

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Ülkemizdeki Doğ. Taş. Dem.
Bil. Ola. Kul. Araş.

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ömür Demir

1988

150

158

1/18: 490010

YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÜLKEMİZDEKİ DOĞAL TAŞLARIN DEMİRYOLU BALASTI OLARAK
KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

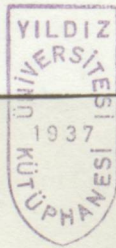
ÖMÜR DEMİR

İNŞAAT MÜHENDİSİ

İSTANBUL 1988

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
KÜTÜPHANE DOKÜMANTASYON
DAİRE BAŞKANLIĞI

Kot : R 150
158
Alındığı Yer : FEN BİL. ENS.
Tarih : 17.10.1991
Fatura : - - - - -
Fiyatı : 4500. TL.
Ayniyat No : 1/15
Kayıt No : 47750
UDC : 624. 378.242
Ek :



YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YILDIZ ÜNİVERSİTESİ

D.E. No 45527

SAYFA NO.

1

2

3

4

5

ÜLKEMİZDEKİ DOĞAL TAŞLARIN DEMİRYOLU BALASTI OLARAK
KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

ÖMÜR DEMİR

İNŞAAT MÜHENDİSİ



İSTANBUL 1988

İ Ç İ N D E K İ L E R

TEŞEKKÜR

TÜRKÇE ÖZET

İNGİLİZCE ÖZET

SAYFA NO.

1- DEMİRYOLU ÜSTYAPISININ TANIMI	1
1.1- ALTYAPI	2
1.2- ÜSTYAPI	2
1.2.1- RAY	3
1.2.2- TRAVERS	4
1.2.3- BALAST	5
2- DEMİRYOLU YAPISINA GELEN ETKİLER VE DEMİRYOLU YAPISININ ZORLANMASI	6
2.1- DEMİRYOLU ÜSTYAPISINA GELEN ETKİLER	6
2.2- DEMİRYOLU YAPISININ ZORLANMASI	8
2.2.1- ÜSTYAPININ ZORLANMASI	9
2.2.2- ALTYAPININ ZORLANMASI	11
2.3- BALAST VE BALASTIN ZORLANMASI	12
2.3.1- BALASTIN TARİHÇESİ	12
2.3.2- BALASTIN TANIMI	12
2.3.2.1- BALASTIN TAŞIYICI VE YOL ELAMANI OLARAK GÖREVLERİ	13
2.3.2.2- BALASTIN SAHİP OLMASI GEREKEN ÖZELLİKLER	13
2.3.3- BALAST OLARAK KULLANILAN MALZEMELER	15
2.3.4- BALASTIN MEYDANA GETİRİLMESİ	16
2.3.5- BALAST OLARAK KULLANILACAK TAŞLARIN SERTLİĞİ İLE İŞLETME VE KULLANIMI ARASINDAKİ İLİŞKİLER	18
2.3.6- BALASTIN ZORLANMASI	19
2.3.7- ZORLANMALAR ALTINDA BALAST MALZEMESİ VE TABAKASINDA MEYDANA GELEN BOZUKLUKLAR	20

3- DEMİRYOLU ÜSTYAPISINA EN UYGUN BALASTIN SEÇİLEBİLMESİ İÇİN YAPILMASI GEREKEN DENEYLER	22
3.1- ELEK ANALİZİ	24
3.2- KURU BİRİM HACİM AĞIRLIĞI (YOĞUNLUK) TAYİNİ	28
3.3- ÖZGÜL AĞIRLIĞIN TAYİNİ	29
3.4- SU EMME DENEYİ	31
3.5- DOĞAL TAŞLARDA BASINÇ DAYANIMI DENEYİ	32
3.6- DOĞAL TAŞLARDA DARBE DAYANIMI DENEYİ	34
3.7- LOS ANGELES AŞINMA DENEYİ	36
3.8- DONMA DENEYİ	39
4- YAPILAN DENEYLER VE DEĞERLENDİRME	42
TARTIŞMA VE SONUÇ	77
YARARLANILAN KAYNAKLAR	80
ÖZGEÇMİŞ	81

T E Ş E K K Ü R

Tez çalışmam süresince, yakın ilgisini gördüğüm ve değerli fikirlerinden yararlandığım tez yöneticim

Sayın Doç. Dr. Aydın EREL'e

Çalışma boyunca yakın ilgi ve yardımlarını gördüğüm Sayın Yrd. Doç. Dr. Zerrin TUNA'ya, İnş. Yük. Müh. Mustafa ILICALI'ya, değerli arkadaşlarım İnş.Yük. Müh. İsmail ŞAHİN'e ve İnş. Yük. Müh. Rezzan EREL'e, deneylerin yapılması sırasında yardımlarını esirgemeyen Yıldız Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Zemin Mekaniği ve Yapı Malzemeleri Laboratuvarları'nın değerli öğretim elamanlarına

En derin saygılarımı sunarım.

Ö Z E T

Bu çalışma, Ulaştırma Anabilim Dalı tarafından başlatılmış olan ve ülkemizdeki doğal taşların demiryollarında balast olarak kullanılabilirliğinin teknik ve ekonomik olarak etüdünü amaçlayan bir araştırmanın ilk bölümünü oluşturmaktadır. Bu bölümün konusu, T.C.D.D. İşletmesi'nin balast gereksinimini karşıladığı taş ocaklarından sağlanan doğal taşların fiziksel ve mekanik özelliklerinin saptanması olup, deneysel ağırlıklıdır. Çalışmanın birinci kısmında demiryolu yapısının tanımı anlatılmıştır. İkinci kısımda demiryolu üstyapısına gelen etkiler ve demiryolu yapısının zorlanması, balastın tanımı ve balastla ilgili bilgiler verilmiştir. Üçüncü kısımda balastın özelliklerini belirleyebilmek amacıyla yapılması gereken deneyler anlatılmıştır. Çalışmanın son kısmında yapılan deneyler ile elde edilen sonuçların, demiryolları balast şartnamesi, Türk Standartları TS 2513 ve diğer ülkelerin istediği değerlerle karşılaştırılması ve tartışması yapılmıştır.

S U M M A R Y

The following study forms the first part of a research program started by the Transportation Department of Yıldız University to analyse the technical and economical usability of natural stones available in Turkey as ballast for railroad constructions. The scope of this experimental study consist of determining the physical and mechanical properties of natural stones obtained from stone quarries, from where the Turkish State Railway Company (T.C.D.D.) procures the required ballast material.

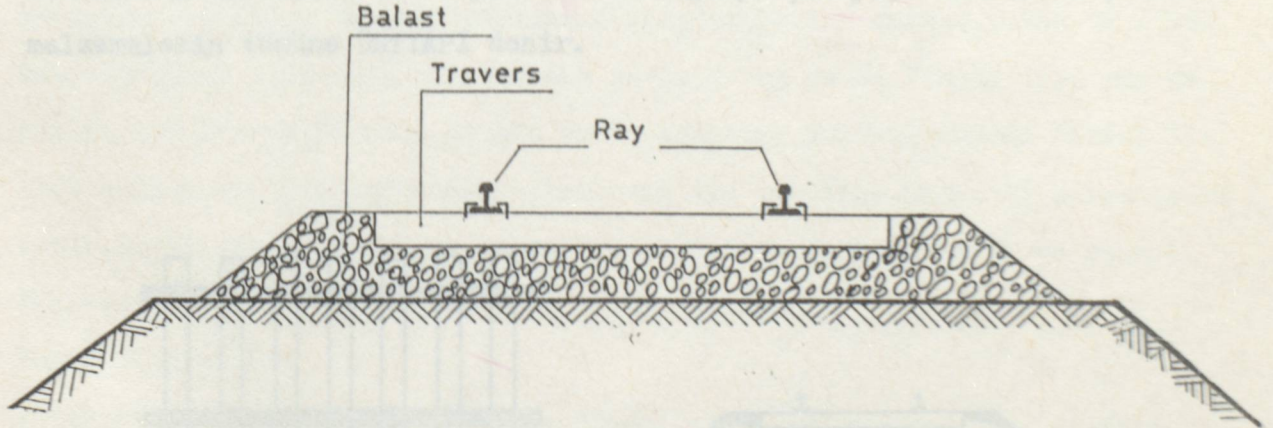
The first part gives a description of the railroad construction. The influences on the railway super - structure and the strain in the railway construction, the description and specific informations of ballast are summarized in the second part. The third part of the study contains the description of experiments required for the determination of ballast properties. The results of this experiments and a comparison of them with the Turkish Standart 2513 for railroad ballasts and the requirements of other countries are given and discussed in the last part.

1. DEMİRYOLU YAPISININ TANIMI :

Demiryolu yapısı, trafik yüklerini güvenli bir şekilde zemine iletebilecek ve demiryolu hattını doğanın çeşitli zararlı etkilerinden koruyabilecek nitelikte bir yatak ve bu yatak üzerine çeşitli elamanlar vasıtasıyla, aralarında belirli bir genişlik bulunacak şekilde tesbit edilmiş iki raydan oluşur.

Rayların altında, ana görevleri hat genişliğini korumak ve mesnet oluşturmak olan, yol eksenine dik yönde ve belirli aralıklarla konulmuş traversler bulunur. Traversler ahşap, çelik ya da betonarme travers olabilir. Traversler altına döşenen çakıl ya da kırmataş yığınının oluşturduğu tabakaya BALAST adı verilir.

Demiryolu yapısı elamanları, altyapı ve üstyapı olmak üzere iki kısımda ele alınır.



Sekil : 1.1

1.1. ALTYAPI :

Yapıma tamamlanmış bir demiryolunda,platform düzeyi ile doğal zemin çizgisi arasındaki bölgeye ALTYAPI denir.Yolun dolgu kesimlerinde dışardan getirelen toprak ile oluşturulmuş kısımır.Yolun yarma kesimlerinde,platform düzeyine gelinceye kadar kazılan doğal zemindir.

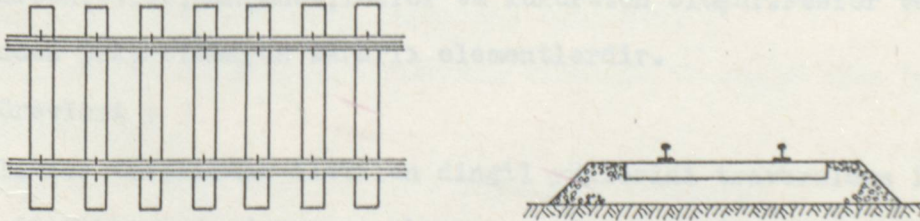
Altyapının Görevleri:

- Hattın her kesiminde istenilen yükseklikte düzgün bir yüzey sağlamak,
- Üst yapıdan gelen yükleri daha geniş bir alana yaymak ve bu sayede zeminin gelen yükleri daha rahat karşılamasını sağlamak,
- Az da olsa yolu dış etkilere korumaktır.

Bu görevleri yerine getirebilmesi için altyapının,trafik yüklerine,hava olaylarına ve su etkilerine karşı dayanıklı olması gerekir.Bunu sağlamak için de gerekli sıkılığı verilmesi,zemin suyunun belirli değerler içinde sabit tutulması ve donma karşı korunması gerekir.

1.2. ÜSTYAPI :

Demiryolu arabalarının hat üzerinde belirli bir güven,konfor,hız ve ekonomiklik nitelikleri ile seyretmesini sağlayan,altyapı üzerine döşenen malzemelerin tümüne ÜSTYAPI denir.



Şekil : 1.2.1

Üstyapı; Araba tekerleklerinin üzerinde yuvarlandıkları,yol eksenine paralel yönde ve belirli bir hat genişliğinde döşenmiş iki çelik ray ve bu rayların tesbit edildiği yol eksenine dik ve belirli aralıklarla yerleştirilmiş ahşap,çelik veya betonarme traversler,rayların birbirleriyle ve traverslerle bağlantısını sağlayan küçük bağlantı elamanları ve traverslerle altyapı arasına döşenmiş balast tabakasından oluşmuştur,

Üstyapının Görevleri:

- Yol boyunca demiryolu arabalarına güvenli,düzgün ve pürüzsüz bir yuvarlanma yüzeyi sağlamak ve arabalardan gelen statik ve dinamik kuvvetleri karşılayarak ve kısmen azaltarak altyapıya iletmek,
- Yeterli elastikliğe sahip olmak,
- Şekil bozukluklarına uğradığında kolayca eski durumuna getirilebilir özelliğe sahip olmak,
- Yüzey sularını bünyesinden kolayca uzaklaştırmaktır.

1.2.1.RAY :

Araba tekerleklerinin üzerinde yuvarlandıkları ray,uzun yıllar değişim evresinden geçmiş ve bugünkü şekline gelmiştir.Raylar mantar,paten ve gövde kısımlarından oluşur.Bu tip raylara patenli ray ya da Vinyol tipi ray denir.Raylar Thomas,Siemens,Martin ya da Bessemer yöntemlerinden birisi ile elde edilen çeliğin haddeden geçirilmesi ile üretilir.Kimyasal bileşimleri demir,karbon,silis,manganez,fosfor ve kükürttten oluşur.Fosfor ve kükürt bünyesinden çıkarılamayan zararlı elementlerdir.

Rayın Görevleri :

- Tekerlekler tarafından iletilen dingil yüklerini traverslere iletmek,
- Araba dingillerinin dereyman olayına meydan vermeden güvenli içinde hareketini sağlamak,
- Araba tekerleklerine az direnimli,düz planda kırıklığı olmayan ve kademeli bulunmayan pürüzsüz bir yuvarlanma yüzeyi sağlamak,
- Yukardaki nitelikleri uzun bir süre az maliyetle sürdürebilmektir.

.2.2. TRAVERS :

Yol eksenine dik yönde ve rayların altına mesnet olarak belirli aralıklarla yerleştirilmiş bulunan ahşap, çelik ya da betonarme malzemeden yapılmış üstyapı elamanlarıdır. Traverslerin boyut ve aralıkları; işletme hızı, dingil ağırlıkları, üstyapı tipi ve balast altı zemininin cinsine bağlı olarak değişik değerler almaktadır.

Traversin Görevleri :

- Raylardan gelen tekerlek yüklerini yayarak balast tabakasına aktarmak,
- Raylara mesnet görevi yapmak,
- İki ray dizisinin oluşturduğu hat genişliğini korumak,
- Yatay kuvvetlerin etkisiyle, rayları traverslere bağlayan bağlantı elamanlarının gevşemesine engel olabilmek için, raylara içe doğru 1/20 eğim verebilmek, (arabaların bandajları konik olup eğim 1/20 'dir. Bu haldeki bandajların ray üzerine oturabilmesi için raylara da içeri doğru aynı eğimi vermek gerekir.)
- Hat boyunca trafik kontrolünde kullanılan sinyal işaretlerinin çalışmasında, üzerlerinden arabaların geçmesi ile kapalı bir devre oluşturan ray çifti arasında yalıtıkanlık görevini yapmak,

Traverslerde aranılan özellikler şunlardır ;

- Raydan gelen yüklere karşı belirli bir sertlikte olmaları,
- Eğilebilir ve elastik olmaları,
- Kırılmaya ve ezilmeye karşı dayanıklı olmaları,
- Rayların tesbit edilmesine elverişli olmaları ve rayla olan bağlantısını koruyabilmeleri,
- Dış etkilere (doğa etkilerine) dayanıklı olmaları,
- Üstyapının stabilitesi bakımından çok hafif olmaları ancak taşıyabilir olmaları,
- Ucuz ve uzun ömürlü olmaları.

2.3. BALAST :

Demiryollarında altyapı platformu üzerinde bulunan ve traverslerin içine gömülü oldukları, üstyapı çerçevesi ile altyapı arasındaki bağlantıyı sağlayan, 25-70 mm. arasında boyutları olan danelerin oluşturduğu kırmataş tabakasına BALAST adı verilir.

En uygun balast malzemesi bazalt, granit, siyenit, porfir, yada sert kalker cinsindeki yüksek mukavemetli taşlardan elde olunur. Bazı hallerde çakıl taşı ve yüksek fırın cürufu da balast olarak kullanılabilir.

Balastın Görevleri :

- Platforma gelecek yükleri daha geniş bir alana yayarak, altyapının taşıyabileceği değerlere düşürmek,
- Üstyapıya elastikiyet vermek,
- Balast içine üst düzeyine kadar gömülen traverslerin gerek boyuna ve gerekse enine yönde deplasmanlarını önlemek, çerçevelerin stabilitesini sağlamak,
- Platformu dış etkilere korumaktır.

Daha sonraki bölümlerde balast hakkında ayrıntılı bilgi verilecektir.

2. DEMİRYOLU YAPISINA GELEN ETKİLER VE DEMİRYOLU YAPISININ ZORLANMASI

2.1. DEMİRYOLU ÜSTYAPISINA GELEN ETKİLER :

Demiryolu üstyapısını zorlayan etkiler kökenlerine göre aşağıdaki şekilde gruplandırılabilirler :

1. Yol Üzerinde Yuvarlanan Taşıtların Oluşturduğu Etkiler :

Bu grupta, düşey doğrultudaki dinamik dingil yükleri ile taşıtların hızlanma ve frenleme evrelerinde yol eksenini 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 ya da merkezkaç kuvvetler, tekerleklerle dingillerin rijit bağlı ve tekerlek bandajlarının konik olmaları nedeniyle ortaya çıkan zorlanmalar da bu grup içinde sayılabilirler.

3. Yol ve Taşıtlardaki Bozuklukların Oluşturduğu Etkiler :

İşletme etkisiyle yada zamanla aşınmalar, cebireli ray eklerinin bulonlarındaki ve rayı traverslere bağlayan bağlantı elamanlarındaki gevşemeler, düşey ve yanıl 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 artırırılar. 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 arttırırılar. Don etkisinde balast ve taban zemininin elas-

DEMİRYOLU YAPISINA GELEN ETKİLER		DÜŞEY	YANAL	BOYUNA
TAŞITLARIN 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 çekme ve basınç gerilmeleri
	KURBALARDAKİ YANAL KUVVETLER	Tekerlek yükü değişimleri	Yolun yanal kaymaya zorlanması	
	LASE KUVVETLERİ		Yanal kayma sonucu tekerlek budenlerinin ray mantarına çarpması ve sürtünmesi.	Onüçlasyona neden olan sinüzoidal hareketler.
	CEBİRELİ EK YERLERİNDEKİ ŞOKLAR	Ray uçlarında aşırı zorlanmalar, balast ve zeminde aşırı basınç gerilmeleri.		Rayda basınç gerilmeleri artışı.
YOL VE TAŞIT 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 yanal kaymaya ve çarpılmaya zorlanması, rayda çekme ve basınç gerilmeleri.		
	HAVA KİRLİLİĞİ VE RUTUBET	Korozyon sonucu metal elemanlarda mukavemet azalması, yapı elemanları arasındaki sürtünmelerin azalması.		

tiklikleri azalacağından, üstyapıya gelen zorlanmalar da artarak büyük gerilmeler oluşturlar.

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

Demiryolu yapısına gelen bu etkilerin, yuvarlanma düzeyinde boyuna ve yanıl ile düşey doğrultuda oluşturalakları zorlanmalar ve yan etkiler tabloda gösterilmiştir. (Tablo ;2.1.1)

2.2. DEMİRYOLU YAPISININ ZORLANMASI :

Demiryolu çerçevesine gelen ve çerçeve tabanına aktarılan ektiler, yol üzerinde çeşitli hızlarda işleyen arabaların doğurdukları zorlanmalar ile , yüksek hızlarda yol ve arabalardaki bazı düzensizliklerden ötürü ortaya çıkan zorlanmalardır.

İşletmedeki arabaların doğurdukları zorlanmalar ; dingil yüklerine, belirli süre içinde hat üzerinde işleyen katar sayısına ve bunların hızlarına bağılı olarak demiryolu yapısına etkimektedirler. Bu zorlanmalar :

- a) Statik dingil yükleri,
- b) Demiryolu araba dingillerinin traversler üzerinden belirli zaman aralıklarıyla geçmesiyle oluşan titreşimler,
- c) Dingil milleri, tekerlek ve araba karoserlerinin titreşimleri sonucu ortaya çıkan zorlanmalar.

Demiryolu arabalarının tekerlek takımları (bujiler) tarafından traversler üzerinde oluşturdıkları yük değişiminin de, balast altındaki zemin üzerinde büyük etkisi olmaktadır. Bu değişme zamanla, dane yer değiştirmeleri nedeniyle esnek ve sert toprakların sıkışmasına ve plastik şekil değiştirmelerine yol açar. Traversler sürekli tekrarlanan yükler altında, kendi öz titreşim frekanslarına göre titreşirler. Travers altındaki çerçeve tabanına iletilen bu titreşimler elastik şekil değiştirmelere neden olurlar.

Belirli bir hızda seyretmekte olan arabaların dingilleri de kendi kütleleri ve karoserlerinin kütleleri ile birlikte titreşerek, yol yapısına bu titreşimi iletirler. En kuvvetli etki yaylandırılmamış tekerlek takımlarında ve buji çerçevesi kısımlarında oluşur. Karoserlerin ağırlığı dingil milini yükler ve yüklenmiş dingilin eğilmesiyle enine bir dalga oluşur. Tekerleklerin üst üste yığılan titreşimleri, raylara değme yüzeyinde, çerçeve kütlesiyle birlikte tüm yol kütlesini zorlarlar. Kulakla işitilebilen bu titreşimlere, " Tahrik frekanslı titreşimler " denir.

Yüksek hızlarda, yol ve arabalardaki düzensizliklerden ötürü ortaya çıkan zorlanmalar ise şöyle sıralanabilir :

- Tekerleklerin zamanla yassılaşıarak dairesel biçimlerini kaybetmeleri sonucu, ray üzerinde oluşturdıkları şoklar,
- Hattın döşenmesi sırasında ortaya çıkan yükselti farklarının doğurduğu zorlanmalar,
- Ray ek yerleri, makas ve kavşaklarda oluşan zorlanmalar,
- Lokomotiflerin lase hareketlerinden doğan zorlanmalar.

Yüksek hızlarda hesaba katılacak değerlere ulaşan katarların hızlanma ve yavaşlama evrelerinde ortaya çıkan yol eksenine yönündeki ve kurbalarda merkezkaç kuvvetinin doğurduğu yol eksenine dik yöndeki zorlanmalar oluşur.



2.1. ÜSTYAPININ ZORLANMASI :

a) Demiryolu Üstyapısının Taşıyıcı Olarak Zorlanması :

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 zorlar. Normal koşullarda her iki raya eşit olarak etkimesi gereken (Q) tekerlek yükü, eksantrik yükleme ve kurba kesimlerindeki dengelenmemiş yanal kuvvetler ile farklı değerler almaktadır.

Demiryolu üstyapısının taşıyıcı olarak zorlanmasında ; eğilme momentleri etkisindeki ray, tabanında çekme, mantar kısmında da basınç gerilmeleriyle zorlanır. Traversler de, ray tabanları tarafından iletilen basınç kuvvet-

leri altında elastik ortama oturan bir kiriş gibi zorlanacak, travers tabanlarının ilettiği yayılı yükler de balast tabakasını aşınmaya, kırılmaya ve çökmeye zorlayacaktır.

b) Demiryolu Üstyapısının Yol Olarak Zorlanması :

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

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

Düşey dinamik dingil yükleri, ray mantarında düşey basınç gerilmelerinin yanı sıra radyal basınç gerilmeleri de 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. Maksimum kayma gerilmeleri, bir tek tekerlek geçişinde ray mantarında herhangi bir bozukluk oluşturacak değerlere ulaşamazlar. Ancak sürekli olarak tekrarlandığında yorulma etkisiyle, mantar kenarlarında " kabuklanma " adı verilen aşınmaya neden olurlar.

c) Demiryolu Üstyapısının Yanal Yönde Zorlanması :

Yanal yöndeki etkilerin en önemlileri ;

- Kurbalardaki dengelenmemiş yanıl kuvvetler,
- Doğru kesimlerindeki lase kuvvetleri,
- Genleşme kuvvetleridir.

Bu yanıl yöndeki kuvvetler rayın burkulmasına, bağlantı elamanlarının gevşemesine ve yolun yanıl kayma direncine bağlı olarak yolun yanıl yönde kaymasına neden olabilmektedir.

d) Demiryolu Üstyapısının Boyuna Yönde Zorlanması :

Demiryolu taşıtları çoğunlukla istasyon giriş ve çıkışlarında uygulanan hızlanma ve frenleme evrelerinde rayda ek çekme ve basınç gerilmeleri oluştururlar. Bu olay yolun yürütmesine (şöminman) ve raydaki gerilmelerin artmasına neden olur.

Doğru kesimlerindeki lase hareketleri ve ray ile tekerleğin temas koşullarına bağlı olarak meydana gelen dalgali düşey aşınmalar da " ondülasyon " adı verilen bir ray kusuru oluştururlar. Ondülasyon olayı seyir sırasında anormal titreşimlerin ve gürültülerin doğmasına neden olur.

Kaynaksız yollarda ray birleşim yerleri demiryolu yapısında en zayıf olan ve en çok zorlanan kısımlardır. Buradaki zorlanmalar diğerlerine nazaran 2-3 kat daha fazla olup ray konforunu da önemli ölçüde bozarlar.

Sıcaklık değişimleri sonucunda genişlemek isteyen ancak bu durumu ray-cebire, ray-travers ve travers-balast dirençleri ile önlemek isteyen raylar sıcaklık artışında basınç, sıcaklık azalmasında çekme gerilmelerine maruz kalırlar. Bu gerilmeler diğer etkilerden ötürü oluşan gerilmelerle birlikte rayda yorulma etkisinin oluşumunda etkili olurlar.

2.2.2. ALTYAPININ ZORLANMASI :

Demiryolu altyapısı düşey kuvvetler ve çevre koşulları etkisi altındadır.

Bu kuvvetler; trafik durumu, taşıt durumu, topoğrafik ve jeofizik koşullar, iklim ve bölgesel koşullar nedeniyle oluşan zorlanmalardır.

Düşey dingil yükleri raylar vasıtasıyla traverslere, traverslerden balast tabakasına, balast tabakasından da altyapıya aktarılır. Bu dingil yükleri, altyapıda plastik ve elastik şekil değiştirmelerine neden olabilirler. Bunun sonucunda altyapıda çökme olabilir ve bu da yol yüzeyinde çeşitli bozukluklara sebebiyet verir.

Cebireli ek yerlerindeki şoklar nedeniyle zeminde aşırı basınç gerilmeleri oluşacaktır.

2.3. BALAST VE BALASTIN ZORLANMASI

2.3.1. BALASTIN TARİHÇESİ :

Demiryolunun faaliyete geçtiği ilk zamanlarda basıncı en iyi dağıtan bir malzeme olması ve kolayca tedarik edilebilmesi bakımından balast yerine kum, çakıl kullanıldı. Bugün bile bazı demiryol idareleri tali hatlarda balast olarak kumu kullanmaktadır. Gerek kumla travers arasındaki sürtünme direncinin az olması, gerekse rüzgar ve su tesiriyle kumun zor muhafaza edilmesi nedeniyle elverişli olmadığı anlaşılmaya başlandı. Fakat çakıl ile de yeterli sürtünme direnci elde edilemedi. Daha sonra sürtünme direncinin daha iyi olduğu kırmataş balast malzemesi olarak kullanılmaya başladı. Bugün balast olarak hemen hemen bütün demiryol idareleri kırmataştan yapılmış balast kullanmaktadır.

Trafik miktarı ve dingil yükleri arttıkça balast yüksekliği de daha fazlalaştırılmış ve üstyapı malzemesi daha mukavemetli hale getirilmiştir.

Fransa'da eskiden travers altından itibaren 20-25 cm. civarında bir balast tabakası konulurken bugün bu kalınlık 30-40 cm. ye çıkarılmıştır.

1947 yılında Türkiye'de devlet tipi için balast yüksekliği, travers üst seviyesinden itibaren 40 cm. olarak kabul edilmiştir.

2.3.2. BALASTIN TANIMI :

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

En uygun balast malzemesi bazalt, granit, siyenit, porfir ya da sert kalker cinsindeki yüksek mukavemetli taşların kırılıp elekten geçirilmesi ile elde olunur. Ancak bazı hallerde çakıltaşı ve yüksek fırın cürufu da balast olarak kullanılabilir. Balast olarak kullanılacak taşların boyutları 25-70 mm. arasında olmalıdır. 25-70 mm. boyutundaki taşın en az % 10 u kırılmış olmalıdır. 65 mm. den büyük taşlar ancak kırıldıktan sonra kullanılabilir. Balast olarak kullanılabilecek diğer bir malzeme olan cüruf, demir filizinin indirgenmesi sırasında çıkan artık maddelerin açık havada kurutulmasıyla elde edilir. İri kırılmış cürufun (70-35 mm.) 1 m³ ü 1300 kg. da-

ha ince kırılmış cürufun (35 - 10 mm.) 1 m.³ ü 1350 kg. ağırlığında olmalıdır.

Balast malzemesinin daneleri keskin kenarlı ve yaklaşık küp şeklinde olmalıdır. Bu tip taşlarda sürtünme direnci daha fazladır. Hollanda demiryolları malzeme büyüklüğüne göre I. sınıf olarak adlandırdığı balast içinde yassı danelerin ağırlığın en fazla % 15' i kadar, II. sınıf balast malzemesinde ise ağırlığın % 20' si kadar olmasına izin vermektedir. Alman demiryolları 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 en çok % 33'ü kadar olmasına izin vermektedir.

3.2.1. BALASTIN TAŞIYICI VE YOL ELAMANI OLARAK GÖREVLERİ :

- Dingil yüklerinden oluşan ve traversler tarafından iletilen basınç kuvvetlerini kısmen karşılayarak altyapı platformu üzerinde geniş bir alana düzgün olarak yaymak ve bu sayede balast altı zemininin aşırı zorlanmasına meydan vermemek,
- Ray ve traverslerden oluşan ray çerçevesinin boyuna ve enine yöndeki deplasmanlarına iç sürtünme yardımı ile engel olmak,
- İyi bir hava ve su geçirgenliği ile yol çerçevesini 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,
- Yol yapısında yabancı ot ve bitkilerin büyümesine engel olmak,
- Üstyapıya yeterli elastikiyet vermektir. Bu sayede taşımacılıktaki konfor artacak ve üstyapı elamanlarının bakımında ekonomi sağlanacaktır.

3.2.2. BALASTIN SAHİP OLMASI GEREKEN ÖZELLİKLER :

Balast yukarda saydığımız görevleri yerine getirebilmek için bazı özelliklere sahip olmalıdır. Bu özellikler de balast üzerine uygulanan bir takım denemelerle saptanır.

Balast aşağıdaki özelliklere sahip olmalıdır :

- Balast; bazalt, granit, siyenit, porfir, kuvarsit, diyabaz yada sert kal-
ker cinsindeki yüksek mukavemetli taşların kırılmasıyla elde edilmelidir.
Bazı hallerde çakıltası ve yüksek fırın cürufu da kullanılabilir.
- Kullanılacak balast malzemesinin dane büyüklüğü 25 ile 70 mm. arasında
olmalıdır. Değişik büyüklükteki balastın toplam içinde ne kadar olacağı
elek analizi ile tesbit edilir.
- Balast olarak kullanılacak daneler keskin kenarlı ve yaklaşık küp şek-
linde olmalıdır. Bir boyutları diğer boyutunun 3 misli olan tanelere "yas-
sı taneler" denir.
- Dona karşı dayanıklı olmalıdır.
- Süngersi bir yapıya sahip olmamalıdır.
- Balast taneleri boşluklu olmamalıdır.
- Kırılmaya karşı dayanıklı olmalı, yani kırılmamalıdır.
- Aşınmaya karşı dayanıklı olmalıdır.
- Balast olarak kullanılacak malzemede odun, demir, bitki kökü gibi yaban-
cı maddeler bulunmamalıdır.
- Taşlar üzerinde kil, marn olmamalıdır.
- Balast malzemesi suda kolayca çözülebilen kimyasal maddeler ihtiva etme-
melidir.
- Çatlaklı olmamalıdır. Çatlak kontrolü yapmak için mikroskopik muayene
tavsiye edilir. Bazen gözle görülemeyen çatlaklar gözle görülenlerden da-
ha büyük problemlere neden olabilir.
- Balast tabakası kalınlığı travers tabanlarından itibaren 30 - 40 cm. a-
rasında değişir.
- Kötü zeminlerde balast altına grobeton yada bitümle bağlanmış granüle
malzemelerin oluşturduğu bazı ara tabakalar döşenerek zeminin stabilizas-
yonu arttırılabilir. Böylece zayıf olan zemin üstyapıdan gelen yükleri
karşılatabilecektir.

2.3.3. BALAST OLARAK KULLANILAN MALZEMELER :

Balast tabakasının kalitesi doğal olarak en başta balast malzemesine bağlıdır. Demiryollarımızda kum, çakıl, kum-çakıl karışımı, yüksek fırın cürufu, kömür tozu, ince kum, mıcır ve kırmataş gibi muhtelif malzemeler kullanılmıştır. Birçok durumda balast alt tabakası olarak blokaj kullanılmıştır. Ancak blokaj kolayca çamurlanarak suların akmasına mani olmuş yumuşayan temel üzerinde düzensiz oturmalar meydana getirerek hattın durumunu bozmuştur. Bu sebeplerden dolayı blokaj, demiryolu üstyapısında iyi netice vermemiştir.

Balast olarak kullanılacak malzemelerin sahip olması gereken diğer özellikler ise yeterli derecede mukavemet ve hava tesirlerine karşı dayanıklılıktır. Ayrıca darbeler karşısında ufalanmaması için balast malzemesinin gevrek olmaması da gerekmektedir. Aynı zamanda blokajlı bir balastın ıslahı, aynı dane çapındaki kırmataşlardan oluşan balastın ıslahından çok daha zordur.

KUM :

Dünyada en çok rastlanan balast malzemesi kumdur. Yıllarca balast malzemesi olarak kum kullanılmıştır. Fakat sonraları kum balastın kalitesinin düşük olduğu görülmüştür. Kum balastın kalitesini düşüren faktörler şunlardır :

- Mil ve kil nüfuzu,
- Dane çaplarının çok küçük oluşu,
- Temel drenajının kötü olmasıdır.

Kum balastta temelin iyi drene edilmiş olması çok önemlidir. Çünkü sarsıntısız bir hareket için başlıca şart balastın kuru olmasıdır.

ÇAKIL :

Bu cins balast malzemesi kum ile aynı değerdedir. Fakat boşluk hacminin kumdakinden büyük olması hattın kuru kalmasını daha iyi sağlar. Deplasmanlara karşı hattın göstereceği mukavemet kumunkinden daha büyük değildir. Aksine çakılın bir miktar kum ihtiva etmesi faydalıdır. Çünkü çakılın iç sürtünmesi küçüktür.

KIRMATAŞ :

Kırmataş en iyi balast malzemesidir. Taşlar konkazörlerde 3 - 6 cm. arasındaki dane çaplarında kırılır. Kırmataş imaline elverişli kaya cinsleri bazalt, granit, siyenit, andezit, kalker, dolomit, diorit, diabazdır. En sert cins bazalt, en yumuşak cins de kalkerdir. Ancak çok iyi balast malzemesi veren çok sert kalkerler de vardır. Zaten ülkemizin jeolojik yapısına bakıp Türkiye'deki balast ocaklarında üretilen balastlar taş cinsine göre incelendiğinde bunların % 90' ının kalker olduğu görülür. Demiryollarımızda kullanılan balast malzemesinin büyük çoğunluğu yine kalkerdir. .
(bakınız Demiryolları Haritası)

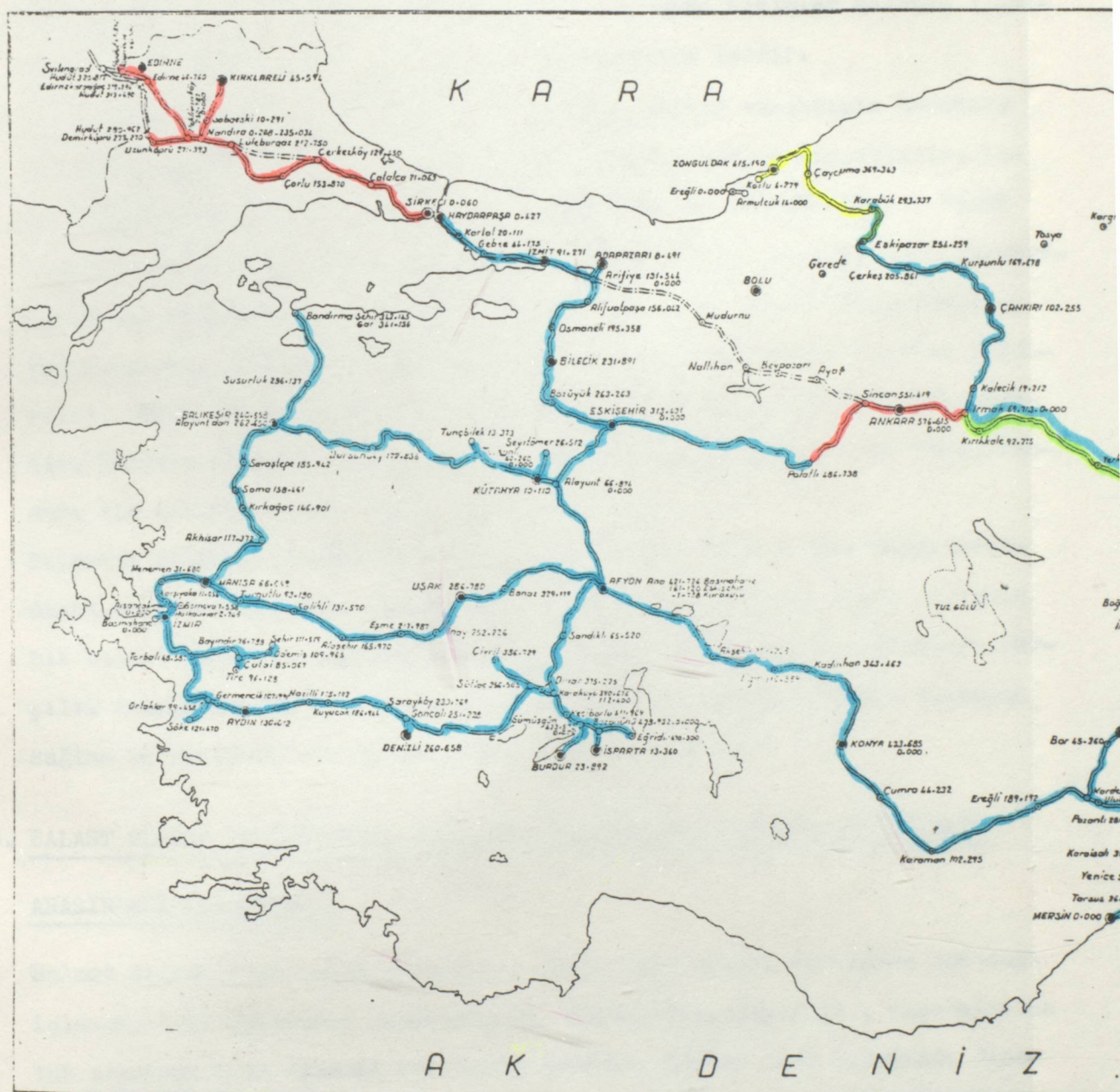
2.3.4. BALASTIN MEYDANA GETİRİLMESİ:

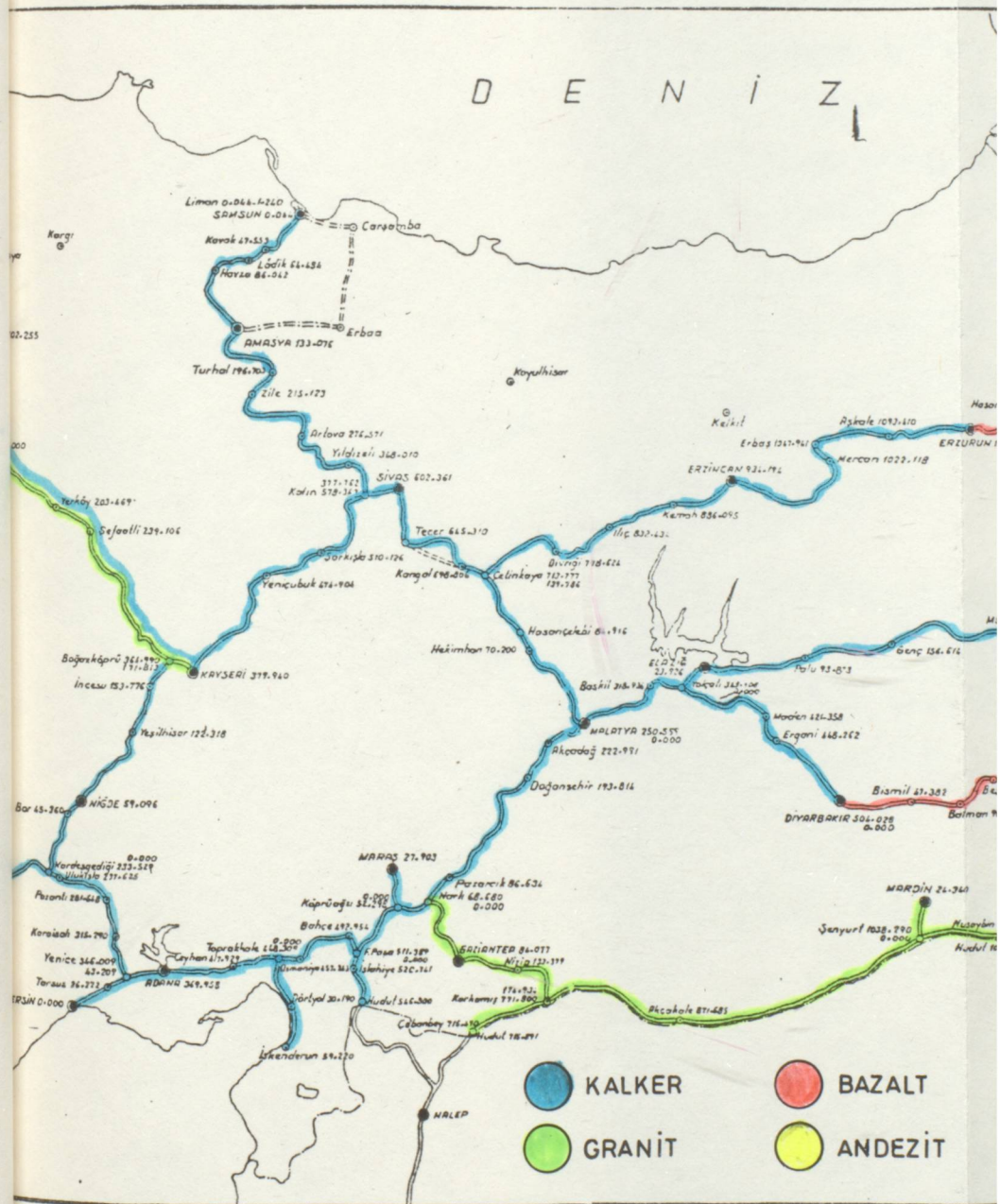
Buraj :

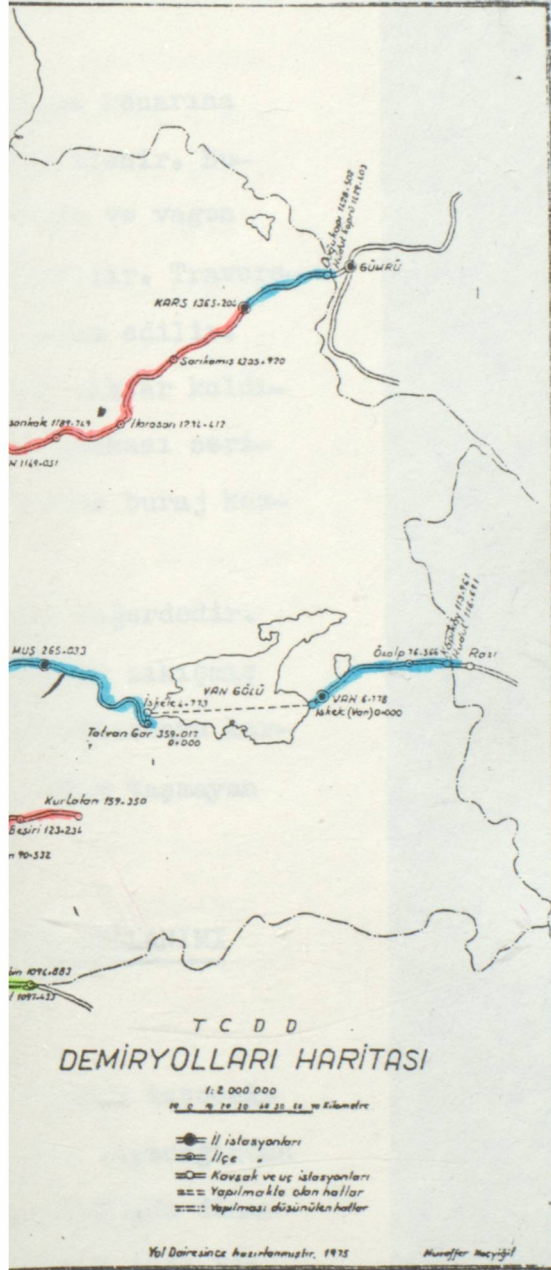
Demiryollarında katarların seyri sırasında oluşan titreşimler, travers altındaki balastı zamanla hareket ettirerek buradaki balastın boşalmasına sebep olur. Bunun sonucunda yolda nivelman bozuklukları meydana gelir. Bu durum başta katarların güvenliğini tehlikeye sokar ve işletme açısından konforu olumsuz yönde etkiler. Bu sebeplerden dolayı traversin altındaki balastın çakılarak sıkıştırılması işlemi yapılır. Bu işleme " buraj " adı verilir.

Buraj kazmasını kullanarak, balast traverslerin altına sokulur, bu esnada balast sıkıştırılarak yük altında travers çökmelerinin mümkün mertebe uniform olması ve 1 - 3 mm. lik sınırlar içinde kalması sağlanır. Buraj kazmasının bir ucu sivri, diğer ucu yassıdır. Buraj işçiliği bu yassı ucla yapılır.

Son zamanlarda buraj kazması ile birlikte otomatik makinelerle de buraj yapılmaktadır. Makineli burajda işler süratle ilerler. Kazma ile yapılan burajın sakıncası ; altlarına buraj yapılmış olan traversler arasındaki boşlukların gevşek balastla doldurulmasıdır. Bu durum traversler altındaki sıkışmış balast kısımlarının yanıl kaymaya karşı az bir mukavemet göstermesine sebep olur. Silindirlenen ve tokmaklanan balastta bu mahsur or-







tadan kalkar.

Balastın Tokmaklanması Ve Silindirilenmesi :

Taşıma gücü iyi olan bir balast meydana getirebilmek için tokmaklama ve silindirleme işleminden de faydalanılır. Hat uzun kısımlar halinde işletmeye kapatılabiliyorsa, balastın silindirilenmesi iyidir.

Balastın tokmanlanması ise şu şekilde olur. Balast sandığının kenarına kadronlar dizilir. Bunlar üzerinde aynı zamanda kotlar işaretlenir. Bunun ardından platform üzerine 8 cm. kalınlıkta balast serilir ve vagon tokmaklarından mamul kollu bir tokmakla bütün yüzey sıkıştırılır. Traverslerin alt kenarına ait kotlara ulaşılan kadar bu işleme devam edilir. Kot durumunda farklılık varsa bunu önlemek için çerçeve bir miktar kaldırılır. Düşük traverslerin altına gerekli kalınlıkta mıcır tabakası serilir. Üniorm olarak sıkışmış balast tabakasının hiçbir surette buraj kazması ile sıkıştırılması uygun görülmez.

Balastın silindirilenmesi de hemen hemen tokmaklama ile aynı değerdedir. Amacı,yine tokmaklamada olduğu gibi travers alt yüzeyine kadar sıkışmış bir balast tabakası meydana getirmektir. Sadece burajla sıkıştırmaya karşılık tokmaklamanın ve silindirlemenin avantajı, yanlara doğru taşmayan sağlam ve sıkışmış bir balast tabakası elde etmektir.

2.3.5. BALAST OLARAK KULLANILACAK TAŞLARIN SERTLİĞİ İLE İŞLETME VE KULLANIMI

ARASINDAKİ İLİŞKİLER :

Balast olarak kullanılacak taşların fazla sert olması durumunda taşocağı işletmeciliği açısından olumsuzluklar doğacaktır. Şöyle ki ; taşocağından taş çıkarmak için dinamit kullanımı gerekir. Taşlar sert olduğunda dinamit deliklerini delmek hayli zor olacak, hatta kırıcı çeneleri kısa bir sürede kullanılmaz hale gelecek, üretim maliyeti de artacaktır. Buna karşın bu taşların balast olarak kullanım süreleri oldukça uzun olacaktır. Taşların sertliğinin az olması durumunda, taş ocağı işletmeciliği açısından büyük kolaylıklar sağlanacak, taşların maliyeti pahalı olmayacaktır.

Buna karşılık bu taşların balast olarak kullanım süreleri oldukça kısa olacaktır. Taşlar kısa bir süre sonra ufalanacağından balastın sık sık elenip tamamlanması gerekecektir.

Ülkemizin jeolojik yapısına baktığımızda tortul kayaçların diğer kayaçlara karşın daha yaygın olduğunu görürüz. Ülkemizde bu tip kayaçlardan bulunmakta ve nakliye masrafları yakınlığı nedeniyle düşük maliyetli olarak taş ocaklarından elde edilerek demiryollarımızda kullanılır. Ancak burada gözönünde bulundurulması gereken husus bu tip kayaçların balast olarak kullanıldıklarında ekonomik olup olmadıklarıdır. Eğer bu kayaçlar çok çabuk ufalanarak eleme ve tamamlama külfeti getiriyorsa bu kayaçların ekonomik olmayacağı açıktır.

3.6. BALASTIN ZORLANMASI :

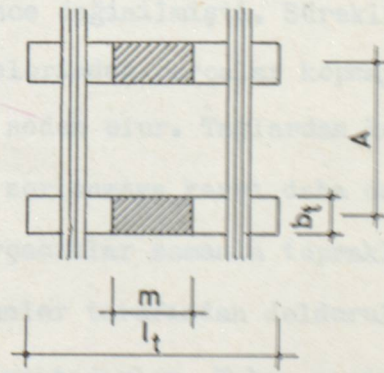
Demiryolu üstyapısı düşey kuvvetler, yanıl kuvvetler (demiryolu eksenine dik kuvvetler), boyuna kuvvetler (demiryolu eksenine paralel kuvvetler) etkisi altındadır.

Bu kuvvetler altında, balast tabakası da bazı zorlanmalara maruz kalır. Balastın maruz kaldığı zorlanmaların başında düşey dinamik dingil yüklerinden dolayı oluşan zorlanmalar gelir. Taşıt şasileri ile dingil başlarına, tekerlek ile raya aktarılan dingil yükleri, taşıt ve yol durumuna bağılı olarak tüm üstyapıyı zorlar. Düşey dingil yüklerinden dolayı travers taban basıncı aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$p = \frac{Q \cdot A}{F \cdot L} \cdot \rho \quad (\text{kg./cm}^2)$$

$$L = \sqrt[4]{\frac{8 \cdot E \cdot I \cdot A}{F \cdot C}}$$

$$F = (l_t - m) \cdot b_t$$



Q (kg.) : Tekerlek yükü

A (cm.) : Travers aralığı

ρ : Dinamik etki katsayısı

L (cm.) : Kirişin elastik uzunluğu

- $F \text{ (cm.}^2 \text{)} : \text{Traversin yük ileten alanı}$
 $E \text{ (kg. / cm.}^2 \text{)} : \text{Rayın elastisite modülü}$
 $I \text{ (cm.}^4 \text{)} : \text{Rayın ağırlık merkezinden geçen eksene göre atalet momenti}$
 $l_t \text{ (cm.)} : \text{Travers uzunluğu}$
 $m \text{ (cm.)} : \text{Traversin yük iletmeyen uzunluğu}$
 $b_t \text{ (cm.)} : \text{Travers genişliği}$

Travers tabanları tarafından balasta iletilen (p) düşey basınç gerilmeleri balast tabakasını sürekli bir şekilde zorlar.

Don olayı da balastın zorlanması nedenlerinden biridir. Don olayı olduğunda balast tabakasında düşey doğrultudaki gerilmelerin etkisi artar. Artan bu düşey doğrultudaki gerilmelerin etkisi balastın aşırı zorlanmasına neden olur.

3.7. ZORLANMALAR ALTINDA BALAST MALZEMESİ VE TABAKASINDA MEYDANA GELEN

BOZUKLUKLAR :

Yol üstyapısında maruz kalınan zorlanmalardan dolayı yol yapısında da oluşan bozukluklar vardır. Bu zorlanmalardan dolayı balast ve balast tabakasında meydana gelen bozukluklar şunlardır ;

- Kırılma, aşınma, ufalanma
- Topraklaşma
- Çökme

Ray ve traversler vasıtasıyla balasta iletilen kuvvetlerden balast tabakasının maruz kaldığı zorlanmalara daha önce değinilmişti. Sürekli olan bu zorlanmalar altında zamanla balast tanelerinden parçalar kopmaya başlar. Bu olay balasta aşınma ve ufalanmaya neden olur. Taşlardan kopan ufak parçalar üzerlerine gelecek her türlü zorlanmaya karşı daha dayanıksız durumdadır. Zorlanmalar altında bu parçacıklar zamanla topraklaşır. Balast tabakasındaki boşluklar bu ince daneler tarafından doldurularak elastikliğin artmasına ve çökmelere yol açmaktadırlar. Taban zemininin yol boyunca üniform bir elastikliğe sahip olmaması durumunda oluşan

farklı çökmeler de yol yapısında aşırı dinamik zorlanmalara ve yolun kısa zamanda bozulmasına neden olur.

Kurba kesimlerindeki tekerlek yükü değişimi ile artan basınç gerilmeleri balast tabakasında çökmelere neden olmaktadır. Bu konuda yapılan teorik araştırmalar ve ölçümler sonucunda, balast çökmesi ile yol üzerinden geçen taşıt tekerleklerinin tekerrür sayısı arasında logaritmik bir bağlantı bulunmuştur.

$$y = 1.43 + 0.38 p + 0.21 p^{1.21} \cdot \ln N$$

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

p (kg. / cm²) : Travers tabanı tarafından balasta aktarılan düşey basınç gerilmesi

N : Tekerlek yükü tekerrür sayısı

3. DEMİRYOLU ÜSTYAPISINA EN UYGUN BALASTIN SEÇİLEBİLMESİ İÇİN YAPILMASI GEREKEN DENEYLER :

Balastın, demiryolu üstyapısındaki görevlerini yerine getirebilmek için bazı özelliklere sahip olması gerekir. Bu özelliklere daha önce balast konusu içinde değinmiştik. Balastın özelliklerinin tesbiti, balast üzerinde yapılan bir takım deneylerle belirlenir. Balast üzerine uygulanacak deneylerin seçimi, balastın özelliklerine çok iyi belirleyecek şekilde olmalıdır.

Yapılan araştırmalar sonucunda balast malzemesinin özelliklerini belirleyebilmek amacıyla aşağıdaki deneylerin yapılmasına karar verilmiştir. Bu deneyler ;

- Elek analizi,
- Kuru birim hacim ağırlığı (yoğunluk),
- Özgül ağırlık,
- Su emme deneyi,
- Basınç deneyi,
- Los Angeles aşınma deneyi,
- Donma deneyi,
- Darbe deneyi.

Diğer ülkelerde; balast kalınlığı, taş cinsi ve boyutu ile balastla ilgili yapılan deneyler ve aranılan özellikler tablo halinde verilmiştir.

(Tablo : 3.1)

ÜLKELER	MINİMUM BALAST KALINLIĞI (cm.) (TRAVERS TABANIN - DAN İTİBAREN)	TAŞ CİNSİ VE BOYUTU (mm.)	BALASTLA İLGİLİ YAPILAN DENEYLER VE ARANILAN ÖZELLİKLER
BATI ALMANYA	30	Magmatik taşlar 25-65	Mineralojik analiz, birim hacim ağırlığı, özgül ağırlık, dona dayanıklılık, basınç ve darbe deneyleri, saflık ve granülometri
AVUSTURYA	30	Sert taşlar 30-65	Mineralojik analiz, saflık ve dane şekli
BELÇİKA	30	Porfir, kumtaşı, kalker 40-50 ; 40-63	Granülometri, darbe deneyi ve dane şekli
DANİMARKA	30-35	Granit 30 - 60	Elek analizi ve porozite
İSPANYA	30	Granit, kuvarsit	Los Angeles deneyi, elek analizi, dane şekli
FRANSA	20 cm. balast 15 cm. kum-çakıl karışımı koruma tabakası	Magmatik taşlar ve sert taşlar 25-50	Deval katsayısı kuru durumda 14 olacak, elek analizi, dane şekli, homogenlik ve saflık
İTALYA	35	Sert taşlar 30-60	Yuvarlanma deneyi
HOLLANDA	20	Çakıl 23-64 Porfir 32-76 Kırma çakıl 23-38	Elek analizi, darbe deneyi, aşınma deneyi, basınç deneyi, saflık
İSVİÇRE	25	Kalker 40-60	Mineralojik analiz, jeolojik analiz
MACARİSTAN	V 80 km./h. 35	Dona dayanıklı taşlar 25-60	Elek analizi, toz muhtevası Deval ve Los Angeles aşınma deneyleri
PİLMİŞİ SARİİ	Çelik travers 30 Beton travers 20	Granit 25-55	Basınç mukavemeti 700 kg./cm. ² Deval aşınma deneyi değeri 14 (%)

Table: 3.1

3.1. ELEK ANALİZİ :

1) Amaç :

Bu deney balast malzemesi olarak kullanılacak doğal taşların dane büyüklüğü dağılımının tayin edilmesi amacıyla yapılır.

2) Deney Aletleri :

- Elekler : Elek deneyi tek bir elek veya çeşitli göz açıklığı olan elek serisi ile yapılır. Elek serisinin altında bir elek altı ve üstünde de bir kapak bulunur. Elek serisi içindeki elek sayısı, malzeme hakkında yeterli bilgiyi vermeye yetecek kadar olmalıdır. Balast malzemesi olarak kullanacağımız doğal taşlar için ; 70 mm. , 56.5 mm. , 50.8 mm. , 38.1 mm. 25.4 mm. , 19.1 mm. ve 12.7 mm. kare göz açıklığı olan tel eleklerden elek serisi oluşturulmuştur.

Eleklerde eleme yüzeyi kare gözlü tel elek kafesleri veya delik metal elek levhalarıdır. Delikli metal elek levhalarındaki delikler, yuvarlak veya kare şeklindedir. Bunlar bir kasnağa düzgün şekilde tesbit edilir. Elekler kullanılmadan önce iyice temizlenmiş olmalıdır. Ancak bu temizleme sırasında örgülerine herhangi bir zarar verilmemelidir.

- Eleme makinası,
- Nümune ayırıcısı (Bölgeç) ,
- Tepsiler,
- Etüv ; 110°C'a ayarlanabilir,
- Trazi; elek analizi yapmak için gerekli miktarı almak ve fraksiyonları tartmak için kullanılan terazinin duyarlılığı deney nümunesinin en az % 1'i olmalıdır.

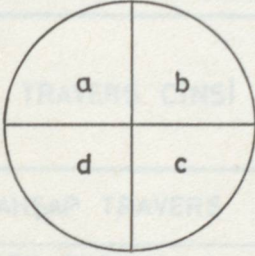
3) Nümunelerin Hazırlanması :

Doğru nümune alma, elek analizinde doğru sonuçların elde edilmesi için çok gereklidir. Uygulanan nümune alma yöntemi, elek analizi yapılacak kütleyi tam temsil edecek bir nümune alınmasını sağlayacak şekilde olmalıdır.

Kırılmış taşlardan teker teker alınan nümunelerden toplu bir nümune elde

etmek için bunlar düzgün, temiz, hava cereyanı olmayan bir yerde yağın halinde toplanır. Toplam nümune, iyice karıştırılan tek nümunelerin bir yaba ile defalarca atılarak bir koni oluşturulmasıyla elde edilir (koni metodu) . Yabayla atılan her yağın daha önce meydana gelmiş bulunan koninin tepesine atılarak yeni bir koni oluşturulur. Bu o şekilde yapılmalıdır ki ; tepeden düşen taşlar her doğrultuda serbestçe akabilsin ve güzelce dağılmış olsun. Bu şekilde elde edilen yağın düzleştirilir ve parçalara ayrılır.

Bu şekilde nümune alma işi, laboratuvarında küçültülerek uygulanır. Bu amaçla koni oluşturulur, bu koni düzleştirilip daire şekline veya kare şekline getirilir. Daha sonra 4 eşit parçaya bölünür. Çapraz olarak karşılaştırlı bulunan a - c veya b - d bölümleri alınarak yeni bir koni oluşturulur ve bu şekilde devam edilerek yeterli nümune elde edilmeye kadar bu işlem tekrarlanır.



4) Deneyin Yapılması :

Eleme işlemi elle veya eleme makinası ile yapılır. Ancak referans yöntemi her zaman elle yapılan elemedir.

Deneye başlamadan önce aşağıdaki koşullar bilinmelidir :

- Eleme yöntemi (kuru, yaş veya her ikisinin karışımı),
- Kullanılan eleklerin numaraları ve göz açıklığı,
- Kullanılan elek serisi.

Denenecek nümunelerin elenmesi için elekler uygun miktarlarda yüklenir ve yavaşça sallanarak elenir. Sonra elekler üzerinde kalan tanelerin elek açıklığından çeşitli pozisyonlarda geçip geçmediği, kuvvet uygulanmadan elle tek tek denenir ve her elek üzerinde kalan kısım ayrı ayrı tartılır. Daha sonra her bir elekten geçen tanelerin ağırlıkları bulunur ve bunların toplam nümune içindeki yüzdeleri (% Pi'leri) bulunur.

% Pi değerleri ile nümune boyutlarının dağılımı grafik yolla gösterilir. Grafik yolla çizilen eğriye " Granülometri eğrisi " adı verilir.

BAZI ÜLKELERDE DANE ÇAPININ YANAL KAYMA DİRENCİNE ETKİSİ

İSVİÇRE İÇİN

DANE ŞEKLİ	DANE BOYUTU mm.	YANAL KAYMA DİRENCİNE ETKİSİ %
YUVARLAK DANE	30 - 50	100
YUVARLAK KIRILMIŞ	40 - 60	122
NORMAL BALAST	40 - 60	133

FRANSA İÇİN

TRAVERS CİNSİ	DANE ŞEKLİ		
	10- 30 İNCE DANELİ	20-60 NORMAL DANELİ	80 - 150 BÜYÜK DANELİ
AHŞAP TRAVERS	% 97	% 100	% 120
TEK BLOKLU BETONARME TRAVERS	% 98	% 100	% 120

İSVEÇ İÇİN

DANE ŞEKLİ	DANE BOYUTU D (mm.)				
	D < 11.3	11.3 < D < 32	32 < D < 45	45 < D < 64	NORMAL
KÜBİK %	88.9	106.9	119.4	109.7	100
YASSI %	84.7	102.8	104.2	94.4	91.7

NORMAL BALAST	GRANÜLÜMETRİ %
0 < D < 11.3	1
11.3 < D < 32	4
32 < D < 45	30
45 < D < 64	55
D > 64	10

YUVARLAK ELEK ÇAPI d (mm.)	KARE ELEK GÖZÜ s (mm.)	ORAN $k = \frac{s}{d}$
5	3.8	0.76
7	5.4	0.77
8	6.2	0.77
10	7.8	0.78
12	9.5	0.79
15	12.0	0.80
18.5	15.0	0.81
20	16.4	0.82
24	20.0	0.83
25	20.8	0.83
30	25.2	0.84
35	30.0	0.85
40	34.0	0.85
47	40.0	0.85
50	43.0	0.86
60	52.0	0.87
64	56.0	0.87
70	61.0	0.87
80	70.0	0.87

Tablo:3.1.2

2. KURU BİRİM HACİM AĞIRLIĞI (YOĞUNLUK) TAYİNİ :

1) Amaç :

Bu deney, malzemenin boşluklu birim hacim ağırlığını bulmak için yapılır.

2) Deney Aletleri :

- Etüv ; 110°C 'a ayarlanabilir,
- Terazî ; ± 0.05 gr. hata mertebeli hassas bir terazî,
- Eksikatör ; Kurutma cihazlı bir eksikatör,
- Kaldırma metodu uygulanacaksa ;
- Su kapı ; suya daldırmayı sağlayacak bir kap,
- Hidrolik terazî ; ± 0.05 gr. hata mertebeli hidrolik terazî,
- Sıvı taşıma metodu uygulanacaksa ;
- Su banyosu ; 0.1 ml. taksimatlı kap,

3) Nümunelerin Hazırlanması :

Küp, prizma, silindir gibi geometrik şekillere sahip olan deney taşlarının kenar uzunlukları en az 40 mm. olmalıdır. Düzgün geometrik şekilli olmayan kırılmış taşlarla yoğunluk deneyi için kaldırma metodu uygulanacaksa ; taş miktarı en az 50 cm^3 olmalı , taşıma metodu uygulanacaksa ; gerekli kırılmış taş miktarı en az 100 cm^3 olmalıdır. Yoğunluk tayini aynı malzemeden en az üç nümune denenerak yapılmalıdır.

4) Deneyin Yapılması :

Nümune $\pm 5^{\circ}\text{C}$ farkla 110°C derecede ağırlığı sabit kalıncaya kadar etüvde kurutulur. Her tartıdan evvel nümuneler oda sıcaklığında soğutulmalıdır. Bir nümune 24 saat zarfında, ağırlığında % 0.1' den fazla fark göstermezse sabit ağırlığa ulaşmış sayılır. Bu şarta göre belirlenen son ağırlık nümunenin kuru ağırlığıdır (W_k) .

Daha sonra nümunenin hacmini tesbit etmek gerekir. Nümunenin hacmi kaldırma metodu, sıvı taşıma metodu veya ölçme metodlarından biriyle hesaplanır. Kaldırma metodu : Kuru nümuneden 50 cm^3 alınarak 1 saat süreyle yarısına kadar örtülecek şekilde, tamamen kaynatılarak havası alınmış damıtık suya daldırılır. 24 saat bu durumda bekletildikten sonra nümune sıvıdan çıkarılıp, nemli bir süngerle kurulandıktan sonra tartılır (W_d) .

Daha sonra nümune hidrostatik bir terazideki suya daldırılıp bu durumda yeniden tartılır ve nümunenin su içindeki ağırlığı bulunur (W_s).

Nümunenin V hacmi cm^3 ile ifade edilerek, tartımlar arasındaki ağırlık farkına eşittir. ($V = W_d - W_s$)

Sıvı taşıma metodu : En az 100 cm^3 kadar alınan nümune kaldırma metodunda olduğu gibi en az 24 saat su içinde tutulur. Sonra su dolu ölçekli kaba konulur ve taşan su miktarı 0.1 ml. ' ye kadar hesaplanır. Bu taşan su miktarı nümunenin (V) hacmini verir.

Ölçme metodu : Nümunede yapılacak her ölçme değişik 3 yerde 0.1 mm. ' ye kadar yapılır. Bu şekilde nümunenin (V) hacmi hesaplanır. Ölçme metodu düzgün geometrik şekilli nümuneler için kullanılır.

Yukardaki üç metoddan biriyle hesaplanan (V) hacmine nümunenin kuru ağırlığının bölünmesiyle kuru birim hacim ağırlığı hesaplanır.

$$\gamma_k = \frac{W_k}{V} \quad (\text{gr./cm}^3)$$

3. ÖZGÜL AĞIRLIĞIN TAYİNİ :

1) Amaç :

Bir malzemenin özgül ağırlığı, kuru durumdaki kütlesinin mevcut boşluk hacmi çıktıktan sonraki hacmine bölünmesiyle elde edilir. Bu deneyin amacı hacim-ağırlık ilişkilerini tayin etmektir.

2) Deney Aletleri :

- Piknometre : Kristal cam kasesi bulunan ve kapiller delikleri olan bir piknometre,
- Etüv : 110°C 'a ayarlanabilen etüv,
- Terazî : $\pm 0.05 \text{ gr.}$ hata mertebeli bir terazî.

3) Nümunelerin Hazırlanması :

Yaklaşık 2 kg. kadar nümune dane büyüklüğü 10 mm. 'den küçük veya 10 mm. olacak şekilde hazırlanır. Bu nümunenin dörtte biri (yaklaşık 500 gr.) dane büyüklüğü 0.2 mm. ' den küçük veya eşit, diğer dörtte biri dane büyüklüğü 0.063 mm. olacak şekilde öğütülür. Dane büyüklükleri 10 mm. , 0.2 mm. , ve 0.063 mm. boyutlu eleklerle elenerek seçilir. Deney için hazırlanan nü-

muneler ağırlığı sabitleşene kadar etüvde kurutulur. Her deney nümunesi 20 gr. olacak şekilde en az üç deney yapılmalıdır.

4) Deneyin Yapılması :

Piknometre, kaynatılarak havası çıkarılmış damıtık su ile doldurulur ve tartılır (W_2) . Piknometrenin dış yüzü tartımlan evvel tamamen kurulanmış olmalıdır. Daha sonra piknometre içindeki su dökülür ve içine 20 gr. nümune konur (W_1) . Piknometrenin yaklaşık olarak yarısına kadar su ilave edilir. Danelerin etrafında yapışık durumda bulunan hava kabarcıklarının çıkartılması gerektiğinden piknometre 20 tor'luk bir eksikatörde bekletilir (vakum uygulanır) . Daha sonra piknometreye vakumdan çıkarılarak ağzına kadar su doldurulur. Piknometre içindeki su berraklaşınca kadar bekletilir. Su berraklaştıktan sonra piknometrenin cam çubuğu oturtulur ve bir kurutma kağıdı ile piknometrenin dış yüzü iyice kurutulur. Bu sırada sistemin el hareketinden etkilenmemesine ve kapiller su çıkmamasına özen gösterilmelidir. Dışı kurulan piknometre hassas olarak tartılır. (W_3) . Nümunenin özgül ağırlığı aşağıdaki förmülle hesaplanır :

$$\gamma_s = \frac{W_1}{W_1 + W_2 - W_3} \quad (\text{gr./cm}^3)$$

- DOLULUK (KOMPASİTE) ORANI :

$$d = \frac{\gamma_k}{\gamma_s} \times 100 \quad (\%)$$

- GÖZENEKLİLİK (POROZİTE) ORANI :

$$p = (1 - d) \times 100 \quad (\%)$$

3.4. SU EMME DENEYİ :

1) Amaç :

Tabii taşların atmosfer basıncı altında emdikleri su miktarlarının belirlenmesi amacıyla su emme deneyi yapılır.

2) Deney Aletleri :

- Terazî : Duyarlığı en az 0.1 gr. olan özgül ağırlık (Arşimed) terazîsi .
- Desikatör : Uygun büyüklükte bir desikatör,
- Su kabı : Uygun büyüklükte paslanmaz malzemeden yapılmış su kabı,
- Etüv : Sıcaklığı $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$ 'a ayarlanabilen bir etüv.

3) Nümunelerin Hazırlanması :

Bu deneyde 5 nümunne kullanılır. Deney nümuneleri herbirinin ağırlığı 150 - 350 gr. arasında, olabildiğince yassı parçalar halinde ve yaklaşık olarak aynı büyüklükte olmalıdırlar.

4) Deneyin Yapılması :

Hazırlanan nümuneler bir tel fırça ile fırçalanarak damıtık su ile yıkanılır. Temizlenmiş nümuneler $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$ sıcaklıktaki etüvde değişmez ağırlığa ulaşınca kadar kurutulur. Desikatörde oda sıcaklığına kadar soğutulup 0.1 gr. duyarlılıkla tartılarak kuru ağırlık bulunur (W_k).

Kurutulmuş nümuneler, içinde $20 \pm 5^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta damıtık su bulunan bir kabda yüksekliklerinin yaklaşık dörtte biri kadar suya daldırılır. Sonra kaba yavaş yavaş su ilave edilerek, su düzeyinin başlangıçtan bir saat sonra nümunelerin yüksekliklerinin yaklaşık yarısına ve ikinci saat sonunda ise dörtte üçüne ulaşılması sağlanır. Daha sonra da kaba yeniden su konularak nümunelerin tamamen su altında kalmaları sağlanır.

Nümuneler tamamen su altında kaldıklarından 22 saat sonra sudan çıkarılır. üzerindeki su damlaları, ıslatılarak sıkılmış bir bez veya süngen parçası ile silinip alındıktan sonra süratle tartılarak nümuneler tekrar su içine konulur.

Bundan sonra bu tartma işlemleri 24 saat aralıklarla tekrarlanır. Tamamen su altında bırakılan nümunelere bu şekilde su emdirilmeye devam edilir.

24 saat aralıklarla yapılan tartılarda bulunacak ağırlık artışı bir evvelki tartının % 5'inden fazla değilse son tartım suya doymuş değişmez ağırlık olarak 0.1 gr. duyarlılıkla tesbit edilir (W_d).

Suya doymuş nümune, su içinde de tartım yapabilen bir terazi (Arşimed) terazisi) ile su içinde yine 0.1 gr. duyarlılıkla tartılarak nümunenin su içindeki ağırlığı bulunur (W_s).

Atmosfer basıncı altında ağırlıkça su emme yeteneği :

$$a_s = \frac{W_d - W_k}{W_k} \times 100 (\%)$$

Atmosfer basıncı altında hacimce su emme yeteneği :

$$h_s = \frac{W_d - W_k}{W_d - W_s} \times 100 (\%)$$

a_s (%) : Atmosfer basıncı altında ağırlıkça su emme yeteneği

h_s (%) : Atmosfer basıncı altında hacimce su emme yeteneği

W_k (gr.) : Değişmez ağırlığa kadar kurutulmuş nümune ağırlığı

W_d (gr.) : Değişmez ağırlığa kadar su emdirilmiş nümunenin havadaki ağırlığı

W_s (gr.) : Değişmez ağırlığa kadar su emdirilmiş nümunenin sudaki ağırlığı

3.5. DOĞAL TAŞLARDA BASINÇ DAYANIMI DENEYİ :

1) Amaç :

Basınç deneyleri doğal taşların basınca mukavemetinin hesaplanmasına yarar. Basınç deneyinde bir taş nümunesi (küp veya silindir şeklinde) alınır, eksenlerden biri doğrultusunda deney kesitinde mümkün olduğu kadar üniform gerilmeler oluşacak şekilde yavaş yavaş ve devamlı olarak gittikçe arttırılarak kırılma oluncaya kadar yüklemeye devam edilir ve kırılma anındaki P_{max} . kuvveti ölçülür.

2) Deney Aletleri :

- Basınç deney presi : Alt veya üst tabakası hareket ederek nümuneye basınç uygulayan yeterli kapasitede hidrolik bir pres . Deneme yükünün düzgün bir şekilde dağılmasını sağlamak amacıyla üst ara plaka küresel mafsalla yerleştirilmiş olmalı, yada bunu temin edecek şekilde uygun başka

bir düzeni sağlamalıdır.

İki ara plaka ve basınç düzeniyle kurulu basınç makinasının ara plakalarındaki yüzey düzensizliği herhangi bir doğrultudaki 120 mm. mesafeli iki nokta alındığında, bunların arasındaki kot farkı 0.02 mm.'den büyük olmamalıdır.

Uygulanan kuvveti, kırılma kuvvetinin en az % 1'i duyarlığında gösterecek bir göstergesi bulunmalıdır.

Kırılma anındaki kuvvetin kolayca okunabilmesi için hareketli ibrenin sürüklediği ve kırılma meydana geldiğinde geri dönmeyerek olduğu yerde kalan sabit bir ibresi bulunmalıdır.

- Kumpas : 0.1 mm. duyarlıkta bir kumpas.

3) Nümunelerin Hazırlanması :

Nümuneler ± 2 mm. toleransla bir kenar uzunluğu 50 mm. olan küp veya aynı toleranslarla çapı ve yüksekliği 50 mm. olan silindir şeklinde, taş bloklarından çıkartılarak yapılır.

Kaba kristalli, bünye yapısı değişik özellikler ve iri gözenekler gösteren taşlarda nümunanın boyutları ± 5 mm. toleransla küpler için kenar uzunluğu 100 mm., silindirler için de yine aynı toleransla çapı ve yüksekliği 100 mm. olarak hazırlanmalıdır.

Küp şeklindeki nümuneler taş bloklarından ıslak teztire ile kesilerek, silindir şeklinde olan nümuneler ise yine ıslak şekilde oyularak çıkartılırlar. Sudan etkilenen nümuneler kuru olarak hazırlanmalıdır.

Basınca maruz kalacak yüzler düz ve birbirine paralel olacak şekilde perdanlanmalıdır. Bu yüzler nümuneye eksenine dik olmalıdır.

Ortalama bir değer elde etmek amacıyla, aynı nümuneye bloğundan beş adet çıkartılıp aynı doğrultuda denenmelidir. Eğer taştan faydalanma durumu bir başka deneyi gerektirmiyorsa nümuneye normal havada ve kuru durumda denemeye tabi tutulur.

4) Deneyin Yapılması :

Denemeye tabi tutulacak nümunenin kesit alanı hesaplanmalıdır. Kesit alanı 0.1 mm.^2 'ye yuvarlatılarak hesaplanır (A_0).

Nümunenin basınç kuvvetlerine maruz kalacak yüzleri ve basınç makinasının ara plakaları iyice silinerek temizlenmiş ve varsa yağ, kir vb.gibi yabancı maddeler uzaklaştırılmış bulunmalıdır.

Nümuneye ara plaka kullanmak şartıyla basınç makinasının baskı plakalarının arasında merkezi bir durumda olacak şekilde yerleştirilmelidir. Nümunenin yüklenme hızı düzgün ve devamlı artacak şekilde ayarlanmalıdır. Basınç verilmesi artışı yaklaşık olarak saniyede 15 kg./cm.² olacak şekilde çarpmasız ve devamlı artmalıdır. Devamlı olarak artan basınç kuvveti deney nümunesi kırılincaya kadar uygulanır. Bu esnada (kırılma anında) okunan en büyük kuvvet P_{max} dikkate alınmalıdır. Basınç mukavemeti aşağıdaki formülle hesaplanır :

$$\sigma = \frac{P_{max.}}{A_0} \quad (kg./cm.^2)$$

P_{max} (kg.) : Kırılma anındaki maksimum kuvvet,

A_0 (cm.) : Deney başlangıcındaki nümuneye kesit alanı,

3.6. DOĞAL TAŞLARDA DARBE DAYANIMI DENEYİ :

1) Amaç :

Bu deney balast ve kırmataşların darbe tesiriyle parçalanarak ufalanmaya karşı dayanıklılığının belirlenmesi amacıyla yapılır.

2) Deney Aletleri :

- Darbe dayanımı deney aleti :Darbe deney aletinin mekanik düzeni, tokmağın düşey yönde serbestçe ve sürtünmesiz olarak hareketine (düşme ve sıçrama) engel olmayacak şekilde olmalı ve en az 150 cm.'lik bir serbest düşme sağlanabilmelidir. Darbe deney aletinde, deney nümunesine çarptıktan sonra geri sıçrayan tokmağın yakalanmasını sağlayan düzen ile yan tarafta tokmağın düşme ve sıçrama miktarını otomatik olarak ölçmeye yarayan donatım ve mm. taksimatlı bir cetvel de bulunmalıdır.

Brinell Sertliği yaklaşık olarak BSD 200 kg./mm.² olan sert çelikten yapılmış bir başlığı bulunmalıdır. Tokmağın başlık kısmı ile birlikte ağırlığı 50 ± 0.5 kg. olmalıdır. Tokmak dökme demirden yapılmış olmalıdır.

Darbe deney aletinin örs kısmı, yaklaşık 500 kg. ağırlığında ve dökme de-

mirden yapılmış olmalıdır. Hacmi 1 m. olan beton bir temel üzerine otur-
tutulup tesbit edilmiş olmalıdır. Örsün deney nümunesinin yerleştirileceği
üst yüzü, iyice düzeltilmiş olmalı ve Brinell Sertliği BSD 200 kg./mm²
olan tam düzlemsel bir başlık ile donatılmış bulunmalıdır.

- Çelik plaka : Darbe deney aletinin tokmağından gelen darbenin deney nü-
munesine iletilebilmesi için sert çelikten bir plaka kullanılır. Plakanın
boyutları deney nümunesi kenarlarından her yönde en az 1 cm. taşacak şe-
kilde olmalıdır. Plakanın deney nümunesine değecek ucu tamamen düzlemsel,
tokmağın çarpacağı tarafı ise hafif bombeli olmalıdır. Plakanın uçlardaki
kalınlığı 3 cm. bombeliğin orta kısmındaki kalınlığı 3.5 cm. olmalıdır.
Brinell Sertliği yaklaşık BSD 500 kg./mm² olmalıdır.

3) Nümunelerin Hazırlanması :

Deney için nümune, taş bloklardan kenar uzunluğu 40 ± 1 mm. olan küp biçi-
mindeki 10 deney nümunesi taş tezteresi ile ıslak kesilmek suretiyle ha-
zırlanır.

Tabakalı ve gıst yapıllı taşlar ile tabakalaşma doğrultusu belirli olan
tortul taşlarda darbe dayanımı deneyi, hem tabakalaşma doğrultusuna dik,
hemde bu doğrultuya paralel yönde uygulanır. Bu nedenle bu gibi taşlarda
10 tanesi tabakalaşma yönüne dik, 10 tanesi ise tabakalaşma yönüne para-
lel olarak 20 tane deney nümunesi hazırlanır ve tabakalaşma yönü işaret-
lenir.

4) Deneyin Yapılması :

Deney, nümuneler hava kurusu durumunda iken uygulanır.

Deney nümunesi, darbe deney aletinin örsü üzerindeki başlığın ortasına
yerleştirilir. Üzerine çelik plaka konur. Deney, tokmağın ardarda ve de-
ney nümunesi kırılıp parçalanıncaya kadar serbest düşürülmesi suretiyle
yapılır. Tokmağın ilk darbesinde deney nümunesinin her cm³ 'lük kısmı
için 2 kg.cm.'lik bir çarpma işi elde edebilecek şekilde serbest düşme
yüksekliği ayarlanır. Tokmağın ağırlığı 50 kg. olduğuna göre ;

$$h = 0.04 \cdot V \text{ (cm.)} \quad \text{formülü ile düşme yüksekliği}$$

bulunur. V değeri cm³ olarak deney nümunesi hacmidir.

Bu ilk darbeden sonra, her darbedeki düşme yüksekliği bir evvelki darbenin düşme yüksekliğinin ilk yükseklik kadar (h) arttırılması ile deneye devam edilir. Tokmak, deney nümunesine çarptıktan sonra bir miktar geri sıçrar. Düşme yüksekliğinin artmasına rağmen sıçrama miktarı artmaz yada azalırsa nümune parçalanmış sayılır. Parçalanma meydana gelene kadar yapılan darbe sayısı belirlenir (n).

Darbe dayanımı aşağıdaki förmüllerden birisi ile hesaplanır :

$$D = \frac{A}{V} \quad \text{veya} \quad D = n.(n+1) \quad (\text{kg.cm./cm}^3)$$

D (kg.cm./cm³) : Taşın darbe dayanımı,

A (kg.cm.) : Deneydeki toplam çarpma işi,

V (cm³) : Deney nümunesinin hacmi,

n : Deney nümunesinin parçalandığı ana kadar yapılan darbe sayısı.

3.7. LOS ANGELES AŞINMA DENEYİ :

1) Amaç :

Bu deney, doğal taşların aşınmaya karşı dayanıklılığını belirlemek amacıyla yapılır. Kaba agreganın aşınması, aşındırıcı bir yük kullanılarak Los Angeles makinası ile tayin edilir.

2) Deney Aletleri :

- Los Angeles aleti : Alet, iki ucu kapalı, iç çapı 71 cm. ve iç uzunluğu 51 cm. olan içi boş çelik bir silindirden ibarettir. Silindir içinden geçmeyen aksla yatay durumda dönmeyi sağlayacak şekilde yapılmıştır.

Nümuneyi silindir içine koyabilmek için özel bir kapak vardır. Bu kapak silindirin iç yüzeyine tamamen uyacak şekilde sıkıca kapatılabilmelidir. İç yüzde silindir eksenine paralel olmak üzere 9 cm. genişliğinde ve silindir boyunca uzanan yeter kalınlıkta ve deformasyon yapmayacak şekilde yerleştirilmiş çelik bir raf bulunur. Bu raf nümune koyma deliğinden dönme doğrultusunda en az 127 cm. uzuklıktadır.

- Aşındırma yükleri : Yaklaşık olarak 4.68 cm. çapında dökme demir veya çelik kürelerdir. Herbirinin ağırlığı 390 - 445 gr. kadardır. Nümune sı-

nıflı için küre sayısı aşağıda verilmiştir. (Tablo : 3.7.1)

Sınıfı	Küre Sayısı	Yükleme Ağırlığı (gr.)
A	12	5000 ± 25
B	12	5000 ± 25
C	8	3330 ± 20
D	6	2500 ± 15
E	12	5000 ± 25
F	12	5000 ± 25
G	12	5000 ± 25

Tablo: 3.7.1

3) Nümunelerin Hazırlanması :

Nümune en büyük tane boyutuna ve tabloda verilen sınıflardan birine uya-

Elek Büyüklüğü (Kare Açıklıklı)		Granülometri Sınıfları ve Aşınma Deneyi İçin Gerekli Nümune Miktarları (gram)						
Geçtiği Elek (mm)	Kaldığı Elek (mm)	A	B	C	D	E	F	G
75	63					2500		
63	50					2500		
50	37.5					5000	5000	
37.5	25	1250					5000	5000
25	19	1250						5000
19	12.5	1250	2500					
12.5	9.5	1250	2500					
9.5	6.3			2500				
6.3	4.75			2500				
4.75	2.36				5000			
Toplam		5000	5000	5000	5000	10000	10000	10000
Tolerans		±10	±10	±10	±10	±100	±75	±50

Tablo: 3.7.2

cak şekilde belirli eleklerden kabaca elenir. Her elek üzerinde kalan nümune kil ve tozlardan iyice temizleninceye kadar kaldığı elek üzerinde yıkanır, 110°C'lik etüvde değişmez ağırlığa kadar kurutulur. Kuru nümuneler tekrar üzerinde kaldıkları eleklerden hassas olarak elenip, tabloda verilen sınıflardan birine göre tartılır. (Tablo : 3.7.2)

4) Deneyin Yapılması :

Yukarda anlatıldığı şekilde hazırlanan deney nümunesi ve aşındırıcı yükler (küreler) Los Angeles aşındırma makinasına konur ve makinanın ağzı sıkıca kapatılır. Makina dakikada 30 - 33 devir hızla döndürülerek A , B , C , D sınıfları için 500 ; E , F , G sınıfları için 1000 devir yaptırılır. Sonra nümune makinadan çıkarılır ve 1.70 mm.'lik elekten elenir. 1.70 mm.'lik elek üzerinde kalan kısım yıkanır, 110°C'lik etüvde değişmez ağırlığa kadar kurutulur ve tartılır. (Eğer nümune yıkanmaksızın sadece elenirse, hesaplanan aşınma kaybı yüzdesinde yaklaşık 0.2 kadar bir azalmaya neden olabilir.)

Aşınma kaybının hesabı şöyledir : Nünumenin ilk ağırlığı ile 500 (veya 1000) devirden sonra elek üzerinde kalan malzeme arasındaki fark, ilk ağırlığın yüzdesi olarak hesap edilir ve bu aşınma kaybı şeklinde ifade edilir.

$$\text{Aşınma kaybı } \% = \frac{B - C}{B} \times 100 \quad (\%)$$

B (gr.) : İlk ağırlık

C (gr.) : Aşınma sonundaki ağırlık

Sonuçlar verilirken deneyin hangi granülümetri sınıfına göre yapıldığının belirtilmesi gerekir.

Denenen nümunenin sertliğinin üniform dağılıp dağılmadığının tesbiti istenirse A , B , C , D sınıfı için deney aşağıdaki şekilde yapılır.

Nümune 100 devirden sonra makinadan çıkarılır. 1.70 mm.'lik elekten yıkanmadan elenir. Elek üzerinde kalan kısım tartılır ve kayıp yüzdesi bulunur. Sonra malzeme tümüyle birlikte (kırılmış kısımlar dahil) tekrar makina-ya konur ve 400 devir daha yaptırılır. Nümune tekrar makinadan çıkarılır,

1.70 mm.'lik elekten elenir. Elek üzerinde kalan malzeme tartılır ve kayıp yüzdesi hesaplanır. 100 devirden sonraki kayıp yüzdesinin 500 devirden sonraki kayıp yüzdesine oranı üniform sertliğe sahip malzemeler için 0.20 den fazla olmamalıdır.

E , F , G sınıfı malzemenin sertliğinin üniform dağılıp dağılmadığının tesbiti için aynı işlemler yapılır. Ancak önce 200 sonra 800 devir yaptırılır. 200 devirden sonraki kayıp yüzdesinin 1000 devirden sonraki kayıp yüzdesine oranı üniform sertliğe sahip malzemeler için 0.20 den fazla olmamalıdır.

3.8. DONMA DENEYİ :

1) Amaç :

Donma deneyi ile doğal taşların doygun sodyum sülfat veya magnezyum sülfat çözeltileri ile ufalanmaya karşı dayanıklılığı tesbit edilir. Doğal taşların hava etkileri ile donarak ufalanmaya karşı olan dirençlerinin hakkında laboratuvarında yapılan çalışmalarla kısa bir sürede karar verebilmek amacıyla yapılır.

2) Deney Aletleri :

- Elekler : çeşitli açıklıkta gözlü elekler,
- Teraziler : hassas ve duyarlı olmalı,
- Çözeltiler kovaları,
- Uygun açıklıkları olan özel elek veya tel sepetler,
- Çelik tepsiler,
- Etüv : 110°C'a ayarlanabilen bir etüv,
- Sabit sıcaklık ve rutubet odası (genellikle 21°C sıcaklık ve % 90 - 95 nisbi rutubet olan),
- Sodyum sülfat (Na_2SO_4) veya magnezyum sülfat (MgSO_4)
- Baryum klorür (BaCl_2),

Çözeltilerin Hazırlanması :

Sodyum sülfat çözeltisi : Bu çözeltinin hazırlanması için saf ve susuz sodyum sülfat tuzu (Na_2SO_4) veya kristalize sodyum sülfat tuzu

($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) kullanılır. Tuz 25 -- 30°C sıcaklıktaki su içinde iyice karıştırılarak yavaş yavaş çözülür. Her litre su için en az 250 gr. sodyum sülfat tuzu veya 750 gr. kristalize sodyum sülfat tuzu katılır. Tuzun ilave edilmesi sırasında çözelti devamlı olarak karıştırılır. Bu harlaşmayı önlemek amacıyla çözeltinin ağzı kapatılarak 48 saat sabit sıcaklık ve rutübet odasında bekletilir. Kullanılmadan önce topaklaşmayı gidermek amacıyla iyice karıştırılıp özgül ağırlığı tayin edilmelidir. Özgül ağırlığı 1.151 - 1.174 gr./cm.³ arasında olmalıdır.

Magnezyum sülfat çözeltisi : Bu çözeltinin hazırlanması için saf ve susuz magnezyum sülfat tuzu (MgSO_4) veya kristalize magnezyum sülfat tuzu ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) kullanılır. Çözelti aynen sodyum sülfat çözeltisi gibi hazırlanır. Ancak burada her litre su için kullanılacak miktar ; magnezyum sülfat tuzu için 350 gr. , kristalize magnezyum sülfat tuzu için 1400 gr. olmalıdır. Çözeltinin özgül ağırlığı da 1.295 - 1.308 gr./cm.³ arasında olmalıdır.

3) Nümunelerin Hazırlanması :

Taneler belirli göz açıklıkları bulunan eleklerden elenir. Her elek arasında kalan malzeme yıkanır, 110°C'lik etüvde kurutulur. Nümunenin her elek üzerinde kalan miktarı esas nümunenin % 5 ' inden az olmamak üzere belirli miktarlarda tartılır. İki kısımdan ibaret olan boyutlarda nümuneler aynı kaba konur. Malzeme miktarları aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

(Tablo : 3.8.1)

Dane Boyu (mm.)	Ağırlık (gr.)
37.5 mm.-19 mm. arası:	1500±50
İçindekiler: 25mm.-19 mm. arası:	500±30
37.5 mm.-25 mm. arası:	1000±50
63 mm.-37.5 mm. arası:	5000±300
İçindekiler: 50mm.-37.5 mm. arası:	2000±200
63 mm.-50 mm. arası:	3000±300
Bundan iri danelerin elek boyunun her 25 mm. artışında:	7000±1000

Tablo: 3.8.1

4) Deneyin Yapılması :

Belirtilen miktarlarda tartılan nümune özel tel sepetler veya elekler içine konarak üstünü en az 2 cm. kaplayacak şekilde sodyum sülfat veya magnezyum sülfat çözeltisi içine daldırılır. Kapların üzeri buharlaşmayı ve içlerine yabancı cisimlerin düşmesini önlemek için kapatılır ve 21°C sıcaklıktaki ortamda 16 - 18 saat arası bekletilir. Daha sonra nümune çözeltiden çıkartılarak 15 dakika süzölmeye bırakılır. 110 C'lık etüvde değişmez ağırlığı kadar kurutulur. Etüvden çıkınca oda sıcaklığına kadar soğutulur.

İkinci kez çözeltiye daldırılarak yukarda anlatılan işlemler tekrar edilir. Bu daldırma - kurutma işlemleri beş kere tekrarlanır.

Daha sonra nümune soğutulup çözeltiden temizleninceye kadar su ile yıkanır. Yıkama suyuna bir miktar baryum klorür ($BaCl_2$) karıştırıldığında tamamen sülfattan temizlenmişse beyaz bir tortu vermez. Yıkama sırasında nümunedan parça kopmamalıdır. Nümune daha sonra 110°C etüvde değişmez ağırlığa kadar kurutulur.

Her malzeme boyu tablodaki eleklerden elle elenir (Tablo : 3.8.2). Eleme sonunda elekler üzerinde kalan malzeme tartılır.

Dane Boyu	Donma kaybını bulmak için kullanılacak elek
63mm.-37.5 mm. arası:	31.5 mm.
37.5 mm.-19 mm. arası:	16 mm.

Tablo : 3.8.2

Hesaplama ve Rapor :

Deneyden sonra her bir elek üzerinde kalan malzeme ağırlığı ile deneyden önceki ağırlık arasındaki fark donma kaybını verir ve bu kaybın ilk ağırlığa göre yüzdesi olarak ifade edilir.

4. YAPILAN DENEYLER VE DEĞERLENDİRME :

T.C.D.D. İşletmesi'ne balast temin edilen taş ocaklarından getirtilecek doğal taşlar üzerinde deneylerin yapılmasına karar verilmiştir. Bu amaçla T.C.D.D. İşletmesi'nce Türkiye genelinde ve işletme bölgelerindeki kullanılma oranları en fazla olan taş ocakları seçilmiş (Tablo : 4.1) ve bu ocaklardan deneylerin yapılabilmesi için yeterli miktarlarda deney malzemesi olacak taşlar istenmiştir.

Deney malzemesi istenen taş ocaklarının bazılarında malzeme gelmekle beraber bazılarında da malzeme gelmemiştir. Deney malzemesi temin edilen taş ocakları aşağıda belirtilmiştir:

- Karaosman taş ocağı (Taş cinsi : Granit)
- Esenkent taş ocağı (Taş cinsi : Andezit)
- Turhal taş ocağı (Taş cinsi : Kalker)
- Sarıoğlan taş ocağı (Taş cinsi : Kalker)
- Zile taş ocağı (Taş cinsi : Kalker)

Deney malzemesi olacak taşların geldiği taş ocakları Türkiye Demiryolları Haritası üzerinde gösterilmiştir.

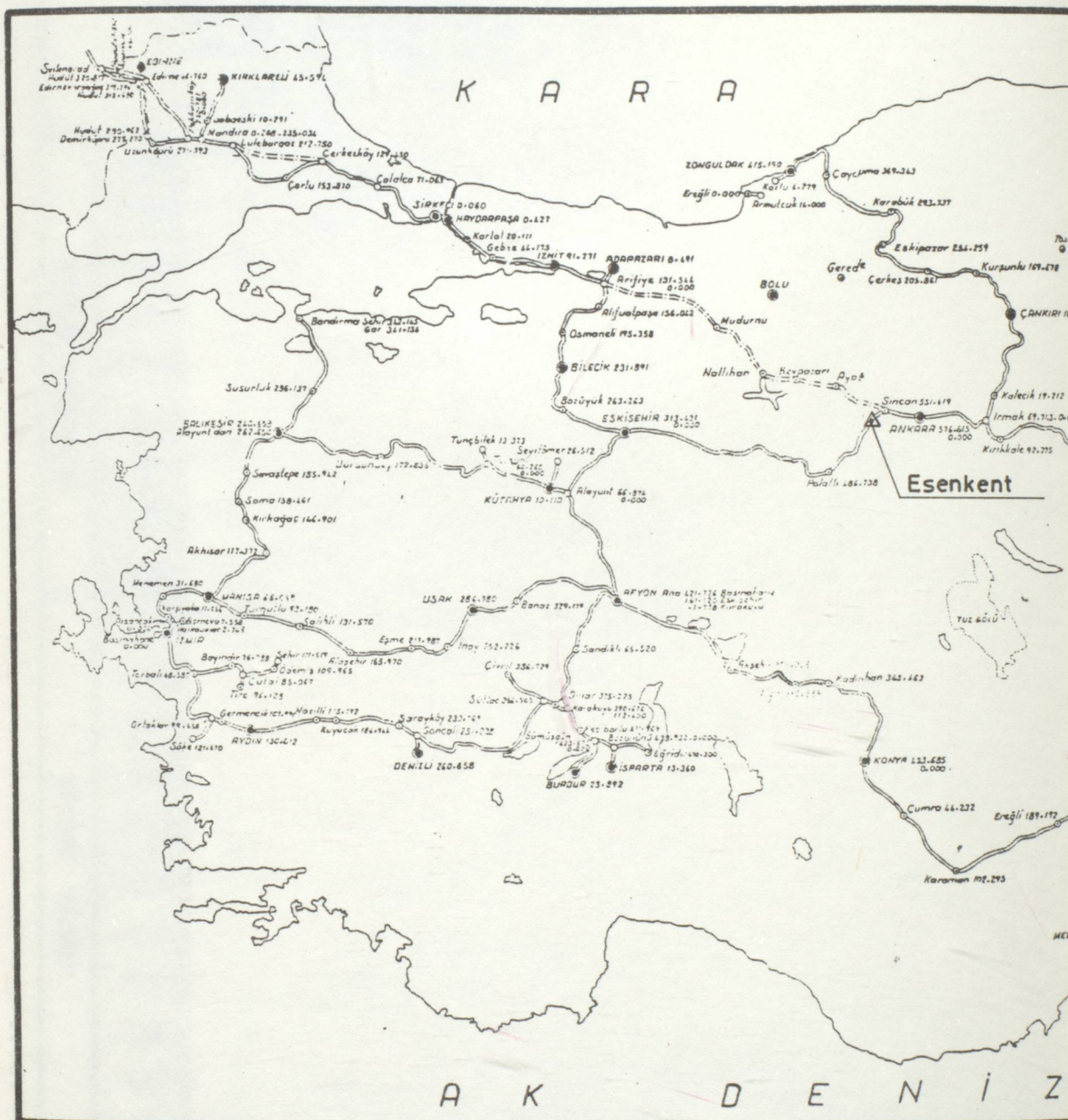
Deney malzemesi olacak taşlar geldikten sonra deneyler yapılmış ve taşların özelliklerini gösteren değerler elde edilmiştir.

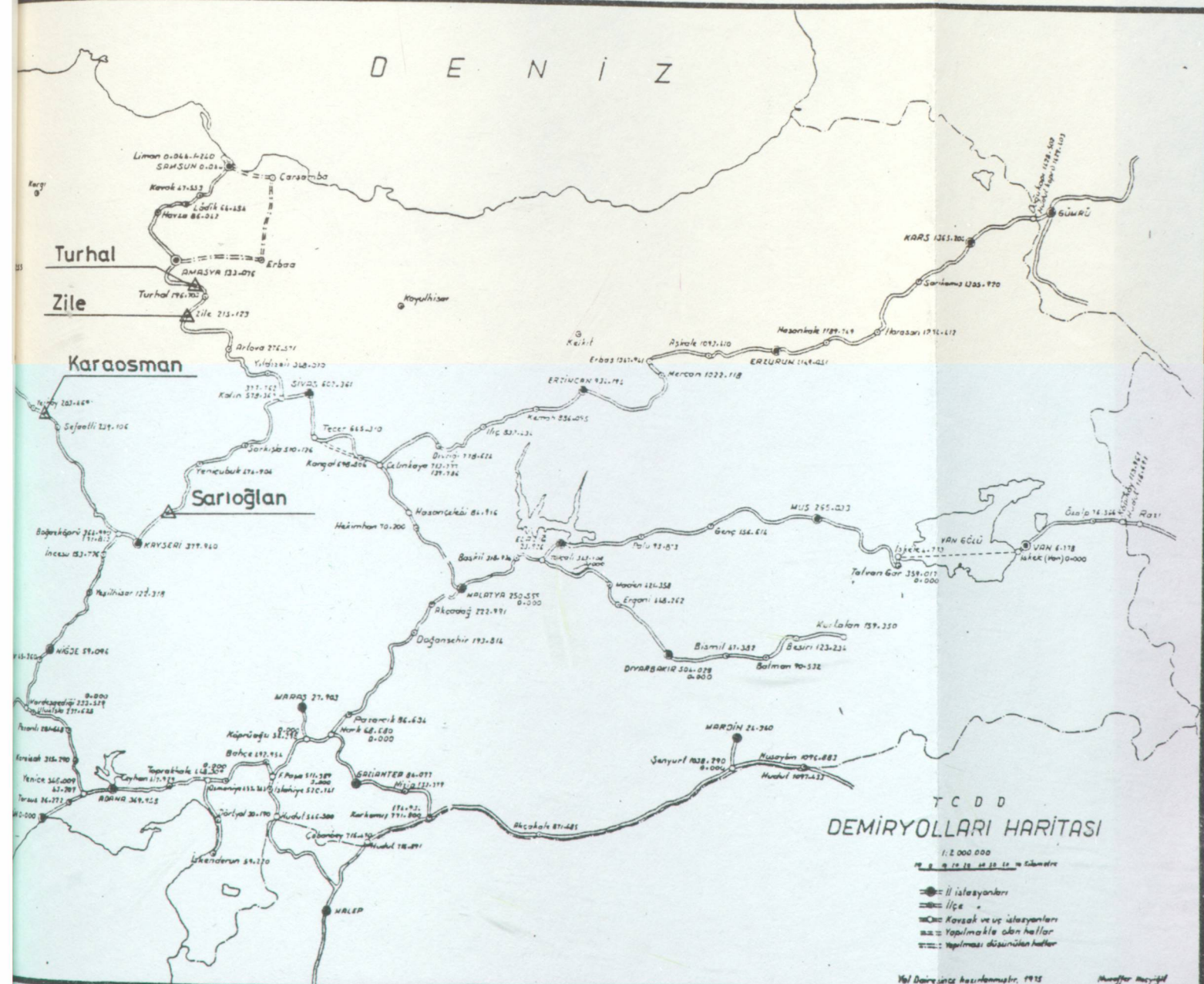
Bu sonuç değerler ; T.C.D.D. İşletmesi Balast Şartnamesi (Tablo : 4.2) ve Türk Standartları TS 2513 (Tablo : 4.3) değerleri ile karşılaştırılarak her taş ocağı malzemesi için deney sonuçları değerlendirilmiştir.

1983 YILINDAN İTİBAREN İHALE EDİLEN OCAKLARDA BALAST İHARAT MİKTARLARI

İŞLETME	OCAK ADI	İŞLETME HATTI	TAŞ CİNSİ	İHALE MİKTARI (m ³)	1983		1984		1985		1986		1987 GENEL TOPLAM (%)'si	İŞLETİM (%)'si	
					PROGRAM (m ³)	İHAZARAT (m ³)	PROGRAM (m ³)	İHAZARAT (m ³)	PROGRAM (m ³)	İHAZARAT (m ³)	PROGRAM (m ³)	İHAZARAT (m ³)			
1	Diliskelesi	Haydarpaşa - Ankara	Kalker	150.000	30.000	11000	30.000	33.000	30.000	61735	30.000	30.005	30.000	2,5	18,8
1	Değirmenözü	Eskişehir - Afyon	Kalker	150.000	30.000	11.632	30.000	27.016	30.000	17.541	30.000	32.987	30.000	2,5	18,8
1	Balıköy	Alayunt - Balıkesir	Kalker	100.000	20.000	14.979	20.000	18.372	20.000	18231	20.000	18.939	20.000	1,7	12,5
1	Balabanlı	Sirkeci - Kapıkule	Bazalt	110.000	10.000	—	25.000	12.500	25.000	—	25.000	—	25.000	2,1	15,6
1	Çorlu 1	Sirkeci - Kapıkule	Bazalt	110.000	10.000	10.000	25.000	50.509	25.000	26.476	25.000	27.400	25.000	2,1	15,6
1	Arifiye	Haydarpaşa - Ankara	Kalker	150.000	—	—	40.000	32.000	40.000	43.550	40.000	38.128	30.000	2,5	16,8
1	Çorlu 2	Sirkeci - Kapıkule	Bazalt	20.000	—	—	20.000	10.000	3.500	—	—	—	—	—	—
1	Çukurhisar	Haydarpaşa - Ankara	Kalker	80.000	—	—	30.000	32.629	50.000	54.999	—	—	—	—	—
1	Eskişehir	Haydarpaşa - Ankara	Kalker	40.000	—	—	40.000	8.842	—	—	—	31.155	—	—	—
1	Yeniköy	Balıkesir - Bandırma	Kalker	15.000	—	—	15.000	8.996	—	—	—	—	—	—	—
İŞLETME TOPLAMI				925.000	100.000	47.611	275.000	233.864	220.000	226.032	170.000	178.614	160.000	13,8	100,0
2	Esenkent 1	Haydarpaşa - Ankara	Bazalt	250.000	50.000	11.569	50.000	12.079	50.000	67.253	50.000	55.000	50.000	4,3	16,0
2	Karaosman 1	İrmak - Kayseri	Granit	300.000	60.000	7.101	60.000	64.226	60.000	21.589	60.000	—	60.000	5,1	19,0
2	Kurşunlu	İrmak - Zonguldak	Kalker	75.000	15.000	—	15.000	17.764	15.000	7.006	15.000	—	15.000	1,3	4,8
2	Eskipazar	İrmak - Zonguldak	Kalker	75.000	15.000	1.962	15.000	—	15.000	—	15.000	—	15.000	1,3	4,8
2	Uzunyum	İrmak - Zonguldak	Kalker	50.000	10.000	—	10.000	—	10.000	—	10.000	—	10.000	0,8	3,2
2	Himmetdede	İrmak - Kayseri	Kalker	25.000	—	—	25.000	17.765	—	1.100	—	—	—	—	—
2	Esenkent 2	Haydarpaşa - Ankara	Bazalt	100.000	—	—	—	—	100.000	33.316	—	63.857	—	—	—
2	Karaosman 2	İrmak - Kayseri	Granit	130.000	—	—	—	—	—	—	60.000	67.840	70.000	6,0	22,5
2	Bor	Boğazköprü - Kardaşgediği	Kalker	120.000	—	—	—	—	—	—	30.000	—	90.000	7,8	29,0
İŞLETME TOPLAMI				1.125.000	150.000	20.632	175.000	111.744	250.000	130.264	240.000	186.697	310.000	26,7	100,0
3	Çobanisa	Basmane - Afyon	Kalker	200.000	40.000	—	40.000	25.121	40.000	43.169	40.000	43.861	40.000	3,4	50,0
3	Yeniköy	Balıkesir - Bandırma	Kalker	50.000	10.000	10.986	10.000	9.225	10.000	10.566	10.000	10.098	10.000	0,8	12,5
3	Selçuk	Alsancak - Eğirdir	Kalker	50.000	10.000	8.500	10.000	10.995	10.000	16.409	10.000	5.405	10.000	0,8	12,5
3	Karakuyu	Alsancak - Eridir	Kalker	100.000	20.000	3.277	20.000	12.027	20.000	37.340	20.000	11.738	20.000	1,7	25,0

2	Bor	Boğazköprü - Kardeşgediği	Kalker	120.000	—	—	—	—	—	—	—	30.000	—	90.000	7,8	29,0
İŞLETME TOPLAMI																
3	Çobanisa	Basmene - Afyon	Kalker	200.000	40.000	—	—	—	—	—	—	40.000	43.861	40.000	3,4	50,0
3	Yeniköy	Balıkesir - Bandırma	Kalker	50.000	10.000	10.986	10.000	9.225	10.000	10.566	10.000	10.000	10.098	10.000	0,8	12,5
3	Selçuk	Alsancak - Eğridir	Kalker	50.000	10.000	8.500	10.000	10.995	10.000	16.409	10.000	10.000	5.405	10.000	0,8	12,5
3	Karakuyu	Alsancak - Eğridir	Kalker	100.000	20.000	3.244	20.000	12.927	20.000	34.349	20.000	20.000	11.438	20.000	1,7	25,0
İŞLETME TOPLAMI																
4	Turhal 1	Samsun - Kalın	Kalker	85.000	15.000	10.232	15.000	14.231	15.000	4.092	20.000	20.000	—	20.000	1,7	6,5
4	Çemilbel	Samsun - Kalın	Kalker	62.000	12.000	426	10.000	821	10.000	—	15.000	15.000	—	15.000	1,3	4,8
4	Sarıoğlan 1	Kayseri - Sivas	Kalker	56.000	16.000	10.366	10.000	—	10.000	—	10.000	10.000	—	10.000	0,8	3,2
4	Karagöl	Sivas - Çetinkaya	Kalker	160.000	40.000	—	30.000	11.974	30.000	25.194	30.000	30.000	—	30.000	2,5	9,7
4	Güllübağ	Sivas - Erzurum	Kalker	100.000	20.000	—	20.000	2.964	20.000	—	20.000	20.000	—	20.000	1,7	6,5
4	Yenidemirdoğan	Sivas - Hudut	Kalker	235.000	—	—	—	—	—	64.997	85.000	85.000	73.766	85.000	7,3	27,4
4	Sarıoğlan 2	Kayseri - Sivas	Kalker	180.000	—	—	—	—	—	40.076	70.000	70.000	69.985	70.000	6,0	22,6
4	Ladik	Samsun - Kalın	Kalker	40.000	—	—	—	—	—	—	20.000	20.000	19.821	20.000	1,7	6,5
4	Turhal 2	Samsun - Kalın	Kalker	66.000	—	—	—	—	—	—	26.000	26.000	4.826	40.000	3,4	12,9
İŞLETME TOPLAMI																
5	Balılkaya	Malatya - Çetinkaya	Kalker	150.000	30.000	2.690	30.000	30.173	30.000	8.851	30.000	30.000	47.000	30.000	2,5	37,5
5	Kapidere	Fevzipaşa - Diyarbakır	Kalker	310.000	50.000	22.900	80.000	85.304	80.000	77.191	80.000	80.000	45.222	50.000	4,3	62,5
5	Akçadağ	Fevzipaşa - Diyarbakır	Kalker	150.000	—	—	50.000	30.488	50.000	50.372	50.000	50.000	53.385	—	—	—
İŞLETME TOPLAMI																
6	Adacalı	Afyon - Konya	Kalker	160.000	—	—	40.000	24.737	40.000	48.038	40.000	40.000	44.000	40.000	3,4	18,0
6	Bozdağ	Afyon - Konya	Kalker	205.000	30.000	7.390	35.000	29.991	45.000	47.771	45.000	45.000	47.607	50.000	4,3	22,7
6	Böğecik	Konya - Hudut	Kalker	125.000	20.000	10.000	30.000	8.071	25.000	33.355	25.000	25.000	21.506	25.000	2,1	11,4
6	Hacılar	Konya - Hudut	Kalker	123.000	23.000	7.295	25.000	25.382	25.000	21.614	25.000	25.000	52.392	25.000	2,1	11,4
6	Sirkeli 1	Konya - Hudut	Kalker	150.000	30.000	7.282	30.000	21.930	30.000	37.999	30.000	30.000	21.875	30.000	2,6	13,6
6	Karpuzkaya	Narlı - Karkamış	Granit	140.000	20.000	—	30.000	16.433	30.000	7.528	30.000	30.000	59.000	30.000	2,6	13,6
6	Mardin 1	Karkamış - Nusaybin	Kalker	100.000	20.000	1.341	20.000	38.903	20.000	31.023	20.000	20.000	20.950	20.000	1,7	9,0
6	Mardin 2	Karkamış - Nusaybin	Kalker	40.000	—	—	—	—	40.000	34.800	—	—	—	—	—	—
6	Sirkeli 2	Konya - Hudut	Kalker	90.000	—	—	—	—	90.000	30.172	60.000	60.000	56.798	—	—	—
İŞLETME TOPLAMI																
GENEL TOPLAM				5.172.000	556.000	170.895	985.000	745.278	1.245.000	1.008.862	1.191.000	1.074.246	1.160.000	100,0	100,0	100,0





T.C.D.D. İŞLETMESİ'NDE DOĞAL TAŞLARIN SEÇİMİ VE DEĞERLERİ

TAŞ GRUPLARI	Hacim ağırlığı	Özgül ağırlık DIN 52102	Porozite (boşluk) oranı	Su emme DIN 52103		Taşın basınç mukavemeti (kuru olarak) DIN 52105	
	gr./cm. ³	gr./cm. ³	%	Ağırlık olarak %	Görünür porozite (Hacmen) %	kg./cm. ²	
PÜSKÜRÜK TAŞLAR	1. Granit, Siyenit	2.60-2.80	2.62-2.85	0.4-1.5	0.2-0.5	0.4-1.4	1600-2400
	2. Diyorit, Gabro	2.80-3.00	2.85-3.05	0.5-1.2	0.2-0.4	0.5-1.2	1700-3000
	3. Kuartzporfir						
	_Kerotofir	2.55-2.80	2.58-2.83	0.4-1.8	0.2-0.7	0.4-1.8	1800-3000
	_Portirit						
	_Andezit						
	4. Bazalt, Melafir	2.95-3.00	3.00-3.15	0.2-0.9	0.1-0.3	0.2-0.8	2500-4000
TORTUL TAŞLAR	_Bazaltlavı	2.20-2.35	3.00-3.15	20-25	4-10	9-24	800-1500
	5. Diyabaz	2.80-2.90	2.85-2.95	0.3-1.1	0.1-0.4	0.3-1.0	1800-2500
	6. Silisli taşlar						
	_Kuartz, gangi, kuartzit, grauveke	2.60-2.65	2.64-2.68	0.4-2.0	0.2-0.5	0.4-1.3	1500-3000
	_Kuartzlı kumtaşı						1200-2000
	_Diger kuartzlı kumtaşları	2.00-2.65	2.64-2.72	0.5-25	0.2-9	0.5-24	300-1800
	7. Kireç taşları (kalkerler)						
	_Yoğun kalkerler ve Dolomit (mermer dahil)	2.65-2.85	2.70-2.90	0.5-2.0	0.2-0.6	0.4-1.8	800-1800
	_Diğer kalkerler kalker-konglomeraları	1.70-2.60	2.70-2.74	0.5-30	0.2-10	0.5-25	200-900
	_Traverten	2.40-2.50	2.69-2.72	5-12	2-5	4-10	200-600
METAMORFİK TAŞ	8. Püskürük tüfler	1.80-2.00	2.62-2.75	20-30	6-15	12-30	200-300
	_Gnays, Granülit	2.65-3.00	2.67-3.05	0.4-2.0	0.1-0.6	0.3-1.8	1600-2800
	_Amfibolit	2.70-3.10	2.75-3.15	0.4-2.0	0.1-0.4	0.3-1.2	1700-2800
	_Serpantin	2.60-2.75	2.62-2.78	0.3-2.0	0.1-0.7	0.3-1.8	1400-2500
	_Ardüaz	2.70-2.80	2.82-2.90	1.5-2.5	0.5-0.6	1.4-1.8	-

VE DEĞERLENDİRİLMESİ İÇİN GEÇİCİ SINIR DEĞERLER

Taşın basınç mukavemeti (kuru olarak) DIN 52105	Eğilmede çekme mukavemeti	Darbe muayenesi DIN 52107 1. darbe sayısı	Sürtünme... den dolayı aşınma (50 cm. ² deki)	30/60'lık kırmataşın dökme ola- rak m. ³ ağırlığı	30/60 mm.'lik kırma taşın basınç ve darbeye karşı dayanıklılığı DIN 52109		
					Basınç	Darbe	
kg./cm. ²	kg./cm. ²		cm. ³	t/m. ³	Yol inşaatında 10mm.'lik elek- ten geçen	Yol inşaatında 10mm.'lik elek- ten geçen	Balastta parça- lanma derecesi
					%	%	
1600 - 2400	100 - 200	10 - 12	5 - 8	1.30-1.40	16 - 30	9 - 18	0.7 - 1.1
1700 - 3000	100 - 220	10 - 15	5 - 8	1.40-1.50	13 - 25	8 - 16	0.6 - 1.0
1800 - 3000	150 - 200	11 - 13	5 - 8	1.30-1.40	14 - 30	8 - 20	0.6 - 1.2
2500 - 4000	150 - 250	12 - 17	5 - 8.5	1.40-1.50	13 - 22	6 - 15	0.5 - 0.9
800 - 1500	80 - 120	4 - 5	12 - 15	1.10 - 1.25	-	-	-
1800 - 2500	150 - 250	11 - 16	5 - 8	1.35-1.45	15 - 22	6 - 15	0.5 - 0.9
1500 - 3000	130 - 250	10 - 15	7 - 8 10 - 14	1.25-1.35	16 - 30	10 - 20	0.8 - 1.1
1200 - 2000	120 - 200	8 - 10					
300 - 1800	30 - 150	5 - 10					
800 - 1800	60 - 150	8 - 10	15 - 40	1.30-1.40	17 - 35	11 - 25	0.9 - 1.3
200 - 900	50 - 80	-	-	-	-	-	-
200 - 600	40 - 100	-	-	-	-	-	-
200 - 300	20 - 60	-	-	-	-	-	-
1600 - 2800	-	6 - 12	4 - 10	1.30-1.50	-	9 - 20	0.7 - 1.2
1700 - 2800	-	10 - 18	6 - 12	1.40-1.50	-	6 - 15	0.5 - 0.8
1400 - 2500	-	6 - 15	8 - 18	1.30-1.40	-	-	-
-	500 - 800	-	-	-	-	-	-

TS 2513 DENEY SINIR DEĞERLERİ

DENEY ADI	SINIR DEĞERLER
ÖZGÜL AĞIRLIK (gr./cm.)	2.55 'den küçük olmamalıdır.
SU EMME (AĞIRLIKÇA) (%)	1.80 'den büyük olmamalıdır.
DONMA DENEYİ (%)	5 'den fazla olmamalıdır.
SÜRTÜNME DEN DOLAYI AŞINMA (cm. ³ /50 cm. ²)	10 'dan fazla olmamalıdır.
DARBE DAYANIMI (kg.cm./cm. ³)	12 'den küçük olmamalıdır.

DOĞAL TAŞLARDA MİNİMUM BASINÇ VE EĞİLMEDE ÇEKME DAYANIM DEĞERLERİ :

TAŞ CİNSİ	BASINÇ DAYANIMI (kg.f./cm. ²)	EĞİLMEDE ÇEKME DAYANIMI (kg.f./cm. ²)
Kalker, traverten, kireç bağlayıcılı kumtaşı	350	30
Yoğun kalker, dolomit, bazalt	500	40
Silis bağlayıcılı kumtaşı, grovak	800	60
Granit, siyenit, diorit, melafir, diabaz, andezit	1200	75
Diğer tortul ve metamorfik taşlar	500	50
Diğer püskürük taşlar	1400	80

Tablo: 4.3

ELEK ANALİZİ

Nümunenin geldiği yer: KARAOSMAN

Nümunne ağırlığı: 24515 gr.

1. Nümunne

ELEK GÖZÜ mm.	ELEKTE KALAN gr.	ELEKTEN GEÇEN	
		gr.	% Pi
70	-	24515	100
56.5	520	23995	98
50.8	4305	19690	80
38.1	17695	1995	8
25.4	1995	-	-
19.1	-	-	-
12.7	-	-	-

Nümunne ağırlığı: 25390 gr.

2. Nümunne

ELEK GÖZÜ mm.	ELEKTE KALAN gr.	ELEKTEN GEÇEN	
		gr.	% Pi
70	-	25390	100
56.5	-	25390	100
50.8	5570	19820	78
38.1	18310	1510	6
25.4	1510	-	-
19.1	-	-	-
12.7	-	-	-

Nümunne ağırlığı: 31360 gr.

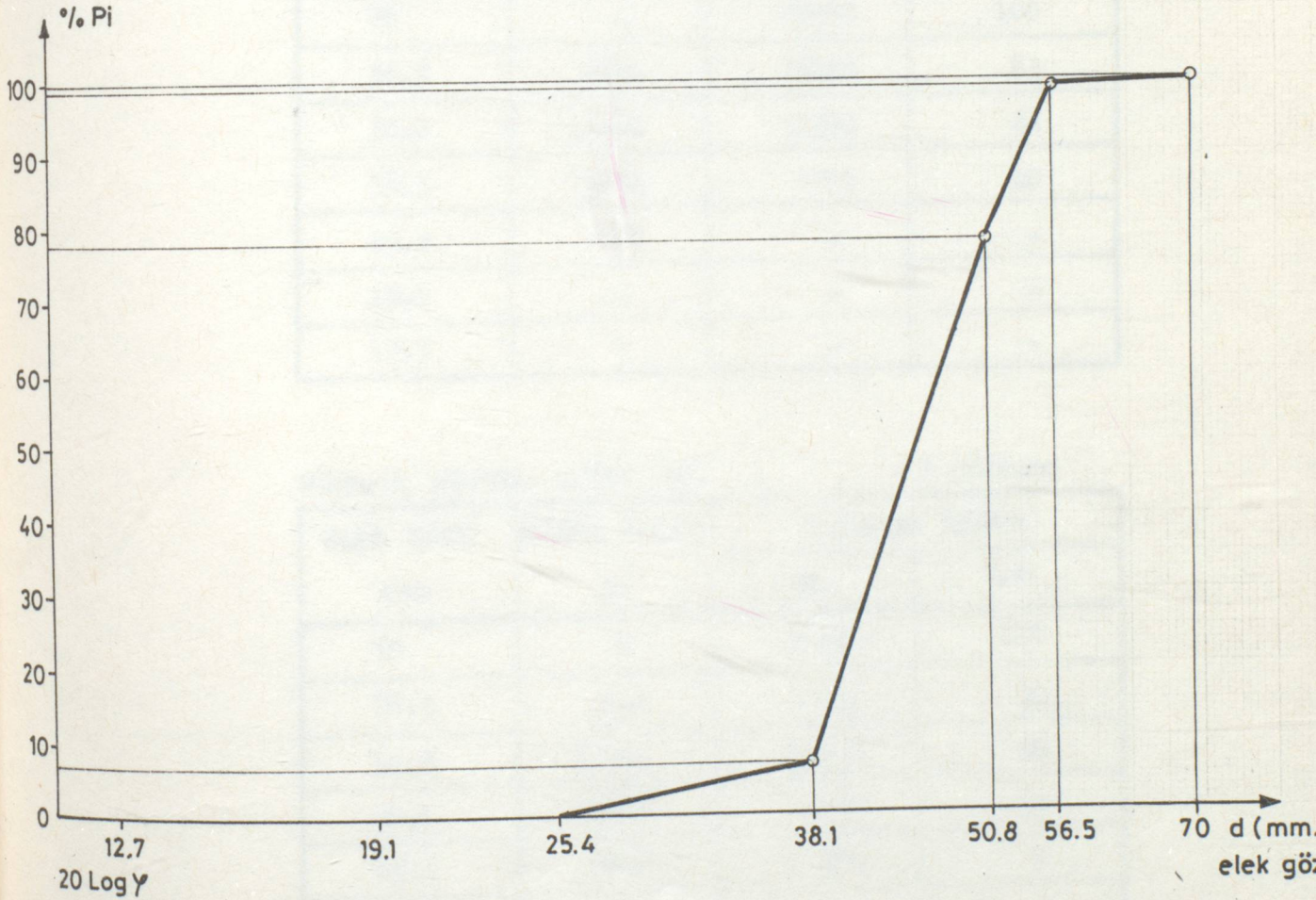
3. Nümunne

ELEK GÖZÜ mm.	ELEKTE KALAN gr.	ELEKTEN GEÇEN	
		gr.	% Pi
70	-	31360	100
56.5	-	31360	100
50.8	7070	24290	77
38.1	22010	2280	7
25.4	2280	-	-
19.1	-	-	-
12.7	-	-	-

ELEKTEN GEÇEN %Pi'LERİN ORTALAMASI

Nümunenin geldiği yer: KARAOSMAN

ELEK GÖZÜ mm.	ELEKTEN GEÇEN %Pi			ORTALAMA %Pi
	1. Nümune	2. Nümune	3. Nümune	
70	100	100	100	100
56.5	98	100	100	99
50.8	80	78	77	78
38.1	8	6	7	7
25.4	-	-	-	-
19.1	-	-	-	-
12.7	-	-	-	-



ORTALAMA GRANÜLOMETRİ EĞRİSİ

ELEK ANALİZİ

Nümunenin geldiği yer: TURHAL

Nümunne ağırlığı: 20120 gr.

1. Nümunne

ELEK GÖZÜ mm.	ELEKTE KALAN gr.	ELEKTEN GEÇEN	
		gr.	% Pi
70	-	20120	100
56.5	2210	17910	89
50.8	7570	10340	51
38.1	7700	2640	13
25.4	2640	-	-
19.1	-	-	-
12.7	-	-	-

Nümunne ağırlığı: 28260 gr.

2. Nümunne

ELEK GÖZÜ mm.	ELEKTE KALAN gr.	ELEKTEN GEÇEN	
		gr.	% Pi
70	-	28260	100
56.5	4680	23580	83
50.8	11020	12560	44
38.1	9870	2690	10
25.4	2690	-	-
19.1	-	-	-
12.7	-	-	-

Nümunne ağırlığı: 36890 gr.

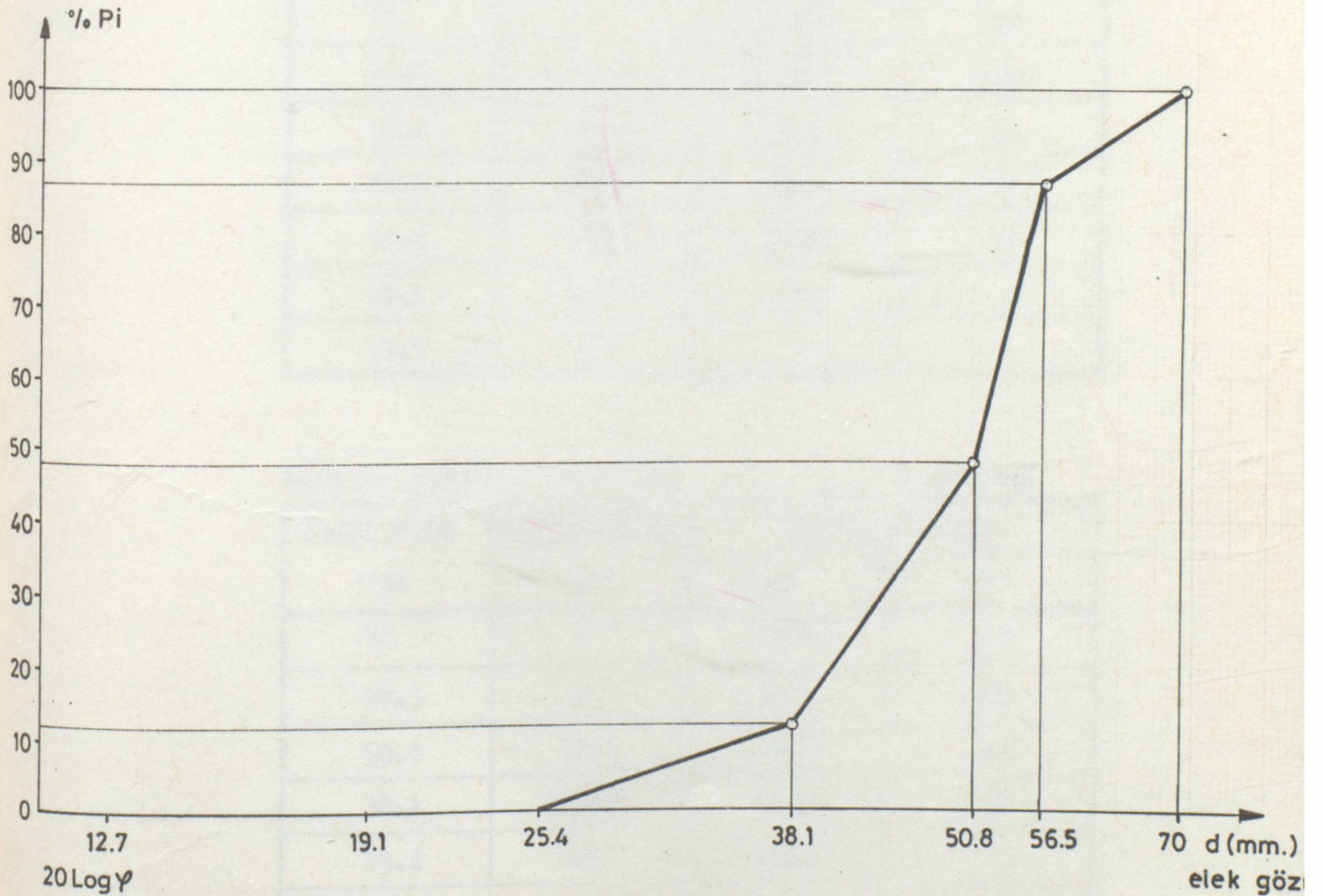
3. Nümunne

ELEK GÖZÜ mm.	ELEKTE KALAN gr.	ELEKTEN GEÇEN	
		gr.	% Pi
70	-	36890	100
56.5	3640	33250	90
50.8	14780	18470	50
38.1	13420	5050	14
25.4	4650	400	1
19.1	400	-	-
12.7	-	-	-

ELEKTEN GEÇEN %Pi'LERİN ORTALAMASI

Nümunenin geldiği yer: TURHAL

ELEK GÖZÜ mm.	ELEKTEN GEÇEN %Pi			ORTALAMA %Pi
	1. Nümune	2. Nümune	3. Nümune	
70	100	100	100	100
56.5	89	83	90	87
50.8	51	44	50	48
38.1	13	10	14	12
25.4	-	-	1	-
19.1	-	-	-	-
12.7	-	-	-	-



ORTALAMA GRANÜLOMETRİ EĞRİSİ

ELEK ANALİZİ

Nümunenin geldiği yer: ESENKENT

Nümunne ağırlığı: 25900 gr.

1. Nümunne

ELEK GÖZÜ mm.	ELEKTE KALAN gr.	ELEKTEN GEÇEN	
		gr.	% Pi
70	-	25900	100
56.5	-	25900	100
50.8	1550	24350	94
38.1	13390	10960	42
25.4	8650	2310	9
19.1	2310	-	-
12.7	-	-	-

Nümunne ağırlığı: 19840 gr.

2. Nümunne

ELEK GÖZÜ mm.	ELEKTE KALAN gr.	ELEKTEN GEÇEN	
		gr.	% Pi
70	-	19840	100
56.5	-	19840	100
50.8	1860	17980	91
38.1	8610	9370	47
25.4	7090	2280	11
19.1	2150	130	1
12.7	130	-	-

Nümunne ağırlığı: 23080 gr.

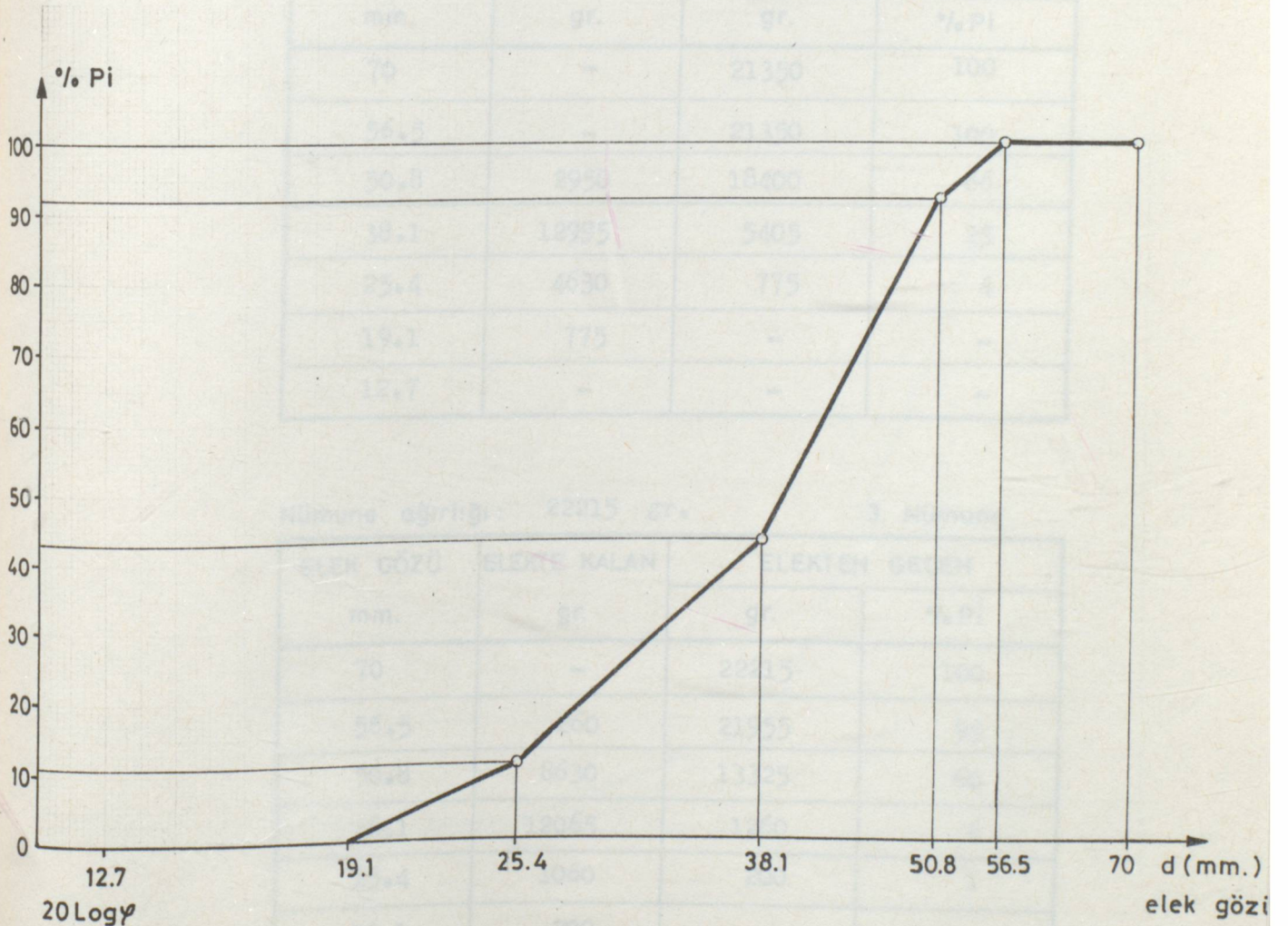
3. Nümunne

ELEK GÖZÜ mm.	ELEKTE KALAN gr.	ELEKTEN GEÇEN	
		gr.	% Pi
70	-	23080	100
56.5	-	23080	100
50.8	2080	21000	91
38.1	11540	9460	41
25.4	6490	2970	13
19.1	2970	-	-
12.7	-	-	-

ELEKTEN GEÇEN %Pi'LERİN ORTALAMASI

Nümunenin geldiği yer: ESENKENT

ELEK GÖZÜ mm.	ELEKTEN GEÇEN %Pi			ORTALAMA %Pi
	1. Nümune	2. Nümune	3. Nümune	
70	100	100	100	100
56.5	100	100	100	100
50.8	94	91	91	92
38.1	42	47	41	43
25.4	9	11	13	11
19.1	-	1	-	-
12.7	-	-	-	-



ELEK ANALİZİ

Nümunenin geldiği yer: SARIOĞLAN

Nümunne ağırlığı: 19210 gr.

1. Nümunne

ELEK GÖZÜ mm.	ELEKTE KALAN gr.	ELEKTEN GEÇEN	
		gr.	% Pi
70	-	19210	100
56.5	-	19210	100
50.8	3760	15450	80
38.1	11960	3490	18
25.4	3290	200	1
19.1	200	-	-
12.7	-	-	-

Nümunne ağırlığı: 21350 gr.

2. Nümunne

ELEK GÖZÜ mm.	ELEKTE KALAN gr.	ELEKTEN GEÇEN	
		gr.	% Pi
70	-	21350	100
56.5	-	21350	100
50.8	2950	18400	86
38.1	12995	5405	25
25.4	4630	775	4
19.1	775	-	-
12.7	-	-	-

Nümunne ağırlığı: 22215 gr.

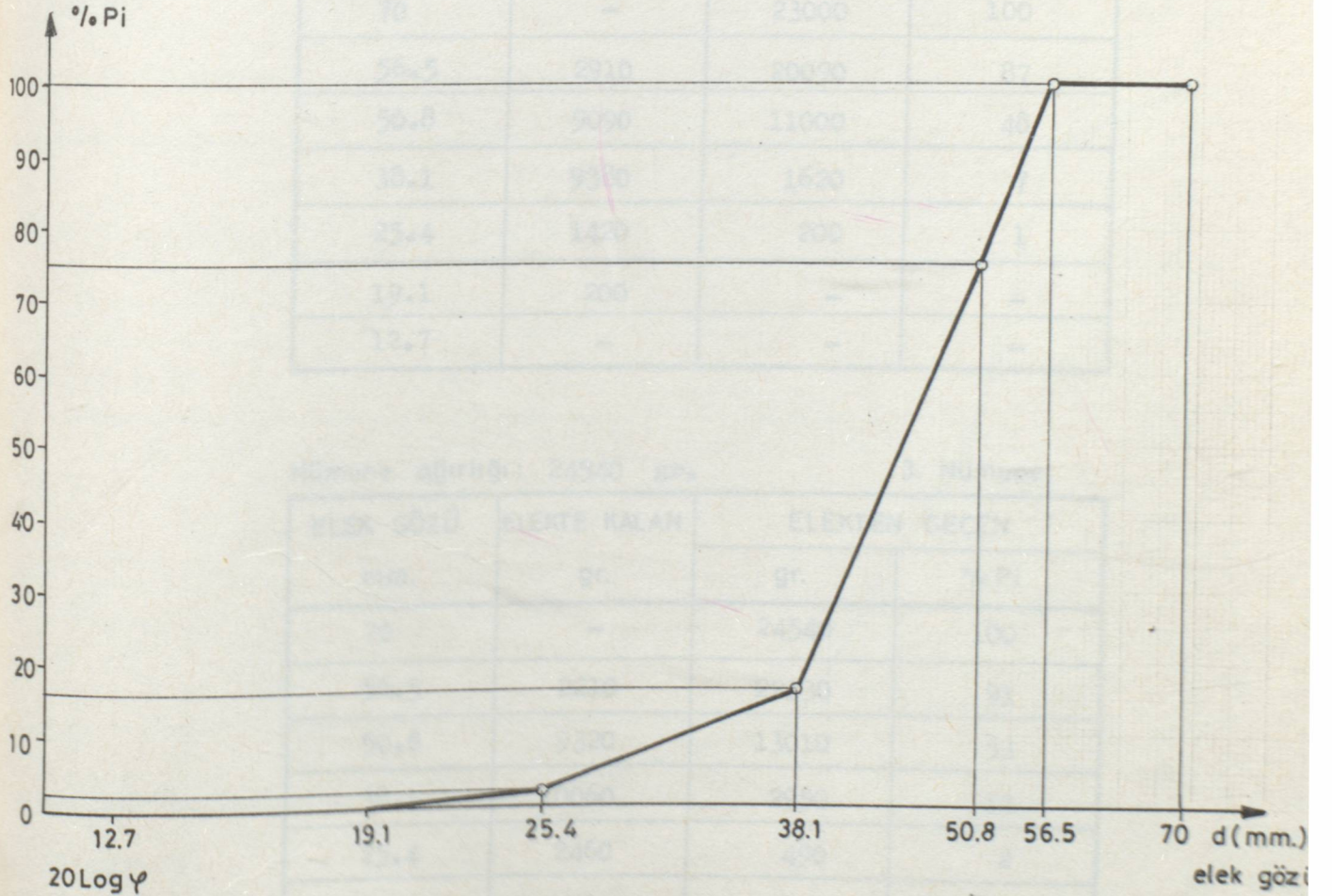
3. Nümunne

ELEK GÖZÜ mm.	ELEKTE KALAN gr.	ELEKTEN GEÇEN	
		gr.	% Pi
70	-	22215	100
56.5	260	21955	99
50.8	8630	13325	60
38.1	12065	1260	6
25.4	1060	200	1
19.1	200	-	-
12.7	-	-	-

ELEKTEN GEÇEN %Pİ'LERİN ORTALAMASI

Nümunenin geldiği yer: SARIOĞLAN

ELEK GÖZÜ mm.	ELEKTEN GEÇEN %Pİ			ORTALAMA %Pİ
	1. Nümune	2. Nümune	3. Nümune	
70	100	100	100	100
56.5	100	100	99	100
50.8	80	86	60	75
38.1	18	25	6	16
25.4	1	4	1	2
19.1	-	-	-	-
12.7	-	-	-	-



ORTALAMA GRANÜLÜMETRİ EĞRİSİ

ELEK ANALİZİ

Nümunenin geldiği yer: ZİLE

Nümunne ağırlığı: 23620 gr.

1. Nümunne

ELEK GÖZÜ mm.	ELEKTE KALAN gr.	ELEKTEN GEÇEN	
		gr.	% Pi
70	-	23620	100
56.5	850	22770	96
50.8	8950	13820	59
38.1	10550	3270	14
25.4	2980	290	1
19.1	-	-	-
12.7	-	-	-

Nümunne ağırlığı: 23000 gr.

2. Nümunne

ELEK GÖZÜ mm.	ELEKTE KALAN gr.	ELEKTEN GEÇEN	
		gr.	% Pi
70	-	23000	100
56.5	2910	20090	87
50.8	9090	11000	48
38.1	9380	1620	7
25.4	1420	200	1
19.1	200	-	-
12.7	-	-	-

Nümunne ağırlığı: 24540 gr.

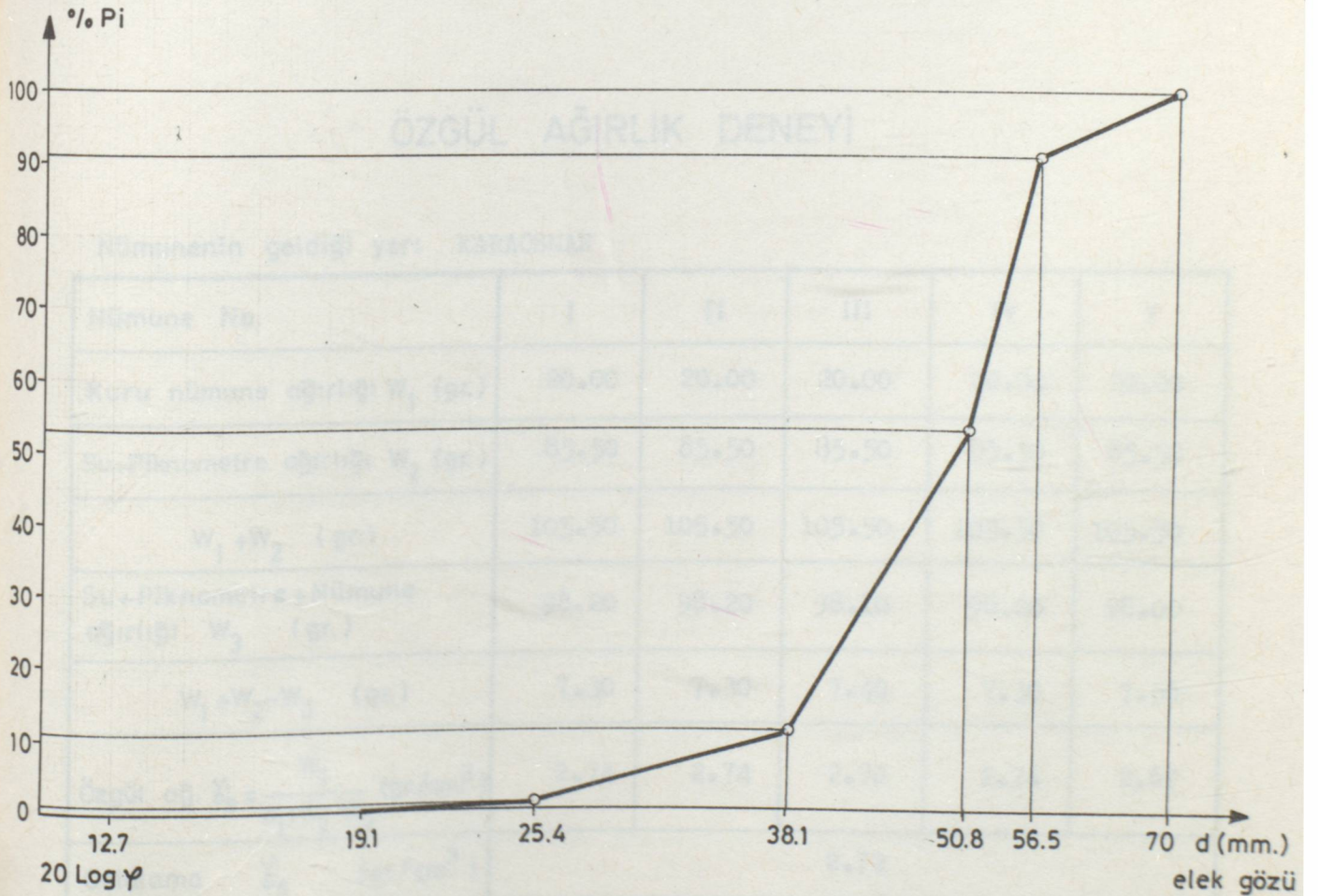
3. Nümunne

ELEK GÖZÜ mm.	ELEKTE KALAN gr.	ELEKTEN GEÇEN	
		gr.	% Pi
70	-	24540	100
56.5	2210	22330	91
50.8	9320	13010	53
38.1	10060	2950	12
25.4	2460	490	2
19.1	490	-	-
12.7	-	-	-

ELEKTEN GEÇEN %Pi'LERİN ORTALAMASI

Nümunenin geldiği yer: ZİLE

ELEK GÖZÜ mm.	ELEKTEN GEÇEN %Pi			ORTALAMA %Pi
	1. Nümune	2. Nümune	3. Nümune	
70	100	100	100	100
56.5	96	87	91	91
50.8	59	48	53	53
38.1	14	7	12	11
25.4	1	1	2	1
19.1	-	-	-	-
12.7	-	-	-	-



KURU BİRİM HACİM AĞIRLIĞI DENEYİ

Nümunenin geldiği yer: KARAOSMAN

Nümune No.	I	II	III	IV	V
Kuru nümune ağırlığı W_k (gr.)	245.10	272.00	250.90	372.30	276.90
Suda bekletilmiş nümunenin ağırlığı W_d (gr.)	245.70	272.50	251.50	373.10	277.70
Suda bekletilmiş nümunenin su içindeki ağırlığı W_s (gr.)	154.20	171.20	157.00	234.00	174.30
Nümune hacmi $V = W_d - W_s$ (cm. ³)	91.50	101.30	94.50	139.10	103.40
Yoğunluk $\gamma_k = \frac{W_k}{V}$ (gr./cm. ³)	2.68	2.69	2.66	2.68	2.68
Ortalama γ_k (gr./cm. ³)	2.68				

ÖZGÜL AĞIRLIK DENEYİ

Nümunenin geldiği yer: KARAOSMAN

Nümune No.	I	II	III	IV	V
Kuru nümune ağırlığı W_1 (gr.)	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
Su+Piknometre ağırlığı W_2 (gr.)	85.50	85.50	85.50	85.50	85.50
$W_1 + W_2$ (gr.)	105.50	105.50	105.50	105.50	105.50
Su+Piknometre+Nümunne ağırlığı W_3 (gr.)	98.20	98.20	98.10	98.20	98.00
$W_1 + W_2 - W_3$ (gr.)	7.30	7.30	7.40	7.30	7.50
Özgül ağırlık $\gamma_s = \frac{W_1}{W_1 + W_2 - W_3}$ (gr./cm. ³)	2.74	2.74	2.70	2.74	2.67
Ortalama γ_s (gr./cm. ³)	2.72				

DOLULUK (KOMPASİTE) ORANI: $d = \frac{\gamma_k}{\gamma_s} \times 100 (\%) = \% 98.53$

GÖZENeklİLİK (POROZİTE) ORANI: $p = (1 - d) \times 100 (\%) = \% 1.47$

KURU BİRİM HACİM AĞIRLIĞI DENEYİ

Nümunenin geldiği yer: TURHAL

Nümune No.	I	II	III	IV	V
Kuru nümune ağırlığı W_k (gr.)	274.30	377.10	347.20	309.20	392.00
Suda bekletilmiş nümunenin ağırlığı W_d (gr.)	274.60	377.50	347.50	309.60	392.40
Suda bekletilmiş nümunenin su içindeki ağırlığı W_s (gr.)	174.10	239.40	219.40	195.90	248.20
Nümune hacmi $V = W_d - W_s$ (cm. ³)	100.50	138.10	128.10	113.70	144.20
Yoğunluk $\delta_k = \frac{W_k}{V}$ (gr./cm. ³)	2.73	2.73	2.71	2.72	2.72
Ortalama δ_k (gr./cm. ³)	2.72				

ÖZGÜL AĞIRLIK DENEYİ

Nümunenin geldiği yer: TURHAL

Nümune No.	I	II	III	IV	V
Kuru nümune ağırlığı W_1 (gr.)	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
Su+Piknometre ağırlığı W_2 (gr.)	85.50	85.50	85.50	85.50	85.50
$W_1 + W_2$ (gr.)	105.50	105.50	105.50	105.50	105.50
Su+Piknometre+Nümunne ağırlığı W_3 (gr.)	98.30	98.20	98.20	98.30	98.30
$W_1 + W_2 - W_3$ (gr.)	7.20	7.30	7.30	7.20	7.20
Özgül ağırlık $\delta_s = \frac{W_1}{W_1 + W_2 - W_3}$ (gr./cm. ³)	2.78	2.74	2.74	2.78	2.78
Ortalama δ_s (gr./cm. ³)	2.76				

DOLULUK (KOMPASİTE) ORANI: $d = \frac{\delta_k}{\delta_s} \times 100 (\%) = \% 98.55$

ÇÖZENEKLİLİK (POROZİTE) ORANI: $p = (1 - d) \times 100 (\%) = \% 1.45$

KURU BİRİM HACİM AĞIRLIĞI DENEYİ

Nümunenin geldiği yer: ESENKENT

Nümune No.	I	II	III	IV	V
Kuru nümune ağırlığı W_k (gr.)	174.00	225.00	177.90	219.00	207.00
Suda bekletilmiş nümunenin ağırlığı W_d (gr.)	186.20	237.40	188.40	230.60	219.80
Suda bekletilmiş nümunenin su içindeki ağırlığı W_s (gr.)	110.70	138.40	112.90	136.60	130.10
Nümune hacmi $V=W_d-W_s$ (cm. ³)	75.50	99.00	75.50	94.00	89.70
Yoğunluk $\gamma_k = \frac{W_k}{V}$ (gr./cm. ³)	2.30	2.27	2.36	2.33	2.31
Ortalama γ_k (gr./cm. ³)	2.31				

ÖZGÜL AĞIRLIK DENEYİ

Nümunenin geldiği yer: ESENKENT

Nümune No.	I	II	III	IV	V
Kuru nümune ağırlığı W_1 (gr.)	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
Su+Piknometre ağırlığı W_2 (gr.)	85.50	85.50	85.50	85.50	85.50
W_1+W_2 (gr.)	105.50	105.50	105.50	105.50	105.50
Su+Piknometre+Nümunne ağırlığı W_3 (gr.)	98.00	97.90	98.00	97.70	97.80
$W_1+W_2-W_3$ (gr.)	7.50	7.60	7.50	7.80	7.70
Özgül ağırlık $\gamma_s = \frac{W_1}{W_1+W_2-W_3}$ (gr./cm. ³)	2.67	2.63	2.67	2.56	2.60
Ortalama γ_s (gr./cm. ³)	2.63				

DOLULUK (KOMPASİTE) ORANI: $d = \frac{\gamma_k}{\gamma_s} \times 100 (\%) = \% 87.83$

GÖZENEKLİLİK (POROZİTE) ORANI: $p = (1 - d) \times 100 (\%) = \% 12.17$

KURU BİRİM HACİM AĞIRLIĞI DENEYİ

Nümunenin geldiği yer: SARIOĞLAN

Nümune No.	I	II	III	IV	V
Kuru nümune ağırlığı W_k (gr.)	289.10	225.20	298.50	433.10	285.50
Suda bekletilmiş nümunenin ağırlığı W_d (gr.)	289.70	225.60	299.20	433.90	286.20
Suda bekletilmiş nümunenin su içindeki ağırlığı W_s (gr.)	182.30	140.70	187.00	270.80	179.70
Nümune hacmi $V=W_d-W_s$ (cm. ³)	107.40	84.90	112.20	163.10	106.50
Yoğunluk $\gamma_k = \frac{W_k}{V}$ (gr./cm. ³)	2.69	2.65	2.66	2.66	2.68
Ortalama γ_k (gr./cm. ³)	2.67				

ÖZGÜL AĞIRLIK DENEYİ

Nümunenin geldiği yer: SARIOĞLAN

Nümune No.	I	II	III	IV	V
Kuru nümune ağırlığı W_1 (gr.)	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
Su+Piknometre ağırlığı W_2 (gr.)	85.50	85.50	85.50	85.50	85.50
W_1+W_2 (gr.)	105.50	105.50	105.50	105.50	105.50
Su+Piknometre+Nümunne ağırlığı W_3 (gr.)	98.00	98.20	98.10	98.10	98.20
$W_1+W_2-W_3$ (gr.)	7.50	7.30	7.40	7.40	7.30
Özgül ağırlık $\gamma_s = \frac{W_1}{W_1+W_2-W_3}$ (gr./cm. ³)	2.67	2.74	2.70	2.70	2.74
Ortalama γ_s (gr./cm. ³)	2.71				

DOLULUK (KOMPASİTE) ORANI: $d = \frac{\gamma_k}{\gamma_s} \times 100 (\%) = \% 98.16$

GÖZENEKLİLİK (POROZİTE) ORANI: $p = (1-d) \times 100 (\%) = \% 1.84$

KURU BİRİM HACİM AĞIRLIĞI DENEYİ

Nümunenin geldiği yer: ZİLE

Nümune No.	I	II	III	IV	V
Kuru nümune ağırlığı W_k (gr.)	369.60	264.80	328.40	278.30	358.40
Suda bekletilmiş nümunenin ağırlığı W_d (gr.)	370.40	265.50	329.10	279.10	359.50
Suda bekletilmiş nümunenin su içindeki ağırlığı W_s (gr.)	233.10	166.50	206.60	174.60	227.00
Nümune hacmi $V=W_d-W_s$ (cm. ³)	137.30	99.00	122.50	104.50	132.50
Yoğunluk $\delta_k = \frac{W_k}{V}$ (gr./cm. ³)	2.69	2.67	2.68	2.66	2.70
Ortalama δ_k (gr./cm. ³)	2.68				

ÖZGÜL AĞIRLIK DENEYİ

Nümunenin geldiği yer: ZİLE

Nümune No.	I	II	III	IV	V
Kuru nümune ağırlığı W_1 (gr.)	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
Su+Piknometre ağırlığı W_2 (gr.)	85.50	85.50	85.50	85.50	85.50
W_1+W_2 (gr.)	105.50	105.50	105.50	105.50	105.50
Su+Piknometre+Nümunne ağırlığı W_3 (gr.)	98.10	98.10	98.10	98.00	98.20
$W_1+W_2-W_3$ (gr.)	7.40	7.40	7.40	7.50	7.30
Özgül ağırlık $\delta_s = \frac{W_1}{W_1+W_2-W_3}$ (gr./cm. ³)	2.70	2.70	2.70	2.67	2.74
Ortalama δ_s (gr./cm. ³)	2.70				

DOLULUK (KOMPASİTE) ORANI: $d = \frac{\delta_k}{\delta_s} \times 100 (\%) = \% 99.26$

GÖZENEKLİLİK (POROZİTE) ORANI: $p = (1 - d) \times 100 (\%) = \% 0.74$

SU EMME DENEYİ

Nümunenin geldiği yer: KARAOSMAN

Nümune No.		I	II	III	IV	V
Kuru nümune ağırlığı (Wk)		269.30	233.20	204.00	256.10	163.00
Su emdirilen nümunenin 24 saat aralıklarla tartılan ağırlığı	1. gün	270.00	233.80	204.40	256.70	163.20
	2. gün	270.00	233.80	204.50	256.80	163.20
	3. gün	—	—	204.50	256.80	—
	4. gün	—	—	—	—	—
	5. gün	—	—	—	—	—
Su emdirilmiş nümune ağırlığı (Wd)		270.00	233.80	204.50	256.80	163.20
Su emdirilmiş nümunenin su içindeki ağırlığı (Ws)		170.00	146.80	132.10	162.30	102.70
Atmosfer basıncı altında ağırlıkça su emme yeteneği $as = \frac{Wd - Wk}{Wk} \times 100 \quad (\%)$						
Atmosfer basıncı altında hacimce su emme yeteneği $hs = \frac{Wd - Wk}{Wd - Ws} \times 100 \quad (\%)$						
as (%)		0.26	0.26	0.25	0.27	0.12
as _{ort.} (%)		0.23				
hs (%)		0.70	0.69	0.69	0.74	0.33
hs _{ort.} (%)		0.63				

(NOT : Ağırlıklar gram cinsindendir.)

SU EMME DENEYİ

Nümunenin geldiği yer: TURHAL

Nümune No.		I	II	III	IV	V
Kuru nümune ağırlığı (Wk)		202.10	320.90	305.50	311.50	242.00
Su emdirilen nümunenin 24 saat aralıklarla tartılan ağırlığı	1. gün	202.50	321.20	305.80	311.80	242.20
	2. gün	202.60	321.20	305.80	311.90	242.20
	3. gün	202.60	—	—	311.90	—
	4. gün	—	—	—	—	—
	5. gün	—	—	—	—	—
Su emdirilmiş nümune ağırlığı (Wd)		202.60	321.20	305.80	311.90	242.20
Su emdirilmiş nümunenin su içindeki ağırlığı (Ws)		127.90	202.40	192.80	196.30	142.70
Atmosfer basıncı altında ağırlıkça su emme yeteneği $as = \frac{Wd - Wk}{Wk} \times 100 \quad (\%)$ Atmosfer basıncı altında hacimce su emme yeteneği $hs = \frac{Wd - Wk}{Wd - Ws} \times 100 \quad (\%)$						
as (%)		0.25	0.09	0.10	0.13	0.08
as _{ort.} (%)		0.13				
hs (%)		0.67	0.25	0.27	0.35	0.20
hs _{ort.} (%)		0.35				

(NOT : Ağırlıklar gram cinsindendir.)

SU EMME DENEYİ

Nümunenin geldiği yer: ESENKENT

Nümune No.		I	II	III	IV	V
Kuru nümune ağırlığı (Wk)		242.20	213.80	197.20	181.20	182.00
Su emdirilen nümunenin 24 saat aralıklarla tartılan ağırlığı	1. gün	252.90	225.80	211.60	191.60	192.00
	2. gün	253.30	225.90	211.60	191.70	192.50
	3. gün	253.70	226.00	211.80	191.80	192.90
	4. gün	254.00	226.00	211.80	191.90	192.90
	5. gün	254.00	-	-	191.90	-
Su emdirilmiş nümune ağırlığı (Wd)		254.00	226.00	211.80	191.90	192.90
Su emdirilmiş nümunenin su içindeki ağırlığı (Ws)		148.00	130.20	120.40	110.40	111.90
Atmosfer basıncı altında ağırlıkça su emme yeteneği $as = \frac{Wd - Wk}{Wk} \times 100 \quad (\%)$ Atmosfer basıncı altında hacimce su emme yeteneği $hs = \frac{Wd - Wk}{Wd - Ws} \times 100 \quad (\%)$						
as (%)		4.87	5.71	7.40	5.91	5.99
as _{ort.} (%)		5.98				
hs (%)		11.13	12.84	15.96	13.13	13.46
hs _{ort.} (%)		13.30				

(NOT : Ağırlıklar gram cinsindendir.)

SU EMME DENEYİ

Nümunenin geldiği yer : SARIOĞLAN

Nümune No.		I	II	III	IV	V
Kuru nümune ağırlığı (Wk)		244.00	283.70	259.40	240.30	184.30
Su emdirilen nümunenin 24 saat aralıklarla tartılan ağırlığı	1. gün	244.60	284.00	260.00	240.60	184.60
	2. gün	244.80	284.10	260.10	240.70	184.60
	3. gün	244.80	284.10	260.10	240.70	-
	4. gün	-	-	-	-	-
	5. gün	-	-	-	-	-
Su emdirilmiş nümune ağırlığı (Wd)		244.80	284.10	260.10	240.70	184.60
Su emdirilmiş nümunenin su içindeki ağırlığı (Ws)		153.80	178.60	161.70	151.70	115.60
Atmosfer basıncı altında ağırlıkça su emme yeteneği $as = \frac{Wd - Wk}{Wk} \times 100 \text{ (\%)}$ Atmosfer basıncı altında hacimce su emme yeteneği $hs = \frac{Wd - Wk}{Wd - Ws} \times 100 \text{ (\%)}$						
as (%)		0.33	0.14	0.27	0.17	0.16
as _{ort.} (%)		0.21				
hs (%)		0.88	0.38	0.71	0.45	0.43
hs _{ort.} (%)		0.57				

(NOT : Ağırlıklar gram cinsindendir.)

SU EMME DENEYİ

Nümunenin geldiği yer: ZİLE

Nümune No.		I	II	III	IV	V
Kuru nümune ağırlığı (Wk)		295.80	253.30	379.80	199.00	229.00
Su emdirilen nümunenin 24 saat aralıklarla tartılan ağırlığı	1. gün	297.00	253.80	380.60	199.60	229.30
	2. gün	297.00	253.80	380.70	199.60	229.30
	3. gün	—	—	380.70	—	—
	4. gün	—	—	—	—	—
	5. gün	—	—	—	—	—
Su emdirilmiş nümune ağırlığı (Wd)		297.00	253.80	380.70	199.60	229.30
Su emdirilmiş nümunenin su içindeki ağırlığı (Ws)		186.20	160.00	239.20	125.80	144.30
Atmosfer basıncı altında ağırlıkça su emme yeteneği $as = \frac{Wd - Wk}{Wk} \times 100 \text{ (\%)}$						
Atmosfer basıncı altında hacimce su emme yeteneği $hs = \frac{Wd - Wk}{Wd - Ws} \times 100 \text{ (\%)}$						
as (%)		0.41	0.20	0.24	0.30	0.13
as _{ort.} (%)		0.26				
hs (%)		1.08	0.53	0.64	0.81	0.35
hs _{ort.} (%)		0.68				

(NOT : Ağırlıklar gram cinsindendir.)

BASINÇ DENEYİ

Nümunenin geldiği yer : ESENKENT

Nümune No.	I	II	III	IV
Silindir nümunenin yarıçapı r (cm.)	2.50	2.50	2.50	2.50
Nümune kesit alanı $A_o = \pi \cdot r^2$ (cm. ²)	19.635	19.635	19.635	19.635
Kırılma anındaki yük $P_{max.}$ (kg.)	13500	13700	18800	21500
Basınç dayanımı $\sigma = \frac{P_{max.}}{A_o}$ (kg./cm. ²)	687.50	697.70	957.50	1095.00
Ortalama $\sigma_{ort.}$ (kg./cm. ²)	859.40			

BASINÇ DENEYİ

Nümunenin geldiği yer : KARAOSMAN

Nümune No.	I	II	III	
Silindir nümunenin yarıçapı r (cm.)	2.50	2.50	2.50	
Nümune kesit alanı $A_o = \pi \cdot r^2$ (cm. ²)	19.635	19.635	19.635	
Kırılma anındaki yük $P_{max.}$ (kg.)	17300	8000	7300	
Basınç dayanımı $\sigma = \frac{P_{max.}}{A_o}$ (kg./cm. ²)	881.10	407.40	371.80	
Ortalama $\sigma_{ort.}$ (kg./cm. ²)	881.10	389.60		

(NOT : II. ve III. nümuneler tabakalı olduklarından kendi içlerinde basınç mukavemeti değerlerinin ortalaması alınmıştır.)

BASINÇ DENEYİ

Nümunenin geldiği yer: SARIOĞLAN

Nümunne No.	I	II	III	
Silindir nümunenin yarıçapı r (cm.)	2.50	2.50	2.50	
Nümunne kesit alanı $A_0 = \pi \cdot r^2$ (cm. ²)	19.635	19.635	19.635	
Kırılma anındaki yük $P_{max.}$ (kg.)	18500	16500	15000	
Basınç dayanımı $\sigma = \frac{P_{max.}}{A_0}$ (kg./cm. ²)	942.20	840.30	763.90	
Ortalama $\sigma_{ort.}$ (kg./cm. ²)	891.30			

(NOT : III. Nümunede kesit eksik olduğundan ortalama basınç mukavemeti;
I. ve II. nümunelerin basınç mukavemeti değerlerinin ortalaması
alınarak bulunmuştur.)

AŞINMA DENEYİ

Nümunenin geldiği yer	KARAOĞMAN	ESENKENT	ZİLE	TURHAL	SARIOĞLAN
Aşınma deneyindeki nümune sınıfı	E	F	E	E	F
Toplam kuru nümune ağırlığı W_k (gr.)	9980	10080	10020	10000	9970
200 devir sonundaki					
1.70 mm. elek üzerinde kalan toplam kuru nümune ağırlığı W_{kA} (gr.)	9020	9180	9220	9190	9030
Aşınma miktarı $W_A = W_k - W_{kA}$	960	900	800	810	940
Aşınma kaybı (%) $= \frac{W_A}{W_k} \times 100$	9.62	8.93	7.98	8.10	9.43
1000 devir sonundaki					
1.70 mm. elek üzerinde kalan toplam kuru nümune ağırlığı W_{kA} (gr.)	6850	6660	7190	7160	6680
Aşınma miktarı $W_A = W_k - W_{kA}$	3130	3420	2830	2840	3290
Aşınma kaybı (%) $= \frac{W_A}{W_k} \times 100$	31.36	33.93	28.24	28.40	33.00
Üniform sertlik oranı $= \frac{\text{Aşınma kaybı (200 devir)}}{\text{Aşınma kaybı (1000 devir)}}$	0.31	0.26	0.28	0.29	0.29
Nümunenin sertliğinin dağılımı	ÜNİFORM DEĞİL	ÜNİFORM DEĞİL	ÜNİFORM DEĞİL	ÜNİFORM DEĞİL	ÜNİFORM DEĞİL
Toplam aşınma kaybı (%)	31.36	33.93	28.24	28.40	33.00

DONMA DENEYİ

Nümunenin geldiği yer			ESENKENT	TURHAL	KARAOSMAN	SARIOĞLAN
Toplam kuru nümune ağırlığı W_k (gr.)			6606.00	6597.00	6536.00	6546.00
DANE BOYU 63mm.-37.5 mm. ARASINDAKİ MALZEME	İçindekiler	63 mm.- 50 mm. arası malzeme miktarı (gr.)	3027.00	2998.00	2992.00	3038.00
		50 mm.- 37.5 mm. arası malzeme miktarı (gr.)	2076.00	1992.00	1986.00	2018.00
	Toplam malzeme W_1 (gr.)		5103.00	4990.00	4978.00	5056.00
	Toplam nümune içindeki miktarı $k_1 = \frac{W_1}{W_k}$		0.77	0.76	0.76	0.77
	Donma deneyi sonunda 31.5 mm.'lik elek üzerinde kalan malzeme miktarı W'_1 (gr.)		4680.00	4910.00	4890.00	4950.00
	Ağırlık kaybı $W_{1d} = W_1 - W'_1$ (gr.)		423.00	80.00	88.00	106.00
	Donma kaybı $D_1 = \frac{W_{1d}}{W_1} \times 100$ (%)		8.30	1.60	1.80	2.10
	DANE BOYU 37.5 mm.- 19 mm. ARASINDAKİ MALZEME	İçindekiler	37.5 mm.- 25 mm. arası malzeme miktarı (gr.)	995.00	1026.00	1008.00
25 mm.- 19 mm. arası malzeme miktarı (gr.)			508.00	581.00	550.00	584.00
Toplam malzeme W_2 (gr.)		1503.00	1607.00	1558.00	1490.00	
Toplam nümune içindeki miktarı $k_2 = \frac{W_2}{W_k}$		0.23	0.24	0.24	0.23	
Donma deneyi sonunda 16 mm. lik elek üzerinde kalan malzeme miktarı W'_2 (gr.)		1378.00	1586.00	1530.00	1455.00	
Ağırlık kaybı $W_{2d} = W_2 - W'_2$ (gr.)		125.00	21.00	28.00	35.00	
Donma kaybı $D_2 = \frac{W_{2d}}{W_2} \times 100$ (%)		8.30	1.30	1.80	2.30	
DONMA KAYBI $D = k_1 \times D_1 + k_2 \times D_2$ (%)			8.30	1.50	1.80	2.10

DENEY SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

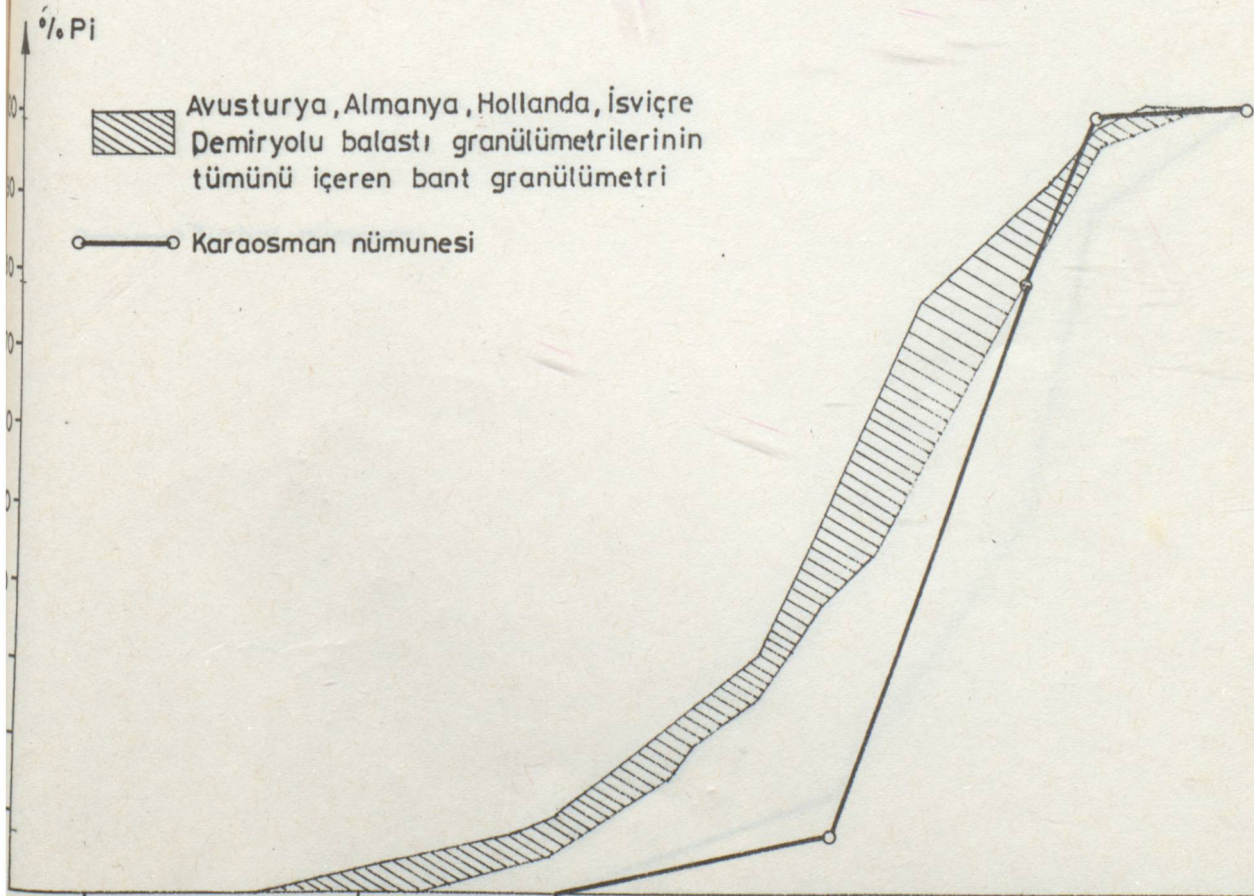
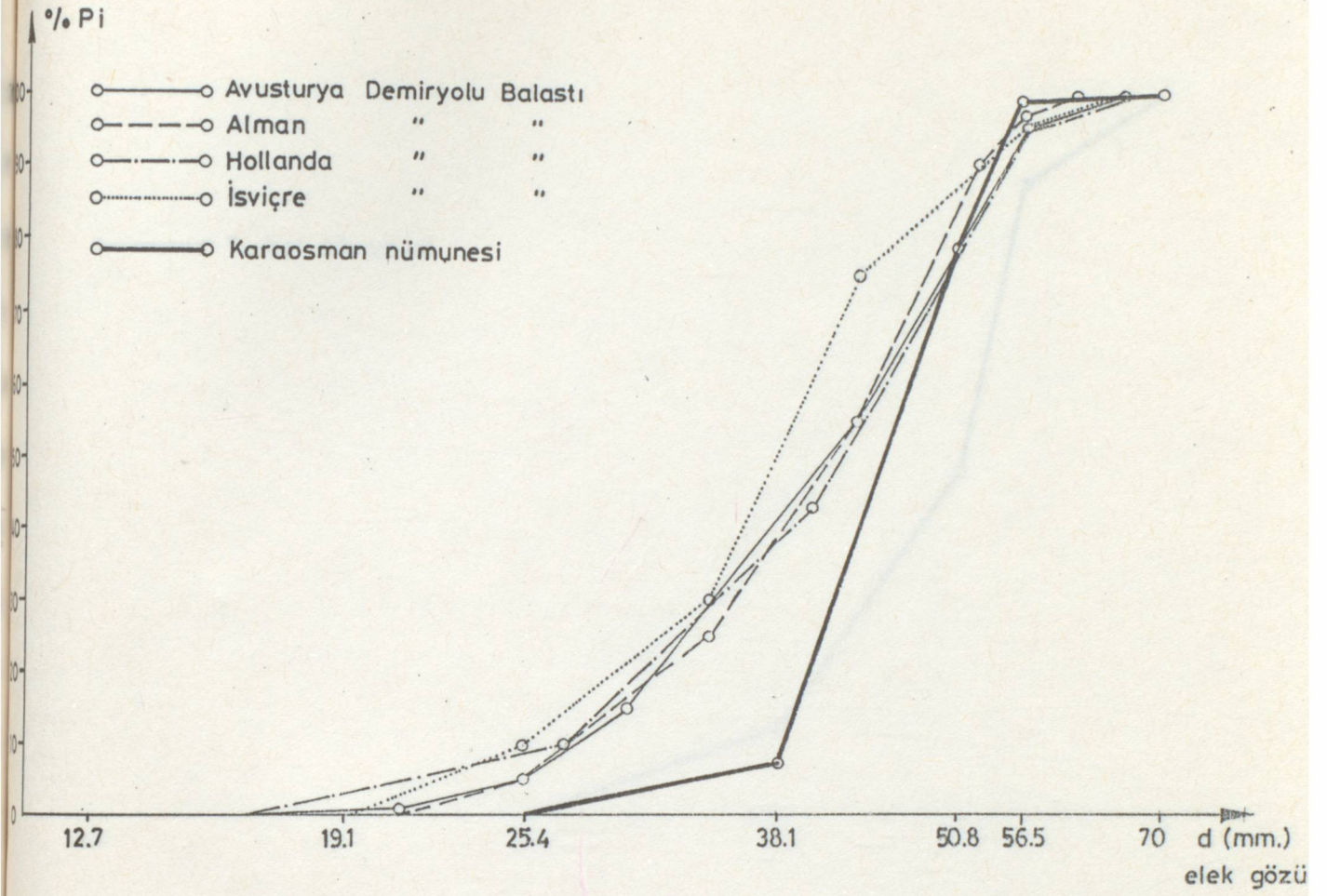
(Tablo : 4.4)

YAPILAN DENEYLER	NÜMUNENİN GELDİĞİ YER					T.C.D.D. BALAST ŞARTNAMESİ	TS 2513 SINIR DEĞERLERİ
	KARAOSMAN	TURHAL	ESENKENT	SARIOĞLAN	ZİLE		
KURU BİRİM HACİM AĞIRLIĞI (gr./cm. ³)	2.68	2.72	2.31	2.67	2.68	2.55-2.85	—
ÖZGÜL AĞIRLIK (gr./cm. ³)	2.72	2.76	2.63	2.71	2.70	2.62-2.90	2.55'den büyük
GÖZENEKLİLİK (POROZİTE) ORANI (%)	1.47	1.45	12.17	1.48	0.74	0.40-2.00	—
SU EMME (AĞIRLIKÇA) (%)	0.23	0.13	5.98	0.21	0.26	0.20-0.60	1.80'den küçük
SU EMME (HACİMCE) (%)	0.63	0.35	13.30	0.57	0.68	0.40-1.80	—
DONMA DENEYİ (%)	1.80	1.50	8.30	2.10	—	—	5'den küçük
LOS ANGELES AŞINMA DENEYİ (%)	31.36	28.40	33.93	33.00	28.24	—	—
BASINÇ DAYANIMI DENEYİ (kg./cm. ²)	881.10	—	859.40	891.30	—	800-1800	1200'den büyük

(NOT : Los Angeles aşınma deneyi ile ilgili sınır değer T.C.D.D. Balast Şartnamesi'nde ve TS 2513'de bulunmamaktadır. Bu nedenle değerlendirme yapabilmek için Norveç Demiryollarında Los Angeles aşınma deneyi ile ilgili değerler dikkate alınmıştır.)

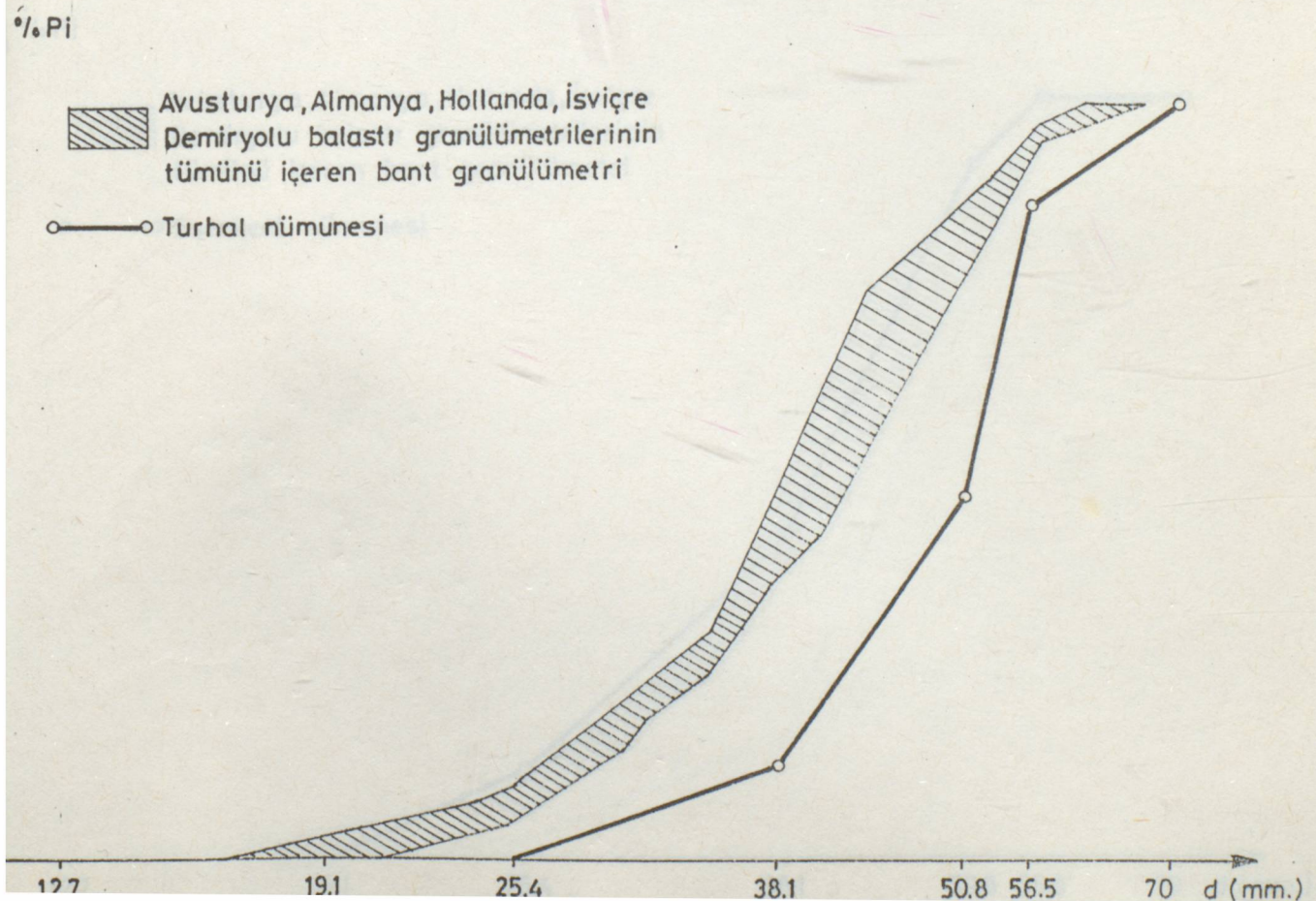
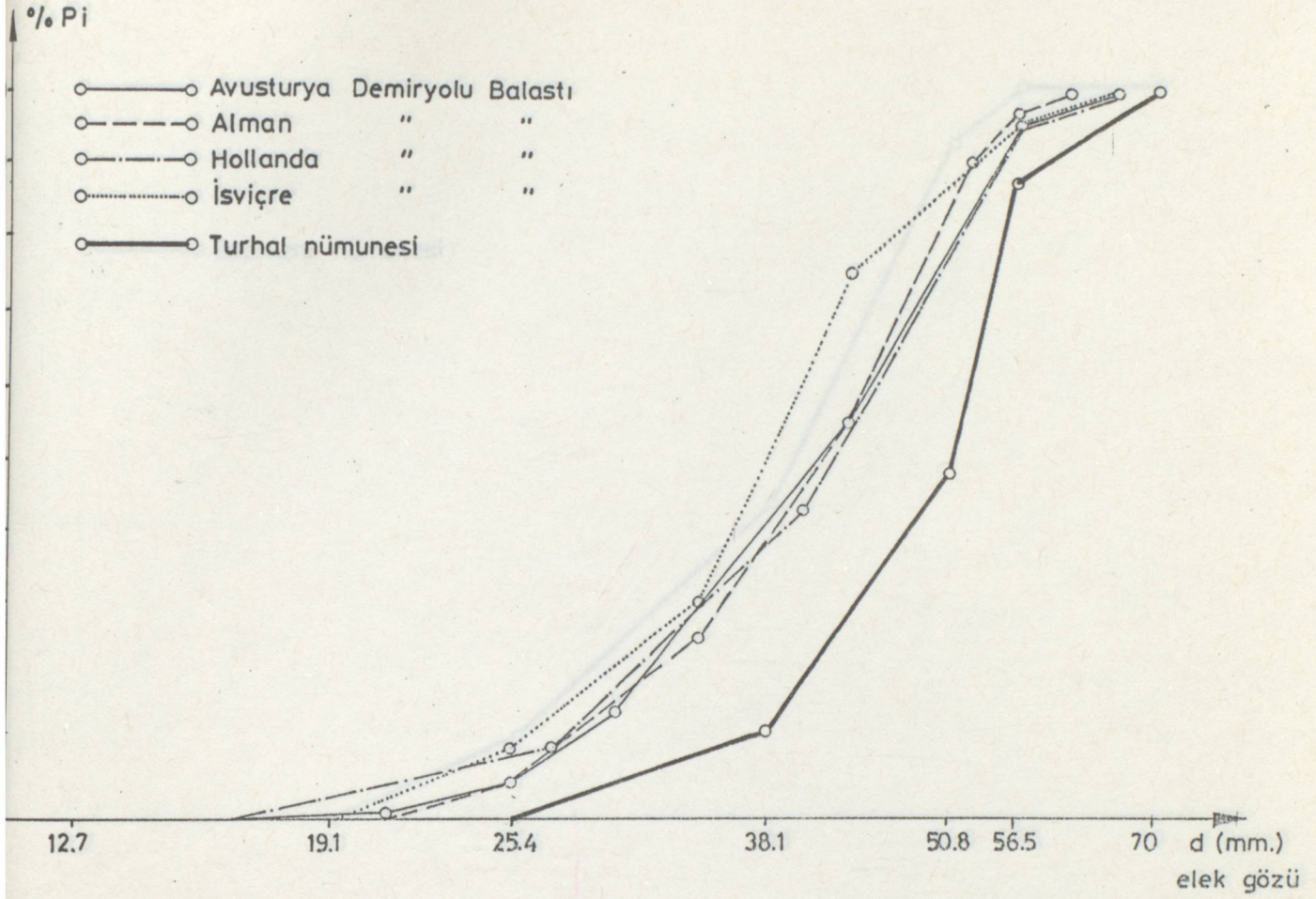
TANE BOYUTLARI	60 mm.-50 mm.	50 mm.-40 mm.	40 mm.-30 mm.	30 mm.-20 mm.	KALİTESİ
AŞINMA YÜZDESİ (%)	23.5 'dan küçük	26 'dan küçük	34.5 'dan küçük	46.5 'dan küçük	KÖTÜ
	19 'dan küçük	21 'den küçük	28 'den küçük	37 'den küçük	ORTA
	14.5 'dan küçük	16.5 'dan küçük	21 'den küçük	27 'den küçük	İYİ
	9.5 'dan küçük	11 'den küçük	14 'den küçük	18 'den küçük	ÇOK İYİ

KARAOŞMAN NÜMUNESİ ORTALAMA GRANÜLOMETRİ EĞRİSİNİN BAZI ÜLKELERİN DEMİRYOLU BALASTI GRANÜLOMETRİ EĞRİLERİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI :

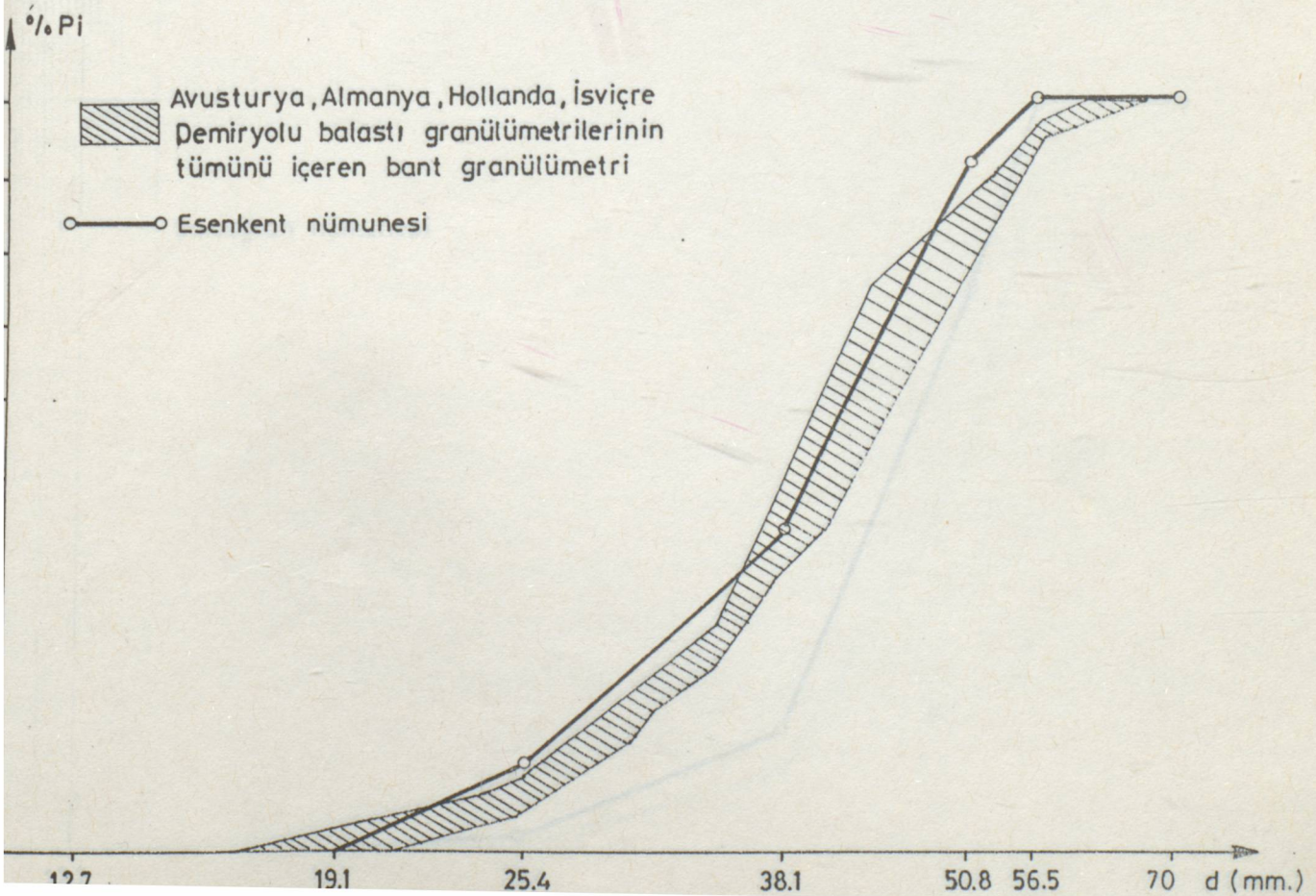
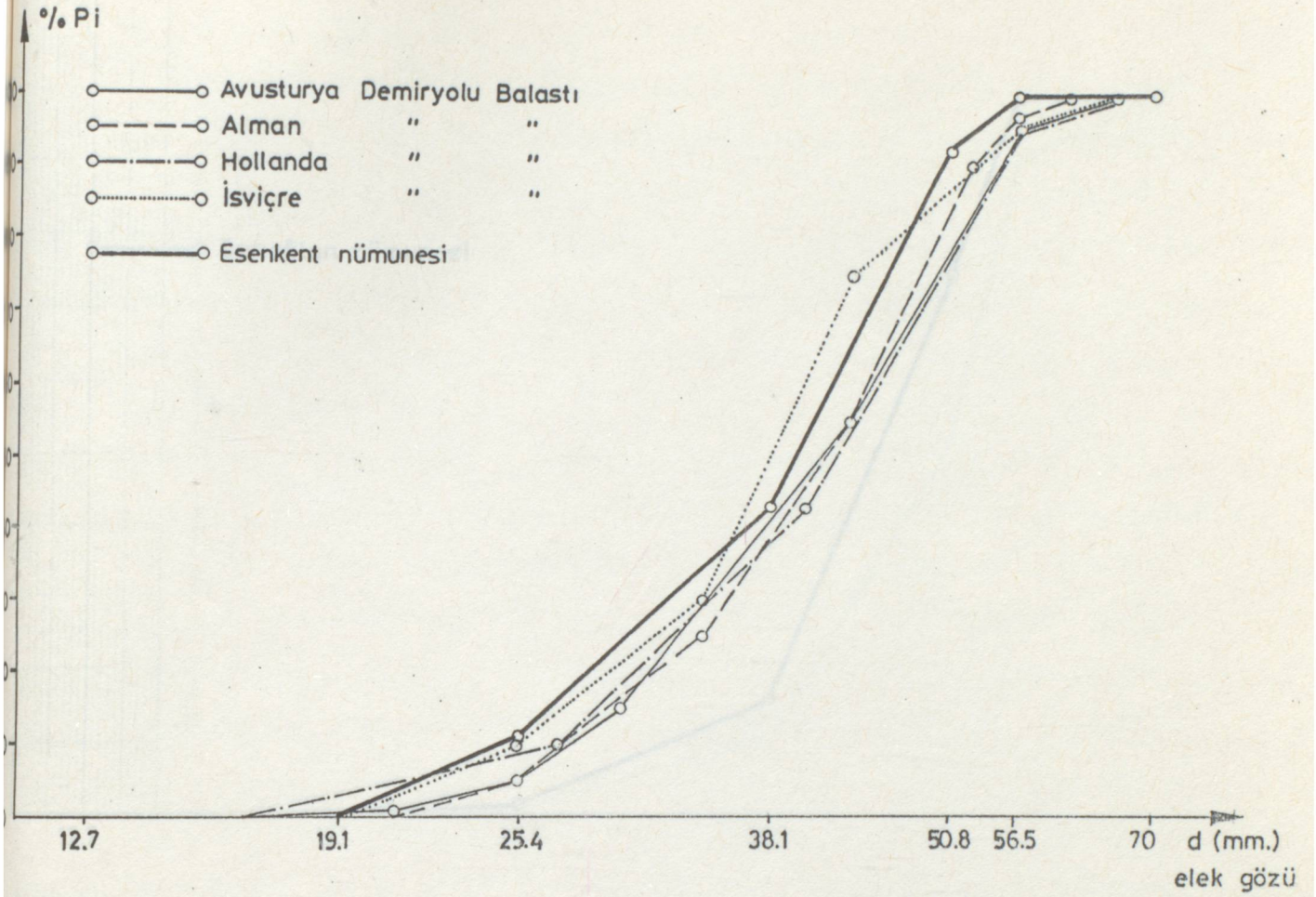


73

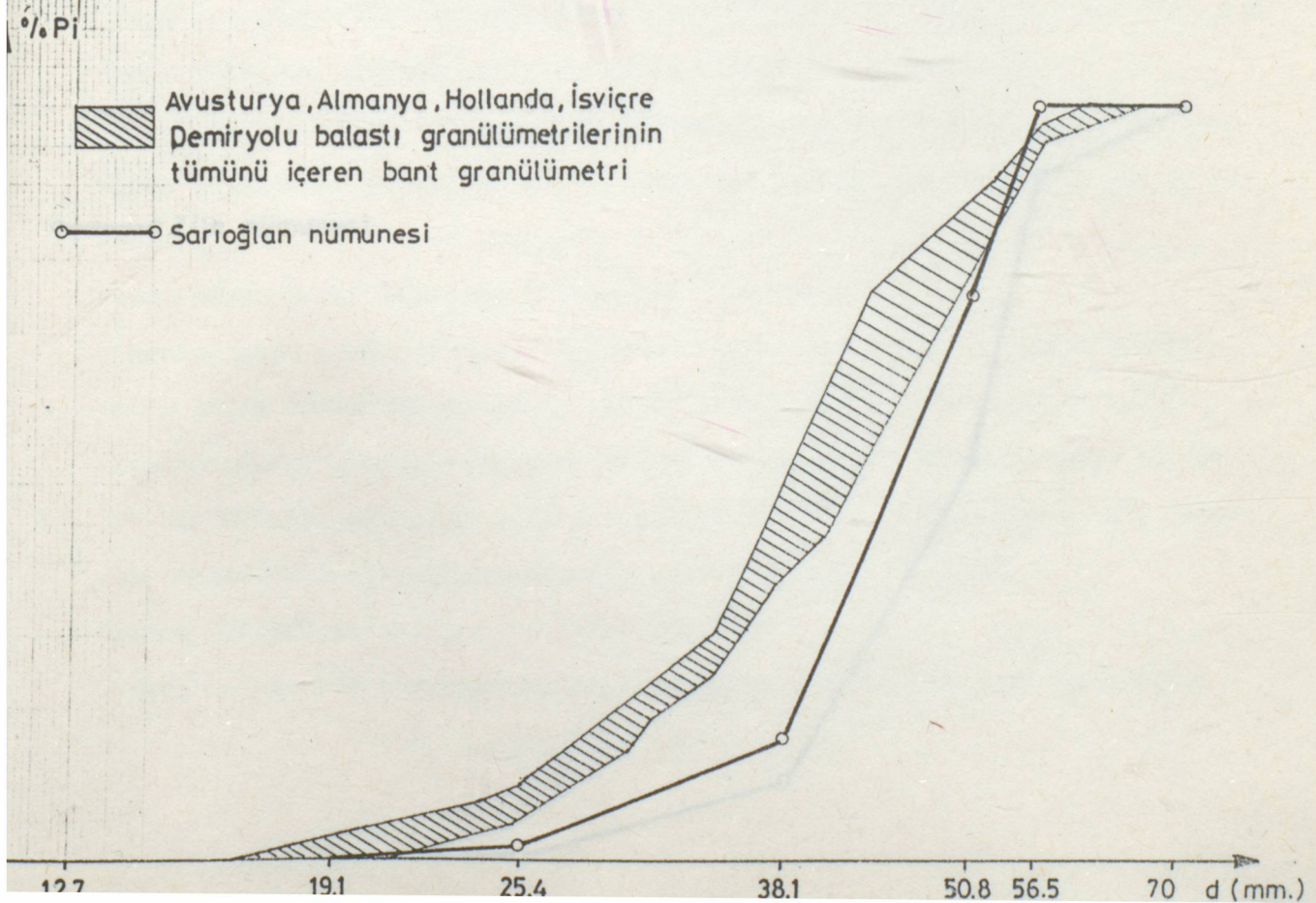
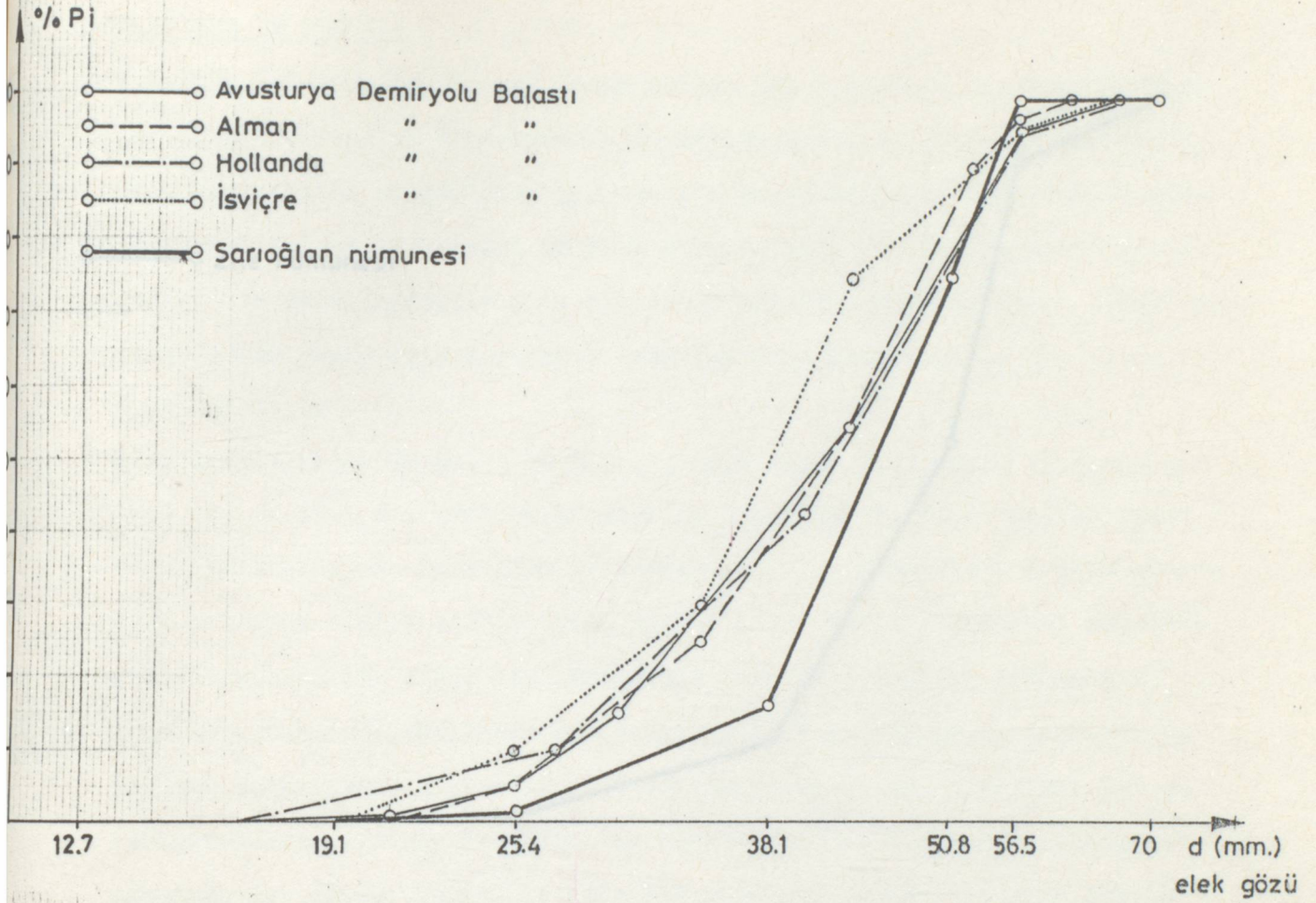
TURHAL NÜMUNESİ ORTALAMA GRANÜLOMETRİ EĞRİSİNİN BAZI ÜLKELERİN DEMİRYOLU
BALASTI GRANÜLOMETRİ EĞRİLERİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI :



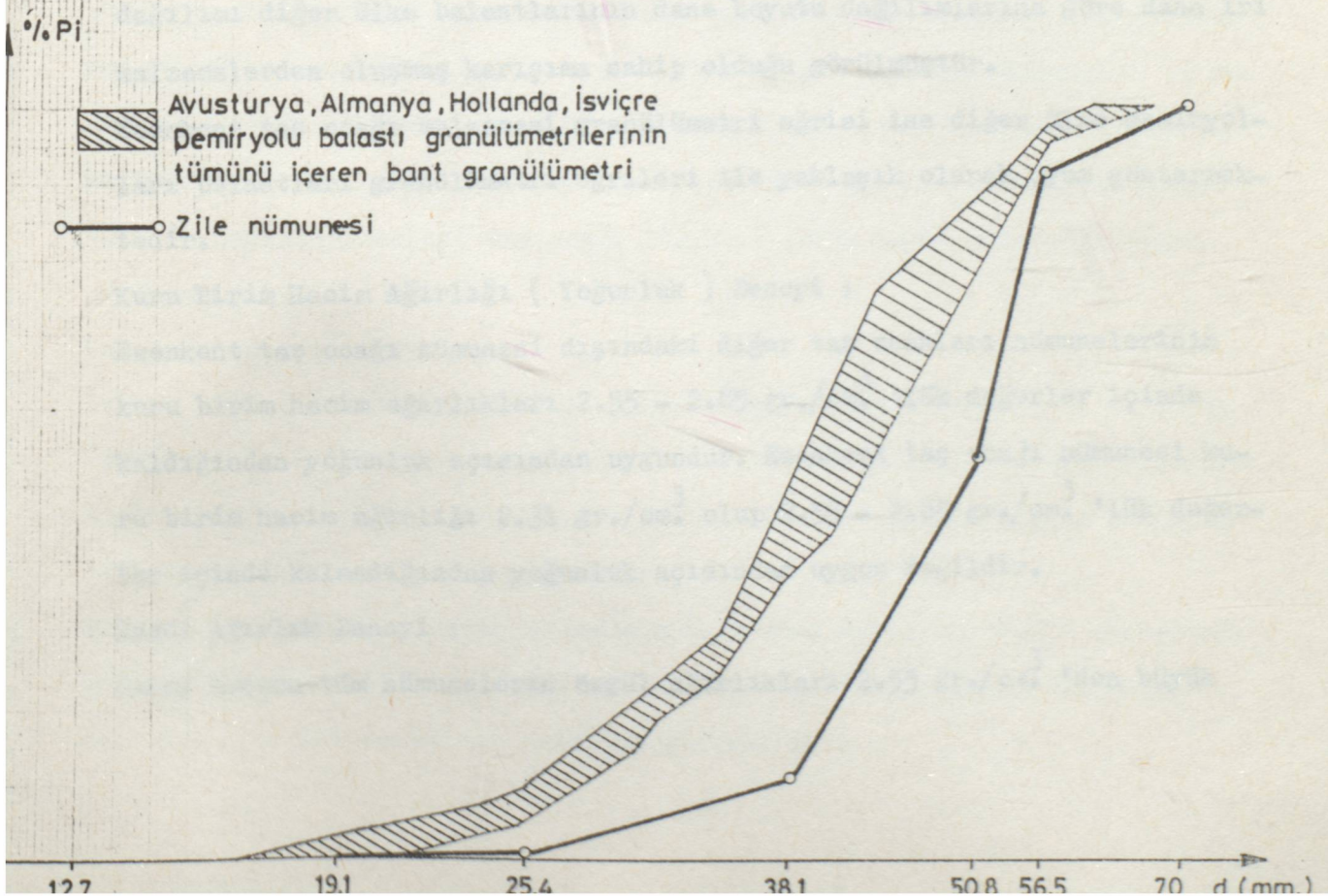
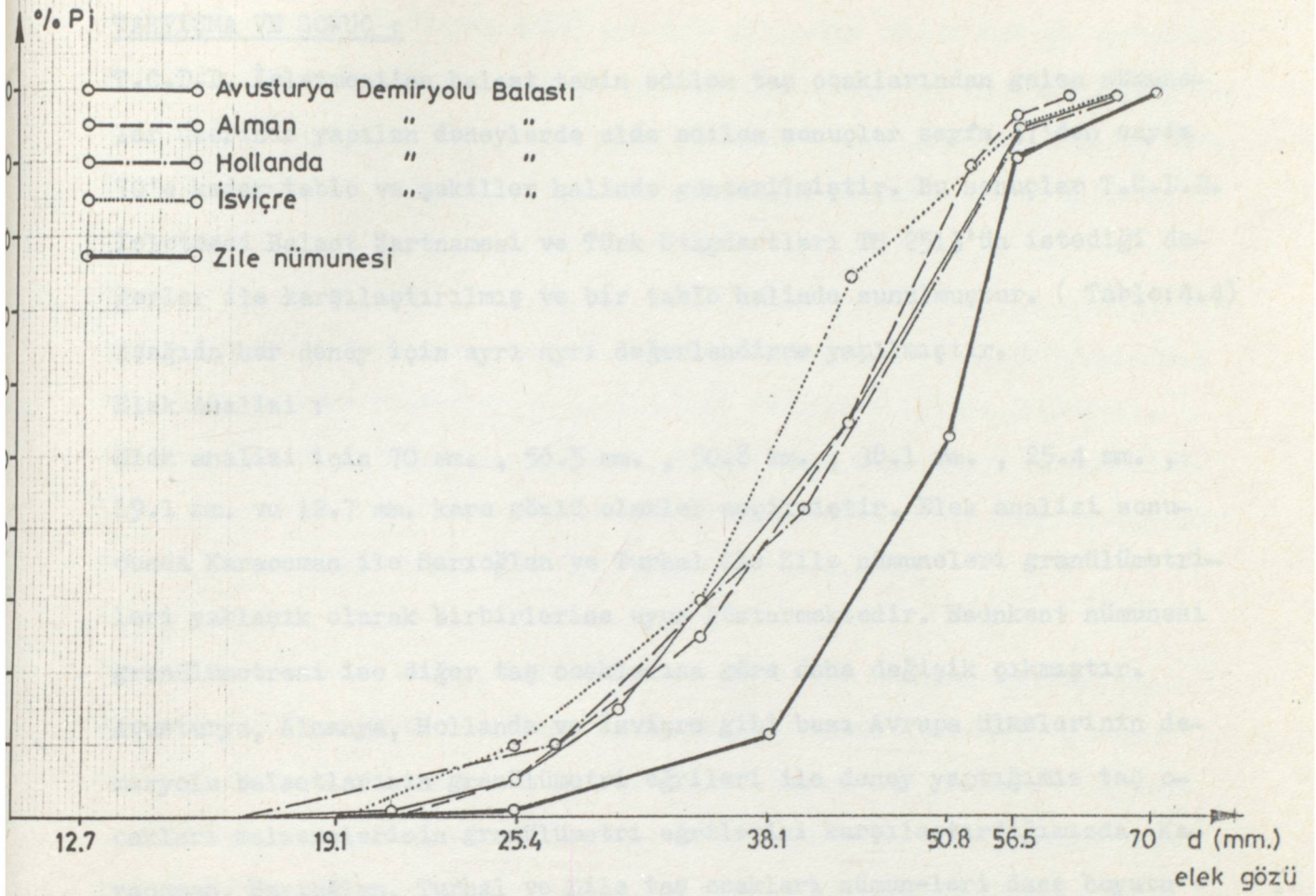
ESENKENT NÜMUNESİ ORTALAMA GRANÜLÜMETRİ EĞRİSİNİN BAZI ÜLKELERİN DEMİRYOLU BALASTI GRANÜLÜMETRİ EĞRİLERİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI :



SARIOĞLAN NÜMUNESİ ORTALAMA GRANÜLÜMETRİ EĞRİSİNİN BAZI ÜLKELERİN DEMİRYOLU BALASTI GRANÜLÜMETRİ EĞRİLERİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI :



ZİLE NÜMUNESİ ORTALAMA GRANÜLÜMETRİ EĞRİSİNİN BAZI ÜLKELERİN DEMİRYOLU
BALASTI GRANÜLÜMETRİ EĞRİLERİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI :



TARTIŞMA VE SONUÇ :

T.C.D.D. İşletmesi'ne balast temin edilen taş ocaklarından gelen nümuneler üzerinde yapılan deneylerde elde edilen sonuçlar sayfa 47'den sayfa 70'e kadar tablo ve şekiller halinde gösterilmiştir. Bu sonuçlar T.C.D.D. İşletmesi Balast Şartnamesi ve Türk Standartları TS 2513'ün istediği değerler ile karşılaştırılmış ve bir tablo halinde sunulmuştur. (Tablo:4.4) Aşağıda her deney için ayrı ayrı değerlendirme yapılmıştır.

Elek Analizi :

Elek analizi için 70 mm. , 56.5 mm. , 50.8 mm. , 38.1 mm. , 25.4 mm. , 19.1 mm. ve 12.7 mm. kare gözlü elekler seçilmiştir. Elek analizi sonucunda Karaosman ile Sarıoğlan ve Turhal ile Zile nümuneleri granülümetri-leri yaklaşık olarak birbirlerine uyum göstermektedir. Esenkent nümunesi granülümetresi ise diğer taş ocaklarına göre daha değişik çıkmıştır.

Avusturya, Almanya, Hollanda ve İsviçre gibi bazı Avrupa ülkelerinin demiryolu balastlarının granülümetri eğrileri ile deney yaptığımız taş ocakları malzemelerinin granülümetri eğrilerini karşılaştırdığımızda, Karaosman, Sarıoğlan, Turhal ve Zile taş ocakları nümuneleri dane boyutu dağılımı diğer ülke balastlarının dane boyutu dağılımlarına göre daha iri malzemelerden oluşmuş karışıma sahip olduğu görülmüştür.

Esenkent taş ocağı malzemesi granülümetri eğrisi ise diğer ülke demiryolları balastları granülümetri eğrileri ile yaklaşık olarak uyum göstermektedir.

Kuru Birim Hacim Ağırlığı (Yoğunluk) Deneyi :

Esenkent taş ocağı nümunesi dışındaki diğer taş ocakları nümunelerinin kuru birim hacim ağırlıkları $2.55 - 2.85 \text{ gr./cm}^3$ 'lük değerler içinde kaldığından yoğunluk açısından uygundur. Esenkent taş ocağı nümunesi kuru birim hacim ağırlığı 2.31 gr./cm^3 olup $2.55 - 2.85 \text{ gr./cm}^3$ 'lük değerler içinde kalmadığından yoğunluk açısından uygun değildir.

Özgül Ağırlık Deneyi :

Deney sonucu tüm nümunelerin özgül ağırlıkları 2.55 gr./cm^3 'den büyük

değerler elde edildiğinden özgül ağırlık açısından tüm numuneler uygundur. Porozite oranı Esenkent taş ocağı numunesi dışındaki tüm taş ocakları numuneleri için uygundur. Esenkent taş ocağı numunesinin porozite oranı % 12.17 olup % 0.4 - 2.00 değerleri dışında kaldığından porozite oranı açısından uygun değildir.

Su Emme Deneyi :

Deney sonucunda Karaosman, Turhal, Zile ve Sarıoğlan taş ocağı numuneleri ağırlıkça su emme miktarları % 0.20 - 0.60 değerleri içinde çıkmıştır. Esenkent taş ocağı numunesinin boşluk oranı fazla olduğundan su emmesi de fazla olup sınır değerlerin dışına çıkmıştır. Esenkent taş ocağı numunesinin su emmesi (ağırlıkça) % 5.98 olup uygun değildir.

Donma Deneyi :

Donma deneyi sonucu en iyi değeri Turhal taş ocağı numunesi vermiştir. Karaosman ve Sarıoğlan taş ocağı numunelerinin donma kayıpları da sınır değerler altında kalmıştır. Boşluk oranı çok fazla olan Esenkent taş ocağı numunesi ise donma kaybı açısından sınır değerlerin epey üzerine çıkmıştır. Bunun da nedeni boşluk oranının fazla olmasıdır. Çünkü boşluklu kısımlar donma etkisi gösterecek deney çözeltisi ile donmuş, donma-çözülme işlemleri sırasında taşlarda aşırı iç basınç gerilmeleri oluşmuş ve bu nedenle taşlardan kopan parça miktarları da fazla olmuştur. Hatta taşlardan kuvvet harcamadan elle parçalar koparılabilir durumda olduğu görülmüştür. Bu nedenle Esenkent taş ocağı numunesi donma kaybı açısından uygun görülmemiştir.

Los Angeles Aşınma Deneyi :

Aşınma deneyi sonucu elde edilen değerlerin karşılaştırması ; T. C. D. D. İşletmesi Balast Şartnamesi ve Türk Standartları TS 2513 değerleri arasında Los Angeles aşınma deneyi sınır değerleri olmadığından Norveç Demiryolları sınır değerleri ile yapılmıştır.

Bu karşılaştırma sonucu tüm malzemelerin aşınma kayıpları fazla çıkmıştır. Yalnız Turhal ve Zile taş ocağı numuneleri diğerlerine göre daha az aşınmış olup orta kalite balast sınıfına girmektedir.

Basınç Deneyi :

Basınç dayanımı deneyi değerleri üç taş ocağı (Karaosman, Sarıoğlu ve Esenkent) nümunesi için de $850 - 900 \text{ Kg./cm}^2$ arasında çıkmıştır. Ancak Karaosman taş ocağı nümunesinin kesilen taşlarından ikisi tabakalı olduğundan basınç dayanımı değerleri 390 kg./cm^2 civarında çıkmıştır. Çıkan sonuç değerler malzemelerin basınç dayanımlarının orta seviyede olduğunu göstermiştir.

Darbe Deneyi :

Taş kesimi yapılamadığından darbe deneyi yapılamamıştır.

K A Y N A K L A R

- (1)- EREL, Aydın.- DÜŞEY DİNAMİK DİNGİL YÜKLERİ ALTINDAKİ DEMİRYOLU YAPISINDA, TABAN ZEMİNLERİNİN TAŞIMA GÜÇLERİNE BAĞLI OLARAK, MİNİMUM BALAST KALINLIĞININ HESAPLANMASI ,1978
- (2)- Çev. KUMBASAR, Feridun.- İNŞAAT TAŞLARINA AİT DEMEY VE KULLANILACAĞI YERLERE GÖRE DEĞERLENDİRME METODLARI FRANSIZ VE ALMAN DEMİRYOLLARININ BALAST ŞARTNAMESİ T.C.D.D. ,1970
- (3)- KEÇECİLER, A.F.- AKKOL, G.- GÜMRÜKÇÜOĞLU, A.- GÖKÇE, A.F.- BİTÜMLÜ MALZEMELER LABORATUVAR EL KİTABI T.C.K. , 1979
- (4)- TÜRK STANDARTLARI- DOĞAL YAPI TAŞLARI TS 2513 TSE , 1977
- (5)- ORE,- STRESSES IN THE RAILS, THE BALLAST AND IN THE FORMATION RESULTING FROM TRAFFIC LOADS D71, REPORT NO 7 , 1967



