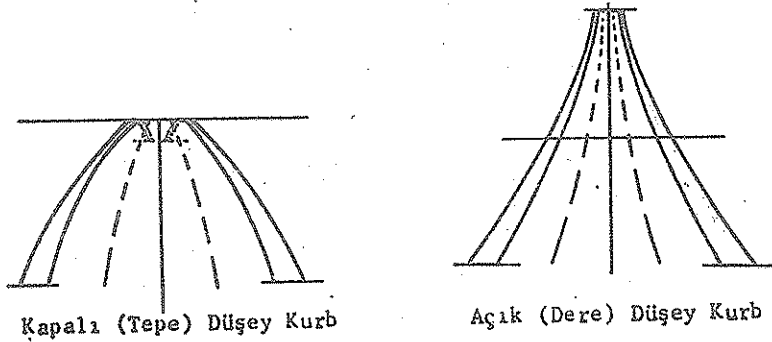
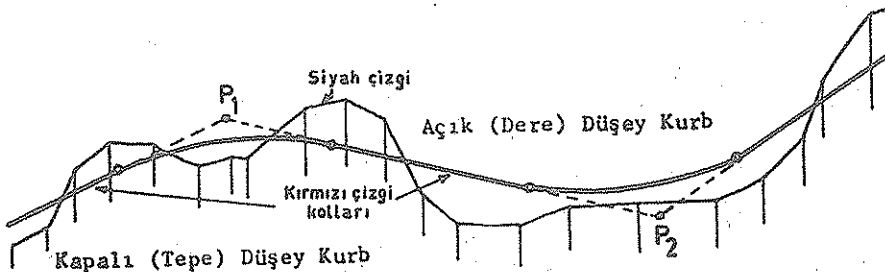


1.3. DÜŞEY KURBALAR

Bir geçki boykesitinde çizilen kırmızı çizgi; doğru parçaları ile, bunların birbirine bağlanmasını sağlayan eğrisel kısımlardan meydana gelen bir çizgidir. Eğri kısımlar doğal olarak, araziye uyum gösterek çizilen ve yer yer eğim değiştiren kırmızı çizgi kolları arasında yer alır. Eğrisel kırmızı çizgi kesiminin yerleştirilmemesi halinde, belli eğim değerleri altında kesişecek olan kırmızı çizgi kollarının, geçki üzerinde bir kırıklık, sivrilik ve süreksizlik ortaya koyacağı görülür. Bu gibi kesimlerde, arazide özellikle tepe üstlerinde görüş uzunluğu (GU) tehlikeli bir biçimde kısılacak, buna bağlı olarak seyir güvenliği de azalacaktır. Ayrıca yüksek hızda seyreden taşıtlar için ani eğim değişikliğinin yol açacağı düşey ivme dolayısıyla taşıtta sarsıntı oluşacak ve konfor eksikliği meydana gelecektir. Belirtilen bu sakıncaların giderilmesi amacıyla eğim değerlerinde fark beliren kırmızı çizgi kolları arasına uygun uzunlukta DÜŞEY KURBA (düşey kurb) adı verilen eğrisel kısımlar yerleştirilir. (Şekil 1.19)



Şekil 1.19 Düşey Kurb Türleri: Perspektifte ↑, Boykesitte ↓.

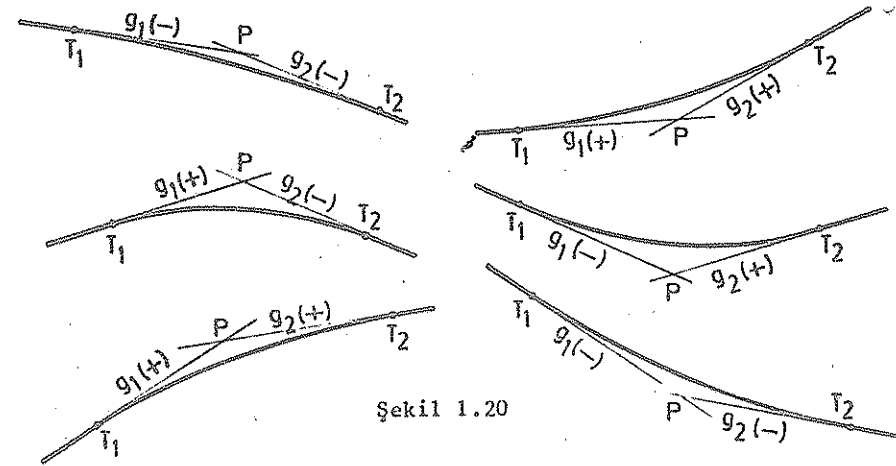


1.3.1. TANIMLAR

Buna göre düşey kurba, farklı eğime sahip olan iki kırmızı çizgi kolu arasına, motorlu taşıtların ani düşey ivmelere maruz kalmalarını önlemek amacıyla boykesitte yerleştirilen eğri, olarak tanımlanır.

Motorlu taşıtın, üzerinde seyrettiği kırmızı çizgi kolu, taşıtın gidiş yönüne göre rampa yukarı ve rampa aşağı olmak üzere iki cins eğim değeri alır. Kırmızı çizgi kolunun yükselerek gittiği kesimlerde eğim değerleri (+), alçalarak gittiği yerlerde ise (-) işaretlerle gösterilir.

Eğimlerin arazi üzerindeki birbirlerine göre konumları incelendiğinde, en çok 6 şekilde sivrilik ve süreksizlik oluşabileceği ortaya çıkar. Bu 6 sivrilik biçimi Şekil (1.20) de görülmektedir.



Şekil 1.20

Düşey kurbaya ait birinci kırmızı çizgi kolunun eğimi (g_1), ikinci kırmızı çizgi kolunun eğimi (g_2) ile, ayrıca düşey kurba eğrisinin birinci kırmızı çizgi koluna teget olduğu nokta (T_1), ikinci kırmızı çizgi koluna teget olduğu nokta (T_2) ile gösterilir. İki kırmızı çizgi kolunun kesiştiği (P) noktası düşey kurbun SOME noktası olarak tanımlandığında, bu some noktasının, kurba eğrisi alt tarafında veya üst tarafında oluşuna göre, kurba ayrı isim alır.

a) (P) Some noktası, düşey kurbun üst tarafında ise, düşey kur-

a TEPE DÜŞEY KURBA (= KAPALI DÜŞEY KURBA)³³ olarak tanımlanır. Bu durumda iki kırmızı çizgi kolunun eğim değerlerinin CEBİRSEL FARKI POZİTİF olur.

$$(g_1 - g_2 > 0 \text{ için kurba kapalı düşey kurbadır.})$$

b) (P) Some noktası, düşey kurbanın alt tarafında ise, düşey kurba DERE DÜŞEY KURBA (= AÇIK DÜŞEY KURBA) olarak tanımlanır. Bu durumda iki kırmızı çizgi kolunun eğim değerlerinin CEBİRSEL FARKI NEGATİF olur.

$$(g_1 - g_2 < 0 \text{ için kurba açık düşey kurbadır.})$$

İlke olarak I., II., III. Sınıf Yollarda birbirini izliyen iki kol eğimlerinin CEBİRSEL Farkının % 0,5 den fazla olması halinde düşey kurba uygulamasına gidilir. Düşük standartlı yollarda bu fark limiti % 1'e kadar çıkabilmektedir.

1.3.2. DÜŞEY KURBALARDA KONFOR

Yatay kurbalardan geçişte, merkezkaç kuvvetinin etkisiyle enine yönde oluşan ivmelere benzer şekilde, düşey kurbalarda da some noktası civarında yer alan sivrilik ve süreksizlik etkisiyle düşey yönde oluşan ivmeler, motorlu taşıtlarda sarsıntılara yol açar ve konfor bozulur.

Konfor bakımından yolun bu kesiminde yolcuların belli değerlerden büyük düşey ivmeler etkisi altında kalması arzu edilmez. Yapılan deneylerle, düşey ivmenin yolcular tarafından kolay tahammül edilebilir üst sınırının, yerçekim ivmesinin 20'de biri ortaya konmuştur. Bu değer takriben $0,5 \text{ m/sn}^2$ ye tekabül etmektedir. Düşey ivme (a), taşıt hızı (v), düşey kurba üzerindeki eğrilik yarıçapı (R) ise;

$$a(\text{m/sn}^2) = \frac{v^2 (\text{m}^2/\text{sn}^2)}{R (\text{m})} \quad (1.39)$$

(*) Tepe düşey kurbanın bir kırmızı çizgi kolu üzerinde seyreden taşıt şoförü, diğer kol üzerinde bulunan bir taşıtı veya engeli, arazinin doğal biçimi nedeniyle göremeyeceğinden bu cins düşey kurba KAPALI DÜŞEY KURBA olarak nitelendirilir. Buna karşılık dere düşey kurbada görüş elverişli açık ve serbesttir. Arazinin doğal biçimi görüşü engellemeyeceğinden bu cins düşey kurba AÇIK DÜŞEY KURBA olarak isimlendirilir.

veya

$$v (\text{m/sn}) = \frac{V (\text{km/st})}{3,6} \quad (1.40)$$

ise

$$a = \frac{v^2}{12,96.R} \quad (1.41)$$

elde edilir. (1.41) bağıntısında (a) için $0,5 \text{ m/sn}^2$ değeri yerleştirildiğinde

$$R = 0,15.v^2 \quad (1.42)$$

bağıntısı ortaya çıkar.

Örnek olarak; Proje hızı olarak uygulanacak olan $V_p = 90 \text{ km/st}$ hız değeri şartı altında, konfor yönünden kullanılması mümkün minimum düşey kurba eğrilik yarıçapı hesabında $R = 0,15 \times (90)^2 = 1215 \text{ m.}$ elde edilmektedir.

Modern yol geçkilerinde (GÖRÜŞ ŞARTLARI) sebebiyle $R > 0,15.v^2$ konfor şartının sınırladığı kurbalardan çok daha büyük yarıçaplı düşey kurbalar kullanılmaktadır. Böylelikle düşey ivme değeri de azaltılmış olmaktadır.

1.3.3. DÜŞEY KURBALARDA GÖRÜŞ

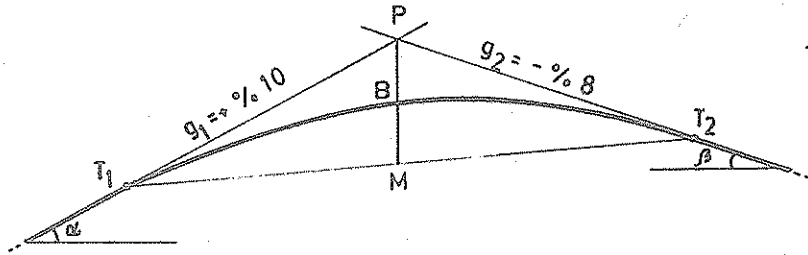
Geçkinin her noktasında seyir güvenliği açısından sağlanması istenen görüş uzunluklarının, düşey kurbalarda da sağlanması gerekmektedir. (g_1) ve (g_2) arasındaki cebirsel farkın büyük olması halinde kırmızı çizgi kolları arasındaki açı büyüyecek ve görüş uzunluğu da buna bağlı olarak kısılacaktır. Bu bakımdan düşey kurbaların tek platformlu, iki şeritli ve çift yönlü yollarda, bir sollama ile geçiş manevrası esnasında karşı yönden gelen taşıtların, geçiş yapan taşıtla aynı şerit üzerinde bulunması durumunda, boykesitte düşey kurbanın eğriliklerinin araya girmek suretiyle, taşıtların şoförlerinin birbirlerini görmelerine engel olmayacak şekilde düzenlenmesi gerekir. Çift platformlu, tek yönlü yollarda ise bu eğriliklerin taşıt şoförünün önündeki bir engeli aynı nedenle görmesine engel olmayacak şekilde tertiplenmesi icabeder. Birinci tip yollarda, belirtilen nedenlerden dolayı düşey kurbanın uzunluğu, geçiş görüş uzunluğu kadar alınmalı, ikinci tip yollarda ise düşey kurba uzunluğu, dürüş görüş uzunluğu esas alınarak tasarlanmalıdır.

Geçiş görüş uzunluğu için (1.18) bağıntısından yararlanılacak, bu bağıntıda (V_1) yerine, yolda geçerli olan (V_p); (V_2) yerine ise (V_1-15) değerleri kullanılacaktır.

Duruş görüş uzunluğu kriteri uygulanacak ise taşıt hızı olarak ($V=V_p$), şoför intikal süresi olarak ($t_r = 1\text{sn}$), kayma sürtünme katsayısı olarak ($f = 0,30-0,40$) eğim olarak ($s = 0$) alınacaktır. (Bakınız 1.10 Nolu Bağıntı).

1.3.4. BOYUNA YÖNDEKİ ÖLÇÜLERİ YATAYA İNDİRGEME

Karayollarında kırmızı çizgi eğimleri en fazla % 10 mertebesinde kalmaktadır. Daha dik eğimler genellikle kullanılmamaktadır. Oldukça dik boyuna eğimlerle teşkil edilen bir kapalı (tepe) düşey kurba dikkate alındığında Şekil (1.21), g_1 eğiminin yatayla yaptığı açı α ; g_2 eği-



Şekil 1.21

minin yatayla yaptığı açı β ile tanımlanırsa $\arctg 0,10 = \alpha$ ve $\arctg 0,08 = \beta$ ifadelerinden $\alpha = 5^{\circ},71$ ve $\beta = 4^{\circ},57$ olur.

Bu açılar, eğimler dik olmakla birlikte, küçük değerler taşır. Bu özellik dikkate alındığında yolun ekseni doğrultusunda yapılacak ölçmeler, ister (T_1P) teğeti, ister (T_1B) eğrisi, ister (T_1M) kirişi üzerinde yapılsın belirgin bir farklılık ortaya koymamakla, buna karşılık düşey kurba hesaplarında kolaylık sağlamaktadır. Yapılacak olan hata payları (cm) mertebesinde kalmaktadır. Bu itibarla, hesaplamada tercih edilen husus, kilometrajın artış yönünde, yatayda yapılan ölçümlemedir. Diğer bir deyimle kurpta teğet boyları, açılım boyları, enkesitlerin başlangıca uzaklıkları yatay düzlem üzerinde ölçülür ve hesaplanır. Bu-

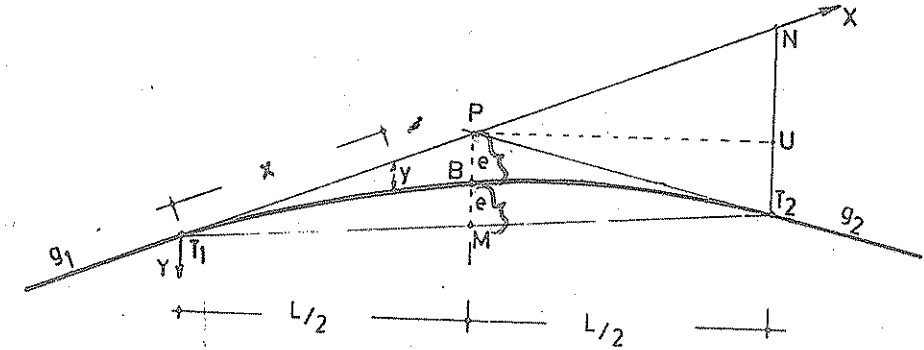
na göre $T_1MT_2 = T_1BT_2 = T_1PT_2$ alınması mümkün görülmektedir.

1.3.5. PARABOLİK DÜŞEY KURBALAR

İki kırmızı çizgi kolunun birbirine birleştirilmesinde kullanılan ikinci derece eğrilerinin başında Parabol eğrileri gelir. Ülkemizde düşey kurba ölçüm ve hesaplarında, düşey kurba eğrisi bir parabol olarak alınır.

1.3.5.1. PARABOL EĞRİSİ ÖGELERİNİN SAPTANMASI

Parabol eğrilerinin düşey kurbalarda kullanımı sırasında 1.3.4. deki kabule ek olarak üç önemli özelliği nazara alınır. Şekil (1.22)



Şekil 1.22

① (T_1) teğet noktasından geçen ve (g_1) in uzantısı olan T_1x çizgisi absis eksenini, (T_1) den geçen düşey çizgi ordinat eksenini alındığında parabol denklemi, bu eğik eksen takımında $y = Kx^2$ şeklinde yazılabilir. Bu halde eğri üzerindeki bir noktanın ordinatı düşey yönde ölçülebilir.

② Her parabolde eğri, (P) soma noktası ile (T_1T_2) kirişinin (M) orta noktasını birleştiren doğruyu iki eşit kısma böler. Yani $PB=BM$ dir.

③ $y = Kx^2$ bağıntısına uyan ve parabol eğrisi üzerinde bulunan noktaların teğet çizgilerinden olan uzaklıkları (P) ye göre eğrinin her iki tarafında simetrik olur. $|+g_1| = |-g_2|$ durumu mevcutsa düşey kurba simetriktir. $T_{1kot} = T_{2kot}$ olur.

$y = Kx^2$ parabolünde $x = \frac{L}{2}$ için $y = e$ olarak tanımlandığında
 $e = \frac{K \cdot L^2}{4}$; yani $K = \frac{4e}{L^2}$ elde edilir. Denklem $y = \frac{4e}{L^2} \cdot x^2$ biçimine dönüşür.

Anılan şekilden $NT_2 = NU + UT_2$ ise

$$N_{T2} = g_1 \cdot \frac{L}{2} + (-g_2) \cdot \frac{L}{2} = (g_1 - g_2) \cdot \frac{L}{2}$$

yazılabilir. T_1PM ve T_1NT_2 üçgenleri karşılaştırıldığında $NT_2 = 2PM$ 'dir.

$$PM = \frac{NT^2}{2} = (g_1 - g_2) \frac{L}{4} ; PB = \frac{PM}{2} = e = (g_1 - g_2) \frac{L}{8}$$

elde edilir. $(g_1 - g_2)$ eğimler cebirsel farkı G ile gösterildiğinde

$$\boxed{e = \frac{GL}{8}} \quad (1.43)$$

elde edilir. $K = \frac{4e}{L^2}$ den $K = \frac{4 \cdot GL}{8L^2}$ yani $K = \frac{G}{2L}$ ise parabol denklemini,

$$y = \frac{G}{2L} x^2 \quad (1.44)$$

ye dönüşür. Şekilde (PT_1) uzunluğu (t) teget boyu olarak isimlendirildiğinde parabol denkleminde ($y = Kx^2$) $x = t$ için $y = e$ olur. $e = Kt^2$ veya

$K = \frac{e}{t^2}$ elde edilir. O halde parabol denklemi diğer bir şekli olan

$$y = \frac{e}{t^2} \cdot x^2 \quad (1.45)$$

bağıntısı ile de verilebilmektedir.

Parabol denklemindeki (K) katsayısı $\frac{G}{2L}$ veya $\frac{e}{t^2}$ biçiminde sabit bir değer olabilmektedir. Bu katsayıya Parabol Sabiti denir.

1.3.5.2. PARABOLİK DÜŞEY KURBADA DİĞER ÖGELER

Şekil (1.22) incelendiğinde $T_1 T_2$ = parabol kirişi, M = kiriş orta noktası, B = parabol eğrisinin bisektris noktası, T_{1kot} = Birinci teget noktasının kotu, P_{kot} = Some noktasının kotu, T_{2kot} = İkinci teget noktasının kotu T_{1km} = Birinci teget noktasının kilometresi P_{km} = Some noktasının kilometresi, T_{2km} = İkinci teget noktasının kilometresi olduğuna göre

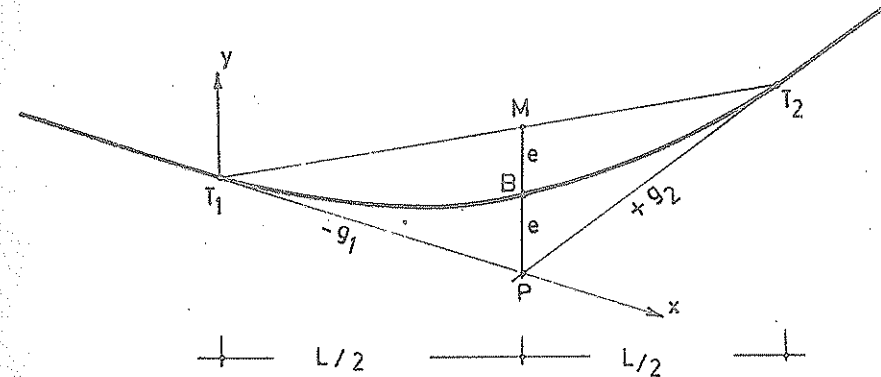
$$P_{\text{kot}} = T_{\text{lkot}} + \frac{L}{2} \cdot g_1 \text{ veya } T_{\text{lkot}} = P_{\text{kot}} - \frac{L}{2} \cdot g_1 \quad (1.46)$$

$$P_{kot} = T_{2kot} + \frac{L}{2} \cdot g_2 \quad \text{veya} \quad T_{2kot} = P_{kot} - \frac{L}{2} \cdot g_2 \quad (1.47)$$

yazılabilir.

Görüldüğü üzere kapalı (tepe) düzey kurbalarda teget noktalarının kotlarının bulunması için Some noktasının kotundan (teget boyu $\times$ eğim değeri) çarpımı çıkarılmaktadır.

Parabolik düşey kurba önceki şekildeki gibi kapalı kurba değilde,
AÇIK (DERE) DÜŞEY KURBA olsaydı Şekil (1.23). Açık (Dere) düşey kurba



Şekil 1.23

T_1 ve T_2 teğet noktalarının kotları P'nin üst tarafında yer alacaktı. Buna göre bu kotların bulunması için (P) noktasının kotuna (teğet boyu ile eğim değeri) çarpımı eklenmektedir.

$$P_{kot} = T_{1kot} - \frac{L}{2} \cdot g_1 \text{ veya } T_{1kot} = P_{kot} + \frac{L}{2} \cdot g_1 \quad (1.48)$$

$$P_{kot} = T_{2kot} - \frac{L}{2} \cdot g_2 \text{ veya } T_{2kot} = P_{kot} + \frac{L}{2} \cdot g_2 \quad (1.49)$$

yazılabilir.

Özet olarak kotların bulunmasında (T_1) ve (T_2) nin (P) ye göre geometrik konumları önem kazanmakta, (teget boyu x eğim değeri) çarpımı, duruma göre çıkarılmakta veya toplanmaktadır.

(M) noktasının kotu, parabolde yapılan kabuller sonunda, (1.22 ve 1.23) şekillerinden de kolaylıkla görüleceği üzere

$$M_{kot} = \frac{1}{2} (T_{1kot} + T_{2kot}) \quad (1.50)$$

bağıntısından elde edilir.

(B) bisektris noktasının kotu, basit olarak (P_{kot}) değeri ile (e) değerinin işlenmesinden ibarettir. Kapalı düşey kurbalarda ($B_{kot} = P_{kot} - e$) yani

$$B_{kot} = P_{kot} - \frac{GL}{8} \quad (1.51)$$

bağıntısından, açık düşey kurbalarda ise,

$$B_{kot} = P_{kot} + \frac{GL}{8} \quad (1.52)$$

bağıntısından elde edilir.

Kilometre hesabında ise aşağıdaki gibi davranılır. Kırmızı çizgi teşkilinde kırık noktalar olan (P) noktalarının kilometrajları genellikle en iyi bilinebilecek değerlerdir. Çünkü kırık noktaların boykesitte istenilen yer ve kilometrelere yerleştirilmesi mümkün olabilmektedir. Boykesite bakıldığında düşey kurbanın solunda kalan teget noktası (T_1) ise, bu noktanın kilometrajı, (P) nin kilometrajından teget boyu, (t) değerinin veya buna eşdeğer olan ($\frac{L}{2}$) boyunun çıkarılması ile elde edilebilir. Düşey kurbanın sağında kalan (T_2) teget noktası için (P) nin

kilometrajına (t)nin veya ($\frac{L}{2}$) nin eklenmesinden ibarettir. Düşey kurba ister açık, ister kapalı kurba olsun yapılacak olan işlem

$$T_{1km} = P_{km} - \frac{L}{2} \quad (1.53)$$

$$T_{2km} = P_{km} + \frac{L}{2} \quad (1.54)$$

bağıntıları ile verilebilir.

1.3.5.3. PARABOLİK DÜŞEY KURBA BOYUNUN SAPTANMASI

Parabolik düşey kurbalarda, eğriyi biçimlendiren ana etken (L) düşey kurba boyudur. (L) değeri belli olmadan teget noktalarının yerleri, eğrinin konumu, boykesite kazandıracağı eğrilik belli olamamaktadır. (L) nin seçim ve tayininde rol oynayan etken ise görüş uzunluğudur. İki kırmızı çizgi kolu arasına düşey kurba yerleştirirken 1.3.3'de verildiği şekilde görüş uzunlukları önem kazanır.

Kapalı (tepe) düşey kurbalarda olduğu kadar, açık (tepe) düşey kurbalarda da (S) görüş uzunluklarının (L) düşey kurba boyundan BÜYÜK veya KÜÇÜK olmaları durumuna göre iki hesap yolu bulunmaktadır. Doğal olarak her kurba cinsi için eğri uzunluklarının (L) geçiş görüş uzunluğuna göre veya duruş görüş uzunluğuna göre olmak üzere iki ayrı hesaplama yöntemi bulunmaktadır. Her bir hesap yönteminde bağıntılarının çıkartılış şekilleri verilmeden, bağıntılarının verilmesi cihetine gidilmiştir.

1.3.5.3.1. KAPALI (TEPE) DÜŞEY KURBALAR

$$a) S < L$$

Görüş Uzunluğunun, Kurba Boyundan KÜÇÜK olması durumunda h = Taşıt içindeki şoförün gözünün, yerden yüksekliği olduğuna göre (metre cinsinden)

$$L = \frac{G \cdot S^2}{8h} \quad (1.55)$$

$$P_{kot} = T_{1kot} - \frac{L}{2} \cdot g_1 \text{ veya } T_{1kot} = P_{kot} + \frac{L}{2} \cdot g_1 \quad (1.48)$$

$$P_{kot} = T_{2kot} - \frac{L}{2} \cdot g_2 \text{ veya } T_{2kot} = P_{kot} + \frac{L}{2} \cdot g_2 \quad (1.49)$$

yazılabilir.

Özet olarak kotların bulunmasında (T_1) ve (T_2) nin (P) ye göre geometrik konumları önem kazanmakta, (teget boyu x eğim değeri) çarpımı, duruma göre çıkarılmakta veya toplanmaktadır.

(M) noktasının kotu, parabolde yapılan kabuller sonunda, (1.22 ve 1.23) şekillerinden de kolaylıkla görüleceği üzere

$$M_{kot} = \frac{1}{2} (T_{1kot} + T_{2kot}) \quad (1.50)$$

bağıntısından elde edilir.

(B) bisektris noktasının kotu, basit olarak (P_{kot}) değeri ile (e) değerinin işlenmesinden ibarettir. Kapalı düşey kurbalarda ($B_{kot} = P_{kot} - e$) yani

$$B_{kot} = P_{kot} - \frac{GL}{8} \quad (1.51)$$

bağıntısından, açık düşey kurbalarda ise,

$$B_{kot} = P_{kot} + \frac{GL}{8} \quad (1.52)$$

bağıntısından elde edilir.

Kilometre hesabında ise aşağıdaki gibi davranılır. Kırmızı çizgi teşkilinde kırık noktalar olan (P) noktalarının kilometrajları genellikle en iyi bilinebilecek değerlerdir. Çünkü kırık noktaların boykesitte istenilen yer ve kilometrelere yerleştirilmesi mümkün olabilmektedir. Boykesitte bakıldığında düşey kurbanın solunda kalan teget noktası (T_1) ise, bu noktanın kilometrajı, (P) nin kilometrajından teget boyu, (t) değerinin veya buna eşdeğer olan ($\frac{L}{2}$) boyunun çıkarılması ile elde edilebilir. Düşey kurbanın sağında kalan (T_2) teget noktası için (P) nin

kilometrajına (t)nin veya ($\frac{L}{2}$) nin eklenmesinden ibarettir. Düşey kurba ister açık, ister kapalı kurba olsun yapılacak olan işlem

$$T_{1km} = P_{km} - \frac{L}{2} \quad (1.53)$$

$$T_{2km} = P_{km} + \frac{L}{2} \quad (1.54)$$

bağıntıları ile verilebilir.

1.3.5.3. PARABOLİK DÜŞEY KURBA BOYUNUN SAPTANMASI

Parabolik düşey kurbalarda, eğriyi biçimlendiren ana etken (L) düşey kurba boyudur. (L) değeri belli olmadan teget noktalarının yerleri, eğrinin konumu, boykesite kazandıracağı eğrilik belli olamamaktadır. (L) nin seçim ve tayininde rol oynayan etken ise görüş uzunluğudur. İki kırmızı çizgi kolu arasına düşey kurba yerleştirirken 1.3.3'de verildiği şekilde görüş uzunlukları önem kazanır.

Kapalı (tepe) düşey kurbalarda olduğu kadar, açık (tepe) düşey kurbalarda da (S) görüş uzunluklarının (L) düşey kurba boyundan BÜYÜK veya KÜÇÜK olmaları durumuna göre iki hesap yolu bulunmaktadır. Doğal olarak her kurba cinsi için eğri uzunluklarının (L) geçiş görüş uzunluğuna göre veya duruş görüş uzunluğuna göre olmak üzere iki ayrı hesaplama yöntemi bulunmaktadır. Her bir hesap yönteminde bağıntılarının çıkartılış şekilleri verilmeden, bağıntılarının verilmesi cihetine gidilmiştir.

1.3.5.3.1. KAPALI (TEPE) DÜŞEY KURBALAR

$$a) S < L$$

Görüş Uzunluğunun, Kurba Boyundan KÜÇÜK olması durumunda h = Taşıt içindeki şoförün gözünün, yerden yüksekliği olduğuna göre (metre cinsinden)

$$L = \frac{G.S^2}{8h} \quad (1.55)$$

b) $S > L$

Görüş Uzunluğunun, Kurba Boyundan BÜYÜK olması durumunda

$$L = 2S - \frac{8h}{G} \quad (1.56)$$

antılarından yararlanılır.

Kapalı (Tepe) Düşey Kurbalarda (h_1) taşıtın içindeki şoförün göz yüksekliği, (h_2) yolda bulunabilecek bir engelin yüksekliği olarak tanımlandığında

a) $S < L$

Görüş Uzunluğunun, Kurba Boyundan KÜÇÜK olması durumunda,

$$L = \frac{G.S^2}{(\sqrt{2h_1} + \sqrt{2h_2})^2} \quad (1.57)$$

b) $S > L$

Görüş Uzunluğunun, Kurba Boyundan BÜYÜK olması durumunda,

$$L = 2S - \frac{2(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2}{G} \quad (1.58)$$

antıları Kurba Boyunun tayininde kullanılır.

Bölünmüş tip Karayollarında, karşı yönden taşıt gelme ihtimali olmamakta, bu itibarla yeterli minimum görüş uzunluğu, şoförün aynı t üzerinde belirebilecek bir engelle çarpmadan durabilmesine yardımcı olan uzunluk Duruş Görüş Uzunluğu alınmaktadır. Kapalı (Tepe) Düşey a (L) boyunun bu kritere göre tayininde

$h_1 = 1,14$ m. (3,75 ft) ve $h_2 = 0,15$ m. (6 inç) alınır ve,

a) $S < L$ Durumu için,

$$L = \frac{GS^2}{4,2} \quad (1.59)$$

b) $S > L$ Durumu için,

$$L = 2S - \frac{4,2}{G} \quad (1.60)$$

bağıntıları kullanılır.

Ülkemizde bu konuda $h_1 = 1,35$ m. ; $h_2 = 0,10$ m. değerleri hesaplarda dikkate alınmakta olup,

a) $S < L$ Durumu için,

$$L = \frac{G.S^2}{4,4} \quad (1.61)$$

b) $S > L$ Durumu için,

$$L = 2S - \frac{4,4}{G} \quad (1.62)$$

bağıntıları da kullanılmaktadır.

Tek platformlu, bölünmemiş tip, iki veya üç şeritli karayollarında ise düşey kurba için sağlanması gereken görüş uzunluğu tayin edilirken, taşıt şoförünün önündeki bir taşıtı düşey kurba kesiminde sollayarak geçmek isteyebileceği ve bu esnada karşı yönden bir taşıtın gelmekte olduğu ve iki taşıtın aynı şerit üzerinde karşı karşıya gelebilecekleri ihtimali bulunmaktadır. Bu cins yollar için, bu itibarla Geçiş Görüş Uzunluğu, hesaplarda ana kriter alınmaktadır.

Kapalı (Tepe) Düşey Kurba (L) Boyunun bu kritere göre tayininde,

$h_1 = 1,14$ m. (3,75 ft) ve $h_2 = 1,37$ m. (4,5 ft)

alınır ve

a) $S < L$ Durumu için,

$$L = \frac{G.S^2}{10} \quad (1.63)$$

b) $S > L$ Durumu için,

$$L = 2S - \frac{10}{G} \quad (1.64)$$

bağıntılarından yararlanılır.

Ülkemizde bu konuda $h_1 = 1,40$ m. ; $h_2 = 1,40$ m. değerleri hesaplarda dikkate alınmakta olup,

a) $S < L$ Durumu için,

$$L = \frac{G.S^2}{11} \quad (1.65)$$

b) $S > L$ Durumu için ise,

$$L = 2S - \frac{11}{G} \quad (1.66)$$

bağıntıları da plânlama aşamasında kullanılmaktadır.

Kapalı (Tepe) Düşey Kurba hesabına başlarken gereken görüş uzunluğu (S), ön şart olarak belli olmaktadır. Başta proje hızına bağlı olarak, gerek duruş görüş uzunluğu şeklinde, gerekse geçiş görüş uzunluğu şeklinde hesaplanabilir. $S < L$ durumunu veren (a) şıklarındaki bağıntılardan (L) hesaplanır. Bulunan (L) değeri gerçekten (S)'den küçükse düşey kurba boyu olarak bu (L) değeri seçilir. Bulunan (L) değeri (S)'den büyük çıkmışsa (a) şıklarındaki bağıntılar yetersiz kalmakta ve durumu tahkiklemektedir. Bu durumda (b) şıklarındaki bağıntılardan yeni (L) boyu hesaplanır. Yeni bulunan (L) boyunun (S)'ye göre $S > L$ eşitsizliğine paralel olarak uygun değer vermesi gerekmektedir. Bağıntılarda S, h, h_1 değerleri (m) cinsinden G değeri de $\frac{G}{100}$ şeklinde alınmalıdır.

Kapalı (Tepe) Düşey Kurba (L) boylarında, getirilen diğer bir sınırlamada da

Kurba boyunun Devlet Yollarında $L_{\min} = 120,0 \text{ m.}$

İl yollarında $L_{\min} = 80,0 \text{ m.}$

ılması gerektiği belirtilmektedir.

3.5.3.2. AÇIK (DERE) DÜŞEY KURBALAR

A) GÖRÜŞÜ SINIRLAYAN ÜST GEÇİT YOKSA

Açık düşey kurbalar, gündüzleri engel farketmek veya öndeki taşıtın geçmek yönünden görüşe elverişsiz bir durum yaratmamaktadırlar. Nitekim taşıt şoförleri, önlerinde kalan bölge dâhilindeki iç bükey yol yüzeyindeki ve karşı tarafta yükselen geçkinin kaplamasındaki, hareketli olan veya duran herhangi bir engeli görmekte zorluk çekmezler. Ancak, gece

vakti, açık düşey kurba (L) boyunun, bir engele karşı emniyetli duruş uzunluğu boyunca, yol yüzeyinin farlarla aydınlatılabilecek şekilde düzenlenmiş olması gerekir. Bu itibarla açık (dere) düşey kurbalarda (L) boyu, far ışığı altındaki (S) duruş görüş uzunluğuna göre hesaplanmalıdır. Bu husus dikkate alınarak yapılan hesaplar, (h) taşıt farının yol yüzeyinden olan yüksekliği, (α) far ışığı demetinin taşıt eksenine göre düşey yönde sapma açısı ise

a) $S < L$ Durumu için,

$$L = \frac{G.S^2}{2(h+S.\text{tg}\alpha)} \quad (1.67)$$

b) $S > L$ Durumu için ise,

$$L = 2S - \frac{2(h+S.\text{tg}\alpha)}{G} \quad (1.68)$$

bağıntılarına götürmektedir.

Far yüksekliği $h = 0,61 \text{ m. (2,0 ft)}$ ve $\alpha = 10^\circ$ alındığında

a) $S < L$ Durumu için,

$$L = \frac{G.S^2}{1,22+0,035.S} \quad (1.69)$$

b) $S > L$ Durumu için de,

$$L = 2S - \frac{1,22+0,035.S}{G} \quad (1.70)$$

Ülkemizde kabul edildiği şekliyle $h = 0,75 \text{ m.}$ ve $\alpha = 1^\circ$ için her iki bağıntıdaki 1,22 değeri 1,50 olmaktadır.

Açık (dere) düşey kurbalarda ayrıca

a) Konfor kriterine göre, (G) tam sayı olarak

$$L_{\min} = \frac{G.V^2}{3,95} \quad (1.71)$$

b) Estetik kriterine göre, (G) tamsayı olarak,

$$L_{\min} = \frac{G}{30,48} \quad (1.72)$$

c) Yüzeysel Su Drenajı kriterine göre, (G) tamsayı olarak,

$$L_{\min} = 4360 \cdot \frac{G}{100} \quad (1.73)$$

bağıntılarının sağlanması gereği de mevcuttur.

B) GÖRÜŞÜ SINIRLAYAN ÜST GEÇİT BULUNUYORSA

İki ulaşım ekseninin farklı düzeyde kesişmesi halinde üst geçit oluşur. Bu kesimde alttan geçecek olan karayolu, boy kesitte genellikle açık (dere) düşey kurba içinde olur. Bu durumda üst geçit köprüsü kirişi, taşıt şoförünün ileriye görmesini engelleyebilir. Bu nedenle açık düşey kurba (L) boyunun görüşe engel olmayacak ve taşıt şoförünün herhangi bir engeli görüp güvenle durabilecek görüş uzaklığına sahip olacak şekilde saptanması gerekmektedir.

Önceki hesaplara benzer tarzda (S) ile (L) arasında iki konum bulunmaktadır.

a) $S < L$ Durumu için,

$$L = \frac{G \cdot S^2}{8(H - \frac{h_1 + h_2}{2})} \quad (1.74)$$

b) $S > L$ Durumu için,

$$L = 2S - \frac{8}{G} (H - \frac{h_1 + h_2}{2}) \quad (1.75)$$

bağıntılarından düşey kurba boyları tayin edilir. Yukarıdaki bağıntılarda (h_1), taşıt içindeki şoförün gözünün yol yüzeyinden olan yüksekliği,

(h_2) Karşı yönden gelmekte olan taşıtın görülebilen yüksekliği veya yolda bulunabilecek bir engelin düşey yüksekliği, (H) Üst geçit hizasında serbest gabari yüksekliğidir. Her büyüklük (metre) boyutundadır.

Ülkemizde kullanılan değerler $H = 4,40$ m. $h_1 = 1,83$ m. ve $h_2 = 0,46$ m. bağıntılara yerleştirildiğinde

a) $S < L$ Durumu için,

$$L = \frac{G \cdot S^2}{25} \quad (1.76)$$

b) $S > L$ Durumu için de,

$$L = 2S - \frac{25}{G} \quad (1.77)$$

bağıntıları elde edilir.

Özetlendiğinde:

Kapalı (Tape) Düşey Kurbalarda, Kurba (L) boyu;

- ① Yol tek platformlu ve çift yönlü ise, bir taşıtın önündeki taşıtı geçmesi için gerekli güvenli geçiş görüş uzunluğuna göre,
- ② Yol çift platformlu ve tek yönlü ise, şoförün önündeki belli yükseklikteki engeli görüp güvenle durabilmesi için gerekli duruş görüş uzunluğuna göre,

Açık (Dere) Düşey Kurbalarda, Kurba (L) boyu;

- ① Gece farların aydınlatması durumunda, güvenle durulabilecek görüş uzunluğuna göre,
- ② Üst geçit mevcutsa, bu geçidin en düşük kirişinin saptadığı gabari-den engeli görüp, şoförün güvenle duruşa geçebileceği duruş görüş uzunluğuna göre

(*) $H = 4,40$ m, $h_1 = 1,83$ m, ve $h_2 = 0,46$ m. alındığında gerçek değer 26,04 olmakla birlikte, daha kolay hatırlandığı ve daha uygun sonuç verdiği için bağıntılarda 25 rakkamı kullanılmaktadır.

saptanmalıdır.

Doğal olarak yukarıdaki bağıntılarla saptanan düşey kurba (L) boyları, görüş yönünden uygun minimum yeterli kurba boylarıdır. Yapım şartları elverdiğinde, hesaplanan (L) boylarından daha uzun düşey kurba boyları seçilebilir.

1.3.6. DÜŞEY KURBA UYGULAMASI

Yol geçkisinin tasarımı aşamasında düşey kurba hesabı yapmaktan maksat, düşey kurbanın geometrik öğelerini saptamak yanısıra, geçki doğrultusunca başlangıçtan itibaren kilometrajları artar biçimde olan değişik enkesit noktalarında Kırmızı Kotların ne değerde olduklarının tayin ve tesbit edilmesidir. Platform ekseninin oluşması, eksende Kırmızı Kotların bulunması suretiyle gerçekleşeceğine göre düşey kurba kesimine rastlayan eksen içinde yapılacak hesaplama ile kırmızı kotların bulunması cihetine gidilecektir.

Belirtilen Kırmızı Kotların bulunması ve düşey kurbanın geometrisinin tayini aşağıdaki adımlarla gerçekleştirilmelidir.

Bilinenler : g_1 (kırmızı çizginin birinci kol eğimi)
 g_2 (kırmızı çizginin ikinci kol eğimi)
 V_p (Proje hızı)
 P_{km} (Some noktasının kilometresi)
 P_{kot} (Some noktasının kotu)

Ayrıca gerekiyorsa : t_r (Şoför ortalama reaksiyon süresi)
 f (Yolun sürtünme katsayısı)

Hesap sırası :

1- $G = (g_1 - g_2)$ den G değeri bulunur ve ayrıca kırmızı çizgi kolları yardımı ile düşey kurb şematik olarak çizilir.

2- $S = \text{Görüş geçiş veya görüş duruş uzunluğu ile } L = \text{kurb boyu, hesabı yapılır.}$

3- $e = \frac{L \cdot G}{8}$ ve $y = \frac{G}{2L} x^2$ hesaplanır.

4- T_{1Km} , T_{2Km} , T_{1Kot} , T_{2Kot} ve B_{Kot} değerleri, daha önce anlatılan şekilde bulunur.

5- Aşağıda düzenlenme şekli gösterilen tablo yardımı ile, düşey kurb içine rastlayan enkesitlerin Kırmızı Kotları hesaplanır.

Kesit No.	Km	x	$r = g_1 x$	$T_{1kot} + r$	$y = \frac{G}{2L} x^2$	Kırmızı Kot $T_{1kot} + r + y$

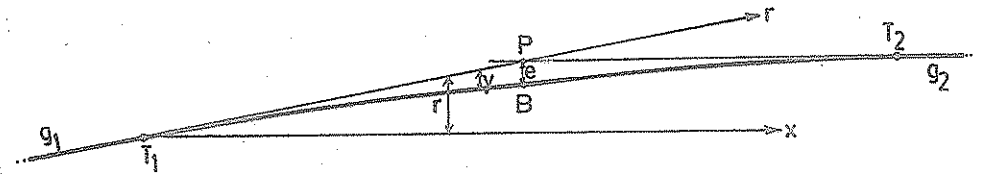
ÖRNEK PROBLEMLER

Ö- Bir devlet yolu projesinde ardışık eğimleri % 2 ve % 0,25 olan iki kırmızı çizgi kolu, kilometrajı (1+500) ve kotu 140,00 m. olan bir P noktasında birleşmektedir. Anılan kollar arasına yerleştirilecek olan düşey kurbada görüş uzunluğu 300 m. seçildiğine göre,

a) Düşey kurba boyunu hesaplayınız.

b) T_1 ve T_2 noktalarında, ayrıca her 20 metrede bir alınacak noktalarda Kırmızı kotları hesaplayınız.

Şoför gözü yüksekliği $h = 1,10$ m. alınacaktır.



ÇÖZÜM :

(G) nin hesabı $G = 0,02 - (+0,0025) = + 0,0175$

Sonuç pozitif; O halde tepe (Kapalı) düşey kurbadır.

a) Kurba Boyu (L) nin Hesabı :

Birinci durum : $S < L$ için (1.55) den

$$L = \frac{0,0175 \times (300)^2}{8 \times 1,10} = 178,90 \text{ m.}$$

$S = 300 \text{ m.}$ olduğuna göre $S < L$ durumu gerçekleşmez.

İkinci durum : $S > L$ için (1,56) dan.

$$L = 2 \times 300 - \frac{8 \times 1,10}{0,0175} = 97,14 \text{ m.}$$

$S = 300 \text{ m.}$ olduğuna göre $S > L$ durumu gerçekleşir.

Ohalde $L = 97,14 \text{ m.}$ uygundur. Ancak devlet yollarında $L_{\min} = 120,0 \text{ m}$ şartı aranmaktadır. Ohalde,

$$L = L_{\min} = 120,00 \text{ m. dir.}$$

Not : Buradan teğet boyunun $t = \frac{L}{2}$ den $t = \frac{120,0}{2} = 60,0$ olduğu saptanır.

b) Bisektiris Boyu (e) nin Hesabı :

$$e = \frac{0,0175 \times 120}{8} = 0,263 \text{ m.} = 0,26 \text{ m.}$$

Parabol Sabiti (K) nin Hesabı

$$K = \frac{G}{2L} \text{ bağıntısından } K = \frac{0,0175}{2 \times 120,0} = 0,000073$$

(K)'nin Kontrolü için $K = \frac{e}{t^2}$ bağıntısından

$$K_{\text{kontrol}} = \frac{0,263}{(60,0)^2} = 0,000073$$

Bulunan değer hatasızdır.

Buna göre parabolik düşey kurba eğrisinin denklemi $y = 0,000073 \cdot x^2$ olmaktadır.

Teğet Noktaları (T_1) ve (T_2)'nin Kot Hesapları

(1.46)' dan

$$T_{1\text{Kot}} = 140,00 - \frac{120,00}{2} \times 0,02 = 138,80 \text{ m.dir.}$$

İkinci kırmızı çizgi kolu da(+) eğimli olduğu için T_2 nin kotu P'nin kotundan daha yüksekte olacaktır. Bu itibarla aradaki işaret (+) olmalıdır,

$$T_{2\text{Kot}} = 140,0 + \frac{120,0}{2} \times 0,0025 = 140,15 \text{ m.}$$

bulunur.

Teğet Noktaları (T_1) ve (T_2) nin Kilometre Hesapları

(1.53)' den

$$T_{1\text{km}} = (1+500) - \frac{120,00}{2} = (1+440)$$

ve

(1.54)' den

$$T_{2\text{km}} = (1+500) + \frac{120,00}{2} = (1+560)$$

elde edilir.

Bisektiris Noktası (B)'nin Kot Hesabı

(1.51)'den

$$B_{\text{Kot}} = 140,00 - 0,26 = 139,74 \text{ m.}$$

(B noktasının kilometresinin sayfa (52) deki düşünceler ışığında 1+500 olduğuna dikkat edilmelidir.)

Kırmızı Kotlar Tablosu

Kesit No;Kilometre	x	$r = g_1 \cdot x$ $r = 0,02 \cdot x$	$T_{1\text{kot}} + r$	$y = K \cdot x^2$ $y = 0,000073 \cdot x^2$	Kırmızı Kotlar $T_{1\text{kot}} + r - y$
T_1 1+440	0	0	138,80	0	138,800
1 1+460	20	0,40	139,20	0,0292	139,171
2 1+480	40	0,80	139,60	0,1168	139,483
B 1+500	60	1,20	140,00	0,2628 = e	139,737
3 1+520	80	1,60	140,40	0,4672	139,933
4 1+540	100	2,00	140,80	0,7300	140,070
T_2 1 560	120=L	2,40	141,20	1,0512	140,149

NOT 1 Tablodaki 7.nci sütunda hesaplanan Kırmızı Kot değerleri daha sonra (cm) mertebesine yuvarlatılabilir.

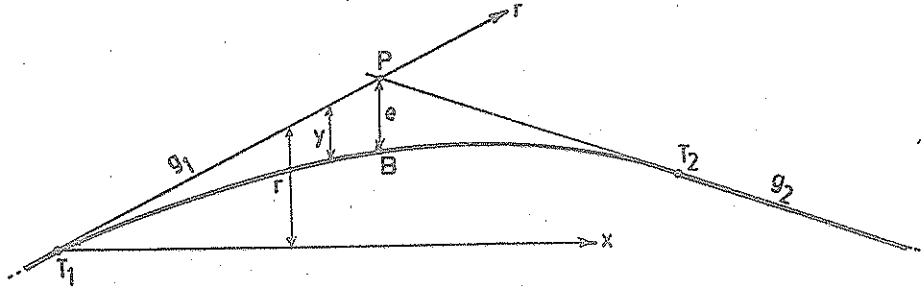
NOT 2 Çözümün doğruluğu için kontrol edilecek noktalar.

- 1) Tablodan bulunan B_{kot} ve T_2 kot değerleri önce hesaplanmış bulunan karşılık değerlere uymalıdır.
- 2) Bisektris noktasında tabloda hesaplanan (y) değeri Bisektris boyu olan (e) değerine eşit olmalıdır.

(a) Proje hızı $V_p = 80$ km/st, maksimum boyuna eğim değeri % 6 olarak seçilmiş bulunan bölünmüş bir karayolunda (7+300⁰⁰) cü kilometrede eğimleri sırasıyla $g_1 = + 0,051$ ve $g_2 = - 0,032$ olan iki kırmızı çizgi kolu birleşmektedir.

(a) Bu kapalı düşey kurba için (L) boyunu tayin ediniz.
 $f = 0,30$; $t_r = 1$ sn. $h_1 = 1,14$ ve $h_2 = 0,15$ m, alınacaktır.

(b) $P_{\text{kot}} = 350,00$ m. olarak verildiğine göre birinci teğet noktasından itibaren her 30 metrede bir alındığı kabul edilen kesit, noktalarındaki Kırmızı Kotları tablo halinde hesaplayınız.



ÇÖZÜM :

(a) Karayolu, bölünmüş yol olduğuna göre görüş uzunluğunun $S = \text{Duruş görüş uzunluğu alınması yeterlidir.}$

$$S = 0,278 \cdot V_p \cdot t_r + 0,00394 \frac{V_p^2}{f+s}$$

bağıntısından

$$S = 0,278 \cdot 80 \cdot 1 + 0,00394 \frac{(80)^2}{0,30-0,06} = 127,31 \text{ m.}$$

bulunur.

(G)'nin Hesabı : $G = + 0,051 - (-0,032) = + 0,083$

Sonuç pozitif; 0 halde Tepe (Kapalı) Düşey Kurbadır.

Kurba Boyu (L)'nin Hesabı :

Verilen h_1 ve h_2 değerlerine göre (1.59) ve (1.60) bağıntıları kullanılacaktır.

S > L Durumu için (1.60)'dan

$$L = 2 \times 127,31 - \frac{4,2}{0,083} = 204,02 \text{ m.}$$

$S = 127,31$ m. $L = 204,02$ $S > L$ değildir. Bu bağıntıdan (L) boyu hesabı uygun değildir.

S < L Durumu için (1.59)'dan

$$L = \frac{0,083 \times (127,31)^2}{4,2} = 320,30 \text{ m.}$$

Bu durumda $S < L$ olmaktadır. Bulunan (L) boyu kullanılabilir. Yuvarlatmak suretiyle $L = 320,0$ m. seçildiğinde,

$$t = \frac{320,0}{2} = 160,0 \text{ m. elde edilir.}$$

b) Bisektris Boyu (e)'nin Hesabı (1.43)'den

$$e = \frac{0,083 \times 320}{8} = 3,32 \text{ m.}$$

Parabol Sabiti (K)'nin Hesabı

$K = \frac{G}{2L}$ bağıntısından

$$K = \frac{0,083}{2 \times 320} = 0,00013$$

(K)'nin kontrolü için $K = \frac{e}{t^2}$ bağıntısından

$$K_{\text{kontrol}} = \frac{3,32}{(160)^2} = 0,00013$$

Bulunan Değer hatasızdır.

Buna göre parabolik düşey kurba eğrisinin denklemi $y = 0,00013 \cdot x^2$ olmaktadır.

Teğet Noktaları (T_1) ve (T_2)'nin Kot Hesapları

(1.46)'dan

$$T_{1\text{Kot}} = 350,00 - \frac{320,0}{2} \times 0,051 = 341,84 \text{ m.}$$

ve

(1.47)'den

$$T_{2\text{Kot}} = 350,00 - \frac{320,0}{2} \times 0,032 = 344,88 \text{ m.}$$

bulunmaktadır.

Teğet Noktaları (T_1) ve (T_2)'nin Kilometre Hesapları

(1.53)'den

$$T_{1\text{km}} = (7+300) - \frac{320,0}{2} = (7+140)$$

ve

(1.54)'den

$$T_{2\text{km}} = (7+300) + \frac{320,0}{2} = (7+460)$$

elde edilir.

Bisektiris Noktası (B)'nin Kot Hesabı

(1.51)'den

$$B_{\text{kot}} = 350,0 - 3,22 = 346,68 \text{ m.}$$

(B) noktasının kilometresi $B_{\text{km}} = (7+300)$ dir.

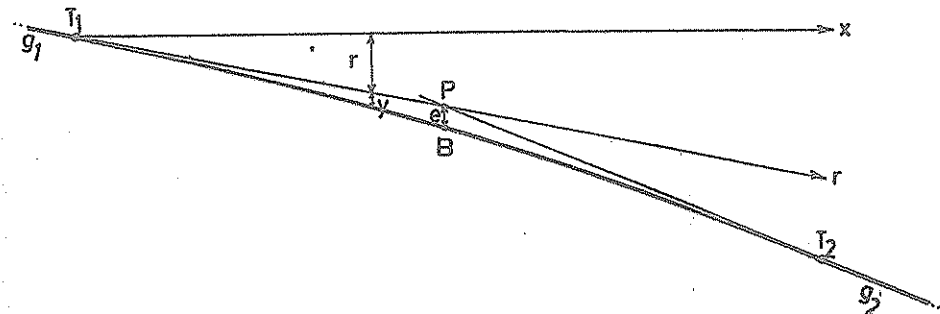
Kırmızı Kotlar Tablosu

Kesit No:Kilometre	x	$r = g_1 \cdot x$ $y = 0,051 \cdot x$	$T_{1\text{kot}} + r$	$y = K \cdot x^2$ $y = 0,00013 \cdot x^2$	Kırmızı Kotlar $T_{1\text{kot}} + r - y$
T_1 7+140	0	0	341,84	0	341,84
1 7+170	30	1,53	343,37	0,1167	343,25
2 7+200	60	3,06	344,90	0,4668	344,43
3 7+230	90	4,59	346,43	1,0500	345,38
4 7+260	120	6,12	347,96	1,8675	346,09
5 7+290	150	7,65	349,49	2,9179	346,57
B 7+300	160	8,16	350,00	3,3200	346,68
6 7+320	180	9,18	351,02	4,2018	346,82
7 7+350	210	10,71	352,55	5,7192	346,83
8 7+380	240	12,24	354,08	7,4700	346,61
9 7+410	270	13,77	355,61	9,4542	346,16
10 7+440	300	15,30	357,14	11,6718	345,47
T_2 7+460	320	16,32	358,16	13,2800	344,88

III-İyileştirme çalışmaları yapılan iki şeritli bir devlet karayolunda proje hızı 90 km/st seçilmiştir.

a) Bu yolda uygulanması gereken minimum görüş uzunluğunu hesaplayınız.

b) (0+618) ci kilometrede birleşen iki kırmızı çizgi kolunun eğimleri sırasıyla $g_1 = -0,02$ ve $g_2 = -0,04$ olduğuna, ayrıca $h_1 = 1,14$ m. ve $h_2 = 1,37$ m. verildiğine göre T_1 , B, T_2 ve kilometreleri (0+588) ile (0+648) olan noktalardaki Kırmızı Kotları tablo halinde hesaplayınız. Some noktası kotu $P_{\text{kot}} = 379,00$ m. dir.



ÇÖZÜM :

a) Karayolu, bölünmemiş, tek platformlu yol olduğuna göre görüş uzunluğu $S = \text{Geçiş görüş uzunluğu alınmalıdır.}$

$$S = L_s = \frac{(d_1 + d_2) V_1}{V_1 - V_2}$$

bağıntısı kullanılacaktır.

$$V_1 = V_{\text{proje}} = 90 \text{ km/st} ; V_2 = 90 - 15 = 75 \text{ km/st.}$$

$$d_1 = 0,2.90 + 8 = 26 \text{ cm.} ; d_2 = 0,2.75 + 8 = 23 \text{ m.}$$

Bu değerlere göre minimum görüş uzunluğu,

$$S_{\min} = L_s = \frac{(26+23) 90}{90-75} = 294 \text{ m.}$$

olmalıdır.

b) Düşey Kurba Hesabı :

$$(G)' \text{nin hesabı : } G = -0,02 - (-0,04) = +0,02$$

Sonuç pozitif olduğuna göre kurba Tepe (Kapalı)

Düşey Kurbaadır.

Kurba Boyu (L)'nin Hesabı

Verilen h_1 ve h_2 değerlerine göre (1.63) ve (1.64) bağıntıları kullanılacaktır.

$S < L$ Durumu için (1.63)'den

$$L = \frac{0,02 \times (294)^2}{10} = 172,87 \text{ m.}$$

$S = 294,0 \text{ m.} ; L = 172,8 \text{ m.}$ $S < L$ değildir. Bu bağıntıdan (L) boyunun hesabı uygun değildir.

$S > L$ Durumu için (1.64)'den

$$L = 2 \times 294 - \frac{10}{0,02} = 88,0 \text{ m.}$$

Bu durumda S gerçekten L den büyük kalmaktadır. L boyu uygun olabilir. Ancak $L_{\min} = 120,0 \text{ m.}$ şartı dikkate alınmalıdır. Bu durumda,

$$L = L_{\min} = 120,00 \text{ m. dir.}$$

Burada da teğet boyu

$$t = \frac{120,0}{2} = 60,0 \text{ m. olur.}$$

b) Bisektiris Boyu (e)'nin Hesabı : (1.43)'den

$$e = \frac{120,0 \times 0,02}{8} = 0,30 \text{ m.}$$

Parabol Sabiti (K)'nin Hesabı :

$$K = \frac{G}{2L} \text{ bağıntısından } K = \frac{0,02}{2 \times 120,0} = 0,0000833$$

K'nın kontrolu için

$$K = \frac{e}{t^2} \text{ bağıntısından } K = \frac{0,30}{(60,0)^2} = 0,0000833$$

Bulunan değer hatasızdır.

Buna göre parabolik düşey kurba eğrisinin denklemi $y = 0,0000833 x^2$ olmaktadır.

Teğet Noktaları (T₁) ve (T₂)'nin Kot Hesapları

Probleme ait şekil incelenecek olursa (T₁)'in kotunun (P)'nin kotundan daha yüksekte bulunduğu ortaya çıkar. Bu durumda (P)'nin kotuna (eğim) x (L/2) değeri eklenmelidir. Buna göre,

$$T_{1\text{Kot}} = 379,00 + \frac{120,0}{2} \times 0,02 = 380,20 \text{ m.}$$

ve

(1.47)'den

$$T_{2\text{Kot}} = 379,00 - \frac{120,0}{2} \times 0,04 = 376,60 \text{ m.}$$

bulunur.

Teget Noktaları (T_1) ve (T_2)'nin Kilometre Hesapları

(1.53)'den

$$T_{1km} = (0+618) - \frac{120,0}{2} = (0+558)$$

ve

(1.54)'den

$$T_{2km} = (0+618) + \frac{120,0}{2} = (0+678)$$

elde edilir.

Bisektiris Noktası (B)'nin Kot Hesabı

(1.51)'den

$$B_{kot} = 379,00 - 0,30 = 378,70 \text{ m. dir.}$$

(B) noktasının kilometrisinin (P)'nin eşdeğeri olduğu bilinmektedir.
(0+618)

Kırmızı Kotlar Tablosu

Kesit No	Kilometre	x	$r = g_1 \cdot x$ $r = -0,02 \cdot x$	$T_{1Kot} + r$	$y = K \cdot x^2$ $y = 0,0000833 \cdot x^2$	Kırmızı Kotlar $T_{1Kot} + r - y$
T_1	0+558	0	0	380,20	0	380,20
1	0+588	30	-0,60	379,60	0,075	379,53
B	0+618	60	-1,20	379,00	0,2998	378,70
2	0+648	90	-1,80	378,40	0,6747	377,73
T_2	0+678	120	-2,40	377,80	1,1995	376,60

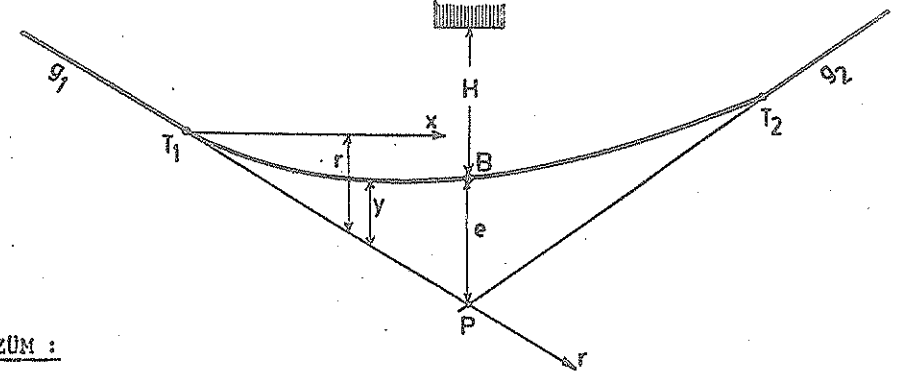
IV- Yeni projelendirilmekte olan bölünmüş bir karayolunda maksimum boyuna eğim % 8 ve proje hızı $V_p = 100 \text{ km/st}$ seçilmiş, yol kaplaması asfalt karışım olarak tasarlanmıştır.

A) Bu yolda minimum görüş uzunluğu ne olmalıdır?

B) Projenin (3+585) ci kilometresinde serbest gabari yüksekliği $H = 4,40 \text{ m.}$ olan bir üst geçit yer almaktadır. Boyuna eğimleri $g_1 = -0,06$ ve $g_2 = +0,07$ olan iki kırmızı çizgi kolu-nun teşkil ettiği dere (açık) düşey kurbanın some noktası yuka-

rıda verilen kilometreye rastladığından T_1 , $1(3+513^{16})$, $2(3+548^{16})$, B , $3(3+618^{16})$, $4(3+653^{16})$ ve T_2 noktalarındaki Kırmızı Kotları tablo halinde hesaplayınız.

Some noktasının kotu $P_{kot} = 375,00$, yoldaki kayma sürtünme katsayısı $f = 0,30$, şoför reaksiyon süresi $t_r = 1 \text{ sn.}$, şoför gözü yüksekliği $h_1 = 1,83 \text{ m.}$, yoldaki engel yüksekliği $h_2 = 0,46 \text{ m.}$ alınacaktır.



ÇÖZÜM :

A) Yol, bölünmüş bir yol olduğundan görüş uzunluğunun $l_{fe} =$ fren emniyet = duruş görüş uzunluğu kadar alınması gerekmektedir.

$$S = l_{fe} = 0,278 \cdot V \cdot t_r + 0,00394 \frac{(V)^2}{f-s}$$

bağıntısından

$$S = 0,278 \cdot 100 \cdot 1 + 0,00394 \frac{(100)^2}{(0,30-0,08)} = 206,89 \text{ m.}$$

olmalıdır. (*)

B) Düşey Kurba Hesabı

(G)'nin Hesabı : $G = 0,06 - (+0,07) = -0,13$

Sonuç negatif olduğuna göre kurba Dere (Açık)
Düşey kurbadır.

Kurba Boyu (L) Hesabı :

Verilen h_1 ve h_2 bağıntılarına göre (1.74) ve (1.75) bağıntı-ları kullanılacaktır.

(*) Görüş uzunluğu bağıntısında paydadaki eğim değeri olarak, yolun tüm boyunca geçerli olan maksimum eğim $(0,08)$ kullanılmıştır. Ancak düşey kurbanın bulunduğu kesimdeki maksimum eğim değeri olan $(0,07)$ 'nin de kullanılabileceği açıktır. Bu takdirde $S = 199,10 \text{ m.}$ olmaktadır.

$S > L$ Durumu için (1.75) bağıntısından

$$L = 2.206,89 - \frac{8}{0,13} \left(4,40 - \frac{1,83+0,46}{2} \right) = 213,47 \text{ m.}$$

elde edilir.

Ancak burada $S = 206,8 \text{ m.}$; $L = 213,47 \text{ m.}$ $S > L$ olamamaktadır. Bu bağıntıdan (L) boyunun hesabı uygun değildir.

$S < L$ Durumu için (1.74)'den

$$L = \frac{(206,89)^2 \times 0,13}{8(4,40 - \frac{1,83+0,46}{2})} = 213,68 \text{ m.}$$

bulunur.

Eğitsizlik sağlanmaktadır. Bulunan (L) boyu uygundur. Bu değer yuvarlatılmadan kullanılacaktır.

Teğet Boyu (t) Hesabı

$$t = \frac{L}{2} \text{ bağıntısından; } t = \frac{213,68}{2} = 106,84 \text{ m.dir.}$$

Bisektris Boyu (e) Hesabı (1.43)'den

$$e = \frac{213,68 \times 0,13}{8} = 3,47 \text{ m.}$$

Parabol Sabiti (K)'nın Hesabı

$$K = \frac{G}{2L} \text{ bağıntısından } K = \frac{0,13}{2 \times 213,68} = 0,000304$$

(K)'nın kontrolü için

$$K = \frac{e}{t^2} \text{ bağıntısından } K = \frac{3,47}{(106,84)^2} = 0,000304$$

Bulunan değer doğrudur.

Buna göre parabolik düşey kurba eğrisinin denklemi $y = 0,000304 \cdot x^2$ olmaktadır.

Teğet Noktaları (T_1) ve (T_2)'nin Kot Hesapları

(1.48)'den

$$T_{1\text{Kot}} = 375,00 + \frac{213,68}{2} \times 0,06 = 381,41 \text{ m.}$$

ve

(1.49)'dan

$$T_{2\text{Kot}} = 375,00 + \frac{213,68}{2} \times 0,07 = 382,48 \text{ m.}$$

bulunur.

Teğet Noktaları (T_1) ve (T_2)'nin Kilometre Hesapları

(1.53)'den

$$T_{1\text{km}} = (3+585) - (106,84) = (3+478^{16})$$

ve

(1.54)'den

$$T_{2\text{km}} = (3+585) + (106,84) = (3+691^{84})$$

elde edilir.

Bisektris Noktası (B)'nin Kot Hesabı

(1.52)'den

$$B_{\text{kot}} = 375,00 + 3,47 = 378,47 \text{ m.}$$

olur.

$$B_{\text{km}} = P_{\text{km}} = (3+585^{00}) \text{ dir.}$$

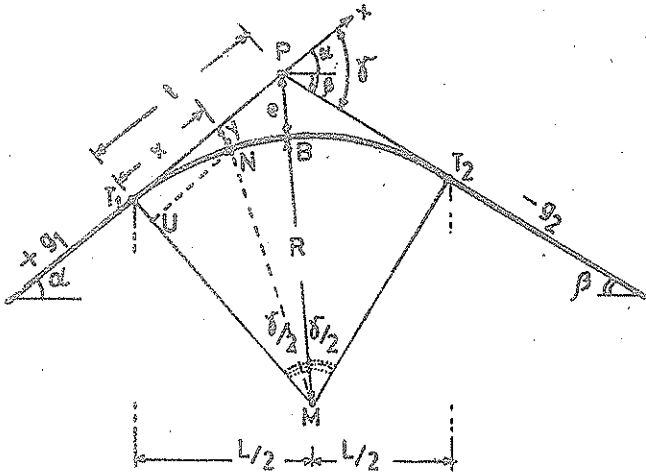
Kırmızı Kotlar Tablosu

Kesit No; Kilometre	x	$r = g_1 \cdot x$ $r = -0,06 \cdot x$	$T_{1\text{kot}} + r$	$y = K \cdot x^2$ $y = 0,000304 \cdot x^2$	Kırmızı Kotlar $T_{1\text{kot}} + r + y$
T_1 3+478 ¹⁶	0	0	381,41	0	381,41
1 3+513 ¹⁶	35,00	-2,10	379,31	0,3724	379,68
2 3+548 ¹⁶	70,00	-4,20	377,21	1,4896	378,70
B 3+585 ⁰⁰	106,84	-6,41	375,00	3,4700	378,47
3 3+618 ¹⁶	140,00	-8,40	373,01	5,9584	378,96
4 3+653 ¹⁶	175,00	-10,50	370,91	9,8100	380,22
T_2 3+691 ⁸⁴	213,68=L	-12,82	368,59	13,8804	382,48

1.3.7. DAİRESEL DÜŞEY KURBALAR

İki kırmızı çizgi kolu arasına bir parabol eğrisi yerleştirilebileceği gibi, uygun (L) kurba boyu sağlayan bir daire parçası yerleştirmek suretiyle Düşey Kurba tertiplenebilir. Doğal olarak (L) Kurba uzunluğu, dairenin yarıçapının fonksiyonu olacağından, (R) büyük tutulduğunda yeterli (L) sağlanabilecek, buna bağlı olarak gerekli (S) görüş uzunluğu elde edilebilecektir.

Şekil (1.24) ün incelenmesiyle aşağıdaki geometrik karakteristikler çıkartılabilmektedir.



Şekil 1.24

T_1P ve T_2P iki kırmızı çizgi kolu olsun. Eğimleri sırasıyla $(+g_1)$, $(-g_2)$ ve kolların yatayla yaptığı açılar (α) ve (β) için, (γ) merkez açısı ise,

$$\alpha + \beta = \gamma \quad (1.78)$$

yazılabilir. PT_1M dik üçgeninde $\frac{t}{R} = \tan \frac{\gamma}{2}$ dir.

$$\tan \gamma = \tan (\alpha + \beta) = \frac{\tan \alpha + \tan \beta}{1 - \tan \alpha \tan \beta}$$

bağıntısında, paydadaki $(\tan \alpha \tan \beta)$ terimi 1'in yanında ihmal edilebileceğinden bağıntı $\tan \gamma = \tan \alpha + \tan \beta$ eşitliğine dönüşür. Eğim değerleri yerleş-

tirildiğinde,

$$\tan \gamma = \tan \alpha + \tan \beta = (+g_1) + (-g_2) = G$$

elde edilir.

$$\tan \gamma = G \text{ ise } \tan \frac{\gamma}{2} \cong \frac{G}{2} \text{ alınabilir.}$$

Böylelikle, dik üçgende, yukarıda verilen bağıntı,

$$t = R \cdot \frac{G}{2} \quad (1.79)$$

şeklını alır. Aynı dik üçgenden faydalanarak $(e+R)^2 = t^2 + R^2$ eşitliği yazılabilir. Denklem açıldığında

$$e^2 + 2 \cdot e \cdot R + R^2 = t^2 + R^2 \text{ bulunur.}$$

Her iki taraftaki (R^2) lerin kısalması sonucu $e^2 + 2 \cdot e \cdot R = t^2$ şekliyle ortaya çıkan denklemde (e^2) terimi, diğer terimlerin yanında ihmal edilebilir boyuttadır. Bu ihmalin de yapılması sonucu, $2 \cdot e \cdot R = t^2$ yani ifade toparlandığında,

$$e = \frac{t^2}{2R} \quad (1.80)$$

bağıntısına ulaşılır. Dairesel düşey kurbalarda $PB = e =$ bissektis uzunluğu, teğet boyunun karesiyle doğru, yarıçapla ters orantılıdır.

Düşey kurb üzerinde bir (N) noktası alındığında, bu noktanın (T_1) 'e uzaklığı (x), (T_1P) doğrusuna uzaklığı (y) olarak tanımlansın :

(N) nin (MT_1) doğrusu üzerindeki izdüşümü (U) ise $(MU)^2 = R \cdot y$ yazılabilir. $(MU)^2 = (R-y)^2 - R^2 - x^2$ eşitliği de kurulabilir. Deminki yönle, denklem açılırsa $R^2 - 2 \cdot R \cdot y + y^2 = R^2 - x^2$ elde edilir ve (R^2) ler kısaltılır. $2 \cdot R \cdot y - y^2 = x^2$ şekline gelen denklemde (y^2) terimi diğer terimler yanında ihmal edilerek

$$2 \cdot R \cdot y = x^2$$

buradan da,

$$y = \frac{x^2}{2R} \quad (1.81)$$

ifadesi elde edilir.

Diğer taraftan (1.80) den $2R = \frac{t^2}{e}$ yazıldığında (1.81) ifadesi, $y = \frac{e}{t^2} \cdot x^2$ biçimine dönüşür. Belli bir düşey kurba için hem (e), hem de t (t) sabit olduğuna göre $\frac{e}{t^2} = K$ olarak tanımlanabilir. Bu halde (1.81) bağıntısı,

$$y = K x^2 \quad (1.82)$$

olur. (K) katsayısına 1.3.5.1. dekinde benzer olarak daire sabiti denir. (1.81) ve (1.82) den,

$$K = \frac{1}{2R} \quad (1.83)$$

yazılabilmektedir.

Düşey kurba boyu (L) ile tanımlandığında,

$$L = R \cdot t g \gamma \quad (1.84)$$

dir. $t g \gamma = G$ için,

$$L = R \cdot G \quad (1.85)$$

ve (1.79) bağıntısından da,

$$L = 2t \quad (1.86)$$

elde edilir. (1.79) da her iki tarafın karesi alınmak suretiyle $t^2 = \frac{R^2 G^2}{4}$ (1.80) de yerleştirildiğinde $e = \frac{1}{2R} \cdot \frac{R^2 G^2}{4}$ bulunur. (1.85) de dikkate alınır,

$$e = \frac{L \cdot G}{8} \quad (1.87)$$

bağıntısına varılabilir.

Dairesel Düşey Kurbalarda Görüş Uzunlukları yerine (R) yarıçap değerleri standardize edilmiştir. Her problem için kendine özgü (R) kullanıldığında yeterli görüş uzunluğu elde edilir.

Dairesel Düşey Kurbalarda çözüm yöntemi 1.3.6.'da verildiği gibidir. Ancak problemlerde Görüş Uzunluğu tayin ve tahkikine gerek kalmamaktadır. Belirtilmesi yerinde olan diğer husus da, $y = Kx^2$ bağıntısında K'nın $(\frac{1}{2R})$ olarak alınması gereğidir.

Seçilecek (R) değerlerine gelince, bunların gerek kurba tipi, gerekse arazi durumuna göre aşağıdaki tablodan seçilmesi uygun sonuçlar vermektedir:

Düşey kurba tipi ve arazi durumu	Yol sınıfına göre min.kurba yarıçapı.			
	I	II	III	IV
a - Tepe düşey kurba				
Düz arazi	25.000	15.000	10.000	5.000
Engebeli arazi	15.000	10.000	5.000	2.500
Dağlık arazi	5.000	2.500	1.500	1.000
b - Dere düşey kurba				
Düz arazi	8.000	5.000	3.000	2.000
Engebeli arazi	5.000	3.000	2.000	1.500
Dağlık arazi	2.000	1.500	1.200	1.000

Doğal olarak, (G) nin mutlak değerce büyük olduğu zamanlarda (R) değeri düşürülmekte; küçük mutlak değeri olan (G) lerde ise (R), büyük değerlerde seçilmektedir. Yani burada da, parabolik düşey kurblarda olduğu gibi, kurb uzunluğu ($= L = 2t$) nin minimum 80-120 metre olması, ve (R) seçiminin de buna göre yapılması gerekir.

Dairesel düşey kurbalarda bir ögenin değişik yollardan hesaplanabilmesi kolaylığı mevcuttur. İkinci veya üçüncü hesaplama şekli ile kontrol mekanizması da işletilebilmektedir.

Aşağıda belirtilen yeni bağıntılar bu hususa iyi örnek teşkil etmektedir.

$$e = \frac{t^2}{2R} \quad \text{ve} \quad L = 2t \quad \text{bağıntılarından}$$

$$e = \frac{\left(\frac{L}{2}\right)^2}{2R} ; \quad \text{yâni} \quad e = \frac{L^2}{8R} \quad (1.87.a)$$

elde edilir.

$$L = RG \quad \text{ve} \quad e = \frac{LG}{8} \quad \text{bağıntılarından}$$

$$e = \frac{R.G.G}{8} ; \quad \text{yâni} \quad e = \frac{R.G^2}{8} \quad (1.87.b)$$

bulunur.

$$\text{Yine} \quad t = \frac{R.G}{2} \quad \text{ve} \quad L = 2.t \quad \text{bağıntılarından} \quad L = 2. \frac{RG}{2} ;$$

$$\text{yâni} \quad L = R.G \quad \text{veya başka bir yazılış biçimi ile} \quad G = \frac{L}{R} \quad (1.87.c)$$

bağıntısına varılabilir. Benzer şekilde (parabolik düşey kurbalarda olduğu kadar) dairesele düşey kurbalar hesabında da kullanılan $e = \frac{L.G}{8}$ ve $t = \frac{L}{2}$ ifadeleri dikkate alındığında, $K = \frac{e}{t^2}$ ise $K = \frac{(L.G/8)}{(L/2)^2}$;

yâni $K = \frac{G}{2L}$ ifâdesine varılır. Bu bağıntı aynen parabolik düşey kurba hesabı sırasında kullanılan K bağıntısıdır. O halde $K = \frac{G}{2L}$ ifâdesi dairesele düşey kurbalar için de geçerlidir. Nitekim $K = \frac{1}{2R} = \frac{G}{2L}$ yapıldığında $L = R.G$ 'ye varılabilmektedir. Ayrıca $e = \frac{R.G^2}{8}$ ve $K = \frac{1}{2R}$ ifâdelerinden, birincide R çekilip ikinciye yerleştirildiğinde,

$$K = \frac{G^2}{16.e} \quad (1.87.d)$$

bağıntısı bulunmaktadır.

Aşağıdaki basit örnekte değişik ögeler için, anılan kontrol mekanizmasının etkinliği vurgulanmaktadır.

ÖRNEK :

Proje verileri olarak $g_1 = -0,042$; $g_2 = -0,013$ ve $R = 2000$ m.

değerleri altında G , t , L , e , K ögelerini hesaplayıp, kontrol ediniz.

ÇÖZÜM :

G Hesabı

$G = g_1 - g_2 = (-0,042) - (-0,013) = -0,029$ Dere Düşey Kurbadır. (-) işareti sadece dere durumunu belirtir.

$$G_{\text{kontrol}} = \frac{L}{R} = \frac{58,00}{2000} = 0,029 \quad \text{Bulunan (G) değeri doğrudur.}$$

Teget Boyu Hesabı - Düşey Kurba Boyu Hesabı

$$t = \frac{R.G}{2} = \frac{2000 \times 0,029}{2} = 29,00 \text{ m.}$$

$$L = 2t = 2 \times 29,00 = 58,00 \text{ m. bulunur.}$$

Bisektiris Boyu Hesabı

$$e = \frac{t^2}{2.R} = \frac{(29,00)^2}{2.2000} = 0,21025 \quad \text{yâni} \quad e = 0,21 \text{ m.}$$

$$e_{\text{kont}} = \frac{L.G}{8} = \frac{58,00 \times 0,029}{8} = 0,21025$$

$$e_{\text{kont}} = \frac{L^2}{8R} = \frac{(58,00)^2}{8.2000} = 0,21025 \quad \text{ve nihayet}$$

$$e_{\text{kont}} = \frac{R.G^2}{8} = \frac{2000 \times (0,029)^2}{8} = 0,21025 \quad \text{bulunur. Bulunan (e)}$$

değeri doğrudur.

Daire Sabitinin Hesabı

$$K = \frac{1}{2R} = \frac{1}{2.2000} = 0,00025 \text{ dir.}$$

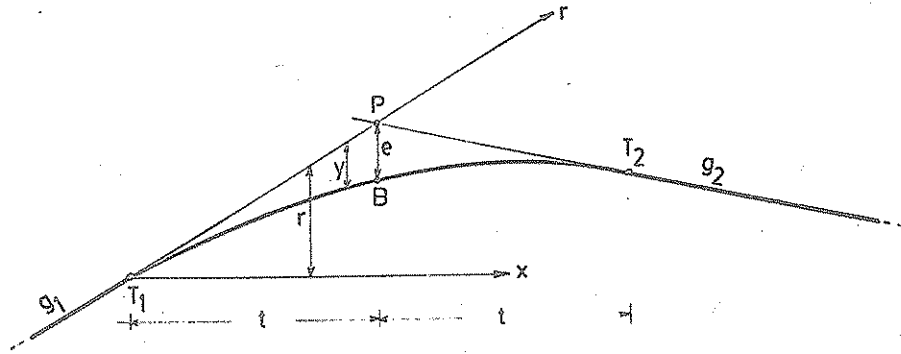
$$K_{\text{kont}} = \frac{e}{t^2} = \frac{0,21025}{(29,00)^2} = 0,00025 \quad \text{ve son olarak}$$

$$K_{\text{kont}} = \frac{G^2}{16.e} = \frac{(0,029)^2}{16.0,21025} = 0,00025 \text{ bulunur. Bulunan (K) de}$$

ğeri doğrudur.

ÖRNEK PROBLEMLER :

- I- Kotu 1200,00 m. ve kilometresi (3+750) olan bir some noktasında bo-yuna eğimleri sırasıyla $g_1 = 0,06$ ve $g_2 = -0,02$ olan iki kırmızı çiz-gi kesişmektedir. Bu iki çizginin birleştirilmesi yarıçapı $R = 5000$ m. olan dairesel bir düşey kurba ile yapılacaktır. (T_1) noktasından iti-baren 50,0 metrede bir, kırmızı kotları tablo hâlinde hesaplayınız.

**ÇÖZÜM :**

(G)'nin Hesabı : $G = 0,06 - (-0,02) = +0,08$
Sonuç pozitif olduğundan kurba, Tepe (Kapalı) düşey kurbadır.

Teğet Boyu (t)'nin Hesabı : (1.79) bağıntısından

$$t = \frac{5000 \times 0,08}{2} = 200,00 \text{ m.}$$

bulunur.

Kurba Boyu (L)'nin Hesabı : (1.85) ve (1.86) bağıntılarından

$$L = 5000 \times 0,08 = 400 \text{ m. veya } L = 2 \times 200 = 400,00 \text{ m.}$$

Bisektiris Boyu (e)'nin Hesabı : (1.80) bağıntısından

$$e = \frac{(200)^2}{2 \times 5000} = 4,00 \text{ m.}$$

Kontrol için (1.87) bağıntısından

$$e_{\text{kontrol}} = \frac{400,0 \times 0,08}{8} = 4,00 \text{ m.}$$

Değer doğrudur.

Daire Sabiti (K)'nin Hesabı : (1.83) bağıntısından

$$K = \frac{1}{2 \times 5000} = 0,0001$$

Kontrol için

$$K = \frac{e}{t^2} \text{ bağıntısından } K = \frac{4,00}{(200,0)^2} = 0,0001$$

Değer doğrudur.

Buna göre dairesel düşey kurba eğrisinin denklemi $y = 0,0001 \cdot x^2$ olmaktadır.

Teğet Noktaları (T_1) ve (T_2)'nin Kot Hesapları :

Kapalı düşey kurbada (1.46). ve (1.47) bağıntılarından,

$$T_{1\text{Kot}} = 1200,0 - 0,06 \times \frac{400,00}{2} = 1188,00 \text{ m.}$$

ve

$$T_{2\text{Kot}} = 1200,00 - 0,02 \times \frac{400,00}{2} = 1196,00 \text{ m.}$$

bulunur.

Teğet Noktaları (T_1) ve (T_2)'nin Kilometre Hesapları :

(1.53) ve (1.54) bağıntılarından yararlanarak,

$$T_{1\text{km}} = (3+750) - \frac{400,00}{2} = (3+550)$$

ve

$$T_{2\text{km}} = (3+750) + \frac{400,00}{2} = (3+950)$$

Bisektiris Noktası (B)'nin Kot Hesabı :

$$B_{\text{kot}} = 1200,00 - \frac{400,0 \times 0,08}{8} = 1196,00 \text{ m.}$$

değeri (1.51) bağıntısından çıkarılır.

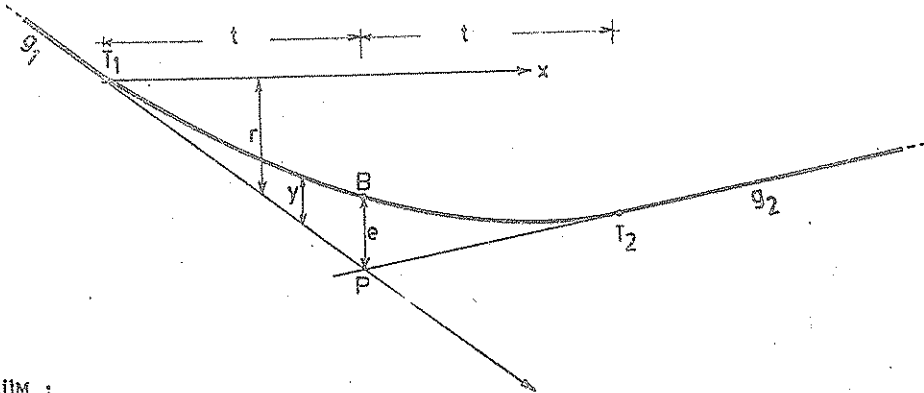
Kırmızı Kotlar Tablosu

Kesit No;Kilometre	x	$r=g_1 \cdot x$ $r=0,06 \cdot x$	$T_{1Kot}+r$	$y=K \cdot x^2$ $y=0,0001 \cdot x^2$	Kırmızı Kotlar $T_{1Kot}+r-y$
T_1 3+550	0	0	1188,00	0	1188,00
1 3+600	50,0	3,00	1191,00	0,25	1190,75
2 3+650	100,0	6,00	1194,00	1,00	1193,00
3 3+700	150,0	9,00	1197,00	2,25	1194,75
B 3+750	200,0	12,00	1200,00	4,00=e	1196,00
4 3+800	250,0	15,00	1203,00	6,25	1196,75
5 3+850	300,0	18,00	1206,00	9,00	1197,00
6 3+900	350,0	21,00	1209,00	12,25	1196,75
T_2 3+950	400,0=L	24,00	1212,00	16,00	1196,00

II- Düşey kurba için hesap verileri :

$P_{km} = (0+470^{50})$; $P_{kot} = 64,40$ m.; $g_1 = -0,078$; $g_2 = +0,02$;
 $R = 2000$ m.

İstenenler : Teğet, bisektris noktalarında ve $(0+421^{50})$ ile $(0+519^{50})$ noktalarında Kırmızı Kotların tablo hâlinde hesabıdır.



ÇÖZÜM :

(G)'nin Hesabı : $G = (-0,078) - (+0,02) = -0,098$
 Sonuç negatif olduğu için kurba, Dere (Açık) Düşey Kurbadır.

Teğet Boyu (t)'nin Hesabı : (1.79) bağıntısından

$$t = \frac{2000 \times 0,098}{2} = 98,00 \text{ m. bulunur.}$$

Kurba Boyu (L)'nin Hesabı : (1.85) veya (1.86)'dan

$$L = 2000 \times 0,098 = 196,00 \text{ m.}$$

veya

$$L = 2 \times 98,00 = 196,00 \text{ m.}$$

Bisektris Boyu (e)'nin Hesabı : (1.80) bağıntısından

$$e = \frac{(98,0)^2}{2 \times 2000} = 2,401 = 2,40 \text{ m.}$$

Kontrol için (1.87) bağıntısından

$$e = \frac{196,00 \times 0,098}{8} = 2,401 = 2,40 \text{ m.}$$

Daire Sabiti (K)'nin Hesabı : (1.83) bağıntısından

$$K = \frac{1}{2 \cdot 2000} = 0,00025$$

Kontrol için

$$K = \frac{e}{t^2} \text{ bağıntısından } K = \frac{2,401}{(98,00)^2} = 0,00025$$

Değer doğrudur.

Buna göre dairesel düşey kurba eğrisinin denklemi $y = 0,00025 \cdot x^2$ olmaktadır.

Teğet Noktaları (T_1) ve (T_2)'nin Kot Hesapları:

Açık düşey kurbada (1.48) ve (1.49) bağıntılarından,

$$T_{1Kot} = 64,40 + \frac{196,00}{2} \times 0,078 = 72,04 \text{ m.}$$

ve

$$T_{2Kot} = 64,40 + \frac{196,00}{2} \times 0,02 = 66,36 \text{ m.}$$

bulunur.

Teğet Noktaları (T_1) ve (T_2)'nin Kilometre Hesapları:

(1.53) ve (1.54) bağıntılarından yararlanarak

$$T_{1km} = (0+470^{50}) - \frac{196,00}{2} = (0+372^{50})$$

ve