

SEHİM - GERİLME - OFFSET
ve
SEHİM TASHİHİ
HESAPLARI

ÇEVİRENİN NOTU

Bonneville Power Administration tarafından geliştirilen sözkonusu hesap, grafik ve ölçü metotlarının "inşaa halindeki enerji nakil hatlarımızda faydalı olacağı kanaatindeyim.

Bu sebepten Paul F. Winkelman tarafından kaleme alınmış olan bu makaleyi Türkçeye çevirmeyi uygun buldum. Umduğum faydaları iki grupta toplayabilirim.

1- Enerji nakil hatları proje işlerinde çalışan personele tel çekme sıcaklıklarındaki sehim ve gerilmelerin bulunması, offsetler ve sehim tashihati (düzeltmesi) konusunda pratik metotların tanıtılması,

2-Tel çekme işinde çalışan personele, pratik sehim verme metodunun tanıtılması, gerektiği takdirde grafik ve nomograflar yardımıyla güzergâhta hesapların çabuk olarak yapılması.

Kullanılan uzunluk ağırlık ve kuvvet birimleri MKS (metre, kilogram, saniye) birimlerine çevrilmemiştir. İstenildiği takdirde, bu diyagram ve nomograflar inşaa halinde olan enerji nakil hatlarının nâkileri için metrik sisteme göre hazırlanabilir.

380 kV luk Enerji Nakil Hattının inşaatının başlamasıyla bilhassa izolatör offsetleri, sehim tashihati ve kısa durdurucu menzillerinde izolatör zincirlerinin sehime tesiri önem kazanmağa başlamıştır.

Offset ve sehim tashihati konusu tarafımızdan ele alınmış ve bu konuda yapılmış hazır kompüter programlarının tadil edilmesiyle mevcut hatlarımıza tatbikatı sağlanmıştır. Adı geçen kompüter programı ufak değişikliklerle bu makalede "Uzun form" adı altında tarif edilen forma uygun olarak yapılmıştır. Şimdiye kadar Etibank Şebekeler Dairesinde projeci arkadaşlarımızın hesap makinesiyle yaptıkları offset hesapları, bu makalede "Kısa form" adı altında tarif edilen forma uygun olarak yapılmakta idi. Bu makalede iki durdurucu arasındaki taşıyıcı direklerden müteşekkil bir hat parçasının hem uzun ve hem de kısa forma göre yapılan offset hesaptan misal olarak gösterilmiştir. Bazı offset değerlerinde iki metot arasındaki fark 2 inch=5 cm'i bulmaktadır. Zaten 15 inch = 38,1 cm'den fazla olan offset değerleri için uzun form tavsiye edilmektedir.

Bu çalışmalar esnasında, bilhassa kompüter programının tadil edilmesinde kıymetli yardımını esirgemeyen Etibank Enerji Etüd ve Planlama Dairesi Başkanlığı Başmühendislerinden Sayın Argun Ceyhan'a ve resimleri büyük bir titizlikle hazırlayan Teknik Ressam Ahmet Güçlü'ye teşekkürü borç bilirim.

Ahmet Kaşıkçı
Elektrik Yüksek Mühendisi
Etibank Şebekeler Dairesi Başkanlığı

**“BONNEVILLE POWER ADMINISTRATION”
TARAFINDAN KULLANILAN SEHİM GERİLME HESAPLARI VE ÖLÇMELER**

YAZAN : PAUL F. WINKELMAN (AIEE ÜYESİ)

ÇEVİREN: AHMET KAŞIKÇI (ELEKTRİK YÜK. MÜH. – ETİBANK ŞEBEKELER DAİRESİ)

Nakil (iletken) gibi üniform bir ağırlığa sahip olan herhangi bir fleksibl (esnek) materyal iki ucundan askı noktalarına asıldığında zincir eğrisi şeklini alır. Buna rağmen birçok hesaplar daha basit bir durum arz eden parabol denkleminde veya parabol ile zincir eğrisi arasında yaklaşık formüllerden faydalanarak yapılır (Şekil 1). Mesela aynı seviyede iki askı noktasını ihtiva eden yatay menzilli bir zincir eğrisinde y değerini veren formül;

$$y = \frac{H}{W} \left(\text{Cosh} \frac{WX}{H} - 1 \right) \text{ veya}$$

$$y = \frac{WX^2}{2H} + \frac{W^3 X^4}{24H^3} + \dots + \frac{W^{(2n-1)} X^{2n}}{(2n!)H^{(2n-1)}} + \dots \text{ dir.}$$

Serinin ilk terimi parabolik bir sehimdir. Asma köprülerde köprüyü taşıyan üniform yük yayılı halatin şekli de aynıdır. İlk iki terim zincir eğrisini veren formülün hiperbolik veya eksponansiyel olması halindeki y değerine çok yakın değerler verir. Bütün hallerde serinin verdiği sehim değeri hakiki zincir eğrisinin sehiminden daha küçüktür. Aynı zamanda nakilin fleksibl karakteri azaldıkça sehim de azalır.

Ağır yük şartlarında, uzun menzilde düşük gerilmeyi haiz ve bilhassa çok eğimli hallerde zincir eğrisi ile parabol arasındaki fark barizleşir. Bu yüzden sehim ve gerilmelerin büroda hesaplanması ve güzergahta ölçülmesinde kullanılan metotların limitlerini tayin etmek önemlidir. Bu husus “National Electric Safety Code-NESC” tarafından, yüksek gerimli enerji nakil hatlarında kullanılmak için teklif edilen düşük klerans ve düşük koruma faktörü kullanılmasına doğru temayül (eğilim) noktai nazarından önem taşımaktadır.

“Bonneville Power Administration-BPA”nın çalışma sahası içine giren Kuzeybatı Pasifikte, “Rocky Mountains-Kayalık Dağlar” Bölgesinin uzantısında bulunan dağlık bir bölgede 8000 milden daha uzun bir enerji nakil hattı inşa edilmiştir. Bu bölge Amerika'nın en dağlık ve engebeli ve aynı zamanda çok ağır buz yükü ihtiva eden bölgelerinden biridir. BPA böyle engebeli ve sarp menzilde nispeten düşük gerilmelerle çekilecek olan ağır nakillerin tel çekme problemine inşaat programında öncelik tanıdı. Netice olarak daha önce kullanılan metotların basitleştirilmiş şekli olan yeni bir sehim-gerilme hesabı geliştirdi.

Burada BPA'nın sehim-gerilme hesabına ait metodundan ve bunun güzergahta tatbikinden bahsedilecektir.

SEHİM GERİLME HESAPLARI

Bir nakil ister iki ucundan asılmış olsun ister yere konmuş olsun, sıcaklık ve gerilme değişmelerinden dolayı boyunda değişme olacaktır. Sabit sıcaklık ve elastisite limiti içinde, boydaki değişme ΔL , verilen bir ΔT gerilme değişmesi için HOOK kanunu sağlayacaktır.

$$\Delta L = \frac{L \Delta T}{(Kesit)(Elastisite Modülü)}$$

HOOK Kanunu gerilme-uzama eğrileriyle grafik olarak gösterilebilir. Bakır ve alüminyum için nakilin çalışma limiti içinde kalmak şartıyla, bu eğrilerin eğimleri, gerilme ile orantılı olarak değişir. Ayrıca ACSR gibi iki ayrı materyalden yapılmış nakillerde (bimetal özelliği) bu eğim sıcaklıkla değişir. Diğer taraftan, verilen üniform ağırlıklı bir nakil iki direk arasına asıldığında zincir eğrisini tahkik eder.

(Devamı sayfa 6'da)

4- Gevşeme = L-A düz menzilde: 2 (1-X)

Eğik menzilde: L-C= 1₁+ 1₂- C

$$5- T = HCosh \frac{X}{H/W} = H + HCosh \frac{X}{H/W} - H$$

$$= H + W \left(\frac{H}{W} Cosh \frac{X}{H/W} - \frac{H}{W} \right) = H + W_y$$

$$6- B = y_2 - y_1 = \frac{H}{W} \left(Cosh \frac{A - X_1}{H/W} - Cosh \frac{X_1}{H/W} \right)$$

$$X_1 = \frac{A}{2} - \frac{H}{W} Sinh^{-1} \frac{B/2}{\frac{H}{W} Sinh \frac{A/2}{H/W}}$$

$$7- X_2 = \frac{A}{2} + \frac{H}{W} Sinh^{-1} \frac{B/2}{\frac{H}{W} Sinh \frac{A/2}{H/W}}$$

$$8- \frac{dy}{dx} = Sinh \frac{X}{H/W}$$

9- S: (a) 8'i kullanarak B/A eğimli teğetin değme

noktası olan P noktasının X₃ apsisini
tayin et

(b) 2'yi kullanarak X₃ değeri için y₃'ü bul

(c) Q'yu bul

(d) S= kot Q-kot P

4- Düz menzilde

$$L - A = \frac{W^2 A^3}{24H^2} + \frac{W^4 A^5}{1920H^4}$$

Eğik menzilde

$$L - C = \frac{W^2 A^4}{24CH^2} + \frac{W^4 A^6}{1920CH^4}$$

5- T= H+wy

$$6- B = y_2 - y_1 = \frac{W(A - X_1)^2}{2H} - \frac{WX_1^2}{2H}$$

$$X_1 = \frac{A}{2S} (S - B/4)$$

$$7- X_2 = \frac{A}{2S} (S + B/4)$$

$$8- \frac{dy}{dx} = \frac{WX}{H} + \frac{W^3 X^3}{6H^3}$$

X yerine 6 veya 7'deki değeri konup WX/H serinin bir parçasını teşkil etmek suretiyle;

(a) alt askı noktasında yaklaşık eğim:

$$\text{yaklaşık eğim} = W/H \left[\frac{A}{2S} \left(S - \frac{B}{4} \right) \right]$$

$$= \frac{WA}{8HS} (4S - B) = \frac{4S - B}{A}$$

(b) üstteki askı noktasında eğim = $\frac{4S + B}{A}$

$$9- S = \frac{WAC}{8H} + \frac{3A^2 - 2B^2}{144C} \left(\frac{A^3 W^3}{8H^3} \right)$$

ŞEKİL 1: ZİNCİR EĞRİSİ VE FORMÜLLERİ

Yani gerilme ve sehım gevşemenin bir fonksiyonudur (Burada gevşeme İngilizcedeki 'slack' kelimesinin karşılığı olarak alınmıştır. Kelimeyi formüldeki manasından anlamak gerekir.)

Gevşeme=L-C L: Nakilin boyu
C: Eğik mesafe

Bu durum grafik olarak, hiperbolik fonksiyon eğrileri ile gösterilebilir, gevşeme yüzde olarak $100(L-C)/L$ şeklinde absiste, gerilme ve sehım de ordinatta gösterilir.

Zincir eğrisi fonksiyonunu tahkik eden, iki ucundan asılmış bir nakilin, muhtelif gerilme ve sıcaklık durumlarına göre sehım-gerilme hesaplarını yapmak için en uygun metot YARI GRAFİK METOD'dur. Bu metotta belli bir menzıl için hiperbolik fonksiyon eğrileri, nakilin çekme-uzama eğrilerinden elde edilir. Bu eğriler gerekli bütün sıcaklık dereceleri için çıkarılır. Bu metot BPA (Bonnevılle Power Administration) tarafından kullanılmış olup, düz menziller için "Varney", eğik menziller için "Ehrenburg" tarafından geliştirilen metotlara benzemektedir.

BPA'nın metodu aynı seviyedeki durdurucular arasındaki düz menziller için yeni hiperbolik fonksiyon cetvellerinin hazırlanmasını gerektirmiştir. Bu cetvellerin kullanılması ve diğer kolaylıklar hesapların kısılmasına ve muhtemel hataların azalmasına sebep olmuştur.

GERİLME-UZAMA EĞRİLERİ

Bu eğriler germe-uzama testlerinin tekrarlanmasıyla elde edilen değerlerden istifade edilerek elde edilir. Bu testler ise nakilin imâl edildiği muhit sıcaklığında yapılmaktadır. ACSR nakiller için eğrilerin çelik alüminyum (komple) nakil ve çelik için çıkarılması gerekmektedir.

Şekil 2'de görüldüğü gibi yüzde gevşeme ($100\Delta L/L$) absiste, gerilmeler de ordinatta "pound" olarak gösterilmiştir. Nakili stabil tutabilmek için muayyen müddetler için muayyen yükler tatbik edilmiştir. Bu bekletme periyotları esnasında nakildeki uzamanın büyük bir kısmı (testler bunun %90 olduğunu göstermiştir) nakildeki örgülerin örölüş durumlarından ileri gelmektedir, uzamanın geri kalan kısmı ise "creep" denilen uzamadır. Her bir bekletme periyodundan sonra kablodaki gerilme yükü kaldırılır ve sonra kabloya tekrar yük tatbik edilir. Her bir bekletme müddetinin sonunda elde edilen değerlerle bir eğri çizilir. Bu eğriye Virtüel ilkel GERİLME-UZAMA eğrisi denir.

Şekil 2'deki bekletme müddetleri her malzemeye ve örgü şekline uygun gelmeyebilir. Bununla beraber bu ilkel gerilme-uzama eğrilerinden elde edilen uzamalardan yararlanarak ileride sehım verme işlerinde tatbik edilen "önceden germe" metodu BPA tarafından geliştirilmiştir. ACSR tipi nakiller için çelik kısım da aynı şekilde tekrarlanmalı teste tabi tutulur. Çelik kısım, her bir bekletme süresinde ACSR nakilin aynı süre içerisindeki ilkel uzamasıyla mütenasip (orantılı) olacak şekilde yüklenir. Mesela birinci bekletme süresinde $T_s \cdot E_s / aE$ pound'luk bir kuvvet çelik nüveye tatbik edilir. Numune uzunluğu olan L ve ΔL uzaması için gerekli gerilme-uzama testleri hem ACSR ve hem de çelik nüve için ayrı ayrı yapılır. Burada:

$$\Delta L = \frac{\Delta TL}{aE} = \frac{\Delta T_s L}{aE_s}$$
$$T_s = \frac{T_s E_s}{aE} \quad \text{elde edilir.}$$

Bu eşitlikler T ve T_s 'nin başlangıç değerlerinin sıfır olması halinde elde edilir. T ve T_s nakil ve çelik nüve için gerilmeleri, E ve E_s nakil ve çelik nüve için elastisite modüllerini, a ve a_s nakil ve çelik nüve için kesit alanlarını göstermektedir.

Şekil 2'de olduğu gibi ACSR nakilin ve çelik nüvesinin ilkel ve nihai gerilme-uzama diyagramları çizildikten sonra alüminyuma ait olan ilkel ve nihai gerilme-uzama diyagramları ACSR nakil değerlerinden çelik değerlerinin çıkarılması suretiyle elde edilir.

Böylece ACSR nakilin alüminyum ve çelik bileşenlerinin ayrı ayrı gerilme-uzama diyagramlarını test yapılan yerin muhit sıcaklığına göre elde etmiş oluyoruz. ACSR nakilin istenilen muhit sıcaklığındaki ilkel ve nihai gerilme-uzama diyagramları, alüminyum ve çeliğe ait eğrilerin, sıcaklık değişmesine göre sağa veya sola doğru yatay olarak kaydırılıp toplanmasıyla elde edilir.

Şekil 3 ACSR "Pheasant" nakilin yukarıdaki usulle muhtelif tel çekme sıcaklıklarına göre elde edilmiş gerilme-uzama diyagramlarını göstermektedir. Nihai gerilmeler 0° F (Fahrenheit)(=-17,77 °C)' da Azami Çalışma Gerilmesi olan 8000 ve 16700 pound'luk (3629 kg ve 7575 kg'lık) gerilmeler için çıkarılmıştır. Bu gerilmeler BPA'nın, bu nakilin, ağaç direkler ve çelik konstrüksiyon için nazarı itibara aldığı Azami Çalışma Gerilmeleri (AÇG)'dir. Görüldüğü gibi 0°F'dan daha yüksek sıcaklıklara çıkıldıkça ilkel ve nihai eğrilerin kesişme noktaları 0°F'daki AÇG'den daha büyük değerler almaktadır.

Bu alüminyumun 0°F'da toplam yükün büyük bir kısmını üzerine almasından ve sıcaklık yükseldikçe üzerine daha az yük almasından ileri gelmektedir. Böylece daha yüksek sıcaklıklarda, alüminyum örgüler AÇG'nin aşılması halinde hâlâ Nihai Elastisite Modülünü haizdir.

Şekil 2'deki yerleştirmede görüldüğü gibi AÇG için ilkel ve nihai gerilmelerin kesişme noktaları ilk önce alüminyum ve çelik eğrilerinin üzerinde alınmalı. Bunlar mesela 0°F'da AÇG için bulunup diğer sıcaklıklar için eğrilerin kaydırılmasıyla yeni eğrilerin bulunmasında kolaylık sağlarlar.

HİPERBOLİK FONKSİYON EĞRİLERİ

Şekil 4'deki eğriler, belli bir menzil için, apsiste gösterilen % gevşeme ile ordinatta gösterilen gerilme ve sehim arasındaki hiperbolik bağıntıyı vermektedir. Hiperbolik fonksiyon eğrileri daha önce adı geçen gerilme-uzama diyagramları ile aynı ölçekte çizilirler. Hiperbolik fonksiyon eğrisine ait gevşeme L-C ve gerilme-uzama eğrisine ait nakil boyundaki değişme ΔL , apsise nakil boyunun yüzdesi olarak geçirilir. Daha önceden gerilmeye tabi tutulmuş nakilin kullanılması halinde meydana gelecek hata gayet küçüktür, bu hata ihmal edildiği takdirde hiperbolik fonksiyon eğrilerinin hesabı çok kolaylaşır. Apsis için pratik bir ölçek:

$$1 \text{ inch} = 2,54 \text{ cm} = 0,02 \% \text{ gevşeme veya } 0,02\% \text{ uzama}$$

Gerilme eğrisi, sehim-gerilme değerleri istenen yükleme şartlarına göre hesaplanır. Askı noktasındaki gerilme (T_m) eğrisi zincir eğrisinin askı noktasına isabet eden noktasındaki gerilmelerin değişimini gösterir Efektif gerilme (T_e) eğrisi, zincir eğrisinin HOOK kanununu tahkik eden gerilmelerinin değişimini gösterir. Mesela zincir eğrisi şeklinde asılacak olan bir nakilin gerilmersiz boyuna uniform olarak T_e gerilmesi tatbik edildiğinde meydana gelen uzama, nakilin zincir eğrisi şeklinde asıldıktan sonraki uzamasına eşit olsun. T_e , nakilin boyunca tesir eden ortalama gerilme olarak kabul edilebilir ve daima $(T_m+H)/2$ 'den küçüktür. BPA tarafından geliştirilen hiperbolik fonksiyon cetvelleri, basit, katı ve kısa bir yolla, düz durdurucu menzillerinde hiperbolik fonksiyon eğrilerinin çizilmesini sağlarlar.

HİPERBOLİK FONKSİYON CETVELLERİNİN HAZIRLANMASINDA KULLANILAN FORMÜLLERİN ÇIKARILMASI

Şekil 1'deki ekzakt formüller, Şekil 5'deki düz menziller için aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$\text{Sehim, } y = \frac{H}{W} \left(\text{Cosh} \frac{WX}{H} - 1 \right) \quad (1)$$

$$\text{Toplam nakil uzunlu\u011fu, } L = 2\mathbf{l} = \frac{2H}{W} \text{Sinh} \frac{WX}{H} \quad (2)$$

$$\text{Aski noktasındaki gerilme, } T_m = T = H \text{Cosh} \frac{WX}{H} \quad (3)$$

Nakil askıya alınmadan önce yani gerilmesiz durumdayken küçük bir parçasının boyu $\Delta \mathbf{l}_u$ ise askıya alındıktan sonra bu boy:

$$\Delta \mathbf{l} = \Delta \mathbf{l}_u \left(1 + \frac{T}{aE}\right) \text{ olur.}$$

Kesit alanı (a) ve elastisite modülü (E) olan bir nakil için:

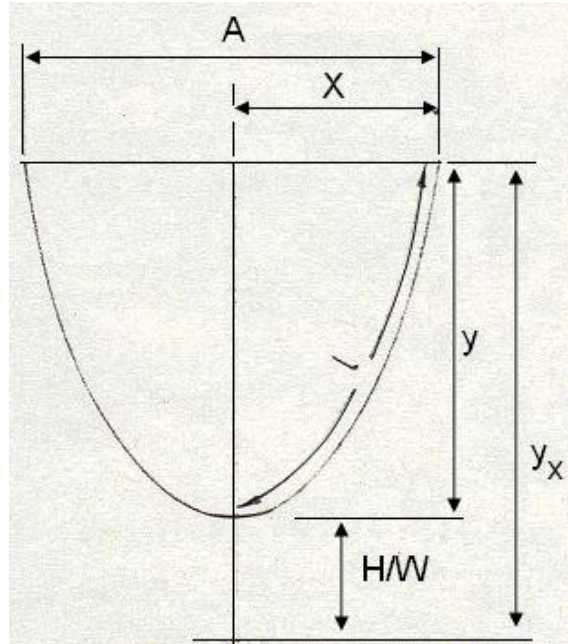
$$\mathbf{l} = \int_0^{\mathbf{l}_u} d\mathbf{l}_u + \frac{1}{aE} \int_0^{\mathbf{l}_u} T.d\mathbf{l}_u = \mathbf{l}_u + \frac{1}{aE} \int_0^{\mathbf{l}_u} T.d\mathbf{l}_u \text{ veya}$$

$$\frac{\frac{1}{aE} \int_0^{\mathbf{l}_u} T.d\mathbf{l}_u}{\mathbf{l} - \mathbf{l}_u} = \frac{aE}{\mathbf{l}_u} = \frac{Te}{\mathbf{l} - \mathbf{l}_u}$$

Bu HOOK kanununun bir ifadesi olduğundan ve efektif gerilme HOOK kanununu tahakkuk ettirdiğinden,

$$Te = \frac{1}{\mathbf{l}_u} \int_0^{\mathbf{l}_u} Td\mathbf{l}_u \text{ veya yaklaşık olarak } Te = \frac{1}{\mathbf{l}} \int_0^{\mathbf{l}_u} Td\mathbf{l} \text{ yazılabilir.}$$

Buradaki \mathbf{l} gerilmeye maruz kalan asılmış haldeki kablonun boyudur. (2) ve (3) eşitliklerini bu denklemde yerine koyup integre etmekle,



ŞEKİL 5: DÜZ MENZİLDE ZİNCİR EĞRİSİ
Nakil uzunluğu $L=2\mathbf{l}$

$$T_e = \frac{H}{1} \int_0^x \text{Cosh}^2 \frac{WX}{H} dx = \frac{H^2}{2W1} \left(\text{Sinh} \frac{WX}{H} \text{Cosh} \frac{WX}{H} + \frac{WX}{H} \right) \quad (4)$$

$$\text{Gevşeme} = 2(1-x)$$

$$\% \text{Gevşeme} = \frac{2(1-x)100}{21} = \left(1 - \frac{x}{1}\right)100$$

(2) numaralı denklemleri kullanarak % Gevşeme;

$$\% \text{Gevş.} = 100 \left(1 - \frac{WX}{H \text{Sinh} \frac{WX}{H}} \right)$$

$$\frac{WX}{H} = Z \text{ yazılacak olursa, \% Gevşeme}$$

$$\% \text{Gevş.} = 100 \left(1 - \frac{Z}{\text{Sinh} Z} \right) = 100 - \frac{100Z}{\text{Sinh} Z} \text{ dir. Aynı zamanda,}$$

$$\frac{\text{Sinh} Z}{Z} = \frac{1}{1 - \frac{\% \text{Gevş.}}{100}} \text{ elde edilir.} \quad (5)$$

HİPERBOLİK FONKSİYON CETVELLERİNİN HAZIRLANMASI

Hiperbolik değer cetvellerinin kullanılmasıyla, Cetvel 1'in birinci kolundaki her bir % gevşemeye tekabül eden Z değerleri enterpolasyon. metoduyla bulunur. "The National Bureau of Standards. United States Department of Commerce" 9 haneli hiperbolik cetvelleri yayınlanmıştır. Bu hesaplarda adı geçen hiperbolik cetveller çok elverişlidir.

Seçilen her bir % gevşemeye tekabül eden Z değerlerinin hesaplanmasından sonra, bilinen değerler ve (1), (3), (4) eşitlikleri kullanılarak, herhangi bir menzile ait sehim ve gerilme faktörleri bulunabilir. Bilinmeyen A ve W değerlerini izole etmek suretiyle:

$$\text{SEHİM} = y = \frac{X}{Z} (\text{Cosh} Z - 1) \text{ ve denklem (1)'den,}$$

$$\text{SEHİM} = \frac{A}{2Z} (\text{Cosh} Z - 1)$$

$$\text{SEHİM FAKTÖRÜ} = \frac{\text{SEH.}}{A} = \frac{1}{2Z} (\text{Cosh} Z - 1) \quad (6)$$

$$\text{ASKI NOKTASINDAKİ GERİLME} = T_m = A_w \left(\frac{\text{Cosh} Z}{2Z} \right) \text{ ve (3)'den}$$

$$\text{ASKI NOKTASINDAKİ GERİLME FAKTÖRÜ} = \frac{T_m}{A_w} = \frac{\text{Cosh}Z}{2Z} \quad (7)$$

$$\text{EFEKTİF GERİLME} = T_e = A_w \left[\frac{\text{Cosh}Z}{4Z} + \frac{1}{4\text{Sinh}Z} \right] \quad (2) \text{ ve } (4)'ü \text{ kullanarak,}$$

$$\text{EFEKTİF GERİLME FAKTÖRÜ} = \frac{T_e}{A_w} = \frac{\text{Cosh}Z}{4Z} + \frac{1}{4\text{Sinh}Z} \quad (8)$$

elde edilir. Eğer (7) numaralı denklemden ilk önce askı noktasındaki gerilme faktörü bulunacak olursa (8) numaralı denklemden istifade edilerek efektif gerilme faktörü kolaylıkla bulunabilir. Şöyle ki:

$$\text{Efektif gerilme faktörü} = T_e = \frac{1}{4Z} \left[2Z(\text{askı.noktası.gerilmefaktörü}) - \frac{\% \text{Gevş.}}{100} + 1 \right] \quad (9)$$

Yatay gerilme şöyle hesaplanır:

$$H = A_w (\text{askı noktasındaki gerilme faktörü} - \text{sehim faktörü}) \quad (10)$$

Şekil 1'deki 2 numaralı yaklaşık formülden,

$$\text{Düz menzilde sehim} = y = \frac{WA^2}{8H} + \frac{W^3A^4}{384H^3} \quad \text{ve} \quad (11)$$

$$H = \frac{WA^2}{8(\text{Sehim} - \text{Tashih})} \quad \text{elde edilir.} \quad (12)$$

Tashih küçüktür bu tashihatın yaklaşık değeri;

$$\frac{W^3A^4}{384Te^3}, \text{ dir ve}$$

H için hesaplanan değer yaklaşıklığı hesap etmekte kullanılabilir. Özet olarak Cetvel 1, istenen % gevşeme değerleri için (5) numaralı formülden Z değerlerinin hesaplanması ve bunu müteakip (6), (7) ve (9) formüllerinin kullanılması ile elde edilmiştir.

CETVEL 1: ZİNCİR EĞRİSİ DEĞERLERİ

% GEVŞEME	ASKI NOKTASINDAKİ GERİLME FAKTÖRÜ	ASKI NOKTASINDAKİ EFFEKTİF GERİLME FAKTÖRÜ	EFFEKTİF GERİLME FAKTÖRÜ	SEHİM FAKTÖRÜ
0.0005	90.910	0.000	90.910	0.00138
0.001	64.937	0.001	64.936	0.00193
0.002	45.665	0.002	45.663	0.00274
0.004	32.283	0.003	32.280	0.00387
0.006	26.348	0.003	26.345	0.00474
0.008	22.826	0.004	22.822	0.00548
0.010	20.414	0.004	20.410	0.00612
0.015	16.674	0.005	16.669	0.00750
0.020	14.443	0.006	14.437	0.00866
0.025	12.918	0.007	12.911	0.00968
0.030	11.795	0.007	11.788	0.01062
0.040	10.216	0.008	10.208	0.012252
0.050	9.1427	0.0091	9.1336	0.013695
0.060	8.3317	0.0100	8.3217	0.015035
0.080	7.2323	0.0115	7.2208	0.017332
0.100	6.4750	0.0129	6.4621	0.019373
0.120	5.9144	0.0141	5.9003	0.021223
0.160	5.1285	0.0163	5.1122	0.024510
0.200	4.5894	0.0183	4.5711	0.027428
0.240	4.1976	0.0200	4.1776	0.030062
0.280	3.6391	0.0216	3.6695	0.032481
0.320	3.6391	0.0231	3.6160	0.034736
0.360	3.4346	0.0245	3.4101	0.036855
0.400	3.2618	0.0259	3.2359	0.038862
0.440	3.1133	0.0271	3.0862	0.040773
0.480	2.9839	0.0284	2.9555	0.042601
0.520	2.8699	0.0295	2.8404	0.044355
0.560	2.7684	0.0306	2.7378	0.046045
0.600	2.6774	0.0317	2.6457	0.047677
0.660	2.5568	0.0333	2.5235	0.050030
0.720	2.4518	0.0348	2.4170	0.052282
0.780	2.3594	0.0362	2.3232	0.054444
0.840	2.2772	0.0376	2.2396	0.056529
0.900	2.2033	0.0389	2.1644	0.058547
0.960	2.1358	0.0401	2.0967	0.060494
1.02	2.07628	0.04146	2.03482	0.062388
1.08	2.02097	0.04269	1.97829	0.064230
1.14	1.97017	0.04387	1.92630	0.066024
1.20	1.92332	0.04502	1.87380	0.067781
1.26	1.87992	0.04615	1.83377	0.069484
1.32	1.83959	0.04725	1.79234	0.071156
1.38	1.80199	0.04833	1.75366	0.072793
1.44	1.76683	0.04938	1.71745	0.074397
1.50	1.73386	0.05042	1.68344	0.075970
1.56	1.70286	0.05144	1.65142	0.077515
1.62	1.67365	0.05243	1.62122	0.079033

CETVEL 1: ZİNCİR EĞRİSİ DEĞERLERİ

% GEVŞEME	ASKI NOKTASINDAKİ GERİLME FAKTÖRÜ	ASKI NOKTASINDAKİ EFFECTİF GERİLME FAKTÖRÜ	EFFECTİF GERİLME FAKTÖRÜ	SEHİM FAKTÖRÜ
1.68	1.64607	0.05341	1.59266	0.080525
1.74	1.61999	0.05438	1.56561	0.081993
1.80	1.59226	0.05532	1.53994	0.083438
1.86	1.57178	0.05626	1.51552	0.084861
1.92	1.54945	0.05718	1.49227	0.086264
1.98	1.52819	0.05808	1.47011	0.087647
2.04	1.50791	0.05898	1.44893	0.089012
2.10	1.48854	0.05986	1.42868	0.090359
2.16	1.47002	0.06073	1.40929	0.091688
2.22	1.45229	0.06159	1.39070	0.093001
2.28	1.43530	0.06244	1.37286	0.094299
2.34	1.41899	0.06327	1.35572	0.095582
2.40	1.40333	0.06410	1.33923	0.096850
2.48	1.38839	0.06519	1.31820	0.098520
2.56	1.36444	0.06627	1.29817	0.100166
2.64	1.34640	0.06732	1.27908	0.101791
2.72	1.32922	0.06837	1.26085	0.103394
2.80	1.31282	0.06940	1.24342	0.104977
2.88	1.29714	0.07041	1.22673	0.106541
2.96	1.28215	0.07142	1.21073	0.108086
3.04	1.26780	0.07241	1.19539	0.109614
3.12	1.25403	0.07339	1.18064	0.111126
3.20	1.24083	0.07436	1.16647	0.112621
3.30	1.22505	0.07556	1.14949	0.114468
3.40	1.21002	0.07674	1.13328	0.116292
3.50	1.19570	0.07790	1.11780	0.118094
3.60	1.18203	0.07906	1.10297	0.119875
3.70	1.16896	0.08019	1.08877	0.121636
3.80	1.15646	0.08132	1.07514	0.123378
3.90	1.14448	0.08243	1.06205	0.125102
4.00	1.13300	0.08353	1.04947	0.126809
4.10	1.12198	0.08461	1.03737	0.128498
4.20	1.11140	0.08569	1.02571	0.130171
4.30	1.10123	0.08676	1.01447	0.131830
4.40	1.09145	0.08782	1.00363	0.133473
4.50	1.08203	0.08886	0.99313	0.135102
4.60	1.07295	0.08989	0.98306	0.136717
4.70	1.06420	0.09092	0.97328	0.138319
4.80	1.05576	0.09193	0.96383	0.139908
4.90	1.04762	0.09294	0.95468	0.141485
5.00	1.03975	0.09394	0.94581	0.143050
5.10	1.03214	0.09493	0.93721	0.144604
5.20	1.02479	0.09592	0.92878	0.146146
5.30	1.01767	0.09689	0.92078	0.147678
5.40	1.01078	0.09786	0.91292	0.149119
5.50	1.00411	0.09882	0.90529	0.150571
5.60	0.99765	0.09978	0.89787	0.152212
5.70	0.99139	0.10073	0.89066	0.153704
5.80	0.98531	0.10167	0.88364	0.155188
5.90	0.97942	0.10260	0.87682	0.156662
6.00	0.97370	0.10353	0.87017	0.158128

CETVEL I' DEN HİPERBOLİK FONKSİYON EĞRİLERİNİN HESAPLANMASI

Verilen bir düz menzil için % gevşeme değerlerine göre aşağıdaki işlem ve hesaplar yapılır.

1. $T_m = A \cdot W$. (Askı noktasındaki gerilme faktörü)
2. $T_m - T_e = A \cdot W$. (Askı noktasındaki efektif gerilme faktörü)
3. $T_e = A \cdot W$. (Efektif gerilme faktörü)
4. $Sehim = A$. (Sehim faktörü)

İlk iki işlem genel olarak yalnız maksimum proje yüklerinin bulunmasında kullanılır. Maksimum proje yükleri için T_e eğrisi $T_m - T_e$ işleminden faydalanılarak dana hassas olarak elde edilebilir. Üçünca merhalede (aşamada) sehim-gerilme değerleri istenen nakil yükleri için $A T_e$ eğrisi hesaplanır. Bu yükler rüzgarsız çıplak nakil (tel çekmek için), buz ve rüzgarlı veya hem buzlu hem rüzgarlı (klerans ve aşırı yüklemeyi kontrol etmek için) yükler olabilir. W 'nin değeri hesabın yapılmak istendiği durum için nakilin birim uzunluğunun ağırlığı olarak alınmalıdır. Verilen menzil için yalnız bir sehim eğrisi çizilir. Azami çalışma gerilmesinin (AÇG) verildiği haller en çok rastlanan hallerdir ve bu hallerde T_m ve T_e eğrileri için, azami proje yükünde 3'er noktanın alınması kafidir. Şekil 6'da olduğu gibi ilk eğri üzerinde AÇG'ye tekabül eden nokta kullanılabilir. T_e eğrisi hemen bunun altındadır. Şekil 6'daki gibi AÇG başlama noktası iki maksimum proje yükü eğrisini çizmeden de hesaplanabilir. O şartla ki AÇG'ye tekabül eden % gevşeme kafi derecede hassas bir değer olsun. MARTİN tarafından hazırlanan grafik ve cetvellerden istifade edilerek $A \cdot W / AÇG$ bulunduktan sonra enterpolasyon ile boy faktörü bulunur sonra;

$$\% \text{Gevşeme} = 100 (\text{Boy faktörü} - 1) / \text{Boy faktörü}$$

formülünden T_m üzerindeki AÇG başlama noktası bulunur.

Hesaplanmış olan bu gevşeme için 1 no.lu cetvelden enterpolasyon yoluyla bulunan $T_m - T_e$ değeri, T_e 'nin maksimum proje yükü için değerini verecektir. AÇG başlama noktasını tayin etmek için kullanılan bu metot, bilhassa maksimum proje yükleri eğrilerinin nispeten düz olduğu hallerde daha hassas netice verir. Çıplak nakil için T_e eğrisi ve sehim eğrisi çizilmesi için kaç noktanın yeterli olacağı muhtelif menziller üzerinde yapılan çalışmalardan sonra anlaşılır. Genel olarak 5 ila 6 nokta uygundur.

DÜZ GERGİ MENZİLİ İÇİN SEHİM-GERİLME HESAPLARI

Kabul edilen proje yüklerine göre verilen bir azami çalışma serilmesi (AÇG) için Şekil 4'deki hiperbolik fonksiyon eğrileri Şekil 3'deki Gerilme-Uzama eğrileri üzerine intibak (uyum) ettirilerek Şekil 6'daki eğriler elde edilir. Hiperbolik fonksiyon eğrileri yatay olarak kaydırılır, ta ki AÇG sıcaklığı için ilkel gerilme-uzama eğrisi ile azami proje yükleri eğrisi T_e , T_m eğrisi üzerinde ve AÇG başlama noktasının hemen altında kesişinceye kadar.

Effektif gerilme HOOK kanunu tahakkuk ettirdiğinden, herhangi bir sıcaklıktaki gerilme-uzama eğrisi ile herhangi bir T_e eğrisinin kesişme noktası, o sıcaklık ve yükleme durumuna göre Efektif gerilme ve % gevşemeyi tayin edecektir. Sehim bu kesişme noktasından geçen düşey çizgiden ve sehim eğrisi üzerinden okunur. Kısa menziller hariç, diğer menziller için yatay gerilme, 12 denklemler veya Cetvel II yardımıyla ve bilinen sehimini kullanarak çok yaklaşık olarak tayin edilebilir. Cetvel II' deki 12 numaralı formül şu şekilde yazılmıştır.

$$\frac{H}{A \cdot w} = \frac{A}{8(Sehim - Tashih)} = \frac{A}{8Sehim} + q$$

Gerilmedeki hatırı sayılır değişmelerin, sehimde çok küçük değişmelere sebep olduğu 500 feet (152,4 metre) ve daha küçük menzillerde, Te gerilmesinden ve 12 denkleminde yararlanarak sehimi tayin etmek daha hassas netice verir. Küçük menzillerde bütün özel haller için Te ve H birbirine eşittir ve 12 numaralı denklemdeki sehim tashihi ihmal edilebilir.

MİSAL:

ACSR Pheasant nakil

AÇG =16.700 pound (=7575 kg) [0 °F'da (-17,77 °C), ½ inch (1,27 cm) buz yükü+8 pound / ft² (39,05 kg/m²) rüzgâr yükü için]

Menzil= 1.800 feet (548,6 metre)

Nakilin özgül ağırlığı (pound/ ft cinsinden);

W₁ = 1,635 rüzgârsız halde çıplak nakil

W₂ = 2,806 1/2 inch buz yükü ve rüzgârsız

W₃ = 3,224 1 1/2 inch buz yükü + 8 pound / ft² rüzgar yükü

İSTENENLER 1) İlkel tel çekme sehimi ve yatay gerilmelerini; 0 °F, 30 °F, 60 °F, 90°F, 120°F için bulunuz.
2) Nihai tel çekme sehimi ve yatay gerilmelerini;
a) 32°F'da 1/2 inch buz yükü+ rüzgarsız,
b) 120 °F'da 0 inch buz yükü + rüzgârsız haller için bulunuz.

(Bu verilere göre çizilmiş olan Şekil 4 ve Şekil 6'ya bakınız)

EĞİMLİ BÖLGEDE GERGİ MENZİLİ İÇİN SEHİM-GERİLME HESAPLARI

Hiperbolik fonksiyon eğrileri için gerekli değerler Ehrenburg metoduna göre hesaplanmıştır. Yüksekteki gergiye ait T_m, T_e ve eğimli zincir eğrisine ait sehim değerleri, % gevşemenin fonksiyonu olarak çizilmiştir. Bu eğriler çekme uzama eğrileriyle birlikte, düz gergi menzilleri için verilen misalde olduğu gibi kullanılacaktır.

Basitliğine ve hassasiyetine ilaveten bu metodun bir başka faydası vardır. Yeni inşa edilmekte olan enerji nakil hatlarında karşılaşılan nakil çekme probleminin etüdüne esneklik getirmesi, bakım, ön gerilme verilmesi gibi revizyon işleri, atlamalar, aşırı yüklenmeler, krip tesiri vs. gibi problemlerin etüdüne imkan vermesi bakımından faydalıdır.

Çekme-uzama eğrileri ve hiperbolik fonksiyon eğrileri, tel çekme cetvellerinin hazırlanması esnasında bol miktarda elde edildiğinden, bu eğriler daha sonraki hatların dizaynında müracaat edilebilecek kıymetli referanslar olabilir.

GÜZERGAHTA YAPILAN ÖLÇMELER

RULİNG MENZİL

Şekil 7'de görüldüğü gibi verilen sıcaklık değişmesi için gerilmede meydana gelen değişme menzile bağlı olarak değişir. Bu hal zincir eğrisinin gevşeme-gerilme bağıntılılarıyla izah edilebilir. İki gergi noktası arasındaki menziller takriben aynı yatay gerilmeyi haiz oldukları takdirde, gevşemede % olarak verilen bir değişme, gerilmede menziller azaldıkça artan bir değişmeye sebep olur. Şimdi bütün askı zincirlerinin düşey olduğu bir taşıyıcı menziller serisinin aynı yatay gerilmeye göre sehimlendirildiğini göz önüne alalım. Her bir menzildeki gerilme, menzile bağlı olmaksızın

tıpkı sıcaklık değişmelerinin hat boyunca izolatörlerde yaptığı sapmada olduğu gibi değişmeye maruz kalacaktır. Askı zincirleri, küçük menzillerde gevşemedeki değişimi azaltacak şekilde, büyük menzillerde ise çoğaltacak şekilde saparlar. Askı zincirlerini bu sapması o kadar küçüktür ki nakil üzerinde izolatör zincirinin meydana getirdiği yatay gerilme normal olarak ihmal edilir.

Yükleme ve sıcaklık değişmelerinin, iki gergi noktası arasındaki taşıyıcı menzillerde aynı gerilme değişimini veren bir tek gergi menzili mevcuttur ki bu menzile o taşıyıcı menziller grubunun RULING MENZİLİ denir. Ruling menzil denkleminin n' adet menzilin gevşeme-gerilme bağıntılarından çıkarılmıştır. Bunların her birinin ruling menzil uzunlukları (A_r) olduğuna göre, aynı toplam uzunluğu haiz muhtelif menzillerdeki gevşeme-gerilme münasebetlerinden;

$$n'A_r = A_1 + A_2 + \dots + A_n \text{ bulunur.}$$

Şekil 1'den düz menziller için yaklaşık gevşeme formülünün ilk terimini kullanmak ve verilen yatay gerilme (H) için gevşeme miktarlarını eşit kılmakla:

$$\frac{n'W^2 A_r^3}{24H^2} = \frac{W^2 (A_1^3 + A_2^3 + \dots + A_n^3)}{24H^2}$$

$$n' A_r^3 = A_1^3 + A_2^3 + \dots + A_n^3 \text{ elde edilir.}$$

n'A_r 'nin değerini yerine koyarsak,

$$(A_1 + A_2 + \dots + A_n) A_r^2 = A_1^3 + A_2^3 + \dots + A_n^3 \text{ ve}$$

$$\text{RULING MENZİL} = A_r = \sqrt{\frac{A_1^3 + A_2^3 + \dots + A_n^3}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}} \text{ elde edilir.}$$

Menziller arasında oldukça büyük farklar bulunan bir taşıyıcı menziller serisinde, çok büyük menzildeki gerilme ile çok küçük menzildeki gerilme ruling menzilin verdiği gerilmeye tam olarak eşit olmayacak ve proje kleranslarında hatırı sayılır bir hata husule gelecektir. Şekil 7'deki gergi menziline ait grafiklerde gösterildiği gibi çok uzun menzillerin soğuk havadaki sehimleri beklenenden daha büyük, sıcak havadaki sehimleri beklenenden daha küçük olmaktadır. Küçük menziller için bu durumun aksi varittir. Toprağa ve diğer atlamalara karşı kleranslar bundan etkilenebilir. Gergileme durumunda bu husustan kaçınmalıdır.

EŞDEĞER MENZİL

Tel çekme diyagram ve cetvelleri düz menziller için sehim ve yatay gerilmeleri verirler. Engebeli menziller için sehimler, eşdeğer düz menziller için hazırlanan tel çekme diyagram ve cetvellerinden elde edilirler. Eşdeğer düz menzil,

1. Taşıyıcı menziller için \sqrt{AC} veya yaklaşık olarak $A + B^2 / 4A$,
2. Gergi menzilleri için $2C-A$ veya yaklaşık olarak $A + B^2 / A$ 'dir.

Bu yaklaşıklıklar C yerine $A + B^2 / 2A$ koymakla elde edilmektedir. Burada görülmektedir ki gergi menzilleri için eşdeğer düz menzilin yaklaşık değeri, A'ya ilave olarak, taşıyıcı menzil eşdeğer menzilinekinden 4 defa daha büyük bir tashi terimine ihtiyaç göstermektedir. Şekil 8'de görülen nomograf eşdeğer düz menzil denklemlerinin yaklaşık formlarının kullanılmasıyla elde edilmiştir. Güzergahta, eşdeğer menzil değerinin tayininde uygun bir metottur.

EŞDEĞER DÜZ MENZİL DENKLEMLERİNİN TEORİSİ

Bir taşıyıcı menziller serisinde, her bir taşıyıcı direktteki izolatör zincirlerinin düşeyliğini temin etmek için her bir menzildeki nakile, A menzilinden veya B kot farkından bağımsız olarak, verilen sıcaklıkta aynı yatay gerilmeleri haiz olacak şekilde sehim verilmelidir. Ruling menzil cetvellerindeki sehimler bunu düz menziller için sağlarlar. Çünkü bu sehimler, verilen bir sıcaklıkta, her bir menzil için aynı yatay gerilmeyi esas almaktadır.

Şekil 1'deki 9'cu maddede belirtilen, engebeli menzillere ait yaklaşık sehim denkleminde

$$S = \frac{WAC}{8H} + \left(\frac{3A^2 - 2B^2}{144C} \right) + \left(\frac{A^3W^3}{8H^3} \right) \text{ olduğunu görürüz,}$$

$$\text{bunu } S = \frac{WAC}{8H} + Tashih \quad (13)$$

$$\text{veya } S = \frac{W(\sqrt{AC})^2}{8H} + Tashih \quad \text{şeklinde yazabiliriz.}$$

Düz menzillere ait tashihlerle eğik menzillere ait tashihler arasındaki fark ihmal edilebilir. Eğik menziller için tam doğru sehim ve yatay gerilme Ruling menzil diyagram ve cetvellerinden elde edilebilir. Bunun için eşdeğer menzil olan \sqrt{AC} 'ye tekabül eden sehime bakmak gerekir. Tel çekme diyagram ve cetvellerinde gösterilen sehimler düz menziller için gerekli tashihi ihtiva ederler (içerirler).

Ruling menzil diyagram ve cetvellerinden faydalanarak sehim verilen düz menziller için Ruling menzile eşit bir menzilde askı noktasındaki maksimum proje gerilmesi AÇG'ye eşit alınır. Daha uzun ve daha kısa menziller için askı noktasındaki maksimum proje gerilmesi AÇG'den daha büyük veya daha küçük olur. Diğer taraftan gergi menzili cetvelleri, (DE Charts) düz menzillerde, menzile bağlı olmayarak askı noktasındaki maksimum proje gerilmesi AÇG alınarak hazırlanmıştır. Netice olarak verilen sıcaklıktaki tel çekme gerilmesi bu cetvellerde (DE charts) menzile bağlı olarak değişir.

Eşdeğer düz menzil (2C-A) engebeli menzillerde gereken ilave sehimini temin eder. Bu ise yukarıdaki askı noktasında maksimum proje yükünü AÇG'ye yaklaştırmak içindir. Eşdeğer düz menzil, aynı zamanda Cetvel I'den yararlanarak, engebeli menzillerdeki sehimini tayin etmek için hiperbolik fonksiyon eğrilerinin hesaplanmasına müsaade eder. Buna rağmen bu sehimler için hakiki yatay gerilmeler DE cetvellerinde veya hiperbolik fonksiyon eğrilerinde gösterilenler değildir. Bunlar (13) no.lu denklemle hesaplanabilir. Çok dik engebeli arazideki DE cetvelleri Ehrenburg metoduna göre hesaplanabilir ve tel çekmek için gerekli bilgiler tablo ve cetveller halinde güzergahta çalışanlara sunulur.

SEHİM VERME DENKLEMİ

Şekil 9' da güzergahta yerinde yapılan hesaplarla sehim vermek için bir denklem elde edilmiştir. Nakile bu formül yardımıyla yerinde yapılan hesaplarla doğru olarak sehim verilebilir.

$$S = \left(\frac{\sqrt{H} + \sqrt{t}}{2} \right)^2 \quad \text{sehimini kontrol etmek içindir.}$$

$$t = \left(2\sqrt{S} - \sqrt{h} \right)^2 \quad \text{target (hedef) yerini verir.}$$

$$\tan f = \frac{h-t+B}{A} \quad \text{açının tanjantını verir.}$$

Bir sonraki askı noktası daha yukarıda ise B (+)

Bir sonraki askı noktası daha alçakta ise B (-)

Açı yatayın üstünde ise f (+)

Açı yatayın altında ise f (-) alınır.

YERİNDE (GÜZERGAHTA) SEHİM VERME DENKLEMİNİN DOĞURDUĞU HATALAR

Yerinde sehim verme denklemi parabol denklemine dayanmaktadır. Halbuki zincir eğrisine tatbik edilirse bazı yaklaşıklıkları gerektirmektedir. Şekil 9'a bakılırsa bunlar;

- 1 Eğim(4 S₂/PQ) zincir eğrisi için yaklaşıktır.
- 2 Eğimli bir menzilde, zincir eğrisinin sehimi (S) eğik menzilin orta noktasından yukarıdaki askı noktasına doğru uzanır.
- 3 Zincir eğrisinde sehim menzilin karesiyle sadece yaklaşık olarak orantılıdır.

Teorik olarak güzergahta sehim verme denklemini kullanarak yapılan yegane tam doğru hesap $h = t$ veya kontrol faktörü $S_1/S = 1.00$ olması halidir. (Şekil 10'a bakınız)

Şekil 11 göstermektedir ki, verilen bir menzilde, görüş çizgisinin nakile teğet olduğu nokta askı noktalarına doğru yaklaştıkça sehim vermedeki hata artar. Bu noktanın askı noktalarına yaklaşması, $h=t$ ideal durumundan uzaklaşması veya kontrol faktörünün küçülmesi demektir. Buna ilaveten, görüş çizgisinin nakile teğet olduğu nokta $h=t$ pozisyonunun üstünde veya altında olduğuna göre hatanın karakteri değişir. Şekil 11'deki eğriler göstermektedir ki menzil ve eğim (B/A) arttıkça ve H/W küçüldükçe sehim vermedeki hata da artmaktadır. Takdir edilmelidir ki çok eğimli arazide düşük tel çekme gerilmesini haiz nakiller için bu hata ihmal edilemez.

Tel çekmedeki hatalara ait bu analiz, "Cascade Mountains" bölgesinde çok engebeli bazı kısımlarda nakillere tam olarak sehim verilemediğinden şikayet eden personelin arzusu üzerine ele alınmıştır. Bir taşıyıcı menziller serisinde, izolatör offsetlerinin ve sehim tashihlerinin doğru olarak tatbik edilmesine rağmen nakiller bir menzilde yukarıya, diğer bir menzilde aşağıya doğru gitme temayülü (eğilimi) gösterirler.

Bu analizlerin neticeleri göstermiştir ki sehim verme işinde yapılacak kontrol oldukça önemlidir. Şekil 10'da gösterilen nomograf böyle bir kontrolün şeklini göstermektedir. Bu nomograf aşağıdaki eşitlikten elde edilmiştir.

$$\text{Kontrol faktörü} = \frac{S_1}{S} = 1 - \frac{(h-t)^2}{4S^2}$$

Bu ise Şekil 9' dan alınan ve aşağıda gösterilen eşitlikten direkt olarak alınmıştır.

$$S - S_1 = \frac{(h-t)^2}{16S} \quad \text{veya} \quad S_1 = S - \frac{(h-t)^2}{16S}$$

Sehim verme işinde çalışanlar için bu kontrol faktörünü tayin etmeye yarayan bilgiler (nomograf, grafik, cetveller) temin edilebilir. Bu sayede sehim verme işini yapan kimse çok kısa bir zamanda takeometre (topoğraf ölçü aleti) yerleştirme durumunun uygunluğunu kontrol edebilir. Şekil 10'da gösterilen örnek hesaplamalara bakınız.

Şekil 10'da gösterilen ve sehimin uygunluğunu kontrol etmeye yarayan kontrol faktörü eğrisi $A=2800$ feet (853 metre) ve $H/W = 4.575$ feet (1394 meter) için Şekil 11'deki hata eğrilerinin ve 1/2 % hassasiyet doğrusunun kesişmesi yardımıyla elde edilmiştir. Böylece verilen A ve H/W değerleri için sehim vermekte kullanılan takeometre yerleştirmesine ait kontrol faktörü bu eğrinin üzerindedir

ve 1/2 % hata mevcuttur. Birçok hallerde hata 1/2 %' den daha küçüktür. Sehim verme işinde çalışan kimseler muhtemel menzilleri göz önüne alarak bu kontrol faktörü eğrilerinin adedini artırabilirler, genel olarak rastlanan menziller 2800 feet'den daha küçüktür.

0.75'e kadar olan kontrol faktörlerinde eğrideki kırılmalar kontrol faktörünü sınırlandırmaktadır. Kontrol faktörü eğrisi istenilen hassasiyette, herhangi bir A ve H/W değeri için çizilebilir. Şekil 10'da görülen tek kontrol faktörü eğrisinin tatminkar olduğu tespit edilmiştir.

İZOLATÖR OFFSETLERİ VE SEHİM TASHİHLERİ

Eğimli bir arazide sürtünmesiz makaralar yardımıyla çekilen nakil, yokuş aşağı istikamette kaymak temayülündedir. Yani nakil alçaktaki menzillerde cetvellerde gösterilenden daha fazla, yüksekteki menzillerde ise daha az bir sehimle dengeye gelir. Makaralar daima askı noktasındaki teğeti yataya daha yakın olan nakil istikametinde saparlar. Bu ise normal olarak yukarı istikamettir.

Şekil 12'de grafik olarak gösterildiği gibi makara üzerinde serbest olarak durmakta olan bir nakilin her iki taraftaki yatay gerilmeleri arasındaki fark,

$$W(y_2 - y_1) \text{ dir.}$$

Bu aynı zamanda izolatör zincirini düşey durumdan saptırarak gerilmenin yatay bileşenidir (Şekil 12 Detay A'daki vektör diyagramında H₃-H₄'e bakınız). Ayrıca yatay gerilme, nakilin yatayla yaptığı açığa göre artar veya azalır.

Her bir menzilde, cetveldeki sehimlere göre tam doğru olarak askı klempine tespit edilmiş bir nakilde H_o yatay gerilmeleri arasındaki fark sıfır olacak ve izolatör zincirleri düşey durumda olacaktır. Bu denge iki durdurucu arasındaki belli sayıdaki taşıyıcılarda veya muvakkat (geçici) gergi noktaları arasında husule gelir (oluşur). 0 şartla ki sehim verilen hat parçasındaki nakil, makaralar üzerinde iken doğru uzunlukta ve sehimde olsun. Bu hal Şekil 12'de matematiksel olarak ifade edilmiştir.

$$\text{Nakil makarada iken } \Sigma(L - C) = \text{Nakil klempde iken } \Sigma(L - C)$$

Bu eşitlik izolatör ofsetlerini ve sehim tashihlerini hesaplamada esas alınmaktadır. Sehim verilecek olan hat parçasında, ilk menzil için kabul edilmiş olan yatay gerilmeden faydalanılarak makara üzerinde olan nakiller için her bir menzildeki yatay gerilme ve "gevşeme" (Slack) hesaplanabilir. Eğer nakil makarada iken bu şekilde hesaplanan gevşemeler toplamı nakil klempde iken hesaplanan gevşemeler toplamından büyük veya küçük ise, başlangıçta 1'nci menzil için kabul edilen gerilme daha büyük vs daha küçük alınarak hesaplar tekrarlanır (Nakil klempde iken her bir menzildeki yatay gerilmeler eşit). Hem uzun hem de kısa form metodu ile yapılan hesaplar ilk tahmin edilen gerilmelerden sonra H için doğru değerleri verirler.

Birçok hallerde tel çekme sıcaklığının ± 20 °F (-6,66 °C) civarında yapılan hesaplar kesinlik bakımından tatminkârdır. Tel çekme sıcaklığındaki küçük değişimler neticeye çok az tesir ederler. Tel çekme sıcaklığı bahis konusu olmadan, maksimum sıcaklıktaki sehimler $y_2 - y_1$ değerlerin hesaplamasında kesinlik bakımından tatminkârdır.

UZUN FORM METODU

Yukarda bahsedilen usul Şekil13'de gösterilen Uzun Form metodunda tatbik edilen usuldür. 7'nci kolonda nakillerin makaradayken tahmin edilen yatay gerilmeleri gösterilmiştir. 8'den 11'e kadar olan kolonlarda bu değerlerin düzeltilmesi gösterilmiştir. Bu İşlemin esası nakil makara üzerindeyken mevcut olan gevşemeler toplamının, nakil klempde iken mevcut olan gevşemeler toplamına eşit olmasına dayanmaktadır. Eşdeğer yatay gerilme olan (He) öyle bir gerilmedir ki, 7'nci kolonda gösterilen H gerilmelerinin meydana getirdiği gevşemeler toplamını aynı hat parçası için verebilirsin. Bu toplam gevşeme miktarı 10 numaralı kolonda;

$$2(\text{gevşeme})/w^2$$

formülüyle hesaplanmıştır.

12 numaralı kolondan 15 numaralı kolona kadar, yatay gerilmenin H'-Ho değeri için her bir menzile ait gevşemedeki farklar hesaplanmıştır. Burada kullanılan formül Şekil 1'de gösterilen yaklaşık gevşeme formülünün ilk terimi olan $W^2 A^4 / 24 CH^2$ 'dir ve neticeler inch cinsindedir. Her bir menzil için hesaplanan bu farklara OFFSET denir. Gerilmenin değeri H' 'den Ho'a değiştirildiği vakit elastikiyet modülünden dolayı nakil boyunda meydana gelen değişmelerin husule getirdiği farklar 15 numaralı kolonda gösterilmiştir. 16 numaralı kolonda ise her bir menzildeki muhtelif ofsetler toplamı için nihai sıfır ayarlaması yapılmıştır. Güzergahta her bir direk için ölçülecek olan nihai ofset değerleri ise, münferit ofsetlerin toplamı olan ve 18 numaralı kolonda gösterilen değerlerdir. Bu değerler her bir menzil için 17 numaralı kolonda hesaplanmıştır.

Nakilin makara üzerinde olması halindeki sehimler 19 ile 24 numaralı kolonlar arasında hesaplanmıştır. Burada(13) numaralı eşitlik ve ayrıca düz menzillerdekine benzer bir tashihat kullanılmıştır. B=O ve C=A alınmak suretiyle bu tashihat $w^3 A^4 / 384 H^3$ 'e eşit alınmıştır. Sehim verecek personelin kullanacağı sehim tashihati 26 numaralı kolonda hesaplanmıştır ve nakilin makara üzerindeki sehimi ile klempreyken sehimi arasındaki farktan ibarettir.

KISA FORM METODU

Şekil 14'de gösterilen kısa form yardımıyla hesaplar oldukça kısaltılabilir. Bu ise, Şekil 1'deki gevşeme formülünün düz menzil için olan başka bir şeklinin ve 11 numaralı sehim formülünün kullanılmasıyla elde edilir.

$$\text{gevşeme} = L - A = \frac{W^2 A^3}{24H^2} \quad \text{feet}$$

veya

$$\frac{W^2 A^3}{24H^2} \quad \text{inch} \quad (\text{Düz menziller için})$$

$$d(\text{gevşeme}) = -\frac{W^2 A^3}{H^3} dH$$

$$\Delta (\text{gevşeme}) = K \Delta H \quad (14)$$

İşaret değişmesi Şekil 14'deki 1 numaralı nota uymaktadır.

$$\text{Sehim} = S = \frac{WA^2}{8H}$$

Düz menziller için gevşeme formülünde S^2 'nin değerini yerine koyalım,

$$\text{gevşeme} = \frac{32S^2}{A}$$

$$d(\text{gevşeme}) = \frac{64SdS}{A} = \frac{8WAdS}{H} \quad \text{veya}$$

$$\Delta \text{Sehim} = \frac{H \Delta (\text{gevş.})}{8WA} \quad (15)$$

14 numaralı eşitlikteki K değeri yatay gerilmedeki pound cinsinden değişmeye tekabül eden offsetteki inch cinsinden değişmez. Bu sebepten, nakilin klempteki ve makaradaki durumları arasındaki yatay gerilmeler farkı (Ho-H) kadar aralıklarla gerilmeyi değiştirmektense, K(Ho-H) ile gevşeme değiştirilebilir. Bu eşitlik yardımıyla kısa formun 7'nci kolonundaki hesaplar yapılmıştır. Buradaki Ho-H'nin değeri farazi veya tecrübi gerilme adını alır. 9 numaralı kolonda Ho-H'nin düzeltilmiş değerleri görülmektedir. 8 numaralı kolonda Ho -H değerinin düzeltilmesiyle kısa formda da makaradaki gevşemeler toplamının klempteki gevşemeler toplamına eşit alınması icra edilmiş olur. 10 numaralı kolonda elastikiyet modülü tashihi yapılmıştır. 13 numaralı kolon ise güzergahta her bir direk için ölçülecek olan nihai offset değerleridir ve bu değerler 12 numaralı kolonda gösterilen münferit offset değerlerinin toplamıdır. 14 numaralı kolonda sehim tashihi gösterilmiştir. Bunun için (15) numaralı formül kullanılmıştır. Gevşemedeki ve sehimdeki değişimleri hesaplamakta kullanılan (14) ve (15) numaralı formüller, H ve gevşemenin sadece küçük değişme miktarları için hassas netice verir. Çünkü diferansiyel değerler ancak sifıra yaklaştıkları vakit hassas değerler verirler. Uzun form daha hassas offsetler için kullanılmalıdır (Şekil 14'de kısa formdaki 4 numaralı notu okuyunuz.).

HAT ANALİZLERİ

Şekil 14'deki 3 numaralı nota dikkat edilirse, tel çeken personele gönderilen minimum offset ve sehim tashihi değerleri hakkında fikir edinilebilir. Hattın offset ve sehim tashihi gerektirebilecek kısımlarında 2 inch'lik bir münferit offset limiti Şekil 15 kullanılmıştır. Böyle bir hat bölümü için hesaplanan offset ve sehim tashihi değerleri tel çeken personele göndermek için tatminkar olabilir veya olmayabilir. Şekil 15'deki seçim şu esasa göre yapılmıştır. 2 inch'lik bir offset için toplam kot farkının yarısını gerektiren en uzun menzil alınmıştır. Hakikatte (gerçekte) hat bölümündeki en uzun menzilde görülen ofset, pratikte daima bu toplam kot farkının yarısından daha az bir kot farkına tekabül eder. Ayrıca en uzun menzil, verilen bir Ho-H farkı için en fazla düzeltme gerektiren ofseti icabettirmektedir (Şekil 14).

GÜZERGÂHTA KULLANILMASI

İzolatör offsetlerini ve sehim tashihiğini güzergahta çalışanlara takdim etmek için kullanılan form Şekil 16'da gösterilmiştir.

Herhangi bir sehim verme işinde ister offsetli ister offsetsiz olsun, yağlı bilye yatakları havi makaralar kullanmak suretiyle sürtünmeyi minimum seviyede tutmak önemlidir. Tam olarak sehimlendirilmesi gereken bir nakilde makaranın kalitesi ve sehim verecek personelin tecrübesi oldukça önemlidir.

Nakili makaraların sürtünmesi dışında dengede tutup boyunu tayin etmek güç bir iştir. Ayrıca sehim verilen hat parçasında, nakillere tatbik edilen gerilme ve tel çekme veya önceden germe (prestressing) esnasında tatbik edilen gerilme göz önünde tutularak nakiller uniform bir muameleye tabi tutulmalıdır. BPA tarafından NESK için ağır bölgede sehim verilen nakiller için ortalama ve azami nakil boyları aşağıda gösterilmiştir.

Direkler	KV	Ortalama		Azami	
		Mil.	Menzil adedi	Mil.	Menzil adedi
Ağaç direk	115	1,5	13	2	17
Demir direk	230-345	2,5	13	4	20

Nakil, sehim verilen hat parçasının her iki ucunda veya buna yakın yerlerde kontrol menzili adı verilen kısımlarda sehimlendirilir. Bu kontrol menzili aralıkları 1 milden daha küçük olmaz. Mümkün ise en uzun ve düz menziller kontrol menzili olarak seçilmelidir. Nakillere sehim verilmesi ve şakulle işaret konulması (offset için) aynı gün içinde yapılmalıdır. Çünkü gece vuku bulan sıcaklık değişmesi ve rüzgar, nakilin makara üzerinde kaymasına sebep olur. Şakulle işaretleme yapıldıktan sonra nakil askı izolatör zincirlerine herhangi bir zamanda tespit edilebilir. Sadece offset kadar bir mesafe şakuli işarettten itibaren ölçülerek tespit yapılır.

KISA GERGİ MENZİLLERİNDE İZOLATÖR SEHİMLERİ

Gergi izolatörlerinin oldukça ağır olduğu, 230 kV ve daha fazla kV'luk hatlarda gergi takımının da sehim verilirken göz önüne alınması gerekmektedir. BFA gergi takımı tarafından meydana getirilen bu miktarı sehime ilave etmektedir (Şekil 17'de gösterildiği gibi aynı uzunluk için d_s-d_c). Bu miktar nakil sehiminin % 5'ine eşit veya daha fazla ise nazarı itibara alınmaktadır. Hesaplama yolu Şekil 17'de gösterilmiştir. Dalga söndürücüler (wave traps) zincir ışıkları veya işaretleri, vs. gibi yığılmış yükler ihtiva eden nakiller için sehim ve gerilme hesaplamada ayrı metot kullanılabilir.

Genellikle gergi menziline bulunan bir nakil, sadece bir ucunda gergi takımının bulunması halinde sehimine getirilir. Nakilin diğer ucuna da gergi takımının bağlı olması halinde nakil sehimi hakikaten d_s-d_c 'nin 2 misli kadar artırılır. Mesela her iki gergi takımının bulunması halinde nakil sehimi 1 foot (0,3048 metre) kadar artırılacak ise, sehim verme işlemi esnasında yalnız bir taraftaki gergi takımındaki artma takriben 2 foot (0,609 metre) kadar olacaktır.

Sehim verme esnasında sehimdeki bu fazlalığın (veya toplam olarak 2 feet artış), $L_s- L_c$ gibi ilave bir boy artmasına sebep olacağı düşünülebilir (Şekil 17).

KISA GERGİ MENZİLLERİNDE "GEVŞEME" (SLACK)

Tecrübeler göstermiştir ki, gergi menzillerinde nakili ve gergi takımını durdurucu direğe irtibatlamak için en az 3 inch (7,62 cm)'lik bir gevşemeyi hesaba katmak lazımdır. Kısa gergi menzillerinde normal olarak bu kadarlık bir gevşeme temin edilip uygun klerans elde edebiliriz. Mesela trafo ve şalt sahalarının giriş ve çıkışlarında sehimin artırılması buna örnek olabilir. Ayrıca kısa gergi menzillerinde aşırı soğuk havalardaki anormal gerilmelere karşı emniyeti sağlamak bakımından nakiller biraz gevşek tutulurlar. Turnbuckle (törnbakıl) veya benzeri teçhizat gergi takımına ilave edilerek, proje kleranslarının uygun gevşemeye müsaade etmediği hallerde nihai kenetleme yapılabilir

NAKİLİN UZAMASI “CREEP”

Elastik olmayan uzamadan dolayı çıplak nakilin sehimindeki kalıcı (permanent) artış aşağıdaki sebeplerden ileri gelmektedir.

- 1 Elastikiyet modülünün ilkel ve nihai değerleri arasında bir farkı gerektirecek kısa süreli buz ve rüzgar yükleri,
- 2 Uzun süreli yükler

genel olarak uzama “creep” adını alırlar. Belirli bir müddet içerisinde gerilmenin ve sıcaklığın artmasıyla nakillerdeki uzamanın miktarı da artar. Bu uzama aynı zamanda nakilin cinsine ve örgü şekline göre değişmektedir. Aynı şartlar altında alüminyum uzama miktarı başta gelir, bunu bakır ve çelik takip eder. ACSR nakiller için uzama miktarı alüminyum ile bakır uzama miktarlarının arasına düşer.

Başlangıçta uzama hızlı olmaktadır. Uzamanın miktarındaki azalma da hızlı olmaktadır. Bu süre içerisinde nakildeki toplam uzamanın büyük bir kısmı nakilin örülüş şeklinden ileri gelmektedir. Bunu takiben uzama karakter itibarıyla ikinci bir safhaya girmektedir. Bu safhada uzama hızı yavaş ve uzamanın miktarındaki azalma da yavaş olmaktadır. Kâfi derecede gerilme ve sıcaklık yardımıyla bu safhayı takip eden safhada nakil kopuncaya kadar uzama hızlı olur.

Tecrübi uzama gerilmesi-zaman eğrisi Şekil 18’de görüldüğü gibi, normal gerilme ve sıcaklık muvacehesinde (çerçevesinde, karşısında) loglog ölçekli bir koordinat sisteminde düz bir çizgi şeklinde görülmektedir. Buna dayanarak uzama miktarı (e) aşağıdaki şekilde ifade edilebilir.

$$e = F (\text{zaman})^n$$

F: Sabit. Uzamanın birim zamandaki değeridir (zaman ölçeği için bir saat vs.). Bu sabit, belli eğimdeki eğri için bahis konusudur.

n: Uzama eğrisinin eğimini kontrol eden sabit.

Log-log ölçekli koordinat sistemindeki bu düz çizgi halindeki eğriler, nispeten kısa zaman için yapılan testlerden faydalanarak uzamanın sıhhatli bir şekilde çıkarılmasına elverişlidir. Buna rağmen ASTM (American Society for Testing Materials) E 139-58T kısmında uzamanın tayin edileceği toplam zamanın % 10’u kadar zamanın testlere tahsis edilmesini tavsiye etmektedir.

Belirli sıcaklıkta muhtelif metotlar için yapılan testler göstermiştir ki uzama gerilmelerinin artırılması, uzama-zaman eğrilerinin düşey olarak yukarı kaymasına sebep olmaktadır. Bu esnada eğrinin eğiminde dikkate değer hiçbir değişme görülmez. Başka bir deyişle 16 numaralı formüldeki “F”, gerilmeyle değişir fakat “n” sabit kalmaktadır (Şekil 18’e bakınız). ACSR ve alüminyum nakiller üzerinde yapılan testler göstermiştir ki gerilme üst sınırının (rated strength) % 10’u ile % 50’si arasında bu eğimler sabittir. Ayrıca gerilme üst sınırının % 20 değerinde bu eğrinin oda sıcaklığı olan 67-75 °F (19,4-23,9 °C)’daki eğimi ile 200 °F (93,3 °C)’daki eğimi aynıdır. Bu sebepten nakilin 10, 20, 30 yıllık uzama eğrilerini çıkarmak için bir tablo hazırlanabilir. Bu eğriler nakil gerilmelerinden ve işletme anındaki sıcaklardan müstakildir (bağımsızdır). (Cetvel III’e bakınız.)

CETVEL III UZAMA ORANLARI						
Uzama ölçme zamanı	795 MCM ACSR 54 Al/7St			3975 MCM Alüminyum 19 örgü		
	10 sene	30 sene	50 sene	10 sene	30 sene	50 sene
1000 saat	2,20	2,70	2,05	2,40	3,00	3,30
1 sene	1,55	1,90	1,95	1,60	1,95	2,15
2 sene	1,30	1,60	1,75	1,35	1,70	1,85
3 sene	1,25	1,50	1,65	1,30	1,60	1,75
5 sene	1,15	1,40	1,50	1,15	1,45	1,60
10 sene	1,00	1,20	1,35	1,00	1,25	1,35
30 sene		1,00	1,10		1,00	1,10
50 sene			1,00			1,00

Not: 2'nci kolondan 7'nci kolona kadar gösterilen zamanlar için uzamalar, 1'nci kolonda gösterilen zamanda ölçülen uzama ile uygun faktörün çarpımına eşittir. Zaman (kolon 1)-uzama oranları log-log ölçekli koordinat sisteminde düz bir çizgi meydana getirir.

Burada şu kabulü yapmak gerekir. Uzama ölçmeleri esnasında nakil gerilmesindeki ve sıcaklığındaki değişimler hesaplanan kısımdakilere benzer olacaktır (Burada hesaplanan kelimesi "expolarated" kelimesinin karşılığı olarak alınmıştır. Buradaki manası ölçme yapılması mümkün olan süre içinde elde edilen değerlerden yararlanarak ölçme yapılması mümkün olmayan süre için değerler bulmaktır.). Uzamadan dolayı nakil gerilmesinde azalma olacaktır. Bu azalma gerji menzili veya ruling menzile ve aynı zamanda H/W oranına bağlıdır. Hesaplanmış değerlerdeki (extrapolated value) bu azalmış gerilmenin tesiri kıymetlendirilebilir. Belirli bir enerji nakil hattındaki uzamalar "Everyday Stress: +15 °C'da rüzgarsız durumdaki günlük gerilme" ve işletme esnasındaki sıcaklıklarla ilgilidir. Bunlar bölgelere ve zamana göre değişirler.

BPA tarafından seçilmiş menziller üzerinde muhtelif nakillerin uzamaları üzerinde çalışmalar yapılmaktadır (Bu makalenin hazırlandığı zamanlarda 2, 3, 4 tabakalı Alüminyum örgüleri haiz ACSR nakiller üzerinde araştırmalar yapılmaktadır.). Uzunlukları ruling menzile yakın olan yan yana iki taşıyıcı menzili böyle bir etüt için idealdir. Bu menziller buz yükünün nadir olduğu bölgelerde seçilerek, buz yükünden dolayı meydana gelen uzamanın değerlendirilmesi kolaylaştırılmıştır. Ölçmeler ağır buz yüklerinin hemen akabinde yapılarak bu ölçmeler daha sonraki uzama ölçmelerinden tecrit edilmişlerdir. Bu ölçmelerde, sehim, nakil sıcaklığı, tespit noktalarının hareket miktarı, rüzgar hızı ve yönü ölçülmüştür.

Muhit sıcaklığının üstünde, uzamayı veya kalıcı sehim artışını sıcaklık artışı cinsinden ifade etmek en uygun haldir. Everyday strees'lerin ortalaması, gerilme üst sınırının % 20'si olduğu bir ACSR Pheasant nakil için yapılan bu çeşit bir ölçmede 1000 saatlik bir uzama 15°F (-9,4 °C)' lik bir sıcaklık artışına tekabül etmektedir. Cetvel III'deki 795 MCM'lik ACSR nakil veya çelik oranı ve örgü şekli benzer olan başka nakilde bu durum şöyledir.

$$10 \text{ yıllık uzama için ilave sıcaklık } (2,20) (15) = 33 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$30 \text{ yıllık uzama için ilave sıcaklık } (2,70) (15) = 41 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Buna rağmen böyle bir “extrapolation” için gerekli bilgilerin daha uzun süre içinde çıkarılması arzu edilir.

İstikbaldeki uzamalardan dolayı, sehim verme esnasında bir tolerans göz önüne alınır. Bu tolerans ya bir uzama faktörü olarak tel çekme cetvellerine ithal edilir ya da sehim verme esnasındaki muhit sıcaklığından, yukarda izah edilen sıcaklık tashihi çıkarılarak elde edilen sehimler kullanılır.

UZAMAYI KONTROL ALTINDA TUTMAK İÇİN ÖNCE DEN GERME

Örgülü alüminyum alaşımlı nakiller üzerinde laboratuarda, kontrol altında yapılan uzama testleri, önceden germe metodunun uzun vadeli avantajları hususunda bazı soruların ortaya atılmasına sebep olmuştur. Beklenildiği gibi, önceden germe usulü müteakip uzamanın azalmasına sebep olmuştur. Buna rağmen uzama eğrisinin eğimi artmıştır. Bu bize gösterir ki önceden germe usulünün avantajı tedricen (giderek) azalmıştır. 5 numaralı referanstan anlaşıldığına göre, alüminyum ve alüminyum alaşımlı nakillerde soğuk hava şartlarında çalışma, uzama eğrisinin eğimini artırmaktadır. Daha önceden de zikredildiği (belirtildiği) gibi BPA'nın nakillere tatbik ettiği önceden germe, nakili virtüel ilkel elastisite modülü eğrisi üzerinde stabil tutmak için yapılmıştır.

NETİCE

Proje bürosunda sehim ve gerilmelerin hesaplanmasında ne kadar titizlik gösterilirse gösterilsin, yerinde yapılan ölçmeler neticesinde elde edilen yaklaşık değerler ve toleranslar daha iyi netice verirler. Bu sebepten projenin mühim bir kısmı, yerinde yapılacak ölçmeler için basit ve pratik talimatlar hazırlamak ve işin yönetimi için gerekeni sağlamaktır.

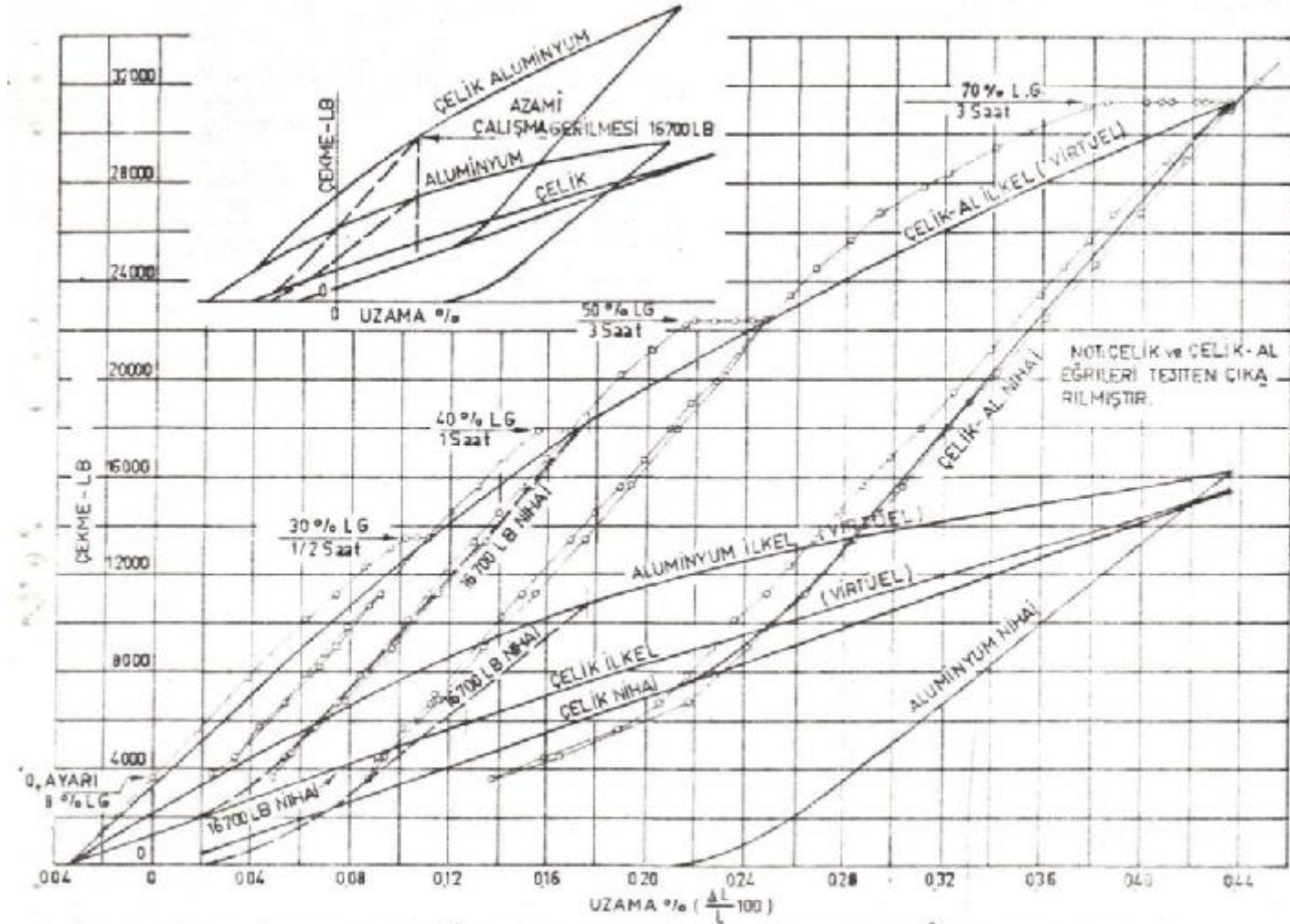
-SON-

KULLANILAN İŞARETLER LİSTESİ

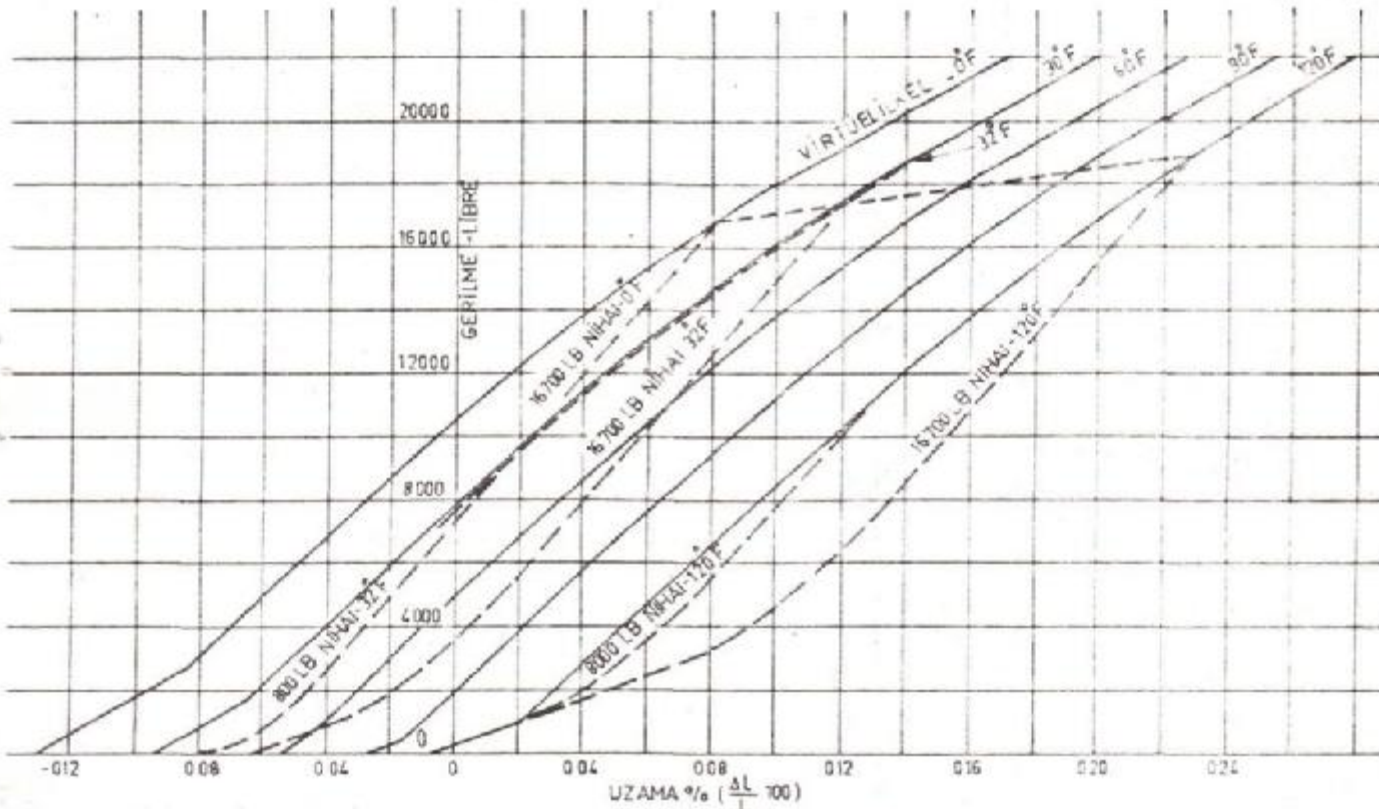
- A, B, C = Askı noktaları arasındaki yatay, düşey ve eğik mesafeler Şekil 1
Ar = Ruling menzil
E, Es = Elastisite modülü, nakil ve çelik tel için
H = Nakil gerilmesinin yatay bileşeni Şekil 1
Ho = Askı kleminde iken nakil gerilmesinin yatay bileşeni Şekil 13
He = Makarada iken nakil gerilmesinin eşdeğer yatay bileşeni Şekil 13
H' = Makarada iken nakil gerilmesinin yatay bileşeninin tashihi edilmiş şekli Şekil 13
- $K=W^2 A^3/Ho^3$ = Yatay gerilmeye bir pound'luk bir değişmeye mukabil gevşemede veya offsette inch cinsinden değişme Şekil 14
L = Askı noktaları arasındaki nakil boyu Şekil 1
Lc = Zincir eğrisi üzerinde Ls'nin yerine ikame ettirilen nakil boyu Şekil 17
Ls = Gergi takımı uzunluğu Şekil 17
MWT = AÇG= Azami çalışma gerilmesi
RS = Gerilme üst sınırı
S = Sehim = askı noktalarını birleştiren doğru ile, B/A eğiminde ve nakile teğet olan doğrunun teğet noktası arasında düşey düzlem üzerindeki mesafe Şekil 1
S1 = Görüş çizgisinin nakile teğet olduğu noktadan, askı noktalarını birleştiren doğruya olan mesafe Şekil 10
T = Zincir eğrisi üzerinde herhangi bir noktadaki gerilme Şekil 1
Te = Zincir eğrisi için T'nin Hook kanununu tahkik eden değeri
Tm = Zincir eğrisi için T'nin askı noktasındaki değeri
Z = wx/H = parametre
a, as = Kesit alanı, nakil ve çelik için
dc = Lc'nin düşeyde teşkil ettiği mesafe Şekil 17
ds = Ls'nin düşeyde teşkil ettiği mesafe Şekil 17
e = "Creep" uzaması Şekil 18
h = Nakil askı noktasından, sehim ölçmek için yerleştirilmiş takeometreye olan düşey mesafe Şekil 9
l = Zincir eğrisinin en alçak noktasından herhangi bir x, y noktasına kadar olan uzunluğu Şekil 1
l_u = **l** uzunluğundaki asılı haldeki nakilin gerilmeye maruz kalmamış haldeki uzunluğu (mesela yerde serili iken uzunluğu)
t = Nakil askı noktasından sehim ölçmek için yerleştirilmiş targete (hedefe) olan düşey mesafe Şekil 9
W = (Nakil özgül ağırlığı) Birim uzunluğunun ağırlığı Şekil 1
- W₁ = W Çıplak nakil için rüzgarsız halde lb/ft
W₂ = W Buzlu ve rüzgarsız halde lb/ft
W₃ = W Buzlu ve rüzgarlı halde bileşke düzleminde lb/ft
X, X₁, X₂, y, y₁, y₂ = Zincir eğrisi koordinatları Şekil 1

AZAMI ÇALIŞMA GERİLMESİ AĞIR ŞARTLARDA (1/2" BUZ, 8 LB/FT² RÜZGAR, 0°F)

- 1- ALÜMİNYUM VE ÇELİK EĞRİLERİ TEST SICAKLIĞI OLAN 76°F 'DAN 0°F' A KAYDIRILMIŞ VE TOPLAMI ALINARAK ÇELİK-AL EĞRİSİ ELDE EDİLMİŞTİR.
- 2- ALÜMİNYUM VE ÇELİK DÖNÜŞ EĞRİLERİ ÇELİK ALÜMİNYUM EĞRİSİ ÜZERİNDEKİ AZAMI ÇALIŞMA GERİLMESİNDEN ÇİZİLEN DÜŞEY DOĞRUNUN İLKEL GERİLMELERİ KESTİĞİ NOKLARDA BAŞLARLAR.

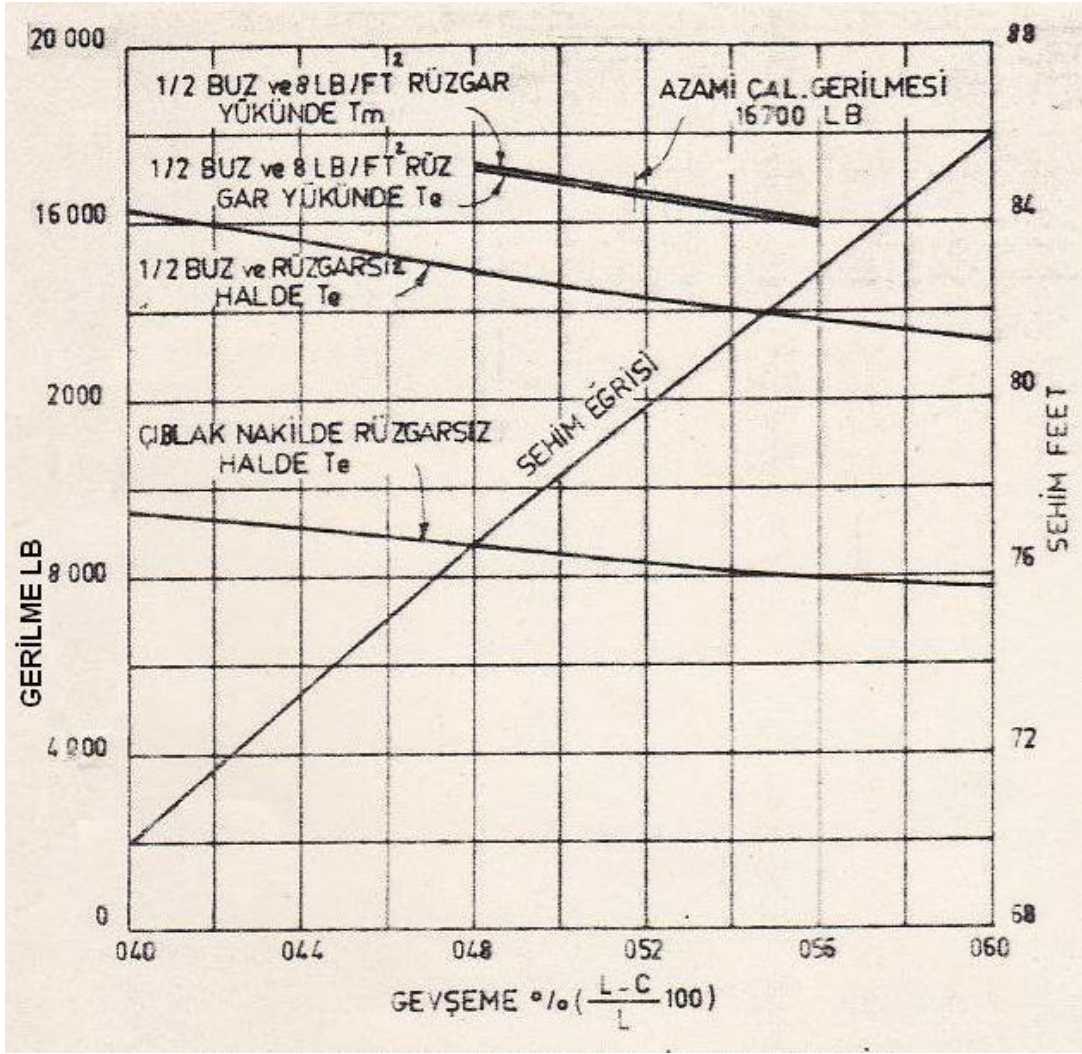


ŞEKİL 2: ACSR PHEASANT, NAKİL İÇİN GERİLME-UZAMA EĞRİLERİ (LİMİT GERİLMESİ 76°F DA 24800 LİBREDİR.
NOT : LİMİT GERİLME (LG) ve GERİLME ÜST SINIRI (RS) AYNI ŞEYİ İFADE ETMEKTEDİR.



ŞEKİL 3: ACSR PHEASANT, NAKİL İÇİN TEL ÇEKME SICAKLIKLARINDAKİ GERİLME-UZAMA DİYAGRAMI ARI

ŞEKİL 2 ve ŞEKİL 3



HİBERBOLİK FONKSİYON EĞRİSİNİ ÇİZMEK İÇİN GEREKLİ HESAPLAR

A= 1800 FT

B=0

C=A

AW₃= 5803 LB

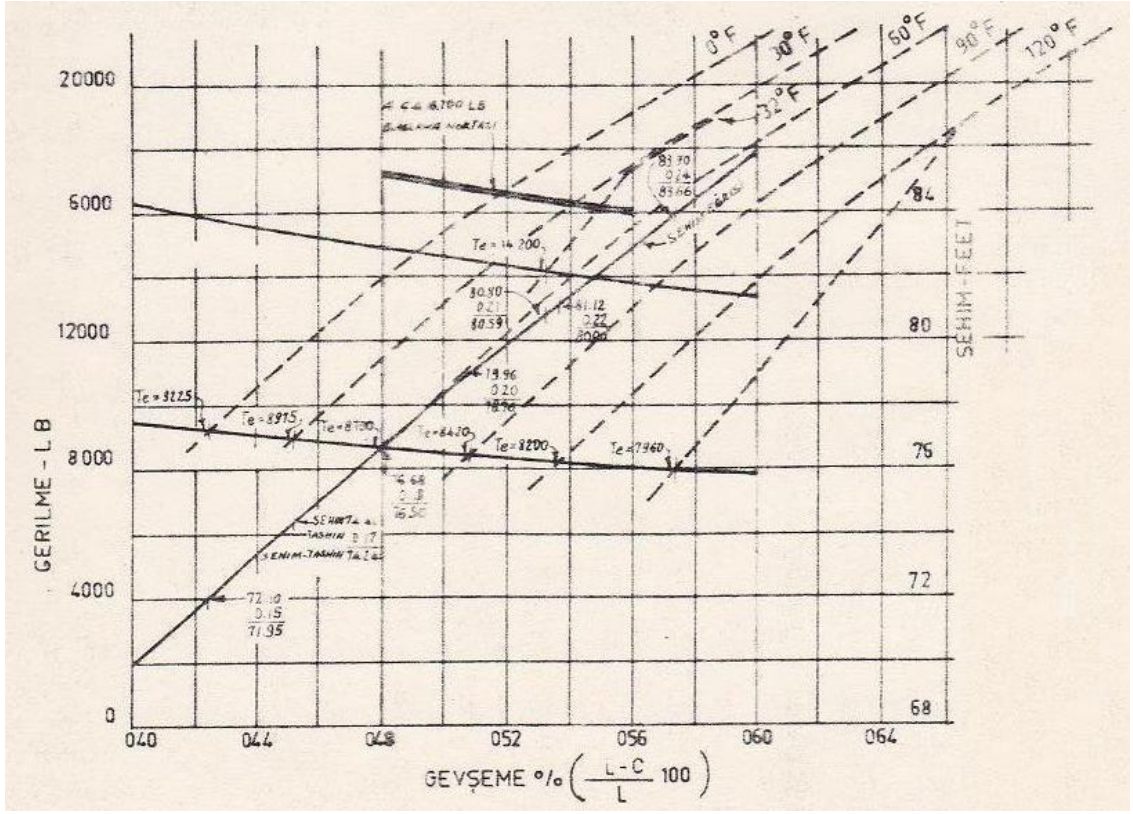
AW₂= 5051 LB

AW₁= 2943 LB

%GEVŞEME (CETVEL DEĞERLERİ)	0.40	0.44	0.48	0.52	0.56	0.60
T _m MAKSİMUM PROJE GERİLMESİ (LB) (AW ₃) (ASKI GERİLME FAKTÖRÜ)			17316	16654	16065	
(T _m -T _e) MAKSİMUM PROJE GERİLMESİ (LB) (AW ₃)(ASKI EFEKTİF GERİLME FAKTÖRÜ)			165	171	178	
T _e BUZLU VE RÜZGARSIZ NAKİL (LB) (AW ₂)(EFEKTİF GERİLME FAKTÖRÜ)	16345	15588	14928	14347	13829	13360
T _e RÜZGARSIZ ÇIBLAK NAKİL (LB) (AW ₁)(EFEKTİF GERİLME FAKTÖRÜ)	9523	9083	8698	8359	8057	7786
SEHİM.....FEET (A) (SEHİM FAKTÖRÜ)	69.95	73.39	76.68	79.84	82.88	85.83

[1 kg= 2,205 LB (Libre) 1 m= 3,281 ft (Feet)]

ŞEKİL 4: ACSR "PHEASANT" NAKİLE AİT 1800 FEET'LİK RULİNG MENZİL İÇİN HİPERBOLİK FONKSİYON EĞRİLERİ



$$H = \frac{WA^2}{8(\text{Sehim} - \text{Tashih})}$$

$$H = \frac{682200}{\text{Sehim} - \text{Tashih}} \quad (W_1 \text{ için})$$

$$H = \frac{1136400}{\text{Sehim} - \text{Tashih}} \quad (W_2 \text{ için})$$

$$\text{Tashih} = \frac{W^3 A^4}{384 T_e^3}$$

$$\text{Tashih} = \frac{119.10^9}{T_e^3} \quad (W_1 \text{ için})$$

$$\text{Tashih} = \frac{604.10^9}{T_e^3} \quad (W_2 \text{ için})$$

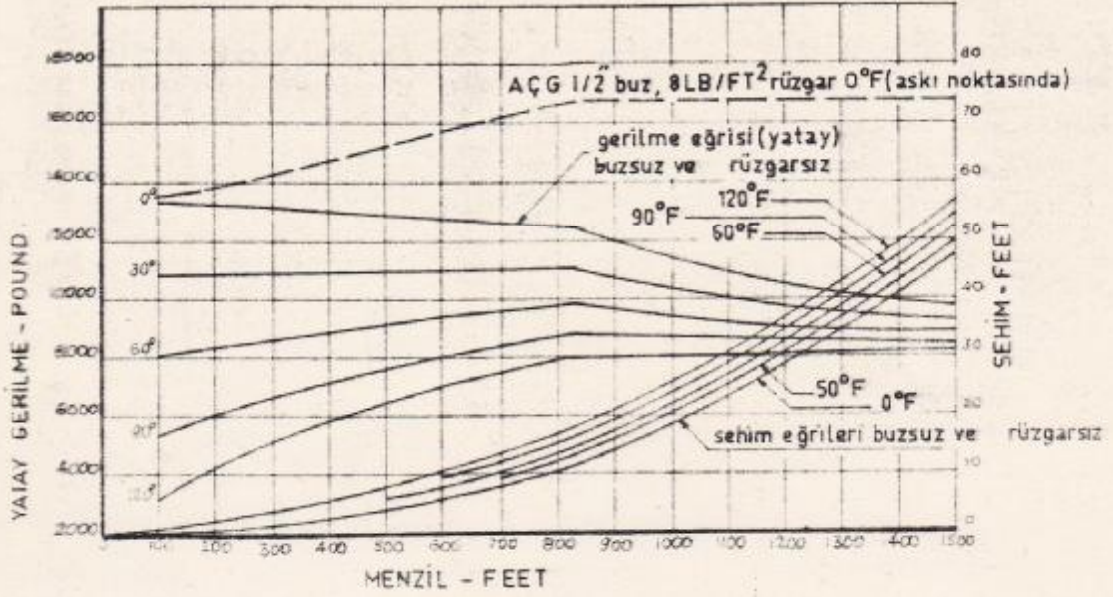
NİHAİ ÇÖZÜM

RÜZGARSIZ YÜK		SEHİM EĞRİSİNDEN SEHİM (FEET)	HESAPLANAN YATAY GERİLME (LB)
BUZ (İNCH)	SICAKLIK (°F)		
İLKEL SEHİM VE GERİLMELER			
0	0	72.10	9200
0	30	74.41	8920
0	60	76.68	8660
0	90	79.96	8410
0	120	81.12	8190
NİHAİ SEHİM VE GERİLMELER			
½	32	80.80	14100
0	120	83.90	7920

[1 kg= 2,205 LB (Libre) 1 m= 3,281 ft (Feet)]

ŞEKİL 6: ŞEKİL 3'ÜN ÜZERİNE ŞEKİL 4 YERLEŞTİRİLMİŞTİR.

diyagram için ilkel çekme gerilme eğrileri kullanılmıştır 0°F da ve buzlu veya rüzgarlı halde :
 ilkel gerilme kopma gerilmesinin 1/3 ünü geçmeyecektir.
 nihai gerilme kopma gerilmesinin 1/4 ünü geçmeyecektir.



ŞEKİL 7: İKİ DURDURUCU ARASINDA TEL ÇEKME DİYAGRAMLARI

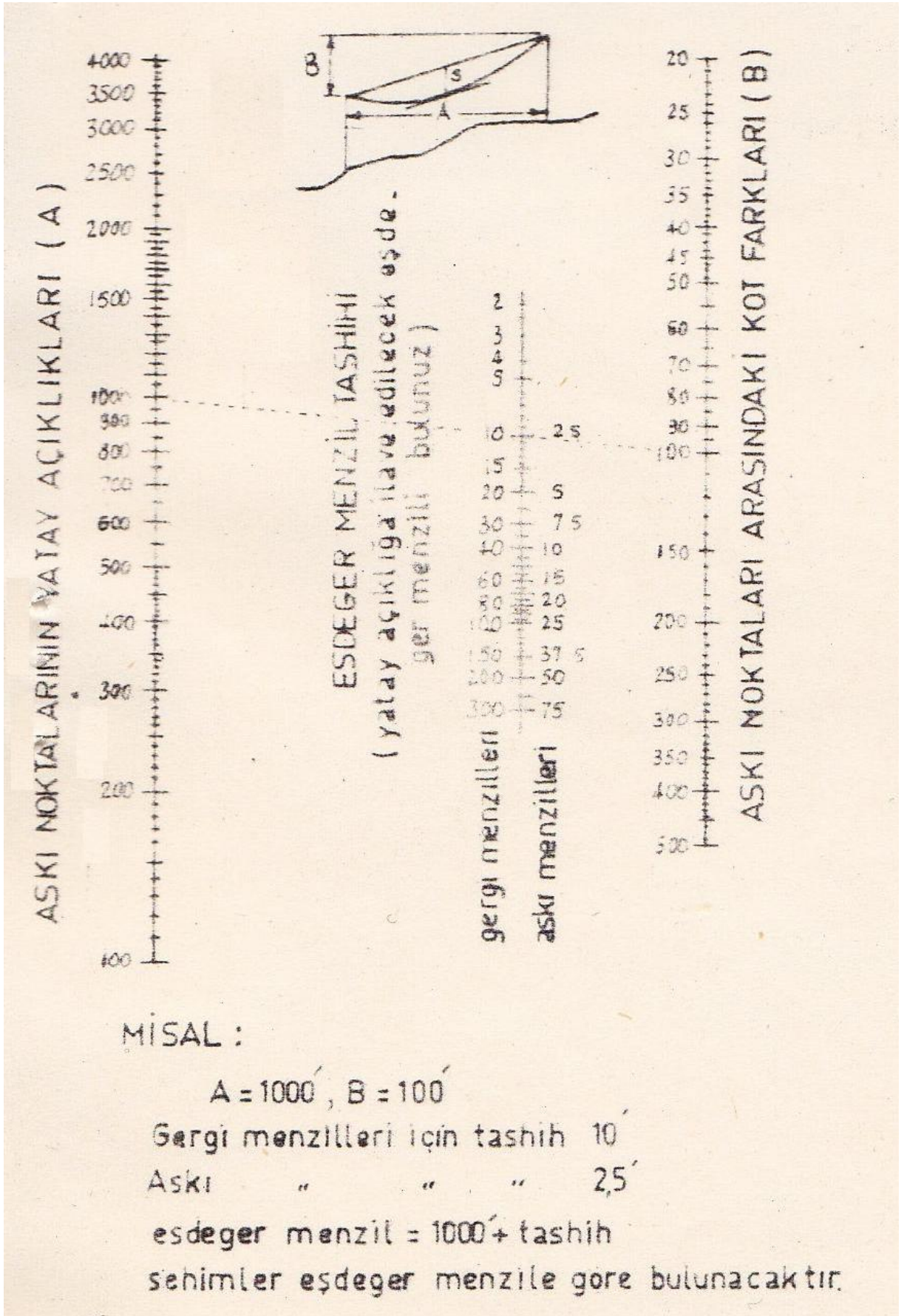
CETVEL II SEHİM YARDIMIYLA YATAY GERİLMENİN BULUNMASI

$\frac{A}{8 \text{ SEHİM}}$	q	$\frac{A}{8 \text{ SEHİM}}$	q	$\frac{A}{8 \text{ SEHİM}}$	q	$\frac{A}{8 \text{ SEHİM}}$	q
13.889		2.766	0.008	1.522	0.014	1.037	0.020
8.327	0.002	2.437	0.009	1.414	0.015	0.983	0.021
5.947	0.003	2.178	0.010	1.319	0.016	0.934	0.022
4.622	0.004	1.967	0.011	1.236	0.017	0.890	0.023
3.779	0.005	1.793	0.012	1.162	0.018	0.849	0.024
3.195	0.006	1.647	0.013	1.096	0.019	0.811	0.025
2.766	0.007	1.522		1.037		0.775	

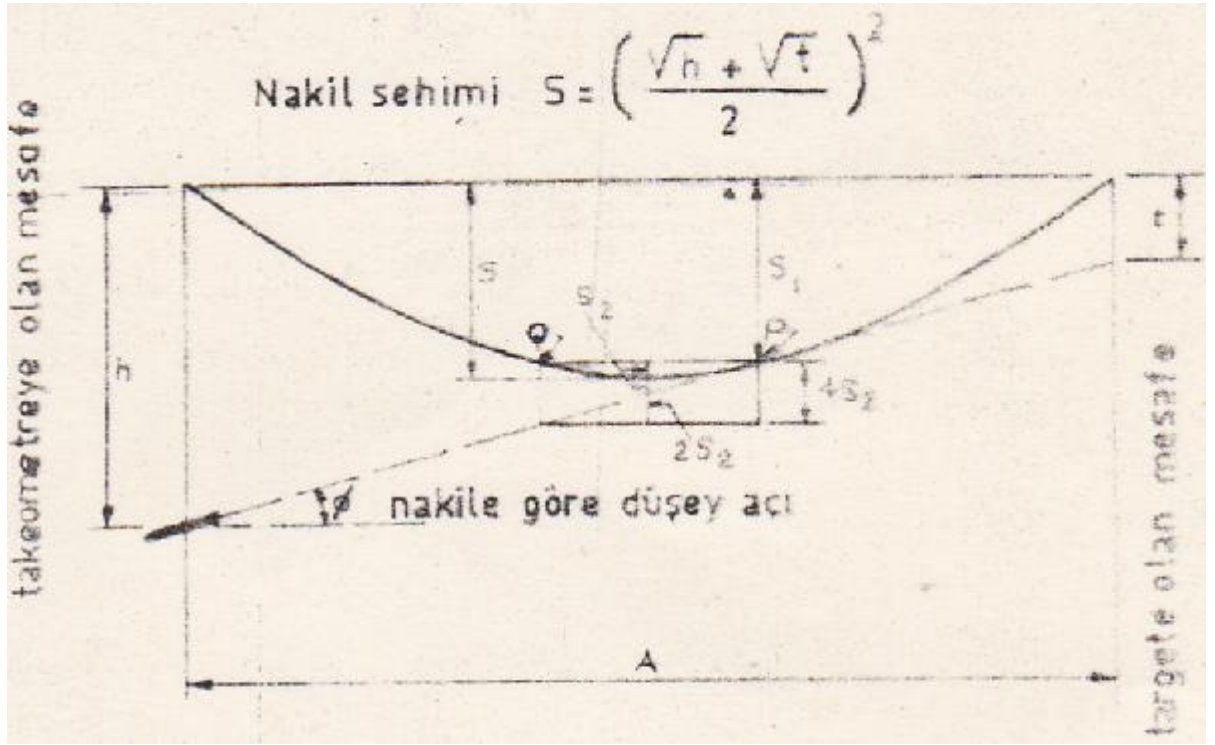
$$\frac{H}{AW} = \frac{A}{8(\text{sehim} - \text{tashih})} = \frac{A}{8\text{Sehim}} + q \quad \text{ve} \quad H = AW \cdot \left(\frac{A}{8\text{Sehim}} + q \right)$$

- $\frac{A}{8\text{Sehim}}$ 'i belli menzil ve sehim için hesapla,
- Cetveldeki $\frac{A}{8\text{Sehim}}$ değerlerinin hangisinin arasına düşüyorsa buna tekabül eden (karşılığı) q'yu bul.
- Mesela; $\frac{A}{8\text{Sehim}} = 2.529$ ve $q = 0.008$ ve $\frac{H}{AW} = 2.537$

$H = 2.537 \times A \times W$ bulunur.



ŞEKİL 8: YATAY OLMAYAN MENZİLLERİN YATAY EŞDEĞERİNİ BULMAK İÇİN NOMOGRAF



P: Görünüş çizgisinin nakile teğet olduğu nokta. $S_2 = S - S_1$

S_2 : PQ kadar menzile tekabül eden sehim

$\tan \varnothing = 4 \cdot S_2 / PQ$ (Şekil 1 Madde 8)

$S - S_1 = S_2$

$S + S_2 = (h+t)/2$

$S_2 = (h+t)/2 - S$

$\tan \varnothing = 4 \cdot S_2 / PQ = (h-t) / A$

$PQ^2 / A^2 = S_2 / S = (4S_2)^2 / (h-t)$

menzillerin kareleri sehimlerle orantılıdır

$(S - S_1) / S = 16(S - S_1)^2 / (h-t)^2$

$(S - S_1) = (h-t)^2 / 16S = S_2$

$(h-t)^2 / 16S = (h-t) / 2 - S$

$(h-t)^2 = 8S(h+t) - 16S^2$

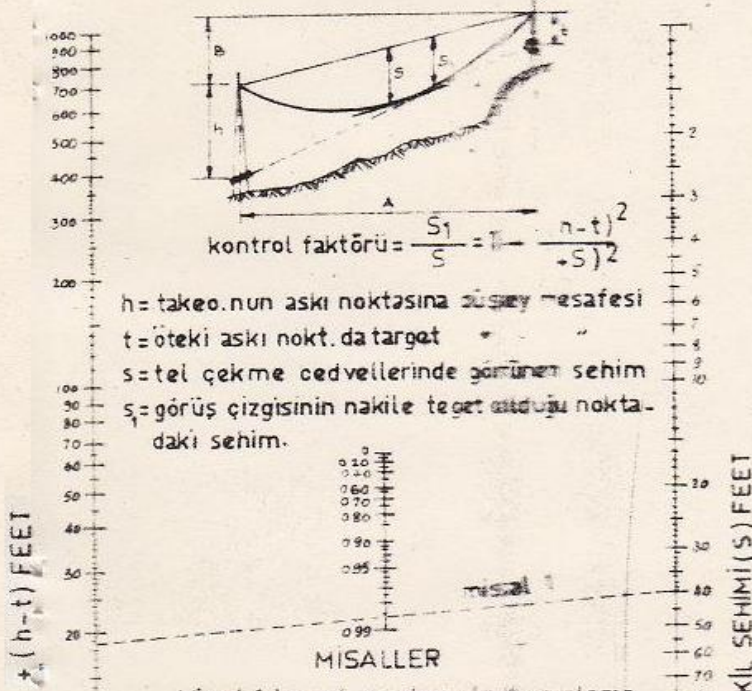
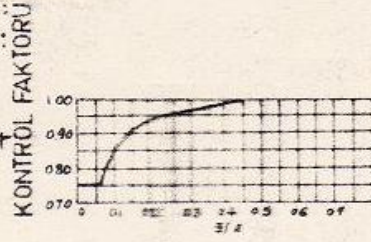
$[4S - (h+t)] = (h+t)^2 - (h-t)^2$

$[4S - (h+t)] = 2\sqrt{ht} \longrightarrow S = \left(\frac{\sqrt{h} + \sqrt{t}}{2} \right)^2$

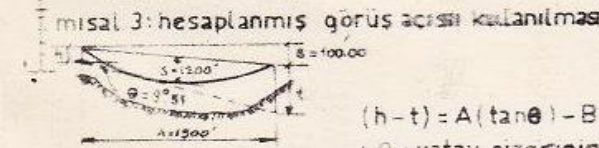
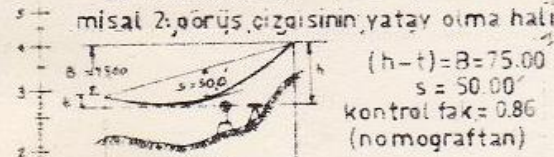
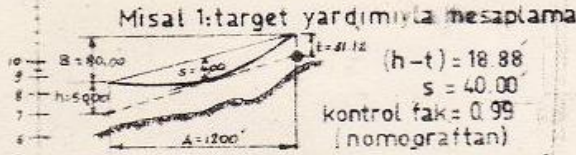
ŞEKİL 9: YERİNDE SEHİM VERME DENKLEMİNİN ÇIKARILMASI

im vermede kullanılan
ometrenin durumuna göre
rol faktörünü tayin et (aşağıdaki
ale bak)

sihatli sehim verme işle-
de kontrol faktörü sağda
ülen eğrinin üstündeki
geye düşmelidir.
ün hallerde $h=t$
ideal kontrol faktörü 1,0 dir



MISALLER

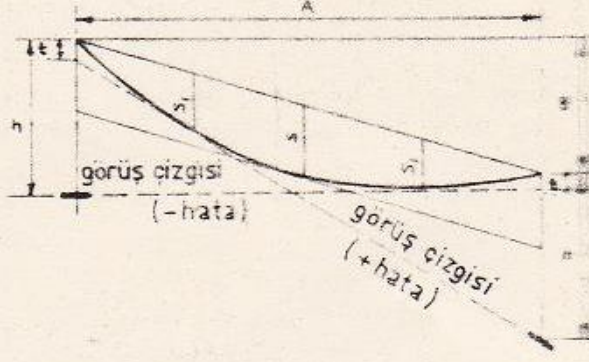


+ θ = yatay çizgisinin üstündeki açılar
- θ = " " altındaki "
B = (+) bir sonraki askı noktası yukarıda ise
B = (-) " " " " aşağıda "

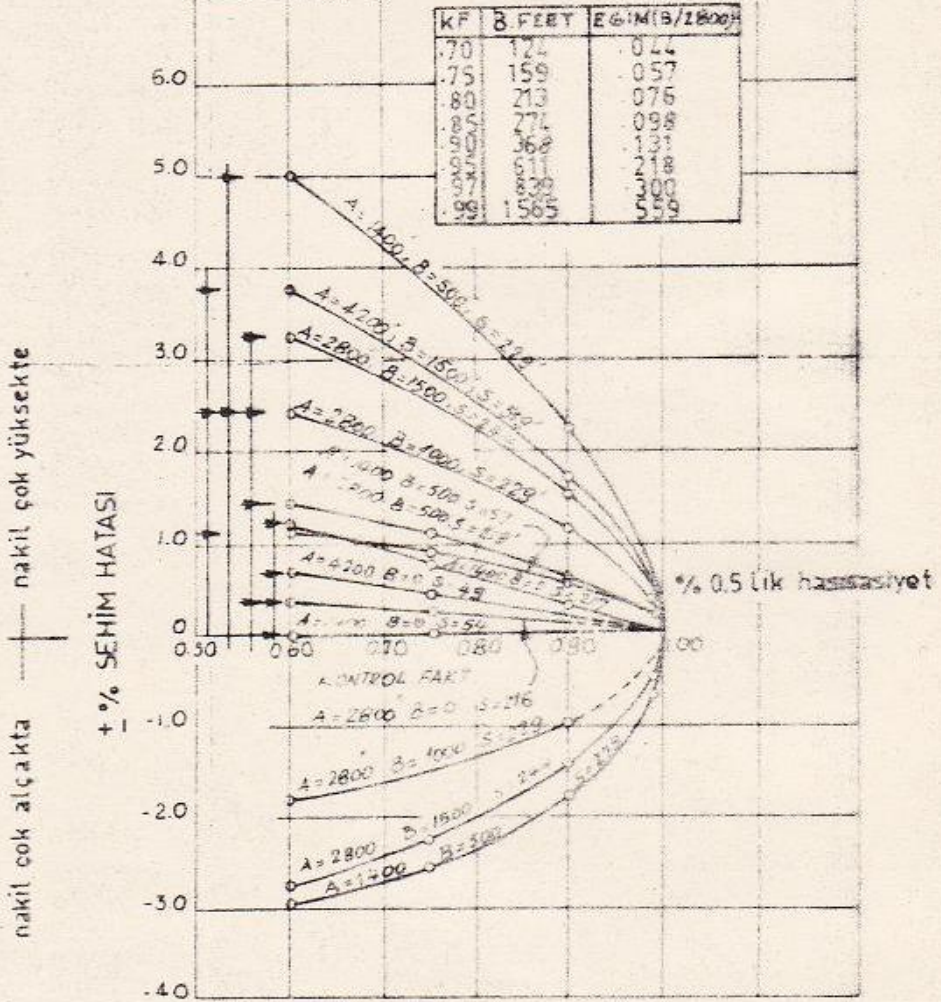
MISALDE $\theta = -9^\circ 51'$ $\tan\theta = -0.17363$
 $A = 1500$, $B = -100.00$ $S = 120.00$
 $(h-t) = 1500(-0.17363) - (-100.00) = -160.45'$
Kontrol faktörü = 0.89 (Nomograftan)

ŞEKİL 10: NAKİLE SEHİM VERMEK İÇİN KULLANILAN KONTROL FAKTÖRÜNÜN TAYİNİ NOMOGRAF

NOT:1- "s" sehiminin yukardaki gorüs çizgisi fazla gerilmis nakili (+ hatayı) ;
 "s" sehiminin asagıdaki gorüs çizgisi az gerilmis nakili (- hatayı) dogurur
 2- H/W=4575 bütün eğriler için alınmıştır yalnız A=1400, B=500, S=229 ve A=1400, B=0, S=217 hariç hariç olanlar için H/W =1166 dir



Şekil 10 daki kontrol faktörü eğrisi için malumatı %0.5 lik hassasiyet için (A=2800 ve H/W=4575 alınmıştır)

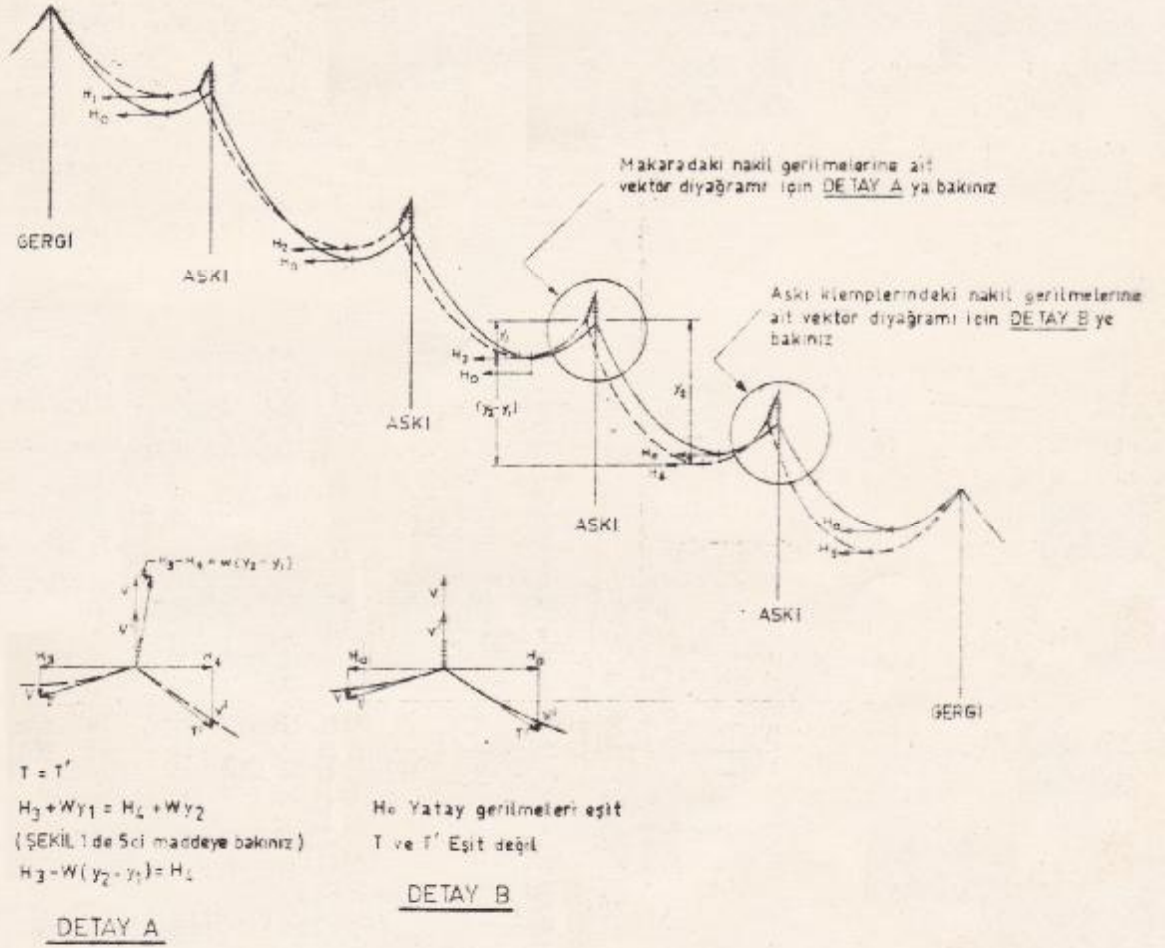


ŞEKİL 11: KONTROL FAKTÖRÜNE GÖRE DEĞİŞEN SEHİM VERME HATALARI

$$\sum \text{Makaralardaki (L-C)} = \sum \text{askı klemplerindeki (L-C)}$$

----- Nakiller makaraydaken ilk durum

———— Nakiller askı klemplerine bağlanmış olarak nihai durum



ŞEKİL 12: İZOLATÖR OFFSETLERİNİN GRAFİK ANALİZİ

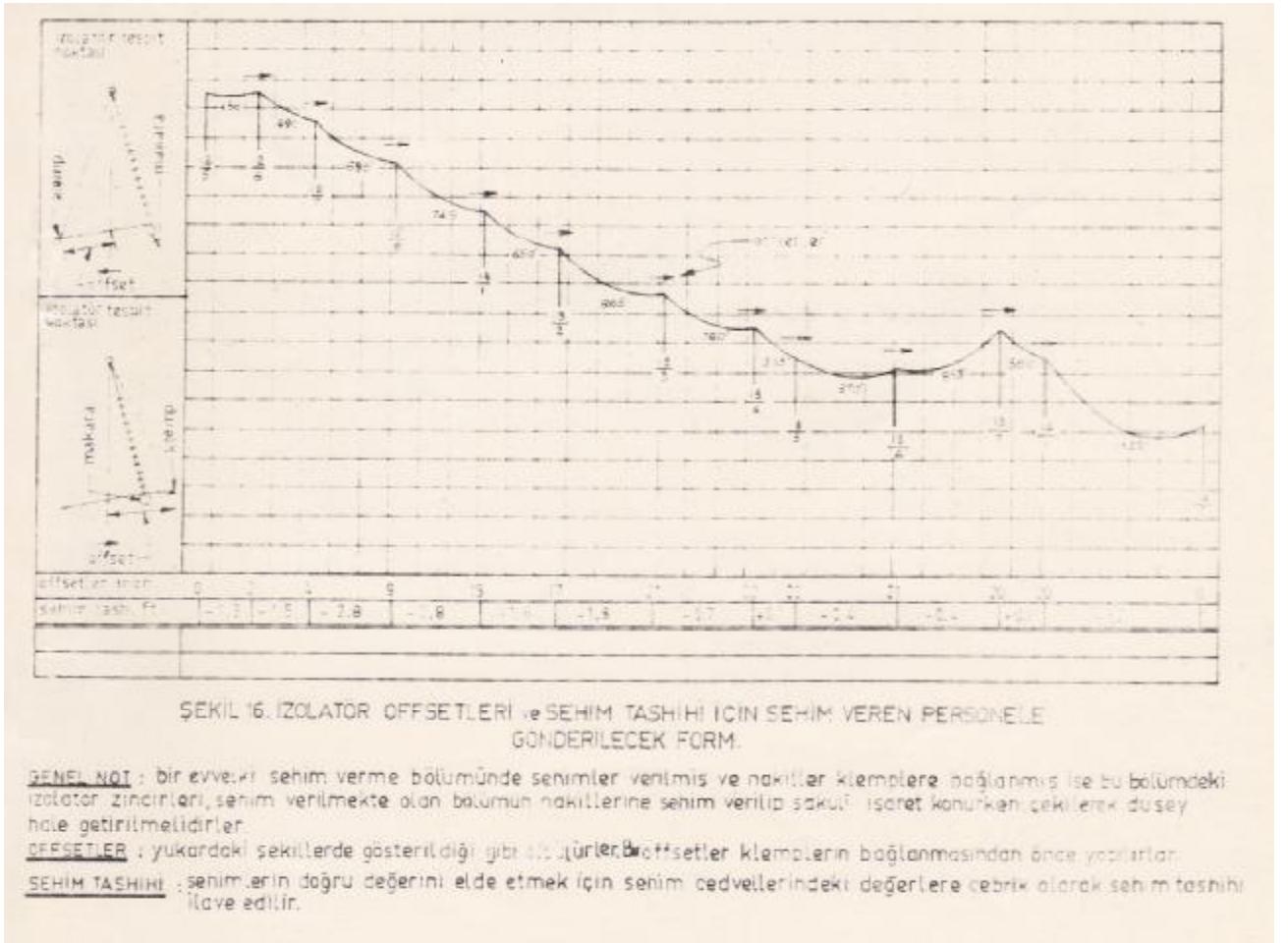
OLYMPIA-ABERDEEN HAT1
ACSR İBİS NAKİL

- 1 - Kot farkı = en yüksekteki sehîm alçak noktasıyla en alçaktaki sehîm alçak noktası arasındaki kot farkı (feet olarak)
- 2 - 2'lik fark = $2 / (wK) = 2 / (0,546 K) = 3.663 / K$
- 3 - W = çıplak nakil in özgül ağırlığı lb/ft
- 4 - Ho = buzsuz, rüzgârsız halde ve 60 F'da yatay gerilme (ilkel gerilme)
- 5 - K = 1 pounluk ağırlık başına offset = $(w^2)(\text{en uzun menzil})^3 / H_0^3$

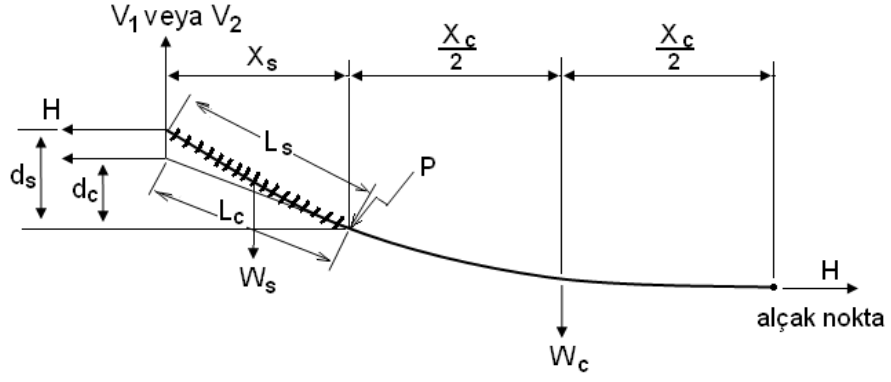
NOT: $2x(2'lik\ fark) \leq kot\ farkı$, ise
bahis konusu hat bölümü için offsetleri hesaplayınız.

menzil no.	Mil	sehîm verilen bölüm	rating menzil	en uzun menzil	azami çalışma gerilmesi	kot farkı	2'lik fark	Offsetler
12	1.59	12/5 - 14/2	800	1322	5000 lb 1/2 - 8 - 0	74.8	23	evet - çalışıldı - uzun form
9	1.07	14/2 - 15/4	800	875	"	79	78	" " offset yok
15	1.60	23/2 - 24/7	600	799	"	75	123	hayır
3	0.41	24/7 - 25/2	800	1030	"	21	48	evet çalışıldı offset var

ŞEKİL 15: İZOLATÖR OFFSET ANALİZİ



ŞEKİL 16: İZOLATÖR OFFSETLERİ VE SEHİM TASHİHİ İÇİN SEHİM VEREN PERSONELE GÖNDERİLECEK FORM



ŞEKİL 17: İZOLATÖR SEHİM HESABI

H= nakil gerilmesinin yatay bileşeni

V₁ veya V₂= izolatör zincirinin direğe tespit noktasında düşey kuvvet

W= nakilin birim uzunluğunun ağırlığı

W_c= nakilin en alçak noktasından gergi zincirine kadar kısmın ağırlığı

W_s= gergi takımının ağırlığı

L_s= gergi takımının uzunluğu

X_s = L_s ve L_c

Nakili ve gergi takımını ihtiva eden ve tespit noktasında V₁ düşey kuvvetini haiz yarım menzilde;

$$\Sigma \text{ düşey kuvvetler} = 0$$

$$V_1 = W_c + W_s$$

$$P \text{ noktasında } \Sigma \text{ momentler} = 0$$

$$W_1 X_s - H d_s - W_s X_s / 2 = 0$$

$$d_s = \frac{W_1 X_s - \frac{W_s X_s}{2}}{H} = \frac{(W_c + W_s) X_s - \frac{W_s X_s}{2}}{H}$$

Yerine L_c uzunluğunda nakil ikame edilmiş yarım menzillik bir gergi takımı ve

tespit noktasında V₂ kuvvetinin olması halinde;

$$V_2 = W_c + W X_s$$

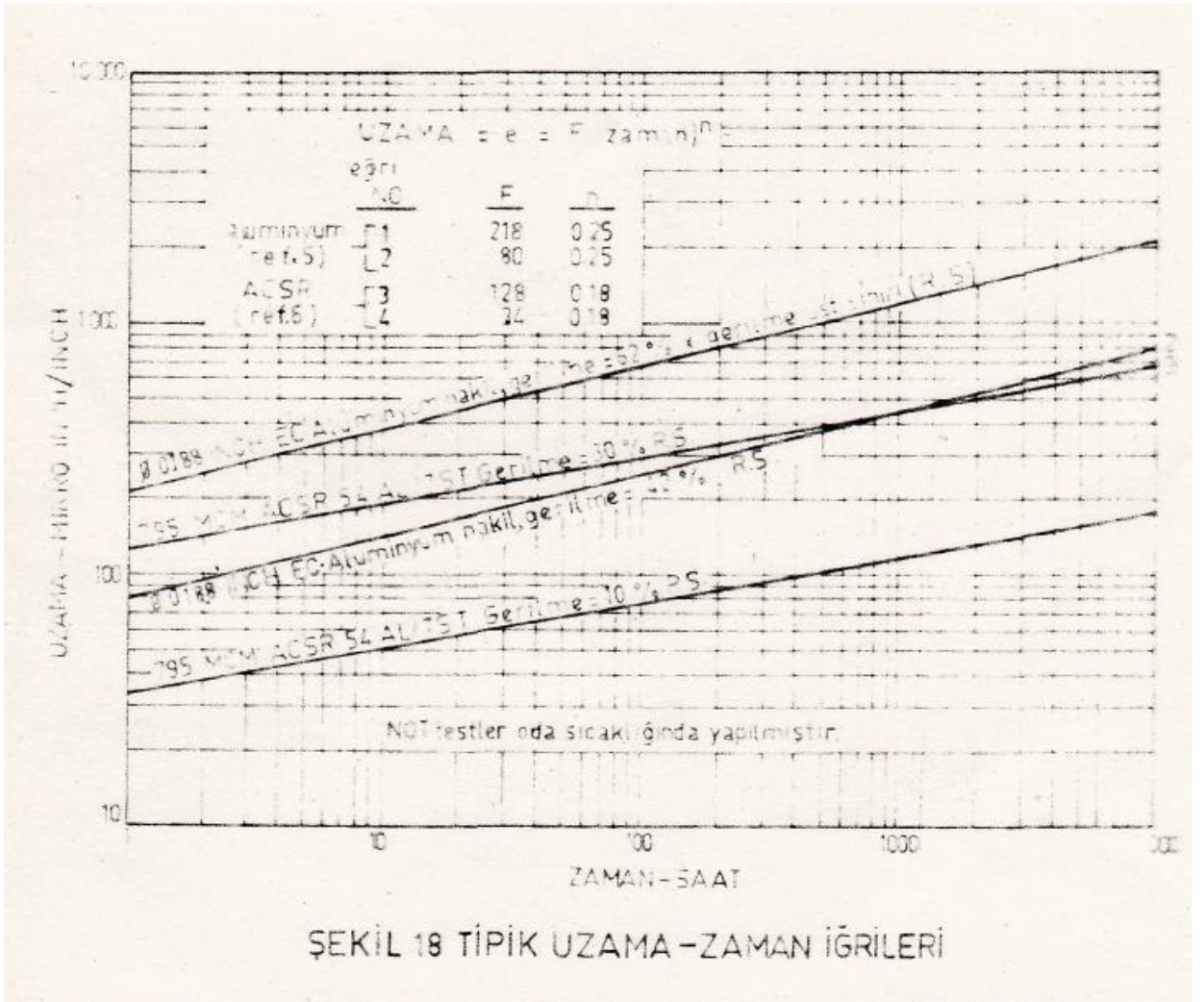
$$V_2 X_s - H d_c - W X_s \cdot X_s / 2 = 0$$

$$d_c = \frac{V_2 X_s - W X_s \frac{X_s}{2}}{H} = \frac{(W_c + W X_s) X_s - W X_s \frac{X_s}{2}}{H}$$

Gergi takımının ağırlığından dolayı nakil sehimindeki artış= $d_s - d_c$

$$d_s - d_c = \frac{(W_c + W_s)X_s - \frac{W_s X_s}{2}}{H} - \frac{(W_c + WX_s)X_s - WX_s \frac{X_s}{2}}{H}$$

$$d_s - d_c = \frac{X_s}{2H} (W_s - WX_s)$$



ŞEKİL 18 TİPİK UZAMA - ZAMAN İĞRİLERİ

ŞEKİL 18: TİPİK UZAMA-ZAMAN EĞRİLERİ

$y_2 - y_1$: komşu iki menzilde maksimum behim eğrilerinin yatay teğetli noktaları arasındaki kot farkı H_0 : klemplerde nakil yatay gerilmesi H_e : makarada eşdeğer nakil yatay gerilmesi H : " kabul edilen " " " H' : " tashihi edilen nakil yatay " "														$w = 0.546 \text{ lbs/ft}$ $W/2 = 0.273$ $W^2/2 = 0.1491$ $H_0 = 1622 \text{ lbs} \rightarrow 60^\circ \text{F}$ da $10^6 / (H_0)^2 = 0.38010$ $H_e = \sqrt{\Sigma(B)} / \Sigma(10) \times 10^3 = 1750$ $H_0 - H_e = -128$							Nakil : ACSR "IBIS" Azami cen 5000 lbs (1/2 buz yükü altında) Ruling menzil : 800 ft Tel çekme anındaki sıcaklık : 60°F							ETİBANK Ş. T. D. B. OFSET VE SEHİM TASHİHİ FORMU hazırlayan..... Tarih..... Kontrol..... Tarih.....	
ASKI KLEMPİNİN OFSETİ (ŞAKULI NOKTADAN İTİBAREN)																			NAKİL MAKARADAYKEN SEHİM.						MAKARA TASHİHİ		AÇIKLAMALAR		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26				
Direk No	(A) Menzil feet	(B) kot fark feet	(C) teğetli mesafesi feet	$y_2 - y_1$ feet	$w(y_2 - y_1)$	kabul edilen H pound	$\frac{A^2}{10^6 C}$	$\frac{H^2}{10^6 C}$	$\frac{A^2}{CH^2}$	H' Pounds	$\frac{W^2 A^2}{2 \times 10^6 C}$	$\frac{10^6}{(H)^2}$	$\frac{10^6}{(H)^2} - \frac{10^6}{(H_0)^2}$	offset Inch	nihai ayar inch	nihai ofset inch	Σ ofset inch	$\frac{C}{4}$	$\frac{A}{48}$	$\frac{W}{2} \frac{WA}{2H}$	$\frac{CZ}{4}$	$\frac{AZ^2}{48}$	sehim feet	hesaplanan sehim feet	sehim tashihi feet				
Parametre içindeki numaralar, kolon numarasıdır.			$\sqrt{(2)^2 + (3)^2}$		$W(5)$		$\frac{(2)^2}{10^6(4)}$	$\frac{(7)^2}{10^6}$	$\frac{(8)}{(9)}$	$(7) + (H_0 - H_e)$	$\frac{W^2}{2 \times 10^6}$	$\frac{10^6}{(11)^2}$	$(13) - \frac{10^6}{(H_0)^2}$	$(12) - (14) - \frac{\Sigma(15)}{\Sigma(12)}$	$(15) + (16)$	$\Sigma(17)$		$\frac{(1)}{4}$	$\frac{(2)}{48}$	$\frac{W(2)}{2(11)}$	$(19)(21)$	$(20)(21)$	$(22)(4)(3)$	eşdeğer menzilli kullan	$(24) - (25)$				
12/5	450	3	450			2055	91	4.2	21.7	1927	13.57	0.26930	-0.11880	-1.50	-1.04	-1.88	0	112.5	9	0.064	7.2		7.2	8.5	-1.3				
12/6	490	47	492	-34	-15	2036	117	4.1	28.5	1908	17.44	0.27169	-0.10541	-1.84	+0.05	-2.23	-2	127.0	10	0.070	8.6		8.6	10.1	-1.5				
12/7	690	51	692	-56	-31	2005	328	4.0	82.0	1877	48.90	0.28384	-0.09626	-4.71	+0.15	-5.11	-4	173.0	14	0.100	17.3		17.3	20.1	-2.8				
12/8	745	89	750	-97	-53	1958	411	3.8	108.2	1830	61.28	0.29661	-0.08145	-4.59	+0.15	-5.28	-5	187.5	16	0.111	20.8		20.8	23.6	-2.8				
12/1	850	38	857	-117	-64	1905	272	3.6	75.6	1777	40.56	0.21668	-0.06342	-2.57	+0.12	-2.77	-15	164.3	14	0.100	16.4		16.4	18.0	-1.6				
12/2	865	117	873	-100	-55	1841	641	3.4	188.5	1713	95.57	0.34079	+0.1931	-3.76	+0.29	-3.72	-17	218.3	18	0.138	30.1		30.1	31.9	-1.8				
12/3	760	132	767	-40	-27	1783	435	3.2	135.9	1658	64.86	0.36377	-0.01633	-1.18	+0.20	-0.95	-21	191.8	16	0.125	24.1		24.0	24.7	-0.7				
12/4	355	16	357	-55	-30	1764	44	3.1	14.2	1838	8.58	0.37362	-0.00648	-0.04	+0.02	-0.04	-22	39.3	7	0.059	5.3		5.3	5.2	+0.1				
12/5	470	36	471	+9	+5	1724	658	3.0	319.3	1606	98.18	0.38771	+0.00761	+0.75	+0.30	+1.09	-21	217.8	18	0.146	32.2	0.1	32.3	31.9	+0.4				
12/6	853	59	857	+21	+11	1738	674	3.0	308.0	1611	93.04	0.38531	+0.00521	+0.48	+0.29	+0.80	-26	214.3	18	0.145	31.1	0.1	31.2	30.8	+0.4				
12/7	360	44	363	-192	-105	1750	46	3.1	14.8	1872	8.86	0.38810	0	0	+0.02	+0.02	-20	90.8	8	0.061	5.5		5.5	5.4	+0.1				
12/8	1322	178	1334			1645	2286	2.7	848.1	1517	361.44	0.43454	+0.95444	+1.59	+1.25	+20.07	0	333.5	28	0.238	79.4	0.4	79.8	74.8	+5.2				
12/2														+0.43			0												

ŞEKİL 13: İZOLATÖR OFFSETLERİ VE SEHİM TASHİHİ UZUN FORM

1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14	
Direk No	(A) Menzil feet	$Y_2 - Y_1$ feet	$W(Y_2 - Y_1)$	Tecrübi $H_0 - H$ pound	*K* lb başına offset	Tecrübi offset INCH	Tashi edilen $H_0 - H$ Pound	Tashi edilen offset INCH	Modül Tashihi INCH	Nihai Ayar INCH	Nihai offset INCH	Σ Offset INCH	Nakil makarada olan sehim tashihi (Ft)	AÇIKLAMALAR													
Garanti süresindeki numaralar kolon numaralarıdır.			$W(3)$	$\Sigma(4)$	$\frac{W^2 A^2}{H^2}$	$(5)(6)$	$\Sigma(7) - (8)$	$(4)(8)$	$\frac{12(2)(8)}{0.65H}$	$\frac{\Sigma(9)+2(10)}{\Sigma(6)}$ (6)	$(9)+(10) + (11)$	$\Sigma(12)$	$\frac{H_0(9)}{8W(2)}$	NOTLAR													
2/5												0		1 - Listedeki ilk direk yönündeki offsetler pozitiftir.													
2/6	450			0	0.0862	0	-280	-1.9	-0.4	0	-2.3	-2	-1.6	2 - Sehim tashihi, hesaplanmış sehimlere cebrik olarak ilave edilir. Böylece makara üzerindeki sehim bulunur.													
2/7	190	-34	-19	-18	0.0081	-0.15	-271	-2.2	-0.4	0	-2.6	-5	-1.7	3 - Aşağıdaki 3 şarttan herhangi birisi tahakkuk ederse offset uygulanacak: a. Münferit offset 2"den büyük veya eşit (kolon 12) b. Münferit offsetler toplamı 4" veya daha büyükse (kolon 13) c. Münferit sehim tashihi 1 ft" veya daha büyükse (kolon 14)													
2/8	690	-86	-47	-50	0.0229	-1.15	-240	-3.5	-0.5	+0.1	-5.9	-11	-3.0	4 - 15"den daha büyük offsetler için 13 numaralı şekildeki uzun formu kullan.													
2/8	745			-97	0.0284	-2.25	-193	-5.5	-0.4	+0.1	-5.8		-2.7	5 - *K* daha önce yapılmış eğrilerden alınabilir bu eğrilerde *K* menzile göre değerler almaktadır.													
2/1	550	-87	-53	-150	0.0192	-2.88	-140	-2.7	-0.3	+0.1	-2.9	-17	+1.5														
3/2		-107	-64									-28															
3/3	855			-214	0.0452	-9.62	-76	-3.4	-0.2	+0.2	-3.4	-23	-1.5														
3/3	790	-108	-65									-23															
3/4	790			-269	0.0303	-8.15	-21	-0.6	0	+0.1	-6.5		-0.3														
3/4		-10	-22									-23															
3/5	255			-291	0.0030	-0.87	+1	0	0	0	0	0	0														
3/5		-55	-30									-23															
3/6	870			-321	0.0268	-12.77	+31	+1.2	+0.1	+0.1	+1.7		+0.6														
3/6		+9	+5									-22															
3/6	855			-216	0.0236	-13.78	+26	+1.1	+0.1	+0.1	+1.3		+0.5														
3/7		+21	+11									-28															
3/7	360			-305	0.0031	-0.95	+15	0	0	0	0		0														
4/1		-192	-103									-20															
4/1	1322			+116	0.1615	-66.22	+12	+19.4	+0.5	+0.5	+20.4		+5.4														
14/2												0															

ŞEKİL 14: İZOLATÖR OFFSETLERİ VE SEHİM TASHİHİ KISA FORM