

YATAY KURBALAR

- Doğrultu değiştirmeye yarayan elemanlardır.
- Güvenlik, kapasite ve seyahat konforu açısından önemlidir. (İyi projelendirilmezse işletme hızı düşer ve kapasite azalır).
- Merkezkaç kuvveti nedeniyle savrulma ve devrilmeli kazalar olabilir.

Arazi düz olsa bile yatay kurba yapılır. Çünkü:

- Uzun aliymanlar (8-10 m), sürücünün dikkatini dağıtır.
- Orta refüj yoksa, geceleyin karşılıklı far ışıkları göz kamaşmasına neden olur.
- Doğu-batı yönünde uzun süreli güneş etkisi söz konusu olur.
- Yukarıdaki her üç durum da kazalara neden olur; bunun için uzun aliymanlar yerine, daha küçük uzunluktaki aliymanları büyük yarıçaplı yatay kurbalarla bağlamak daha uygundur.

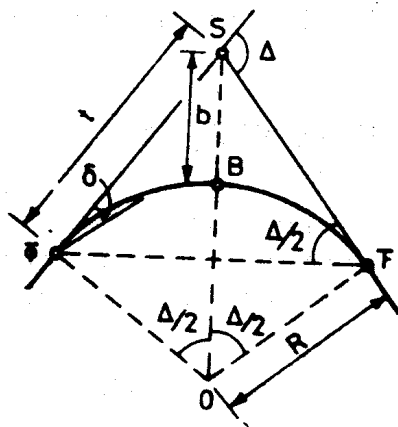
8.1. KURBA ÇEŞİTLERİ

A) Basit daire kurbaları: 2 Aliymanı bağlayan dairesel yaylar.

B) Bileşik daire kurbaları: Farklı yarıçapa sahip ortak teğetleri bulunan daire parçalarından oluşur.

C) Ters daire kurbaları: Ortak bir teğetin 2 yanında bulunan daire yaylarından oluşur.

8.1.1. Basit Daire Kurbaları



s= Some Noktası

 Δ =Sapma Açısı

b=Bisektris Uzunluğu $b = R. (\sec \frac{\Delta}{2} - 1)$

d= Developman Boyu $d = \frac{2\pi R\Delta}{360}$

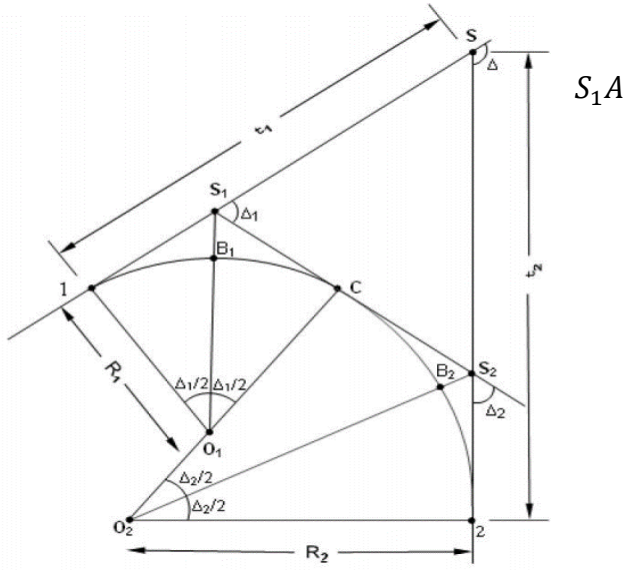
R= Yatay Kurba Yarıçapı

$$t = \text{Teğet Uzunluğu } t = R \cdot tg \frac{\Delta}{2}$$

8.1.2. Bileşik Daire Kurbaları

Bir ortak teğetin aynı tarafında genellikle farklı yarıçapa sahip iki dairesel yaydan oluşan kurbalardır. Kullanılmaları zorunlu olmadıkça tavsiye edilmez. Güvenlik açısından büyük kurbaya ait yarıçapın, küçük kurba yarıçapına oranı

1.5'dan fazla olmamalıdır.



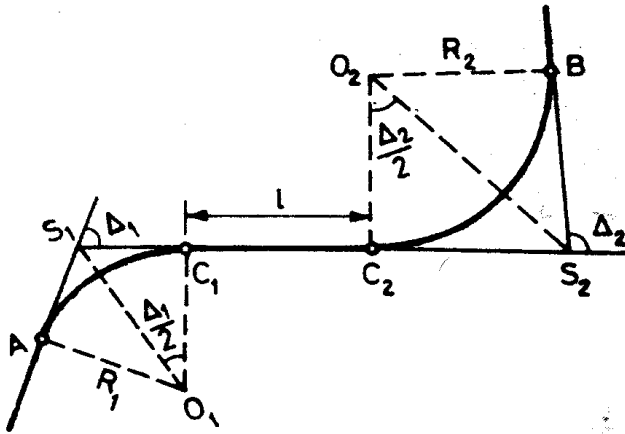
$$t_1 = SS_1 +$$

$$t_2 = SS_2 + S_2A$$

$$R_2 = CS_2 \cdot \cot\left(\frac{\Delta_2}{2}\right)$$

8.1.3. Ters Kurbalar

Ortak bir teğetin iki yanında bulunan iki dairesel kurbadan oluşur. Düşük standartlı yollarda kullanılır. İki kurba arasında deyer uygulamasına yetecek kadar düz bir kısım bulunması gerekir. Daha sonra görüleceği üzere minimum 60 metredir.



$$R_2 = \left[S_1S_2 - 1 - R_1 \cdot \tan\left(\frac{\Delta_1}{2}\right) \right] \tan\left(\frac{\Delta_2}{2}\right)$$

8.2. KURBALARDA DÖNÜŞ

Taşıtların kurbalara geldiğinde alıymandaki hızlarını koruyacak şekilde hareket etmesi arzu edilir. Ancak özellikle dağlık bölgelerde yapılan düşük standartlı yollarda, yer yer küçük yarıçaplı kurbalar kullanılmak zorunda kalınabilir. Taşıtların emniyetli bir şekilde dönebilecekleri yatay kurba yarıçapı, taşıt tipi ve boyutları ile hızına bağlıdır. Kurbanın başlangıcında eğrilik yarıçapı sonsuz iken, bu değer sürekli küçülür ve kurba içerisinde taşıt istenilen dönüş açısını kazandığında eğrilik yarıçapı sonsuz değere ulaşır.

8.2.1. Kurbalarda Taşıtların Stabilesi

Aliymandan yatay kurbaya giren bir Araç, merkezkaç kuvvetine maruz kalır. Merkezkaç kuvveti, dışa doğru savurma ve devirme etkisine sahiptir.

$$F = \frac{W V^2}{g R}$$

W= taşıtın ağırlığı (kg)

V= taşıtın hızı (m/sn)

R= kurba yarıçapı (m)

g= yerçekimi ivmesi

F= merkezkaç kuvveti (kg)

- Deversiz Durumda Yanal Sürtünme: $\mu_e = \frac{v^2}{127,4 R}$
- Deversiz Durumda savrulma hızı: $V_{sav} = 11,3 \sqrt{\mu_e R}$
- Deverli Durumda devrilme hızı: $V_{dev} = 11,3 \sqrt{\frac{R(h.tga + \frac{e}{2})}{h - tga \cdot \frac{e}{2}}}$
- Deverli durumda gerekli min. Yarıçap: $R_{min(sav)} \geq \frac{V_p^2(1 - \mu_e.tga)}{127,4 (\mu_e + tga)}$

***Sademe:** Kurbada meydana gelen enine ivmenin birim zamandaki değişimine sademe adı verilir. $P' = 0,3 \text{ m/sn}^3$ den itibaren sademe hissedilir. En yüksek değer $0,6 \text{ m/sn}^3$ alınır.

$$p' = \frac{v^3}{46,7 \cdot R \cdot L} - \frac{v \cdot d}{36,7 \cdot L}$$

***En Küçük Kurba Yarıçapı:**

$$R_{min} = \frac{v_p^2}{127(d + \mu_e)}$$

Formülden görüleceği üzere, merkezkaç kuvvetinin bir kısmı dever ile bir kısmı enine sürtünme katsayısı ile karşılanmaktadır. Enine sürtünme katsayısı, kuru yollarda 0,40-0,50 değerlerine kadar çıkabilir, hız arttıkça küçülür.

Tablo 8. Enine sürtünme katsayısının hıza bağlı değişimi.

Proje Hızı(km/sa)	50	70	90	100	110	120
Enine sürtünme katsayısı	0,16	0,15	0,13	0,13	0,12	0,12

8.3. DEVER

Enine ivme bağıntısı sıfıra eşitlenerek bulunur. Taşıtın maruz kaldığı enine ivme tamamen enine eğim yani dever ile karşılanırsa, enine ivme sıfır demektir. Bu şekilde elde edilen devere teorik dever adı verilir.

$$d_{teo} = 0,00786 \frac{v_p^2}{R}$$

***Deverin fazla değer almasının sakıncaları:**

- Kurba içinde duruş halinde veya yavaş seyreden motorlu ve motorsuz taşıtlar için kurbanın içine doğru kayma ve devrilme tehlikesi mevcuttur.
- Bu nedenle üst dever limiti %8-10 arasındadır.
- Kar ve don tehlikesi bulunan kesimlerde ve kent içi yollarda daha düşük tutulur.

Gerçekte enine ivmenin bir kısmı devertle bir kısmı da enine sürtünme ile karşılanır. Yarısının devert, yarısının da enine sürtünme ile karşılandığı durumda devert miktarı:

$$d = 0,00393 \frac{V_p^2 \left(\frac{km}{sa}\right)}{R (m)}$$

***Türkiye’de Devert Formülü:**

$$d_{pratik} = 0,00443 \frac{V_p^2 \left(\frac{km}{sa}\right)}{R (m)}$$

Maksimum devert=%10

$$V_p = \text{Proje hızı} \left(\frac{km}{sa}\right)$$

R= kurba yarıçapı (m)

$$L_d = 0,0354 \frac{V_p^3}{R}$$

$L_d = \text{rakordman uzunluğu (devert uygulama uzunluğu)}$

$L_{d(\min)}=45 \text{ m}$

ÖRNEKLER

Örnek 1: Proje hızı 90 km/st için, yarıçap değerleri sırasıyla $R_1=400 \text{ m}$, $R_2=350 \text{ m}$, $R_3=300 \text{ m}$, $R_4=200 \text{ m}$ olan 4 farklı yatay kurbada uygulanacak devert miktarını belirleyiniz. Hangi kurplarda hız sınırlamasına ihtiyaç olduğunu belirtiniz.

Çözüm 1:

$$d_{teo} = 0,00443 \frac{V_p^2 \left(\frac{km}{sa}\right)}{R (m)}$$

$$d_{teo} = 0,00443 \frac{V_p^2 \left(\frac{km}{sa}\right)}{R (m)}$$

$$d_1 = 0,00443 \frac{90^2 \left(\frac{km}{sa}\right)}{400 (m)} = \%8,9$$

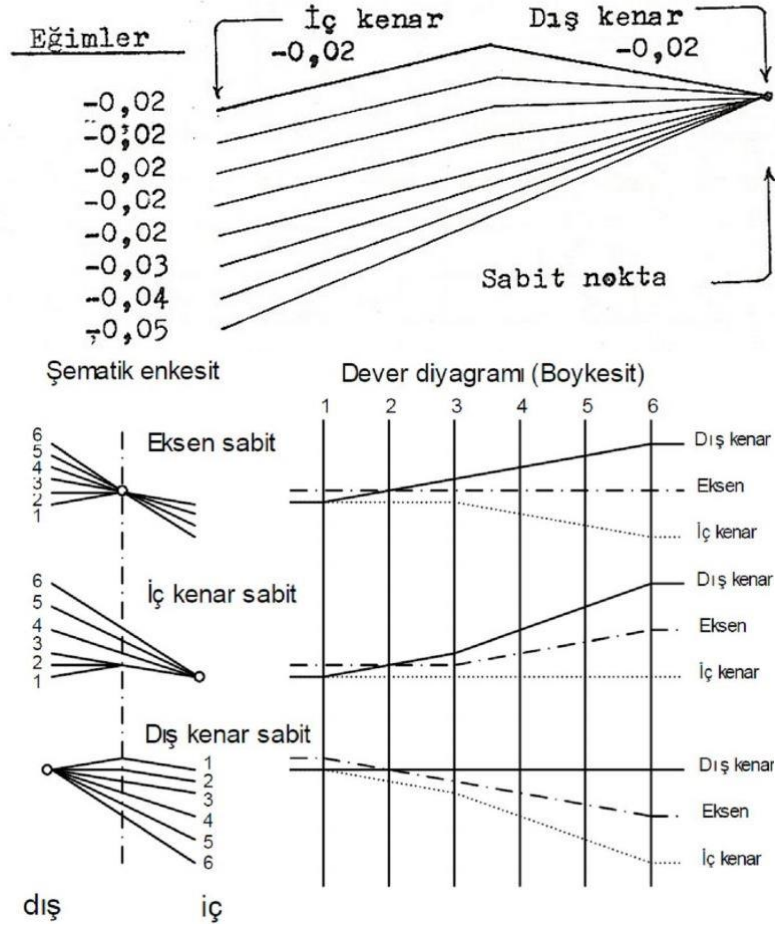
$$d_2 = 0,00443 \frac{90^2 \left(\frac{km}{sa}\right)}{350 (m)} = \%10$$

$$d_3 = 0,00443 \frac{90^2 \left(\frac{km}{sa}\right)}{300 (m)} = \%12$$

$$d_4 = 0,00443 \frac{90^2 \left(\frac{km}{sa}\right)}{200 (m)} = \%18 \text{ Devert } \%10\text{'a indirilecek bu durumdaki hız hesaplanacak.}$$

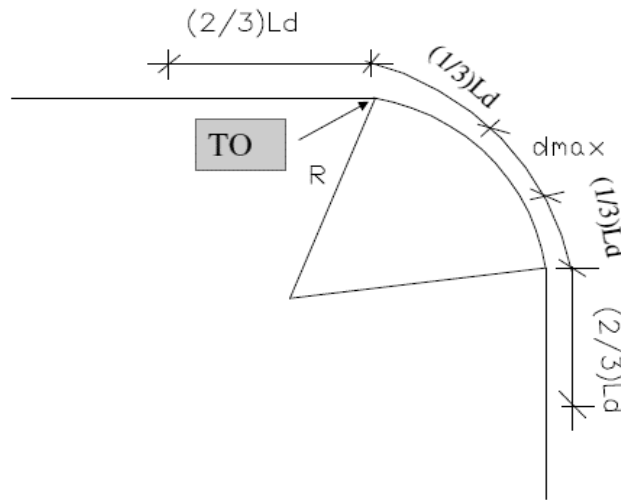
***Devertin Uygulanması**

- A-) Yolun eksen hattının sabit tutulup, iç kenarın düşürölüp, dış kenarın yükseltilmesi,
- B-) Yolun iç kenar kotunun sabit tutulup, eksen hattı ve dış kenarın yükseltilmesi,
- C-) Dış kenar kotunun sabit tutulup, iç kenar ve eksen kotlarının düşürölmesi.



8.4. GEÇİŞ EĞRİSİZ DEVER UYGULAMASI

Yatay kurbada uygulanacak olan dever birden bire verilmez. Bu geçiş kısmı uygun bir biçimde yapılmalıdır. Bir geçiş eğrisi ile oluşturulacağı gibi düz olarak da yapılabilir. Geçiş eğrisiz durumunda dever T1 teğetinden belli bir mesafe önceden verilir. Belli bir uzunluk boyunca dever artırılarak maksimum hale getirilir.



ÖRNEKLER

Örnek 1: Proje hızı 80 km/st, platform genişliği 10 metre, aliyimanda enine eğimi %2 olarak planlanan bir yol için 400 metre yarıçaplı bir yatay kurbada uygulanacak dever miktarı ve rakordman boyunu hesaplayarak, eksen hattının (kotunun) sabit tutulmasına göre, platformun iç ve dış kenarının durumunu plan ve boykesitte gösteriniz.

Çözüm 1:

R=400 m, Proje hızı 80 km/sa, Platform genişliği:10 metre

$$d = 0,00443 \frac{80^2 \left(\frac{km}{sa}\right)}{400 (m)} = 0,07$$

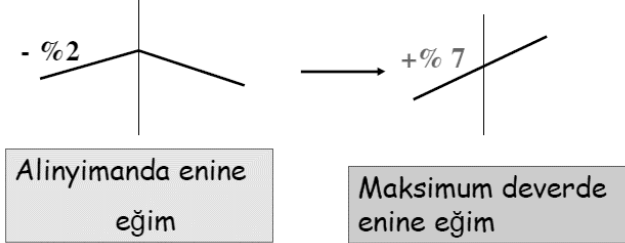
$$L_d = 0,0354 \frac{V_p^3}{R} = 0,0354 \frac{80^3}{400} = 45,31 \text{ m}$$

Dever uygulama uzunluğu min Ld=45 m olmalı!!!!

$$\frac{2}{3} L_d = \frac{2}{3} * 45 = 30 \text{ m}$$

$$\frac{1}{3} L_d = \frac{1}{3} * 45 = 15 \text{ m}$$

Eğim değişim miktarı: -0,02- (+0.07)= -0,09



Rakordman uzunluğu 45 metreden küçük olamaz!!!

Hesaplanan uzunluk 45 metre olduğu için, dever bu uzunlukta değişecektir. Eğim değişimi mesafe ile lineer olarak artacaktır.

% 9 eğim 45 metrede değişecekse

% 1 eğim kaç metrede (x) değişir?

$$x = 45 * 0,01 / 0,09 = 5 \text{ metre}$$

