar 5 er derece ara ile hat bölümündeki tel gerilmelerini ve çekme kuvvetlerini hesaplamak için kullanılır.
- Değişik Haller Denklemi yardımıyla iletkenin çeşitli sıcaklık derecelerindeki ek yüksüz ve ek yüklü (Buzlu, rüzgarlı, Buz + Rüzgarlı Yükler ile Dengesiz Yükler, Dengesiz Buzlanma vs.) durumlardaki gerilmeleri tespit edilerek, EKATY'deki / TEİAŞ Şartnamelerindeki "Direk Yüklenme Varsayımları"na göre Hatta Dik Yükler ve Hat Yönü Yükler ile Düşey Yükler hesaplanarak "Direk Yük Ağaçları oluşturulur.

Düz menzil için değişik haller denklemi:

$$H_2^3 + \left[\frac{a^2 \cdot g_1^2 \cdot E \cdot q}{24 \cdot H_1^2} + (t_2 - t_1) \cdot \beta \cdot E \cdot q - H_1 \right] \cdot H_2^2 = \frac{a^2 \cdot g_2^2 \cdot E \cdot q}{24}$$

Düz menzillerde ikinci formül:

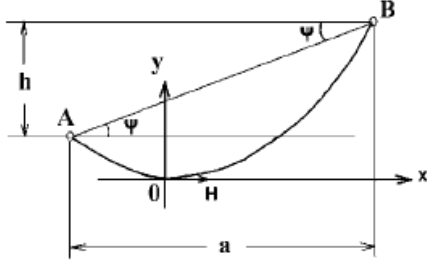
$$\frac{2 \frac{H_2}{g_2} \sinh \frac{a \cdot g_2}{2 \cdot H_2}}{\left(1 + \frac{H_2}{q \cdot E}\right) (1 + \beta \cdot t_2)} = \frac{2 \frac{H_1}{g_1} \sinh \frac{a \cdot g_1}{2 \cdot H_1}}{\left(1 + \frac{H_1}{q \cdot E}\right) (1 + \beta \cdot t_1)}$$

* H₂ gerilmesi için daha yaklaşık değer verdiği için bu denklemin kullanılması önerilir.

Eğik menzil için değişik haller denklemi:

$b = 1 + h^2/2a^2$ olmak üzere kot farkına bağlı bir katsayıdır.

$$\left(1 + \frac{h^2}{2a^2}\right) \cdot H_2^3 + \left[\frac{a^2 \cdot g_1^2 \cdot E \cdot q \cdot \cos \varphi}{24 H_1^2} + (t_2 - t_1) \cdot \beta \cdot E \cdot q - \left(1 + \frac{h^2}{2a^2}\right) \cdot H_1\right] \cdot H_2^2 = \frac{a^2 \cdot g_2^2 \cdot E \cdot q \cdot \cos \varphi}{24}$$



φ : Askı noktalarını birleştiren doğrunun yatayla yaptığı açıdır.

$$\tan \varphi = h/a \quad \cos \varphi = \frac{a}{\sqrt{a^2 + h^2}}$$

- Değişik haller denkleminde, 1 indisli değerler baz alınan max gerilme ve buna ait sıcaklık derecesi ile telin ek yüklü yoğunluğudur.
- Max gerilme buzlu halde ise tel yoğunluğu buzlu, en düşük ortam sıcaklığında ise buzsuz alınacaktır.
- 2 indisli değerler ise hesaplanması istenen gerilme ve buna ait ortam sıcaklığı ile telin yoğunluğudur. Hesaplanması istenen ortam sıcaklık derecesinde buz yükü veya rüzgar yükü yoksa tel yoğunluğu buzsuz alınacaktır.

Değişik haller denklemi ifadesinde;

t : Ortam sıcaklığı [$^{\circ}\text{C}$] olup, t_1 baz alınan ortam sıcaklığı, t_2 herhangi bir ortam sıcaklığı

a : Direkler arası açıklık [m] (iki durdurucu arasındaki bölüm için bölümün ruling açıklığı (a_r) alınmalıdır.

σ : Telin yatay teğetli noktadaki gerilmesi [kg/mm^2] olup, σ_1 baz alınan t_1 ortam sıcaklığındaki, σ_2 ise herhangi bir ortam sıcaklığındaki hesaplanması istenilen gerilmesidir.

H : Telin yatay teğetli noktadaki çekme kuvveti [kg] olup, H_1 baz alınan t_1 ortam sıcaklığındaki, H_2 ise herhangi bir ortam sıcaklığındaki hesaplanması istenilen çekme kuvvetidir.

γ : Telin özgül ağırlığıdır. [$\text{kg}/\text{m} \cdot \text{mm}^2$] γ_1 baz alınan t_1 ortam sıcaklığındaki, γ_2 ise t_2 ortam sıcaklığındaki ek yüklü ya da ek yüksüz yoğunluklardır.

g : Telin birim ağırlığıdır. [kg/m] g_1 baz alınan t_1 ortam sıcaklığındaki, g_2 ise t_2 ortam sıcaklığındaki ek yüklü ya da ek yüksüz birim ağırlıklardır.

E : Telin elastikiyet modülüdür. [kg/mm^2] hattın 10-12 yıl sonraki nihai durumu için yapılacak hesaplarda nihai elastikiyet modülü ile nihai gerilmesi kullanılmalı. Ancak tel çekimine ait sehim hesaplarında o andaki durum için telin ilkel elastikiyet modülü ile ilkel gerilmesi kullanılmalıdır.

β : Telin ısıl uzama katsayısıdır. [$1/^{\circ}\text{C}$]

- İletim hatlarında iki durdurucu direk arasında taşıyıcı direklerden oluşan hat bölümüne ait muhtelif sıcaklıklardaki gerilmelerin hesaplanabilmesi için değişik haller denkleminde bölümün direk açıklığı olarak rulin açıklık kullanılır.
- Değişik haller denklemini muhtelif ortam sıcaklıklarındaki gerilmeler bulunduğundan sonra bu gerilmelere tekabül eden bölüm içindeki taşıyıcı direkler arasındaki sehimlerin bulunmasında ise direkler arası mesafeler kullanılmalı ve açıklığa ait kot farkı da nazarı dikkate alınmalıdır.

$$\text{Rulin açıklığa ait sehim: } f_r = \frac{g \cdot a_r^2}{8 \cdot H}$$

$$\text{Bölüm içindeki herhangi bir açıklığa ait sehim: } f = \frac{g \cdot a^2}{8 \cdot H \cdot \cos \varphi}$$

Eğik açıklıklı hat bölümü için değişik haller denklemleri:

İki durdurucu direk arasında taşıyıcı direkleri ve bunlar arasında eğik açıklıkları ihtiva eden ve n adet açıklık mevcut olan bir hat bölümüne ait değişik haller denklemleri;

$$b \cdot H_2^3 + \left[\frac{a_e^2 \cdot g_1^2 \cdot q \cdot E}{24 H_1^2} + (t_2 - t_1) \cdot \beta \cdot E \cdot q - b \cdot H_1 \right] \cdot H_2^2 = \frac{a_e^2 \cdot g_2^2 \cdot q \cdot E}{24}$$

$$a_e^2 = \frac{\sum a_i^3 \cdot \cos \varphi_i}{\sum a_i}$$

a_e = Eşdeğer açıklık

b = Kot farklarına bağlı bir katsayı
(Ortalama eğim faktörü)

$$b = \frac{\sum a_i (1 + h_i^2 / 2a_i^2)}{\sum a_i}$$

$\sum a_i^2$ = Hat bölümü içindeki direkler arasındaki açıklıkların karelerinin toplamına eşit bir sabitedir.

Hat bölümüne ait a_e (eşdeğer açıklık) ve b ortalama eğim faktörü hesaplandıktan sonra yukarıdaki ifadeler yardımıyla kot farklı bir hat bölümünde muhtelif ortam sıcaklıklarındaki gerilmelerin bulunması mümkün olur. (Değişik haller denkleminin hiperbolik ifadesine, yukarıdaki ifadelerle çok yakın sonuçlar verdiği için değinilmedi.)

Değişik haller denklemlerinin kullanımına ilişkin bazı notlar;

- ❖ Taşıyıcı direklerden oluşan ve kot farklarını ihtiva eden bir hat bölümüne ait değişik haller denkleminin eğik ve düz menzil için gerilme değerleri hemen hemen birbirine eşit olmaktadır.
- ❖ Büyük kot farklarını ihtiva eden hat bölümlerinde düz menzil yerine kot farklı hat bölümüne ait değişik haller denkleminin kullanılması daha uygundur.
- ❖ Kot farkları çok büyük olmayan hat bölümlerinde düz menzile ait değişik haller denkleminin kullanılması durumunda tel gerilmelerinde az bir fark oluşur.
- ❖ Değişik haller denkleminin hiperbolik fonksiyonlu gerçek ifadesinin kullanılması durumunda da tel gerilmelerinde önemli bir fark olmamaktadır.

Kritik Açıklık

En düşük ortam sıcaklığındaki gerilme ile yüklü haldeki (Buz yükü ya da rüzgar yükü) ortam sıcaklığındaki gerilmenin birbirine eşit olduğu açıklığa kritik açıklık denir . Max gerilmenin hangi halde meydana geldiği kritik açıklığa göre belirlenir.

Düz menzil için:

$$a_{kr} = \sigma_{max} \cdot \sqrt{\frac{24(t_1 - t_2) \cdot \beta}{\gamma_1^2 - \gamma_2^2}}$$

Eğik menzil için kritik açıklık:

$$a_{kr} = \sigma_{max} \cdot \sqrt{\frac{24(t_1 - t_2) \cdot \beta}{(\gamma_1^2 - \gamma_2^2) \cdot \cos \varphi}}$$

t_1 : buz ya da rüzgar yüklü sıcaklık derecesi

t_2 : En düşük ortam sıcaklığı

β : İletkenin ısıl uzama katsayısı [$1/C^0$]

σ_{max} : Max gerilmedir. [kg/mm^2) $\sigma_{max} = \sigma_{c max}$ alınır.

$\gamma_1 = \gamma_{top}$: Ek yüklü halde iletkenin toplam yoğunluğu [$kg/m.mm^2$]

γ_2 : İletkenin en düşük ortam sıcaklığındaki yoğunluğu [$kg/m.mm^2$]

a : Direkler arası açıklık

h : Askı noktaları arasındaki kot farkı

φ : Askı noktalarını birleştiren doğrunun yatayla yaptığı açı [0]

a_r : Ruling açıklık [m]

1) $a_r > a_{kr}$ ise max gerilme ek yüklü haldedir.(Buzlu ya da rüzgarlı hal)

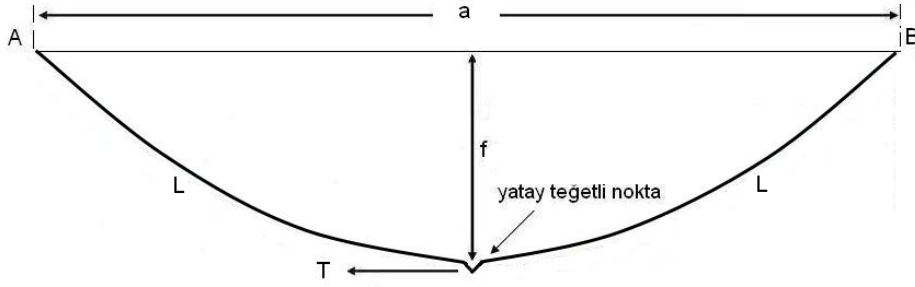
2) $a_r < a_{kr}$ ise max gerilme en düşük ortam sıcaklığında ve ek yüksüz haldedir

Ruling Açıklık

İki durdurucu direk arasındaki hat bölümünde tel boyundaki toplam değişme eşit açıklıklı bir hattaki durdurucular arasındaki toplam değişmeye eşit olsun. İşte bu açıklığa eşdeğer (Ruling) açıklık denir.

$$a_r = \sqrt{\frac{a_1^3 + a_2^3 + a_3^3 + \dots + a_n^3}{a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n}}$$

İLETKEN BOYUNUN HESAPLANMASI



Catenary (Zincir Eğrisi)

Simetrik menzillerde sehimin bir fonksiyonu olarak:

$$L = a + \left[\frac{a^2 \cdot g}{8T} \right]^2 \cdot \frac{8}{3a} \quad \text{veya sehim cinsinden}$$

$$L = a + \frac{8 \cdot f^2}{3 \cdot a}$$

a : Direkler arası mesafe (m)

f : Sehim (m)

g : İletken birim ağırlığı (kg/m)

L: İletken boyu (m)

T: Gerilme (kg)

Simetrik menzillerde hiperbolik fonksiyon ifadesinden:

$$L = 2 \frac{T}{g} \sinh \frac{a \cdot g}{2T}$$

Simetrik uzun menzillerde seriye açılmış ve 3. terimine kadar alınmış değerleriyle:

$$L = a + \frac{a^3 \cdot g^2}{24 \cdot T^2} + \frac{a^5 \cdot g^4}{1920 \cdot T^4}$$

Asimetrik (kot farkı olan) menzillerde:

$$L = \sqrt{h^2 + 4 \frac{T^2}{g^2} \sinh^2 \frac{a \cdot g}{2T}}$$

h: Askı noktaları arasındaki kot farkı (m)

HAVA HATTI İLETKENLERİNE GELEN EK YÜKLER

Ek Buz Yükü:

Yönetmeliğe göre buz -5 derecede oluşur ve buna göre hesaplamalar yapılır. Buz yükü aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$P_b = k\sqrt{d}$$

P_b = Buz ağırlığı (kg/m)

k = Bölgelere göre belirlenmiş buz yükü katsayısı

d = İletken çapı

Bölge No	k	Ortam Sıcaklığı (°C)	
		Min	Max
I	0	-10	50
II	0,2	-15	45
III	0,3	-25	40
IV	0,5	-30	40
V	1,2	-30	40

Bölgelere göre buz yükü katsayısı değerleri

Yönetmelikte I. Bölgede buz yükü oluşmadığı kabul edildiğinden diğer bölgeler için buzlu iletken çapı D:

II. Bölgede : $D = \sqrt{d^2 + 424,4\sqrt{d}}$ (mm)

III. Bölgede : $D = \sqrt{d^2 + 636,3\sqrt{d}}$ (mm)

IV. Bölgede : $D = \sqrt{d^2 + 1060,5\sqrt{d}}$ (mm)

V. Bölgede : $D = \sqrt{d^2 + 2545\sqrt{d}}$ (mm)

EKATY Madde 46- b) Büyük aralıklı hatlarda iletkenlerin çekme gerilmelerini ve bu gerilmelere ilişkin en büyük salgıları hesaplamak için aşağıdaki varsayımlar ayrı ayrı göz önüne alınacaktır:

1) İletken, 1. Bölgede -10 °C, 2. Bölgede -15 °C, 3. Bölgede -25 °C, 4. ve 5. Bölgelerde -30 °C sıcaklıkta rüzgarsız ve buzsuz olarak bulunmaktadır.

2) İletken üzerinde -5 °C sıcaklıkta EKATY Çizelge-9'daki buz yükleri vardır.

3) 1. Bölgede 50 °C 2. Bölgede 45 °C 3., 4. ve 5. Bölgelerde 40 °C sıcaklıklarda rüzgar esmediği varsayılacaktır.

4) İletkenler üzerine -5 °C sıcaklıkta, yatay ve hatta dik yönde rüzgar estiği varsayılacaktır.

Ek Rüzgar Yüğü (Wi):

- a) İletkenin rüzgâr menzili $a < 200$ metre ise;
iletkene gelen rüzgâr kuvveti $W_i = a_w * p * d * c$ (kg) ile hesaplanmalıdır.
- b) İletkenin rüzgar menzili $a > 200$ metre ise;
iletkene gelen rüzgâr kuvveti $W_i = c * p * d * (80 + 0.6 * a_w)$ (kg) ile hesaplanmalıdır.

a_w : Bir direğin sağ ve solundaki açıklıkların toplamının yarısına eşit olan rüzgâr açıklığı (m)

d : İletken çapı (m)

p : Dinamik rüzgâr basıncı (kg/m²) $p = v^2 / 16$ v : Rüzgar hızı (m/s)

c : Dinamik rüzgar basınç katsayısı (pürüzlülük katsayısı)

Arazi Üzerindeki Yükseklik (m)	Dinamik Rüzgar Basıncı (kg/m ²)	
	Direk, Travers, İzalatör	İletkenler
0-15	55	44(*)
15-40	70	53
40-100	90	68
100-150	115	86
150-200	125	95

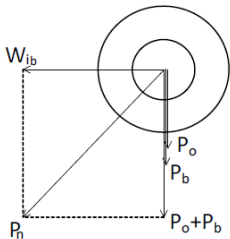
Dinamik rüzgar basıncı (p)

(*)Not: Uzun aralıklı hatlarda bu değer 53 olarak alınacaktır.

Rüzgarın Etkisinde Bulunan Ögeler	(c) Katsayısı
Çapı 12.5 mm'ye kadar olan iletkenler	1.2
Çapı 12.5 < d < 15.8 mm olan iletkenlerde	1.1
Çapı 15.8 den büyük olan iletkenlerde	1.0

Dinamik rüzgar basıncı katsayıları (c)

Buz+rüzgar yükü (eş zamanlı yük) :



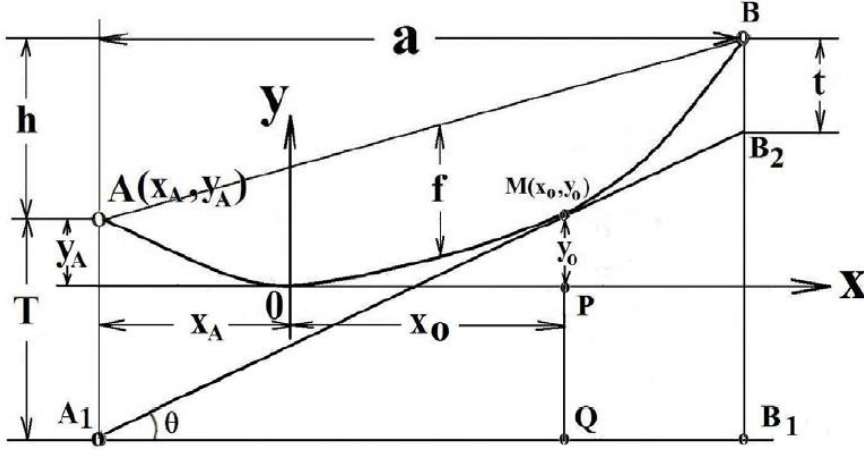
380 kV 'luk hatlarda her iki yükün eş zamanlı etki ettiği kabul edilmektedir.

$$P_n = \sqrt{(P_o + P_b)^2 + W_{ib}^2} \text{ (kg/m)}$$

Burada yapılacak olan W_{ib} rüzgar hesabında iletkenin çapı değil buzlu iletkenin çapı dikkate alınmalıdır.

SEHİM VERME AÇISI

Askı noktaları arasındaki kot farkı h ve açıklığı a olan eğik menzilli sehim verilmeye çalışılan bir açıklıkta, A_1 noktasından tel eğrisine çizilen teğetin, θ açısı veya t (target) mesafesi yardımı ile iletkenlere f sehimi (makaradaki) verilebilir. Şekilde A_1 noktasının askı noktasına uzaklığı T olup, alet bu noktaya yer sehпасı üzerinde yere veya direk sehпасı ile direk üzerine kurulur.



$$\theta \text{ açısı içinse } \tan \theta = \frac{B_1B_2}{A_1B_1} = \frac{T + h - t}{a} \text{ ifadesi yazılır.}$$

T , h , ve a değerleri bilindiğinden θ açısını hesaplayabilmek için öncelikle t (target) değerinin hesaplanması gerekir.

$$t = (2\sqrt{f} - \sqrt{T})^2$$

elde edilir.

$$\tan \theta = \frac{T + h - t}{a} \text{ ifadesinde } t \text{ target değeri yerine konursa,}$$

$$\tan \theta = \frac{h - 4.f + 4.\sqrt{T.f}}{a}$$

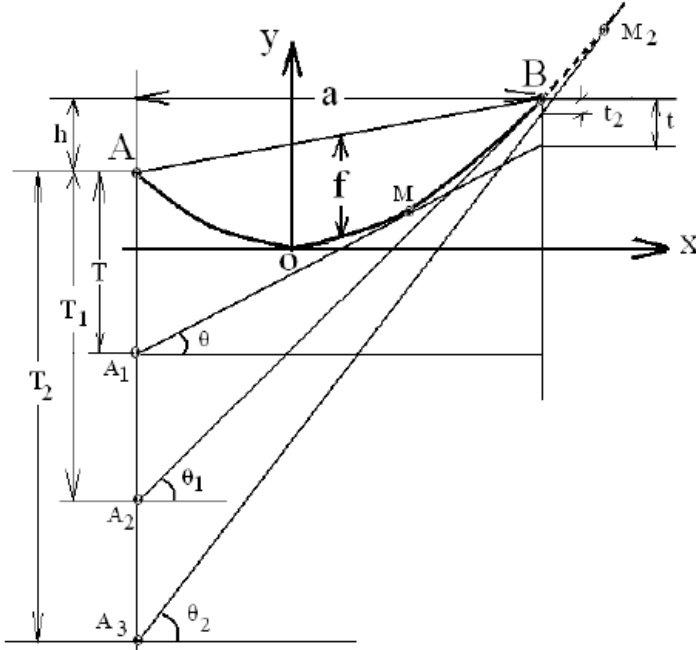
elde edilir.

Target mesafesi direkte nişan tahtası üzerine işaretlendikten sonra A_1 noktasında bulunan bir gözlemci B_2 noktasına nişan alıp, bakış doğrultusunun tel eğrisine teğet olmasını sağlayarak tele sehim verdirebilir. Veya A_1 noktasına kurulan Takeometre yardımı ile θ sehim verme açısı kullanılarak tele yerden sehim verilebilir.

A_1 noktasının askı noktasına olan T uzaklığı büyüdükçe bakış doğrultusunun tel eğrisine değme noktası üst askı noktasına yaklaşacak ve t target mesafesi küçülecektir. $T_2 > T_1$ için bakış doğrultusunun tel eğrisine teğet olması sağlanamaz ve bu nedenle tele sehim verilemez. Tele sehim verilebilmesi için;

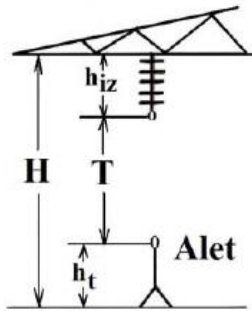
$$t = (2\sqrt{f} - \sqrt{T})^2 = 0 \text{ dan } \sqrt{4f} - \sqrt{T} \geq 0 \text{ olmalıdır.}$$

Gözlemci noktasının askı noktasına olan T uzaklığı $T \leq 4f$ şartını sağlamalıdır. Aksi takdirde değme noktası telin uzantısında olacaktır.



t target değerleri ile θ sehim verme açıları değişik ortam sıcaklıkları için önceden hesaplanarak sehim cetvellerinde verilirler. t target değeri veya sehim verme açısı tablolardan alınarak tele yerden sehim verme işlemi gerçekleştirilebilir.

Proje safhasında, takeometrenin yerden yüksekliği 1,20 m alınır. Direk konsol yüksekliği de göz önüne alınarak takeometrenin askı noktasına olan T uzaklığı belirlenir. ($T = H - h_{iz} - 1,20$) Ancak, proje değerlerinde olabilecek hataları önleyebilmek için takeometre kurulurken, mahallinde ölçülerek bulunan direk konsol yüksekliğinden, zincir izolator boyunun ve sehim tablolarında verilen T mesafesinin düşülmesi suretiyle takeometrenin yerden yüksekliği bulunmalı ve alet bu yüksekliğe kurulmalıdır. Alet yüksekliği $h_t = H - h_{iz} - T$ ifadesinden bulunur. Burada,



- | |
|--------------------------------------|
| h_t : Alet yüksekliği |
| H : Yerden konsolun yüksekliği |
| h_{iz} : Zincir izolator boyu |
| T : Aletin askı noktasına mesafesi |

Teli çekilen etap içinde ruling açıklığına yakın değerde bir açıklık seçilir. Bu açıklık için sehim verme ve target mesafesini hesaplayalım. Hat bölümü içinde sehim verilecek 385 m lik açıklıkta kot farkı 18 m ve daha önce hazırlanan sehim cetvellerinden alınan 25°C ortam sıcaklığındaki makaradaki sehim değeri 12,11 m ve takeometrenin askı noktasına olan yüksekliği de 20 m olduğuna göre;

$$a = 385 \text{ m} \quad h = 18 \text{ m} \quad f_m = 12,11 \text{ m} \quad T = 20 \text{ m}$$

Nişan tahtası üzerindeki target mesafesi

$$t = (2\sqrt{f} - \sqrt{T})^2$$

$$t = (2\sqrt{12,11} - \sqrt{20})^2 = 6,19 \text{ m bulunur.}$$

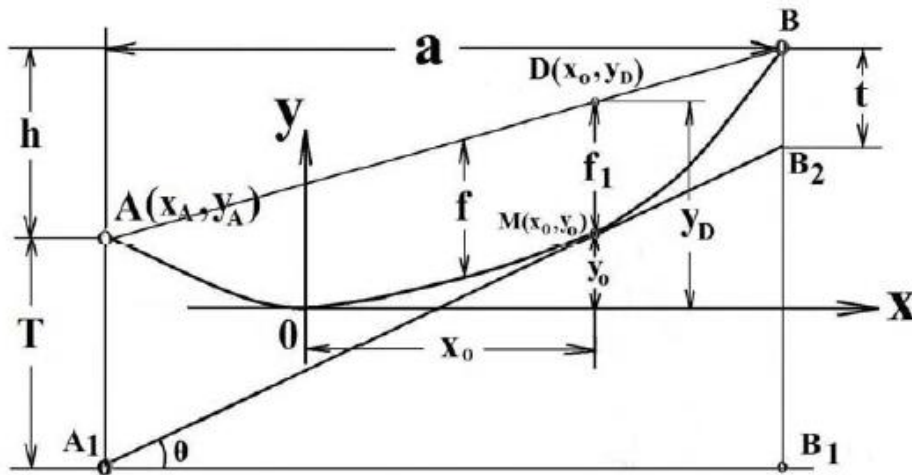
Sehim verme açısı (tel eğrisine teğet bakış doğrultusunun yatay ile yaptığı açısı);

$$\tan \theta = \frac{T + h - t}{a} = \frac{20 + 18 - 6,19}{385} = 0,0826 \quad \theta = 4,72^\circ$$

Grad cinsinden düşeyle yapılan açı ise,

$$\theta_d = 100 - 4,72 \cdot \frac{100}{90} = 94,76 \text{ Grad.}$$

Kontrol faktörü:

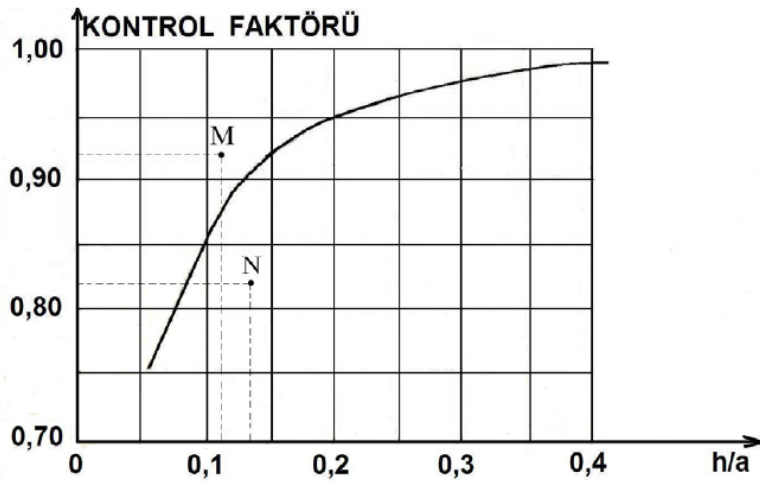


Sehim verme açısı ve target mesafesini hesaplamaya yarayan ifadeler yaklaşık değerler olup bakış doğrultusunun tele teğet olduğu $M(x_0, y_0)$ noktası askı noktalarına yaklaştıkça tel fazla gerilmiş olduğundan hata büyümektedir.

f telin sehimi, f_1 ise bakış doğrultusunun tele teğet olduğu $M(x_0, y_0)$ noktasındaki sehim değeri olduğuna göre, $f_1 / f < 1$ oranına kontrol faktörü denir. Sehim vermede en doğru sonuç ideal durum olan $T = t$ olması halindedir. Bu durumda $f_1 / f = 1$ dir.

T uzaklığı, t target değerine ne kadar yakın ise yapılacak hata da o kadar az olur. $T = t$ olan ideal durumda kontrol faktörü bire eşit olacaktır. Aşağıda yer alan eşitlik ile kontrol faktörü bulunabilir.

$$\frac{f_1}{f} = 1 - \frac{(T - t)^2}{(4 \cdot f)^2}$$



Kontrol faktörü=f (h/a) diyagramı

Apsisi h/a ve ordinatı hesaplanan kontrol faktörü olan nokta (M) şekilde verilen diyagramdaki eğrinin üst kısmında ise bu açıklıkta sehim cetvellerinde verilen target değeri yada sehim verme açısı ile sehim verilmesi uygundur. Bu nokta (N) diyagramdaki eğrinin alt kısmında ise bu target değeri ile bu açıklıkta tele sehim verilmesi hatalıdır.

ÖRNEK:

1) $a = 432$ m $h = 23$ m $T = 17.80$ m $f_m = 15,46$ m (makaradaki) olsun.

$$t = (2 \cdot \sqrt{15,46} - \sqrt{17,80})^2 = 13,28 \text{ m}$$

$$\frac{f_1}{f} = 1 - \frac{(17,80 - 13,28)^2}{(4 \cdot 15,46)^2} = 0,99$$

$h/a = 23/432 = 0,053$ olduğundan, apsisi 0,053 ve ordinatı 0,99 olan nokta diyagramdaki eğrinin üst kısmında kaldığından bu target değeri ile bu açıklıkta tele sehim verilebilir.

2) $a = 354 \text{ m}$ $h = 49 \text{ m}$ $T = 20,80 \text{ m}$ $f_m = 10,42 \text{ m}$ olsun .

Target mesafesi,

$$t = (2 \cdot \sqrt{10,42} - \sqrt{20,80})^2 = 3,59 \text{ m}$$

Kontrol faktörü,

$$\frac{f_1}{f} = 1 - \frac{(20,80 - 3,59)^2}{(4 \cdot 10,42)^2} = 0,83$$

$h/a = 49/354 = 0,138$ olduğundan, apsisi $0,138$ ve ordinatı $0,83$ olan nokta diyagramdaki eğrinin altında (içinde) kaldığından bu target değeri ile bu açıklıkta ve bu yöntemle tele sehim verilmesi hatalı olur. Başka bir uygun yöntemle tele sehim verilmelidir. .

İLKEL GERİLME İLE SEHİM VERME

İletim hatlarında durdurucu direkler arasında ki taşıyıcı direkler arasındaki bölümün teli çekildikten sonra telin boyu bir miktar uzar. Bu uzama başlangıçta hızlı olmakta daha sonra yavaşlamakta ve 10-12 yıl sonra nihai durumuna erişmektedir. Hattın 10-12 yıl sonraki nihai durumuna ait hesaplarda nihai gerilmeler kullanılmaktadır. Creep uzaması (sünme) sebebi ile iletkenin sehimi artacağından, 10-12 yıl sonra sehimi, normal değeri olan nihai sehim değerine ulaşır, gerilmesi de azalarak normal değeri olan nihai gerilme değerini alır.

Ancak tel çekimi ve sehim hesaplarında o andaki durum için ilkel gerilmeler ile ilkel sehimler kullanılmalı, değişik haller denkleminde ilkel gerilmeler ve ilkel elastikiyet modülü girilerek hesap yapılmalıdır. İlkel gerilmeler ve sehimler değişik ortam sıcaklıkları için hesaplanıp, tablolarla verilirler.

Tele sehim verilmeden önce tel makaralar üzerinde belirli bir süre (12 ile 24 saat kadar) bekletilirse creep uzamasının büyük bir kısmı gerçekleşir. Bundan sonra tel makaralar üzerindeyken bölümün (etap'ın) içinde rüling açıklığa yakın uzunlukta bir açıklık seçilerek, bu açıklıkta ortam sıcaklığındaki ilkel gerilmeye ya da ilkel çekme kuvvetine tekabül eden makaradaki ilkel sehim değeri ile tele sehim verilir.

Bu sırada tel makaralar üzerinde hareket ettiği için ve makaraların her iki tarafındaki gerilmeler ya da çekme kuvvetleri birbirlerine eşit olacağından, bölüm içindeki diğer açıklıklardaki sehimler de kendiliğinden bu açıklıklara tekabül eden makaradaki sehim değerlerini alırlar.

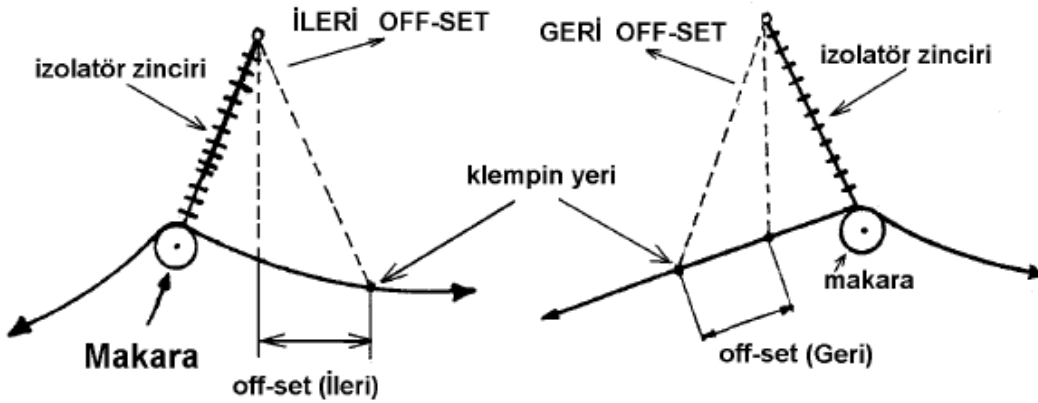
OFF-SET

Telleri çekilmiş etapdaki sehim işleri tamamlandıktan sonra sıra tellerin makaralardan klemplere aktarılmasına gelir. Ancak düz olmayan bir arazide askı noktaları arasında kot farklarının mevcut olması ve direk açıklıklarının da farklı olması nedenleriyle askı noktalarındaki tel, çekme kuvvetlerinin yatay bileşenleri eşit olamayacağından, direklerde asılı askı zincir izolator takımları ile makaralar düşey durumdan saparlar. Açıklıklar eşit ve kot farkı yoksa makaralar düşeyden sapmazlar.

İzolator askı takımlarının düşey duruma getirilmesi işlemine off-set leme, izolator askı takımlarının düşey duruma getirilebilmesi için arttırılacak veya azaltılacak tel uzunluğuna da off-set denir.

Düşey durumdan sapan izolator klemplerinin iletkene bağlanacağı yer bir önceki direğin tarafında ise geri off-set adını alır. (-) işaretlidir.

(direğin gerisindeki açıklıkta tel boyunu azaltan bir off-set olup, askı klempli geri alınacaktır.) İzolator klemplerinin iletkene bağlanacağı yer bir sonraki direğin tarafında ise ileri off-set adını alır. (+) işaretlidir. (direğin gerisindeki açıklıkta tel boyunu uzatan bir off-set olup, askı klempli ileri alınacaktır).



İleri ve geri off-set'ler

Makaralar düşeye getirilmedikçe etap içindeki bütün açıklıklarda yatay teğetli noktalardaki gerilmeler eşit olamayacak dolayısı ile proje gerilmesi temin edilemeyecektir.

Makaraları düşey duruma getirebilmek için makaraların her iki tarafındaki çekme kuvvetlerinin yatay bileşenlerini off-setleme yaparak eşit hale getirmek gerekecektir.

Sehimden sonra iletkenleri klempe aktarmadan önce iletken gerilmelerinin dengelenmesi için telin çekme makaralarında en az iki saat asılı kalması istenir. Uzun bir süre kalarak da zedelenmemeleri için bu süre 96 saati geçmemelidir.

Target değerleri ile sehim verme:

Takeometrenin kurulduğu direğin ilerisindeki direk üzerine izolatörün bağlandığı konsol çenesinden aşağıya doğru, tablodan alınan t_1 (ileri) değerine askı zincir izolatör takımının boyu eklenerek bulunan noktaya takeometreden görülebilecek şekilde bant sarılır. Sehim verilirken ölçü aleti takeometre bu banta nişanlanacaktır. Aynı şekilde takeometrenin gerisindeki açıklıktaki direk üzerine de izolatörün bağlandığı konsol çenesinden t_2 (geri) askı zincir izolatör takımının boyu kadar ölçülerek bulunan noktaya gene takeometreden görülebilecek şekilde bant sarılacaktır.

Sehim verilmeden önce kontrol faktörü bulunup, bu açıklıkta cetveldeki target değerleri ile sehim verilmesinin uygun olup, olmadığına bakılmalıdır. Uygun değilse başka bir açıklıktan sehim verilmelidir.

Bütün bu işlemler tamamlandıktan sonra sehim verme işlemine başlanır. Takeometreden de direğin ilerisindeki target noktasına bakılarak bakış doğrultusunun tele teğet hale gelmesi sağlanır. Daha sonra takeometreden direğin gerisindeki target noktasına bakılarak arkadaki açıklıktaki sehim de kontrol edilir.

Target mesafesi, sehim ve ölçü aletinin askı noktasına uzaklığı belli olduğundan, hesaplanarak da bulunabilir.

$$t = (2 \cdot \sqrt{f_m} - \sqrt{T})^2 \quad \text{Burada } f_m \text{ makaradaki sehimdir.}$$

Cetvelden alınan target mesafesi direk yüksekliğinden büyük bir değerde ise, direk boyu bu target mesafesini işaretlemeye yetmeyebilir. Ya da direk açıklığı çok fazla ise işaretli target noktası seçilemeyebilir veya arazi durumundan dolayı engellendiği için görülemeyebilir. Bu takdirde sehim verme açısı ile sehim verme yöntemi tercih edilir.

Sehim verme açısı ile sehim verme:

Bu yöntemde t target değerine karşılık gelen ve tele teğet bakış doğrultusunun düşeyle yaptığı açı (sehim verme açısı) kullanılacaktır. Direğin dibine kurduğumuz ölçü aletinde sehim verme açısı ileri doğru bakışta θ_1 (ileri), geri doğru bakışta θ_2 (geri) değerlerine ayarlanacaktır.

Sehim verilirken, θ_1 (ileri) açısı ile takeometreden ileri doğru bakılarak tel ileri geri çekilirken bakış doğrultusuna tam teğet hale getirilerek sehim verilecek, Takeometrenin dürbünü geriye çevrilerek de geri sehim verme açısı θ_2 (geri) ile arkadaki açıklıktaki sehim kontrol edilebilecektir.

Ölçü aletinden bakış doğrultusunun yatayla yaptığı açı;

$$\tan \beta = \frac{T + h - t}{a} \quad \text{ifadesinde } t \text{ target değeri yerine konursa,}$$

$$\tan \beta = \frac{h - 4.f_m + 4.\sqrt{T.f_m}}{a} \quad \text{elde edilir.}$$

Düşey açı ise, $\theta = (90 - \beta)^0$ dır.

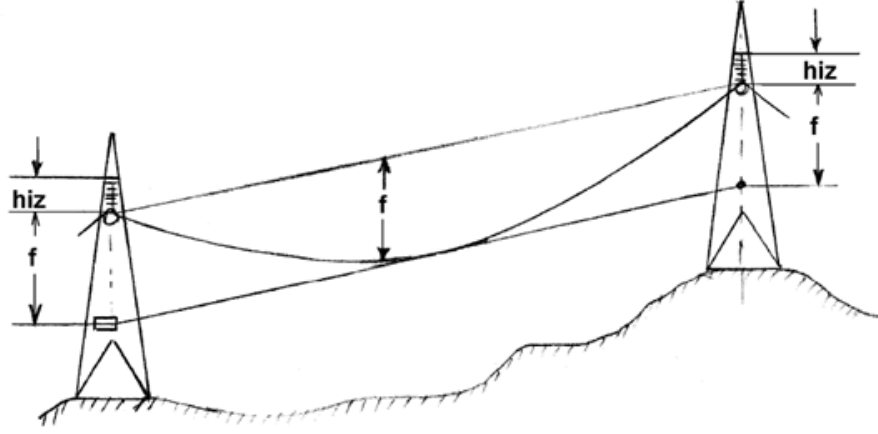
Grad cinsinden düşey sehim verme açısı $\theta_G = 1,111 \cdot \theta^0$ olur.

Target değerleriyle veya sehim verme açısı yöntemleri ile sehim vermede, sehim cetvellerinden alınan target değerleri veya sehim verme açıları telin makaradaki sehimi için verilmişlerdir. Telin klempde olması durumunda bu değerler kullanılamazlar.

Target değerleri ya da sehim verme açısı ile sehim verilirken etap içinde seçilen açıklık uygun olmayabilir. Bakış doğrultusunun tele teğet olduğu nokta menzilin dışında telin uzantısında ise bu açıklıkta sehim verilemez. Sehim cetvellerindeki %9999 değerleri böyle bir durumu belirterek etap içinde bu açıklıkta sehim verilemeyeceğini gösterir. Sehim için etap için de uygun başka bir açıklık seçilmeli ya da başka bir yöntemle sehim verilmelidir.

Etap içinde transit geçilen bir durdurucu direğin altına ölçü aleti kurulup sehim verilecekse, takeometre yüksekliği belirlenirken direğin konsoldan yere uzaklığından makara boyu ile sehim cetvellerinden alınan T değerinin düşülmesi gerekir. (çünkü direkte sadece makara mevcuttur)

Düz sehim verme:



Düz sehim verme

Bu yöntemde sehim verilecek açıklığın başındaki ve sonundaki direklerde konsolun alt kolundan itibaren aşağıya doğru şerit metre ile ölçülerek, sehim cetvellerinden alınacak sehim verme sıcaklığındaki makaradaki sehim değerlerine askı zincir izolator boylarının da ilave edilmesiyle bulunacak değer kadar görülmesi kolay kırmızı renkli bir bantla işaretler konulur.

Direklerden bir tanesine işaret konulan yere direk sehpası ile takeometre monte edilir. Takeometre su terazisi ile yataya getirilip, karşı direktteki kırmızı bantlı işarete nişanlanırsa, sehime girildiğinde iletken bakış doğrultusuna teğet olduğu anda istenen sehim verilmiş olur.

Bu yöntem, sehim değeri ile askı zincir izolator boyu toplamının direk boyunu aştığı yerlerde uygulanamaz.

Kot düşme yöntemi ile sehim verme:

Kontrol faktörünün uygun olmadığı yerlerde tellere sehim bu yöntemle verilebilir. Takeometre yer değiştireceğinden yüksekliği $h_t = 1,20$ m olan standart yüksekliğinde sabit tutulacaktır. Sonra takeometrenin askı noktasına olan T mesafesi ölçülecektir.

Aynı T mesafesi karşı direktte telden itibaren aşağıya doğru bir şerit metre ile ölçülerek direk üzerine işaretlenir. Takeometre ile karşıdaki direktte işaretlenen noktaya nişan alınarak bakılır. Okunan düşey açı θ tespit edilir ve alet bu düşey açıda sabitlenir.

Bundan sonra takeometreyle aynı alet yüksekliğinde ve aynı düşey açı ile bakılarak telin düşey düzleminde olmak üzere muhtelif yerlerden mira tutulmak suretiyle okuma yapılır ve zemin kotu ölçülür.

Takeometrenin sonra kurulacağı yerde yapılan ilk mira okumasının değeri m_1 olarak belirlensin. Bu sefer takeometre kurulan aynı alet yüksekliği ve aynı düşey açıyla

KAYNAKLAR

- 1- *İletim Hatlarında Sehim ve Sehim Verme Metotları - Ersin SOYBERK*
- 2- *Değişik Haller Denklemi - Ersin SOYBERK*
- 3- *Değişik Haller Denklemi İle Gerilme ve Sehim Hesaplanması - Ersen ÇAPANGİL*
- 4- *Enerji İletim Hatları Sehim-Gerilme-Offset - Müştak CAYMAZ*
- 5- *Enerji İletim Hatları Mühendisliği - H.Hüsnü DENGİZ*
- 6- *380 kV Üçlü Demet İletken Tel Çekimi - Nihat ÖZGÜL*
- 7- *154/380 kV Enerji İletim Hatları Proje Uygulamaları - Mustafa ARI*
- 8- *Elektrik Kuvvetli Akım Tesisleri Yönetmeliği*
- 9- *Tel Çekimi Teknik Şartnamesi - TEİAŞ Genel Müdürlüğü*
- 10- *www.kocaeli.edu.tr*
- 11- *www.firat.edu.tr*