

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Demir, Yapı, Zorl. ve Olu. Boz.

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tevfik Çelik

1986

150
121

112 1500

YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

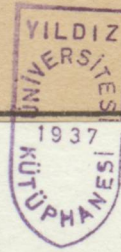
Demiryolu Yapısının Zorlanması
VE
Oluşan Bozukluklar

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞ. MÜH. TEVFIK ÇELİK

İSTANBUL 1986

YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
GENEL KİTAPLIĞI

Kot : R 150
Alındığı Yer : Fen Bil. Ens 121
Tarih : 24.12.1988
Fatura :
Fiatı : 4000 TL
Ayniyat No : 1/24
Kayıt No : 45933
UDC : 625
Ek : 378.242



YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**Demiryolu Yapısının Zorlanması
VE
Oluşan Bozukluklar**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞ. MÜH. TEVFIK ÇELİK



İÇİNDEKİLER

Tez çalışmamı yöneten, çalışma boyunca sürekli ilgisini
gördüğüm ve değerli fikirlerinden yararlandığım

Doç.Dr.Aydın EREL'e

Çalışma boyunca yakın ilgi ve yardımlarını gördüğüm

Yrd.Dr.Zerrin TUNA'ya,değerli arkadaşlarım Süreyya TAYFUR
ile İsmail ŞAHİN'e

Tezin yazılmasında yardımlarını esirgemeyen ve büyük özen
gösteren Aytül GİRGİN ve Rezzan KEPSUTLU'ya

en derin saygılarımı sunarım.



İÇİNDEKİLER

1-	GİRİŞ: DEMİRYOLU YAPISININ TANIMI	1
1.1-	ALTYAPI	1
1.1.1-	ALTYAPININ GÖREVLERİ	1
1.2-	ÜSTYAPI	2
1.2.1-	ÜSTYAPININ GÖREVLERİ	3
1.2.2-	ÜSTYAPI ELEMANLARI	3
	A. RAY	3
	B. TRAVERS	6
	C. BALAST	11
2-	DEMİRYOLU YAPISINA GELEN ETKİLER VE BAĞLI OLDUĞU FAKTÖRLER	13
3-	DEMİRYOLU YAPISININ ZORLANMASI	16
3.1-	DEMİRYOLU YAPISININ DÜŞEY DİNAMİK DİNGİL YÜKLERİ ALTINDA TAŞIYICI OLARAK ZORLANMASI	16
3.1.1-	TEKERLEK YÜKÜ DEĞİŞİMİNİN ETKİSİ	24
3.2-	DEMİRYOLU YAPISININ YOL OLARAK ZORLANMASI	30
3.2.1-	AŞINMA	30
3.2.2-	KABUKLANMA	33
3.3-	DEMİRYOLU YAPISININ YANAL YÖNDE ZORLANMASI	34
3.3.1-	KURBALARDAKİ DENGELENMEMİŞ YANAL KUVVETLER	34
3.3.2-	DOĞRU KESİMLERDEKİ LASE KUVVETLERİ	36
3.3.3-	GENLEŞME KUVVETLERİ	37
3.4-	DEMİRYOLU YAPISININ BOYUNA YÖNDEKİ ETKİLERLE ZORLANMASI	38

4-	DEMIRYOLU YAPISINDAKİ BOZUKLUKLAR	40
4.1-	GEOMETRİK YOL BOZUKLUKLARI	42
4.2-	BOYUNA DOĞRULTUDAKİ NİVELMAN BOZUKLUKLARI	43
	A- RAY KESİTİNİN ETKİSİ	45
	B- TRAVERS ARALIĞININ ETKİSİ	46
	C- TABAN ZEMİNİNİN ETKİSİ	46
	D- BALAST (E) MODÜLÜNÜN ETKİSİ	47
	E- BALAST KALINLIĞININ ETKİSİ	47
	F- TRAFİK YÜKÜNÜN ETKİSİ	48
4.3-	NİVELMAN BOZUKLUKLARININ ONLENMESİ VE KISITLANMASI	49
	EGRİLER	51
	YARARLANILAN KAYNAKLAR	63
	ÖZGEÇMİŞ	64


ÖZET

Demiryolu yapısında oluşan bozukluklar üstyapıya gelen etkilerle birlikte demiryolu yapısının aşırı derecede zorlanmasına neden olmaktadır. Demiryolu yapısında oluşacak bozuklukların kısıtlanması ve önlenmesi çarelerinin araştırılması amacıyla Üniversite'mizin ULAŞTIRMA ANABİLİM DALI'nca başlatılan bir araştırmanın başlangıcına yönelik bu çalışmada, üstyapıya gelen etkiler altında demiryolu yapısının zorlanması ele alınmıştır.

Birinci bölümde daha sonraki bölümlerde yapılacak çalışmalara ışık tutmak amacıyla demiryolu yapısının tanımı yapılmış ve üstyapı elemanları hakkında bilgi verilmiştir.

İkinci bölümde üstyapıya gelen etkilerin analizi yapılarak bu etkilerin bağlı olduğu faktörler ayrıntılı olarak gözden geçirilmiştir. Üçüncü bölümde demiryolu yapısının bir önceki bölümde belirtilen etkiler altındaki zorlanmaları incelenmiş ve hesap yöntemleri verilmiştir. Dördüncü bölümde ise, demiryolu yapısında oluşacak bozuklukların her biri başlı başına bir araştırma konusu olduğundan sadece yol geometrisindeki bozukluklar ele alınarak bunlardan, yol boyuna doğrultusundaki nivelman bozukluklarının trafik ve yol parametrelerine bağlı olarak değişimi incelenmiştir.

Son bölümde ise bozuklukların önlenmesine ilişkin bazı öneriler getirilmiştir.



SUMMARY

Deteriorations on the structure of the railway, by increasing the influences on the super structure and with dynamic effects, cause the super structure of the railway to be forced at extreme degree.

The influences on the super structure are considered in this investigation which can be accepted as the beginning of a research started by Transportation Scientific branch of our university in order to restrict and investigate solutions to prevent potential deteriorations on the basic structure of the railway.

In the first chapter, in order to help to understand the further study, the basic structure of the railway is defined and information is given about each part of super structure. In the second chapter, influences on the superstructure from different directions are analyzed and the facts that cause these influences are considered in detail. In the third chapter, under the influences, mentioned in the former chapter, the difficulties are considered and calculation methods are given.

In the fourth chapter, as each difficulty that might happen on a railway is a subject of an individual research deteriorations on the truck geometry are handled and from this point in accordance with the traffic and truck parameters changes of levelman deterioration and the vertical geometry of the truck are considered.

1. DEMİRYOLU YAPISININ TANIMI :

Demiryolu yapısı, trafik yüklerini güvenli bir şekilde zemine iletebilecek ve demiryolu hattını doğanın zararlı etkilerinden koruyabilecek nitelikteki bir temel ile demiryolu taşıtlarına hareket ilkelerinin gerektirdiği koşullarda konforlu ve güvenli bir taşın yolu sağlayabilecek elemanlardan oluşur.

1.1. ALTYAPI :

Yapımı tamamlanmış bir demiryolunda, platform düzeyi ile doğal zemin çizgisi arasındaki bölgeye ALTYAPI adı verilir. Altyapı; yolun dolgu kesimlerinde, dışardan getirilmiş toprak ile oluşturulmuş bir toprak gövdedir. Yarma kesimlerinde ise yukardaki tanımlamaya göre platform düzeyine gelinceye kadar kazılan doğal zemindir, ancak kazı işleminden sonra platform üzerinde istenilen düzlüğü ve eşit yük dağılımını sağlamak amacıyla döşenen ve sıkıştırılan toprak, dolgu kesimlerindeki kadar büyük hacimlerde olmasa bile, yarma kesimindeki altyapıyı oluşturur.

1.1.1. ALTYAPININ GÖREVLERİ :

Altyapının görevlerini şöyle sıralayabiliriz;

- Hattın her kesiminde istenilen yükseltide düzgün bir yüzey sağlamak,
- Üstyapıya sağlam bir temel oluşturmak,
- Üstyapı tarafından iletilen yükleri güvenle karşılamak

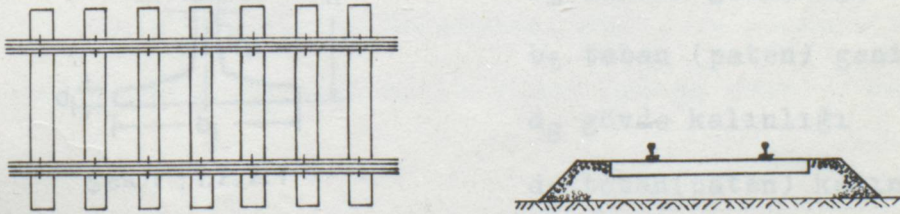
geniş bir alana yaymak,

- Yeterli taşıma gücüne sahip olmak,
- Geçirimli olmalı, yani su tutmamalı,
- Dondan etkilenmemeli,
- Çevre koşullarından etkilenmemeli,
- Uzun ömürlü ve ekonomik olmalı.

1.2. ÜSTYAPI :

Demiryolu taşıtlarının güven, konfor, hız ve ekonomiklik ile seyrini sağlayan ve altyapı üzerine döşenmiş bulunan malzeme ve elemanların tümüne ÜSTYAPI denir.

ustyapı; araba tekerleklerinin üzerinde yuvarlandıkları, yol eksenine paralel yönde ve belirli bir hat genişliğinde döşenmiş bir çift çelik ray, bunların altında yol eksenine dik olarak ve belirli aralıklarla yerleştirilmiş ahşap, çelik yada betonarme traversler, rayların birbirine ve traverslere bağlantısını sağlayan küçük bağlantı elemanları ve traverslerle altyapı arasına döşenmiş balast tabakasından oluşur. (Şekil 1.3.1)



Şekil : 1.3.1

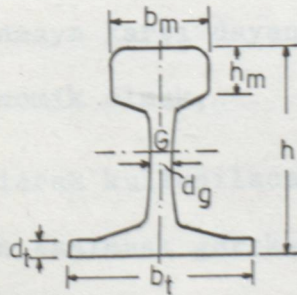
1.2.1. ÜSTYAPININ GÖREVLERİ :

Üstyapının taşıyıcı ve yol olarak şu görevleri güvenle yerine getirmesi istenir.

- Yol boyunca demiryolu arabalarına düzgün ve pürüzsüz bir yuvarlanma yüzeyi sağlamak,
- Demiryolu taşıtlarından gelen statik ve dinamik kuvvetleri güvenlikle ve kalıcı şekil değiştirmelere uğramadan karşılamak ve kısmen azaltarak altyapıya iletnek,
- Yeterli elastikliğe sahip olmak,
- Şekil bozukluklarına uğradığında, kolayca eski durumuna getirilebilir özellikte olmak, özellikle dereyman sırasında yolun tümüyle tahribine neden olmamak,
- Yüzey sularını bünyesinden kolaylıkla uzaklaştırabilir özellikte olmak,
- Uzun ömürlü ve ekonomik olmak.

1.2.2. ÜSTYAPI ELEMANLARI :

A. RAY :



Şekil : 1.2.2.1

- h ray yüksekliği
- h_m mantar yüksekliği
- b_m mantar genişliği
- b_t taban (paten) genişliği
- d_g gövde kalınlığı
- d_t taban(paten) kalınlığı

Ray demiryolu arabaları ile direkt temasta bulunan, aşınmaya karşı dayanıklı ve yüksek mukavemetli çelik

malzemedan yapılmış enkesit tipi Şekil (1.2.21)'de görülen VİNYOL tipli bir üstyapı elemanıdır. Trafik yüklerinin ve seyahat hızlarının artmasıyla birlikte yola etkiyen statik ve dinamik zorlanmalarda arttığından, üstyapı elemanlarının özellikle rayın bu etkilere güvenli bir şekilde ve uzun bir süre dayanabilecek yapıda olmaları gerekmektedir.

-Rayın Görevleri :

Rayın taşıyıcı ve yol elemanı olarak görevlerini şöyle sıralayabiliriz;

- Üzerinde hareket eden demiryolu arabalarına düzgün ve pürüzsüz bir yuvarlanma yüzeyi sağlamak. Başka bir tabirle, yuvarlanma yüzeyi tekerlek ile ray arasındaki temas koşullarını en iyi şekilde sağlamak,
- Demiryolu arabalarının tekerlekleri vasıtasıyla tatbik ettikleri dingil yüklerini, elastik altyapıya oturmuş bir giriş olarak alıp uygun bir yük dağılımı ile traverslere iletmek,
- Aşınmaya karşı dayanıklı olmak,
- Ekonomik olmak,

Ray olarak kullanılacak malzemenin şekil ve malzeme yönünden taşıması gereken özellikleri ise şu şekilde özetlenebilir;

- Yuvarlanma yüzeyi alanı, gerilmeleri en aza indirecek genişlikte olmalıdır,
- Ray mantarının yüksekliği, aşınma bakımından ray ömrünü

- yeterince uzun tutmak için fazla olmalıdır.
- Ray gövdesi gerekli taşıma gücünü ve eğilme rijitliğini sağlayacak ölçüde yeterli kalınlıkta olmalıdır. Bu kalınlık saptanırken oksitlenme yoluyla kesitin zayıflayabileceği gözönüne alınmalıdır.
 - Ray taban genişliği, devrilmeye karşı stabiliteyi sağlayabilecek ve traverse aktarılan basınç gerilmelerini karşılayabilmek için olanaklar ölçüsünde geniş tutulmalıdır.
 - Rayın mukavemet momenti düşey etkilere karşı yeterince büyük olmalıdır. Bunun için gövde yüksekliği yeterince yüksek, mantar ve taban kesitleri gövde kesitine göre daha büyük olmalıdır.
 - Devrilmeye karşı güvenliği sağlayabilmek için gövde yüksekliğinin taban genişliğine oranı küçük olmalıdır.
 - Statik nedenlerle, ray kesitinin ağırlık merkezi ray yüksekliğinin yarısı dolayında bulunmalıdır.
 - Ray kesidi içinde uygun bir gerilme dağılımının sağlanabilmesi ve haddelme tekniği bakımlarından, mantar ve taban köşeleri ile gövde ile birleşim yerlerindeki daire yarıçapları olanaklar ölçüsünde büyük tutulmalıdır.
 - Mantar ve tabanın gövde ile birleşim yerlerindeki boyutlar, standart tip cebire boyutlarına uygun olmalıdır.

Görüldüğü gibi, sıralanan bu özelliklerden birinin yerine getirilmesi diğerlerini olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Bu nedenle ray kesidinin yukardaki özelliklerin tümünü birden yeterli ölçüde getirebilecek şekilde bir optimizas-

yonu gidilerek saptanması gerekir. Bugün ülkemizde ve diğ-
er ülkelerde kullanılmakta olan bazı ray tipleri ve bo-
yutları (Tablo 1)'de verilmiştir. (1)

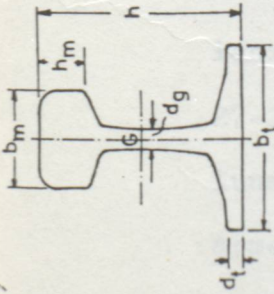
B. TRAVERS :

Klasik demiryolu yapılarında yol eksenine dik yönde ve
rayların altına mesnet olarak belirli aralıklarla yer-
leştirilmiş olan traversler, ahşap, çelik yada betonar-
me malzemeden yapılmış üstyapı elemanlarıdır.

-Ahşap Traversler :

İlk kullanılan travers malzemesi ahşaptır, ancak ahşap
traversler günümüzde ilkgünkü kullanım yaygınlığını koru-
yamamıştır. Travers olarak kullanılabilcek ağaç türleri
meşe, kayın, karaçam, köknar ve çamdır.

İsviçre'de normal traversler kayın ağacından, boylama ma-
kas travarsleri ise meşe ağacından yapılmaktadır. Kayın
ağacından yapılan traverslerde boyuna çatlaklar meydana
gelebilir, bu durumda traversler vidalı saplama yada çe-
lik band geçirilerek kullanılabilir. Ayrıca ahşap travers
ler basınç odasında 7~8 atmosferlik basınç ve 110°C'lik
sıcaklıkta kreozot içirilmek suretiyle ilaçlanırlar. Ka-
yın ağacında kullanılan kreazot miktarı travers başına 16
kg., meşede ise 6 kg.dır. Böylelikle ahşap traverslerin
ilaçlanmadan kullanıldığında 5-15 yıl olan ömürleri 30-35
yıla çıkar. Orneğin ilaçlanmadan kullanılan çam ağacından
yapılmış traverslerin ömürleri 8 yıl iken ilaçlandıktan
sonra 30 yıla çıkmaktadır.



RAY TIPLERİ	G	F	b _m	h _m	h	d	b _t	I _x	I _y	I _{yT}	W _{mx}	W _{tx}	W _{ty}
	Kg/m	mm ²	mm	mm	mm	mm	mm	cm ⁴	cm ⁴	cm ⁴	cm ³	cm ³	cm ³
R 39 (T.C.D.D.)	39.52	5073	62	37.50	138	12	120	1292	215	96	187.8	186.7	35
R 46 (T.C.D.D.)	46.30	5906	62	36.30	145	15	134	1588	334	140	204	236	54
S 49 (B.ALM.)	49.43	6297	67	39.80	149	14	125	1819	320	162	240	248	51
S 54 (B.ALM.)	54.54	6948	67	43.30	154	16	125	2073	359	196	262	276	57
UIC 54 (AVRUPA)	54.43	6934	70	36.30	159	16	140	2346	418	146	279	313	60
UIC 60 (AVRUPA)	60.34	7686	72	37.50	172	16.5	150	3055	513	172	335.5	377	68
S 64 (B.ALM.)	64.92	8260	74	43	172	16	150	3252	604	225	356	403	81
R 65 (S.S.C.B.)	65	8290	73.95	40.30	180	18	150	3548	570	221	359	436	76
140 RE (A.B.D.)	69.40	8845	76.20	39.80	185.7	19.1	152.5	4059	661	222	406	474	87

Indisler : t = Ray tabanı
m = Ray mantarı
T = Burulma
x = Yatay eksene göre
y = Düşey eksene göre

TABLO : 1
Ülkemizde ve diğer ülkelerde kullanılan ray tipleri

-Metal Traversler :

Çok önceleri ahşap traverslerin yerine kullanılmaya başlanmış ise de konstrüksiyonlarının çok zayıf olmasından ötürü ahşabın yerini tutmamıştır. 1888'de geliştirilen "Tekne" formulu çelik traversler bugün bile kullanılmaktadır.

-Beton Traversler :

Betonun inşaatlarda kullanılması ile birlikte betonarme traverslerin de demiryolu yapısında kullanılabilirliği araştırılmaya başlanmıştır. Fakat ilk yapılan beton traversler, çok kolay çatlama ve ray ile bağlantılarının nasıl olacağı konusunun tam olarak açıklığa kavuşturulmaması bakımından istenen özellikleri gösterememiştir.

Önceleri bağlantı, beton traverslerin içine konan ahşap dübel ile sağlanıyordu, ancak bu da memnun edici bir sonuç vermeyince Fransızlar, beton traverse meydana gelen çatlakların önlenmesi için iki bloktan meydana gelen beton traversler yaparak, traverse ortasındaki oturmayı önlemişlerdir.

Beton traverse ilk iyi neticeler öngörülen betonun kullanılmasından sonra elde edilmiştir. (BS70 traverslerde, 27-28 ton'luk öngörülen verilen 4-8 adet çelik çubuk bulunmaktadır.) Fransızların geliştirdiği iki bloklu betonarme traversler (Tip RS) çok geniş bir uygulama alanı bulmuştur. İki bloklu (poli-blok) beton traverse bloklar (L) veya (T) kesitli çelik profiller ile birleştirilmiştir. Burada çelik profilin görevi yanal stabilizeyi sağlamak



ve hat genişliğini sabit tutmaktır.

-Traversin Görevleri :

Traverslerin görevleri kısaca aşağıdaki gibi özetlenebilir.

- Raylara mesnet görevi yapmak,
- Raylardan iletilen kuvvetleri azaltarak almak ve düzgün bir şekilde yayarak balast tabakasına iletmek,
- İki ray arasındaki hat genişliğini sabit tutmak,
- Yatay kuvvetlerin etkisiyle rayları traverslere bağlayan bağlantı elemanlarının gevşemesine engel olabilmek için, raylara içe doğru 1/20 eğim verebilmek,
- Hat boyunca trafik kontrolünde kullanılan sinyal işaretlerinin çalışmasında, üzerlerindentaşıtların geçmesiyle kapalı bir devre oluşturan ray çiftinin arasında yalıtkanlık görevini yapmaktır.

Travers Türlerinin Görevleri ve Özellikleri bakımından

karşılaştırılması :

<u>ÖZELLİKLERİ</u>	<u>AHSAP</u>	<u>CELİK</u>	<u>BETONARME</u>
Taşıma Gücü	İYİ	İYİ	İYİ
Elastiklik	ÇOK İYİ	İYİ	KÖTÜ
yanal ve boyuna kayma direnci	Boy.İYİ	ÇOK İYİ	yanal İYİ
yalıtkanlık	İYİ	KÖTÜ	İYİ
Taşınabilirlik	İYİ	KÖTÜ	KÖTÜ
Gürültü Bakımından	ÇOK İYİ	KÖTÜ	Elastik mesnet-lerde iyi
Ekonomiklik	İYİ	KÖTÜ	İYİ
Omür	25-30 sene	50-60 sene	ÇOK UZUN
İstif Edilebilme	KÖTÜ	ÇOK İYİ	KÖTÜ
Yeniden Kullanılabilme	İYİ	ÇOK İYİ	KÖTÜ
Bağlantı	ÇOK İYİ	İYİ	İYİ
Maliyet	DEĞİŞKEN	DEĞİŞKEN	DEĞİŞKEN
Kırılma ve Ezilme mukavemeti	İYİ	ÇOK İYİ	İYİ

C. BALAST :

Altyapı platformu üzerinde bulunan ve traverslerin içine gömülü oldukları kırmataş tabakasına BALAST adı verilir.

En uygun balast malzemesi bazalt, granit, siyenit, porfir yada sert kalker cinsindeki yüksek mukavemetli taşların kırılıp elekten geçirilmesi ile elde olunur, ancak bazı hallerde çakıl taşı ve yüksek fırın cürufu da balast olarak kullanılabilir. Balast olarak kullanılacak taşların boyutları 10-65 mm. olmalıdır. Bu boyuttaki taşların enaz %10'u kırılmış olmalıdır. 65 mm'den büyük taşlar ancak kırıldıktan sonra kullanılabilir. Balast olarak kullanılabilen cüruf, demir filizinin indirgenmesi sırasında çıkan artık maddenin açık havada kurultulmasıyla elde edilmeli ve iri kırılmış (70-35 mm) bu cürufun 1 m³'ü 1300 kg, daha ince kırılmış ise (35-10 mm), 1 m³'ü 1350 kg. gelmelidir.

Balast malzemesinin daneleri keskin kenarlı ve yaklaşık küp şeklinde olmalıdır. Hollanda Demiryolları malzeme büyüklüğüne göre 1. sınıf olarak adlandırıldığı balast içinde yassı danelerin, ağırlığın en fazla %15'i kadar, 1. sınıf balast malzemesinde ise ağırlığın %20'si kadar olmasına izin verilmektedir. Alman Demiryolları (DB) ise, yine malzeme büyüklüğüne göre (1) ile gösterdiği malzeme içinde yassı danelerin, ağırlığın en az %7'si, en çok %20'si kadar olmasına, (2) ile gösterdiği malzeme içinde ise ağırlığın %33'ü kadar olmasına müsaade eder. Yine Alman

Demiryolları (DB) şartnamesinde balast malzemesinin basınç mukavemeti 1800 kg/m² olmalıdır, denmektedir.

-Balastın Görevleri :

Balast: taşıyıcı ve yol elemanı olarak şu görevleri yerine getirmelidir.

- Dingil yüklerinden oluşan ve traversler tarafından iletilen basınç kuvvetlerini kısmen karşılayarak, aityapı platformu üzerinde geniş bir alana düzgün olarak yaymak ve bu sayede balast altı zeminin aşırı zorlanmasına meydan vermemek,
- Ray ve traverslerden oluşan yol çerçevesinin boyuna ve enine yöndeki deplasmanlarına iç sürtünme yardımıyla engel olmak,
- İyi bir hava ve su geçirgenliği ile yol çerçevesine ve platformu kuru tutarak, yağmur ve kar sularının balast altı zemininin mukavemetini bozmasına engel olmak,
- Yol yapısını don olayından koruyarak, taşıma gücünün azalmasına engel olmak
- Üstyapıya yeterli elastiklik vermek. Bu sayede taşımacılıktaki konfor artacak ve üstyapı elemanlarının bakımında ekonomiklik sağlanacaktır.

2. ÜSTYAPIYA GELEN ETKİLER VE BU ETKİLERİN BAĞLI OLDUĞU

FAKTÖRLER :

Demiryolu üstyapısını zorlayan etkiler kökenlerine göre aşağıdaki şekilde guruplandırılabilirler ;

1. Yol Üzerinde Yuvarlanan Taşıtların Oluşturduğu Etkiler:

Bu gurupta, düşey doğrultudaki dinamik dingil yükleri ile, taşıtların hızlanma ve frenleme evrelerinde yol eksenine doğrultusunda oluşturdukları yatay kuvvetler sıralanabilir.

2. Yolun Geometrik Karakteristikleri, Taşıtların Yapısal Özellikleri ve Demiryolu Üzerindeki Hareket Koşullarının Doğurduğu Etkiler :

Cebireli ray eklerindeki şoklar, kurba kesimlerinde dengelenmemiş yada merkezkaç kuvvetler, tekerleklerle dingillerin rijit bağlı ve tekerlek bandajlarının konik olmaları nedeniyle ortaya çıkan zorlamalar da bu gurub içinde sayılabilirler.

3. Yol ve Taşıtlardaki Bozuklukların Oluşturduğu Etkiler :

İşletme etkisiyle yada zamanla aşınmalar, cebireli ray eklerinin bulonlarındaki ve rayı traverslere bağlayan bağlantı elemanlarındaki gevşemeler, düşey ve yanal kuvvetlerin etkisiyle bu iki doğrultudaki ray eğrilikleri, balast ve taban zemininde kalıcı çökmeler ve travers altlarında boşluklar oluşur. Arzu edilmeyen bu yol bozuklukları taşıtların seyir koşullarını ve dolayısıyla üstyapı

zorlanmalarını olumsuz yönde etkilerler.

Taşıtlarda ise süspansiyon ile amortisör düzenlerindeki gevşemeler ve tekerlek aşınmaları dinamik etkileri arttırırlar. Fazla aşınma sonucunda tekerleklerin dairesel kesitleri değişerek seyir sırasında çarpma şeklinde aşırı dinamik kuvvetler oluşur.

4. Çevre Koşullarının Etkisi :

Yaz ve kış aylarındaki büyük sıcaklık farklılıkları özellikle kaynaklı, uzun raylarda ısı gerilmelerinin oluşmasına yol açarlar. Hava kirliliği ve nemliliği ise tekerlekler ile ray arasındaki sürtünmeyi azaltarak kayma olasılığını arttırırlar. Don etkisinde balast ve taban zemininin elastiklikleri azalacağından, üstyapıya gelen zorlanmalar da artarak büyük gerilmeler oluştururlar.

Son olarak, özellikle ray ve diğer metal yapı elemanlarını tehdit eden oksitlenmeden söz etmek gerekir. Oksitlenme ile ray kesitinin zayıflaması atalet ve mukavemet momentlerini azaltıcı etki yaparken, mantar üst yüzeyi pürüzlülükleri de yorulma mukavemetinde azalmaya neden olurlar.

Demiryolu yapısına gelen bu etkilerin, yuvarlanma yüzeyinde boyuna ve yanal ile düşey doğrultuda oluşturacakları zorlanmalar ve yan etkileri Tablo 1'de gösterilmiştir.

DEMİRYOLU YAPISINA GELEN ETKİLER		DÜŞEY	YANAL	BOYUNA
TASITLARIN OLUŞTURDUĞU ETKİLER	DÜŞEY DİNAMİK DİNGİL YÜKLERİ	Rayda düşey aşınma ve eğilme çekme gerilmeleri, balast ve taban zeminindeki basınç gerilmeleri.	Balast ve zeminde radyal gerilmeler.	Balast ve zeminde radyal gerilmeler.
	HIZLANMA VE FRENLEME KUVVETLERİ	Rayda Düşey aşınma		Rayda çökme ve basınç gerilmeleri
	KURBALARDAKİ YANAL KUVVETLER	Tekerlek yükü değişimleri	Yolun yan al kaymaya zorlanması	
	LASE KUVVETLERİ		Yanal kayma sonucu tekerlek budenlerinin ray mantarına çarpması ve sürtünmesi.	Ondülasyona neden olan sinüzoidal hareketler.
	CEBİRELİ EK YERLERİNDEKİ ŞOKLAR	Ray uçlarında aşırı zorlanmalar, balast ve zeminde aşırı basınç gerilmeleri.		Rayda basınç gerilmeleri artışı.
YOL VE TASIT BOZUKLUKLARININ OLUŞTURDUĞU ETKİLER		Dinamik etkilerde artış, Aplatı tekerleklerin ek zorlamaları		
ÇEVRE KOŞULLARININ ETKİLERİ	SICAKLIK DEĞİŞMESİ VE DON OLAYI	Taban zemininin rijitliğinin artması sonucu, düşey etkilerde artış, yolun yan al kaymaya ve çarpılmaya zorlanması, rayda çekme ve basınç gerilmeleri.		
	HAVA KİRLİLİĞİ VE RUTUBET	Korozyon sonucu metal elemanlarda mukavemet azalması, yapı elemanları arasındaki sürtünmelerin azalması.		

Tablo : 1

3. DEMIRYOLU YAPISININ ZORLANMASI :

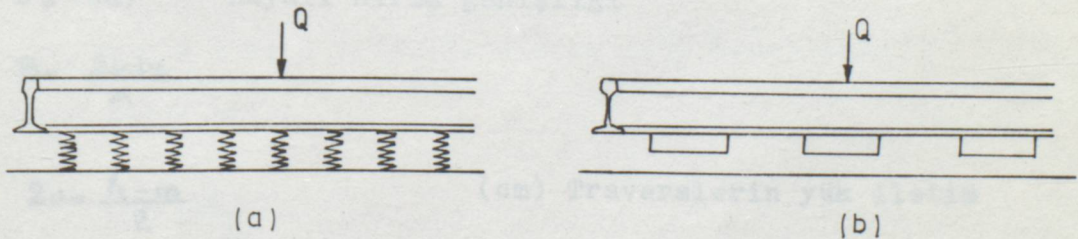
Demiryolu yapısına etkiyen ve yukardaki paragrafta özetlenmeye çalışılan etkiler alt ve üst yapıyı değişik şekillerde zorlamaktadır. Bu zorlanmaların yol bozulmaları açısından en önemlileri aşağıda incelenecektir.

3.1. Demiryolu Yapısının Düşey Dinamik Dingil Yükleri Altında Taşıyıcı Olarak Zorlanması :

taşıt şasileri ile dingil başlarına ve tekerlekler ile raya aktarılan dingil yükleri, taşıt ve yol durumuna bağlı olarak artan dinamik etkilerle birlikte, tüm üstyapıyı ve taban zeminini zorlarlar.

Demiryolu üstyapısı sabit aralıklarla düşenmiş traverslerin oluşturduğu elastik mesnetlere oturan mütemadi bir kiriş olarak düşünülebilir (Şekil 3.1.1.a).

Balast ve taban zeminden oluşan çerçeve tabanının elastiklik özelliğinin değişmediği varsayımı ile demiryolu yapısı "WINKLER HİPOTEZİ" yardımıyla, elastik temele oturan sürekli bir kiriş olarak "ZİMMERMAN YÖNTEMİ" ile hesaplanabilir. (1) (Şekil 3.1.1.b)



Şekil: 3.1.1

(Q) tekerlek yükü etkisi altında ve (x) uzaklığındaki bir noktada:

$$\text{Ray eğilme momenti : } M = \frac{Q \cdot L}{4} \cdot \mu \quad 3.1.1$$

$$\text{Ray-Travers çökmesi: } y = \frac{Q}{2BCL} \cdot \eta \quad 3.1.2$$

$$\text{Travers taban Basıncı : } p = \frac{Q}{2 \cdot B \cdot L} \quad 3.1.3$$

ile hesaplanabilir.

Bu formüllerde :

$$\mu = e^{-x/L} \left(\cos \frac{x}{L} - \sin \frac{x}{L} \right) \quad (\text{Moment etki katsayısı})$$

$$\eta = e^{-x/L} \left(\cos \frac{x}{L} + \sin \frac{x}{L} \right) \quad ((\text{Çökme etki katsayısı}))$$

(Açılar radyan cinsindedir.)

$M = (\text{kg} \times \text{cm})$ A noktasındaki ray eğilme momenti

$y = (\text{cm})$ A noktasındaki çökme

$p = (\text{kg}/\text{cm}^2)$ A noktasındaki düşey basınç gerilmesi (travers taban basıncı)

$Q = (\text{kg})$ Tekerlek yükü

$B = (\text{cm})$ Hayali giriş genişliği

$$B = \frac{2 \cdot v \cdot b_t}{A}$$

$$2 \cdot v = \frac{l_t - m}{2}$$

(cm) Traverslerin yük iletim uzunluğu

$m = (\text{cm})$ Traverslerin yük iletmediği kabul edilen orta bölümdeki ölü genişlik.

$A = (\text{cm})$ Travers aralığı

$L = (\text{cm})$ Kirişin elastik uzunluğu ;

$$L = \sqrt[4]{\frac{4 \cdot E \cdot I}{B \cdot C}}$$

$E = (\text{kg/cm}^2)$ Rayın elastisite modülü

$I = (\text{cm}^4)$ Rayın ağırlık merkezinden geçen eksene göre alınmış olan atalet momenti

$C = (\text{kg/cm}^3)$ Yatak katsayısı

Yatak katsayısı, balast ve altyapının elastikliğini tanımlayan bir değer olup, tabanı oluşturan tabakaların kalınlığına, elastik özelliklerine, etkiyen yükün şiddetine ve traversin yük iletim alanına bağlıdır. Yatak katsayısını, yolda yapılan çökme ölçümlerine bağlı olarak ve Zimmerman Yöntemi yardımı ile;

$$C = \frac{1}{4B} \cdot \frac{Q}{y + \Delta s} \cdot \sqrt[3]{\frac{1}{E \cdot I} \cdot \frac{Q}{y + \Delta s}} \quad 3.1.4$$

şeklinde hesaplanabileceği gibi, Bürmister'in tabakalı sistemler için geliştirdiği yöntem yardımı ile de yaklaşık olarak hesaplanabilir. (3)

Bürmister'e göre 2 tabakalı sistem için hesaplanan (y) çökme değerleri ;

$$y = \frac{15 \cdot p \cdot r}{E_z} \cdot F_y \quad 3.1.5$$

ile, Zimmerman'ın geliştirdiği hesap yöntemi ile bulunan ve sayısız ölçümlerle gerçek değerlerle uygunluğunun saptandığı (y) çökme,

$$y_{dn} = \frac{P}{C \cdot \rho}$$

değerlerinin, aynı travers basınç gerilmeleri (p) için, birbirine eşit olması gerekeceği varsayımından, iki tabakalı sistemler için (C) yatak katsayısı ;

$$C = \frac{E_z}{1,5 \cdot r \cdot \rho \cdot F_y}$$

olarak bulunur. Bu formüllerde ;

P = Travers altı basınç gerilmesi (kg/cm²)

r = Travers yük iletim alanına eşdeğer daire yarıçapı (cm)

E_z = Zeminin elastisite modülü (kg/cm²)

ρ = Dinamik etki katsayısı

$$F_y = \frac{1}{\xi} + \frac{(\xi - 1)}{\xi (1 + \psi^2 \xi^{2/3})^{1/2}}$$

$$\xi = \frac{E_b}{E_z} \quad , \quad \psi = \frac{hb}{r}$$

Burada önemle belirtilmesi gereken bir husus ; Demiryolu üstyapısında trafik yüklerinin balast tabakasında zamanla oluşturdukları üniform olmayan çökmeler ve bunun sonucunda da bazı traverslerin altında meydana gelen boşlukların yatak katsayısını değiştirmesidir. Bu durumda yukarıda ki eşitliklerde (Δ_s) travers altı boşluğunu göstermek üzere ;

$$\Sigma y = y + \Delta_s$$

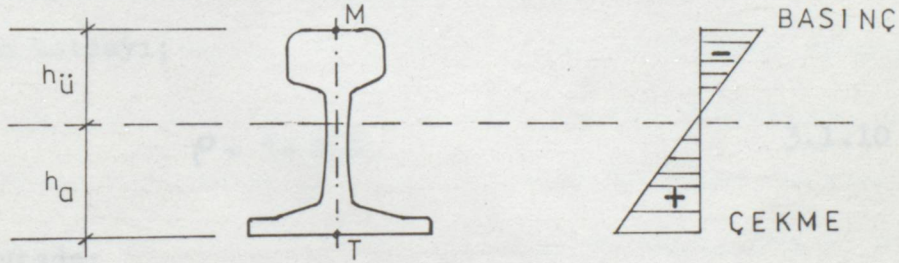
değerinin kullanılması gerekir ki, bu da yatak katsayısını ve dolayısıyla üstyapıya gelen zorlanmaların değişimine neden olmaktadır. Bu konu paragraf 3.1.2 de ayrıntılı olarak ele alınacaktır.

Ray tabanı ortasında oluşacak eğilme-çekme ve ray mantarında oluşacak basınç gerilmeleri ise Zimmerman Yöntemine göre ;

$$\sigma_{QT} = \frac{Q.L}{4} \cdot \frac{1}{W_{tx}} \quad 3.1.8$$

$$\sigma_{QM} = \frac{Q.L}{4} \cdot \frac{1}{W_{mx}} \quad 3.1.9$$

hesaplanabilir. (1) Bu formüllerde ;



Q (kg) = Tekerlek yükü

L (cm) = Elastik uzunluk

W_{tx} (cm³) = Ray tabanının ağırlık merkezinden geçen (x) eksenine göre mukavemet momenti

W_{mx} (cm³) = Ray mantarının ağırlık merkezinden geçen (x) eksenine göre mukavemet momenti

Bu zorlanmalar, demiryolu taşıtlarının oluşturduğu statik zorlanmalardır. Gerçekte ise bu değerler belirli bir (v)

$\bar{S} = 0,2 \varphi$	İYİ ÜSTYAPI KONUMU	İşletme yükleri altında balast ve taban zeminindeki çökmeler sonucunda bazı traverslerin altında boşluklar oluşur.
$\bar{S} = 0,3 \varphi$	KÖTÜ ÜSTYAPI KONUMU	Kötü taban zemini üzerindeki bakımından çok kısa bir süre sonra bozulan üstyapı konumu.

(φ) ise, hızın etkisini gösteren bir katsayı olup,
 $60 \leq V \leq 200$ km/h hızlar için;

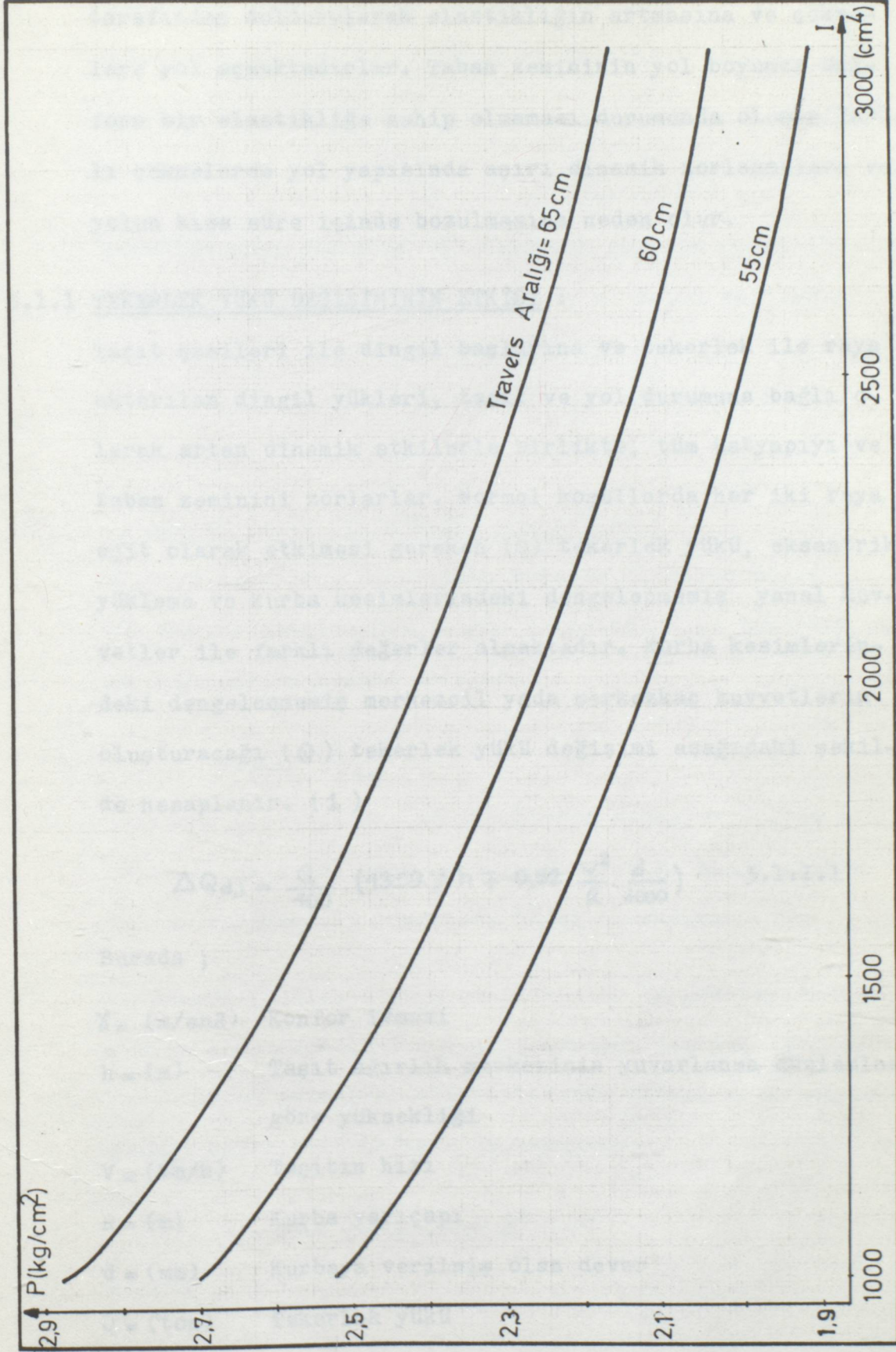
$$\varphi = 1 + \frac{V-60}{140} \quad 3.1.11$$

eşitliği ile verilmiştir.

Mantardaki basınç gerilmeleri diğer etkilerin oluşturacağı çekme gerilmeleri ile azalmakta ve ray mantarını aşırı derece zorlamaktadır, ancak tabandaki çekme gerilmeleri, raydaki iç gerilmelerin, sıcaklık değişimi sonucu oluşan çekme gerilmelerinin de etkilenmesiyle yorulma kırılmalarına neden olabilecek değerlere ulaşabilir. (1)

Travers tabanları tarafından balasta iletilen (ρ) düşey basınç gerilmelerinin dinamik değerleri, travers aralıkları ve çeşitli rayın atalet momentine bağlı olarak değişimi Şekil 3.1.2'de gösterilmiştir.

Bu gerilmeler balast tabakasını sürekli bir şekilde zorlayarak danelerin ufalanmasına, boşlukların ince daneler



Şekil 3.1.1.2- Travers Altı Basiş Gerilmelerinin Ray Atalet Momentine Bağılı Olarak Değişimi.

tarafından doldurularak elastikliğin artmasına ve çökmelere yol açmaktadırlar. Taban zemininin yol boyunca üniform bir elastikliğe sahip olmaması durumunda oluşan farklı çökmelerde yol yapısında aşırı dinamik zorlanmalara ve yolun kısa süre içinde bozulmasına neden olur.

3.1.1 TEKERLEK YÜKÜ DEĞİŞİMİNİN ETKİSİ :

Taşıt şasileri ile dingil başlarına ve tekerlek ile raya aktarılan dingil yükleri, taşıt ve yol durumuna bağlı olarak artan dinamik etkilerle birlikte, tüm üstyapıyı ve taban zeminini zorlarlar. Normal koşullarda her iki raya eşit olarak etkimesi gereken (Q) tekerlek yükü, eksantrik yükleme ve kurba kesimlerindeki dengelenmemiş yanal kuvvetler ile farklı değerler almaktadır. Kurba kesimlerindeki dengelenmemiş merkezciil yada merkezkaç kuvvetlerin oluşturacağı (Q) tekerlek yükü değişimi aşağıdaki şekilde hesaplanır. (1)

$$\Delta Q_{d,i} = \frac{Q}{100} \cdot (13.59 \cdot \gamma \cdot h \mp 0.52 \cdot \frac{V^2}{R} \cdot \frac{d}{1000}) \quad 3.1.1.1$$

Burada ;

$\gamma = (m/sn^2)$	Konfor ivmesi
$h = (m)$	Taşıt ağırlık merkezinin yuvarlanma düzlemine göre yüksekliği
$V = (km/h)$	Taşıtın hızı
$R = (m)$	Kurba yarıçapı
$d = (mm)$	Kurbaya verilmiş olan dever
$Q = (ton)$	Tekerlek yükü

ΔQ_d -(ton) Dış tekerlek yükündeki değişim

ΔQ_i -(ton) İç tekerlek yükündeki değişim

(+) dış, (-) ise iç tekerlek yükü değişiminin hesabında alınacaktır.

Tekerlek yükü değişimi (Q) tekerlek yükünün (%)si olarak ve R 300-2500 m., V 60-200 km/h, d 0-180 mm. değerleri için taşıt ağırlık merkezi yükseklikleri h 1,50-1,75-2,00 ve 2,50 m. olması durumunda hesaplanarak, Şekil 3.1.1.1 ve 3.1.1.2'deki eğri demetleri ile verilmiştir.

3.1.2 BALAST VE TABAN ZEMİNİNDEKİ ZORLAMALAR :

Travers tabanları tarafından balasta iletilen düşey dinamik basınç gerilmeleri, kurba kesimlerindeki tekerlek yükü değişimi'de hesaba katılarak;

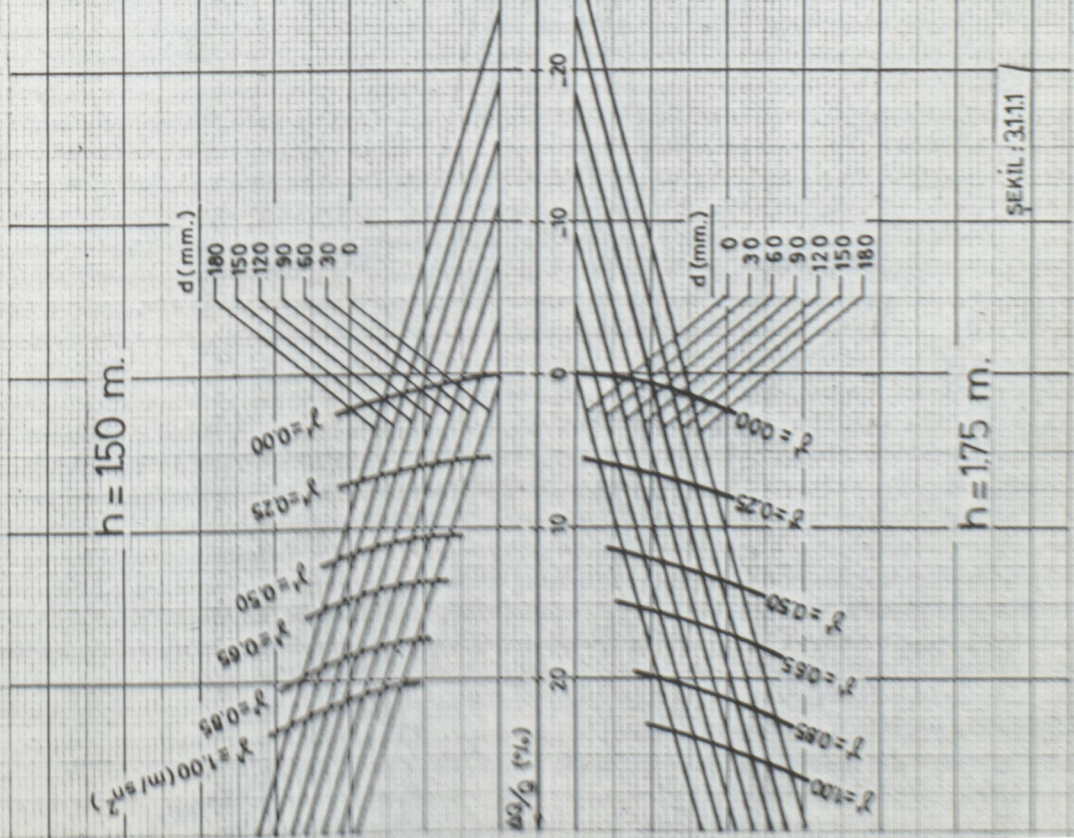
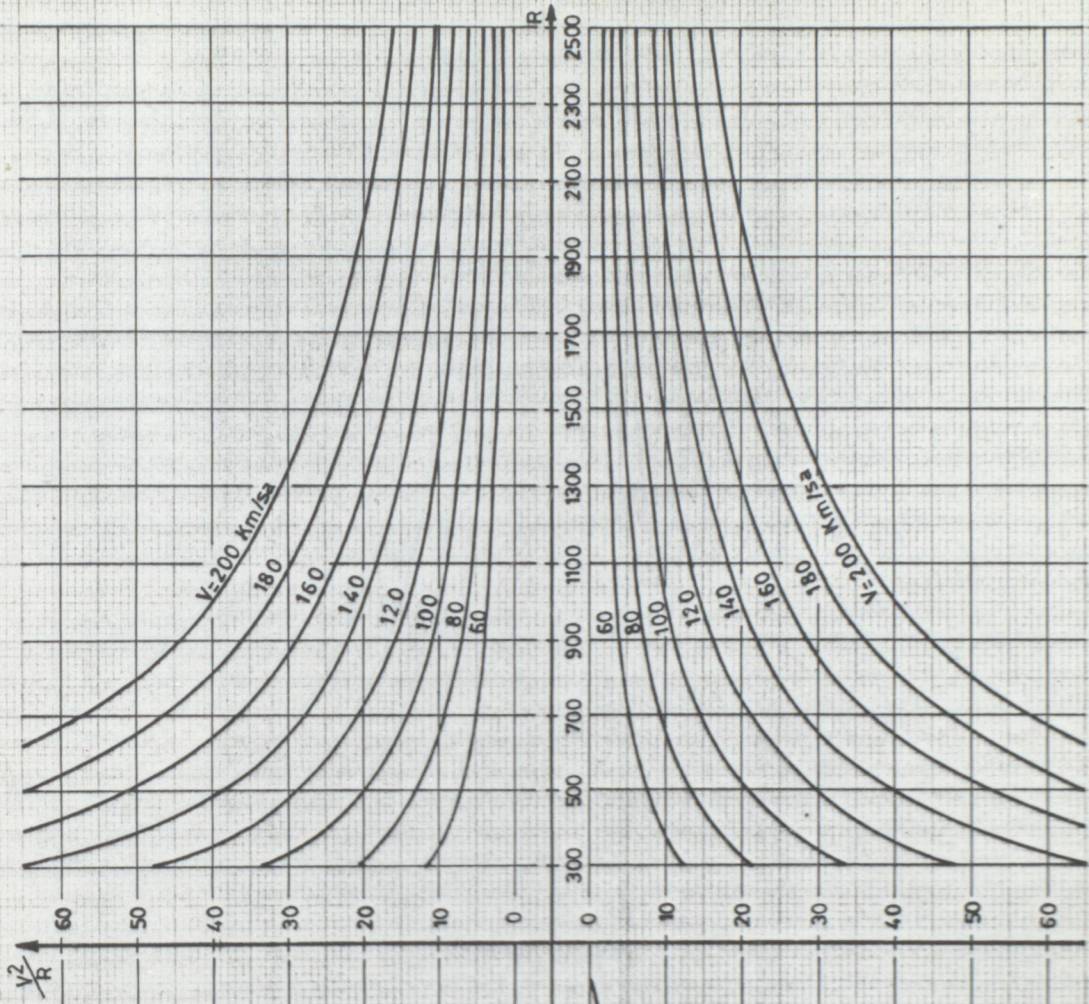
$$p_{dn-max} = \frac{(Q+\Delta Q)}{2BL} \cdot \rho \quad 3.1.2.1$$

şeklinde bulunabilir. Bu gerilmeler paragraf 3.1'de sözü edildiği gibi yol üzerinden geçen trafiğe bağlı olarak balast tabakasında çökmelere neden olmaktadır.

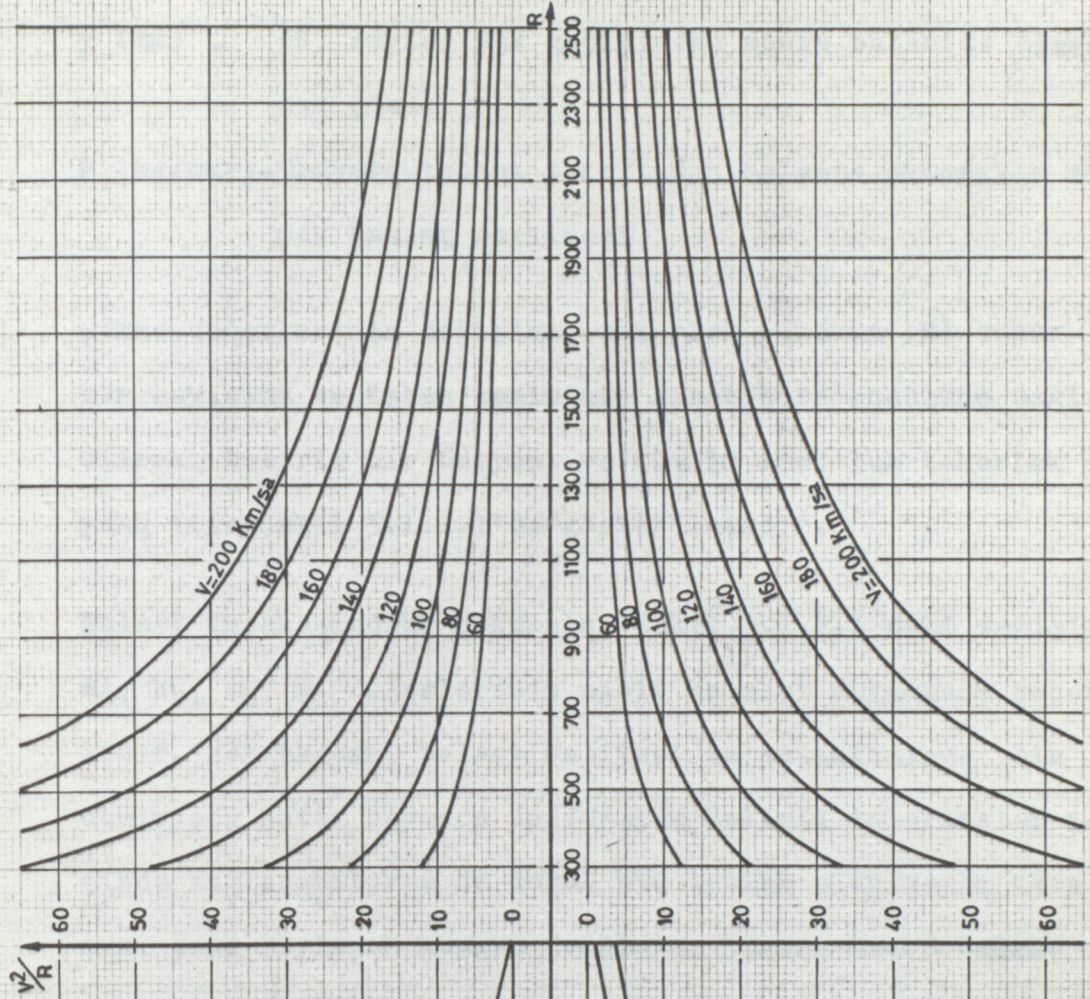
Bu konuda yapılan teorik araştırmalar ve çok sayıdaki ölçümler sonucunda (2) , balast çökmesi ile yol üzerinden geçen taşıt tekerleklerinin tekerrür sayısı arasında aşağıdaki logaritmik bağıntı bulunmuştur;

$$y = 1,43 + 0,38 \cdot \rho + 0,21 \cdot \rho^{1,21} \cdot \ln N \quad 3.1.2.2$$

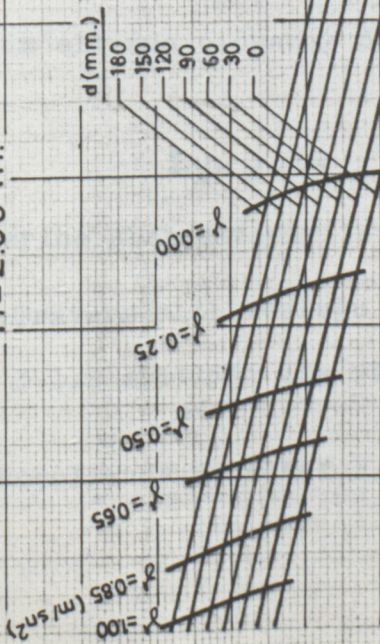
Burada ;



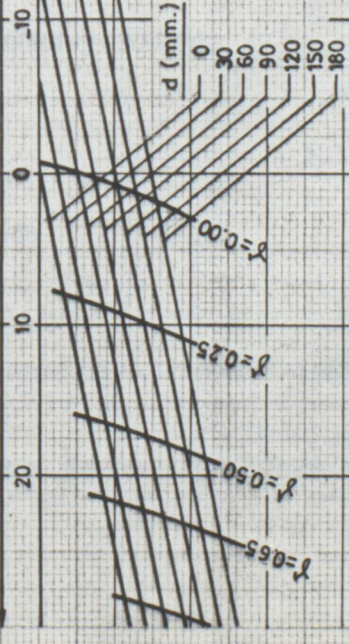
ŞEKİL: 3.1.11



$h = 2.00$ m.



$h = 2.50$ m.



ŞEKİL: 31.1.2

y (mm) = (N) sayıda yük geçişinden sonra balastta oluşacak çökme.

P (kg/cm²)=Travers tabanı tarafından balasta aktarılan düşey basınç gerilmesi

Çökme değerlerinin değişimi, tekerlek yükünün (N) teker-rür sayısına ve taban zemininin elastisite modülüne bağlı olarak, belirli bir üstyapı ve ($Q = 10$ ton)'luk tekerlek yükü için Şekil 3.1.2.1'de gösterilmiştir.

Balast tabakasındaki çökmenin, Şekil 3.1.2.1 deki değişimi, h_b , E_b , E_z değerlerinin sabit kalması durumunda geçerlidir. Hernekadar, balast kalitesi ve kalınlığında; bir demiryolu hattı boyunca üniformluk belirli toleranslar içinde sağlanabilirse de doğal bir tabaka olan zemin için aynı şeyi söylemek mümkün değildir. Bundan ötürü balast çökmeleri değişik yol kesimlerinde farklı değerlere ulaşabilmekte ve traverslerin raylara bağlı olmasından ötürü bazı traverslerin altında boşluklar meydana gelmektedir. Boşluk bulunan traverslerin üstünden geçen taşıt değerlerinin altında oluşacak deformasyonlarda ;

$$\Sigma y = y + \Delta s$$

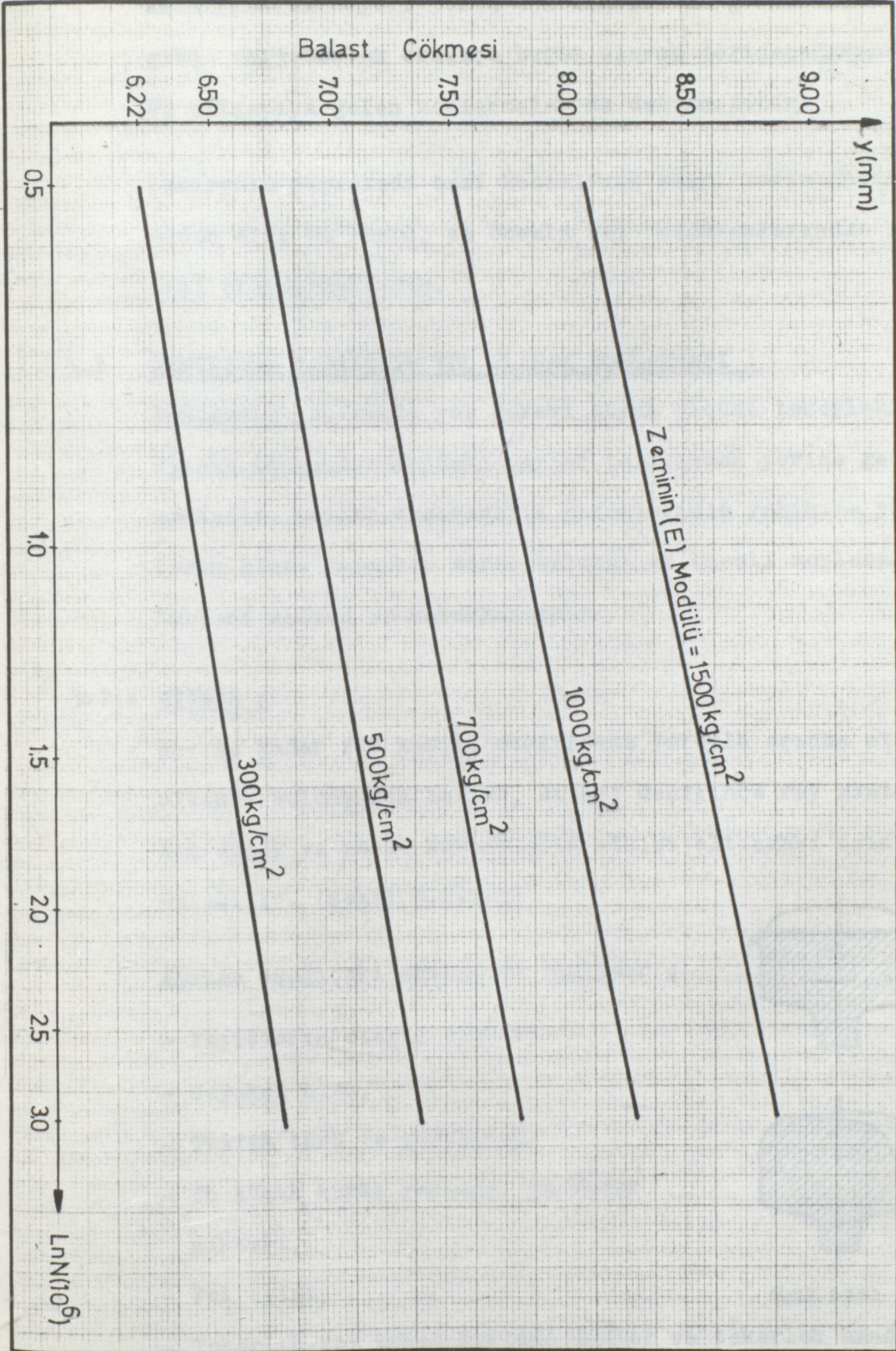
3.1.2.3

değerine ulaşmaktadır. Burada ;

Δs =Travers altı boşluğu

$y = 3.1.2$ eşitliği ile verilen ray-travers çökmesi

Bu koşullarda paragraf 3.1'de de belirtildiği gibi, yatak



Şekil 3.1.2.1- Balast Çökmesinin Zeminin (E) Modülüne

katsayısının değeri 3.1.4 eşitliğinde de görülebileceği gibi (Δ_s) boşluk oranına bağlı olarak değişeceğinden üst ve altyapıya gelen zorlanmalar da değişecektir.

Demiryolu yapısında bazı kesimlerin aşırı zorlanmasına neden olan bu husus, en önemli yol bozukluklarından birisini oluşturmaktadır.

3.2 DEMİRYOLU YAPISININ YOL OLARAK ZORLANMASI :

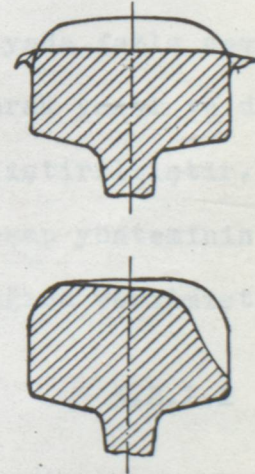
Demiryolu yapısında yol görevi büyük ölçüde tekerleklerle direkt temas durumundaki raylar tarafından yerine getirilmektedir. Raylar taşıyıcılık görevlerinin yanısıra yol olarak görev yaparken maruz kaldığı en önemli zorlanma türleri aşınma ve kabuklanmadır.

3.2.1 AŞINMA :

Her ne kadar ray kesiti oksitlenme yoluyla aşınma etkisi altında bulunmakta ise de, aşınma denilince ray mantarının düşey ve yanal kuvvetlerin etkisi altındaki aşınması anlaşılır. (Şekil 3.2.1.1)

Aşınma aşağıdaki etmenlere bağlıdır ;

- Taşıtların dingil yükleri,
- Seyahat hızı,
- Trafik türü ve yoğunluğu,
- En küçük kurba yarıçapı ve dever miktarı,
- Yol eğimi,
- Tekerlek-ray temas yerinde mantar ve tekerlek bandajı



Şekil. 3.2.1.1.

- profillerinin karşılıklı uyumları,
- Ray ve tekerlek çeliklerinin cins ve mukavemetleri,
 - Tekerlek-Ray arasındaki yuvarlanma sürtünmesi,
 - Mantar yada buden yağlamasının uygulanıp-uygulanmaması ve kullanılan yağ cinsi,
 - Tekerlek çapları, bandaj ve buden boyutları,
 - Ray mantarı boyutları,
 - Taşıtların dingil düzenleri süspansiyon ve amortisör düzenleri,
 - Yoldaki bozukluklar,
 - Çevre etkisi (Kirlilik, nemlilik, atmosfer koşulları.)

Görüldüğü gibi aşınma olayı çok karmaşık olup, günümüz koşullarında tam olarak belirlenememektedir. Bu konuda bazı amprik formüller ve özellikle mevcut demiryolu hatlarından edinilen deneyimlerden yararlanılmaktadır.

Amerika Birleşik Devletlerinde yapılan araştırmalar sonucunda; trafik yükleri, seyahat hızı, mantar genişliği, mantar yüksekliği, kurba yarıçapı, eksik yada fazla dever ve son olarak yol eğiminin fonksiyonu olarak yanal ve düşey aşınmaları veren amprik formüller geliştirilmiştir. (1) "COUARD YÖNTEMİ" olarak anılan bu hesap yönteminin formülleri Metrik Sisteme çevrilerek, aşağıda verilmiştir.

$$a_{do} = 10^{-6} \left(\frac{15571.T.V}{b_m} . k_s + 63500 \right) \quad 3.2.1.1$$

$$a_{dr} = 10^{-6} \left[\frac{17128.T.V}{b_m} . (k_s + k_r) + 63500 \right] \quad 3.2.1.2$$

$$a_{yr} = 10^{-6} \left[\frac{17128 T.V}{h_m} \cdot (k_s + k_r) \cdot \frac{1750}{R} + 63500 \right] \quad 3.2.1.3$$

$$a'_{yr} = 0.7 (a_{yr} - 0.0635) + 0.0635 \quad 3.2.1.4$$

Bu formüllerde;

a_{d_0} = Doğru kesimlerde senelik düşey mantar aşınması
(mm/yıl)

a_{d_r} = Kurba kesimlerinde senelik düşey mantar aşınması
(mm/yıl)

a_{y_r} = Kurba kesimlerinde senelik yanal mantar aşınması
(mm/yıl)

a'_{y_r} = Ray yağlanması uygulanan kurba kesimlerinde senelik yanal mantar aşınması (mm/yıl)

T = Senelik trafik yoğunluğu (milyon brüt-ton/yıl)

V = İşletme hızı (km/saat)

b_m = Ray mantarı genişliği (mm)

h_m = Ray mantarı yüksekliği (mm)

R = Kurba yarıçapı (m)

k_s = Eğim katsayısı, $k_s = 1 + 0.23 \cdot \left(\frac{s}{10}\right)^{1.7}$

s = Yol eğimi (%)

k_r = Kurba katsayısı, $k_r = d_e/254$ veya $k_r = 0.6 \cdot \gamma$

d_e = Eksik dever (mm)

γ = Konfor ivmesi (m/sn²)

Bu formüller başlangıçta sayılan etmenlerin çoğunu içermesi bakımından, gerçeğe yaklaşıp değerler vermektedir.

Ray mantarında oluşacak yanıl ve düşey aşınmalar, ray kesitinin azalması, yuvarlanma yüzeyinin pürüzlülüğü ve hat genişliğinin artması sonucu sırası ile mukavemet azalmasına, dinamik etkilerin artmasına ve seyir güvenliğinin bozulmasına neden olabilir.

3.2.2 KABUKLANMA :

Düşey dinamik dingil yükleri, ray mantarında düşey basınç gerilmelerinin yanısıra radyal basınç gerilmeleride oluştururlar. Düşey gerilmelerin mantar alt yüzeyine doğru azalmasına karşın, radyal gerilmelerinin hızla artarak, mantar üst yüzeyinden 10 ile 12 mm. derinlikte sıfır değerine ulaşması, ray mantarında kayma gerilmelerinin doğmasına neden olur. Bu gerilmelerin büyüklüğü tekerlek yükü ve tekerlek yarıçapına bağlı olarak değişmektedir. Mantar üst yüzeyinden itibaren 4-6 mm. derinlikte oluşan maksimum kayma gerilmelerinin değeri;

$$\tau_{\max} = 131 \cdot \sqrt{\frac{Q}{r}} \quad [\text{kg/mm}^2] \quad 3.2.2.1$$

Q = Tekerlek yükü (ton)

r = Tekerlek yarıçapı (mm)

eşitliği ile hesaplanabilir. (1)

Maksimum kayma gerilmeleri, bir tekerlek geçişinde ray mantarında herhangi bir bozukluk oluşturacak değerlere ulaşamazlar. Ancak sürekli olarak tekrarlandığında yorulma etkisiyle, mantar kenarlarında kabuklanma adı veri-

len aşınmaya neden olurlar. Ray mantarında oluşacak kabuklanma, kesit zayıflaması ve yuvarlanma yüzeyi pürüzlülüğünün artması sonucu sırasıyla mukavemet azalmasına ve dinamik etkilerin artmasına neden olabilir.

3.3 DEMİRYOLU YAPISININ YANAL YÖNDE ZORLANMASI :

Demiryolu yapısını yanal yönde zorlayan etkilerin en önemlileri ;

- Kurbalardaki dengelenmemiş yanal kuvvetler,
- Doğru kesimlerdeki lase kuvvetleri,
- Genleşme kuvvetleri,

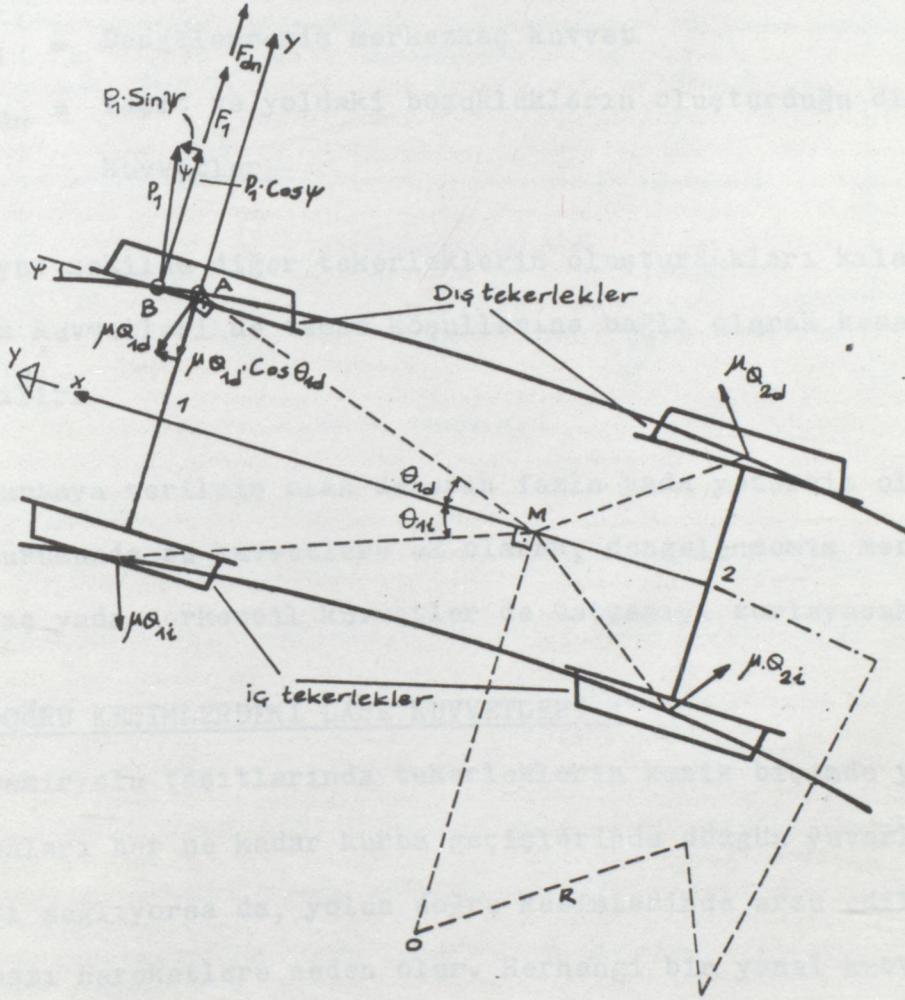
olarak sayılabilir.

Bu kuvvetler rayın burkulmasına, bağlantı elemanlarının gevşemesine ve yolun yanalkayma direncine bağlı olarak yolun yanal yönde kaymasına neden olabilirler. Söz konusu edilen etkiler aşağıda ayrı ayrı ele alınacaktır.

3.3.1 KURBALARDAKİ DENGELENMEMİŞ YANAL KUVVETLER :

Şekil 3.3.1.1'de görüldüğü gibi (V) teğetsel hızıyla hareket etmek isteyen taşıtın ön dış tekerleği (A) noktasında bandajı ile ve (B) noktasında budeni ile raya temas etmektedir. (A) noktasında tekerlek yükü iletilirken, (B) noktasında buden bir (ψ) açısıyla ray mantarına tırmanma eğilimi gösterir. Rayın doğrultma kuvveti ile önlenen bu hareket, raya aynı değerde bir kuvvetin etkimesine neden olur. Diğer yandan ön ve arka tekerlek bandajlarının ray mantarına değme noktalarında, taşıtı kurba

doğrultusunda tutmaya çalışan ve bir (M) sürtünme merkezine göre döndürme momenti uygulayan (μ_i, Q_i) sürtünme kuvvetleri, (P_1) doğrultma kuvvetine zıt yönde etki yaparlar.



Şekil : 3.3.11

raşıtın ön dış tekerleği tarafından dış raya uygulanan ve demiryollarında "KILAVUZLAMA KUVVETİ" olarak tanınan toplam yanal kuvvet ; (1)

$$Y_{1d} = P_1 \cdot \cos \psi - \mu \cdot Q_{1d} \cdot \cos Q_{1d} + F_1 + F_{dn} \quad 3.3.1.1$$

P_1 = Doğrultma kuvveti

μ = ray mantarı ile tekerlek bandajı arasındaki sürtünme katsayısı

F_1 = Dengelenmemiş merkezkaç kuvvet

F_{dn} = Taşıt ve yoldaki bozuklukların oluşturduğu dinamik kuvvetler

Aynı şekilde diğer tekerleklerin oluşturdukları kılavuzlama kuvvetleri de temas koşullarına bağlı olarak hesaplanabilir.

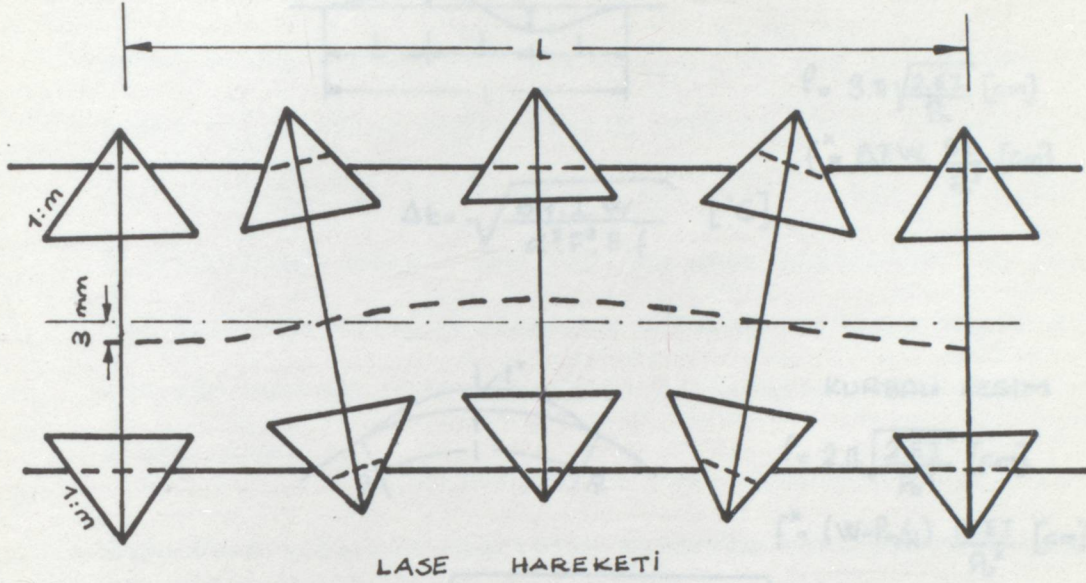
Kurbaya verilmiş olan deverin fazla yada yetersiz olması durumunda bu kuvvetlere ek olarak, dengelenmemiş merkezkaç yada merkezciil kuvvetler de üstyapıyı zorlayacaklardır.

3.3.2 DOĞRU KESİMLERDEKİ LASE KUVVETLERİ :

Demiryolu taşıtlarında tekerleklerin konik biçimde yapılmaları her ne kadar kurba geçişlerinde düzgün yuvarlanmayı sağlıyorsa da, yolun doğru kesimlerinde arzu edilmeyen bazı hareketlere neden olur. Herhangi bir yanıl kuvvet, tekerlekleri o yönde yol dışına doğru kaymaya zorlar. Bandajla ray arasındaki sürtünmenin yenilmesi durumunda ise kayma gerçekleşerek, tekerleklerin yuvarlanma yarıçapları birbirinden farklı değerler alacaktır. (Şekil: 3.3.2.1)

Bu durumda yol dışına kayan tekerlek, dingile rijit bağlı oldukları için, diğerinin etrafında bir daire yayı çizmek

ister. Bu hareket de ikinci tekerleği yol dışına doğru kaymaya zorlayacağından, bu kez onun yuvarlanma yarıçapı büyüyecektir.

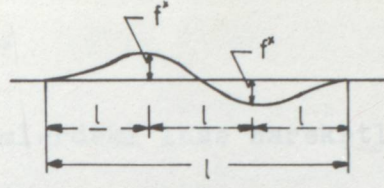


3.3.3 GENLEŞME KUVVETLERİ :

Raylar yüksek sıcaklık farklılıklarında uzayıp-kısalmak isterler. Bu istemleri ray-Cebire, Ray-Travers ve Travers-Balast dirençleri ile önlenmeye çalışılır ve bu durumda raylarda çekme ve basınç gerilmeleri oluşur. Bu gerilme kuvvetleri söz konusu edilen dirençleri aştığı takdirde raylar, boyuna yönde hareket ederek, cebireli ek yerlerinde bırakılan genleşme payı kadar uzayacaktır. Sıcaklık farkının artması durumunda ise uzaması mümkün olmayan raylar, yanal ve düşey yönde burkulmaya zorlanacaktır. Bu durum kaynaklı uzun raylarda çok daha büyük bir önem taşımaktadır.

yüksek sıcaklık farkından oluşan içsel boyuna kuvvetler ile oluşan yolun yanal çarpılması, Prof.MEIER tarafından

geliştirilen hesap yöntemi ile belirlenebilir. (4)

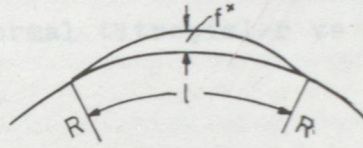


DOĞRU YOL KESİMİ

$$\rho = 3.11 \sqrt{\frac{2.EI}{P_0}} \text{ [cm]}$$

$$f^x = 8.7.w. \frac{EI}{P_0^2} \text{ [cm]}$$

$$\Delta t = \sqrt{\frac{8.7.I.w}{\alpha^2.F^2.E.f}} \text{ [}^\circ\text{C]}$$



KURBALI KESİM

$$\rho = 2.11 \sqrt{\frac{2.EI}{P_0^2}} \text{ [cm]}$$

$$f^x = (W - P_0/H) \cdot \frac{16.EI}{P_0^2} \text{ [cm]}$$

$$\Delta t = - \frac{8.I}{\alpha.F.R.f} + \sqrt{\left(\frac{8.I}{\alpha.F.R.f}\right)^2 + \frac{16.I.w}{\alpha^2.F^2.E.f}} \text{ [}^\circ\text{C]}$$

Bu formüllerde ;

E = Rayın elastisite modülü ($2,1 \times 10^6$ kg/cm²)

Genleşme katsayısı

F = 2 ray yüzeyi (cm²)

I = Rayın atalet momenti (cm⁴)

R = Kurba yarıçapı (cm)

f = Kabul edilebilir yol hatası (2,0-2,5 cm)

w = Yanal kayma direnci (kg/cm)

$$P_0 = (\alpha \cdot \Delta t \cdot E \cdot F)$$

Kritik yol basınç kuvveti

3.4 DEMİRYOLU YAPISININ BOYUNA YÖNDEKİ ETKİLERLE ZORLANMASI :

Demiryolu taşıtları çoğunlukla istasyon giriş ve çıkışlarında uygulanan hızlanma ve frenleme evrelerinde rayda ek

çekme ve basınç gerilmeleri oluştururlar. Bu olay yolun yürümesine (Şöminman) ve raydaki gerilmelerin artmasına neden olur.

Doğru kesimlerdeki lase hareketleri ve ray ile tekerleğin temas koşullarına bağlı olarak meydana gelen dalgalı-düşey aşınmalar da "Ondülasyon" adı verilen bir ray kusuru oluştururlar. Bugüne dek yapılan araştırmalarda tam olarak açıklığa kavuşturulamayan ondülasyon olayı seyir sırasında anormal titreşimler ve gürültülerin doğmasına neden olur.

Kaynaksız yollarda uygulanan cebireli birleşimler demiryolu yapısının en zayıf ve en çok zorlanmaya maruz kalan kesimlerindedir. Bu kesimlerdeki zorlanmalar diğerlerinin yaklaşık 2-3 katına çıkarak ray ucu kırılmalarına aşırı balast çökmelerine neden olurlar ve seyir konforunu da önemli ölçüde bozarlar.

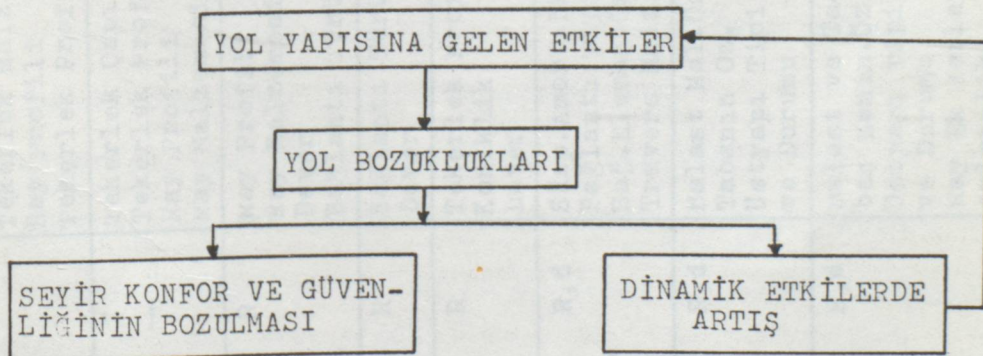
Sıcaklık değişimleri sonucunda genleşmek isteyen ancak bu istemi ray-cebire, ray-travers ve travers-balast dirençleri ile önlenmek isteyen raylar sıcaklık artışından basınç, sıcaklık düşüşünde ise çekme gerilmelerine maruz kalırlar. Bu gerilmeler rayda diğer etkilerden ötürü oluşan gerilmelerle birlikte yorulma etkisinin oluşumunda önemli bir rol oynarlar

4.

DEMİRYOLU YAPISINDAKİ BOZUKLUKLAR:

Çalışmanın önceki bölümlerinde demiryolu yapısı, bu yapıya gelen etkiler ve bu etkiler altında alt ve üst yapının zorlanmaları ele alınmıştır. Mevcut işletme ve çevre koşullarında, taban zemininin kötü olması, üstyapı tipinin uygun olmaması, bakım koşullarının yeterli bulunmaması ya da yolun yüksek hızlardaki ve büyük dingil yüklerine sahip taşıtlar tarafından aşırı zorlanması durumunda, yol yapısında hızla artan bozukluklar oluşacaktır. Demiryolu yapısını oluşturan elemanlarda değişik etkiler altında oluşacak olan bozukluklar geometri, fiziksel ve işletme parametrelerine bağlı olarak ve doğuracakları olumsuz sonuçlarla birlikte Tablo (2)'de gösterilmiştir. Bu bozukluklar bir yandan seyir konforunu ve güvenliğini azaltırken diğer yandan da dinamik etkileri arttırarak yol geometrisinin bozulmasına neden olmaktadır.

Bu olumsuz etkiler önlenmediği ve oluşturacakları bozukluklar belirli sınırlar içinde tutulmadığı takdirde, aşağıdaki şemada görüldüğü gibi hızla artacak ve kısa bir sürede yolu kullanılmaz hale getirebilecektir.



Geometri	Fizik	Gevre Koş.	Kesit küçülmesi Pürüzlülük İki Ray Dizisinin Farklı Aşınması (Nivelman)	Mukavemet Azalması Dinamik Etki Artışı Tekerlek yükü Değişimi
Düşey Aşınma	Ray Malzemesi Tekerlek Malz. Ray Profili Tekerlek Prof. Dever	Q, V, N	Kesit küçülmesi Pürüzlülük İki Ray Dizisinin Farklı Aşınması (Nivelman)	Mukavemet Azalması Dinamik Etki Artışı Tekerlek yükü Değişimi
Yanal Aşınma	Ray Malzemesi Tekerlek Malz. Ray Profili Tekerlek Prof.	Q, V, N	Kesit küçülmesi B Açısı Hat Genişliğinin Artışı (Ekartman)	Mukavemet Azalması Derayman
Kabuklanma (Shelling)	Tekerlek Çapı Tekerlek Prof. Ray Profili Ray Malzemesi	Q, N	Pürüzlülük Kesit küçülmesi	Dinamik Etki Artışı Mukavemet Azalması
Ray Burkulması	Ray Profili Ray Malzemesi Dever Bağlantı Türü	Q, V, Y	Temas Koşullarının Bozulması Ekartman Bozulması Nivelman Bozulması	Statik ve Dinamik Etki Artışı Derayman Tekerlek yükü Değişimi
Ray Yanal Kayması	Bağlantı Türü Dever	Y, Q, V, T	Ekartman	Derayman
Ondulasyon	Tekerlek Prof. Koniklik Dever	Q, V, Y	Pürüzlülük	Dinamik Etki
Bağlantı Elemanları. Gevşemesi	Süsp. Amort. Düz. Bağlantı Tipi Bağ. Eleman. Öz. Travers Malz.	Q, T, V	Ekartman Bozuklukları Kayma Direncinde Azalma Ek Yerlerinin Zayıflaması	Derayman Yanal ve Boyuna Yönde Kayma Dinamik Etki Artışı
Balast Çökmesi	Balast Mal. Öz. Tabanın Öz. Üstyapı Tipi ve Durumu	Q, N, V, T	Travers Altı Boşlukları Nivelman Bozuklukları	Dinamik Etkilerde Artış Ek Yanal Kuvvetler Oluşumu Tekerlek yükü Değişimi Yanal Kayma ve Aşınma
Tabanın Aşırı Zorlanması	Balast ve Taban Zemin. Öz. Üstyapı Tipi ve Durumu Ray Ek yerleri Aplotilik	Q, V, T	Tabanda farklı çökmeler ve Nivelman bozukluğu Taban Zemininin Yukarı Fıskırması	Tekerlek yükü Değişimi Balastın Topraklaşarak Elastikliğini kaybetmesi Dinamik Etki Artışı
Çerçevenin Boyuna ve Yanal Yönde Kayması	Travers Malz. Türü ve Boyut. Balast Malz. Boyutları Ray Bağl. Tipi ve Durumu	V, T, Q	Dresaj Bozuklukları (Yolun Poz Sıcaklığı, bölgedeki sıcaklık değişimi ve yanal Kayma direncine bağlı olarak yolun boyuna-yanal yönde kayması ve çarpılması)	Dinamik Etkilerde Artış Ek Yanal kuvvetler Oluşumu Seyir Güvenliğinin Azalması

Demiryolu yapısında oluşan bozuklukların her biri başlıbaşına araştırma konusu olup, bu çalışmada tümünün ayrıntılı biçimde incelenebilmesi mümkün değildir. Bu nedenle aşağıda yalnızca yol geometrisinde oluşan bozukluklar ele alınacak ve bunların içinden yol boyuna doğrultusundaki nivelman bozukluklarının trafik ve yol parametrelerine göre değişimi araştırılacaktır.

4.1. GEOMETRİK YOL BOZUKLUKLARI:

Yol geometrisinde oluşan bozukluklar,

- Boyuna doğrultudaki nivelman bozuklukları,
- Enine doğrultudaki nivelman bozuklukları,
- Hat genişliğinin değişimi (Ekartman bozuklukları)
- Doğrultu bozuklukları (Dresaj bozuklukları)

olarak sayılabilir. Bu bozulmaların oluşumunda ve değişiminde etkin olan faktörler ise, Tablo (2)'de görüldüğü gibi;

- Yolun geometrik standartları (Kurba yarıçapı, eğim),
- Yolun fiziksel standartları (Hat genişliği, enkesit tipi, dever, üstyapı tipi ve malzemelerinin özellikleri, taban zemininin özellikleri vb.)
- Taşıt özellikleri (Süspansiyon, amortisör düzenleri, tekerlek boyutları, taşıt boyutları vb.)
- İşletme koşulları (Maksimum ve minimum hızlar, dingil yükleri, trafik miktarı, bakım yöntem ve periyotları vb.)
- Çevre koşulları (Sıcaklık değişimi, rutubet, yağışlar vb.)

guruğlarında toplanabilir. Bu faktörler, demiryolu yapı -

sına gelen etkilerin türleri, büyüklükleri, dinamik özellikleri ve etkiye biçimlerinin yanısıra; bu etkiler altındaki zorlanmalar ve bozuklukları türleri ve büyüklükleri ile seyir konforu ve güvenliğine etkileri konularında da söz sahibidirler. Ancak bunların her birinin yol bozukluklarına etkisinin diğer faktörlerden bağımsız olarak belirlenebilmesi ve matematiksel olarak tanımlanabilmesi oldukça zordur. Bu konuda günümüze kadar yapılmış olan ve devam eden araştırmalardan elde edilen sonuçlar da bunu kanıtlamaktadır. (5)

4.2. BOYUNA DOĞRULTUDAKİ NİVELMAN BOZUKLUKLARI:

Demiryolu yapısındaki boyuna doğrultudaki bozukluklar, yolun; ray birleşim kesimlerinde, taban zemininin özelliklerinin değiştiği yerlerde balast ve diğer üstyapı malzemelerinin tür, boyut ve miktarlarının farklılık gösterdiği kesimlerdeki farklı zorlanmalar ve şekil değiştirmeler sonucunda oluşur. Normal koşullarda ve çok kötü zemin üzerine döşenmemiş olan zemindeki çökmeler ve çökme farklılıkları, ihmal edilebilecek kadar küçük değerlerdedir.

Nivelman bozukluklarına neden olan çökmeler ise, travers tabanları tarafından iletilen dinamik basınç kuvvetlerinin etkisi altında balast danelerinin aşınması ve ince danelerin boşlukları doldurması sonucunda balast tabakasında oluşur.

Traversler tarafından balasta iletilen düşey dinamik kuvvetler; paragraf 3.1.2 de ki, 3.1.2.1 eşitliğinde de verildiği gibi;

$$p = \frac{Q}{2BL}$$

olup, bu gerilmeler altında balast tabakasında oluşacak çökmeler ise;

$$y = 1,43 + 0,38 \cdot p + 0,21 \cdot p^{1,21} \cdot L \ln N$$

olmaktadır.

Elastik uzunluk

$$L = \sqrt[4]{\frac{4EI}{BC}}$$

Hayali kiriş genişliği

$$B = \frac{F}{2 \cdot A}$$

yukarıdaki travers altı basınç gerilmesi (p) eşitliğinde yerine konursa;

$$y = Q \cdot \sqrt[4]{\frac{A^3 \cdot C}{8F^3 EI}} \quad 4.2.1$$

elde edilir. Bu eşitliklerden de görülebileceği gibi, balast çökmeleri ve yol boyunca oluşacak çökme farklılıkları aşağıdaki faktörlere bağlıdır.

- (I) Rayın atalet momentine,
- (A) Travers aralıklarına,
- (F) Traverslerin mesnet yüzeyine;

$$F = 2AB$$

$$B = \frac{2u \cdot bt}{A}$$

$2u$ = Traverslerin yük iletim uzunluğu (cm)

$$2u = \frac{lt - m}{2}$$

bt = Travers genişliği (cm)

lt = Travers uzunluğu (cm)

- (C) Yatak katsayısına;

B. TRAVERS ARALIĞININ ETKİSİ:

Burada travers aralıklarının, (p) travers altı basınç gerilmelerine etkisi araştırılmış ve şekil (3.1.2)'de, eğri demetleri halinde verilmiştir. Bu eğriler incelenirse; S46 rayı kullanıldığında (A) travers aralığının 55 cm. olması durumunda, (p) basınç gerilmesi 2.25 kg/cm², travers aralığının % 9.09 arttırılması durumunda, basınç gerilmesinde % 6.67'lik bir artım, % 18,18 travers artımına karşılık ise, gerilmelerde de % 13.13'lük bir artım olduğu görülmektedir.

S49 rayı kullanılması durumunda ise, 55 cm.'lik travers aralığında, (p) basınç gerilmesi 2.17 kg/cm² olmaktadır. Travers aralığının % 9.09 arttırılması durumunda, basınç gerilmesinde de % 6.91'lik bir artma olmaktadır. Dolayısı ile travers aralıklarının (p) travers altı basınç gerilmelerine doğru orantılı olarak etkimekte yani, travers aralığının arttırılması basınç gerilmesini, buna bağlı olarak da (y) balast çökmesinide arttırmaktadır.

C. TABAN ZEMİNİNİN ETKİSİ:

Taban zemininin balast çökmesine etkisi, 30 cm. kalınlığında ve (E) modülü 1500 kg/cm² olan bir balast tabakasına ve üzerinden geçen trafik miktarına bağlı olarak şekil (3.1.2.1)'de gösterilmiştir. (E) modülü 500 kg/cm² olan zemin üzerinden, 10 tonluk 10⁶ tekerlek geçişinden sonra balastta oluşacak çökme 6.97 mm. olmaktadır. Zeminin (E) modülünün % 100 arttırılması durumunda ise, oluşacak çökme de % 11.91 oranında artacaktır. Aynı şekilde zeminin

dolayısıyla, alt zeminin (E) modülüne, balast tabakasının (E) modülüne, (h) kalınlığına ve 4.2.1 eşitliği ile verilen (p) travers altı basınç gerilmesi statik olup, dinamik karaktere dönüştürmek için, (3.1.10) eşitliği ile verilen

$$p = (1+t.S)$$

dinamik etki katsayısı ile arttırmak gerekeceğinden, (V) taşıt hızına bağlı olur.

Bu faktörlerin nivelman bozukluklarındaki etkisinin araştırılması amacıyla aşağıdaki üstyapı tipleri için $Q = 10^t$ - luk tekerlek yükünün geçiş sayısına bağlı olarak balast çökmelerinin değişimi hesaplanmış ve sonuçlar eğriler şeklinde verilmiştir. Bu sayısal değerlendirmelerin sonuçları aşağıdaki şekilde özetlenebilir.

A. RAY KESİTİNİN ETKİSİ:

Kalınlığı (h_b) 30 cm. ve (E) modülü 800 kg/cm² olan bir balast tabakası üzerine S46 rayının döşenmesi durumunda balastta oluşacak çökme, $y = 6.66$ mm. olurken, S49 rayının döşenmesi halinde ($y = 6.45$ mm.) balast çökmesinde % 3.15, UIC 60 kullanıldığında ise ($y = 5.74$ mm.) % 13.81'lik bir azalma olduğu ve aynı şekilde kalınlığı 30 cm. , (E) modülü 1500 kg/cm² olan bir balast tabakası üzerine S46 rayının döşenmesi halinde oluşacak çökme ($y = 6.97$ mm.) olurken, S49 rayı kullanıldığında balast çökmesinde ($y = 6.76$ mm.) % 3.00 ve UIC 60 rayı kullanıldığında da ($y = 6.0$ mm.) % 13.92'lik bir azalma görülmektedir. (Şekil 4.2.1)

(E) modülünde % 200'lük bir artıma karşılık balast tabakasında oluşacak çökme de % 19.94'lük bir artma olacaktır.

Buna göre taban zemininin (E) modülünde balast çökmesine etkisi doğru orantılıdır, yani taban zemininin (E) modülünün artması, balast çökmesinide arttırmaktadır.

D. BALAST (E) MODÜLÜNÜN ETKİSİ:

Balastın (E) modülünün çökmeye etkisi, 10 tonluk 10^6 tekerlek geçişi için değişik zemin türlerine bağlı olarak şekil (4.2.3)'de gösterilmiştir. Şekiller incelendiğinde balast tabakasının (E) modülünün 100 kg/cm² olması durumunda, (Balast kalınlığı 30 cm. ve taban zemini (E) modülü 500kg/cm² 500 kg/cm² için) oluşacak (y) çökmesi 6.77 mm. olmaktadır. Balastın (E) modülünün % 50 arttırılması durumunda da balastta oluşacak çökmede % 2.87'lik bir artım olduğu görülmektedir. (E) modülünün % 20 arttırılması durumunda ise, çökmede % 1.33'lük bir artma olacaktır.

E. BALAST KALINLIĞININ ETKİSİ:

Balast kalınlığının çökmeye etkisi, (E) modülü 300kg/cm² olan bir taban zemini üzerine döşenen değişik (E) modülüne sahip balast tabakaları üzerinden geçen trafik miktarına göre değişim incelenmiştir. Şekil (4.2.9.)

Bu şekiller incelendiğinde (10 tonluk 10^6 tekerlek geçişi için), (E) modülü 1000 kg/cm² olan balast tabakasının kalınlığı 30 cm. olduğunda oluşan (y) balast çökmesi 5.82 mm. olmaktadır. Aynı kalitedeki balastın kalınlığının % 33.33 arttırılması halinde oluşan çökme de, % 10.31 artma olduğu, kalınlığın % 66.66 oranında arttırılması duru-

munda da çökmede % 12.54 artma olduğu görülmektedir. Bu değerlere göre balast kalınlığının arttırılması çökmeleri olumsuz yönde etkilemektedir.

F. TRAFİK YÜKLERİNİN ETKİSİ:

Trafik yüklerinin balast çökmesine etkisi, belli bir taban zemini üzerine döşenen çeşitli kalite ve kalınlıklarda ki balast tabakası için incelenmiş ve şekil (4.2.12.)'de eğri demetleri halinde verilmiştir.

Bu eğriler incelendiğinde (E) modülü 1500 kg/cm² ve kalınlığı 30 cm. olan bir balast tabakasında, 10 tonluk 0.5×10^6 tekerlek geçişinden sonra balastta oluşacak (y) çökmesi 6.22 mm. olmaktadır. Aynı koşullarda ve trafik miktarının % 100 artması durumunda oluşacak çökmede de % 3.54'lük bir artım olduğu görülmekte ve sonuç olarak, trafik miktarındaki artımlar çökmeleri olumsuz yönde etkilemektedir.

Etkilerin farklı olması, farklı çökmeler oluşturur. Yukarıda herbirinin etkisi ayrı olarak incelenen faktörlerin demiryolu hattı boyunca değişmesi sonucunda farklı çökmeler ve dolayısıyla bazı traverslerin altında boşluklar oluşacaktır. Bu durum katarların rejim sırasında boşluklu traverslerin bulunduğu kesimlerden geçerken aşırı dinamik etkilere neden olacak ve yatak katsayısının paragraf 3.1.2 de'de açıklandığı gibi değişmesinden ötürü üstyapı elemanları ve taban zemininin zorlanmalarını arttıracak ve buna bağlı olarak da nivelman bozukluklarında daha hızlı olarak artacaktır.

4.3. NİVELMAN BOZUKLUKLARININ ÖNLENMESİ VE KISITLANMASI

Demiryolu yapısında oluşacak bozukluklar ve bunların doğurduğu olumsuz sonuçlar daha önceki bölümlerde ele alınmıştır. Bu bölümde ise demiryolu yapısında oluşabilecek bozuklukların önlenmesi ve kısıtlanabilmesi bakımından bazı öneriler getirilecektir. Bu öneriler gelişmiş ülkelerde bu konuda yapılan sayısız ölçüm ve araştırma sonuçlarına dayanılarak verilmiştir.

Ray atalet momentinin arttırılması, yolun enine yükseltisindeki bozuklukların azalması bakımından daha olumlu sonuçlar vermektedir.

Travers aralıklarının azaltılması, yüklenmiş travers altındaki gerilmenin azalmasına ancak travers sahası içindeki gerilmelerin artmasına neden olur, böylece balast tabakası içinde, gerilmelerin düzgün bir biçimde dağılımı sağlanmış olur ve dolayısıyla taban zemininin ve balast tabakasının zorlanmaları azaltılmış olur. Bu konuda yapılan sayısız ölçüm ve araştırmalara göre 60cm'lik travers aralığının optimum olduğu saptanmıştır

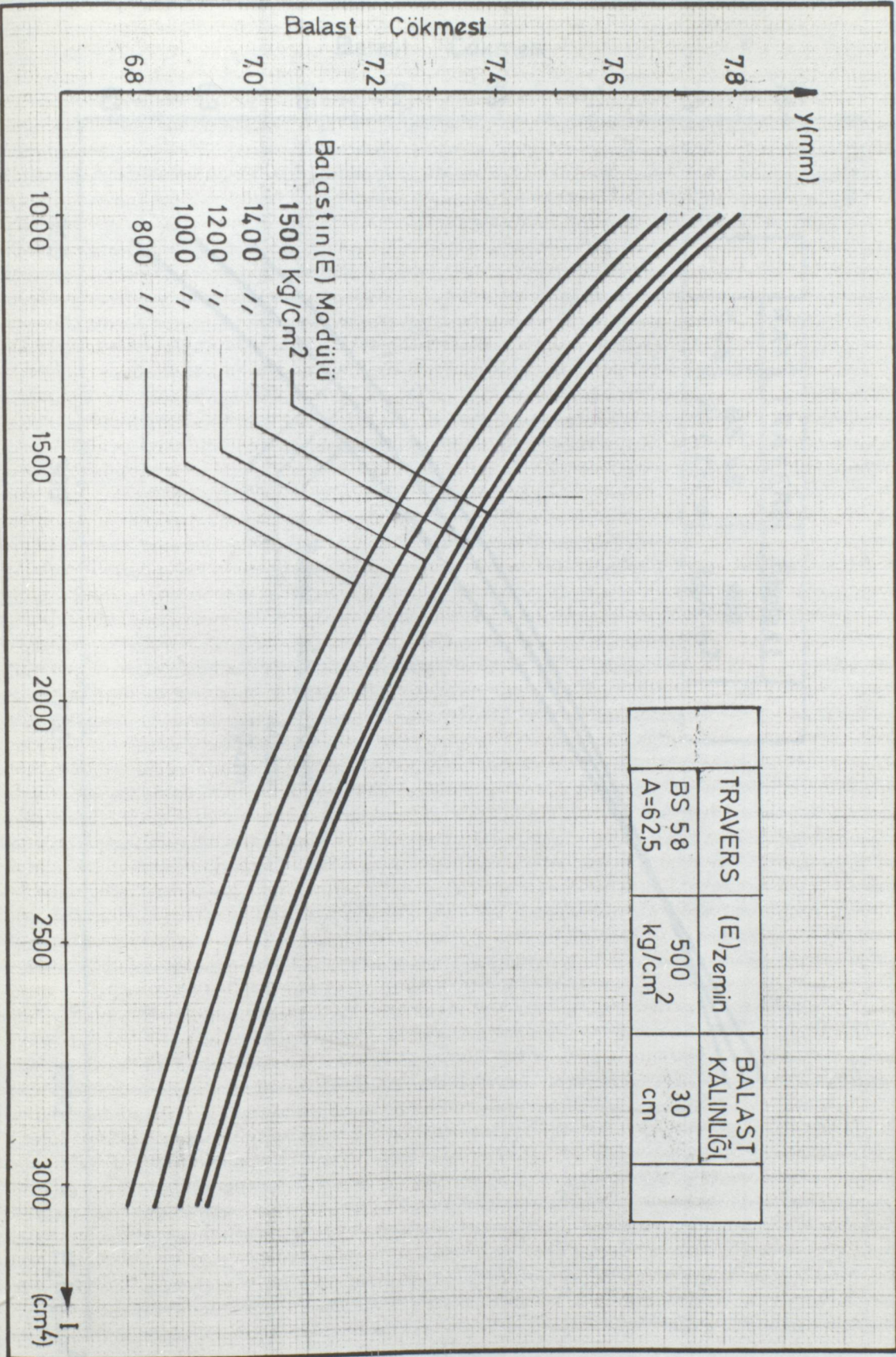
Yeni döşenmiş bir yolda balast tabakası kalınlığının düşük tutulmasının az kalınlıktaki balast tabakasında oluşacak çökmelerin, daha kalın balast tabakalarında oluşacak çökmelere oranla, düşük değerlerde olabileceği nedeniyle az bir yarar sağladığı saptanmıştır. (Şekil:4.2.4)

Yukarda bazılarında değinilen yol parametrelerinin dışında ayrıca işletme koşullarının da bozukluklara etkisi olmak-

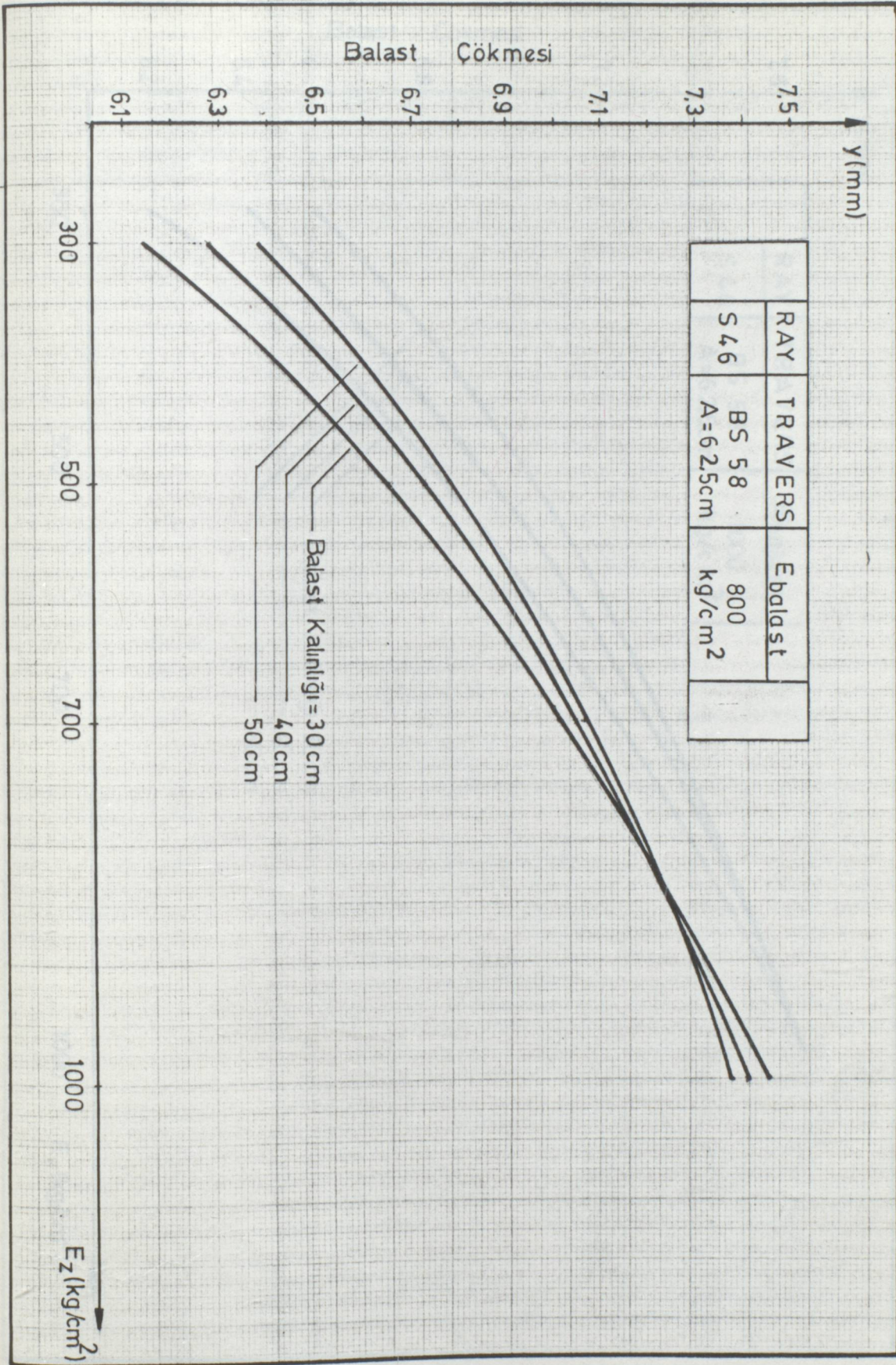
tadır. Bu konuda başlıbaşına bir araştırma konusudur. Yapılan bu çalışmada bakım yöntemlerinin ve periyotlarının etkisi ele alınmamıştır, yalnız bu konuda yapılan araştırmalara(5) göre, yol bakım makinelerinin de yol geometrisinde bozukluklar oluşturabileceği ancak bu bozuklukların uzun bir zaman süreci içerisinde önemli olmadığı vurgulanmıştır.

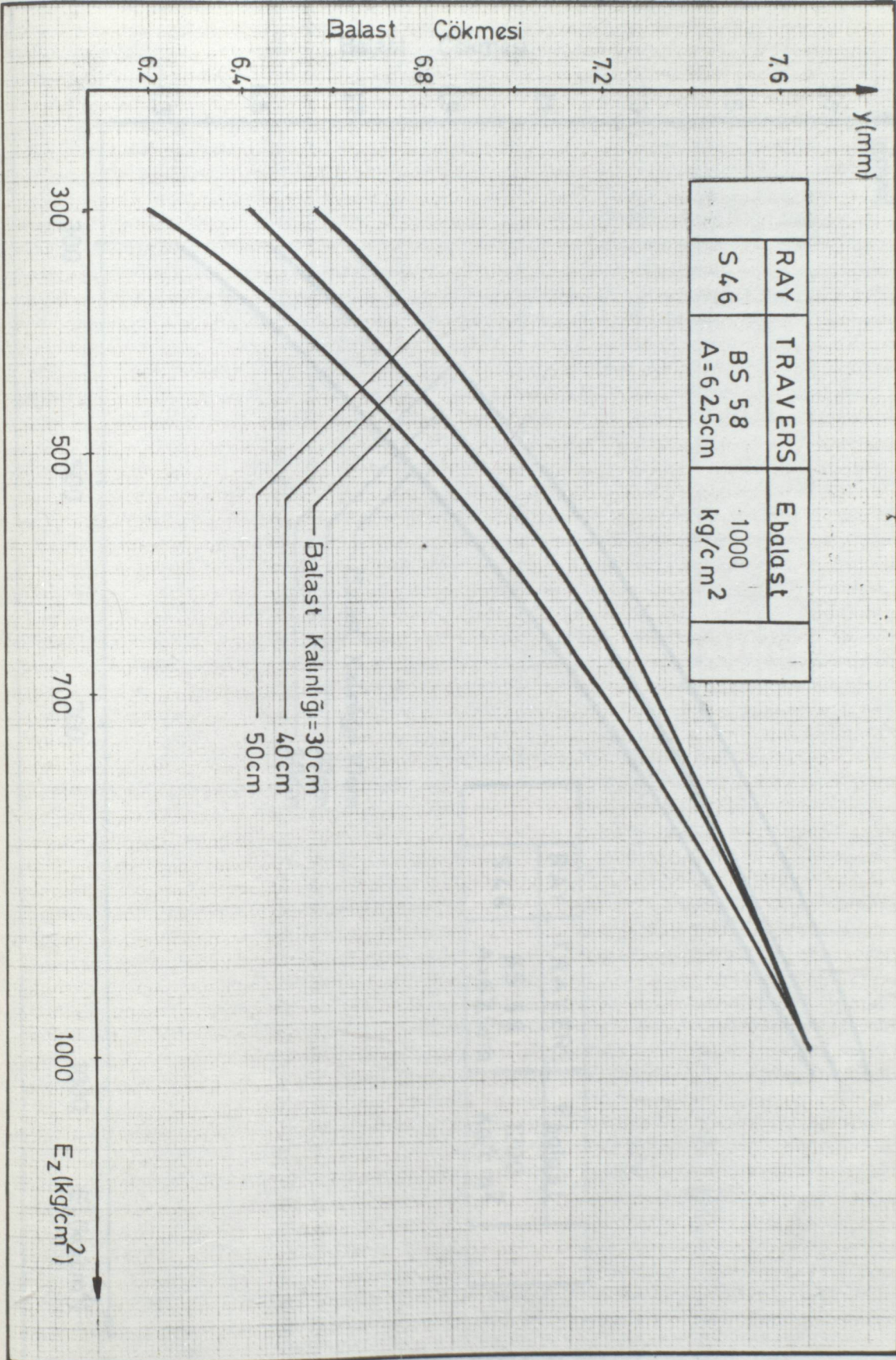


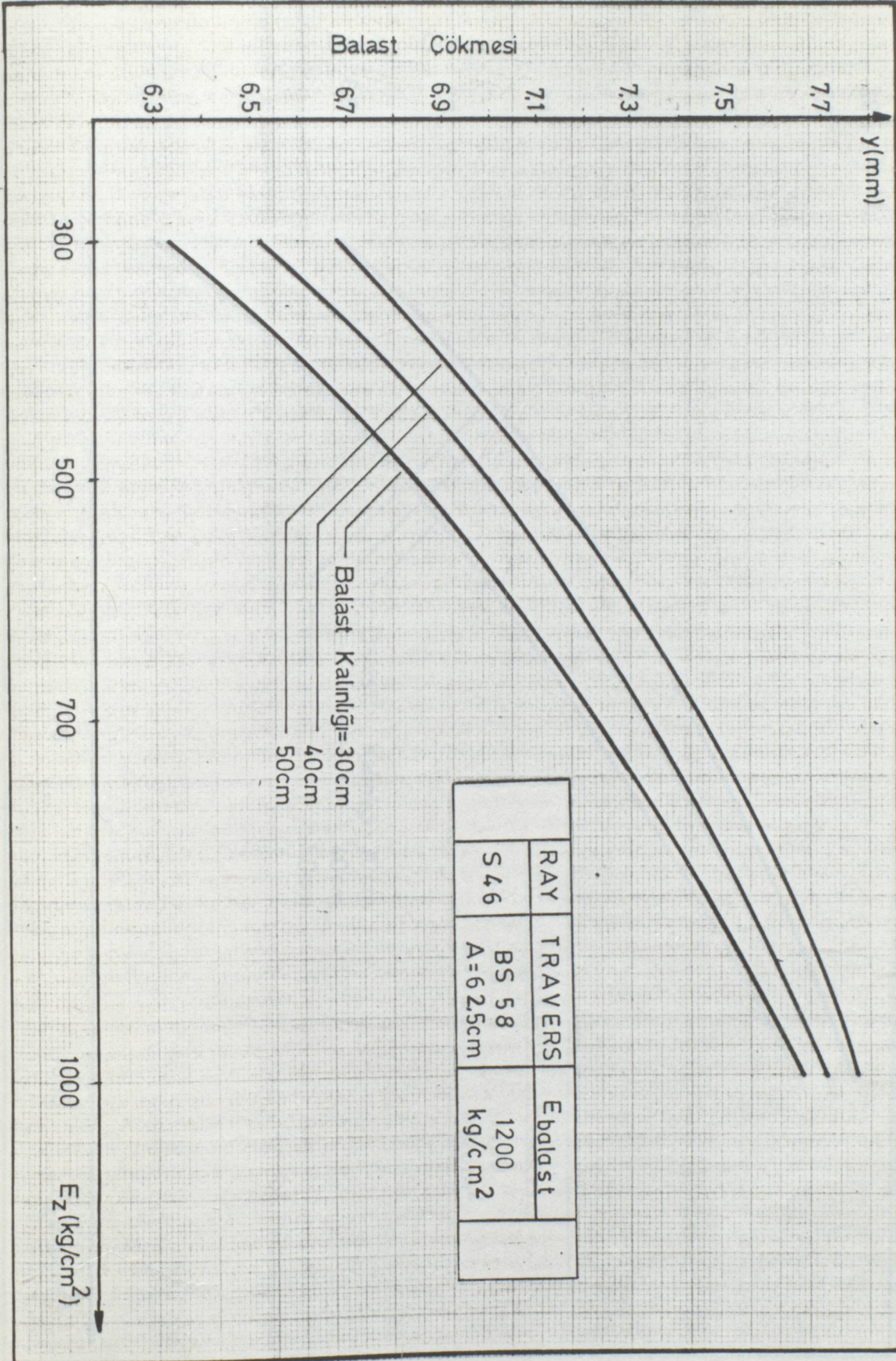
BR 98 A 425	TRAKERS	ETKİMLİ KÖNÜMÜ	BALEST
----------------	---------	----------------	--------

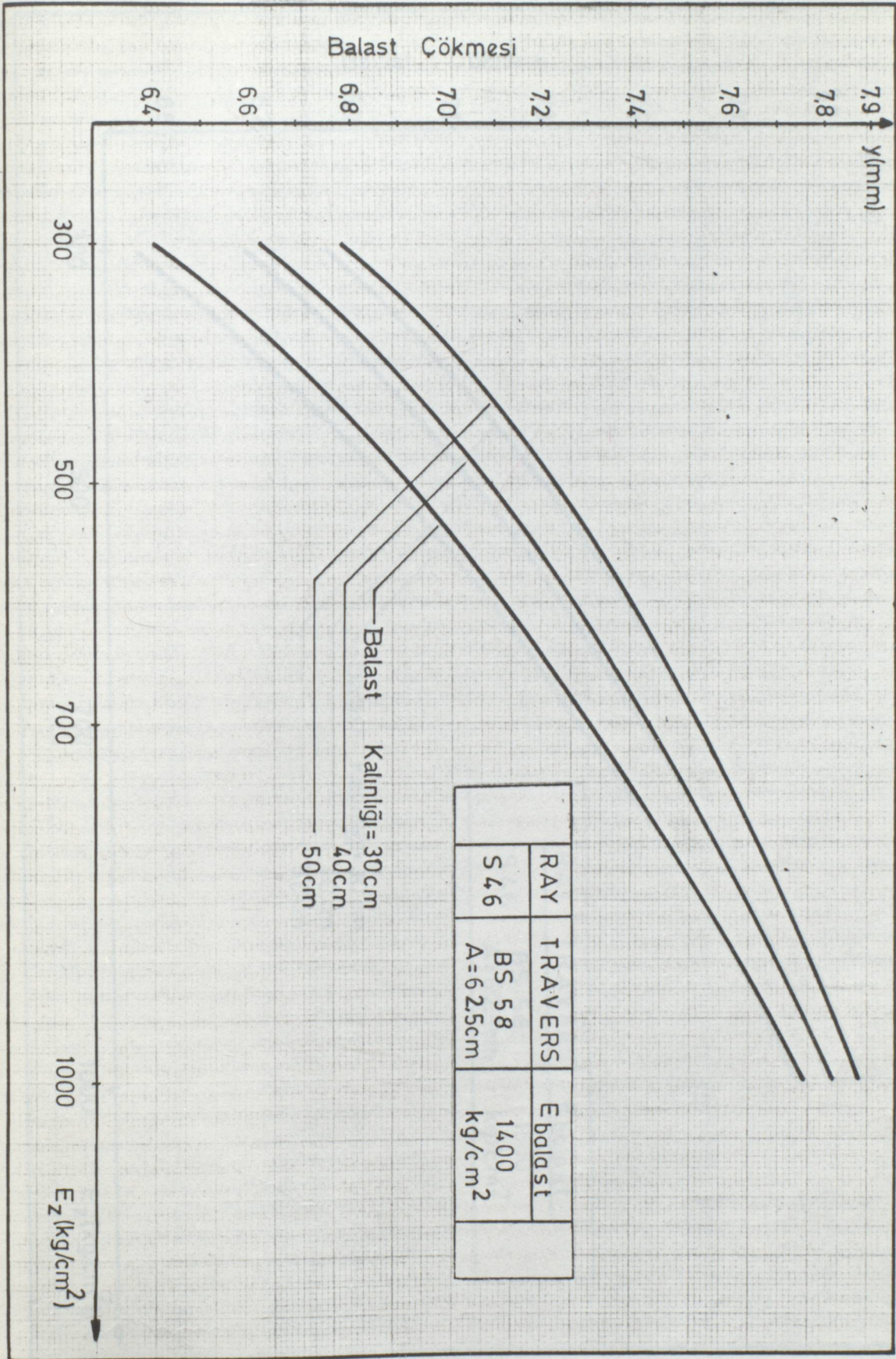


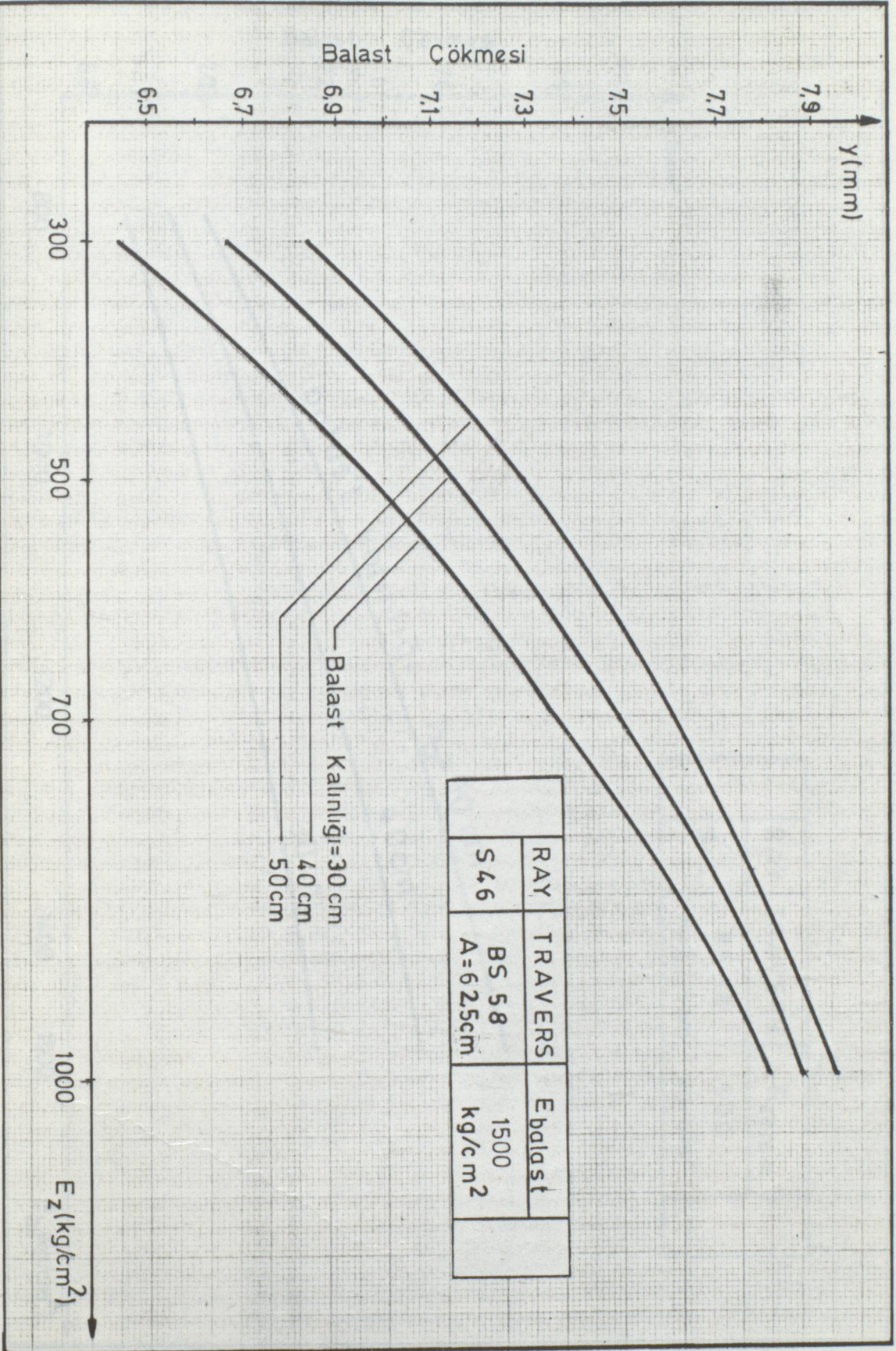
Şekil 4.2.1- Balast Cökme Momentinin Ray Atalet Momenti İle Değişimi.



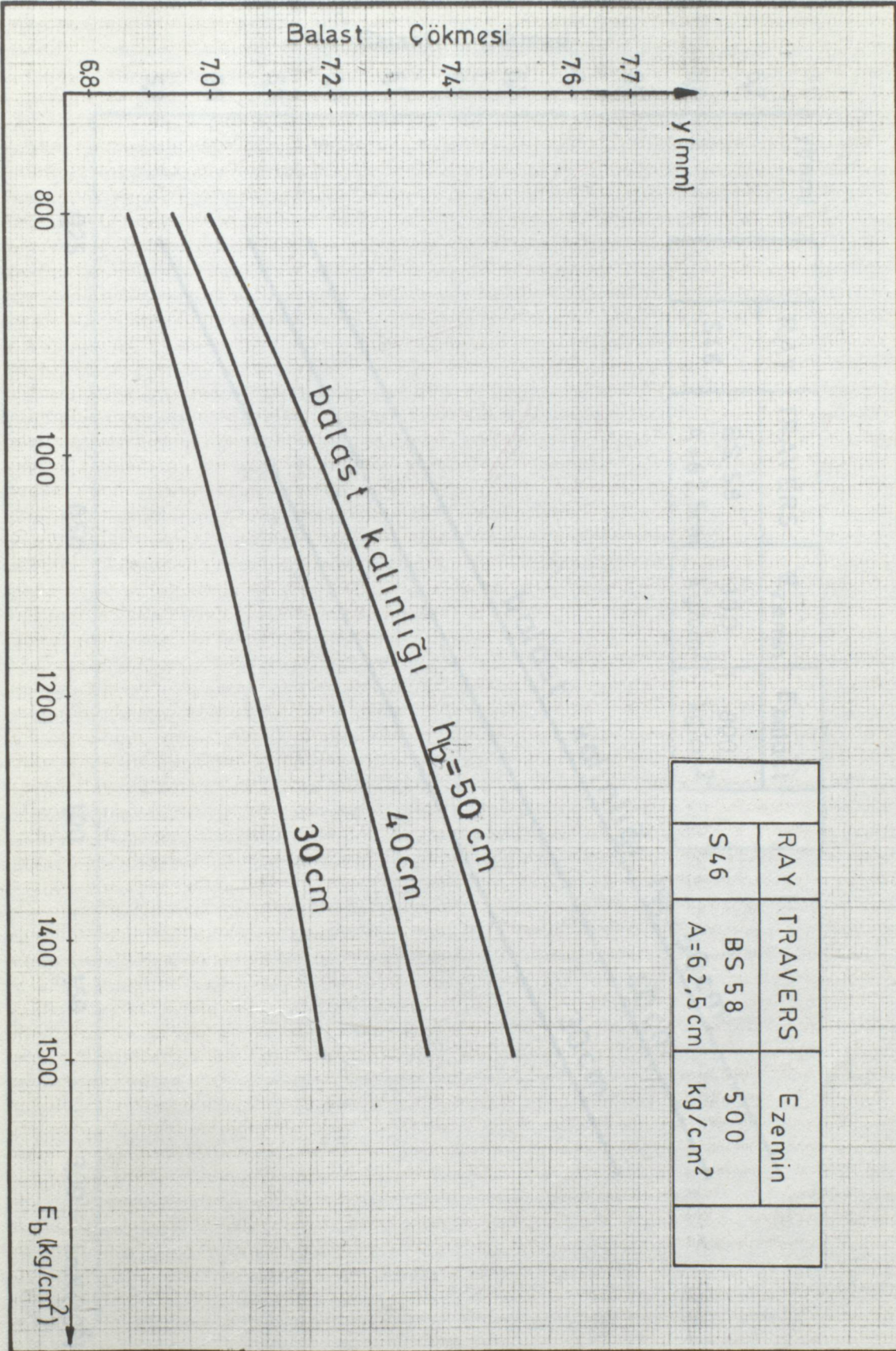




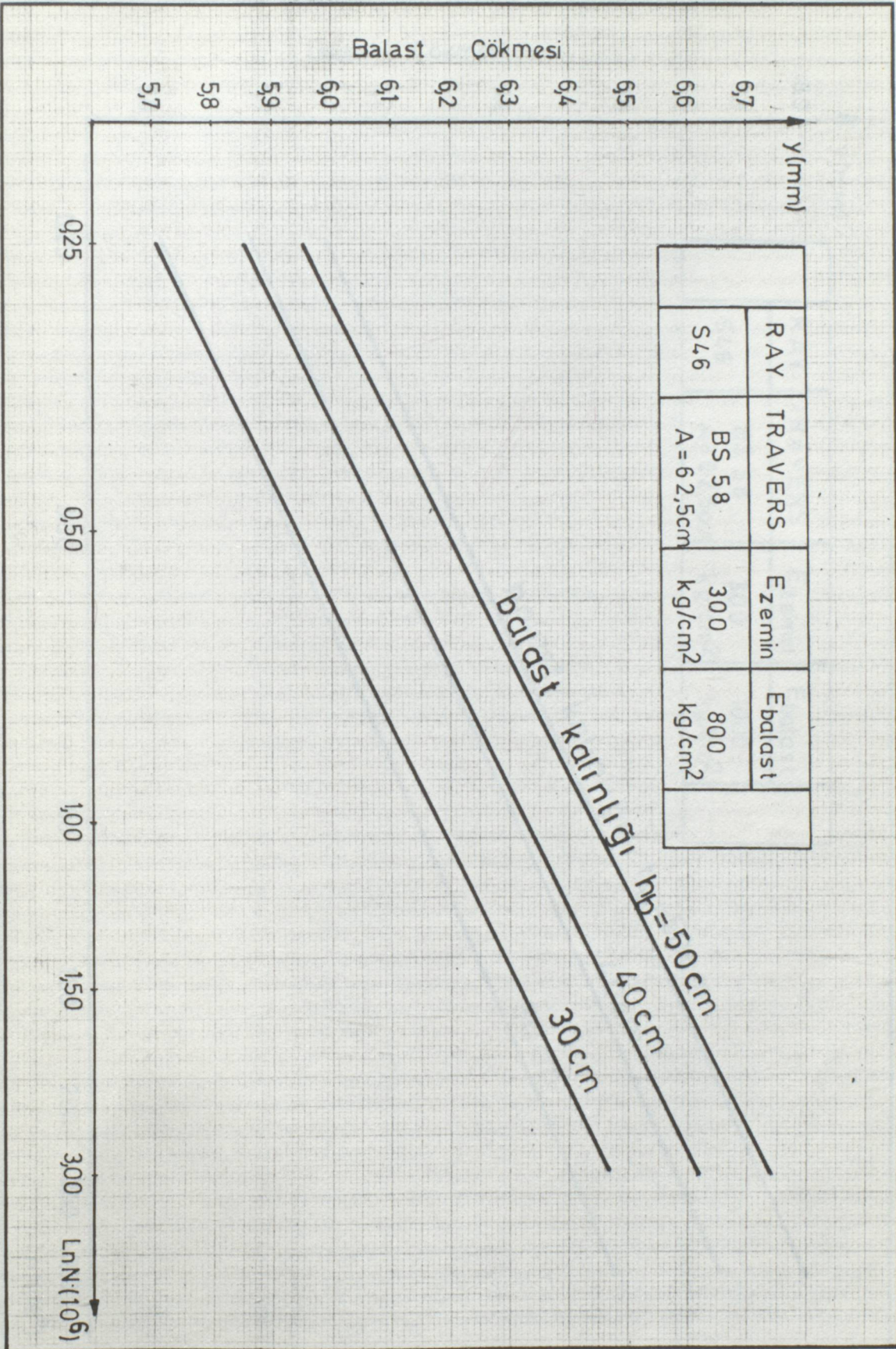




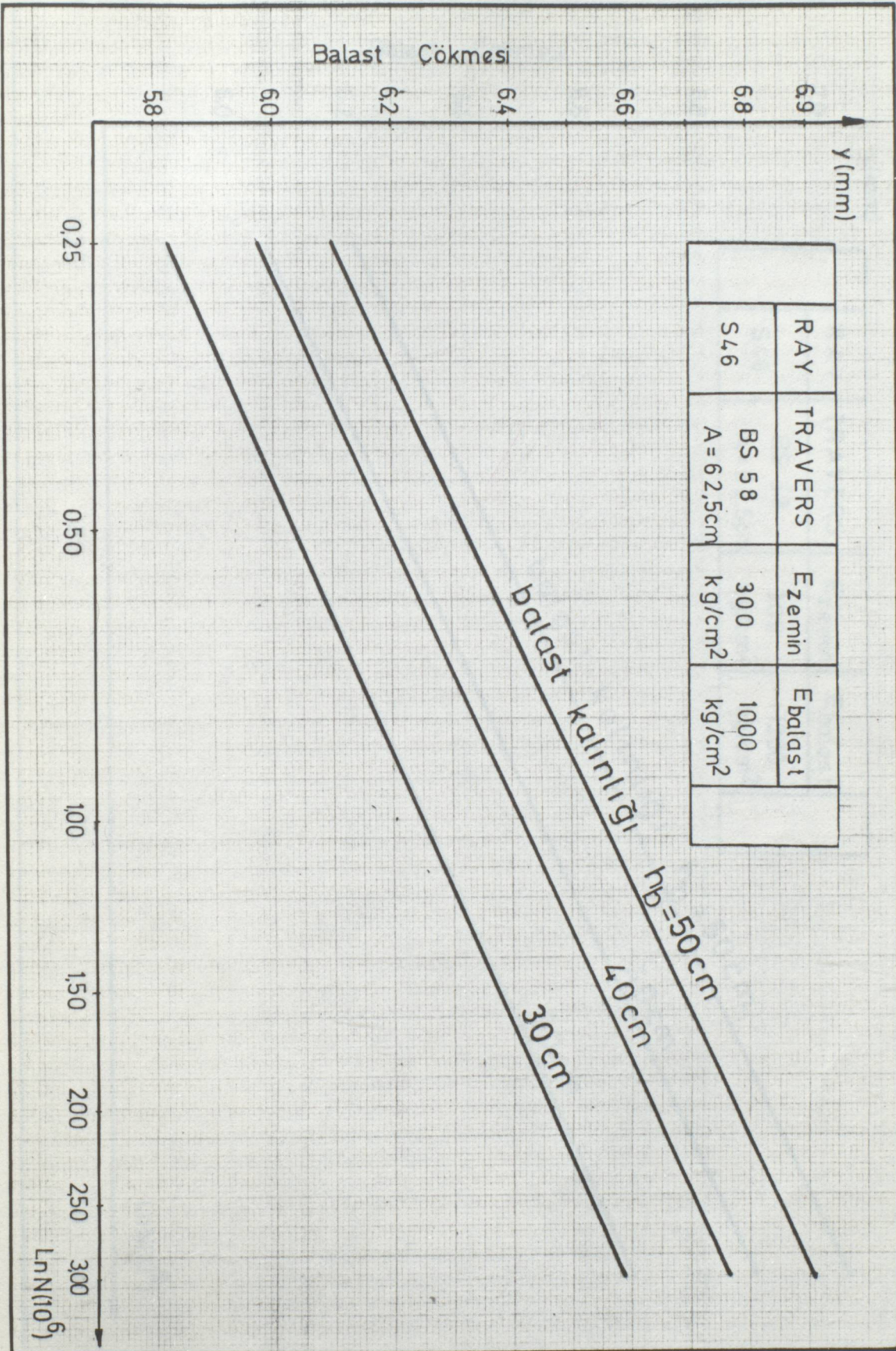
Şekil 4.2.6- Balast Cökmelerinin Zeminin (E) Modülü ile Değişimi.

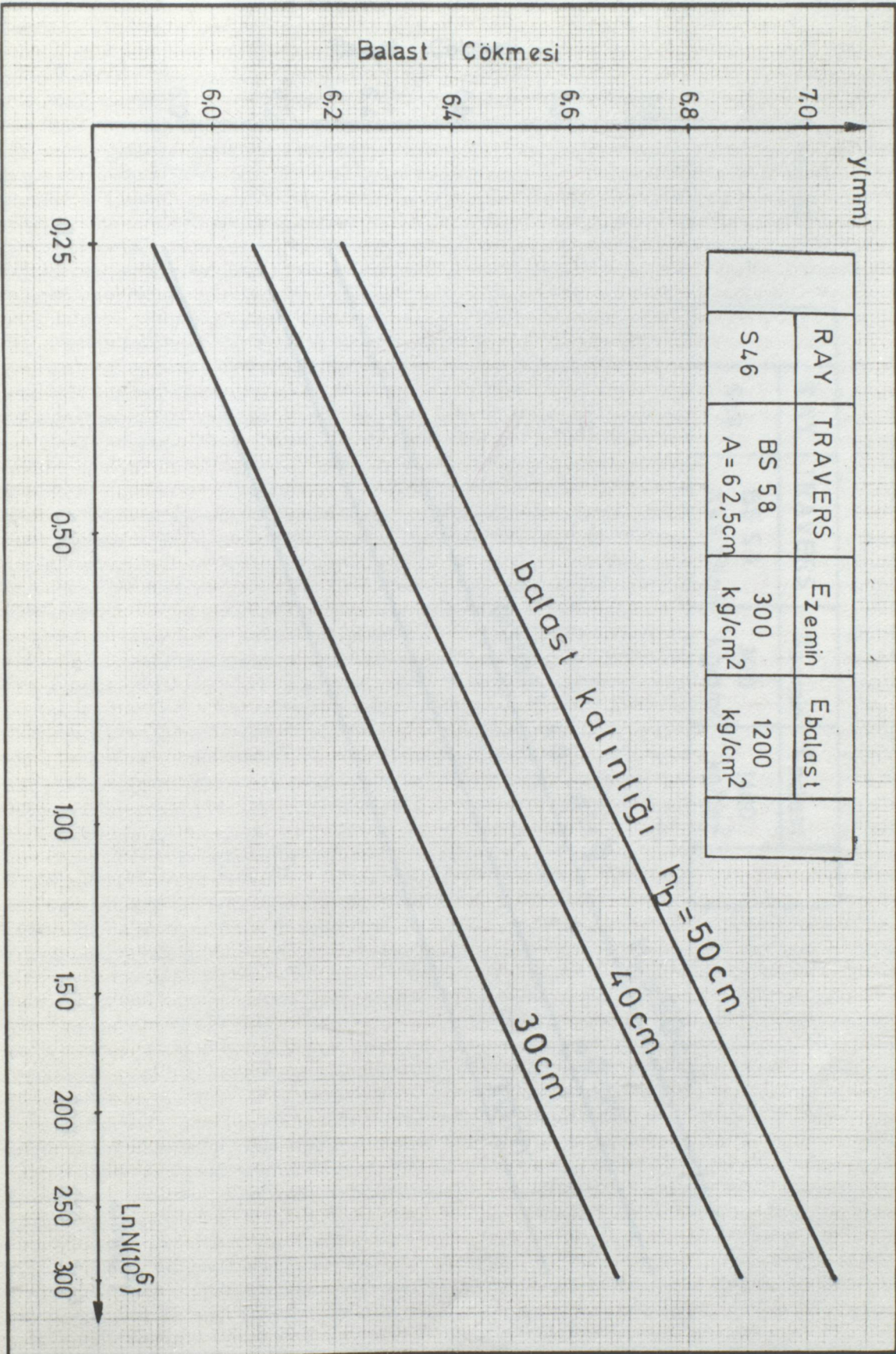


Şekil 4.2.7- Balast Çökmelerinin, Balastın (E) Modülü ile Bağlantısı

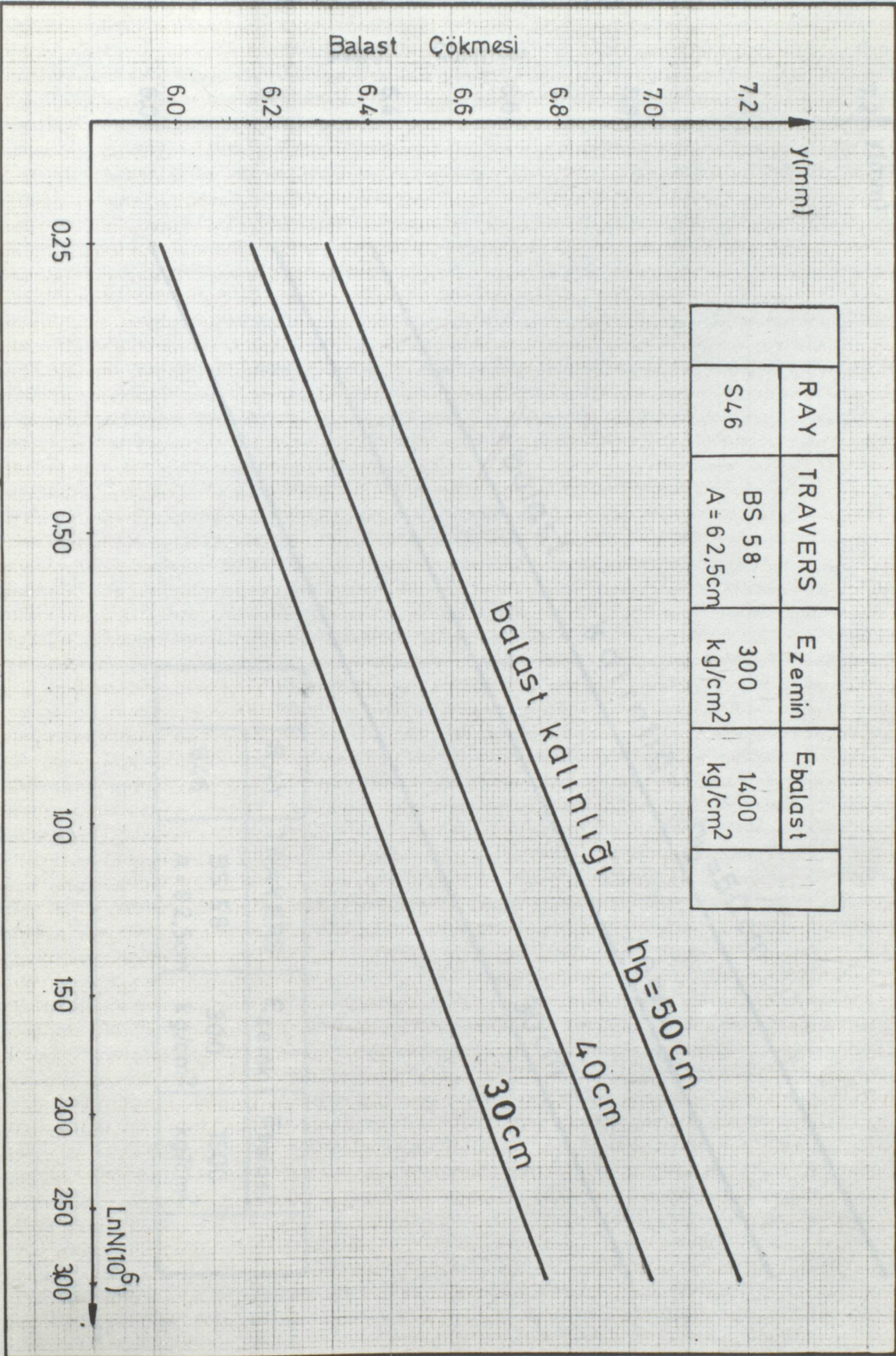


Şekil 4.2.8- Balast Cökmelerinin Trafikle Değişimi.

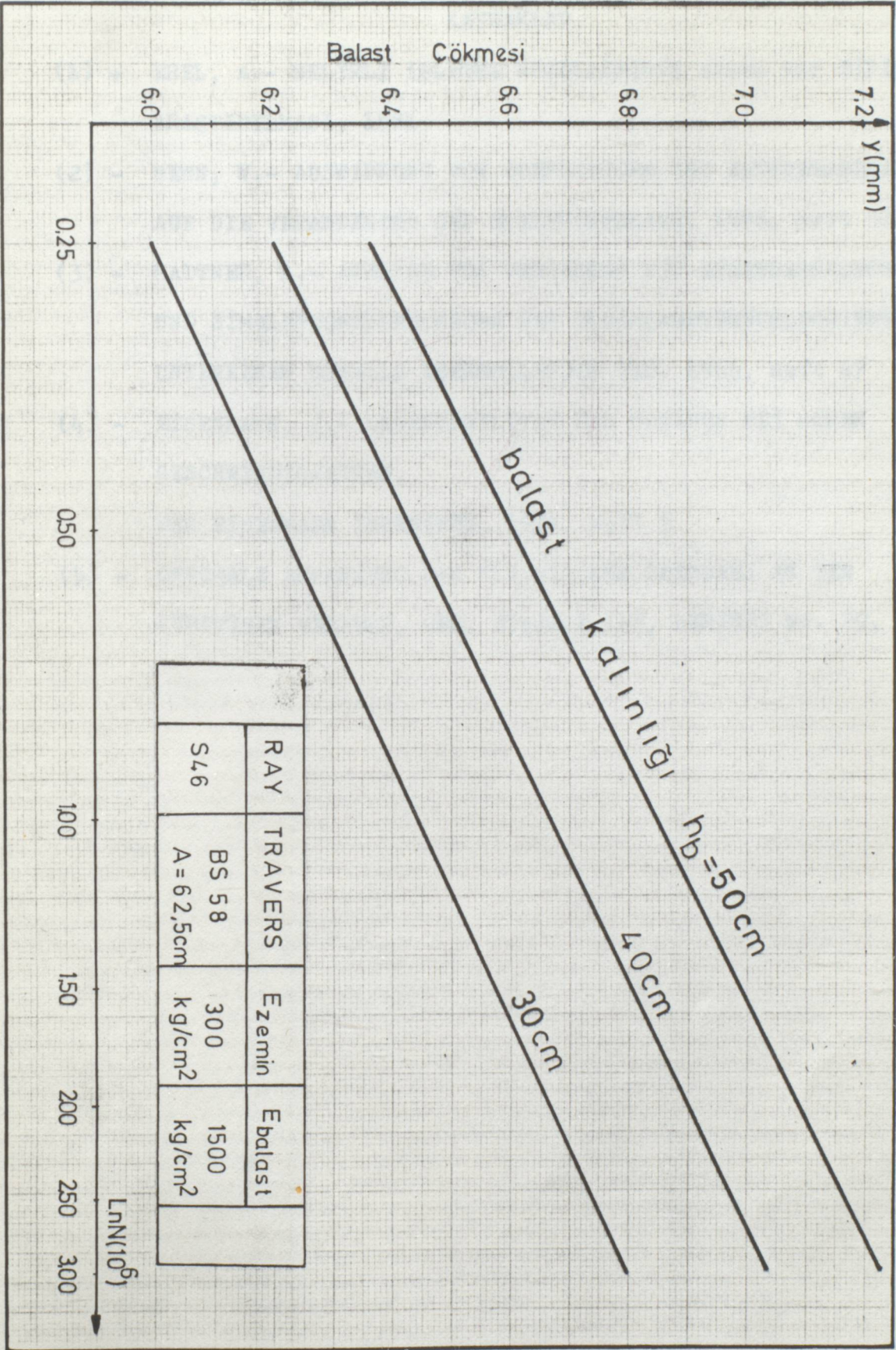




Sekil 4.2.10- Balast Cökmelerinin Yrafiikle Değişimi.



Şekil 4.2.11- Balast çökmelerinin trafikle değişimi.



- (1) - EREL, A.- BELİRLİ İŞLETME KOŞULLARINDA UYGUN RAY TİPİNİN ARAŞTIRILMASI, 1981
- (2) - HENN, W.- AUSWIRKUNG VON OBERBAUFORM UND BETRIEBSBELASTUNG AUF DIE VERÄNDERUNG DER GLEISHÖHENLAGE, 1978, Heft 30
- (3) - MATTNER, L.- ANALYSE VON VERSUCHEN MIT EISENBAHNSCHOTTER UND SIMULATIONSBERECHNUNG DER GLEISLAGEVERSCHLECHTERUNG UNTEREINEN OFTMALS ÜBERROLLENDEN RAD, 1986, Heft 47
- (4) - EISENMANN, J.- LAGESTABILITÄT DES GLEISES BEI HOHEN GESCHWINDIGKEITEN,
DER EISENBAHN INGENIEUR, 1974, Heft 5
- (5) - OPTIMALE ANPASSUNG DES KLASSISCHEN OBERBAUS AN DEN KÜNFTIGEN VERKEHR, ORE, FRAGE D 117, BERICHT Nr. 29, 1983

ÖZGEÇMİS:

1960 yılında AFYON'un Emirdağ ilçesinde doğan Tefvik ÇELİK, ilk öğrenimini Hadımköy'de, orta öğrenimini Büyükçekmece Lisesi ve Yenilevent Lisesi'nde tamamladı. 1978 senesinde Yıldız Üniversitesi Gece İnşaat Bölümü'ne girerek, 1983 yılında mezun oldu. 1985 Ocak ayında Yıldız Üniversitesi, Ulaştırma Anabilim Dalı'na Arş. görevlisi olarak girdi ve halen bu görevine devam etmektedir.

