

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Demiryol, Ard, Yat, Kuv, Bır, Eğr,
ve Değer Sorun,

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Fatih Bengi

1987

112

1000R

YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DEMİRYOLLARINDA ARDIŞIK YATAY KURBALARDA
BİRLEŞTİRME EĞRİSİ ve DEVER SORUNLARI

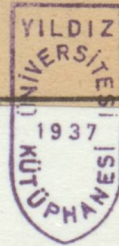
(YÜKSEK LİSANS TEZİ)
İNŞ. MÜH. FATİH BENGİ

İSTANBUL- 1987

YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
GENEL KİTAPLIĞI

Kot : R 150
Alındığı Yer : Fen Bil. Ens 112
Tarih : 22.12.1988
Fatura :
Fiatı : 3000 TL.
Ayniyat No : 1/24
Kayıt No : 45924
UDC : 625
Ek : 378.242

X



14
YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DEMİRYOLLARINDA ARDIŞIK YATAY KURBALARDA BİRLEŞTİRME EĞRİSİ ve DEVER SORUNLARI

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

İNŞ. MÜH. FATİH BENGİ

İSTANBUL- 1987



SAYFA

Tez çalışmamı yöneltip sürekli ilgi ve desteğini gördüğüm, değerli fikirlerinden yararlandığım Doç. Dr. Aydın EREL'e

Çalışma boyunca yakını ilgi ve yardımlarını gördüğüm Ulaştırma Anabilim Dalı Yük. İnş. Mühendisleri Mustafa ILICALI ile Tevfik ÇELİK'e en derin saygılarımı sunarım.

Çalışmalarım boyunca devamlı desteğini gördüğüm değerli arkadaşım İnş. Müh. İsmail ŞAHİN'e çok teşekkür ederim.

Ayrıca çalışmalarımda yardımlarını gördüğüm T.D.D.D. Haydarpaşa Garı yetkili ve çalışanlarına şükranlarımı arz ederim.

İ Ç İ N D E K İ L E R

YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
D.B. No. 43605

SAYFA

ÖZET

SUMMARY

GİRİŞ

1

BÖLÜM I

KURBA VE DEVER

3

1.1.

Deverin lüzumu

3

1.1.1.

Teorik dever

5

1.1.1.1.

Eksik dever

5

1.1.1.2.

Fazla dever

6

1.1.2.

Dever hesabında hızın seçimi

6

1.1.3.

Deverin sakıncaları

7

1.1.4.

Deverin uygulanması

7

BÖLÜM II

BİRLEŞTİRME EĞRİLERİ

9

2.1.

Birleştirme egrisinin lüzumu

9

2.2.

Egrinin özellikleri

11

2.3.

Egrinin uygulanması

11

2.4.

Dever rampası

13

2.4.1.

Rampa çeşitleri

13

2.4.2.

Rampa egimi

13

2.5.

Bugünkü birleştirme eğrileri
ve özellikleri

13

2.5.1.

Kübik parabol

13

2.5.2.

Petersan b.e.

17

2.5.3.

Bloß b.e.

18

2.5.4.

Klein b.e.

19

BÖLÜM III

KURBALARIN BİRLEŞTİRİLMESİ

20

3.1.

Aynı yönlü kurbalar

20

3.2.

Zıt yönlü kurbalar

21

3.3.

Daire yayı açınım uzunluğunun
rakordmana elverişli olmaması hali

22

BÖLÜM IV

BİRBİRİNE ÇOK YAKIN ZİT YÖNLÜ KURBA-
LARIN BİRLEŞTİRİLMESİ

24

SONUÇ

27

KAYNAKLAR

ÖZGEÇMİŞ

Özellikle, gerekse konforlu ve emniyetli bir ulaştırmanın sağlanması için, mevcut güzergahların düzeltilmesi ve yolların birleştirilmesi çok önem-
lidir. Çünkü demiryol araçlarının raydan çıkması ve yol yapısı elemanlarının aşınması en çok bu kesimlerde ol-
maktadır.

Bu çalışmada birbirine çok yakın zıt yönlü kurbaların birleştirilmesi ve bu kesimdeki hareket hızları incelenmiştir. Bu amaçla yapılan araştırmalar üç bölge halinde belirtilmiştir.

İlk üç bölgede kurbaya ilgili tüm mevcut kurbalar birbiriyle tetkik edilmiştir. Birinci bölgede demiryolu tesislerinin kurbaları sayıları, ikinci bölgede ise kurbaya göre kurbaların birleştirilmesi, üçüncü bölgede ise kurbaya göre hareketleri belirtilmiştir.

Dördüncü ve son bölgede ise çalışmanın temelini teşkil eden zıt yönlü kurbaların yapılması gereken işlemler belirtilmiştir.

SUMMARY

ÖZET

Gerek demiryollarında seyir hızlarının devamlı artması, gerekse konforlu ve emniyetli bir ulaştırmanın sağlanması için, mevcut güzergahların düzeltilmesi çalışmalarında iki ters kurbanın birleştirilmesi çok önemlidir. Çünkü demiryol arabalarının raydan çıkmaları ve yol üst yapısı elemanlarının aşınması en çok bu kesimlerde olmaktadır.

Bu çalışmada birbirine çok yakın zıt yönlü kurbaların birleştirilmesi ve bu kesimdeki hareket koşulları incelenmiştir. Bu maksatla yapılan araştırmalar dört bölüm halinde belirtilmiştir.

İlk üç bölümde konuyla ilgili tüm mevcut bilgiler sırasıyla tetkik edilmiştir. Birinci bölümde demiryolu taşıtlarının kurbadaki seyirleri, ikinci bölümde ; doğrudan kurbaya giriş, üçüncü bölümde; bir kurbadan başka bir kurbaya geçiş hareketleri anlatılmıştır.

Dördüncü ve son bölümde ise çalışmanın temelini teşkil eden zıt yönlü kurbalarda yapılması gereken değişiklikler anlatılmıştır.

SUMMARY

Railway lines are comprised of circular strings and their joint tangent. A centrifugal force proportional to half diameter of the curve and speed of travel makes effect to the railway cars travelling on the curves of rail lines. To reduce this effect, horizontal rolling surface line is ensured to be curved by increasing the height of outward rail superelevation amounts at the curves. For this purpose, increasing the height of outward rails are done by gradual increase at certain distances. The section that connects the curves to the straight lines safely is called joint curve.

If two opposite curve is very close to each other, the joint curve at that point gains importance. Because if a straight line, not less than the opening of rigid axle, is not located, the rail car passing at that place will be endangered due to the fact that superelevation heights at the two curves will be at the reverse sides.

With the increase of travel speed at railway lines, during the improvement of existing lines to determine the new destinations for safe and comfortable travel conditions is the theme of this thesis and a method that will ensure the best joint between two curves's studied upon. For this purpose, making use of available data, in order to place a straight line between two curves, increasing the half diameter of curves has been preferred. Investigations have been done to determine goods and bads of this practise.

As a result it is observed that the cost of surpassing the curves is much less than the gain obtained by speed and safe.

GİRİŞ

Zamanımızda kitle taşınlarında hız, emniyet, konfor ve ekonomik olma şartları aranmaktadır. Demiryolları ile taşınlar, diğer ulaşım imkanlarına göre nisbeten az bir enerji sarfiyatı göstermesi ve emniyetli olması sebebiyle arttığından, seyir hızlarında arttırılması gerekmektedir. Bu maksatla yeni hatların projelendirilmesi işleminde ve mevcut hatların yüksek hızlara göre düzeltilmesi çalışmalarında, en önemli güzergah elemanı kurbalardır.

Mevcut hatların iyileştirilmesi sırasında karşılaşılan en büyük sorunlardan biri iki ters kurba arasında demiryol taşıtının hızlı, konforlu ve güvenli olarak seyrini sağlamaktır. Bu amaçla iki ters kurb. birleştirme eğrileri arasına, taşıtın emniyetli geçişini sağlayacak kadar bir düz kısım yerleştirmek için güzergahta bir takım değişiklikler yapılmalıdır. Bunun için kurba yapı çapı ve birleştirme eğrisi en iyi neticeyi sağlayacak şekilde değiştirilmelidir.

Eğer ters kurbaların birleştirilmesi iyi yapılmazsa, hız düşeceğinden kapasite azalacak, merkezkaç kuvvetlerin tesiri ile de konfor ve emniyet şartları kötüleşecek maliyetler artacaktır. Bu yüzden kurbada yapılacak değişikliklerde, hiçbir şekilde eski

konumdan daha elverişsiz bir durumla karşılaşmamak için, tüm etkenler göz önünde tutulmuştur.

Yapılan çalışmada üç önemli parametre olan hız, konfor ve emniyet en gayri müsait durumlarda bile istenilen sınırlar içinde kalacak optimum çözüm aranmıştır. Ayrıca mevcut güzergah uzunluğu ile yol eksenini en az değişecek şekilde çözüme gidilmiştir.

$$v = \frac{g}{g} \frac{v^2}{R} \quad (1)$$

değerinde bir merkezkaç kuvveti tesir eder. (Şekil 1)

Merkezkaç kuvvetinin tesiri ile;

- 1) Aralıkurba dışına doğru kayarak, buda ve manıların aşınmasına, sürtünme ile de bir direnme doğmasına
- 2) Arabaya $M_2 = F \cdot h$ (t m) lik devirici bir momentin uygulanmasına
- 3) Arabaya ve içindeki yük ile yolcuyla, kurba dışına doğru V^2 / R (m / sn²) lik ivme uygulanmasına
- 4) Bu kuvvetlerin eğik bileşenlerinin, hattın dış rayın bağlantılarının ve alındaki balastın içtekinin nazaran daha çabuk aşınmasına yol açar.

Merkezkaç kuvvetinin etkisini karşılamak üzere, bir merkezkaç kuvveti oluşturmak için, doğrudan yatay olan yuvarlaklama yüzeyi, kurbada dış rayı doğru yükselen bir eğik yüzey olarak oluşturulur. Bu rayın iç rayı göre d yükseklik farkına " Dever " denir. (Şekil. 2) Merkezkaç kuvveti verilen

BÖLÜM I

1. KURBA VE DEVER:

1.1. Deverin lüzumu:

R yarıçaplı daire yayı şeklinde bir kurbada, G ağırlığında bir demiryol arabasının, V hızıyla hareketi esnasında, arabanın M ağırlık merkezi, yuvarlanma yüzeyinden h yüksekliğinde ve hat genişliğinde e ise, arabanın ağırlık merkezine

$$F = \frac{G}{g} \frac{v^2}{R} \quad (1)$$

değerinde bir merkezkaç kuvvet tesir eder. (Şekil 1)

Merkezkaç kuvvetin tesiri ile;

1) Araba kurba dışına doğru kayarak, buden ve mantarın aşınmasına, sürtünme ilede bir direnime dogmasına

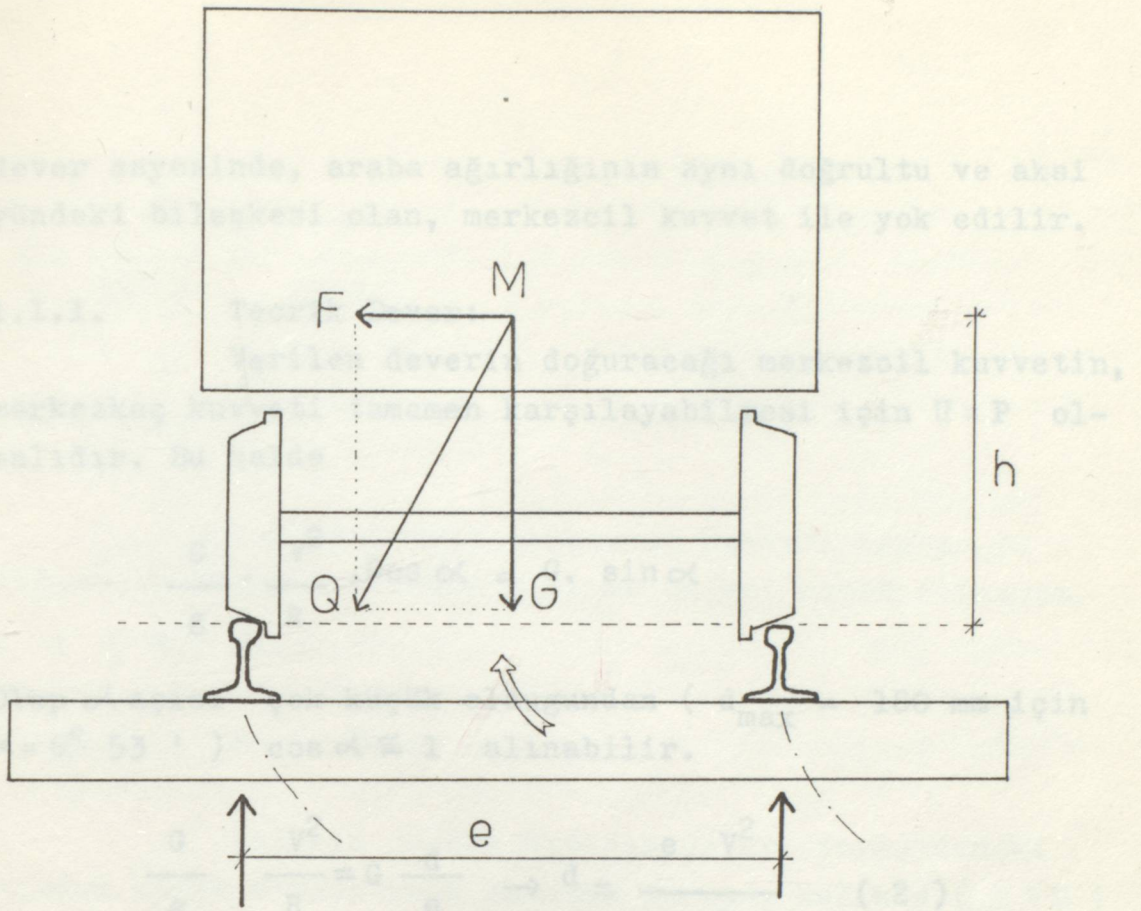
2) Arabaya $M_d = F \cdot h$ (t m) lık devirici bir momentin uygulanmasına

3) Arabaya ve içindeki yük ile yolcuya, kurba dışına doğru v^2 / R (m/sn²) lik ivme uygulanmasına

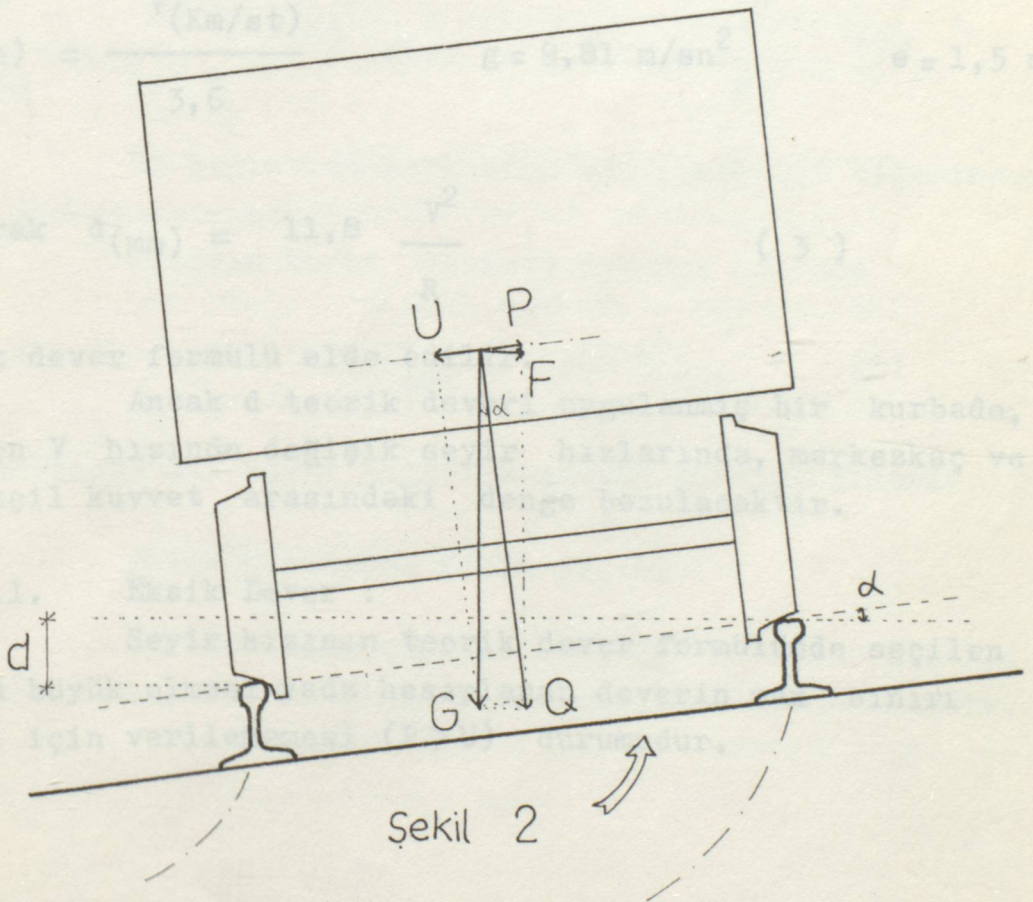
4) Bu kuvvetlerin eğik bileşenlerinin, hattın dış rayın bağlantılarının ve altındaki balastın içtekine nazaran daha çabuk aşınmasına

yol açar.

Merkezkaç kuvvetin etkisini karşılamak üzere, bir merkezci kuvvet oluşturmak için, doğrudan yatay olan yuvarlanma yüzeyi, kurbada dış raya doğru yükselen bir eğik yüzey olarak oluşturulur. Dış rayın iç raya göre d yükseklik farkına " Dever " denir. (Şekil 2) Merkezkaç kuvvet verilen



Şekil 1



Şekil 2

dever sayesinde, araba ağırlığının aynı doğrultu ve aksi yöndeki bileşkesi olan, merkezci kuvvet ile yok edilir.

1.1.1. Teorik Dever:

Verilen deverin doğuracağı merkezci kuvvetin, merkezkaç kuvveti tamamen karşılayabilmesi için $U = P$ olmalıdır. Bu halde

$$\frac{G}{g} \cdot \frac{V^2}{R} \cdot \cos \alpha = G \cdot \sin \alpha$$

Olup α açısı çok küçük olduğundan ($d_{\max} = 180 \text{ mm}$ için $\alpha = 6^\circ 53'$) $\cos \alpha \cong 1$ alınabilir.

$$\frac{G}{g} \cdot \frac{V^2}{R} = G \cdot \frac{d}{e} \rightarrow d = \frac{e \cdot V^2}{g \cdot R} \quad (2)$$

$$V_{(m/sn)} = \frac{V_{(Km/st)}}{3,6} \quad g = 9,81 \text{ m/sn}^2 \quad e = 1,5 \text{ m}$$

$$\text{alınarak } d_{(mm)} = 11,8 \cdot \frac{V^2}{R} \quad (3)$$

teorik dever formülü elde edilir.

Ancak d teorik deveri uygulanmış bir kurbada, seçilen V hızında değişik seyir hızlarında, merkezkaç ve merkezci kuvvet arasındaki denge bozulacaktır.

1.1.1.1. Eksik Dever :

Seyir hızının teorik dever formülünde seçilen hızdan büyük olması yada hesaplanan deverin max sınırı aştığı için verilememesi ($P > U$) durumudur.

$$\gamma = \frac{v^2}{127 R} - \frac{d}{1500} \quad (4)$$

$$\Delta de = 11,8 \frac{v^2}{R} - d \quad (5)$$

Yok edilmemiş merkezkaç kuvveti veren bu bağıntıda konfor sayısının belli bir değeri aşması istenmez.

($\gamma < 0,1$ Olmalıdır.)

1.1.1.2. Fazla Dever :

Katarın gerçek hızının dever formulündeki hızdan küçük olması yada katarın durması halinde ($P < U$) söz konusudur.

$$\gamma = \frac{d}{1500} - \frac{v^2}{127 R} \quad (6) \quad \Delta df = d - 11,8 \frac{v^2}{R} \quad (7)$$

Bu bağıntıda da konfor sayısının 0,1 değerinden büyük olması istenmez.

Katarın kurba kesimde durması halinde

$$V = 0 \quad \text{için} \quad d_{\max} = 1500 \cdot \gamma_{\max} \quad (8)$$

verilebilecek max dever konfor koşuluna göre belirlenir.

1.1.2. Dever Hesabında Hızın Seçimi :

Bir kurbadan çeşitli hızlarda katarlar geçtiği için dever hesabında seçilecek hız çok önem kazanmaktadır.

d teorik deveri uygulanmış bir kurbada, seçilen V hızında yüksek hızlarda yok edilemeyen merkezkaç kuvvet (Δde eksik deveri) düşük hızlarda ise yok edilemeyen merkezçil kuvvet (Δdf fazla deveri) meydana geleceğinden, konfor sayısının aşılmasına neden olacaktır. Bu nedenle bir ortalama hız seçilerek meydana gelecek etkilerin incelenmesi gerekir. Hızın seçiminde ;

a) En hızlı ve en yavaş katar geçişlerinde dahi, yok edilemeyen merkezkaç yada merkezçil kuvvetlerin kabul edilebilir sınırlar içinde kalması ,

b) İç ve dış raydaki aşınmanın eşit olması için, hattan geçen bütün katarlar tarafından uygulanacak, yok edilemeyen merkezçil ve merkezkaç kuvvetlerin toplamının birbirine eşit olması dikkate alınır.

1.1.3. Deverin Sakıncaları:

Deverin gerekliliğine karşın bazı mahsurları vardır. Bunlar;

1) Kurbalarda uygulanacak sanat yapılarına, normal gabariye göre bir miktar genişlik ve yükseklik fazlası verilmesi

2) Kurbada durma halinde arabanın düşeyliğini kaybederek, kapılının açılıp kapanmasının zorlaşması

3) Düşük hızlarda merkezçil kuvvet fazlalığı sebebiyle konfor koşulunun bozulması.

Bütün bu nedenlerden dolayı deverin belli bir değeri aşması istenmez.

1.1.4. Deverin uygulanması:

Dever, dış ray içtekine göre d kadar yükselmekle veya iç rayı dışa göre d kadar alçaltmakla yahutda dış rayın d/2 kadar yükseltip iç rayı d/2 kadar alçaltmak suretiyle üç şekilde verilebilir.

Deverin en yaygın uygulama şekli, iç ray kotu sabit bırakılarak dış rayın yükseltilmesidir. Bu durumda hat eksenini $d/2$ kadar yükselir. dış rayın yükseltilmesi de iki şekilde yapılmaktadır.

1) Balast tabakası kalınlığının, dış rayda dever miktarı kadar artırılması ile,

2) Balast tabakası kalınlığını değiştirmeden, alt yapı platformuna yuvarlanma yüzeyini paralel bir eğim verebilme ile.

İlk yöntemde, balast tabakasının kalınlığı ile elastikiyeti, aynı oranda değiştiğinden, dış raydaki reaksiyon kuvveti büyüyeceğinden balast tabakası çabuk aşınarak, poz ve bakım işleri zorlaşır. Bu yüzden dever 40~50 mm'yi geçtiği zaman, iç ray kotu sabit kalarak şekilde platform kotunu, dış tarafta dever miktarı kadar, artırmak suretiyle ikinci yöntem uygulanır.

Yükseltilmeye başlanarak kurbağa girişte (a) kadar yükseltilmiş olur. (Şekil 3 a) Bu halde doğrudan (b) kesiminde arabalara, merkezkaç kuvvet tesiri etmediği halde, gittikçe artarak kurbağa başında d değeri kadar bir merkezkaç kuvvet tesiri altında "kalacaktır". İç rayı doğru kayacak kurbağa başına gelindiğinde, merkezkaç kuvvetinin tesiri ile denge sağlanacaktır. (Şekil 3 c)

2) Dış rayın yükseltilmesine, kurbağa başından başlanabilir. (Şekil 3 d) Bu durumda, merkezkaç kuvvetin tesiri ile arabalar dış rayı doğru kayarak, gittikçe artan merkezkaç kuvvet tesiri ile (b) kadar sonra denge sağlanacaktır. (Şekil 3 e)

3) Dış ray kurbağadan $(1/2)$ kadar önce yükseltilmeye başlanıp kurbağadan $(1/2)$ kadar sonra gerekli dever sağlanır. (Şekil 3 f) Bu halde de, ilk önce dengilir, iç rayı doğru kayarlar, daha sonra dış rayı doğru kayarlar (Şekil 3 g)

BÖLÜM II

2. BİRLEŞTİRME EĞRİLERİ

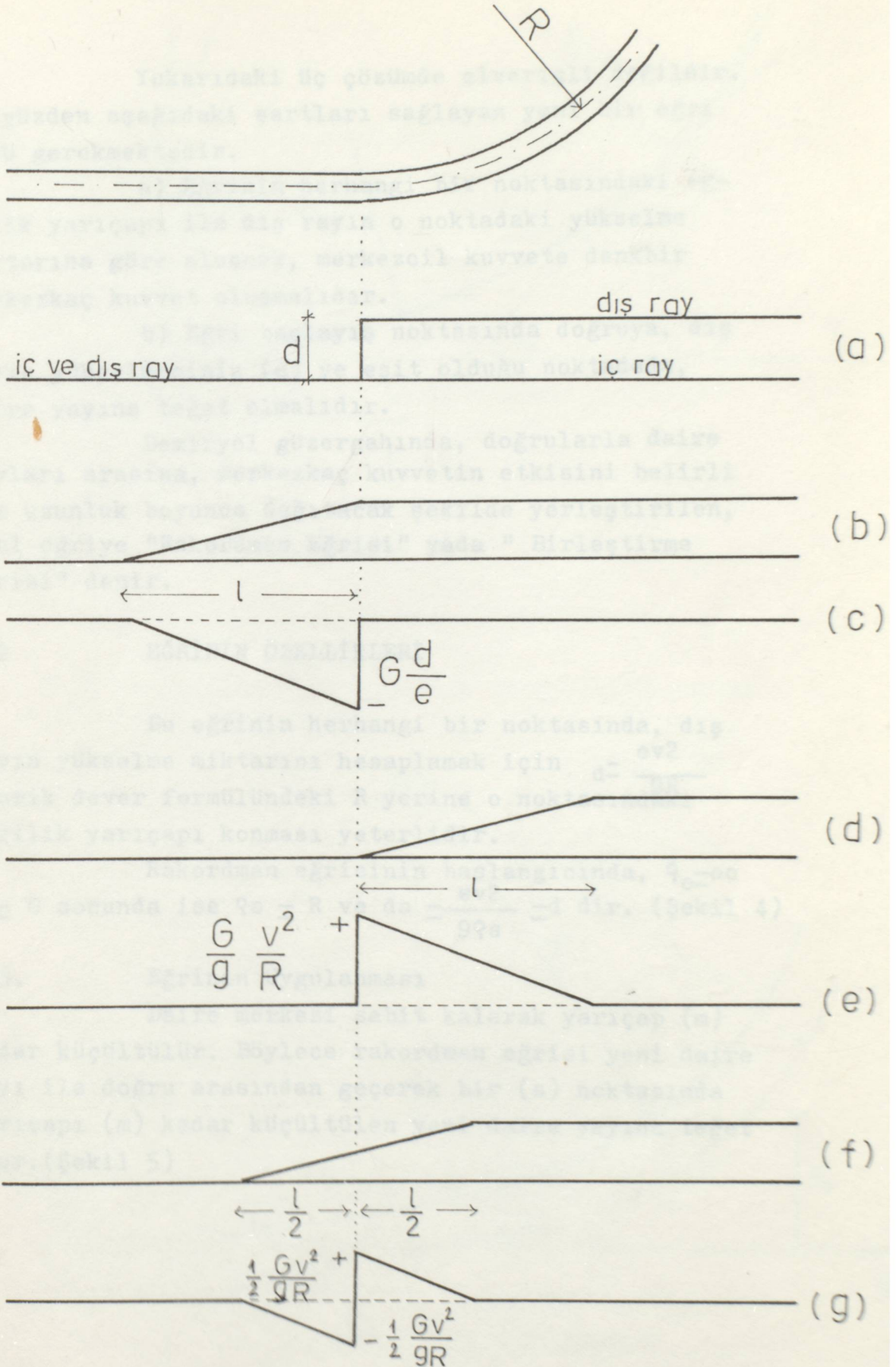
2.1. Birleştirme Eğrisinin lüzumu

Doğrularda hattı oluşturan iki ray dizisinde, aynı kotta olduğu halde, dış ray dizisi dever miktarı kadar, yüksekte olduğundan hattın doğru ile kurba kesiminin birleştiği dış ray dizisinde, dever miktarı kadar bir düşey fark teşkil edecektir. (Şekil 3 a) Dingillerin bu kesimi rahat ve güvenli bir şekilde aşmasını sağlamak için dever uygun bir uzunluk boyunca yavaş yavaş artırılması icap eder. Bu ise üç türlü yapılabilir.

1) Dış ray doğrudan kurbadan önce (L)uzaklığında yükseltilmeye başlanarak kurbaya girişte (d) kadar yükseltilmiş olur. (Şekil 3 b) Bu halde doğrudan (L) kesiminde arabalara, merkezkaç kuvvet tesir etmediği halde, gittikçe artarak kurba başında $G \frac{d}{e}$ değerine varan bir merkezciil kuvvet tesiri altında kalacağından, iç raya doğru kayacak kurba başına gelindiğinde, merkezkaç kuvvetinin tesiri ile denge sağlanacaktır. (Şekil 3c)

2) Dış rayın yükseltilmesine, kurba başından başlanabilir. Şekil 3 d) Bu durumda, merkezkaç kuvvetin tesiri ile arabalar dış raya doğru kayarak, gittikçe artan merkezciil kuvvet tesiri ile (L) kadar sonra denge sağlanacaktır. (Şekil 3 e)

3) Dış ray kurbadan ($\frac{1}{2}$) kadar önce yükseltilmeye başlanıp kurbadan ($\frac{1}{2}$) kadar sonra gerekli dever sağlanır. (Şekil 3 f) Bu halde ise, ilk önce dingiller, iç raya doğru kayarlar, daha sonra ani olarak dış raya kayarlar (Şekil 3 g)



Şekil 3

Yukarıdaki üç çözümde elverişli değildir. Bu yüzden aşağıdaki şartları sağlayan yeni bir eğri türü gerekmektedir.

a) Eğrinin herhangi bir noktasındaki eğrilik yarıçapı ile dış rayın o noktadaki yükselme miktarına göre oluşacak, merkezci kuvvete denk bir merkezkaç kuvvet oluşmalıdır.

b) Eğri başlayış noktasında doğruya, dış rayın yükselmesinin (d) ye eşit olduğu noktada, daire yayına teğet olmalıdır.

Demiryol güzergahında, doğrularla daire yayları arasına, merkezkaç kuvvetin etkisini belirli bir uzunluk boyunca dağıtacak şekilde yerleştirilen, özel eğriye "Rakordman Eğrisi" yada " Birleştirme Eğrisi" denir.

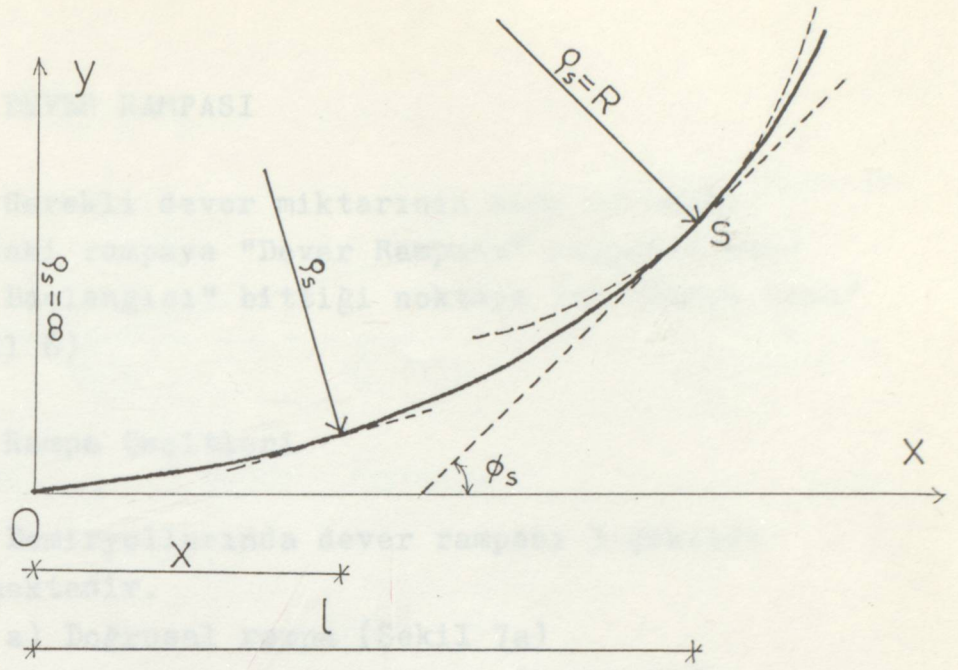
2.2 EĞRİNİN ÖZELLİKLERİ

Bu eğrinin herhangi bir noktasında, dış rayın yükselme miktarını hesaplamak için $d = \frac{ev^2}{9R}$ teorik dever formülündeki R yerine o noktasındaki eğrilik yarıçapı konması yeterlidir.

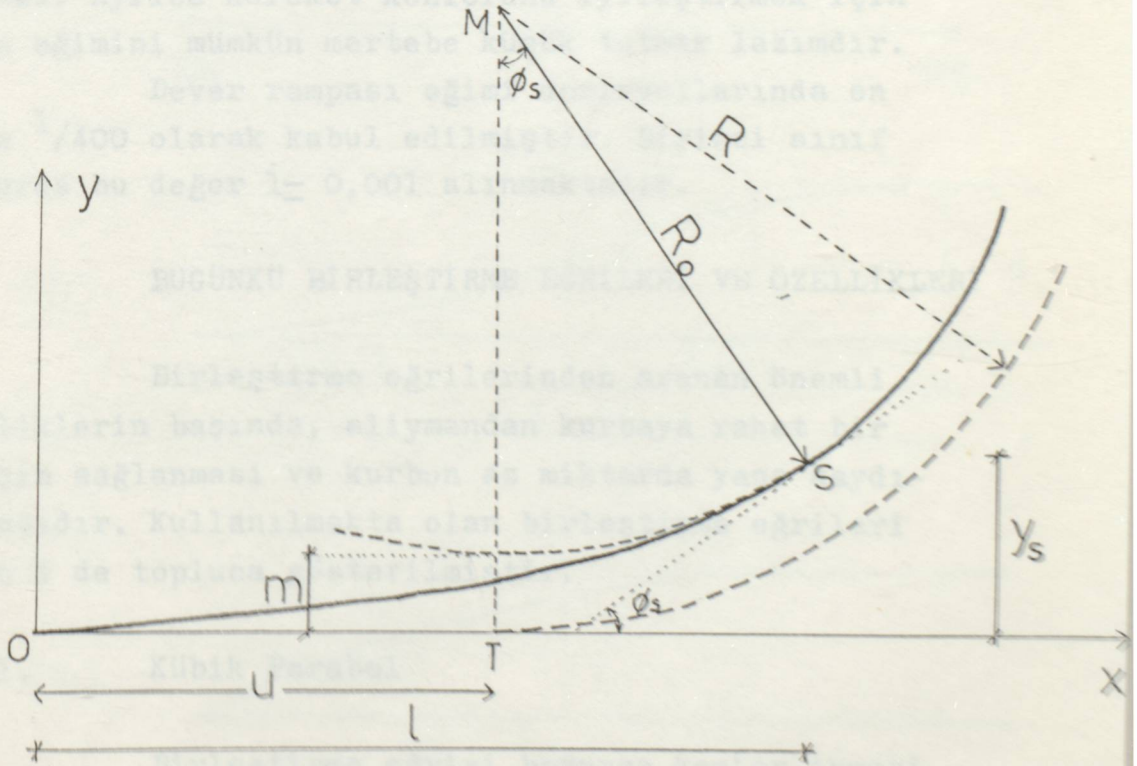
Rakordman eğrisinin başlangıcında, $q_0 = 0$ $d_0 = 0$ sonunda ise $q_s = R$ ve $ds = \frac{ev^2}{9q_s} = d$ dir. (Şekil 4)

2.3. Eğrinin Uygulanması

Daire merkezi sabit kalarak yarıçap (m) kadar küçültülür. Böylece rakordman eğrisi yeni daire yayı ile doğru arasından geçerek bir (s) noktasında yarıçapı (m) kadar küçültülen yeni daire yayına teğet olur.(Şekil 5)



Şekil 4



Şekil 5

2.4. DEVER RAMPASI

Gerekli dever miktarının elde edildiği L uzunluğundaki rampaya "Dever Rampası" rampanın noktaya "Rampa Başlangıcı" bittiği noktaya ise "Rampa Sonu" denir. (Şekil 6)

2.4.1. Rampa Çeşitleri

Demiryollarında dever rampası 3 şekilde tatbik edilmektedir.

- a) Doğrusal rampa (Şekil 7a)
- b) S-Formlu eğrisel rampa (Şekil 7b)
- c) Basit parabolik rampa (Şekil 7c)

2.4.2. Rampa Eğimi

Demiryolu taşıtlarının konstrüktif yapısı icabı rampa eğiminin belli bir değerden büyük olması istemez. Ayrıca hareket konforunu iyileştirmek için rampa eğimini mümkün mertebe küçük tutmak lazımdır.

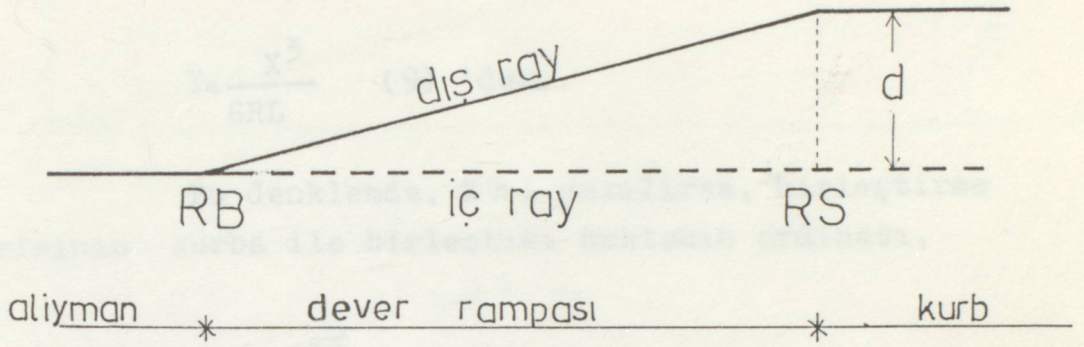
Dever rampası eğimi demiryollarında en fazla $\frac{1}{400}$ olarak kabul edilmiştir. Birinci sınıf hatlarda bu değer $\frac{1}{2000}$ alınmaktadır.

2.5. BUGÜNKÜ BİRLEŞTİRME EĞRİLERİ VE ÖZELLİKLERİ

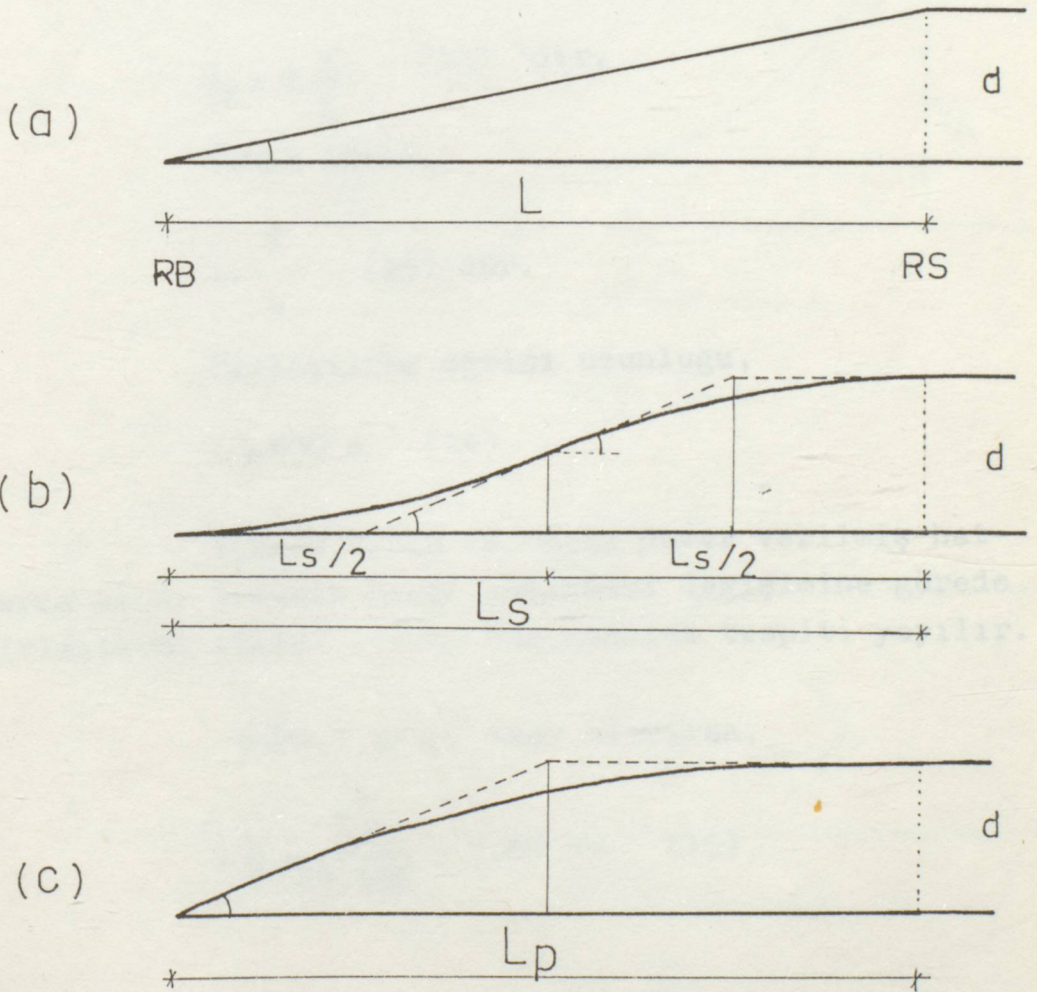
Birleştirme eğrilerinden aranan önemli özelliklerin başında, alıymandan kurbaya rahat bir geçişin sağlanması ve kurbun az miktarda yana kaydırılmasıdır. Kullanılmakta olan birleştirme eğrileri Tablo I de topluca gösterilmiştir.

2.5.1. Kübik Parabol

Birleştirme eğrisi boyunca konfor ivmesi eğrilik ve deverin değişimi lineer dir. (Şekil 8)



Şekil 6



Şekil 7

Dik eksen takımındaki ifadesi,

$$Y = \frac{X^3}{6RL} \quad (9) \text{ 'dur.}$$

Bu denklemde, $X = L$ yazılırsa, birleştirme eğrisinin kurba ile birleştiği noktanın ordinatı,

$$Y_A = \frac{L^2}{6R} \quad (10) \text{ bulunur. Şekil-9.}$$

Kurbanın yana kayma miktarı,

$$M = \frac{L^2}{24} \cdot R \quad (11) \text{ 'dır Şekil-9.}$$

Deverin değişimi,

$$d_x = d \frac{X}{L} \quad (12) \text{ 'dır.}$$

Rampa eğimi,

$$i = \frac{d}{L} \quad (13) \text{ 'dür.}$$

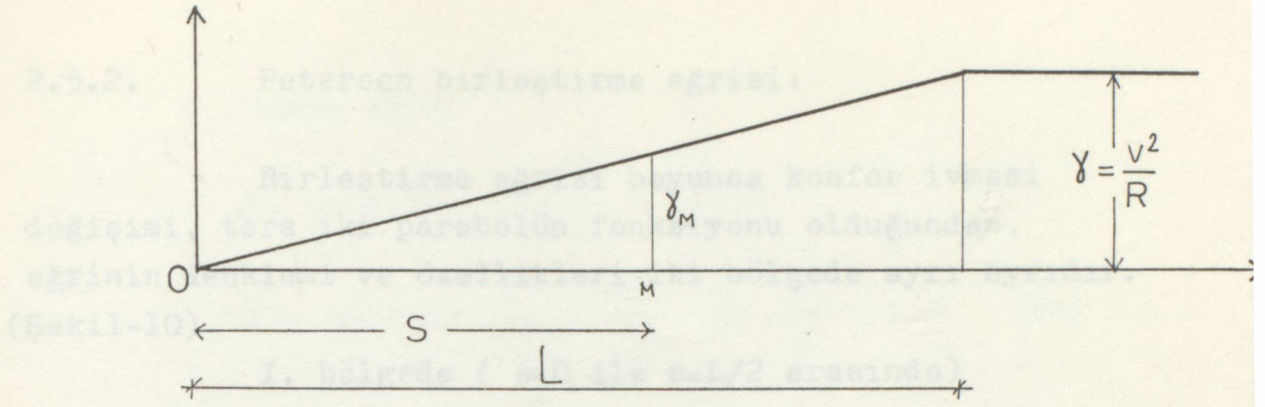
Birleştirme eğrisi uzunluğu,

$$L > 400 d \quad (14)$$

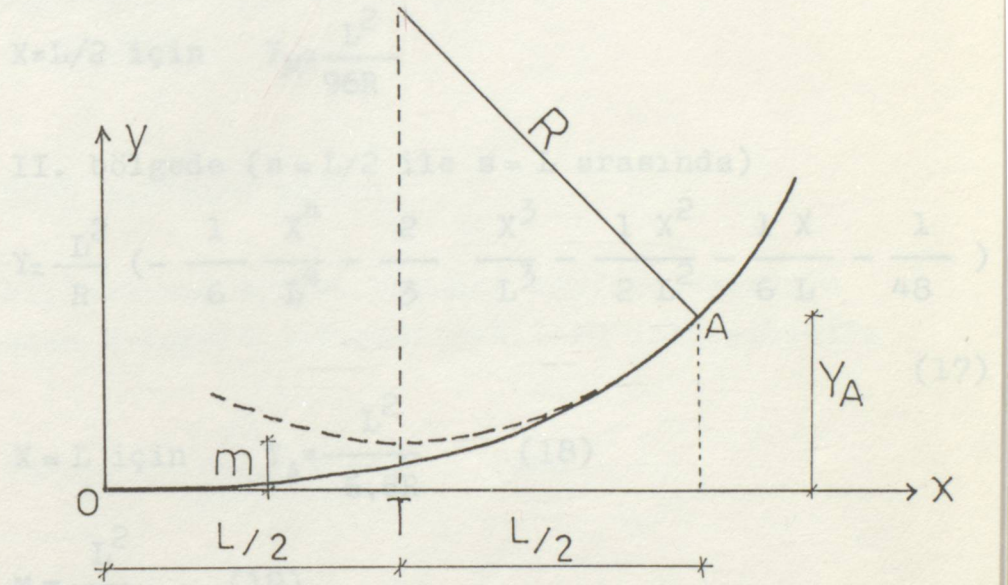
Yüksek hızla ve düşük dever verilmiş hatlarda yanal ivmenin birim zamandaki değişimine görede birleştirme eğrisi içinde bir uzunluk tespiti yapılır.

$\gamma \leq 0,5 \text{ m/sn}^3$ esas alınır,

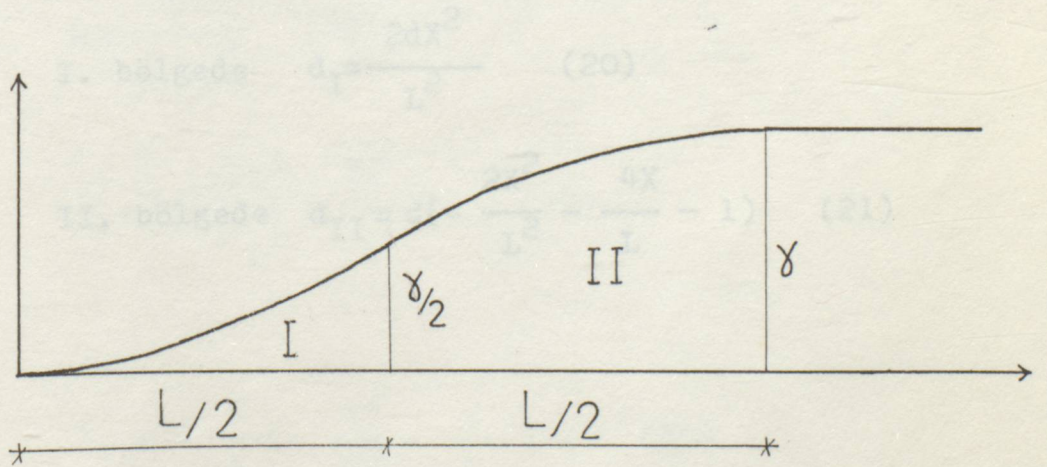
$$L \gg \frac{v^3}{23,33R} - 3,64 dV \quad (15)$$



Şekil 8



Şekil 9



Şekil 10

2.5.2. Petersen birleştirme eğrisi:

Birleştirme eğrisi boyunca konfor ivmesi değişimi, ters iki parabolün fonksiyonu olduğundan, eğrinin denklemi ve özellikleri iki bölgede ayrı ayrıdır. (Şekil-10)

I. bölgede ($s=0$ ile $s=L/2$ arasında)

$$Y = \frac{4X^2}{6RL^2} \quad (16)$$

$$X=L/2 \text{ için } Y_M = \frac{L^2}{96R}$$

II. bölgede ($s=L/2$ ile $s=L$ arasında)

$$Y = \frac{L^2}{R} \left(-\frac{1}{6} \frac{X^4}{L^4} - \frac{2}{3} \frac{X^3}{L^3} - \frac{1}{2} \frac{X^2}{L^2} - \frac{1}{6} \frac{X}{L} - \frac{1}{48} \right) \quad (17)$$

$$X=L \text{ için } Y_A = \frac{L^2}{6,8R} \quad (18)$$

$$M = \frac{L^2}{48R} \quad (19)$$

Deverin değişimi:

$$\text{I. bölgede } d_I = \frac{2dX^2}{L^2} \quad (20)$$

$$\text{II. bölgede } d_{II} = d \left(-\frac{2X^2}{L^2} - \frac{4X}{L} - 1 \right) \quad (21)$$

Rampa eğimi:

$$\text{I. bölgede } \dot{I}_I = \frac{2d}{L} \quad (22)$$

$$\text{II. bölgede } \dot{I}_{II} = \frac{2d}{L} \cdot \left(-\frac{2X}{L} - 2 \right) \quad (23)$$

$$L \geq 800 \text{ d} \quad (24)$$

$$L \geq \frac{v^3}{11,66R} - 7,28 \text{ dv} \quad (25)$$

2.5.3. Bloß birleşme eğrisi:

Birleştirme eğrisi boyunca konfor ivmesinin üçüncü dereceden S-formlu değişimi şekil-10'daki gibidir.

$$Y = \frac{1}{R} \left(-\frac{X^5}{10L^3} - \frac{X^4}{4L^2} \right) \quad (26)$$

$$X = L \text{ için, } Y_A = \frac{L^2}{6,33R} \quad (27)$$

$$M = \frac{L^2}{30,32R} \quad (28)$$

$$d_x = d \left(-\frac{2X^3}{L^3} - \frac{3X^2}{L^2} \right) \quad (29)$$

$$\dot{I}_X = 6 \frac{d}{L} \left(-\frac{X^2}{L^2} - \frac{X}{L} \right) \quad (30)$$

$$L \gg 600 d \quad (31) \quad L \gg \frac{v^3}{15,55R} - 5,46 d v \quad (32)$$

2.5.4. Klein birleştirme eğrisi:

Birleştirme eğrisi boyunca konfor ivmesinin değişimi sinüs fonksiyonudur. Bu fonksiyonun diyagramı şekil-10'daki gibidir.

$$Y = \frac{X^3}{6RL} - \frac{L}{4\pi^2 R} \left(X - \frac{L}{2\pi} \sin \frac{2\pi X}{L} \right) \quad (33)$$

$$X = L \text{ için, } Y_A = \frac{L^2}{7,07R} \quad (34)$$

$$M = \frac{L^2}{60,8R} \quad (35)$$

$$d_X = d \left(\frac{X}{L} - \frac{1}{2\pi} \sin \frac{2\pi X}{L} \right) \quad (36)$$

$$\dot{d}_X = \frac{d}{L} \left(1 - \cos \frac{2\pi X}{L} \right) \quad (37)$$

$$L \gg 800 d \quad L \gg \frac{v^3}{11,66R} - 7,28 d v$$

BÖLÜM .111

3. KURBALARIN BİRLEŞTİRİLMESİ

Birbirini izleyen iki kurba için iki durum söz konusudur.

1. Daire yaylarının merkezleri aynı tarafta olan aynı yönlü kurbalar,

2. Daire yaylarının merkezleri birinde sağ diğesinde sol tarafta olan zıt yönlü kurbalar.

3.1. Aynı Yönlü Kurbalar :

R_1 ve R_2 Yarı Çaplı O_1 ve O_2 merkezli kurbaların arasına L_1 ve L_2 birleştirme eğrileri bulunduğu üç farklı durumla karşıla ılır.

a) $\overline{T_1 T_2} > U_1 U_2$ ise :

Demiryolu arabasının ön ve arka dingilleri arasındaki rijit aralık (r) ise

$\overline{P_1 P_2} < r$ bile olsa araba önemli bir burulmaya maruz kalmaz. (Şekil 11).

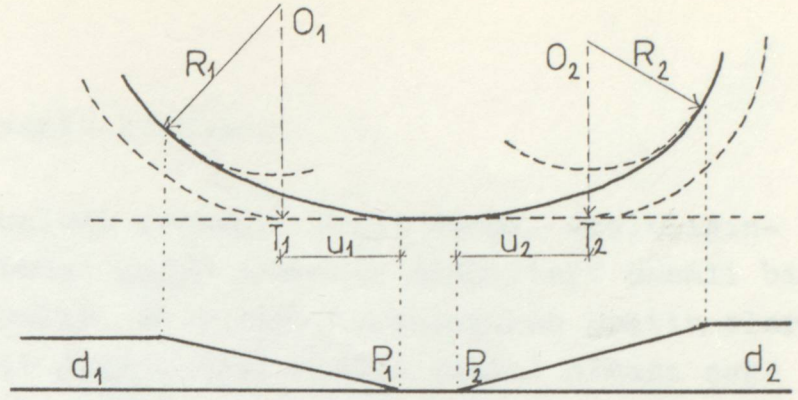
b) $\overline{T_1 T_2} < U_1 - U_2$ ise

Bu durum birleştirme eğrilerinin birbirlerini kesip kurbanın sürekliliğini bozduğundan sakıncalıdır.

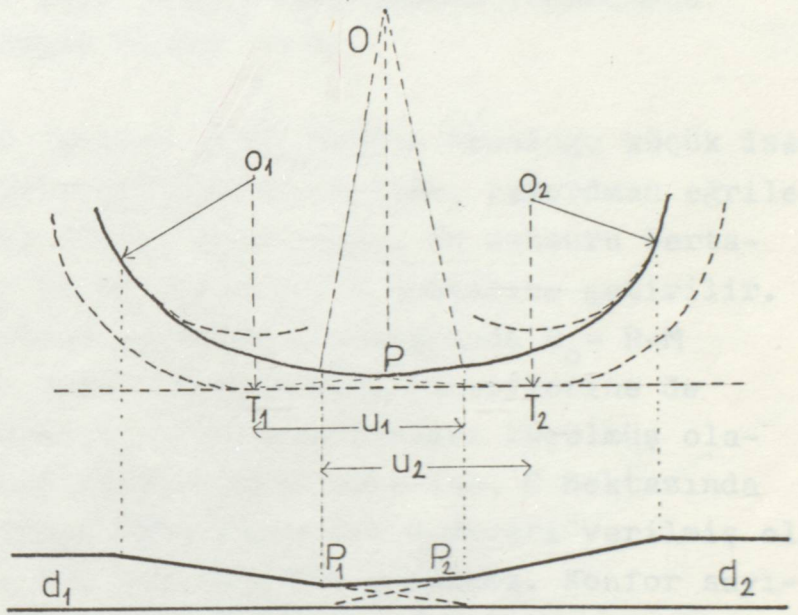
(Şekil 12). Bu yüzden birleştirme eğrilerinin ayrıca rakordmanı gereklidir. Bunun için iki birleştirme eğrisine teğet olan bir oskilatör daire yayı alınır.

c) $\overline{T_1 T_2} = 0$ ise:

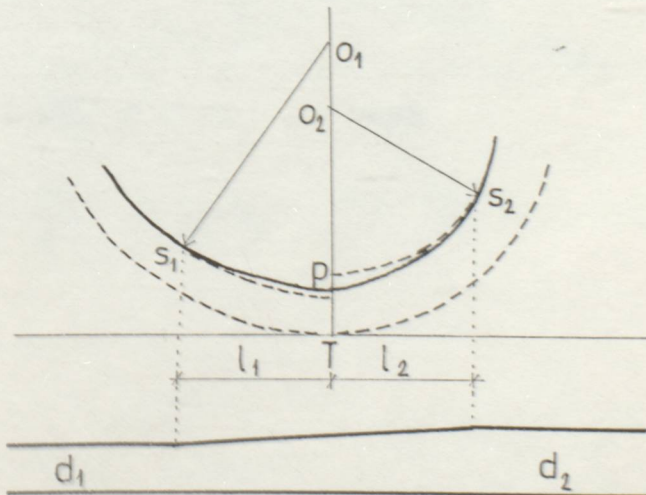
Nadiren karşılaşılan bu sakıncalı durumda daire yayları bir rakordman eğrisi vasıtasıyla birleştirilir. (Şekil-13)



Şekil 11



Şekil 12



Şekil 13

3.2. Zıt yönlü kurbalar:

λ uzunluğu arabanın rijit dingil aralığından küçük ise buradan geçen arabanın dingilleri önemli bir burulmaya maruz kalır. Bu yüzden λ uzunluğunun pratik olarak en az 20 m (rijit dingil aralığından fazla) olması sağlanmalıdır. (Şekil-14)

3.3. Daire yayı açınım uzunluğunun rakordmana elverişli olması hali:

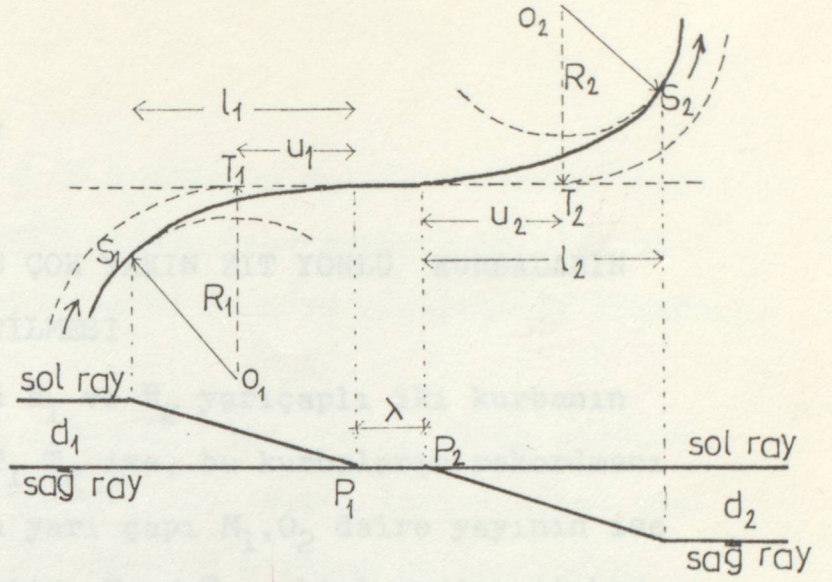
Daire yayının T_1BT_2 açınım uzunluğu küçük ise birleştirme eğrileri yerleştirildiğinde, rakordman eğrileri keşişerek kırık nokta teşkil eder. Bu mahsuru bertaraf etmek için S_1 ve S_2 noktaları C noktasına getirilir. Böylece iki rakordman eğrisinde C noktasında $R_0 = R - M$ yarıçaplı daireye teğet olacağından, birbirlerine de teğet olurlar. Fakat L_0 rakordman boyları küçülmüş olduğundan, rakordman eğimi büyütülemez ise, C noktasında gerekli d_0 deverinden daha küçük bir d deveri verilmiş olur. Ancak pratikte bu hal pek mahsurflu görülmez. Konfor sayısının aşılma durumu varsa rakordman eğrisinin eğimi biraz artırılabilir. (Şekil-15).

Herhangi bir kurbada bu durumla karşılaşmamak için ;

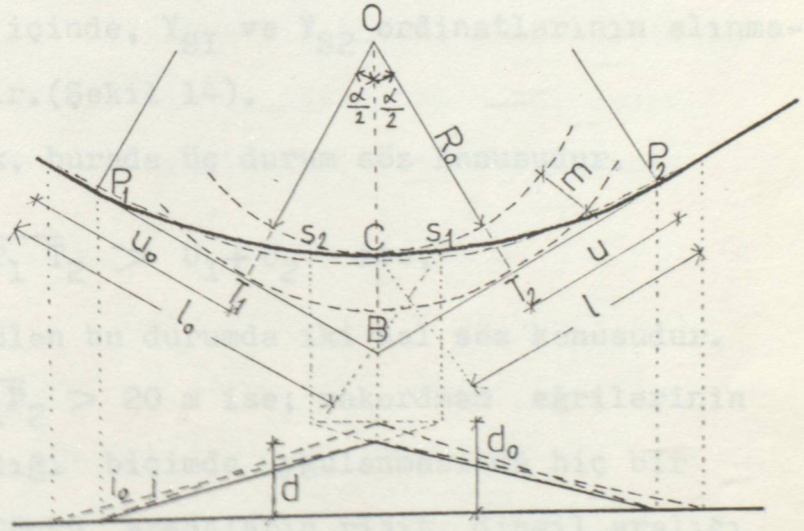
$$\overline{ST}_1 = \overline{ST}_2 < l_0 - U_0 \quad \text{veya}$$

$$R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} < l_0 - U_0$$

olmamalıdır.



Şekil 14



Şekil 15

BÖLÜM IV

4. BİRBİRİNE ÇOK YAKIN ZİT YÖNLÜ KURBALARIN BİRLEŞTİRİLMESİ

Zıt yönlü R_1 ve R_2 yarıçaplı iki kurbanın ortak deger doğrusu $T_1 T_2$ ise, bu kurbaların rakordmanı için O_1 daire yayının yarı çapı M_1 , O_2 daire yayının ise M_2 kadar küçültecektir. T_1 ve T_2 noktalarından itibaren U_1 ve U_2 uzunlukları alınarak P_1 ve P_2 rakordman başlangıçları tesbit edilerek, P_1 ve P_2 den itibaren L_1 ve L_2 rakordman boyları alınmak suretiyle, S_1 ve S_2 teğet noktalarını bulmak içinde, Y_{S1} ve Y_{S2} ordinatlarının alınması kafi gelecektir. (Şekil 14).

Ancak, burada üç durum söz konusudur.

1) $\overline{T_1 T_2} > U_1 + U_2$ ise,

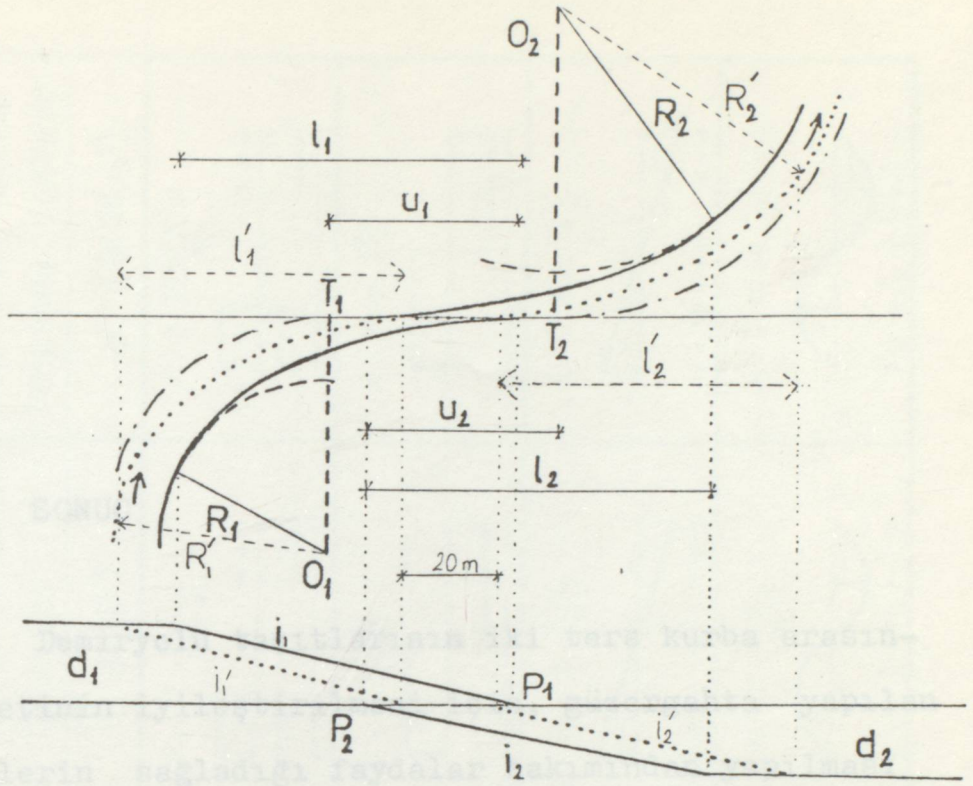
Şekil 14 'de görülen bu durumda iki hal söz konusudur.

a) $\overline{P_1 P_2} > 20$ m ise; rakordman eğrilerinin yukarıda anlatıldığı biçimde uygulanmasında hiç bir sakınca yoktur. Çünkü arabaların rijit dingil aralığı bu mesafeden küçük olduğundan, araba burulmaya maruz kalmadan, bir birleştirme eğrisinden diğerine rahatça geçecektir.

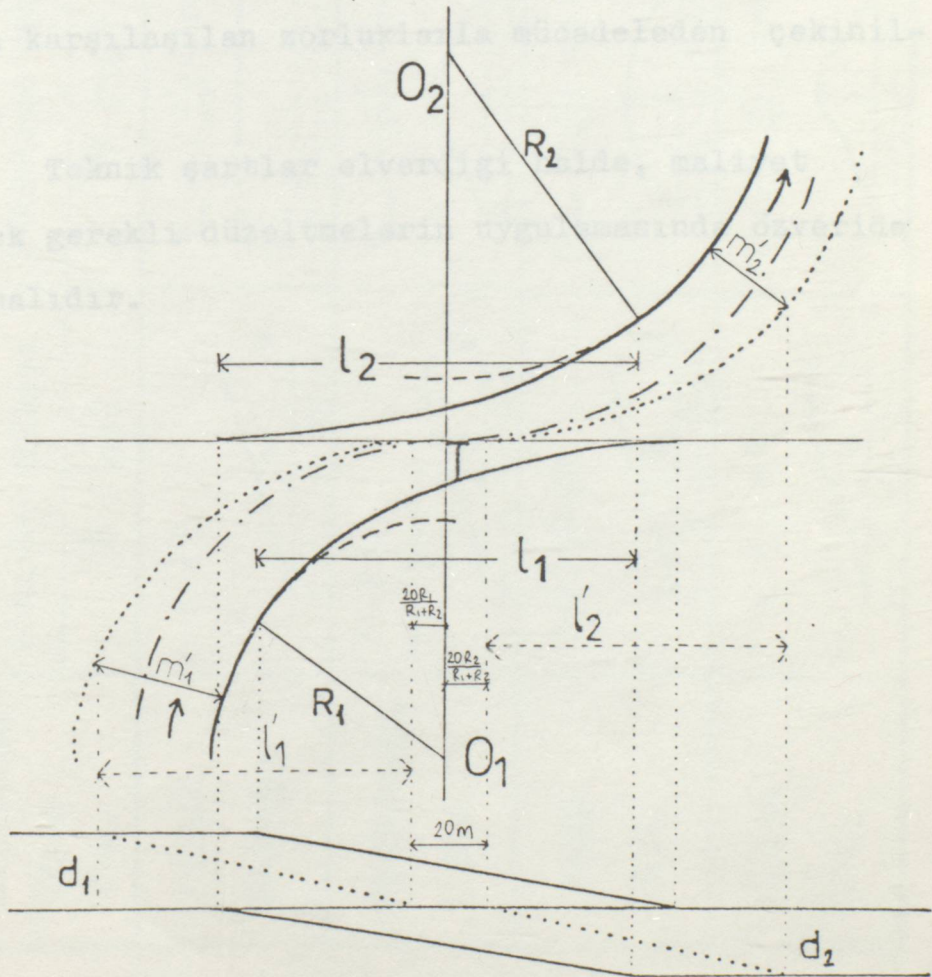
b) $\overline{P_1 P_2} < 20$ m ise; bu mesafe arabanın rijit dingil aralığından küçük olduğundan, arabada burulma olmaması için bu mesafenin en az 20 m ye çıkarılması lazımdır.

2) $\overline{T_1 T_2} < U_1 + U_2$ ise, Şekil 16'da görülen bu durumda, birleştirme eğrileri birbirlerine teğet olmayıp güzergahta bir süreksizlik meydana geleceğinden, birleştirme eğrilerinin ayrıca rakordmanı gereklidir.

3) $\overline{T_1 T_2} = 0$ ise , Şekil 17 'de çok nadir görülen bu durumda, iki ters kurba birbirine teğet olduğundan , birleştirme eğrileri bir önceki durumda olduğu gibi güzergahta süreksizlik oluşturacağından, daire yaylarının bir rakordman eğrisi ile birleştirilmesi icap eder.



Şekil 16



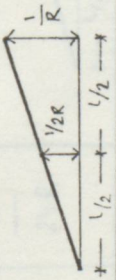
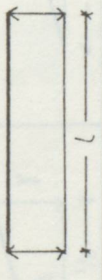
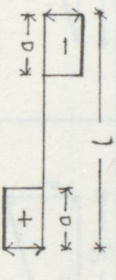
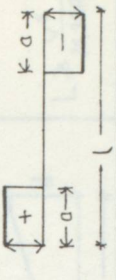
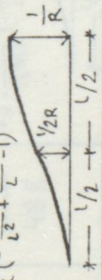
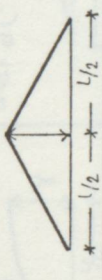
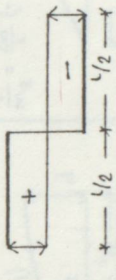
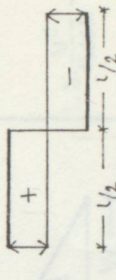
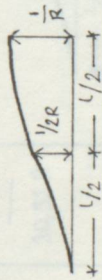
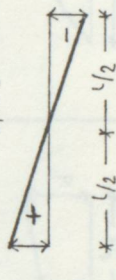
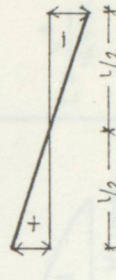
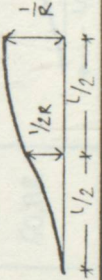
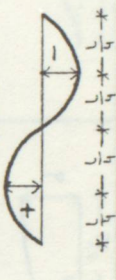
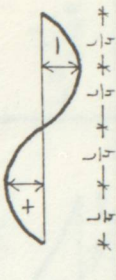
Şekil 17

SONUÇ

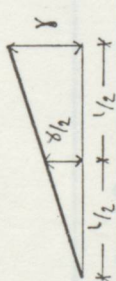
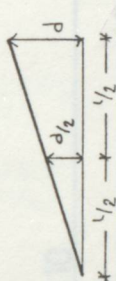
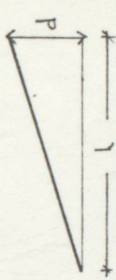
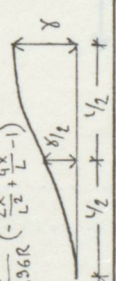
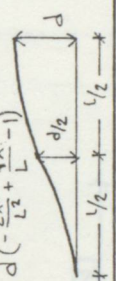
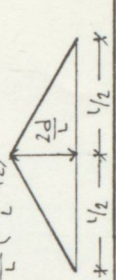
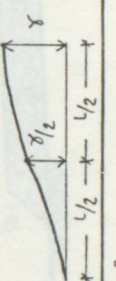
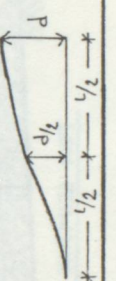
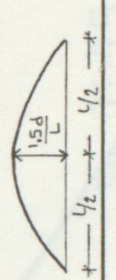
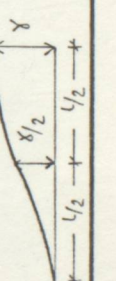
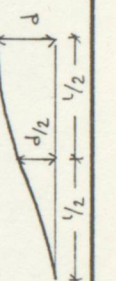
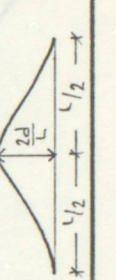
Demiryolu taşıtlarının iki ters kurba arasındaki hareketinin iyileştirilmesi için, güzergahta yapılan değişikliklerin sağladığı faydalar bakımından yapılması lazım gelmektedir. Çünkü gerekli düzeltmeler sayesinde, eski duruma nazaran daha iyi neticeler elde edildiğinden, uygulamada karşılaşılan zorluklarla mücadeleden çekinilmemelidir.

Teknik şartlar elverdiği halde, maliyet düşünülerek gerekli düzeltmelerin uygulamasında özveride bulunulmamalıdır.

TABLO 1a

BİRLEŞTİRME EĞRİSİ CİNSİ	EĞRİLİĞİN DEĞİŞİMİ	SARSMANIN DEĞİŞİMİ	TIRMANMA İVMESİNİN DEĞİŞİMİ	RAMPADAKİ DÖNME İVMESİNİN DEĞİŞİMİ
	$k \text{ (1/m)}$	$\Psi \text{ (m/s}^3\text{)}$	$P_d \text{ (m/s}^2\text{)}$	$\alpha \text{ (grad/s}^2\text{)}$
KÜBİK PARABOL	$k = \frac{1}{R} \frac{x}{L}$ 	$\Psi_{\max} = \frac{1}{L} \left(\frac{V^3}{46,66R} - 1,82 V \cdot d \right)$ 	$P_d = \pm \frac{V^2 d}{12,96 a L}$ 	$\alpha = \pm \frac{3,275 V^2 d}{a L}$ 
PETERSEN B. E.	$k_I = \frac{2}{R} \frac{x^2}{L^2}$ $k_{II} = \frac{1}{R} \left(-\frac{2x^2}{L^2} + \frac{4x}{L} - 1 \right)$ 	$\Psi_{\max} = \frac{1}{L} \left(\frac{V^3}{23,33R} - 3,64 V \cdot d \right)$ 	$P_d = \pm \frac{V^2 d}{3,24 L^2}$ 	$\alpha = \pm 19,1 \frac{V^2 d}{L^2}$ 
BLOß B. E.	$k = \frac{1}{R} \left(-\frac{2x^3}{L^3} + \frac{3x^2}{L^2} \right)$ 	$\Psi_{\max} = \frac{1}{L} \left(\frac{V^3}{31,11R} - 2,73 V \cdot d \right)$ 	$P_d = \pm \frac{V^2 d}{2,16 L^2}$ 	$\alpha = \pm 19,65 \frac{V^2 d}{L^2}$ 
KLEİN B. E.	$k = \frac{1}{R} \left(\frac{x}{L} - \frac{1}{2\pi} \sin \frac{2\pi x}{L} \right)$ 	$\Psi_{\max} = \frac{1}{L} \left(\frac{V^3}{23,33R} - 3,64 V \cdot d \right)$ 	$P_d = \pm \frac{V^2 d}{2,06 L^2}$ 	$\alpha = \pm 20,58 \frac{V^2 d}{L^2}$ 

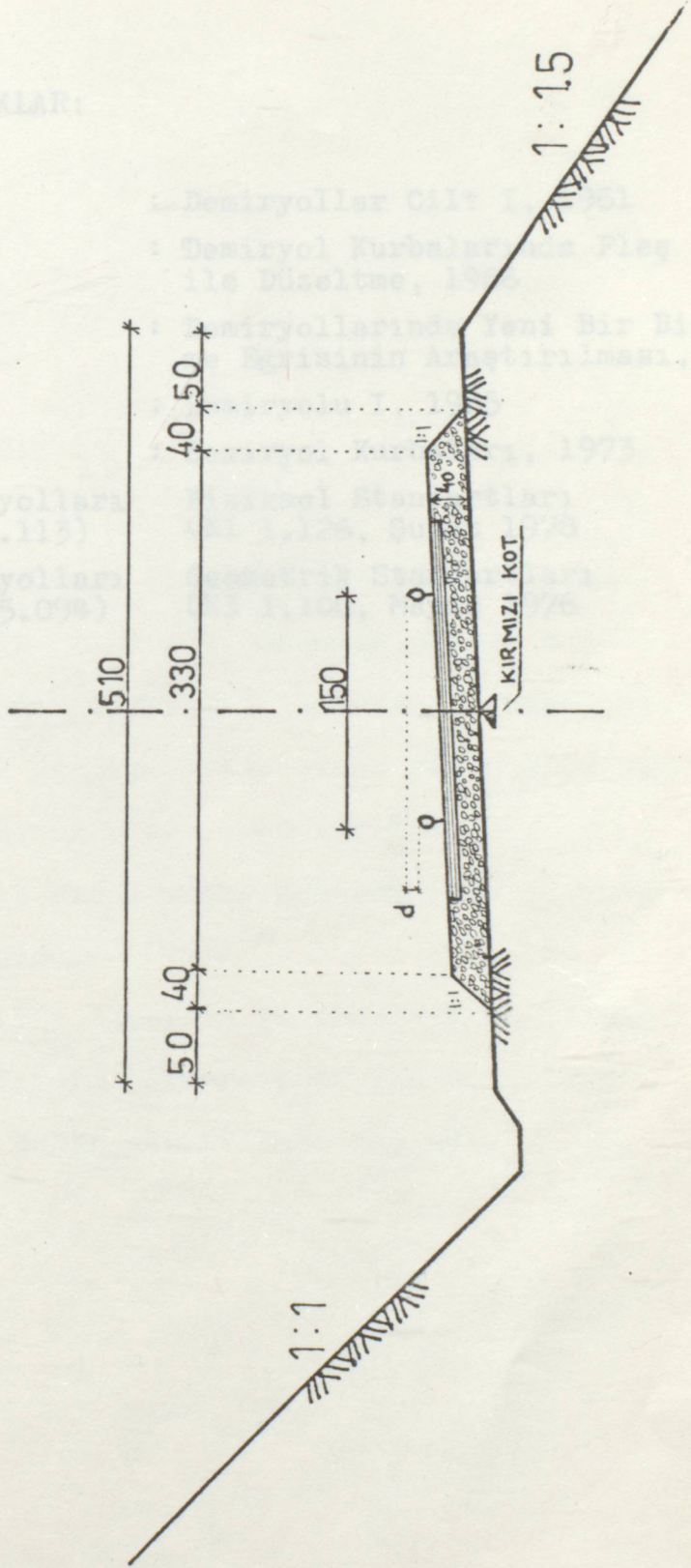
TABLO 1b

BİRLEŞTİRME EĞRİSİ CİNSİ	B. E. nin Bitiş Ordinatı	Kurbun Öteleme Miktarı	KONFOR İVMESİ DEĞİŞİMİ	DEVERİN DEĞİŞİMİ	RAMPA EĞİMİNİN DEĞİŞİMİ	RAMPA UZUNLUĞU
	Y_A	m	$\gamma \text{ (m/s}^2\text{)}$	$d \text{ (m)}$	$1/m$	$L \text{ (m)}$
KÜBİK PARABOL	$\frac{L^2}{6R}$	$\frac{L^2}{24R}$	$\gamma = \frac{v^2}{12,96R} \cdot \frac{x}{L}$ 	$d_x = d \cdot \frac{x}{L}$ 	$\frac{1}{m} = \frac{d}{L}$ 	$L \geq 400d$ $L \geq \frac{v^3}{23,33R} - 3,64dv$
PETERSEN B. E.	$\frac{L^2}{6,8R}$	$\frac{L^2}{48R}$	$\gamma_I = \frac{v^2}{6,48R} \cdot \frac{x^2}{L^2}$ $\gamma_{II} = \frac{v^2}{12,96R} \cdot \left(-\frac{2x^2}{L^2} + \frac{4x}{L} - 1\right)$ 	$d_{xI} = d \cdot \frac{2x^2}{L^2}$ $d_{xII} = d \cdot \left(-\frac{2x^2}{L^2} + \frac{4x}{L} - 1\right)$ 	$\frac{1}{m_I} = d \cdot \frac{4x}{L^2}$ $\frac{1}{m_{II}} = \frac{2d}{L} \cdot \left(-\frac{2x}{L} + 1\right)$ 	$L \geq 800d$ $L \geq \frac{v^3}{11,66R} - 7,28dv$
BLOß B. E.	$\frac{L^2}{6,33R}$	$\frac{L^2}{30,32R}$	$\gamma = \frac{v^2}{12,96R} \cdot \left(-\frac{2x^3}{L^3} + \frac{3x^2}{L^2}\right)$ 	$d_x = d \cdot \left(-\frac{2x^3}{L^3} + \frac{3x^2}{L^2}\right)$ 	$\frac{1}{m} = \frac{6d}{L} \cdot \left(-\frac{x^2}{L^2} + \frac{x}{L}\right)$ 	$L \geq 600d$ $L \geq \frac{v^3}{15,55R} - 5,46dv$
KLEİN B. E.	$\frac{L^2}{7,07R}$	$\frac{L^2}{60,8R}$	$\gamma = \frac{v^2}{12,96R} \cdot \left(\frac{x}{L} - \frac{1}{2\pi} \sin \frac{2\pi x}{L}\right)$ 	$d_x = d \cdot \left(\frac{x}{L} - \frac{1}{2\pi} \sin \frac{2\pi x}{L}\right)$ 	$\frac{1}{m} = \frac{d}{L} \cdot \left(1 - \cos \frac{2\pi x}{L}\right)$ 	$L \geq 800d$ $L \geq \frac{v^3}{11,66R} - 7,28dv$

KURBADA TİPİK ENKESİT

KAYNAKLAR:

- (1) Z. BAKMEN : Demiryollar Cilt: 1, 1951
- (2) Z. BAKBOY : Demiryol Kurbağası ve Piyas Metodu ile Düseltme, 1951
- (3) O. BİÇAKÇI : Demiryollarında Yeni Bir Birleştirme Yönteminin Aştırılması, 1977
- (4) M. BÖZKURT
- (5) M. BÖZKURT
- (6) Türkiye Demiryolları Genel Müdürlüğü : Demiryolları Kurbağası ve Piyas Metodu ile Düseltme, 1973
- (7) Türkiye Demiryolları Genel Müdürlüğü : Demiryolları Kurbağası ve Piyas Metodu ile Düseltme, 1976



KAYNAKLAR:

- (1) E. BERKMEN : Demiryollar Cilt I, 1961
- (2) B. BERKSOY : Demiryol Kurbalarında Fleş Metodu ile Düzeltme, 1966
- (3) O. BIÇAKÇI : Demiryollarında Yeni Bir Birleştirme Eğrisinin Araştırılması, 1977
- (4) M. BOZKURT : Demiryolu I, 1985
- (5) M. BOZKURT : Demiryol Kurbaları, 1973
- (6) Türkiye Demiryolları Fiziksel Standartları
yayın No (223.113) UKİ 1.126, Şubat 1978
- (7) Türkiye Demiryolları Geometrik Standartları
Yayın No: (205.094) UKİ 1.100, Mayıs 1976

ÖZGEÇMİŞ:

1962 yılında İzmit ilinin Hereke kasabasında doğan Fatih Bengi İlk öğrenime burada başlayarak 1973 yılında Kozyatağı İlkokulunda tamamladı. Orta öğrenimi için Suadiye Ortaokuluna girip 1979'da Suadiye Lisesinden mezun oldu. Aynı yıl Yıldız Üniversitesi İnşaat Fakültesine girerek 1984 yılında İnşaat Mühendisi oldu.

Ulaştırma Anabilim Dalında yüksek Lisans öğrenimi görmeye Yıldız Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde 1985 Bahar yarıyılında başladı.

