

166371

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ANKARA – ESKİŞEHİR YENİ DEMİRYOLU HATTI  
ALT YAPISININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
İnşaat Müh. Tolga GÜRBÜZER  
(501021316)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 12 Eylül 2005  
Tezin Savunulduğu Tarih : 12 Eylül 2005**

**Tez Danışmanı :**

**Doç. Dr. Zübeyde ÖZTÜRK**

**Diğer Jüri Üyeleri**

**Prof. Dr. Güven ÖZTAŞ ( İ.T.Ü.)**

**Prof. Dr. Saadettin ÖZEN ( İ.Ü.)**

**EYLÜL 2005**

## ÖNSÖZ

Tüm dünyada demiryolunun yolcu ve yük taşımacılığındaki payı artmaktır. Bu nedenle Türkiye’de yoğun bir trafiğe sahip olan Ankara – İstanbul koridorunda inşaatı süren projenin ülkemiz adına çok büyük önemi vardır. Ülkemizde yıllardır önemsenmeyen demiryolları bu proje ile tekrar ilerleme sürecine girecektir.

Bu tezde demiryollarında uygulanması gereken altyapı esasları araştırılmıştır ve teknik şartnamelerin öne çıkan özellikleri irdelenmiştir.

Çalışmanın yürütülmesi ve yönlendirmesinde değerli katkılarını esirgemeyen Sayın Doç. Dr. Zübeyde ÖZTÜRK’ e teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmam sırasında yardımlarını esirgemeyen Alarko-Alsim firması Ankara – İstanbul Demiryolu İyileştirme Projesi kapsamında birlikte çalıştığımız mesai arkadaşlarıma da teşekkürü bir borç bilirim.

Eylül, 2005

Tolga GÜRBÜZER

## İÇİNDEKİLER

|                                                                      |      |
|----------------------------------------------------------------------|------|
| KISALTMALAR                                                          | v    |
| TABLO LİSTESİ                                                        | vi   |
| ŞEKİL LİSTESİ                                                        | vii  |
| SEMBOL LİSTESİ                                                       | viii |
| ÖZET                                                                 | ix   |
| SUMMARY                                                              | x    |
| <br>                                                                 |      |
| 1. GİRİŞ                                                             | 1    |
| 2. GEÇKİ TANITIMI VE GEOMETRİK ÖZELLİKLERİ                           | 2    |
| 2.1 Tip en kesit                                                     | 6    |
| 3. PROJE GEÇKİSİNİN BELİRLENMESİ                                     | 7    |
| 3.1 Alternatiflerin değerlendirilmesi                                | 8    |
| 3.2 Farklı geçki alternatiflerinin keşif özeti                       | 11   |
| 3.3 Bütçe özeti                                                      | 11   |
| 4. GEÇKİ JEOTEKNİK VE JEOLJİK İNCELENMESİ                            | 12   |
| 4.1 Coğrafi konum ve iklim                                           | 12   |
| 4.2 Proje Alanının Jeolojisi                                         | 18   |
| 4.3 Yeraltı Suyu Durumu                                              | 19   |
| 5. TOPRAK İŞLERİ TEKNİK ŞARTNAMESİ VE YAPIM KRİTERLERİ               | 20   |
| 5.1 Alt Yapı Tasarım Esasları                                        | 20   |
| 5.1.1 Alt Yapı Tabakaları                                            | 21   |
| 5.1.2 Teknik Şartnamelerin Karşılaştırılması                         | 23   |
| 5.2 UIC ile KGM Şartnamelerinin Uygulama Kriterlerin Karşılaştırması | 31   |
| 5.3 Yarmalar                                                         | 32   |
| 5.3.1 Kohezyonsuz Zeminlerde Yarmalar ( Kumlar )                     | 34   |

|                                                          |           |
|----------------------------------------------------------|-----------|
| 5.3.2 Kohezyonlu Zeminlerdeki Yarmalar ( Silt ve Killer) | 35        |
| 5.3.3 Kaya Yarmalar                                      | 35        |
| 5.3.4 Su Sızıntısı Olan Yarma Bölgeleri                  | 36        |
| 5.3.5 Yarma Tabanları                                    | 36        |
| <b>5.4 Dolgular</b>                                      | <b>37</b> |
| 5.4.1 Dolgu Malzemeleri                                  | 37        |
| 5.4.2 Ödünç sahaları ( Ariyet ocakları )                 | 39        |
| 5.4.3 Dolgu Tabanının Hazırlanması                       | 39        |
| 5.4.4 Gevşek Zeminler                                    | 40        |
| 5.4.5 Sıkıştırma kriterleri                              | 43        |
| 5.4.6 Yaklaşım dolguları                                 | 45        |
| 5.4.7 Dolgu şevleri                                      | 46        |
| 5.4.8 Oturmalar                                          | 47        |
| 5.4.9 Zayıf Tabanın İyileştirilmesi                      | 49        |
| 5.4.10 Altyapının yorulma Davranışı                      | 51        |
| 5.4.11 Dona dayanıklılık                                 | 51        |
| 5.4.12 Drenaj                                            | 52        |
| <b>5.5 Sanat yapıları</b>                                | <b>52</b> |
| <b>6. DEPREMSELLİK</b>                                   | <b>55</b> |
| <b>7. SONUÇLAR VE TARTIŞMA</b>                           | <b>59</b> |
| <b>KAYNAKLAR</b>                                         | <b>60</b> |
| <b>EKLER</b>                                             | <b>61</b> |
| <b>ÖZGEÇMİŞ</b>                                          | <b>80</b> |

## KISALTMALAR

|                |                                                                                           |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>AREMA</b>   | : Amerikan Demiryolları Birliği                                                           |
| <b>KGM</b>     | : Karayolları Genel M¼d¼rl¼ę¼ Yollar Fenni Şartnamesi                                     |
| <b>KGM-DH</b>  | : KGM Danışmanlık Hizmetlerine Ait Araştırma M¼hendislik Hizmetleri Teknik Şartnamesi     |
| <b>KGM-MW</b>  | : KGM Otoyol İnşaatı Şartnamesi                                                           |
| <b>KGM-SDG</b> | : KGM Şev Projelendirme Rehberi                                                           |
| <b>TCDD</b>    | : T¼rkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları                                                 |
| <b>UIC</b>     | : Uluslararası Demiryolları Birliği                                                       |
| <b>WMP</b>     | : Washington B¼y¼kşehir Ulaşım Otoritesi -Washington Metropolitan Area Transit Authority. |

## TABLO LİSTESİ

|                   | <u>Sayfa No</u>                                                                        |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Tablo 2.1</b>  | Hatta kullanılması öngörülen karma trenlerin özellikleri.....2                         |
| <b>Tablo 2.2</b>  | Dever sınır değerleri.....3                                                            |
| <b>Tablo 2.3</b>  | Eksik dever uygulama tablosu.....4                                                     |
| <b>Tablo 2.4</b>  | Dever değerinin zamana bağlı değişim oranı.....5                                       |
| <b>Tablo 2.5</b>  | Deverin uzunluğa bağlı değişim oranı.....5                                             |
| <b>Tablo 2.6</b>  | Düşey kurp yarıçap tablosu.....5                                                       |
| <b>Tablo 3.1</b>  | Polatlı alternatiflerinin tünel uzunlukları..... 10                                    |
| <b>Tablo 3.2</b>  | Alternatiflerin olasılıkları.....10                                                    |
| <b>Tablo 3.3</b>  | Alternatiflerin keşif özeti..... 11                                                    |
| <b>Tablo 3.4</b>  | Sanat yapıları..... 11                                                                 |
| <b>Tablo 5.1</b>  | Alt balast malzemesi fiziksel özellikleri.....22                                       |
| <b>Tablo 5.2</b>  | Alt balast malzemesi dane dağılımı (UIC).....22                                        |
| <b>Tablo 5.3</b>  | UIC 719.R ye göre zemin sınıflandırması..... 24                                        |
| <b>Tablo 5.4</b>  | AASHTO Zemin Gruplarının CBR değerleri.....25                                          |
| <b>Tablo 5.5</b>  | AASHTO ve UIC Zemin Gruplarının Karşılaştırması..... 26                                |
| <b>Tablo 5.6</b>  | Alt temel tabakasının minimum kalınlık ve kalitesinin tespiti.....27                   |
| <b>Tablo 5.7</b>  | Alt-balast + Balast kalınlığı hesaplama tablosu.....29                                 |
| <b>Tablo 5.8</b>  | UIC standartlarına göre demiryolu hatlarının sınıflandırılması.....30                  |
| <b>Tablo 5.9</b>  | KGM ve UIC Kriterlerinin karşılaştırması.....32                                        |
| <b>Tablo 5.10</b> | Şev stabile analiz tablosu.....35                                                      |
| <b>Tablo 5.11</b> | KGM – SDM şartnamesinde verilen kaya zeminli yarmalar için şev eğimleri..... 36        |
| <b>Tablo 5.12</b> | KGM şartnamesine göre yarma tabanının sahip olması gereken fiziksel özellikler..... 37 |
| <b>Tablo 5.13</b> | Yol tabanı yapımında kullanılan malzemelerin fiziksel özellikleri.....39               |
| <b>Tablo 5.14</b> | Serbestçe drene olur malzeme özellikleri (KGM - DH).....42                             |
| <b>Tablo 5.15</b> | Granüller malzemeli dolgular için güvenli şev eğimleri..... 47                         |
| <b>Tablo 5.16</b> | Kohezyonlu malzemeli dolgular için güvenli şev eğimleri..... 47                        |
| <b>Tablo 5.17</b> | Zayıf zeminlerde travers altında uygulanacak granüler tabaka kalınlıkları.....50       |
| <b>Tablo 5.18</b> | Dona dayanıklı malzeme özellikleri..... 52                                             |
| <b>Tablo 5.19</b> | Sanat yapıları giriş kalınlıkları.....54                                               |

## ŞEKİL LİSTESİ

|                                                                                                                                           | <u>Sayfa No</u> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Şekil 3.1 : Alternatif geçki şeması.....                                                                                                  | 8               |
| Şekil 4.1 : Eskişehir İlinin Fiziki Haritası.....                                                                                         | 14              |
| Şekil 4.2 : Eskişehir'in İklim Verileri.....                                                                                              | 16              |
| Şekil 4.3 : Ankara İlinin Fiziki Haritası.....                                                                                            | 17              |
| Şekil 4.4 : Ankara'nın İklim Verileri.....                                                                                                | 18              |
| Şekil 5.1 : Demiryolu Alt Yapı Tabakaları.....                                                                                            | 21              |
| Şekil 5.2 : UIC' ye göre balastlı hatların katmanları.....                                                                                | 26              |
| Şekil 5.4 : Balast + Alt-balast kalınlığı ( e ) çizimi.....                                                                               | 28              |
| Şekil 5.5 : Yarmalarda palye uygulaması.....                                                                                              | 33              |
| Şekil 5.6 : Palye uygulaması yapımını gösteren saha fotoğrafı. ( Km 375+800<br>Beylikova kesimi 26-09-2004).....                          | 34              |
| Şekil 5.7 : Çardakbaşı ( Km 365+350 ) bölgesinde ağaç kökleri bulunan dolgu<br>zeminin değiştirilmesine dair fotoğraf. (20-10-2004 )..... | 40              |
| Şekil 5.8 : Yeraltı su seviyesinin yüzeye yakın geçtiği Çavlum bölgesinden saha<br>fotoğrafı (Km:332+500 ).....                           | 41              |
| Şekil 5.9 : Kazı Sonrası dolgu tabanında göllenme olması durumundaki inşaat<br>yöntemi.....                                               | 42              |
| Şekil 5.10 : Gevşek Dolgu tabanında inşaat yöntemi.....                                                                                   | 43              |
| Şekil 5.11 : Çavlum bölgesinde yapılan ıslah çalışmalarından bir fotoğraf.....                                                            | 43              |
| Şekil 5.12 : Kum konisi metodu ile sıkışma oranı tayini.....                                                                              | 45              |
| Şekil 5.13 : Oturma plakasının dolgu gövdesine yerleştirilmesi. ( Km 440+020<br>Sazılar mevki 09-03-2005 ).....                           | 49              |
| Şekil 6.1 : Deprem haritası.....                                                                                                          | 55              |
| Şekil 6.2 : Eskişehir Deprem Bölgeleri Haritası.....                                                                                      | 56              |
| Şekil 6.3 : Ankara Deprem Bölgeleri Haritası.....                                                                                         | 58              |

## SEMBOL LİSTESİ

- Cc** : Eğrilik katsayısı: tane boyu dağılım eğrisinde, zeminin %10, %30, %60'ına karşılık gelen çaplara bağlı olarak hesaplanan bir katsayıdır.
- CBR** : California Taşıma Gücü.
- Cu** : (Uniformluk eş şekillilik) katsayısı: tane boyu dağılım eğrisinde, zeminin %10, ve %60'ına karşılık gelen çaplara bağlı olarak hesaplanan bir katsayıdır.
- D** : Dever.
- E** : Fazla Dever.
- Ev1** : Plaka yükleme birincil yükleme fazındaki deformasyon modülü.
- Ev2** : Plaka yükleme ikinci yükleme fazındaki deformasyon modülü.
- I** : Eksik Dever.
- LA** : LosAngels aşınma deneyi.
- MBE** : MicroDeval Aşınma deneyi.
- LL** : Likit limit: bir zeminin kendi ağırlığı altında aka bilmesi için gerekli olan su içeriği olup likit limit deneyi ile tespit edilir.
- PL** : Plastisite indeksi: bir zeminin likit limiti ve plastik limiti arasındaki sayısal farktır.

## ANKARA – ESKİŞEHİR YENİ DEMİRYOLU HATTI ALT YAPISININ DEĞERLENDİRİLMESİ

### ÖZET

Ülke içi ulaşımında ulaşım talebinin en yoğun olduğu bir kesimde, daha güvenli, ekonomik ve daha az dışa bağımlı bir taşımacılık olan demiryolu taşımacılığının payının artırılması amacı ile mevcut Ankara-İstanbul demiryolu hattının, iyileştirilerek yüksek taşıma kapasiteli çift hatlı bir sisteme dönüştürülmesi çalışmaları çerçevesinde 2000 yılında İnönü (Eskişehir) – Esenkent (Ankara) kesimi için yapım ihalesi gerçekleştirilmiş, yapım işlerini ALARKO/OHL/G&O Ortak girişimi üstlenmiştir.

Bu tez çalışmasında, bu projeye ait geçki projelendirme ve alt yapı işleri yapım kriterlerini tanımlıyor olmakla birlikte bu projede kullanılan farklı standartların karşılaştırması yapılmaktadır. TCDD Demiryolu alt yapı şartnamesi alt yapı işleri yapım esasları Kara yolları Yollar Fenni Şartnamesi'ne göre hazırlanmıştır. Yollar fenni şartnamesine göre demiryolu inşaatı yapılması beraberinde bazı zorluklar ve karışıklıklar getirmektedir. Avrupa ülkelerinin çoğunun benimsediği UIC ( Uluslararası Demiryolları Birliği ) 719-R sayılı şartnamesinde demiryollarında kullanılacak altyapı işleri esasları bulunmaktadır. Bu iki şartnamenin detaylı karşılaştırmasının yapılarak karışıklıklara engel olmak bu tezin hedeflerindendir.

Hat geometrisi kriterleri Bölüm 2'de verilmektedir. Hat geometrisi kriterlerinin belirlenmesi ile hattın karakteristiği ortaya çıkartılması hedeflenmiş, bu sayede yapılacak değerlendirmelerin tutarlı olmasına çalışılmıştır.

Bölüm 3'te proje geçki araştırmaları sırasında yapılan çalışmalar, geçki alternatiflerinin ekonomik ve sosyal değerlendirmesi yapılarak geçki hakkında bilgi verilmek istenmiştir.

Ek-1A ve Ek-1B'de projenin nihai geçkisi gösterilmiştir.

Kesin geçkinin tespitinden sonra hattın geçtiği bölgelerde yapılan jeolojik ve jeoteknik incelemeler ve değerlendirmesi Bölüm 4'te yapılmıştır. Bu bölümde jeolojik incelemelere derinlemesine girilmemiştir. Genel olarak elde edilen sonuçlardan bahsedilerek geçilmiştir.

Demiryolu altyapısı ile ilgili teknik şartnameler incelenerek bu projede kullanılan toprak işleri yapım esasları karşılaştırmalı olarak Bölüm 5'te verilmiştir. Toprak işleri ile ilgili tüm konular sırası ile ele alınarak şartnameler arasındaki farklılıklar ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Bölüm 6 de ise geçkinin deprem yönünden incelemesi yapılmıştır.

## **THE EVALUATION OF EARTHWORKS OF ANKARA – ESKİŞEHİR NEW RAILWAY**

### **SUMMARY**

On the section where the transportation demand is so high, improve the rate of the railway transportation so avoid the use transportation that is needed out supply and also have more economic and safety way for way between Ankara and Istanbul the tender was done for between Ankara and Eskisehir on 2000. the tender was taken by ALARKO/OHL/G&O Joint venture.

This thesis tries describing this project alignment design and soil works, earthworks of this project infrastructure; also comparing the criteria of soil works of railways specifications. The TCDD infrastructure specification is issued by regarding the KGM Road Infrastructure Specification. The constriction of railway track bed with road specification is taking some difficulties and confusing. The standard UIC (International Railway Society) 719-R which is accepted by all European countries has all specifications for infrastructure of railway constriction. The aim of this thesis is to avoid the confusing by comparing this two specification.

The track geometric criteria are given in Section 2. The aim of definite the track geometric criteria are to find out the track characteristics. So this will help to make better evaluate.

On section 3 track surveying and economical and social evaluation of track alternatives has been given. Appendix 1A and 1B has last track drawings.

After track surveying geotechnical and geologic investigations on the area where track is laid are summarized in section 4. In this section there is not given deeply information only general lay out has been given.

The technical specifications about railway infrastructure are evaluated and given in section 5. All items for infrastructure execute has been handled and tried to find out differences between the specifications.

In section 6 the earthquake investigation has been done.

## 1. GİRİŞ

Ülke içi ulaşımında ulaşım talebinin en yoğun olduğu bir kesimde, daha güvenli, ekonomik ve daha az dışa bağımlı bir taşımacılık olan demiryolu taşımacılığının payının artırılması amacı ile mevcut Ankara-İstanbul demiryolu hattının iyileştirilerek yüksek taşıma kapasiteli çift hatlı bir sisteme dönüştürülmesi çalışmaları çerçevesinde 2000 yılında İnönü (Eskişehir) – Esenkent (Ankara) kesimi için yapım ihalesi gerçekleştirilmiş, yapım işlerini ALARKO/OHL/G&O Ortak Girişimi üstlenmiştir. Proje çalışmaları ise Ortak Girişim adına OEET Ortak Girişimi tarafından hazırlanmaktadır.

Eskişehir İstasyonu çıkışından sonra Km 313+700 olarak başlayan Geçki, mevcut Esenkent İstasyonu yanında, Km 519+000 da sona ermektedir. Bu noktada mevcut Eskişehir-Ankara demiryoluna bağlanılmaktadır.

Bu tez çalışmasında, bu projeye ait geçki çalışması ve alt yapı işleri yapım kriterleri tanımlıyor olmakla birlikte bu projede kullanılan farklı altyapı standartların karşılaştırması yapılmaktadır. TCDD Demiryolu alt yapı şartnamesi alt yapı işleri yapım esasları Karayolları Yollar Fenni Şartnamesi ne göre hazırlanmıştır. Yollar fenni şartnamesine göre demiryolu inşaatı yapılması beraberinde bazı zorluklar ve karışıklıklar getirmektedir. Avrupa ülkelerinin çoğunun benimsediği UIC (Uluslararası Demiryolları Birliği) 719-R sayılı şartnamesinde demiryollarında kullanılacak altyapı işleri esasları bulunmaktadır. Bu iki şartnamenin detaylı karşılaştırmasının yapılarak koşullara ve ihaleye uygun proje standartları geliştirmesi hedeflenmiştir.

Bu hedef doğrultusunda proje kapsamında yapılan tüm alt yapı işleri ele alınarak her iki şartnamenin öne çıkan kriterleri belirlenmiştir. UIC şartnamesinin tüm Avrupa ülkelerini kapsayan bir özelliğe sahip olması gerekliliğinden, genel çalışma prensiplerini bir çerçeve içinde sunmaktadır ve bu şartnamede her konuda detaylı çözümler ve esaslar bulmak mümkün olamamaktadır. Bu nedenle KGM yollar fenni şartnamesine de başvurmak gerekmektedir.

## 2. GEÇKİ TANITIMI VE GEOMETRİK ÖZELLİKLERİ

Geçki geometrik özellikleri aşağıda özetlenmektedir.

### Proje Hızı:

Yolcu Treni : 250 km/s

Yük Treni : 80 km/s

### Aks yükü:

TCDD bu proje şartnamesinde maksimin aks yükü 22.5 Ton olarak belirlemiştir.

### Trafik Kategorisi:

Ankara-İstanbul demiryolu hattı, CEN Avrupa Ön İhale prENV 13803-1 "Demiryolu Uygulamaları, Hat Geçkisi Projelendirme Parametreleri, Standart Hat" adlı dokümandaki tanımlara göre "**Kategori III**" olmaktadır.

Bu kategori, " 200-300 km/s arasındaki yolcu treni hızına göre projelendirilen, üzerinde farklı katar trafiği bulunan hatlar" olarak tanımlanmaktadır. TCDD proje hızını ihale sırasında 200 km/s olarak belirtmiştir. Kategori II-B. Fakat proje dizayn aşamasında proje hızının 250 km/s olarak değişmesine dair talepleri olmuştur. Bu nedenle dizayn sırasında her iki kategoriye göre değerlendirmeler yapılmıştır.

Hat üzerinde kullanılacak muhtemel tren katar özellikleri Tablo 2.1 de gösterilmiştir.

**Tablo 2.1** Hatta kullanılması öngörülen karma trenlerin özellikleri

| TREN TİPİ           | MAKS. HIZ | UZUNLUK | KATAR ADEDİ | AĞIRLIK (TON) |
|---------------------|-----------|---------|-------------|---------------|
| SUPER-EKSPRES       | 200 Km/s  | 200 m   | 4           | 300           |
| EKSPRES 1           | 200 Km/s  | 300 m   | 8           | 500           |
| EKSPRES 2           | 200 Km/s  | 400 m   | 1           | 750           |
| YÜK TRENİ ( Hızlı ) | 100 Km/s  | 700 m   | 5           | 1100          |
| YÜK TRENİ ( Yavaş ) | 80 Km/s   | 700 m   | 1           | 1500          |

**Minimum Yatay Kurb Yarıçapı :**

Minimum kurb yarıçapı hesaplanırken denklemlerde kullanılan D , I ve E değerleri CEN Avrupa Ön İhale prENV 13803-1'dan alınmıştır. Hesaplar sonucunda;

$R_{min} = 3500 \text{ m}$  minimum yatay kurb yarıçapı olarak belirlenmiştir.

**Dever :**

Karma işletmenin yapılacağı hatta dever değerlerinin belirlenmesi hem güvenlik, hem yolculuk konforu, hem de hattın bakım onarımının gereklerinin optimum düzeyde olması açısından önemlidir. Küçük kurb yarıçaplarındaki yüksek dever değerleri, düşük hızdaki yük katarlarının dreyman riskini arttıracaktır. 160 mm yi aşan yüksek dever değerleri ise, beklenmedik duraklama ve düşük hızlarda yüklerin kaymasına yol açabilecek, yolculuk konforunu çok düşürecektir. Tablo 2.2 de dever için kullanılacak sınır değerler verilmiştir.

**Tablo 2.2 Dever sınır değerleri**

| ACIKLAMA             | DEĞER  |
|----------------------|--------|
| ÖNERİLEN SINIR DEĞER | 160 mm |
| MAKSİMUM LİMİT DEĞER | 180 mm |

**Eksik Dever:**

Teorik dever ile uygulanan dever arasındaki fark eksik dever olarak tanımlanır ve I ile gösterilir. Tablo 2.3 te eksik dever uygulama tablosu verilmiştir.

**Tablo 2.3 Eksik dever uygulama tablosu.**

| TRAFİK KATEGORİSİ                       | HIZ                | TAVSİYE EDİLEN SINIR DEĞER (mm) |       | MAKS. SINIR DEĞER (mm) |       |
|-----------------------------------------|--------------------|---------------------------------|-------|------------------------|-------|
|                                         |                    | YÜK                             | YOLCU | YÜK                    | YOLCU |
| II - B                                  | $160 < V \leq 200$ | 110                             | 150   | 160                    | 165   |
| III                                     | $200 < V \leq 250$ | 100                             | 100   | 150                    | 150   |
|                                         | $250 < V \leq 300$ | 80                              | 80    | 130                    | 130   |
| PrENV 13803-1 Avrupa ön-standardı (CEN) |                    |                                 |       |                        |       |

Bu projede, kullanılan değerler;

Tavsiye edilen sınır : 100 mm,

Maks. sınır değer: 150 mm ,

En uygun eksik dever :  $100 \text{ mm} - 20 \text{ mm} = 80 \text{ mm}$  olarak belirlenmiştir.

**Fazla Dever:**

Uygulanan dever ile teorik dever arasındaki fark pozitif ise bu fazla dever olarak tanımlanır.

Bu projede, kullanılan değerler;

Öngörülen sınır değer : 110 mm,

Maksimum sınır değer: 130 mm olarak belirlenmiştir.

**Deverin zamana bağlı  $dd/dt$  ve uzunluğa  $dd/dL$  bağlı olarak değişim oranları:**

Bu değerleri etkileyen en önemli faktörler emniyet ve konfordur. Kısa bir geçiş eğrisinde maksimum derecede bir dever rampası oluşturulacaktır. Bu uygulama yavaş hızlardaki yük katarlarının deray etmesine neden olacaktır. Dever değerinin zamana ve uzunluğa bağlı değişimlerinin sınır değerleri Tablo 2.4 ve Tablo 2.5 te gösterilmiştir.

**Tablo 2.4** Dever değerinin zamana bağlı değişim oranı

| TRAFİK KATEGORİSİ                          | II-B     | III      |
|--------------------------------------------|----------|----------|
| TAVSİYE EDİLEN SINIR DEğER                 | 50 mm/sn | 50 mm/sn |
| MAKS. SINIR DEğER                          | 60 mm/sn | 60 mm/sn |
| PrENV 13803-1 Avrupa ön-standartları (CEN) |          |          |

**Tablo 2.5** Deverin uzunluğa bağlı değişim oranı

| TRAFİK KATEGORİSİ                          | II-B     |          | III      |          |
|--------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|
| HIZ                                        | 200 Km/h | 250 Km/h | 200 Km/h | 250 Km/h |
| TAVSİYE EDİLEN<br>SINIR DEğER              | 0.90     | 0.72     | 0.90     | 0.72     |
| MAKS. SINIR DEğER                          | 1.08     | 0.87     | 1.08     | 0.87     |
| PrENV 13803-1 Avrupa ön-standartları (CEN) |          |          |          |          |

**Düşey Kurplar:**

Düşey kurplar geçiş eğrisiz olarak düzenlenebilecektir. Birbirini izleyen kesimler arasındaki eğim farkı 1 mm/m (%0.1) ( >230 km/s hızlar için geçerli ) den fazla olduğunda, eğim değişim kesimlerinde en az 20 m uzunlukta düşey kurplar düzenlenecektir.  $(R_v)_{lim}$  değerleri Tablo 2.6 verilmiştir.

**Tablo 2.6** Düşey kurp yarıçap tablosu

| TRAFİK KATEGORİSİ                            | II-B     | III      |
|----------------------------------------------|----------|----------|
| Hız                                          | 200 Km/s | 250 Km/s |
| Maks. sınır değer                            | 21.875   | 21.875   |
| Min. Sınır değer                             | 15.625   | 10.938   |
| PrENV 13803-1 Avrupa ön-standartları ( CEN ) |          |          |

TCDD nin bu proje şartnamesinde düşey kurp yarıçapı  $R_{min} = 15.000 \text{ m}$  olarak verilmiştir.

**Maksimum Boyuna Eğim:**

İlgili TCDD şartnamesi maksimum boyuna eğim için % 1,6 değerini öngörmektedir.

**Geçiş Eğrileri:**

Plandaki geçiş eğrilerinde klotoit kullanılması öngörülmektedir.

Hat elemanlarının (kurplar, doğrular, geçiş eğrileri ve diğer hat elemanlarının) uzunluk değerleri EK-2 deki tabloda gösterilmiştir.

**2.1 Tip en kesit**

TCDD şartnamesi ve UIC 719'a göre tip en kesit hazırlanmıştır. Tip en kesitler Ek-3'de verilmiştir. Viyadük en kesiti Ek-4'te verilmiştir. En kesitlerde bulunan tasarım esas özellikleri aşağıdaki gibidir.

- a. Travers altında en az 30 cm balast.
- b. Alt balast en az 30 cm.
- c. Alt balast ile alt temel arasında gerekli kesimlerde jeotekstil uygulanır.
- d. Alt temel ( Form-giving layer - Railway base)- 0,35 m
- e. Balast şev eğimi – 3Y / 2D ( Y: yatay , D: Düşey )
- f. Balast omuzları – 0,50 m
- g. İki hat akları arası mesafe – 4,50 m
- h. Ray Tipi- UIC-60
- i. Traversler arası mesafe -620 mm
- j. Hat açıklığı -Ekartman 1435 mm
- k. Beton travers (B-70N )

### 3. PROJE GEÇKİSİNİN BELİRLENMESİ

Geçki planlamasında belirleyici olan bir kriter de, "yapım sırasında tek hat üzerindeki işletmenin kesintisiz ve nitelikli olarak sürdürülebilmesi " olmuştur.

Yüklenici firma tarafından hazırlanan ön projelerde, hızlı tren için düzenlenecek yeni çift hattın esas olarak mevcut İstanbul-Ankara Demiryolu hattına olabildiğince paralel ve hatlardan bir adedinin de olabildiğince mevcut hat üzerine yerleştirilmesi öngörülmüştür. Ancak;

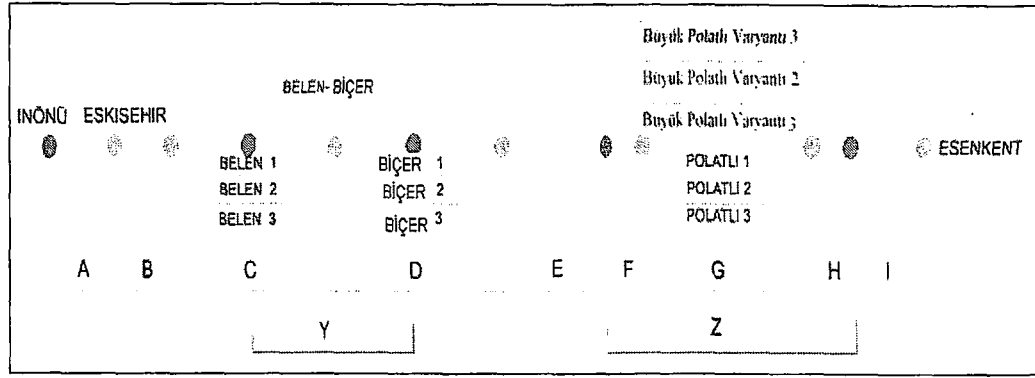
- Kurban standartlarının çok farklı olması nedeniyle yeni geçki ekseninin mevcut hattın önemli ölçüde ayrılması gerektiğinden,
- Yeni hatlardan bir tanesinin olabildiğince mevcut hat üzerinde düzenlenmesi halinde, mevcut işletmenin kesilmeden nitelikli bir şekilde sürdürülebilmesi de gerektiğinden, bu kesimlerde yeni iki hattın ayrı ayrı yapılmaları gerekecek, bu da sağlıklı bir altyapı, zor ve zaman alıcı bir yapım süreci ortaya çıkaracaktır. Bu nedenle, yeni çift hat mevcut hatta olabildiğince paralel, ancak çok özel durumlar hariç mevcut hattın ayrı bir çift hat olarak düzenlenmiştir.

Bu kriterin gerçekleştirilmesi için:

- Yeni çift hat ekseninin mevcut hat ile kesişmesi olabildiğince en aza indirilmiştir.
- Yeni hat, mevcut hat ile ilgili haberleşme ve sinyalizasyon kablolarının olmadığı tarafta düzenlenmiş, bu düzenlemenin, kamulaştırma gereği vb. açılardan alternatif düzenlemelere göre uygunsuzlukları olmaması da gözetilmiştir.

Mevcut hatta yakın, mevcut hattın paralelinde olunan kesimlerde ray kotunun mevcut hat ray kotuna yakın olması gözetilmiştir.

Bu bölümde geçki seçimi sırasında yapılan çalışmalar anlatılmıştır. Şekil 3.1 de geçki alternatifleri şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.1 Alternatif geçki şeması

### 3.1 Alternatiflerin değerlendirilmesi

Geçki araştırmasına yardımcı olması için hat şekil 3.1 de ve aşağıda gösterildiği gibi bölümlere ayrılmıştır. Bu ayırım bölgenin hassas-önemli noktaları göz önüne alınarak yapılmıştır.

**İNÖNÜ-ESKİŞEHİR (A)** Bu bölgede sadece üstyapı işleri yapılacaktır. Mevcut hattın kullandığı geçki değiştirilmeyecektir. Bu bölgenin ayrı değerlendirilmesinin nedeni; Eskişehir içinde yapılacak çalışmaların TCDD ile il belediye yöneticileri arasında anlaşma sağlanamamasıdır.

**ESKİŞEHİR-BELEN (B)** Bu bölgede de mevcut hat geçkisi kullanılacaktır. Bunun dışında bir olasılık düşünülmemektedir.

**BELEN (C)** Bu bölgede Belen 1, 2, ve 3 olmak üzere üç alternatif vardır.

**BELEN 1;** Bu alternatif 21.50 km uzunluğundadır ve Sivri Tepe ile İnevleri Tepesi arasında 560 m uzunluğunda bir tünel vardır.

**BELEN 2;** Bu en uzun alternatiftir ( 21.86 km ) Fakat hiç tünel yoktur. Sivri Tepesinin eteğinden yarma ile geçilmektedir. Bu alternatif Porsuk ile daha fazla kesişmektedir. Belen 1 alternatifine göre İki büyük köprü daha bulunmaktadır.

**BELEN 3;** En düz alternatif olarak öne çıkmaktadır. 21.10 km uzunluğundadır fakat 1950 m uzunluğunda İnevleri tepesinin altında bir tünel bulunmaktadır

Yalınlı mevkisini 1-2 km geçtikten sonra Yunusemre mevkisine kadar bu üç alternatif birleşmekte. Yunusemre mevkisinde 1. ve 2. alternatifler 3. alternatiften ayrılmakta Yunusemre türbesi ve küçük bir köy ile kesişmeden daha güneyden devam etmektedir.

**BICER (D)** Bu bölgede Biçer 1, 2, ve 3 olmak üzere üç alternatif vardır.

**BICER 1;** 21,48 km uzunluğundadır. 1090 m uzunluğunda Akkaya tepesinin altında tünel yapılması gerekmektedir. Ayrıca porsuk nehri geçişleri için 4 adet Köprü yapılması gerekmektedir.

**BICER 2;** En uzun alternatiftir( 22,07 km ) . Fakat hiç tünel yoktur. Porsuk nehrine çok yakın geçmektedir. 6 adet nehir köprüsü gerekmektedir.

**BICER 3(İhale);** En düz çözümdür. 20,9 km uzunluğundadır. İki adet tünel gerekmektedir ( 950 m +2050 m). Ayrıca 2 adet nehir köprüsü vardır. İhale sürecinde düşünülen bir çözüm olması nedeni ile “İhale” adı verilmiştir.

**BICER-POLATLI (E+F)** Bu bölgede mevcut hattın yakınından gitmekten başka bir uygun çözüm görülmemektedir.

**POLATLI (G)** Bu bölgede Polatlı 1, 2, ve 3 olmak üzere üç alternatif vardır.

**POLATLI 1** bu alternatif 27.6 km uzunluğundadır. 1660m 800 m uzunluğunda iki adet tünel bulunmaktadır. Sakarya nehrini geçmek için bir adet nehir köprüsü gerekmektedir.

**POLATLI 2** En kısa çözümdür. 24,3 km fakat Ankara Eskişehir bölünmüş yoluna çok yakın geçmektedir. 670 m uzunluğunda bir tünel mevcuttur.

**POLATLI 3** En uzun çözümdür . 28,1 km dir ve 3800 m uzunluğunda bir tünel gerekmektedir. Ayrıca Sakarya nehrini geçmek için bir adet köprü gerekmektedir

**POLATLI-ESENKENT (H+I)** Yeni hat geçkisi mevcut hatta paralel gitmesinden başka çözüm gözükmemektedir.

Belen-Biçer bölgesinde tünel ve nehir köprüleri yapımından kaçınmak için “Y” olarak adlandırılan başka bir alternatif çalışılmıştır. Bu alternatif Belen ve Biçeri alternatifleri hiç kullanmamakta ve Porsuk nehrinin güney tarafından geçmektedir. Hiç tünel içermemesi avantaj olmasına rağmen hat uzamaktadır.

#### **Büyük Polatlı Varyantı**

Bu alternatifte Polatlı ilçesinin içerisinden geçmektense etrafından dolaşma fikrinden ortaya çıkmıştır. Polatlı ilçesinin etrafından dolaşan bir geçki mevcut Polatlı istasyonunu devre dışı bırakmaktadır. Dağlar iki koridor kullanılarak geçilecektir. Bu iki koridorun ayrı ayrı kullanılması durumu için iki çözüm ortaya çıkmaktadır.

Büyük Polatlı Varyant 1 ve 2 ayrıca iki koridorun aynı anda kullanılması durumunda Büyük Polatlı Varyantı 3 adlı bir alternatifi ortaya çıkarmaktadır.

Bu alternatiflerin en büyük dezavantajı %1,6 gibi proje maks. eğimlerinde rampaların oluşması. Bu eğimlerde bakım masrafını artıracaktır. Polatlı alternatiflerini tünel uzunlukları Tablo 3.1 de verilmiştir.

Tablo 3.1 Polatlı alternatiflerinin tünel uzunlukları.

| KISIM | ALTERNATİF         | TUNEL (m) | TOPLAM UZUNLUK (km) |
|-------|--------------------|-----------|---------------------|
| F+G+H | POLATLI 1          | 2,46      | 46,9                |
|       | POLATLI 2          | 0,67      | 43,6                |
|       | POLATLI 3          | 3,80      | 47,4                |
| Z     | POLATLI VARYANTI 1 | 5,8       | 32,3                |
|       | POLATLI VARYANTI 2 | 5,3       | 32,4                |
|       | POLATLI VARYANTI 3 | 3,6       | 29,2                |

Tüm alternatiflerin bir biri ile oluşturabileceği olası geçkiler Tablo 3.2 de gösterilmiştir.

Tablo 3.2 Alternatiflerin olasılıkları

| İSİM   | KOMBİNASYON          | SEBEP                                                           |
|--------|----------------------|-----------------------------------------------------------------|
| 3      | A+B+C3+D3+E+F+G3+H+I | İhale sürecinde düşünülen alternatif                            |
| 1      | A+B+C1+D1+E+F+G1+H+I | İhale sürecindeki alternatifinin min tünel boyu ile çalışılması |
| 2      | A+B+Y+E+F+G2+H+I     | Tüm alternatiflerin min. tünel boyu ile değerlendirilmesi.      |
| 4 (BV) | A+B+C2+D2+E+Z3+I     | Büyük Polatlı varyantının min tünel boyu ile değerlendirilmesi. |

### 3.2 Farklı geçki alternatiflerinin keşif zeti.

Bölüm 3.1 de anlatılan alternatiflerin teknik özelliklerinin karşılaştırması için Tablo 3.3 ve Tablo 3.4 yapılmıştır. Bu alışmalar sadece alternatiflerin karşılaştırmasının yapılabilmesi için tahmini hesaplanmıştır. Nihai geçki seçiminden sonra değişiklikler olacaktır.

Tablo 3.3: Alternatiflerin keşif zeti

| ALTERNATİF NO | UZUNLUK KM | NEBATİ TOPRAK M <sup>3</sup> | YUMUŞAK TOPRAK (KÜSKÜ) M <sup>3</sup> | KAYA M <sup>3</sup> | DOLGU M <sup>3</sup> | TÜNEL UZUNLUĞU M |
|---------------|------------|------------------------------|---------------------------------------|---------------------|----------------------|------------------|
| 3 ( ihale )   | 207,6      | 1.443.474                    | 2.844.100                             | 8.464.588           | 8.841.852            | 9750             |
| 1             | 208,08     | 1.454.834                    | 2.702.463                             | 8.756.112           | 8.190.497            | 4110             |
| 2             | 205,73     | 1.471.833                    | 3.735.644                             | 7.230.473           | 7.838.456            | 670              |
| 4             | 191,33     | 1.317.170                    | 3.527.536                             | 5.003.213           | 6.708.952            | 3600             |

Tablo 3.4: Sanat yapıları

| ALTERNATİF NO | KÖPRÜ   |               | ÜST GEÇİŐLER |          |          | ALT GEÇİŐLER |          |
|---------------|---------|---------------|--------------|----------|----------|--------------|----------|
|               | VİYADÜK | NEHİR KÖPRÜŐÜ | OTOYOL       | KARAYOLU | TALI YOL | KARAYOLU     | TALI YOL |
| 3 (İHALE)     | 750m    | 9             | 2            | 45       | 28       | 7            | 5        |
| 1             | 435m    | 11            | 2            | 45       | 28       | 7            | 5        |
| 2             | 435m    | 15            | 2            | 45       | 28       | 7            | 5        |
| 4             | 435m    | 15            | 0            | 45       | 28       | 7            | 5        |

### 3.3 Bütçe zeti

Tüm alternatiflerin maliyetleri ve oluşan keşif zetleri Ek-5 ve Ek-6 da belirtilmiştir. Bu tablolara göre Alternatif No. 2 TCDD tarafından en uygun çözüm olarak grlmştir. Ek-1A ve Ek-1B’de projenin nihai geçkisi gösterilmiştir.

#### 4. GEÇKİ JEOTEKNİK VE JEOLJİK İNCELENMESİ

Demiryolu geçkisinin jeolojik ve jeoteknik inceleme işleri, üç ana bölüm halinde gerçekleştirilmiştir. Bölüm 1, Eskişehir (313+000) – Yunusemre (400+235) arasını kapsamakta olup, tasarım önceliği açısından, kendi içinde 1A [Eskişehir (313+000) – Beylikova (375+350)] ve 1B [Beylikova – Yunusemre] olmak üzere iki alt bölüme ayrılmıştır. Yunusemre – Beylikköprü arası Bölüm 2, Beylikköprü – Esenkent arası ise Bölüm 3'ü oluşturmaktadır. Bu bölümlerin Jeoteknik ve jeolojik özellikleri şunlardır.

##### 4.1 Coğrafi konum ve iklim

###### Bölüm 1A ve 1B

Eskişehir il merkezi ile Beylikova İstasyonu arasındaki bölümün nihai projeye göre uzunluğu yaklaşık 62 km dir. Proje gerçekte mevcut Eskişehir istasyonundan (313+000) başlamakta ise de, bazı idari durumlardan dolayı başlangıçtaki çok kısa bir kısmın zemin incelemesi beklemede tutulmaktadır. Eskişehir İstasyonundan sonra mevcut hattın hemen sağını (güneyini) takip eden hat, Eskişehir ovasında Alpu yakınlarına kadar bu konumunu korumaktadır. Eskişehir'den çıktıktan sonra, kullanılmayan Hasanbey İstasyonunu (km 322+600) geçerek doğuya doğru devam eder. Yaklaşık km 325+950 de Porsuk nehrini bir köprü ile geçen geçki, Sevinç ve Çavlum köylerinin kuzeyinden geçerek, yine kullanılmayan Ağapınar İstasyonuna ulaşır (km 335+950). Mevcut geçkide bundan sonraki istasyon (Eskişehir'den sonra kullanılan ilk istasyon) km 352+300 deki Alpu İstasyonudur. Yeni geçki ise km 348+000 e kadar takip ettiği konumunu burada terk ederek güneye doğru bir kurpla mevcut demiryolundan ayrılır. Bu kurbu yaklaşık 10 km içinde tekrar kapatan yeni hat geçkisi, mevcut hatta yaklaşık 357+000 da (eski hat da 356+550) tekrar kavuşur, ve yine onun hemen sağından (güneyinden) takip eder. Bu şekilde, yeni geçki Alpu ilçe merkezinin dışından (güneyinden) geçmektedir. Km 357+440 ta bir kez daha Porsuk nehrini kat eder. Daha sonra, 368+000 den itibaren, yeni geçki yine mevcut

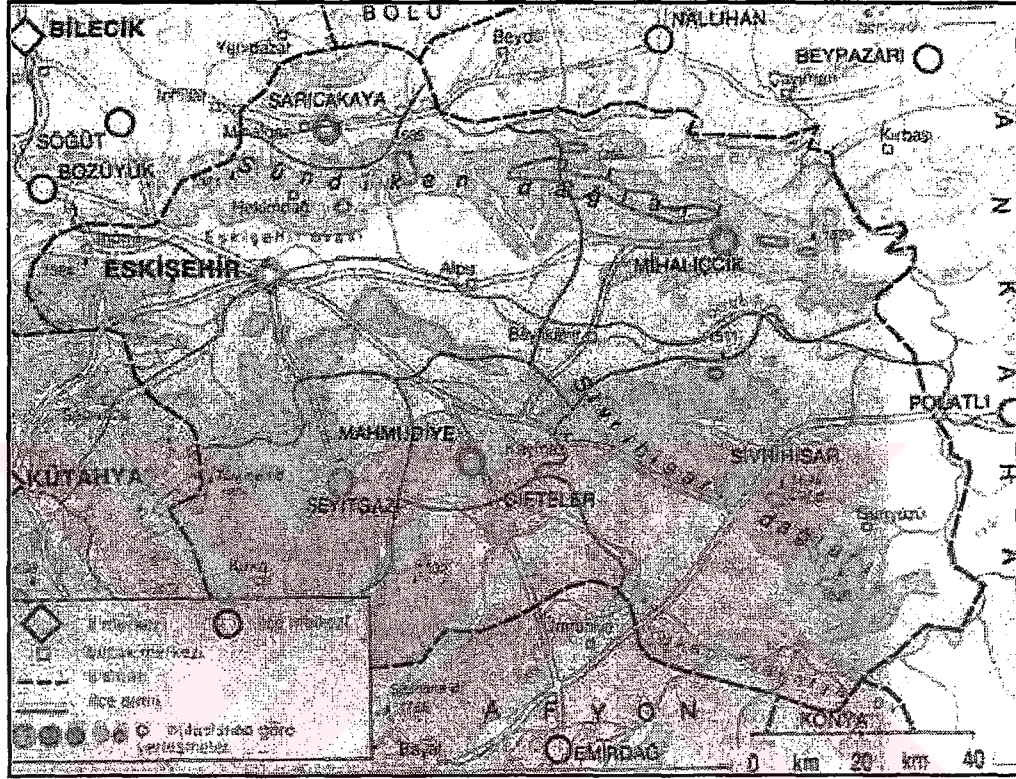
hattan güneye doğru tedricen ve en fazla 300 m kadar açılarak devam eder ve Beylikova (ilçe merkezi) İstasyonundan (yaklaşık km 374+500) hemen önce tekrar mevcut hattın bitişiğindeki konumuna döner. Bu istasyondan hemen sonra (km 375+350), Bölüm 1A sona ermektedir. İç Anadolu'nun kuzeybatı köşesinde yer alan Eskişehir ilinin topoğrafik yapısını, Sakarya ve Porsuk havzalarındaki düzlükler ile bunları çevreleyen dağlar oluşturur (Şekil 4.1). Havza düzlüklerini, kuzeyden Bozdağ - Sündiken Sıradağları, batı ve güneyden ise İç Batı Anadolu eşiğinin doğu kenarında yer alan Türkmen Dağı, Yazılıkaya Yaylası ve Emirdağ kuşatır. Dış etmenlerin uzun süren aşındırmaları sonucu vadiler genellikle derinleşmiştir. İnceleme alanında vadi yamaçları hafif eğimlidir. Kapalı havza durumu söz konusu değildir. Denize doğru sürekli bir eğim vardır.

Dağlar, ilin ovalarını çeşitli yönlerden kuşatır. Dağlık alanlarda, farklı aşınma ve çözünme sonucu ortaya çıkan şekiller, genellikle belirgindir. Ovalardan dağlara doğru, çeşitli yükseltilerde uzanan platolar vardır. İlin kuzeyinde, batı-doğu yönünde, Anadolu'nun iç sıradağlarından Bozdağ ve Sündiken Dağları yer alır ve uzantıları doğuda, il sınırını oluşturan Sakarya Irmağı'na dek sokulur. Eskişehir ilinin güneydoğu köşesinde, Sakarya yayının içinden başlayan Sivrihisar Dağları, güneydoğu – kuzeybatı yönünde uzanır. Kaymaz Bucağı'na uzanan Sivrihisar Dağları eşik görüntüslü bir yayla üzerinde yer alır.

Porsuk Ovası, Kütahya il sınırından başlar, Porsuk Çayı'nın yatağı boyunca kuzeydoğu yönünde uzanır. Eskişehir il merkezinden sonra, doğuya yönelir ve Ankara il sınırına dek sokulur. Porsuk Çayı iki koldan oluşmuştur. Birincisi, kaynağı Murat Dağında olan Porsuk Suyudur. Altıntaş havzasında hafif meyilli bir arazide akar. Diğer kol, Kütahya'nın batısından gelir. Bu, şehrin içinden "Porsuk Çayı" adı ile geçen akarsudur. Bunlar Çukurova'da birleşirler ve Eskişehir il sınırında, İncesu Köyü'nün yakınındaki Kalburcu Çiftliği'nden geçerler. Sonra sırasıyla Kunduzlar, Kargın Deresi, Ilıcasu, Mollaoğlu Deresi, Sarısu, Keskin – Muttalip dereleriyle birleşerek, Sakarya Nehri'ne yaklaşırken de Pürtek Çayı'nı içine alır.

Porsuk Ovası; kuzeyden Bozdağ ve Sündiken Dağları, güneyden Sivrihisar Dağları ve Türkmen Dağı'nın doğu uzantılarıyla çevrilir. Ova, Kütahya il sınırından Eskişehir il merkezine dek oldukça eğimli, dar bir vadi şeklindedir. "Porsuk Çukurluğu" olarak adlandırılan bu bölüm, il merkezine yaklaştıkça genişlemeye başlar. Ovanın, Muttalip ve Sultandere köyleri arasında yaklaşık 13'km ye ulaşan genişliği,

Eskişehir'in doğusunda Çavlum Köyü yakınlarında daralır ve 1 km ye dek iner. Bu boğazdan sonra yeniden genişler ve en geniş durumunu burada kazanır. Ovanın genişliği, bu yöredeki Sepetçi ve Fevziye Köyleri arasında 21 km ye ulaşır. Daha sonra yeniden daralmaya başlar. Ova, özellikle Refahiye Köyü'nden sonra dar bir vadiye dönüşür. İncelenen demiryolu geçkisi, Eskişehir – Alpu – Beylikova (eski adı Beylikahır) kesimidir ve Şekil 4.1 de bölge haritası verilmiştir.



Şekil 4.1: Eskişehir İlinin Fiziki Haritası.

Doğu – batı doğrultusunda uzanan Porsuk ovası, doğuya doğru hafif bir eğimle alçalmaktadır. Arazi kotları, Eskişehir istasyonu civarında yaklaşık 791 m iken, Hasanbey istasyonu civarında 780 m, Ağapınar istasyonu civarında ise 772 m değerlerine düşmektedir. Yeni geçkinin Alpu'nun batısında ovadın ayrılarak güneydeki tepelere doğru yönelmesinden önce (348+000) kot 763 m ye kadar düşmektedir. Bu durumda, ovanın, Eskişehir – Alpu arasında batıdan doğuya doğru ortalama eğimi, % 0,0008 (on kilometrede sekiz metre) kadardır. Alpu güneyinde kuzeye eğimli sırtlara tırmanan geçkinin siyah kotları 772 m değerine kadar yükselmekte, geçkinin tekrar ovadaki mevcut hatla birleştiği yerde ise, 760 m ye kadar düşmektedir. Buradan sonra, ovayı takip eden geçki, yaklaşık 367+000 den

sonra tekrar hafif eğimli yamaçlara tırmanmakta, siyah kotta en yüksek 774 m değerine ulaştıktan sonra Beylikova İstasyonuna doğru (min. 751 m) alçalmaktadır.

### Bölüm 1B

Eskişehir'e bağlı İlçe merkezi Beylikova İstasyonu civarından (375+350) başlayıp, yine Eskişehir İli, Mihalicçık İlçesi'nin Yunusemre İstasyonunun öncesinde (399+000) sonlanan bölümün nihai projeye göre uzunluğu yaklaşık 24 km dir.

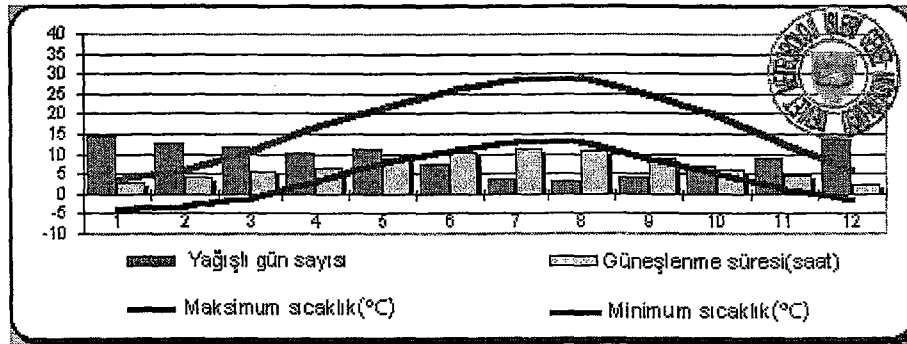
İç Anadolu'nun kuzeybatı köşesinde yer alan Eskişehir ilinin topografik yapısını, Sakarya ve Porsuk havzalarındaki düzlükler ile bunları çevreleyen dağlar oluşturur (Şekil 4.1). Havza düzlüklerini, kuzeyden Bozdağ - Sündiken Sıradağları, batı ve güneyden ise İç Batı Anadolu eşiğinin doğu kenarında yer alan Türkmen Dağı, Yazılıkaya Yaylası ve Emirdağ kuşatır. Dış etmenlerin uzun süren aşındırmaları sonucu vadiler, genellikle derinleşmiştir. İnceleme alanında vadi yamaçları hafif eğimlidir. Kapalı havza durumu söz konusu değildir. Denize doğru sürekli bir eğim vardır.

Dağlar, ilin ovalarını çeşitli yönlerden kuşatır. Dağlık alanlarında, farklı aşınma ve çözünme sonucu ortaya çıkan şekiller, genellikle belirgindir. Ovalardan dağlara doğru, çeşitli yükseltilerde uzanan platolar vardır. İlin kuzeyinde, batı-doğu yönünde, Anadolu'nun iç sıradağlarından Bozdağ ve Sündiken Dağları yer alır ve uzantıları doğuda, il sınırını oluşturan Sakarya Irmağı'na dek sokulur. Eskişehir ilinin güneydoğu köşesinde, Sakarya yayının içinden başlayan Sivrihisar Dağları, güneydoğu – kuzeybatı yönünde uzanır. Kaymaz Bucağı'na uzanan Sivrihisar Dağları eşik görünüşlü bir yayla üzerinde yer alır.

Geçki bundan sonra yaklaşık 750 m kotundaki Porsuk Ovası düzlüğünde yol alarak, ovada menderesler oluşturarak akmakta olan Porsuk Nehrini ve bu ovada yer alan drenaj / sulama kanallarını bir kaç kez kat etmektedir. 328+320, 379+026, 380+453 de nehir geçişleri bulunmaktadır. 381+200 kesiminde kotlar yine 770 m nin üzerine çıkmaktadır. Porsuk Ovası, 386+500 – 389+500 arasında bir kez daha ve verev olarak kat edilmektedir. 388+983 de yine bir nehir geçişi gerçekleştirilecektir. Porsuk vadisinin buradaki genişliği yalnızca 400 m kadardır. Vadiyi geçtikten sonra, yine doğuya doğru uzanan geçki, bir sırtı aştıktan sonra Bölüm 1 için son kez olarak Porsuk vadisini keser. Buradaki son nehir geçişi 390+420 dedir. Yine çok dar (300 m kadar) vadinin kat edilmesinden sonra, geçki, arazide 790 m kotuna yaklaşan

yükseltileri ve bunlar arasındaki çukurluk ve aklanları kat ederek, birbirini takip eden yarma ve dolgularla karakterize olan bir hat takip edecektir. 392+500 den sonra, engebeler devam etmekle birlikte, genel arazi eğimi alçalmakta ve geçki 395+500 den itibaren yine Porsuk vadisi ile buluşmaktadır. Bu noktadan sonra, vadinin güney kenarını takip ederek ve nehri kesmeden devam eden geçkide, 399+000 da Bölüm 1B sonlanmaktadır. Yunusemre İstasyonu, 1 km kadar daha doğuda, 400+000 da yer alır. Porsuk ovasında, 1B nin sonlarındaki arazi kotu 735 m kadardır. Yani bu kesimde Porsuk nehri, yaklaşık 1 km de 1 m alçalan bir eğimle akmaktadır.

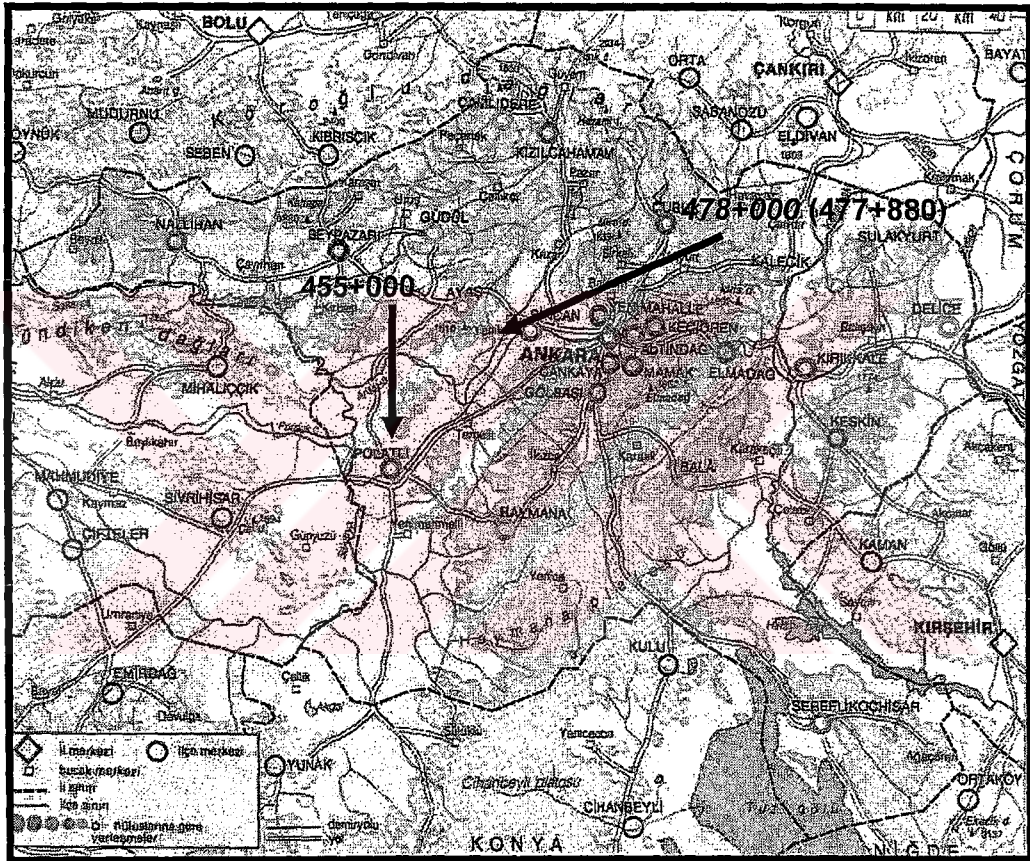
**İklim:**Eskişehir, ağırlıkla İç Anadolu, kısmen de Batı Karadeniz ve Akdeniz iklimlerinin etki alanı içinde olması nedeniyle, kendine özgü bir iklime sahiptir. Şekil 4.2 de iklim verileri verilmiştir. Bu şekilde Yatay eksen ayları, düşey eksen ise maks. / min. sıcaklığı, yağışlı gün sayısı (adet) ve güneşlenme süresini (saat) göstermektedir. Yıllık sıcaklık ortalaması, 10.9° dir. Aylık ortalama göre yılın en soğuk ayı, -2° ile Ocak ayıdır. Aralık ayının ortalarından, Şubat ayının ortalarına kadar olan dönem en düşük sıcaklıkların kaydedildiği dönemdir. Minimum sıcaklık değerleri, -10° ile -25° arasında değişen derecelere ulaşabilir. Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında en sıcak günler yaşanır. En düşük sıcaklık 10° - 15° dir. Temmuz ayının ikinci yansı ile ağustos ayının ilk yansında en yüksek sıcaklık, 30° - 40° arasında değişir. Kara iklimi göstergesi olan en belirgin özellik, hem gece ile gündüz, hem de yaz ile kış mevsimleri arasında büyük sıcaklık farklarının olmasıdır. Eskişehir'de yağışlar, kışın kar ve yağmur halinde görülür. Aralık – Mart döneminde yağışlar daha çok kar şeklindedir. Yıllık ortalama yağış miktarı 378,9 kg/m<sup>2</sup> 'dir.



Şekil 4.2: Eskişehir'in İklim Verileri.

## Bölüm 2 ve Bölüm 3

Bu bölüm km 399+000 – 519+000 e kadar devam eden yaklaşık 120.0 km uzunluğundadır. İncelenen kesim, Ankara ilinin Eskişehir’e komşu olan Polatlı ilçesi sınırları içindedir. Polatlı, batısında Eskişehir’in Mihalicçık ve Sivrihisar ilçelerine, kuzeyinde Ankara’nın Beypazarı, Ayaş, Sincan ve Yenimahalle ilçelerine, doğusunda Ankara’nın Gölbaşı ve Haymana ilçelerine, ve güneyinde ise Konya’nın Yunak ilçesine komşudur. İnceleme alanı, Polatlı – Haymana havzasında yer almakta, batı ucunda Yukarı Sakarya havzasına dayanmaktadır. Şekil 4.3 te bölge haritası verilmiştir.

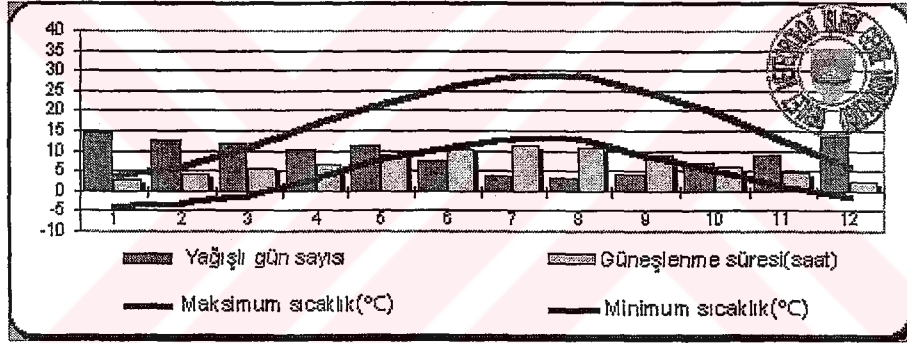


Şekil 4.3: Ankara İlının Fiziki Haritası.

Batıda Sakarya vadisinden başlayan geçki, genel anlamda doğuya doğru yükselmektedir. Genel arazi kotları batıda 725 m dolayında, Bölüm 3A'nın sonunda ise 825 m dolayındadır. Geçki üzerindeki en önemli yükselti, km 462+500 (462+380) de yaklaşık 880 m kotunda zirvesi olan Karadağ olup, burası, Eskişehir – Ankara yeni hattının delme tünelle geçilecek tek noktadır. Karadağ, volkanizma ürünü bazalt türü lavlardan oluşmaktadır ve yaklaşık 90 m yüksekliğindedir.

İnceleme alanında yer alan akarsular, Bölüm 2 nin son kısmında kat edilen Sakarya Nehri ile, Polatlı ilçe merkezinin güneyinden batıya doğru akarak Sakarya'ya dökülen İncesu deresidir. Ayrıca, yine Sakarya'ya dökülen bir dere, Bölüm 3A hattınca kat edilmektedir.

Ankara'nın batıdaki ilçelerinden biri olan Polatlı, İç Anadolu iklimine sahiptir. Şekil 4.4 te iklim verileri verilmiştir. Ortalama yıllık sıcaklık 11-12 derece arasındadır. Kışlar şiddetli ve karlı geçer. Ocak ayı ortalaması 0°C civarında veya biraz altındadır. Sıcaklığın - 20'den aşağı düştüğü görülebilir. Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında en sıcak günler yaşanır. En düşük sıcaklık 10° - 15° dir. Temmuz ayının ikinci yarısı ile Ağustos ayının ilk yarısında en yüksek sıcaklık, 30° - 40° arasında değişir. Kara iklimi göstergesi olan en belirgin özellik, hem gece ile gündüz, hem de yaz ile kış mevsimleri arasında büyük sıcaklık farklarının olmasıdır. Polatlı'da yağışlar, kışın kar ve yağmur halinde görülür. Aralık - Mart döneminde yağışlar daha çok kar şeklindedir. Yıllık yağış miktarı yaklaşık 300 kg / m<sup>2</sup> dir. Yaz en kurak, ilkbahar en yağışlı mevsimdir.



Şekil 4.4: Ankara'nın İklim Verileri.

## 4.2 Proje Alanının Jeolojisi

Eskişehir (merkez) – Alpu – Beylikova-Yunusemre-Biçer hattında uzanan proje alanının jeolojisi, geçkinin her iki yanında 200 m genişliğinde şeritler halinde 1 : 2000 ölçeğinde haritalanmış, ayrıca bu çalışma kapsamında yapılan sondajların logları ve diğer araştırma bilgileri de boy kesite işlenmek suretiyle, planlanan demiryolu geçkisinin ayrıntılı jeolojik durumu incelenmiştir. Bölüm 1 ve 2 alanları kil, silt, kum ve çakıl boyutundaki malzemelerin değişik oranlarda karışımlarından meydana gelmiştir. Kesin kural olmamakla birlikte, ince malzemeli (kil ve silt) tabakalar daha çok yüzeye yakın seviyelerde bulunur. Bölüm 3 ise kıltaşı – silttaşı –

kumtaşından meydana gelmiştir. Hemen hemen daima, kiltası baskındır. Bir çok kez ileri derecede ayrışmadan dolayı kil, silt ve / veya kuma dönüşmüştür.

Arazinin belirli kesimlerinde, önemli sayılabilecek dağılım ve kalınlıklarda yapay dolgulara rastlanmıştır. Bunların kalınlığı ölçülebilen her yerde 5 m den azdır. Boy kesitte rastlandıkları yerlerde, dikkati çekmek için gösterilmiş oldukları halde, bunların haritaya işlenmemesi tercih edilmiştir. Yapay dolgular, Eskişehir şehir merkezi civarında ve demiryolu geçkisi ile sınırlı bölümlerinde görülmüştür. Şehir dışındaki yapay dolgular, genellikle mevcut demiryolunun bitişiğinde dar şeritler halinde ve genellikle kurutma kanalı kazılarından çıkan malzemeden oluşmaktadır. Yani bunların çoğu, alüvyon ve bitkisel toprak tabakaları ile aynı malzemedir. Şehir merkezindeki yapay dolgular ise, beklendiği gibi, moloz, inşaat artıkları, çöp vb. içermektedir.

#### **4.3 Yeraltı Suyu Durumu**

Geçkinin alüvyon tabakaları üzerinde bulunduğu kesimlerde yeraltı suyu seviyesi oldukça yüksektir. Sondajlarda ve araştırma çukurlarında yeraltı suyu ile karşılaşıldığında, bu seviyeler kaydedilmiştir. Bütün sondajlar, perfore edilmiş, çökmelere karşı özel bir jeo-tekstille korunmuş ve etrafı filtre malzemeli ( çakıl ) PVC borularla teçhiz edilerek yeraltı suyu rasat kuyularına dönüştürülmüş, su seviyelerinin periyodik ölçümleri yapılmıştır.

Yeraltı suyu derinliği, Eskişehir – Alpu arasındaki alüvyonla kaplı arazide (313+000 – 350+900) 1,50 m ile 7,00 m arasında değişmektedir. Alpu’dan sonraki alüvyon kesimde yeraltı suyu biraz daha derindedir. Bazı kesimlerde de, yeraltı suyu derinliği daha fazla olup, genellikle 3,00 m ile 8,00 m arasında değişmektedir. Hatta, bu kesimdeki bazı sondajlarda, yeraltı suyu seviyesi, sondajda inilen derinliğin altında kalmış, böyle kuyular “kuru” olarak işaretlenmiştir.

## **5. TOPRAK İŞLERİ TEKNİK ŞARTNAMESLERİ VE YAPIM KRİTERLERİ**

Toprak işleri yapımı KGM Yollar Fenni Şartnamesi Karayolları Genel Müdürlüğü, Yayın No: 170/2,1995, esas alınarak yapılmıştır. Bu şartname kapsamında yer almayan fakat bu projede kullanılması gerekli olan uygulama ve tasarım esasları için kaynaklar bölümünde verilen standartlardan faydalanılmıştır.

### **5.1 Alt Yapı Tasarım Esasları**

Raylı sistem alt yapısı balast, alt balast, alt temel (hazırlanmış taban) ve taban ( sıkıştırılmış dolgu ) katmanlarından oluşur. Taban yarma ve hemzemin geçişlerde doğal zemin veya dolgu kesimlerinde dolgu malzemelerinden oluşmaktadır.

Stabil bir alt yapı oluşturmak için aşağıdaki göçme/yenilme mekanizmalarının engellenmesi amaçlanır.

- i. Tekrarlı trafik yükünün yaratacağı ve giderek artan aşırı deplasmanlar.
- ii. Tekrarlı trafik yükü altında zamanla gelişen göçme mekanizmaları
- iii. Şişme ve büzülme nedeniyle oluşabilecek hacim değişimleri
- iv. Donma ve çözülme mekanizmaları
- v. Tabandaki dağılmalar



Ağaç veya kökleri, metal, kolay ayrışabilir kayaçlar, çözülebilir maddeler, yanıcı maddeler, organik maddeler, plastik ve kirletici tüm maddeler, organik ve sülfatlı madde oranı ağırlıkça %0,2 den az olacak.

Ayrıca alt balast malzemesinin Tablo 5.1 de verilen fiziksel özelliklere sahip olması gerekmektedir. Alt balast için kullanılacak malzeme ile ilgili hat yakınında bulunan tüm taş ocakları araştırılmıştır. Alt balast malzemesinin tablo 5.1 deki özelliklerini sağlayan ancak 2 adet ocak bulunabilmektedir. Bu ocaklardan ilki İlören mevki Gençali Ocağı ( granit ) diğeri ise Polatlı mevki Karaboğaz (bazalt) ocağıdır.

Tablo 5.1 Alt balast malzemesi fiziksel özellikleri

| FİZİKSEL ÖZELLİKLER            | SINIR DEĞERLER |
|--------------------------------|----------------|
| Uniformluk katsayısı Cu        | >14            |
| Eğrilik katsayısı Cc           | 1<Cc<3         |
| LosAngels aşınma indeksi ( LA) | <24            |
| Mikro-Deval katsayısı ( MDE)   | <18            |

Alt balast iyi derecelendirilmiş bir miktar ince daneli malzeme içeren kumlu çakıl olacaktır. Alt balast tabakası için kullanılacak dane dağılımı Tablo 5.2 de verilmiştir.

Tablo 5.2 Alt balast malzemesi dane dağılımı (UIC)

| ELEK AÇIKLIĞI ( mm ) | % GEÇEN ( Ağırlıkça ) |
|----------------------|-----------------------|
| 40                   | 100                   |
| 31,5                 | 90-100                |
| 16                   | 85-95                 |
| 8                    | 65-80                 |
| 4                    | 45-65                 |
| 2                    | 30-50                 |
| 0,5                  | 10-25                 |
| 0,063                | 3-7                   |

Yol altyapısının bir bölümünü oluşturan alt balast tabakasının iki ana işlevi vardır. Birincisi balast altında göreceli olarak daha düşük geçirgenlikte bir ortam oluşturarak yüzeysel suların tabana ulaşmasını engellemek. Bu amaçla alt balast geçirgenliği balastın geçirgenliğinden mertebe farkıyla daha düşük olması öngörülmektedir.

İkincisi, dinamik trafik yükleri altında ortaya çıkan artık boşluk suyu basınçları da dahil olmak üzere tabandan yükselbilecek suların drene edilmesi işlevidir. Bu amaçla alt balast geçirgenliğinin taban malzemesine oranla daha yüksek olması gereklidir. Bu nedenle alt balastın %15 ten fazla ince malzeme içeren alt temel üzerine oturması durumunda daneler arası boşlukların dolmaması için ( tıkanmaya karşı ) aşağıdaki kriterlerin de sağlanması gerekir.

Kum içeriği ( 2mm ile 0,063 mm arası ) %30 dan fazla olacak,

0,2 mm den ince malzeme %20-25 arası olacaktır.

#### **Alt Temel ( Form-giving layer )**

Yol eksenine dik yönde eğim verilmiş olan ve alt balast alt kotuna kadar yapılan temel tabakası.

Alt temelin tabakasında aşağıdaki kriterleri sağlaması öngörülmektedir.

Maksimum dane boyutu < 100 mm

Maksimum dane boyutu < serilen tabaka kalınlığının 2 /3 si

#### **Taban**

Alt Temel tabakasını taşıyan, yarmalardan çıkan toprak ile veya ödünç sahalarından alınan toprak ile imal edilen tabakadır. Maksimum dane boyutu 300 mm olacaktır.

#### **5.1.2 Teknik Şartnamelerin Karşılaştırılması**

Raylı sistem altyapı tasarımı KGM "Yollar Fenni Şartnamesi" kapsamında yer almamaktadır. Bu nedenle mevcut projede alt yapı tasarımında Avrupa Raylı Sistem Mühendisliği uygulamalarında yaygın olarak kullanılan, Uluslararası birleşmiş demiryolları (UIC) tarafından yayınlan UIC-719R:Demiryolları toprak işleri ve alt yapı tabakaları 1994 , şartnamesinin kullanılması öngörülmektedir. UIC şartnamesinde dolgu malzemeleri 4 ayrı grupta verilmektedir:

- i. QS0 Çok zayıf, problemlı, hiçbir amaca uygun olmayan zeminler
- ii. QS1 Göreceli olarak zayıf zeminler
- iii. OS2 Orta özellikte zeminler
- iv. QS3 İyi zeminler

Bu zemin gruplarının özellikleri şartnamede tanımlandığı şekliyle Tablo 5.3'dedir.

Tablo 5.3 UIC 719.R ye göre zemin sınıflandırması

| ZEMİNİN JEOTEKNİK SINIFLANDIRMASI                                                                                                                                                                        | ZEMİN KALİTE SINIFI |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| a) Organik zeminler<br>b) Yüksek nem oranlı ve %15 den fazla ince malzeme içeren zeminler.<br>c) Çözülebilir zeminler ( kaya tuzu veya alçı taşı)<br>d) Endüstriyel atıklar<br>e) Karma malzemeler **    | QS0                 |
| a) %40 dan fazla ince malzeme içeren zeminler<br>b) Hava şartlarından etkilenen kayalar (kuru birim hacımı 1.7 den az kırılğan tebeşir, kireçli toprak, killi şist.)                                     | QS1                 |
| a) %15 - %40 arası ince malzeme içeren zeminler *<br>b) Hava şartlarında daha az etkilenen kayalar , kuru birim hacmi 1,7 den az kırılğan olmayan tebeşir, killi şist, yumuşak kayalar (MDE>40 ve LA>40) | QS1***              |
| a) %5 ila %15 arası ince malzeme içeren zeminler*<br>b) %5 den az ince malzeme içeren üniform zeminler ( Cu<6 )<br>c) Orta sert kayalar ( MDE<40 ve 30<LA<40 )                                           | QS2                 |
| a) İyi derecelenmiş %5 den az ince malzeme içeren zeminler*<br>b) Sert kayalar ( MDE <25 ve LA<30 )                                                                                                      | QS3                 |
| * 60 µ dan küçük malzemeler ince malzeme olarak kabul edilir.<br>** QS1 olarak da kabul görmektedir.<br>*** Hidrolojik şartlar sağlanabilirse QS2 olarak kabul edilir.                                   |                     |

UIC zemin gruplarının tanımlanmasında İngiliz zemin sınıflama sistemi esas alınmaktadır. Bu sınıflandırmada; kil <0,002mm, silt: 0,002 – 0,06mm, kum 0,06 - 2mm, çakıl 2 – 60mm, moloz; 60 - 200mm olarak kabul edilmektedir. KGM Yollar

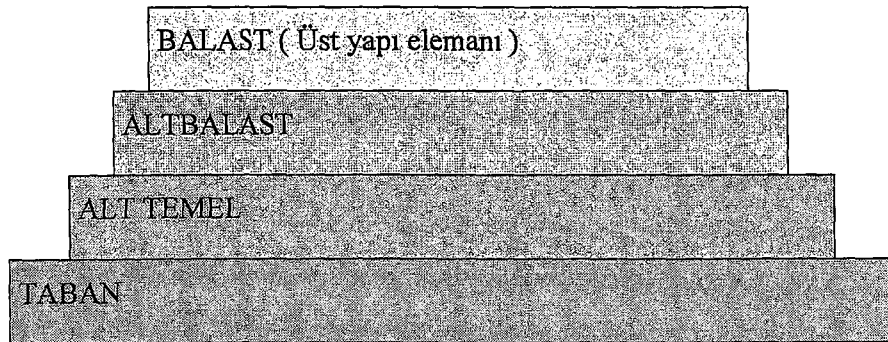
Tablo 5.4 AASHTO Zemin Gruplarının CBR değerleri, [10].

KGM şartnamesinde kullanılan ve Tablo 5.4 de verilen AASHTO sınıflama sistemi ile UIC şartnamesinde kullanılan sınıflama sistemleri mukayeseli olarak karşılaştırılarak iki şartnamenin ortak yanlarını ortaya koymak mümkün olabilmektedir. Ancak zemin sınıflama sistemindeki bazı farklılıklar bu sistemlerin tam anlamıyla örtüşmesine imkan vermemektedir. Diğer taraftan iki sistem arasındaki farklılığın mühendislik uygulamaları açısından çok önemli olmadığı söylenebilir. Söz konusu iki sistemin bir karşılaştırması Tablo 5.5 de verilmektedir.

Tablo 5.5 AASHTO ve UIC Zemin Gruplarının Karşılaştırması,[10].

| UIC                                                                                                                                                                                                                                                     | AASHTO (KGM)               | CBR değeri        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-------------------|
| QS0                                                                                                                                                                                                                                                     | A-8                        |                   |
| QS1;<br>(siltli & killi zeminler, *%F > 40)                                                                                                                                                                                                             | A-4, A-5, A-6, A-7         | < %15             |
| QS1 (siltli killi kum ve çakıllar<br>15 < %F < 40)                                                                                                                                                                                                      | A-2-6,A2-7                 | % 8-20<br>% 30-80 |
| QS2 (kum ve çakıllar, 5 < %F < 15)                                                                                                                                                                                                                      | A-2-4. A-2-5               | % 30 ila >%<br>40 |
| QS3 (kum ve çakıllar, %F < 5,İyi<br>derecelenmiş.)                                                                                                                                                                                                      | A-1a, A-1<br>A-1a (%F < 5) | > %40             |
| <p>* %F: ince malzeme, UIC de 0,06mm , AASHTO da 0,075 mm den küçük danelerdir. İnce malzeme tanımındaki bu benzerlik iki sınıflama sistemin birbirine yaklaştırmaktadır.</p> <p>** CBR değerleri tablo 5.4 de verilen ,AIDM yayınından alınmıştır.</p> |                            |                   |

UIC şartnamesinde demiryolu hattı, traverslerin altında teşkil edilecek Şekil 5.2 de gösterilen katmanlardan oluşturulmuştur.



Şekil 5.2 UIC' ye göre balastlı hatların katmanları.

Alt yapı sisteminin taşıma gücü kategorisi aşağıdaki özelliklere bağlıdır;

Dolgu malzemesinin niteliği veya yarmalarda doğal zeminin özellikleri ve alt temel malzemesinin kalitesi ve kalınlığı.

UIC şartnamesi taşıma gücünü dikkate alarak alt temel ve taban katmanlarını üç ayrı kategoride değerlendirmektedir. Bunlar;

P1: Yaş CBR < %5 olan nispeten “zayıf taban”

P2: Yaş CBR değeri % 5 ile % 20 arasında olan “orta taban”

P3: Yaş CBR > %20 olan “iyi taban” olarak sınıflandırılmaktadır.

Bu taban sınıfları, dolgu malzemesi ile alt temel malzemesinin niteliği ve alt temel malzemesinin kalınlığına bağlı olarak değişik alternatifler ile oluşturulabilmektedir.

Bu alternatifler Tablo 5-6 'da verilmiştir.

Tablo 5.6 Alt temel tabakasının minimum kalınlık ve kalitesinin tespiti.

| ZEMİN SINIFLARI | YOL YATAĞI SINIFLARI | ALT TEMEL TABAKASI |                  |
|-----------------|----------------------|--------------------|------------------|
|                 |                      | KALİTESİ           | MİNİMUM KALINLIK |
| QS1             | P1                   | QS1                | 0,50             |
|                 | P2                   | QS2                | 0,50             |
|                 | P2                   | QS3                | 0,35             |
|                 | P3                   | QS3                | 0,35             |
| QS2             | P2                   | QS2                | 0,35             |
|                 | P3                   | QS3                | 0,35             |
| QS3             | P3                   | QS3                | 0,30             |

Bu projede UIC Şartnamesinde verilen taban sınıfı aşağıdaki şekilde seçilmiştir,[5].

Dolgu malzemesi (Taban): QS1

Taban sınıfı: P2 orta kalite ( CBR % 5 - % 20 arası )

Bu taşıma gücünün elde edilmesi için aşağıdaki alternatifler söz konusu olmaktadır.

**1.Alternatif** : QS1 teşkil edilmiş taban üzerine QS3 malzemesi kullanılarak 35cm kalınlığında alt temel uygulaması veya,

**2.Alternatif** : QS1 ile teşkil edilmiş taban üzerine QS2 malzemesi kullanılarak 50cm kalınlığında alt temel uygulaması

Yukarıdaki alternatifler kullandığında ve UIC şartnamesinde verilen tasarım kriterlerine göre balast ve alt balast kalınlıkları için aşağıdaki değerler hesaplanabilmektedir,[5].

UIC şartnamesine göre minimum tabaka kalınlıklarının hesaplanması:

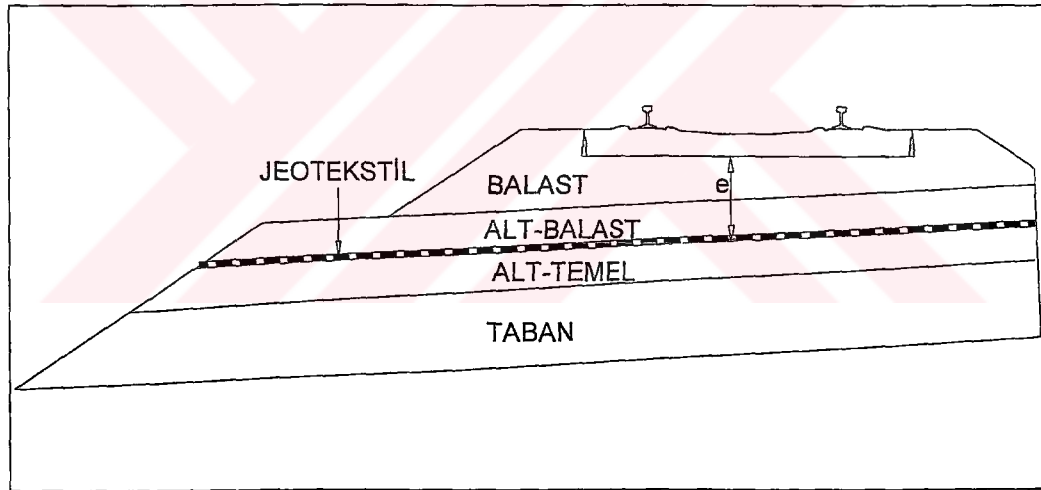
Balast , alt balast kalınlığının hesaplanmasında aşağıdaki formül kullanılmıştır,[5].

“e” tabaka kalınlığını göstermektedir.

$$e(m) > E + a + b + c + d + f + g \quad (6.1)$$

$$e = \text{Balast} + \text{alt balast} + \text{jeotekstil}$$

Bu denklemde kullanılan parametrelerin seçimi sırasında kullanılan değerler tablo 5.7 de verilmiştir. Şekil 5.4 de e kalınlığının konumu verilmiştir.



Şekil 5.3 Balast + Alt-balast kalınlığı ( e ) çizimi.

Tablo 5.7 Alt-balast + Balast kalınlığı hesaplama tablosu.( UIC 719 R )

| İŞARET | DEĞER  | AÇIKLAMA                                                                                 |
|--------|--------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| E      | 0,70   | Alt temel zemin cinsi P1 için                                                            |
|        | 0,55   | Alt temel zemin cinsi P2 için                                                            |
|        | 0,45   | Alt temel zemin cinsi P3 için                                                            |
| a      | 0      | UIC 1 ve 2 grupları için (veya V>160Km/s)                                                |
|        | -0,05  | UIC 3, 4 gruplarının.                                                                    |
|        | -0,10  | UIC 5,6,7,8,9 yolcu trenleri grupları için.                                              |
|        | -0,15  | UIC 7,8,9 yolcu trenleri hariç gruplar için.                                             |
| b      | 0      | 2,60m lik ahşap traversli hatlar için geçerli.                                           |
|        | - 0,05 | 2,60m lik beton traversler için.                                                         |
| c      | 0      | Normal ölçüler için.                                                                     |
|        | -0,10  | Özel şartlarda işletme güçlükleri olan mevcut hatlarda ve UIC 7,8,9 sınıfı hatlar hariç. |
|        | -0,05  | Özel şartlarda işletme güçlükleri olan mevcut hatlarda ve UIC 7,8,9 sınıfı hatlar hariç. |
| d      | 0      | 200kN (20 Ton) dan az dingil basıncı olan hatlarda.                                      |
|        | +0,05  | Dingil basıncının en fazla 225kN(22,5 Ton) olan hatlar için.                             |
|        | +0,12  | 250kN ( 25 Ton ) dingil basıncının geçildiği durumlarda.                                 |
| f      | 0      | Alt temel kalitesi P3 olan tüm V<160 Km/s hatlar için.                                   |
|        | +0,05  | Alt temel kalitesi P2 olan tüm yüksek hızlı hatlar için.                                 |
| g      | +0,02  | Alt temel sınıfı QS1 ve QS2 durumunda Jeotekstil kullanımı için.                         |
|        | 0      | Alt temel sınıfı QS3 olması durumunda jeotekstil kullanılmayacaktır.                     |

Bu hesaplamalarda UIC standartlarına göre günlük trafik yüküne bağlı olarak demiryolu hatlarının sınıflandırması esas olarak kullanılmıştır. Tablo 5.8 de bu sınıflandırma gösterilmektedir. Proje hızın fazla olması(  $V > 160\text{km/s}$  ), yük ve yolcu trenlerin aynı hat üzerinde işletileceğinden bu hat UIC 1 sınıfına girmektedir, [5].

Tablo 5.8 UIC standartlarına göre demiryolu hatlarının sınıflandırılması.(UIC 714 )

| UIC GRUPLARI | GÜNLÜK TRAFİK YÜKÜ<br>(x1000 ton) |
|--------------|-----------------------------------|
| 1            | >120                              |
| 2            | 120 - 85                          |
| 3            | 85 - 50                           |
| 4            | 50 - 28                           |
| 5            | 28 - 14                           |
| 6            | 14 - 7                            |
| 7            | 7 – 3,5                           |
| 8            | 3,5 – 1,5                         |
| 9            | <1,5                              |

Bu hesaplamada taban malzemesinin göreceli olarak zayıf QS1 ve alt temel sınıfının da P2 olduğu varsayılmış olup uygulamada daha iyi taban koşullarının yaratılması durumunda güvenli tarafta kalacaktır.

$$e(m) > 0,55 + 0 + (-0,05) + 0 + 0,05 + 0,05 + 0,02 \quad (6.2)$$

$$e > 0,62\text{m}$$

|                              |        |
|------------------------------|--------|
| Balast kalınlığı             | =0,30m |
| Alt balast kalınlığı         | =0,30m |
| Jeotekstil                   | =0,02m |
| Alt temel tabakası kalınlığı | =0,35m |

Uygulama sırasında alt temel malzemesi QS3 malzeme olmasından dolayı jeotekstil kullanımına gerek kalmamıştır. Bu nedenle;  $e > 0,60$  m olarak uygulanmıştır.

## 5.2 UIC ile KGM Şartnamelerinin Uygulama Kriterlerin Karşılaştırması.

KGM Şartnamesine göre yol tabanının üst 40-50 cm'lik kesiminde yaş CBR değeri %10'dan az olmayacaktır. Bu koşul alt temel malzemesi için geçerlidir. KGM-MW, [3] şartnamesi ise alt temel için (capping layer) üç koşul öngörmektedir.

- i- Kalınlık en az 500 mm olmalıdır
- ii- Yaş CBR değeri en az % 15 olmalıdır.
- iii- Alt temel altındaki taban malzemesinin yaş CBR değeri en az % 3 olmalıdır.

Raylı sistem alt yapısının KGM şartnamesine göre yapılması durumunda, yukarıdaki 1. Alternatif ile karşılaştırıldığında, alt temel kalınlığı 35cm'den 40-50 cm ye arttırılacaktır. Buna karşılık yaş CBR değeri olarak %10 ile %15 arasında verebilecek bir malzeme kullanılabilir. Tablo 5.4 incelendiğinde istenen %10 - 15 yaş CBR değerlerinin A-2-6, A-2-7, A-6 ve A-7-5 gibi siltli killi malzemeler ile sağlanabileceği görülmektedir. Diğer bir deyişle KGM şartnamesi bu malzemelerin alt temel malzemesi olarak kullanılmasına izin vermektedir.

UIC şartnamesi esas alınarak önerilen yukarıdaki 2. alternatif ise alt temel için 35cm kalınlık önermekte, ancak bu tabakanın teşkilinde kullanılacak malzeme için ince malzeme oranı ( $< 0,06\text{mm}$ ) %5 den az olan granüler dağılıma sahip QS3 malzeme önermektedir. Bu malzeme AASHTO sınıflamasında en kaliteli dolgu malzemesine karşı gelen A-1-a malzemesinden daha iyi bir dolgu malzemesidir ve beklenen CBR değerleri % 40 değerinin daha üstündedir. Diğer bir deyişle KGM, UIC ile karşılaştırmasında, alt temel kalınlığı minimum 5-10 cm arttırılmakta, diğer taraftan UIC de öngörülen dolgu malzemesi kalitesinden (QS3) daha düşük kalitede malzemeler kullanılmasına müsaade edilmektedir. Fakat KGM şartnameleri karayolu yapımı için hazırlanmıştır. Karayollarındaki yükler ve yük aktarımları

demiryollarından farklıdır. Bu nedenle karayollarında tabaka kalınlığı artırılıp malzeme kalitesi düşürülmesi demiryolu uygulamaları ile örtüşmemektedir. Bu iki sistemin kıyaslaması Tablo 5.9 da gösterilmiştir.

Tablo 5.9 KGM ve UIC Kriterlerinin karşılaştırması.

| TABAKA    |                       | KGM               | UIC                                           |
|-----------|-----------------------|-------------------|-----------------------------------------------|
| Üstyapı   | Balast + Alt-Balast   | -                 | -                                             |
| Alt Temel | Tabaka kalınlığı( cm) | 40 – 50           | 35 ( QS3 ) – 50 ( QS2 )                       |
|           | Malzeme özellikleri   | A-2-7, A-4, A-7-5 | QS3=A-1-a İnce malzeme oranı %5 az, QS2=A-1-a |
|           | CBR                   | %10-15            | %40                                           |
| Taban     | CBR                   | >%3               | >%5                                           |

### 5.3 Yarmalar

Yarmalarda zemin mukavemeti, drenaj koşulları, yeraltı suyu durumu ve şev eğimleri yarma şevlerinin durabilitesini etkileyen en önemli parametrelerdir.

Yarma kesitleri yüzeysel suların toplanması için gerekli drenaj hendeklerinin yerleştirilebilmesi için yeteri kadar geniş olmalıdır. Bunun mümkün olamadığı hallerde derin drenaj sistemleri uygulanabilecektir. Yarmalarda yeraltı suyunun mevcudiyeti şev stabilitesini olumsuz yönde etkileyip şev kaymalarına sebep olabilmektedir. Bu durumda yeraltı suyu basıncının düşürülmesi amacıyla şev tepesinde ve palyelerde drenaj hendekleri, şev yüzeylerinde yatay drenajlar uygulanmıştır.

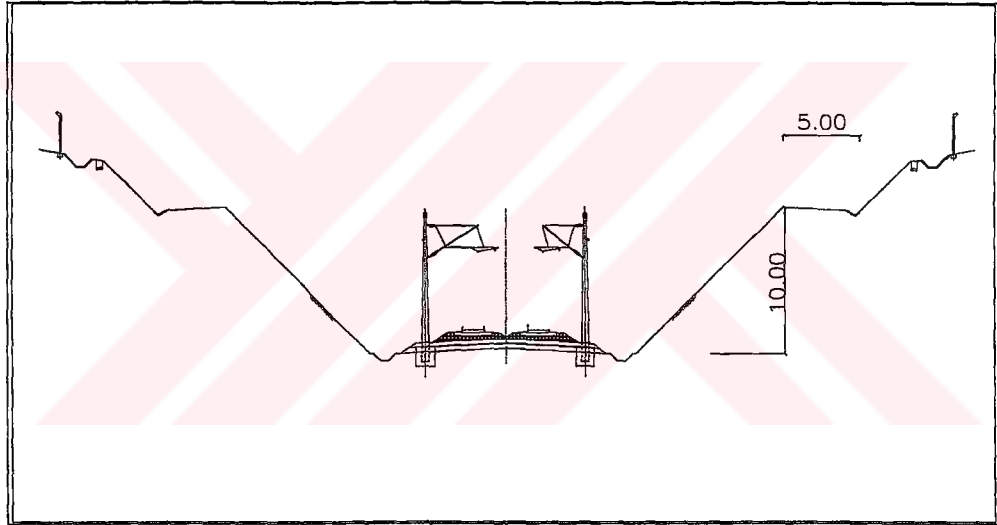
Şev tasarımında Bishops Basitleştirilmiş Dilim Metodu kullanılmıştır. Analizlerde şevlerin uzun ve kısa dönem ile deprem durumundaki güvenlik durumu rapor edilmiştir. Analizlerde yeraltı suyunun oluşturacağı su basınçları dikkate alınmıştır. Yarma şevleri tasarımında kritik kayma yüzeylerinde aşağıdaki minimum güvenlik sayıları sağlanmıştır.

Uzun dönem, statik :FS > 1,50 (pik kayma dayanımı parametreleri kullanılarak)

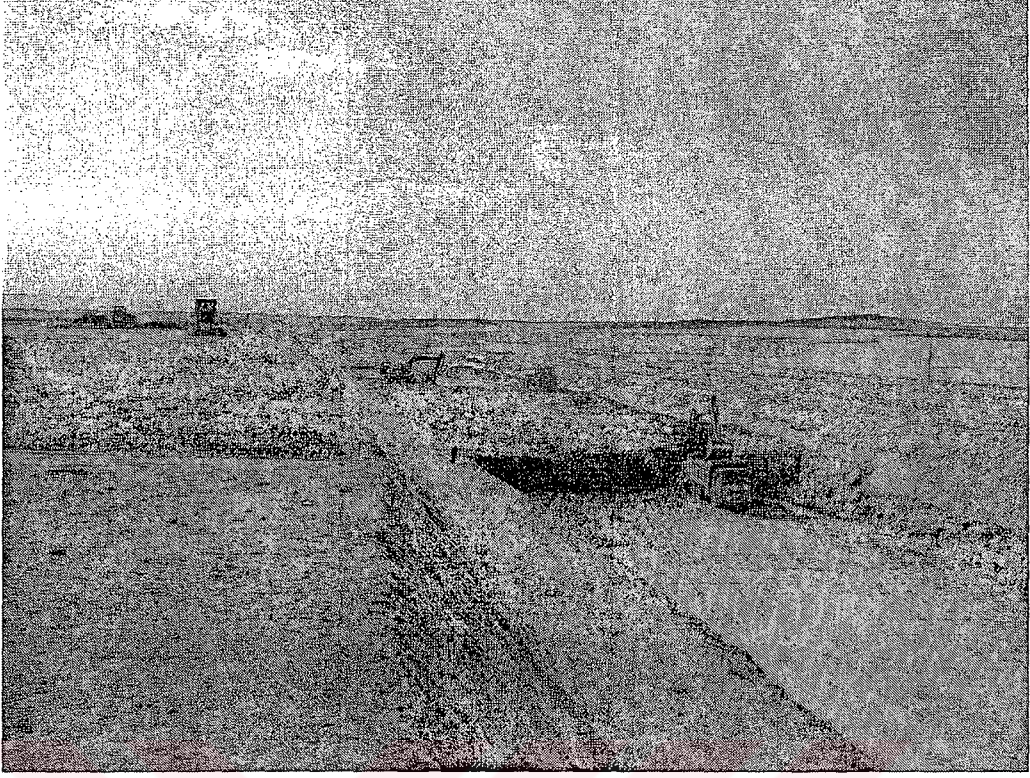
Deprem durumunda :FS > 1,01 (bulunulan deprem bölgesine göre seçilecek eşdeğer yatay yük katsayısı kullanılarak)

Analizlerde yeraltı suyu basınçları, su seviyesinin şev içerisindeki konumunu gerçekçi bir şekilde yansıtacak boşluk suyu basıncı parametresi kullanılarak dikkate alınmıştır. Şev analizlerinde kullanılacak zemin kayma dayanımı parametreleri laboratuvar deney sonuçlarından ve/veya kayma mukavemeti ile arazi deneyleri sonuçları arasında verilen uluslararası kabul görmüş korelasyonlarından yararlanılmıştır. Deprem durumunu yansıtan şev stabilitesi analizlerinde toplam gerilme veya deprem durumunda ortaya çıkacak boşluk suyu basınçlarını dikkate alan efektif gerilme analizleri kullanılmıştır.

Yükseklikleri 15 m yi aşan yarma şevlerinde 10m yükseklikle 5m genişliğinde Şekil 5.5 ve 5.6 da gösterildiği gibi palıye imal edilmiştir.



Şekil 5.4 Yarmalarda palıye uygulaması



Şekil 5.5 Palye uygulaması yapımını gösteren saha fotoğrafı. ( Km 375+800 Beylikova kesimi 26-09-2004)

### 5.3.1 Kohezyonsuz Zeminlerde Yarmalar ( Kumlar )

KGM-SDG şev dizayn şartnamesinde önerildiği şekli ile yarma şevlerinde aşağıdaki genel yaklaşımlar uygulanmıştır,[4].

Plastik olmayan kohezyonsuz zeminler:

İzafi sıkılık, birleştirilmiş toprak sınırlandırma grup sembolü ve yeraltı suyu konumuna bağlı olarak:

1Y : 1D ile 4Y : 1D aralığında şev eğimleri seçilmiştir.

Kısmen plastik kohezyonsuz zeminler:

SPT direnci, plastisite indisi, yarma yüksekliği ve yeraltı suyu durumuna bağlı olarak.

1Y: 1D ile 3.5Y: 1D aralığında şev eğimleri seçilmiştir.

### 5.3.2 Kohezyonlu Zeminlerdeki Yarmalar ( Silt ve Killer)

Standart Penetrasyon ( SPT ) direnci ve yarma yüksekliğine bağlı olarak KGM-SDG de verildiği şekli ile kohezyonlu zeminlerdeki yarma şevleri,[4].

3Y : 2D ila 4Y : 1D aralığında seçilmiştir.

Şev stabilite analizleri için gerekli olan SPT değerleri Tablo 5.10 da verilmiştir.

Tablo 5.10 Şev stabilite analiz tablosu.

| YARMA YÜKSEKLİĞİ                                      | SPT DİRENCİ, N |
|-------------------------------------------------------|----------------|
| >3m                                                   | <20            |
| > 9m                                                  | 5-20           |
| >5m                                                   | 2-5            |
| N: SPT deneyinde kullanılan şahmerdanın darbe sayısı. |                |

### 5.3.3 Kaya Yarmalar

Kaya yarmalarında şev stabilitesi analizlerinde tabaka eğim ve doğrultuları, çatlak sistemleri, faylanmalar dikkate alınmıştır. Şev stabilitesi hesaplarında kinematik analiz veya kaya koşullarının uygun olması durumunda dilim metodu kullanılabilir. Bu analizlerde kayma yüzeylerinin süreksizlik sistemleri boyunca oluşacağı göz önünde tutulmuştur. Analizlerde kullanılacak mukavemet parametreleri süreksizlik sisteminin özelliklerine göre seçilmiştir. Çatlaklı ayrılmış kayalarda kohezyon değeri ihmal edilmiş veya küçük bir değer olarak alınmıştır.

Kaya yarmalarında yeraltı suyu olması kayma dayanımı parametrelerinin azalması ve donma-çözülme olayları sonucunda oluşan boşluk suyu basınçları şev stabilitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu nedenle suyun mümkün olduğunca kaya zeminli şev bölgelerinden uzaklaştırılması gerekmektedir. Bu amaçla drenaj hendekleri, gerek duyulması durumunda şev yüzeyine yatay dren teşkili gibi uygulamalara başvurulmuştur.

Yüksekliği 15m yi geçen yarmalarda şev stabilitesi analizleri ve palye uygulaması yapılmıştır. Kaya şevlerinin projelendirilmesinde 15m den daha az olan yarmalar için KGM-SDM şartnamesinde önerilen şev kriterleri kullanılmıştır. Bu kriterler Tablo 5.11 de verilmiştir.

Tablo 5.11 KGM – SDM şartnamesinde verilen kaya zeminli yarmalar için şev eğimleri.

| YARMA<br>YÜKSEKLİĞİ                     | ŞEV EĞİMİ<br>(YAS YOK) | ŞEV EĞİMİ<br>(YAS VAR) |
|-----------------------------------------|------------------------|------------------------|
| 5 m                                     | 1Y:5D ila 1Y:2D        | 1Y:5D ila 2Y:3D        |
| 10 m                                    | 1Y:5D ila 2Y:3D        | 1Y:5D ila 3Y:4D        |
| 15 m                                    | 1Y:5D ila 2Y:3D        | 1Y:5D ila 3Y:4D        |
| YAS : Yeraltı suyu, Y: Yatay , D: Düşey |                        |                        |

Kaya yarma bölgelerinde uygulanan şev eğimlerinde meydana gelebilecek kaya düşmelerinin herhangi bir tehlike yaratmaması için yarma şevi hendek genişliği ve derinlikleri şev yüksekliğine bağlı olarak KGM-SDM şartnamesinde verilen esaslara göre seçilmiştir.

#### 5.3.4 Su Sızıntısı Olan Yarma Bölgeleri

Yarma şevi yüzeylerinde su gelişi ve buna bağlı olarak erozyon ve lokal stabilite bozuklukları izlenmesi durumunda, şev yüzeyindeki ıslanmış ve gevşemiş malzeme sıyrılarak ve 30 mm-200 mm gradasyonunda ince malzeme (< 0.075mm) oranı %5 ten fazla olmayan bir malzeme ile kaplanıp ve tokmaklama veya benzer bir yöntemle sıkışması sağlanmıştır.

Yarma şevlerinden kütleli kaymalara neden olabilecek düzeyde yoğun su gelişi olması durumunda yatay dren uygulaması ile yeraltı suyu seviyesinin düşürülmesi veya şevlerin istinat yapıları ile desteklenmesine gerek duyulmuştur.

#### 5.3.5 Yarma Tabanları

Yarma tabanının fiziksel özellikleri Tablo 5.12 de verilen değerleri sağlaması göz önünde bulundurulmuştur. Bu fiziksel özellikler projede bulunan tüm yarma

imalatlarında kontrol edilerek yarma tabanları imal edilmiştir. Ek-8 de 1b bölümünde bulunan yarmalarda yapılan test sonuçları verilmiştir. Yarma tabanı Tablo 5.12 da belirtilen fiziksel özellikleri sağlamıyorsa yarma tabanları 50 cm kadar kazılarak yerine uygun malzeme dolgu kriterlerine uygun olarak imalat yapılmıştır.

Tablo 5.12 KGM şartnamesine göre yarma tabanın sahip olması gereken fiziksel özellikler.

| DENEY ADI                                      | LİMİT DEĞER             |
|------------------------------------------------|-------------------------|
| Likit limit ( LL)                              | <70                     |
| Plastisite indisi ( PI )                       | <40                     |
| Kuru birim hacim ağırlık<br>(Standart Proktor) | >1,450 t/m <sup>3</sup> |

#### 5.4 Dolgular

##### 5.4.1 Dolgu Malzemeleri

KGM şartnamesine göre: bitkisel toprak, ağaç, çalı kök ve benzeri organik malzemeler, kömür, kömür tozu gibi yanıcı maddeler, bataklık veya suyla doymun hale gelmiş killi ve marnlı zeminler, inşaat atıkları gibi maddeler, suyla kolayca ufalanarak oturmaları neden olacak malzemeler, karlı, buzlu ve donmuş topraklar, ağırlıkça %20 den fazla jips içeren malzemeler dolgularda kullanılmayacaktır.

KGM şartnamesine göre dolgu malzemeleri aşağıda verilen şartları sağlayacaktır.

Likit Limiti  $LL < 70$

Plastisite İndeksi  $PI < 40$

Maksimum kuru birim hacim ağırlık  $> 1,450 \text{ t/m}^3$

KGM şartnamesinde değişik tür dolgu malzemeler aşağıdaki şekilde sınıflandırılmıştır.

Kil ve killi malzemeler: AASHTO sınıflama sistemine göre A-6, A-7 ve 0,075mm elekten geçen kısmı %20 den fazla olan A-2-6 ve A-2-7 grubu killi zeminlerdir,[10].

Silt ve siltli malzemeler : AASHTO sınıflama sistemine göre A-4 ve A-5 grubu malzemelerdir.

Granüller malzemeler : AASHTO sınıflama sistemine göre A-1, A-3, A-2-4. A-2-5, ile 0.075mm elekten geçen kısmı %20 den az olan A-2-6 ve A-2-7 grubu malzemelerdir.

Molozlu dolgular: İçerisinde %50 den fazla miktarda 75-300mm boyutlarında taneler içeren dolgulardır.

UIC şartnamesinde yukarıda yapıldığı gibi detaylı dolgu malzemeleri irdelenmiştir. Bu tür detaylı açıklamalar imalat sırasında karşılaşılan sorunların çözümüne yardımcı olmaktadır.

Raylı sistem trafiği tarafından zemine aktarılacak yüklerin ray kotundan 4m aşağılara kadar intikal edeceği bilinmektedir,[8]. Bu nedenle KGM tarafından önerilen, dolgu malzeme kalitesinin bir miktar daha iyileştirilmesine gerek duyulmaktadır,[1]. Ray kotunun 4m altındaki bölgede kullanılacak malzemelerin Tablo 5.13 deki özellikleri taşınması gerekli olacaktır,[8]. Yarmalardan veya ödünç sahalarından alınan ve projede dolgu yapımı için kullanılan malzemeler düzenli aralıkla laboratuvar testlerine tabi tutularak Tablo 5.13 deki özelliklere haiz olmasına dikkat edilmiştir. Projenin çoğu kesimin de yarmalardan çıkan malzemeler dolgularda kullanmaya uygun özelliklere sahip değildir. Bu nedenle dolgulara yakın bölgelerde ariyet – ödünç ocakları kurulmuştur.

Tablo 5.13 Yol tabanı yapımında kullanılan malzemelerin fiziksel özellikleri.

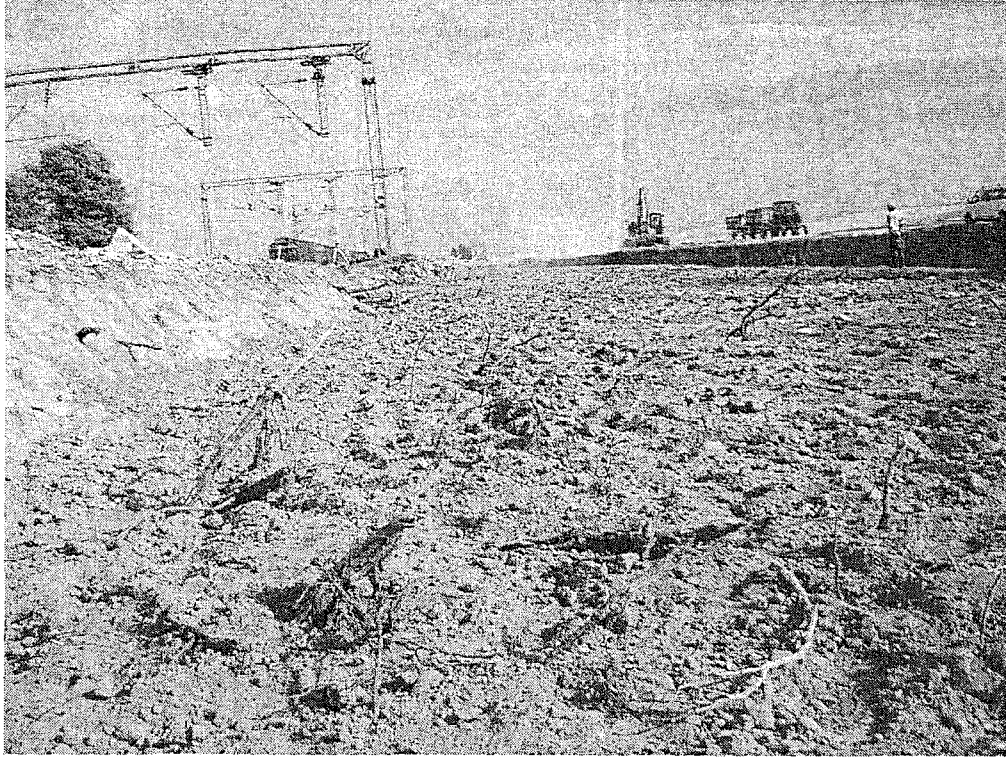
| FİZİKSEL ÖZELLİKLER       | LİMİT DEĞERLER           |
|---------------------------|--------------------------|
| Likit limiti LL           | <40                      |
| Plastisite İndeksi PI     | <10-12                   |
| Kuru birim hacim ağırlık  | > 1,650 t/m <sup>3</sup> |
| CBR                       | > %3                     |
| Maksimum dane çapı        | 300mm                    |
| Cu – Uniformluk katsayısı | > 6,                     |
| Cc – Eğrilik katsayısı    | 1<Cc<3                   |
| Su emme                   | < %2,5                   |

#### 5.4.2 Ödünç sahaları ( Ariyet ocakları )

Jeolojik araştırmalar sırasında malzeme ocağı araştırmaları da yapılmıştır. Farklı yerlerde açılan araştırma çukurlarından numuneler alınmış, laboratuvar deneyleri ile dolguda kullanıma uygunluk araştırılmıştır. Bu araştırma sırasında Tablo 5.13 de verilen fiziksel özellikler kontrol edilmiştir. Bu çalışmaların sonunda, malzeme sahaları belirlenmiştir. Ek-9 da ödünç sahalarında yapılan testlerin sonuçları verilmiştir.

#### 5.4.3 Dolgu Tabanının Hazırlanması

Dolgu tabanında zemin yüzeyi kök ve organik maddeler sıyrıldıktan sonra üst 15cm gevşetilerek sıkıştırma kriterlerini sağlayacak şekilde yeniden sıkıştırılmıştır. Şekil 5.6 de ağaç kökleri bulunan zeminin değiştirilme işleminden bir fotoğraf verilmiştir. Kış sezonunda yapılan dolgu inşaatlarında yüzeydeki kar ve buzlar sıyrılmıştır. Donmuş yüzeyler oluşmuş ise dolgu işlemi don çözülünceye kadar beklenmiştir. Bu nedenle projenin tüm kesimlerinde kış sezonlarında dolgu yapılmamıştır.



Şekil 5.6 Çardakbaşı ( Km 365+350 ) bölgesinde ağaç kökleri bulunan dolgu zeminin değiştirilmesine dair fotoğraf. (20-10-2004 )

#### 5.4.4 Gevşek Zeminler

KGM-MW de belirtildiği şekliyle gevşek zeminlerin dolgu tabanında yer aldığı durumlarda Şekil 5.8 de olduğu gibi dolgu tabanının yüzeyi 150 – 400 mm lik danelerden oluşan (150 mm den küçük danelerin %10 u aşmaması koşulu ile) kaya dolgu malzemesi yüzeye serilip, uygun bir silindirle sıkıştırılarak kaya dolgu malzemesinin bataklık zemin içerisine gömülmesi sağlanmış, gömülme işlemine stabil bir dolgu taban yüzeyi elde edilinceye kadar devam edilerek daha sonra dolgu oluşturulmuştur.



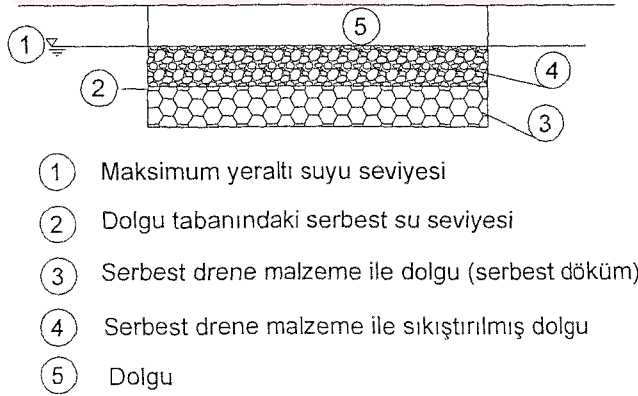
Şekil 5.7 Yeraltı su seviyesinin yüzeye yakın geçtiği Çavlum bölgesinden saha fotoğrafı (Km:332+500 )

Eğer dolgu tabanındaki sıyırma işleminden sonra göllenme oluşan dolgu tabanlarında her iki tarafına 1 m derinlikten az olmamak kaydıyla drenaj hendekleri açılmış ve dolgu tabanı kurutulmuştur. Bunun mümkün olamadığı koşullarda dolgu tabanına Tablo 5.14 de gradasyonu verilen “serbestçe drene olabilen” malzeme sıkıştırmaksızın serilmiş ve su seviyesinin üzerine çıkılınca dolgu işlemine devam edilmiştir.

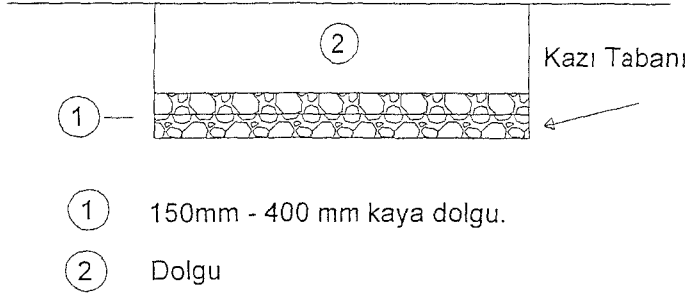
Tablo 5.14 Serbestçe drene olur malzeme özellikleri (KGM - DH)

| ELEK AÇIKLIĞI | GEÇEN MALZEME YÜZDESİ |
|---------------|-----------------------|
| 76 mm         | 100                   |
| 38 mm         | 70-100                |
| 19 mm         | 40-100                |
| 9,5 mm        | 20-70                 |
| 4,75mm        | 0-40                  |
| 2,38 mm       | 0-12                  |
| 0,074mm       | 0-3                   |

Dolgu inşa edilecek bölgede taşkın veya göllenme nedeniyle su birikintileri oluşma potansiyeli olan bölgelerde dolgunun su ile temas edebileceği alt seviyeleri oluşabilecek maksimum su seviyesinin en az 50cm üzerine kadar serbestçe drene olur malzeme ile teşkil edilmiştir. Mevcut taban suyunun üzerindeki imalatlarda serbestçe drene olur malzeme kaya dolgu sıkıştırma kriterlerini sağlayacak şekilde sıkıştırılmıştır. Bu uygulamalar Şekil 5.9 ve Şekil 5.10 de gösterilmektedir. Ayrıca Çavlum bölgesinde yapılan çalışmadan alınan fotoğraf Şekil 5.11’de verilmiştir.



Şekil 5.8 Kazı sonrası dolgu tabanında göllenme olması durumundaki inşaat yöntemi.



Şekil 5.9 Gevşek Dolgu tabanında inşaat yöntemi



Şekil 5.10 Çavlum bölgesinde yapılan ıslah çalışmalarından bir fotoğraf.

#### 5.4.5 Sıkıştırma kriterleri

Tüm dolgular istisnasız olarak katmanlar halinde serilerek sıkıştırılmıştır. Kullanılan sıkıştırma makinesinin tip ve kapasitesi dolguya başlamadan önce yapılan deneme kesiminde tespit edilmiştir. Sıkıştırma işlemi statik çizgisel yükü 30 kg/cm az olmayan vibrasyonlu düz bandajlı silindirlerle 20-30 cm'lik tabakalar halinde yapılmıştır. Silindir kapasitesi artırılarak sıkıştırılma tabaka kalınlığının (30-40 cm) artırıldığı durumlar olmuştur. Sıkıştırma sırasında malzemenin su içeriği, Standart Proktor metodu ile bulunun optimum su içeriğinin  $\pm 2$  tolerans değeri ile sağlanmıştır.

Aşağıdaki değerler elde edilinceye kadar sıkıştırma işlemi devam etmiştir.

#### **Yol Tabanı ( Sıkıştırılmış dolgu )**

Deformasyon modülü (yükleme plakası deneyi):

İnce daneli dolgularda:  $E_{v2} > 45 \text{ MPa}$  olmalıdır.

Kumlu çakıllı dolgularda:  $E_{v2} > 60 \text{ MPa}$  olmalıdır.

**Ev2:** Plaka yüklemeye deneyinde ikinci yüklemeye fazındaki deformasyon modülü,[5].

**Yoğunluk:** Modifiye Proktor deneyindeki maks. kuru birim hacim değerinin %95 i olmalıdır.

Sıkıştırma katman kalınlığı maks. 25 cm ( sıkıştırmadan sonra ölçülen ) olmalıdır.

**Su oranı** = Modifiye Proktor deneyindeki optimum su oranının  $\pm 2\%$  toleransı ile sağlanmalıdır.

#### **Alt temel tabakası**

Deformasyon modülü ( plaka yüklemeye deneyi )

$E_{v2} > 80 \text{ MPa}$  olmalıdır.

**Yoğunluk:** Modifiye Proktor deneyindeki maks. kuru birim hacim değerinin %100'ü sağlanmalıdır.

Sıkıştırma katman kalınlığı maks.. 25 cm (sıkıştırmadan sonra ölçülen) olmalıdır.

**Su oranı** = Modifiye Proktor deneyindeki optimum su oranının  $\pm 2\%$  toleransı ile sağlanmalıdır

#### **Alt-Balast**

Deformasyon modülü ( plaka yüklemeye deneyi )

$E_{v2} > 120 \text{ MPa}$  olmalıdır.

$E_{v2}/E_{v1} < 2,2$  olmalıdır.

**Ev1:** Plaka yüklemeye deneyinde birinci yüklemeye fazındaki deformasyon modülü,[5].

**Yoğunluk:** Modifiye Proktor deneyindeki maks. kuru birim hacim değerinin %100 i sağlanmalıdır.

Dolgular da yapılan bu sıkıştırma tabakalarından alınan numuneler üzerinde laboratuvar deneyleri yapılarak tabakanın uygun sıkıştırma değeri kontrol altında tutulmuştur.

Şekil 5.12 de kum konisi deneyine ait fotoğraf verilmiştir. Kum konisi deneyi ile zeminin sıkışma oranı tespit edilmektedir. Sıkıştırma tabakaları arasında bu deney yapılarak tabakanın sıkışma oranı tespiti yapılarak bir sonraki tabakaya devam edilmiştir. Eğer tabaka sıkıştırma değerini vermiyorsa işleme devam edilmiştir.



Şekil 5.11 Kum konisi metodu ile sıkışma oranı tayini.

#### 5.4.6 Yaklaşım dolguları

Demiryolu hattını enine kesen menfez, viyadük, alt geçit veya kanal vb. betonarme yapıların dolgu tarafında kalan kısımlarında farklı oturma risklerini azaltmak amacı ile granüler malzeme çimento ile karıştırılarak serilip sıkıştırılmıştır.

KGM-MV de belirtildiği şekliyle yaklaşım dolgu malzemeleri aşağıdaki gradasyon özelliklerine sahip olması sağlanmıştır.

Yaklaşım dolgu malzemesi 125mm den daha iri dane içermeyecek,  
75mm den küçük danelerin oranı %90 dan az olmayacak,

0.075mm den geçen danelerin oranı %10'u aşmayacaktır

Malzeme % 0,2 den fazla sülfat iyonu içermeyecek, aksi taktirde betonu koruyucu önlemler alınacaktır. Yapılarda sıkıştırılarak teşkil edilecek yaklaşım dolgusu malzemeleri; kum, çakıl, kırmataş gibi malzemelerden veya bunların karışımından oluşacaktır.

Temel dolgularında maksimum dane boyutu 100 mm olup, dolgu malzemesi serbest drene olur özelliği taşıyacak ve suya hassas ( su ile temasta dağılan) olmayacak ve içsel sürtünme açısı 40 dereceden az olmayacaktır,[3].

Yaklaşım dolguları tabakalar halinde imal edilmiştir. Tabaka kalınlığı 25 cm geçmemiştir. Sıkıştırma işlemi çimento karışımı döküldükten itibaren 1 saat içinde yapılmıştır ve %95 modifiye proktor yoğunluğu 4 saat içerisinde sağlanmıştır. Deformasyon modülü 160Mpa olması sağlanmıştır.

#### **5.4.7 Dolgu şevleri**

Dolgu şevleri şev stabilitesi analiz sonuçlarına göre projelendirilmiştir. Yüksekliği Stabilite analizlerinde aşağıdaki minimum güvenlik sayıları aranmıştır. Tablo 5.15 de granüler malzemeli dolgular için güvenli şev eğimleri verilmiştir. 10 m yi aşan dolgularda her 10 m yükseklikte bir adet olmak üzere 5m genişliğinde palyeler teşkil edilecektir.

#### **Dolgu İçi stabilite :**

Uzun dönem (efektif parametreler) FS > 1,5

Deprem durumu FS > 1,01

#### **Genel stabilite:**

Kısa dönem FS > 1,3

Deprem durumu FS > 1,01

FS: Güvenlik katsayısı

KGM-SDG de önerildiği şekliyle yüksekliği 15 m yi geçmeyen kohezyonsuz malzemelerden oluşturulmuş dolgularda, göreceli olarak yumuşak/gevşek taban zemini koşullarında genel stabilitenin tahkik edilmesi koşulu ile, aşağıdaki şev eğimlerinin güvenli olduğu kabul edilmiştir, [4].

**Tablo 5.15** Granüler malzemeli dolgular için güvenli şev eğimleri

| MALZEME                   | ŞEV EĞİMİ(YAS YOK) | ŞEV EĞİMİ(YAS VAR) |
|---------------------------|--------------------|--------------------|
| Kaya dolgu                | 1Y:1D              | 3Y:2D              |
| Kum ve çakıl              | 3Y:2D              | 2Y:1D              |
| Siltli killi kum ve çakıl | 2Y:1D              | 3Y:1D              |
| Y: Yatay, D: Düşey        |                    |                    |

**Kohezyonlu malzeme şevleri:**

Yüksekliği 13 m den fazla olan yeraltı suyu içermeyen dolgularda ve 9m den daha yüksek yeraltı suyu içeren dolgularda detaylı stabilite analizleri yapılması koşulu ile aşağıdaki şev eğimleri güvenli kabul edilmiştir. Tablo 5.16 de kohezyonlu malzemeli dolgular için güvenli şev eğimleri verilmiştir.

**Tablo 5.16** Kohezyonlu malzemeli dolgular için güvenli şev eğimleri

| Malzeme               | Şev Eğimi(YAS yok) | Şev eğimi ( YAS var) |
|-----------------------|--------------------|----------------------|
| Siltli killi kumlar   | 2Y: 1D             | 2Y:1D- 2,5Y:1D       |
| Siltli killi ince kum | 2Y: 1D – 2,5Y :1D  | 2Y:1D -2,5Y:1D       |
| Plastik silt ve kum   | 2Y: 1D – 2,5 Y; 1D | 2Y:1D -3Y:1D         |

**5.4.8 Oturmalar**

Sıkışabilir taban zeminine oturan dolgularda, oturma analizlerinde dolgu gövdesindeki ve temel zeminindeki *oturmalar bir arada dikkate alınmıştır*. Oturma zaman ilişkileri laboratuvar deneylerinden elde edilen konsolidasyon katsayıları kullanılarak tahmin edilmiş ve konsolidasyon oturmalarının proje zaman sınırlamaları içerisinde tamamlanacağı gösterilmiştir.

Ancak laboratuvar konsolidasyon katsayısı kullanılarak yapılan oturma - zaman ilişkisi tahminlerinin konsolidasyon zamanını gerçeğinden daha uzun verdiği jeoteknik mühendisliği uygulamalarında bilinen bir gerçektir. Bunun nedeni boşluk suyu basınçlarının beklenenden çok daha kısa surede sönümlenmesi, dolayısıyla konsolidasyon zamanını önemli ölçüde azaltmasıdır. Bu nedenle gerçek oturma-

zaman ilişkilerinin deneme dolgularında yapılacak oturma ölçümlerini metodu kullanarak belirlenmesi yöntemi uygulanmıştır. Bu husus KGM-DH, [2] şartnamesinde "Oturma hesapları sonucu bulunan değerler kesin olmayıp bir tahmin olarak düşünülmelidir. Bu toplam oturma miktarı için olduğu kadar oturma-zaman ilişkisi içinde geçerlidir." uyarısı yapılmıştır. Oturma analizleri hattın trafiğe alınması sonrasında oluşabilecek oturmaların klasik hat bakım yöntemleri ile giderilebilecek mertebelerde olduğunu ortaya koymalıdır.

Yüksekliği 3 m yi aşan ve sıkışabilir zeminler üzerine oturan ve oturmalar açısından kritik kabul edilebilecek dolgularda oturma mertebeleri ve oturmanın tamamlanma süreleri ile ilgili değerlendirmeler arazide yapılan oturma ölçümleri sonuçlarına göre yapılmıştır. Kademeli inşaat yöntemi gerekli görülen dolgularda inşaat aşamaları deneme dolgularında yapılan oturma gözlemlerinin değerlendirilmesi sonucunda belirlenmiştir. Oturma ölçümlerinde Şekil 5.13 de gösterilen oturma plakası kullanılmıştır. Hat boyunca dolgulara yerleştirilen oturma plakalarından alınan kot okumaları ve hesaplanan oturmalar haftalık periyotlar ile ölçülmekte ve kaydedilmektedir.



Şekil 5.12 Oturma plakasının dolgu gövdesine yerleştirilmesi. ( Km 440+020 Sazılar mevkii 09-03-2005 )

#### 5.4.9 Zayıf Tabanın İyileştirilmesi

Zayıf taban zemininin olması durumunda bu malzemenin belli bir derinliğe kadar sıyrılarak yerine sıkıştırılmış granüller bir dolgu teşkili en yaygın olarak kullanılan bir iyileştirme yöntemidir. Gerekli granüller dolgu kalınlığının belirlenmesinde

İngiliz demiryolları idaresi tarafından da kullanılan metotta tren dingil yükü, dinamik yükleme etkisi ve taban zemini mukavemeti değerleri hesaplamalarda esas alınmaktadır.

Bu metodun esas aldığı deneysel bulgulara göre dinamik trafik yükleri altında oluşan kalıcı plastik deformasyon birikimi iki kategoride değerlendirilmelidir. Bunlar,

1- Deformasyonlar artan bir hızla gelişerek göçmeye neden olur.

2- Deformasyonlar yavaşlayan bir hızla gelişip denge haline erişerek durur.

Bu iki mekanizmayı birbirlerinden ayıran asal gerilme farkı tetikleme gerilemesi (Threshold stress) tanımlanmıştır. Tasarım prensibi en ağır trafik yükler altında tabanda oluşan gerilmeler tetikleme gerilmesine eşit veya daha az ise stabil bir altyapı oluşacağına dayanmaktadır.

Bu metotta granüller iyileştirme tabaka kalınlığı tetikleme gerilmesi değeri taban statik mukavemetinin yarısı alınarak ve trafik yükünün travers altındaki dağılımı dikkate alınarak bulunmaktadır. Tablo 5.17’de belli bir trafik yükü ve zemin tetikleme gerilemesi için travers altında gereken granüller tabaka kalınlıkları verilmektedir.

Tablo 5.17 Zayıf zeminlerde travers altında uygulanacak granüller tabaka kalınlıkları.

| TABAN MALZEMESİ | İZAFİ SIKILIK          | GRANÜLLER TABAKA KALINLIĞI ( cm) |
|-----------------|------------------------|----------------------------------|
| Çakıl           | Sıkı<br>Orta<br>Gevşek | -<br>-<br>70                     |
| Kum             | Sıkı<br>Orta<br>Gevşek | 50<br>70<br>95                   |
| Siltli kum      | Sıkı                   | 70                               |
| Killi kum       | Orta<br>Gevşek         | 95<br>130                        |
| Silt            | Sıkı<br>Orta<br>Gevşek | 95<br>130<br>200                 |

Alt temel altında yer alacak zemin iyileştirme amaçlı ilave granüller tabaka kalınlığı Tablo 5.17 de verilen toplam kalınlıklardan balast, alt-balast, alt temel kalınlıklarının çıkarılması ile bulunacaktır.

Yukarıda bahsedilen ilave granüller dolgu iyileştirmesi uygulamasına sıkıştırılmış 3m'den yüksek dolgularda gerek duyulmayacaktır.

#### **5.4.10 Altyapının Yorulma Davranışı**

Yorulma tekrarlı yükler altında malzemenin mekanik dayanımının azalmasıdır. Metal malzemelerde gerilme yorulma limit değeri üstüne çıkarsa büyük deformasyon görülmeksizin yorulma sorunu olmaktadır. Buna karşın zemindeki yorulma yükleme sayısına bağlı olarak plastik deformasyon şeklinde olur. Üç eksenli tekrarlı yükleme testleri sonucunda parametrenin kritik değerinin 0.9 civarında olduğu görülmüştür. Bu değerin üstünde plastik deformasyonlar çok hızlı bir şekilde artar.

Plastik deformasyon logaritmiktir ve pratikte belli bir yüklemeden sonra denge durumuna ulaşır. Zayıf (QS1) ve çok zayıf (QS0) zeminlerde belli şartlarda altyapı yükleme sayısına bağlı olarak büyük ve tehlikeli deformasyon artışları gösterir. Bu nedenle proje kapsamında QS1 ve QS0 malzeme hiç bir şartla kullanılmamıştır.

#### **5.4.11 Dona Dayanıklılık**

Meteorolojik verilere göre Ankara çevresinde don derinliğinin 70 - 80 cm mertebesinde olduğu bilinmektedir. Bu bölgede yapılacak uygulamalarda yeraltı suyunun mevcut olduğu veya kapilarite ile yükselebildiği yerlerde travers altındaki üst 80cm lik kesimi oluşturan tabakaların dona dayanıklı malzemeden oluşturulması gerekli olmaktadır,

KGM şartnamesine göre dona dayanıklı malzemelerin Tablo 5.18 de ki özelliklere sahip olması gerekmektedir.

**Tablo 5.18** Dona dayanıklı malzeme özellikleri.

| FİZİKSEL ÖZELLİK      | SINIR DEĞER |
|-----------------------|-------------|
| 0,075mm Elekten Geçen | < 12%       |
| Likit Limit           | < 25%       |
| Plastisite İndisi     | < 6         |
| Su Emme               | < 3%        |

Buna ilaveten dona dayanıklı malzemenin UIC şartnamesinde öngörülen aşağıdaki Casagrande kriterinde sağlaması gerekli görülmüştür,[5].

0,02mm elekten geçen malzeme oranı % 10 dan az (üniform) zeminlerde; Uniformluk katsayısı  $C_u = 5$  olmalıdır.

0,02mm elekten geçen malzeme oranı % 3 dan az (üniform olmayan) zeminlerde; Uniformluk katsayısı  $C_u = 15$  olmalıdır.

#### **5.4.12 Drenaj**

Hidrojeolojik koşulların elverişsiz konumda ve yeraltı suyunun yol altyapısını etkiler durumda olması halinde yol alt yapısının taşıma gücü değerinde bir azalma söz konusu olacaktır. Böyle hallerde drenaj hendekleri veya derin drenaj sistemleri ile yeraltı suyu seviyesinin düşürülmesi gerekecektir. Demiryolları uygulamalarında yerel koşullara bağlı olarak yeraltı suyu seviyesinin ray kotundan 0,8m ila 2,5m derinde olması öngörülmektedir,[5]. Önerilen minimum 0,8 m şartı taban malzemesinin iyi (P3), tabanın dona hassas olmadığı ve yeraltı suyunun debisinin sınırlı olduğu durumlar için geçerlidir. Genel bir prensip olarak yeraltı suyu seviyesinin taban yüzeyinden 1,2 m veya daha derinde olması uygun bir yaklaşımdır,[6].

#### **5.5 Sanat Yapıları**

Hat üzerinde aşağıda sıralanan cinslerde sanat yapıları bulunmaktadır. Bu sanat yapılarının tam listesi EK-7 da verilmiştir.

- Viyadükler
- Nehir köprüleri
- Karayolu üstgeçitleri
- Tali yol üst geçitleri
- Bölünmüş yol üst geçitleri
- Karayolu alt geçitleri
- Tali yol alt geçitleri
- Kanal geçişleri ( DSİ )

Bu sanat yapıların bir kısmının kirişleri fabrika imalatı olduğu gibi bir kısmı da yerinde imalat olmuştur. Tüm üst geçişlerin fabrika imalatı kirişler ile yapılmaktadır. Kirişlerin kalınlığı köprülerin geçtiği açıklığa göre değişmektedir. Tablo 5.19 da kullanılan kiriş kalınlıkları özetlenmiştir.

Bazı bölgelerde depremsellik hesaplarından dolayı aşağıdaki önlemler alınmıştır.

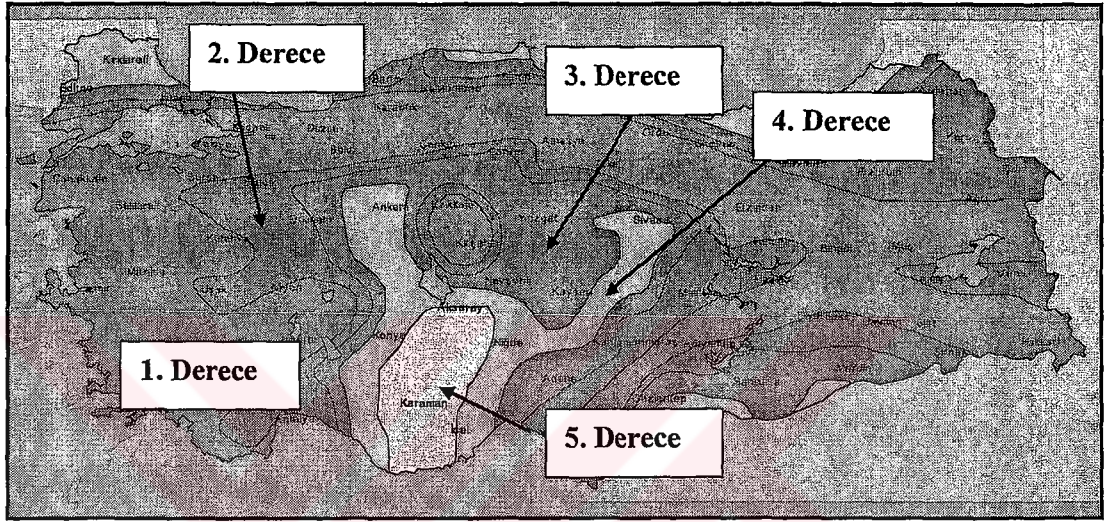
- Tüm viyadük temelleri fore kazık ile yapılmıştır.
- Üst geçişlerin kazık temelli yapılmıştır,( bazı bölgelerde normal temel de tercih edilmiştir).
- Bölünmüş yol geçişleri kazık temelli yapılmıştır.
- Nehir köprüleri kazık temelli yapılmıştır.
- Kazıkların tamamının sağlam zemine ulaşacak uzunlukta yapılmıştır.

Tablo 5.19 Sanat yapıları kiriş kalınlıkları.

| SANAT YAPISI              | AÇIKLIK            | PRECAST KİRİŞ KALINLIĞI |
|---------------------------|--------------------|-------------------------|
| Viyadükler                | 35 m               | 2.30 m                  |
| Nehir köprüsü             | 18 m + 24 m + 18 m | 1.65 m                  |
| Yol üst üstgeçişleri      | 13 m + 17 m + 13 m | 1.00 m                  |
| Karayolu üstgeçişleri     | 13 m + 17 m + 13 m | 1.00 m                  |
| Bölünmüş yol üstgeçişleri | 13 m + 17 m + 13 m | 1.00 m                  |

## 6. DEPREMSELLİK

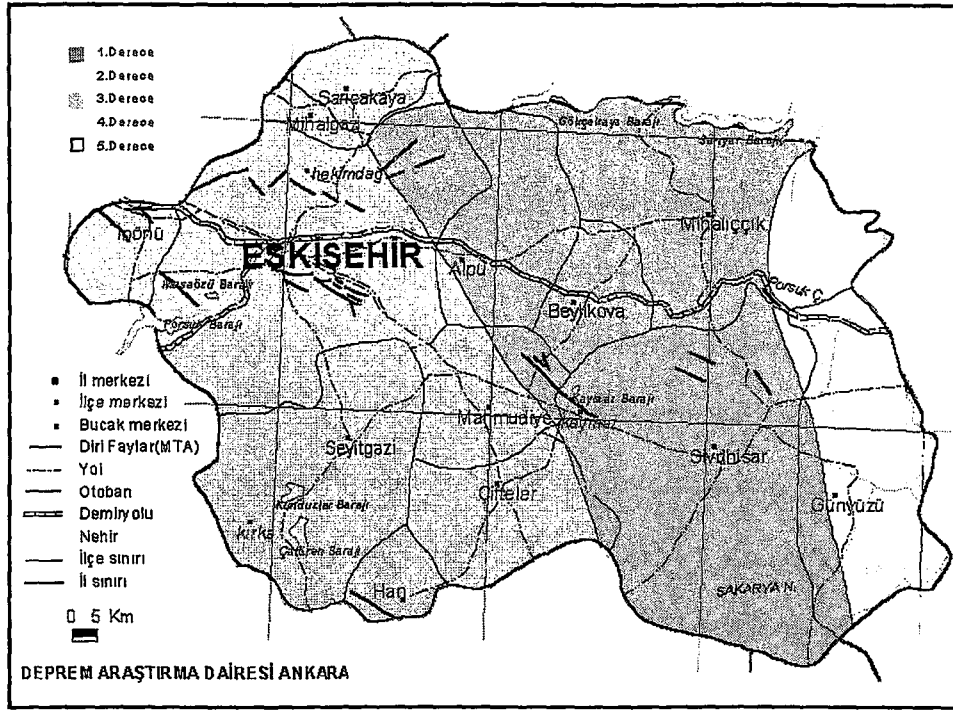
Geçkinin depremselliği de kısaca irdelenmiştir. Burada amaç, sahadaki sanat yapılarının projelendirilmesinde ve sınılaşma analizlerinde kullanılacak kriterlerin belirlenmesidir. Bölgenin genel deprem haritası Şekil 6-1de gösterilmiştir



Şekil 6.1: Deprem haritası

### Bölüm 1A ve Bölüm 1B

Bu bölüm bütünüyle Eskişehir il sınırları içinde kalmaktadır. Eskişehir deprem bölgeleri haritası Şekil 6.2 de gösterilmiştir. Bölgenin depremselliği, batıdan doğuya doğru azalmaktadır.



Şekil 6.2 Eskişehir Deprem Bölgeleri Haritası

Buna göre, geçkinin Eskişehir – Alpu arasındaki kesimi 2. derece, Alpu – Beylikova arasındaki kesimi ise 3. derece deprem bölgesi olarak ayrılabilir. Türkiye’de yürürlükte olan “Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar için Yönetmelik (1998)” [kısaca “Deprem Yönetmeliği”] esaslarına göre, bu bölgelerde hesaplarda geçerli etkin yer ivmeleri şu şekilde alınmıştır:

2. Derece Deprem Bölgesi (Eskişehir–Alpu; km 313+000 ila 345+000);  $A_0 = 0.30$  ve

3. Derece Deprem Bölgesi (Alpu–Beylikova; km 345+000 ila 375+000);  $A_0 = 0.20$  olarak belirlenmiştir.

Söz konusu geçki 50 km mesafeden etkileyebilecek şekilde seçilmiş bir alanda 1900 yıllarından günümüze meydana gelmiş depremler ve seçilen alanda meydana gelmiş magnitüdü 3,9’dan büyük depremler incelenmiştir. Buna göre bu alanda meydana gelmiş en büyük deprem magnitüdü 6.4 olarak belirlenmiştir. Jeoteknik yönden deprem yönetmeliği esaslarına göre, yerel zemin sınıfı olarak Z2 kabul edilmesi uygundur. Buna göre, spektrum karakteristik periyotları  $T_A = 0.40$  s ve  $T_B = 0.15$  s olarak alınmalıdır.

Proje alanının yer aldığı bölgede, depreme bağlı bir zemin sorunu yaşanmış olduğuna dair herhangi bir kayıt yoktur. Geçki boyunca yer alan zemin tabakalarının çok

küçük bir kesimi (örneğin, SPT N değeri 15 den küçük olan ince malzeme oranı yüksek kumlar) sıvılaşma potansiyeline sahiptir. Ancak, genel anlamda, bu tür tabakaların çok sınırlı dağılıma sahip olması ve geçkinin 2. ve 3. derece deprem bölgelerinde yer almasından dolayı, sıvılaşma riski oldukça düşüktür ve hesaplı bir risk olarak alınabilir.

## Bölüm 2

Bu bölge sahası ve yakın çevresini kapsayan bölge içindeki depremler, 1900-2004 yılları arasında meydana gelen ve magnitüdü 4.0 dan büyük olan deprem verilerinden, tarihsel (M.Ö. 2100 – M.S. 1900) ve aletsel dönemde (1900 – 2003) hasar yapmış olan deprem verilerinden faydalanarak incelenmiştir. İncelenen alanın depremselliğini kısaca aşağıda anlatılan fay zonları ve/veya fayları belirlemektedir.

**Kuzey Anadolu Fay Zonu:** Yaklaşık uzunluğu 1200 km olan ve doğrultu atımlı bir fay sistemine sahip olan Kuzey Anadolu fay zonu, Dokurcun batısında iki kola ayrılır. Kuzey Anadolu fay zonu bir çok parçadan meydana gelmiştir. Bu parçalardan Abant-Bayramören parçası, inceleme alanına en yakın olan parçadır. Bu parça, yaklaşık olarak, inceleme alanının 110 km kuzeyinden geçmektedir. Bu parça 7 büyüklüğünde veya üzerinde bir deprem üretme potansiyeline sahiptir.

**Eskişehir Fay Zonu:** Zonun güneyinde yer alan ve toplam uzunluğu 30 km olan bu faylar Miyosen – Pliyosen yaşlı kireçtaşlarını keserler ve bu faylar genelde kuzey bloğun düştüğü eğim atım karakteri gösterirler. Zonun kuzeyinde yaralan ve toplam uzunluğu 50 km olan faylar ise genellikle yaşlı şist ve mermerleri kesmekte yer yer de bu kayalarla oluşmaktadırlar.

**Kütahya Fayı:** İnceleme alanının güneyinde yer alan ve yaklaşık uzunluğu 36 km olan bu fay kuzey bloğu aşağıda, güney bloğu yukarıda olacak şekilde eğim atımlı normal fay niteliğindedir.

## Bölüm 3A

Bölüm alanı, bütünüyle Ankara il sınırları içinde kalmaktadır. Ankara deprem bölge haritası Şekil 6.3 de gösterilmiştir. Bölgenin depremselliği düşüktür.

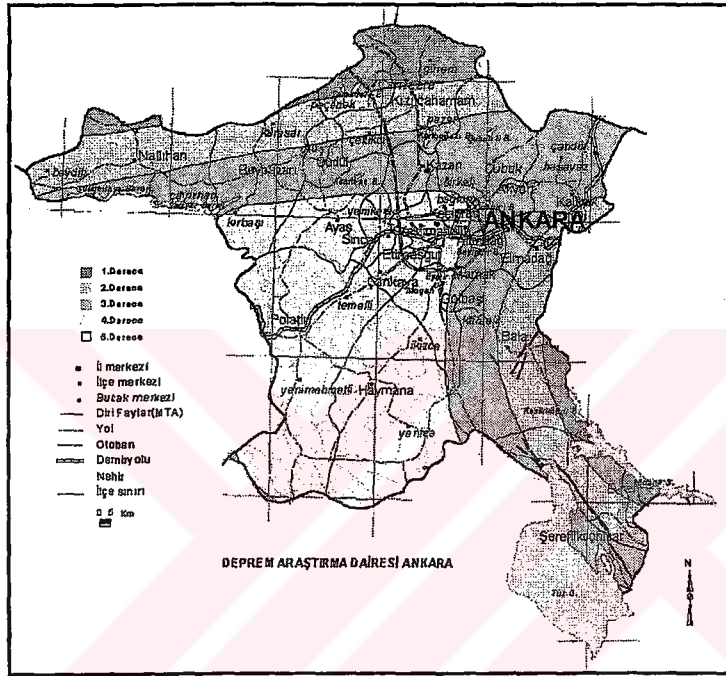
Bölüm 3A geçkisi, bütünüyle 4. derece deprem bölgesinde kalmaktadır. Türkiye’de yürürlükte olan Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar için Yönetmelik (1998)

esaslarına göre, bu bölgelerde hesaplarda geçerli etkin yer ivmesi,  $A_0 = 0.10$  alınmalıdır.

Jeoteknik yönden, “deprem yönetmeliği” esaslarına göre, yerel zemin sınıfı olarak Z2 kabul edilmesi uygundur.

Buna göre, spektrum karakteristik periyotları  $T_A = 0,15$  s ve  $T_B = 0,40$  s olarak alınmalıdır.

Bu kesimde depreme bağlı bir zemin sorunu beklenmemektedir. Sıvılaşma riski olan zeminlere rastlanmamıştır.



Şekil 6.3 Ankara Deprem Bölgeleri Haritası

### Bölüm 3B

Bu bölüm Türkiye'nin depremsellik açısından en sakin bölgesine rastlamaktadır. Geniş bir çevrede, bugüne kadar yapılan araştırmalara göre aktif diri faya rastlanmamıştır. En yakın diri fay kuzey Anadolu doğrultu atımlı faydır. Geçkiye, kuş uçuşu 90 km uzaklıktadır. Araştırılan geçki Bayındırlık ve İskan Bakanlığınca hazırlanan Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasında “5. Derece Deprem Bölgesi” olarak gösterilmiştir. Bölge için beklenen ivme değeri  $g < 0,10$  dur.

## 7. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Raylı sistemlerde ağır aks yükleri, yüksek hız ve tekrarlı yüklerin etkileri nedeniyle traverslerin altındaki 1,0 – 1,5 m kalınlığındaki yol altyapısının performansı önem kazanmaktadır,[1]. Bu nedenle hazırlanmış dolgu taban malzemesinin kalitesinden, verilecek taviz genel olarak tüm alt yapının performansını olumsuz yönde etkileyebilecektir. UIC şartnamesinin önerdiği koşullar KGM şartnamesinden daha rijit bir alt temel yapımını sağlamaktadır. UIC şartnameleri sadece raylı sistemler için hazırlanmıştır ve bu sistemlerin gereklerine uygun çözümler sunmaktadır. Bu nedenle özellikle alt yapı katman kalınlıkları, malzeme cinsleri ve yapım teknikleri vb. gibi konularda UIC şartnameleri esas alınması şarttır. KGM şartnameleri bu proje kapsamında UIC şartnamelerinin değinmediği konularda daha detaylı çözümler bulmak için kullanılmalıdır. Yarma ve dolgu bölgelerinin dizaynı ve yapımı ile ilgili konular UIC şartnamelerinde detaylı olarak ele alınmamıştır. Zayıf zeminlerde yapılacak imalatlar hakkında, oturmalar ve şev eğimleri hakkında UIC şartnamesi yüzeysel bilgi vermekte veya hiç değinmemektedir. Dona dayanıklılık ve sıkıştırma konularında UIC ve KGM şartnameleri birlikte kullanılarak daha sağlıklı uygulama çözümleri bulunabilmektedir. UIC şartnamesi tüm Avrupa ülkelerinde geçerli olacak genel konular için değerlendirme yapmaktadır. Her ülkenin coğrafi konumu, iklim verileri, zemin cinsleri vb. verileri değişik olacağından yukarıda da belirttiğimiz gibi konularda yerel şartnamelerin UIC ile birlikte kullanılması gereklidir. Türkiye’de demiryolu alt yapısı yapımına ait detaylı şartname bulunmamaktadır. Bu tez çalışması ile Türkiye’nin şartlarına uygun, UIC ile örtüşen KGM şartnameleri ile de zenginleştirilmiş bir “Demiryolu Alt yapı Şartnamesi” gerekliliği bir daha ortaya konulmaktadır.

## KAYNAKLAR

- [ 1 ] **EROL, O.**, 2004 Toprak İşleri Tasarım ve Uygulama Esasları, ODTÜ, Ankara.
- [ 2 ] **KGM-DH**, 2003. KGM Danışmanlık Hizmetlerine ait Araştırma Mühendislik Hizmetleri Teknik Şartnamesi, Ankara
- [ 3 ] **KGM-MW**, 2004. KGM Otoyol İnşaatı Teknik Şartnamesi, Ankara.
- [ 4 ] **KGM-SDG**, 1939. KGM Şev Projelendirme Rehberi, Ankara
- [ 5 ] **UIC-719-R**, 1994. Uluslararası Demiryolları Birliği Demiryolu Hatları İçin Toprak İşleri Ve Tabakaları (Earthworks And Tracked Layers For Railway Lines, By International Union Of Railways)
- [ 6 ] **AREMA**, 2002. Dizayn Kılavuzu Bölüm 1, Yol Tabanı, Amerikan Demiryolu Mühendisliği Ve Bakım Kurumu (Design Manual Part 1 Roadbed, Published By American Railway Engineering And Maintenance-Of-Way Association, )
- [ 7 ] **Selig, ET. ve Waters J.M.**, 1994 Hat Geo Tekniği Ve Alt Yapı Yönetimi. (Track Geo-Technology And Substructure Management )
- [ 8 ] **IFB-C-978**, 1995. Washington Büyükşehir Ulaşım Otoritesi, Sözleşme Şartnamesi (Washington Metropolitan Area Transit Authority, Contract Specifications )
- [ 9 ] **AIDM**, 2002. ABD Asfalt Enstitüsü Dizayn El Kitabı ( US Asphalt Institute Design Manual )
- [ 10 ] **AASHTO**, 2001. ABD Devlet Yolları Memurları Kurumu Teknik Şartnamesi.

## **EKLER**

- Ek-1A** : Hat planı Bölüm 1A ve Bölüm 1b
- Ek-1B** : Hat planı Bölüm 2 ve Bölüm 3
- Ek-2** : Hat elemanlarının uzunluk değerleri
- Ek-3** : Tip en kesitler
- Ek-4** : Viyadük En kesiti
- Ek-5** : Alternatif 1 ve 2 keşif özetleri
- Ek-6** : Alternatif 3 ve 4 keşif özetleri
- Ek-7** : Sanat yapıları listesi
- Ek-8** : Yarma tabanı örnek test sonuçları
- Ek-9** : Dolguda kullanılan malzemelerin laboratuvar test sonuçları.

Ek-2 Hat Elemanları Özellikleri  
Ankara - Eskişehir Demiryolu Hattı İyileştirme Projesi

| Kurp No | Hat Elemanı Tipi | Uzunluk   | Km.         | Yarıçap - Parametre |
|---------|------------------|-----------|-------------|---------------------|
| 1       | ALIYMAN          | 2.672.197 | 313.199.954 |                     |
|         | KLOTOID          | 210.027   | 315.872.151 | 916.832             |
|         | Kurp             | 81.515    | 316.082.178 | 4.002.250           |
|         | KLOTOID          | 209.890   | 316.163.694 | 916.534             |
|         | ALIYMAN          | 4.950.222 | 316.373.584 |                     |
| 2       | KLOTOID          | 80.000    | 321.323.807 | 1.131.371           |
|         | Kurp             | 35.962    | 321.403.807 | 16.000.000          |
|         | KLOTOID          | 80.000    | 321.439.769 | 1.131.371           |
|         | KLOTOID          | 80.000    | 321.519.769 | 1.131.371           |
| 3       | Kurp             | 35.222    | 321.599.769 | -16.000.000         |
|         | KLOTOID          | 80.000    | 321.634.991 | 1.131.371           |
|         | ALIYMAN          | 1.506.615 | 321.714.991 |                     |
| 4       | KLOTOID          | 110.000   | 323.221.606 | 938.215             |
|         | Kurp             | 178.940   | 323.331.606 | 8.002.250           |
|         | KLOTOID          | 110.000   | 323.510.545 | 938.215             |
|         | ALIYMAN          | 110.002   | 323.620.545 |                     |
| 5       | KLOTOID          | 110.000   | 323.620.547 | 937.951             |
|         | Kurp             | 178.779   | 323.730.547 | -7.997.750          |
|         | KLOTOID          | 110.000   | 323.909.326 | 937.951             |
|         | ALIYMAN          | 1.511.481 | 324.019.326 |                     |
| 6       | KLOTOID          | 80.000    | 325.530.807 | 1.264.840           |
|         | Kurp             | 171.401   | 325.610.807 | -19.997.750         |
|         | KLOTOID          | 80.000    | 325.782.208 | 1.264.840           |
|         | KLOTOID          | 80.000    | 325.862.208 | 1.264.982           |
| 7       | Kurp             | 422.952   | 325.942.208 | 20.002.250          |
|         | KLOTOID          | 80.000    | 326.365.160 | 1.264.982           |
|         | KLOTOID          | 80.000    | 326.445.160 | 1.264.840           |
| 8       | Kurp             | 171.434   | 326.525.160 | -19.997.750         |
|         | KLOTOID          | 80.000    | 326.696.594 | 1.264.840           |
|         | ALIYMAN          | 5.121.173 | 326.776.594 |                     |
| 9       | KLOTOID          | 80.000    | 331.897.768 | 1.131.291           |
|         | Kurp             | 171.938   | 331.977.768 | -15.997.750         |
|         | KLOTOID          | 80.000    | 332.149.705 | 1.131.291           |
|         | KLOTOID          | 180.000   | 332.229.705 | 848.767             |
| 10      | Kurp             | 410.737   | 332.409.705 | 4.002.250           |
|         | KLOTOID          | 180.000   | 332.820.442 | 848.767             |
|         | ALIYMAN          | 2.704.868 | 333.000.442 |                     |
| 11      | KLOTOID          | 210.000   | 335.705.310 | 916.773             |
|         | Kurp             | 1.044.709 | 335.915.310 | 4.002.250           |
|         | KLOTOID          | 210.000   | 336.960.019 | 916.773             |
|         | ALIYMAN          | 5.485.768 | 337.170.019 |                     |

|    |         |           |             |             |
|----|---------|-----------|-------------|-------------|
|    | KLOTOID | 100.000   | 342.655.787 | 1.224.837   |
| 12 | Kurp    | 279.545   | 342.755.787 | 15.002.250  |
|    | KLOTOID | 100.000   | 343.035.332 | 1.224.837   |
|    | KLOTOID | 180.000   | 343.135.332 | 948.470     |
| 13 | Kurp    | 603.401   | 343.315.332 | -4.997.750  |
|    | KLOTOID | 180.000   | 343.918.733 | 948.470     |
|    | ALIYMAN | 3.358.249 | 344.098.733 |             |
|    | KLOTOID | 150.000   | 347.456.982 | 866.220     |
| 14 | Kurp    | 2.778.811 | 347.606.982 | 5.002.250   |
|    | KLOTOID | 150.000   | 350.385.793 | 866.220     |
|    | KLOTOID | 130.000   | 350.535.793 | 845.404     |
| 15 | Kurp    | 4.594.309 | 350.665.793 | -5.497.750  |
|    | KLOTOID | 130.000   | 355.260.102 | 845.404     |
|    | ALIYMAN | 2.283.919 | 355.390.102 |             |
|    | KLOTOID | 210.000   | 357.674.021 | 916.773     |
| 16 | Kurp    | 1.694.570 | 357.884.021 | 4.002.250   |
|    | KLOTOID | 210.000   | 359.578.591 | 916.773     |
|    | ALIYMAN | 300.318   | 359.788.591 |             |
|    | KLOTOID | 100.000   | 360.088.909 | 894.553     |
| 17 | Kurp    | 1.912.751 | 360.188.909 | 8.002.250   |
|    | KLOTOID | 100.000   | 362.101.660 | 894.553     |
|    | ALIYMAN | 195.226   | 362.201.660 |             |
|    | KLOTOID | 120.000   | 362.396.886 | 1.200.112   |
| 18 | Kurp    | 729.526   | 362.516.886 | 12.002.250  |
|    | KLOTOID | 120.000   | 363.246.412 | 1.200.112   |
|    | KLOTOID | 180.000   | 363.366.412 | 899.775     |
| 19 | Kurp    | 1.188.744 | 363.546.412 | -4.497.750  |
|    | KLOTOID | 180.000   | 364.735.155 | 899.775     |
| 20 | Kurp    | 484.042   | 364.915.155 | 20.002.250  |
|    | ALIYMAN | 3.267.984 | 365.399.197 |             |
| 21 | Kurp    | 342.837   | 368.667.182 | -49.997.750 |
|    | ALIYMAN | 2.543.765 | 369.010.018 |             |
|    | KLOTOID | 210.000   | 371.553.783 | 971.868     |
| 22 | Kurp    | 2.144.475 | 371.763.783 | -4.497.750  |
|    | KLOTOID | 210.000   | 373.908.258 | 971.868     |
|    | ALIYMAN | 1.254.727 | 374.118.258 |             |
|    | KLOTOID | 200.000   | 375.372.985 | 1.000.225   |
| 23 | Kurp    | 2.138.534 | 375.572.985 | 5.002.250   |
|    | KLOTOID | 200.000   | 377.711.519 | 1.000.225   |
|    | ALIYMAN | 1.170.745 | 377.911.519 |             |
|    | KLOTOID | 110.000   | 379.082.264 | 812.252     |
| 24 | Kurp    | 1.835.192 | 379.192.264 | -5.997.750  |
|    | KLOTOID | 110.000   | 381.027.456 | 812.252     |
|    | ALIYMAN | 1.946.761 | 381.137.456 |             |
|    | KLOTOID | 130.000   | 383.084.217 | 1.019.947   |
| 25 | Kurp    | 3.364.093 | 383.214.217 | 8.002.250   |

|    |         |           |             |             |
|----|---------|-----------|-------------|-------------|
|    | KLOTOID | 130.000   | 386.578.309 | 1.019.947   |
|    | KLOTOID | 220.000   | 386.708.309 | 901.945     |
| 26 | Kurp    | 3.477.022 | 386.928.309 | -3.697.750  |
|    | KLOTOID | 220.000   | 390.405.331 | 901.945     |
|    | KLOTOID | 220.000   | 390.625.331 | 902.494     |
| 27 | Kurp    | 2.805.564 | 390.845.331 | 3.702.250   |
|    | KLOTOID | 220.000   | 393.650.895 | 902.494     |
|    | ALIYMAN | 524.175   | 393.870.895 |             |
|    | KLOTOID | 220.000   | 394.395.070 | 901.945     |
| 28 | Kurp    | 1.817.638 | 394.615.070 | -3.697.750  |
|    | KLOTOID | 220.000   | 396.432.708 | 901.945     |
|    | ALIYMAN | 1.622.267 | 396.652.708 |             |
|    | KLOTOID | 200.000   | 398.274.975 | 1.000.225   |
| 29 | Kurp    | 588.444   | 398.474.975 | 5.002.250   |
|    | KLOTOID | 200.000   | 399.063.418 | 1.000.225   |
|    | KLOTOID | 200.000   | 399.263.418 | 999.775     |
| 30 | Kurp    | 5.433.325 | 399.463.418 | -4.997.750  |
|    | KLOTOID | 200.000   | 404.896.744 | 999.775     |
|    | KLOTOID | 180.000   | 405.096.744 | 900.225     |
| 31 | Kurp    | 4.044.110 | 405.276.744 | 4.502.250   |
|    | KLOTOID | 180.000   | 409.320.854 | 900.225     |
|    | ALIYMAN | 545.254   | 409.500.854 |             |
|    | KLOTOID | 220.000   | 410.046.108 | 914.601     |
| 32 | Kurp    | 5.051.710 | 410.266.108 | 3.802.250   |
|    | KLOTOID | 220.000   | 415.317.818 | 914.601     |
|    | ALIYMAN | 1.851.463 | 415.537.818 |             |
|    | KLOTOID | 210.000   | 417.389.281 | 916.257     |
| 33 | Kurp    | 850.628   | 417.599.281 | -3.997.750  |
|    | KLOTOID | 210.000   | 418.449.909 | 916.257     |
|    | ALIYMAN | 600.119   | 418.659.909 |             |
|    | KLOTOID | 240.000   | 419.260.028 | 916.220     |
| 34 | Kurp    | 3.155.694 | 419.500.028 | -3.497.750  |
|    | KLOTOID | 239.999   | 422.655.722 | 916.219     |
|    | KLOTOID | 230.000   | 422.895.721 | 922.777     |
| 35 | Kurp    | 1.359.384 | 423.125.721 | 3.702.250   |
|    | KLOTOID | 180.000   | 424.485.104 | 816.336     |
|    | ALIYMAN | 1.023.625 | 424.665.104 |             |
|    | KLOTOID | 150.000   | 425.688.729 | 866.220     |
| 36 | Kurp    | 218.883   | 425.838.729 | 5.002.250   |
|    | KLOTOID | 150.000   | 426.057.612 | 866.220     |
|    | KLOTOID | 210.000   | 426.207.612 | 916.257     |
| 37 | Kurp    | 1.076.487 | 426.417.612 | -3.997.750  |
|    | KLOTOID | 210.000   | 427.494.099 | 916.257     |
|    | ALIYMAN | 3.120.915 | 427.704.099 |             |
|    | KLOTOID | 90.000    | 430.825.014 | 1.200.000   |
| 38 | Kurp    | 165.471   | 430.915.014 | -16.000.000 |

|    |         |           |             |            |
|----|---------|-----------|-------------|------------|
| 39 | KLOTOID | 90.000    | 431.080.485 | 1.200.000  |
|    | KLOTOID | 90.000    | 431.170.485 | 1.538.572  |
|    | Kurp    | 166.073   | 431.260.485 | 26.302.250 |
| 40 | KLOTOID | 89.990    | 431.426.558 | 1.877.833  |
|    | Kurp    | 1.158.087 | 431.516.547 | 80.002.250 |
| 41 | KLOTOID | 190.000   | 432.674.635 | 917.982    |
|    | Kurp    | 1.779.613 | 432.864.635 | 4.202.250  |
| 42 | KLOTOID | 190.000   | 434.644.248 | 893.548    |
|    | ALIYMAN | 1.491.052 | 434.834.248 |            |
|    | KLOTOID | 200.000   | 436.325.299 | 999.775    |
|    | Kurp    | 940.011   | 436.525.299 | -4.997.750 |
|    | KLOTOID | 200.000   | 437.465.310 | 999.775    |
| 43 | ALIYMAN | 982.071   | 437.665.310 |            |
|    | KLOTOID | 120.000   | 438.647.381 | 1.095.568  |
|    | Kurp    | 341.336   | 438.767.381 | 10.002.250 |
|    | KLOTOID | 120.000   | 439.108.718 | 1.095.568  |
| 44 | KLOTOID | 210.000   | 439.228.718 | 916.257    |
|    | Kurp    | 2.062.080 | 439.438.718 | -3.997.750 |
|    | KLOTOID | 210.000   | 441.500.797 | 916.257    |
| 45 | KLOTOID | 210.000   | 441.710.797 | 972.354    |
|    | Kurp    | 2.921.224 | 441.920.797 | 4.502.250  |
|    | KLOTOID | 210.000   | 444.842.021 | 972.354    |
|    | ALIYMAN | 673.078   | 445.052.021 |            |
| 46 | KLOTOID | 210.000   | 445.725.099 | 972.354    |
|    | Kurp    | 3.926.609 | 445.935.099 | 4.502.250  |
|    | KLOTOID | 210.000   | 449.861.708 | 972.354    |
|    | ALIYMAN | 1.668.168 | 450.071.708 |            |
| 47 | KLOTOID | 150.000   | 451.739.876 | 887.222    |
|    | Kurp    | 3.686.426 | 451.889.876 | -5.247.750 |
|    | KLOTOID | 150.000   | 455.576.303 | 887.222    |
|    | ALIYMAN | 1.165.525 | 455.726.303 |            |
| 48 | KLOTOID | 230.000   | 456.891.828 | 896.929    |
|    | Kurp    | 2.175.148 | 457.121.828 | -3.497.750 |
|    | KLOTOID | 230.000   | 459.296.976 | 896.929    |
|    | ALIYMAN | 210.403   | 459.526.976 |            |
| 49 | KLOTOID | 230.000   | 459.737.378 | 896.929    |
|    | Kurp    | 534.047   | 459.967.378 | -3.497.750 |
|    | KLOTOID | 230.000   | 460.501.426 | 896.929    |
|    | ALIYMAN | 898.303   | 460.731.426 |            |
| 50 | KLOTOID | 210.000   | 461.629.728 | 916.773    |
|    | Kurp    | 1.660.475 | 461.839.728 | 4.002.250  |
|    | KLOTOID | 210.000   | 463.500.204 | 916.773    |
| 51 | ALIYMAN | 1.615.314 | 463.710.204 |            |
|    | KLOTOID | 220.000   | 465.325.517 | 914.601    |
|    | Kurp    | 1.028.140 | 465.545.517 | 3.802.250  |
|    | KLOTOID | 220.000   | 466.573.657 | 914.601    |

|    |         |           |             |             |
|----|---------|-----------|-------------|-------------|
| 52 | ALIYMAN | 984.884   | 466.793.657 |             |
|    | KLOTOID | 240.000   | 467.778.541 | 916.220     |
|    | Kurp    | 5.509.955 | 468.018.541 | -3.497.750  |
|    | KLOTOID | 240.000   | 473.528.496 | 916.220     |
|    | ALIYMAN | 2.143.259 | 473.768.496 |             |
| 53 | KLOTOID | 200.000   | 475.911.755 | 894.176     |
|    | Kurp    | 2.605.161 | 476.111.755 | -3.997.750  |
|    | KLOTOID | 200.000   | 478.716.916 | 894.176     |
| 54 | KLOTOID | 210.000   | 478.916.916 | 916.773     |
|    | Kurp    | 2.575.724 | 479.126.916 | 4.002.250   |
|    | KLOTOID | 210.000   | 481.702.639 | 916.773     |
| 55 | ALIYMAN | 1.151.109 | 481.912.639 |             |
|    | KLOTOID | 200.000   | 483.063.748 | 1.000.225   |
|    | Kurp    | 1.774.020 | 483.263.748 | 5.002.250   |
| 56 | KLOTOID | 200.000   | 485.037.769 | 1.000.225   |
|    | ALIYMAN | 1.915.751 | 485.237.769 |             |
|    | KLOTOID | 100.000   | 487.153.519 | 1.048.702   |
| 57 | Kurp    | 174.523   | 487.253.519 | -10.997.750 |
|    | KLOTOID | 100.000   | 487.428.042 | 1.048.702   |
|    | KLOTOID | 100.000   | 487.528.042 | 1.048.916   |
| 58 | Kurp    | 174.635   | 487.628.042 | 11.002.250  |
|    | KLOTOID | 100.000   | 487.802.677 | 1.048.916   |
|    | ALIYMAN | 1.156.177 | 487.902.677 |             |
| 59 | KLOTOID | 100.000   | 489.058.854 | 894.301     |
|    | Kurp    | 186.528   | 489.158.854 | -7.997.750  |
|    | KLOTOID | 100.000   | 489.345.382 | 894.301     |
| 60 | KLOTOID | 100.000   | 489.445.382 | 894.553     |
|    | Kurp    | 186.689   | 489.545.382 | 8.002.250   |
|    | KLOTOID | 100.000   | 489.732.071 | 894.553     |
| 61 | ALIYMAN | 2.563.342 | 489.832.071 |             |
|    | KLOTOID | 180.000   | 492.395.413 | 900.225     |
|    | Kurp    | 2.135.143 | 492.575.413 | 4.502.250   |
| 62 | KLOTOID | 180.000   | 494.710.555 | 900.225     |
|    | ALIYMAN | 1.383.562 | 494.890.555 |             |
|    | KLOTOID | 200.000   | 496.274.117 | 979.566     |
| 63 | Kurp    | 4.516.081 | 496.474.117 | -4.797.750  |
|    | KLOTOID | 200.000   | 500.990.198 | 979.566     |
|    | ALIYMAN | 1.705.495 | 501.190.198 |             |
| 64 | KLOTOID | 200.000   | 502.895.693 | 1.095.650   |
|    | Kurp    | 538.114   | 503.095.693 | 6.002.250   |
|    | KLOTOID | 200.000   | 503.633.807 | 1.095.650   |
| 65 | ALIYMAN | 3.294.911 | 503.833.807 |             |
|    | KLOTOID | 180.000   | 507.128.718 | 1.272.633   |
|    | Kurp    | 1.354.828 | 507.308.718 | -8.997.750  |
| 66 | KLOTOID | 180.000   | 508.663.546 | 1.272.633   |
|    | ALIYMAN | 1.135.256 | 508.843.546 |             |

|    |         |           |             |            |
|----|---------|-----------|-------------|------------|
| 64 | KLOTOID | 210.000   | 509.978.802 | 916.773    |
|    | Kurp    | 1.749.421 | 510.188.802 | 4.002.250  |
| 65 | KLOTOID | 210.000   | 511.938.223 | 916.773    |
|    | KLOTOID | 210.000   | 512.148.223 | 916.257    |
| 66 | Kurp    | 679.219   | 512.358.223 | -3.997.750 |
|    | KLOTOID | 210.000   | 513.037.443 | 916.257    |
| 67 | ALIYMAN | 1.398.970 | 513.247.443 |            |
|    | KLOTOID | 200.000   | 514.646.413 | 999.775    |
| 68 | Kurp    | 583.868   | 514.846.413 | -4.997.750 |
|    | KLOTOID | 200.000   | 515.430.281 | 999.775    |
| 69 | KLOTOID | 200.000   | 515.630.281 | 1.000.225  |
|    | Kurp    | 297.711   | 515.830.281 | 5.002.250  |
| 70 | KLOTOID | 200.000   | 516.127.992 | 1.000.225  |
|    | ALIYMAN | 3.932.841 | 516.327.992 |            |



Ek-5 Geçki Alternatifleri 1 ve 2 Keşif özetleri

| AÇIKLAMA                                 | ALTERNATİF 1    |                  | ALTERNATİF 2   |                  |
|------------------------------------------|-----------------|------------------|----------------|------------------|
|                                          | Belen 1         | Büçer 2          | Belen 2        | Büçer 2          |
|                                          | Polatlı 3       | Polatlı 3        | Polatlı 2      | Polatlı 2        |
| İşler                                    | Miktar          | Bütçe            | Miktar         | Bütçe            |
| Toprak işleri                            |                 | 77.287.727 €     |                | 72.599.863 €     |
| Nebati                                   | 1.454.834 m3    |                  | 1.471.833 m3   |                  |
| Zayıf zemin                              | 2.702.463 m3    |                  | 3.735.644 m3   |                  |
| Kaya                                     | 8.756.112 m3    |                  | 7.230.473 m3   |                  |
| Dolgu                                    | 8.190.497 m3    |                  | 7.838.456 m3   |                  |
| Drenajlar                                | 208,08km        | 58.956.386 €     | 205,73km       | 59.146.178 €     |
| Sanat yapıları                           |                 |                  |                |                  |
| Üst geçitler                             |                 |                  |                |                  |
| Yol üst geçişleri - kazık temelli        | 14 adet         | 9.053.157 €      | 14 adet        | 9.053.157 €      |
| Yol üst geçişleri - abatman temelli      | 14 adet         | 8.708.104 €      | 14 adet        | 8.708.104 €      |
| Karayolu üst geçişleri - kazık temelli   | 23 adet         | 11.890.432 €     | 23 adet        | 11.890.432 €     |
| Karayolu üst geçişleri - abatman temelli | 22 adet         | 10.523.607 €     | 22 adet        | 10.523.607 €     |
| Otoyol üst geçişleri                     | 2 adet          | 3.048.403 €      | 2 adet         | 3.048.403 €      |
| Altgeçişler                              |                 |                  |                |                  |
|                                          | 4 adet          | 1.039.669 €      | 4 adet         | 1.039.669 €      |
|                                          | 1 adet          | 296.913 €        | 1 adet         | 296.913 €        |
|                                          | 1 adet          | 581.273 €        | 1 adet         | 581.273 €        |
| Yol Üst Geçişleri                        | 6 adet          | 1.175.272 €      | 6 adet         | 1.175.272 €      |
| Viyadük                                  | 1(435) adet(n)  | 16.709.194 €     | 1(435) adet(n) | 16.709.194 €     |
| Nehir köprüsü                            | 11 adet         | 13.652.491 €     | 15 adet(n)     | 18.617.034 €     |
| Tünel                                    | 4.110 adet(n)   | 44.619.355 €     | 670 adet(n)    | 7.349.732 €      |
|                                          | 1. Tunnel 560   |                  | 0              |                  |
|                                          | 2. Tunnel 1.090 |                  | 0              |                  |
|                                          | 3. Tunnel 2.460 |                  | 670            |                  |
| Diğer masraflar                          |                 | 5.991.741 €      |                | 5.991.741 €      |
| İstasyonlar                              | 3 adet          | 659.353 €        | 3 adet         | 659.353 €        |
| Toplam                                   |                 | 264193076,7 €    |                | 227389924,7 €    |
| İhale koşulu: Toprak işleri için %7      |                 |                  |                |                  |
| İndirim+İstasyonlar için %5 İndirim      |                 | 245.778.683,00 € |                | 211.551.752,00 € |

Ek-6 Geçki Alternatifleri 3 ve 4 Keşif özetleri

| AÇIKLAMA                                                                | ALTERNATİF 3   |               | ALTERNATİF 4             |               |
|-------------------------------------------------------------------------|----------------|---------------|--------------------------|---------------|
|                                                                         | Belen 3        | Bicher 3      | Belen 2                  | Bicher 2      |
|                                                                         | Polatlı 3      |               | Büyük Polatlı varyantı 3 |               |
| İşler                                                                   | Miktar         | Bütçe         | Miktar                   | Bütçe         |
| Toprak işleri                                                           |                | 78.097.669 €  |                          | 58.673.331 €  |
| Nebati                                                                  | 1.443.474 m3   |               | 1.317.170 m3             |               |
| Zayıf zemin                                                             | 2.844.100 m3   |               | 3.527.536 m3             |               |
| Kaya                                                                    | 8.464.588 m3   |               | 5.003.213 m3             |               |
| Dolgu                                                                   | 8.841.852 m3   |               | 6.708.952 m3             |               |
| Drenajlar                                                               | 207,6km        | 58.858.347 €  | 191,33km                 | 58.232.266 €  |
| Sanat yapıları                                                          |                |               |                          |               |
| Üst geçitler                                                            |                |               |                          |               |
| Yol üst geçişleri - kazık temelli                                       | 14 adet        | 9.053.157 €   | 14 adet                  | 9.053.157 €   |
| Yol üst geçişleri - abatman temelli                                     | 14 adet        | 8.708.104 €   | 14 adet                  | 8.708.104 €   |
| Karayolu üst geçişleri - kazık temelli                                  | 23 adet        | 11.890.432 €  | 23 adet                  | 11.890.432 €  |
| karayolu üst geçişleri - abatman temelli                                | 22 adet        | 10.523.607 €  | 22 adet                  | 10.523.607 €  |
| Otoyol üstgeçişleri                                                     | 2 adet         | 3.048.403 €   | 0                        | 0 €           |
| Altgeçişler                                                             |                |               |                          |               |
|                                                                         | 4 adet         | 1.039.669 €   | 4 adet                   | 1.039.669 €   |
|                                                                         | 1 adet         | 296.913 €     | 1 adet                   | 296.913 €     |
|                                                                         | 1 adet         | 581.273       | 1 adet                   | 581.273       |
| Yol Üst Geçişleri                                                       | 6 adet         | 1.175.272 €   | 6 adet                   | 1.175.272 €   |
| Viyadük                                                                 | 1(750) adet(m) | 26.719.784 €  | 1(435) adet(m)           | 16.709.194 €  |
| Nehir köprüsü                                                           | 9 adet(m)      | 11.170.220 €  | 15 adet(m)               | 18.617.034 €  |
| Tünel                                                                   | 9.750 adet(m)  | 108.334.935 € | 3.600 adet(m)            | 40.983.588 €  |
| 1. Tünel                                                                | 1.950          |               | 0                        |               |
| 2. Tünel                                                                | 4.000          |               | 0                        |               |
| 3. Tünel                                                                | 3.800          |               | 3.600                    |               |
| Diğer masraflar                                                         |                | 5.991.741 €   |                          | 5.991.741 €   |
| İstasyonlar                                                             | 3 adet         | 659.353 €     | 3 adet                   | 659.353 €     |
| Toplam                                                                  |                | 336.148.879 € |                          | 243.134.934 € |
| İhale koşulu: Toprak işleri için %7 indirim+İstasyonlar için %5 indirim |                | 312.697.580 € |                          | 226.194.611 € |

Ek -7 Sanat Yapıları Listesi

| SANAT YAPISI       | TOPLAM<br>Adet | Açıklama - Km                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|--------------------|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| MENFEZLER          | 235            | Hat boyunca ortalama 800 mt aralıkla menfez bulunmaktadır.                                                                                                                                                                                                                                                                |
| KANAL MENFEZLERİ   | 16             | 415+600, 419+200, 458+940, 459+935, 461+040, 463+432, 464+725, 465+590                                                                                                                                                                                                                                                    |
| DOĞALGAZ GEÇİŞLERİ | 7              | 323+755, 354+309, 410+602, 412+112, 478+400, 510+174, 516+752,                                                                                                                                                                                                                                                            |
| ALTGEÇİTLER        | 27             | 373+436, 376+578, 378+760, 380+050, 383+345, 386+571, 388+390, 394+277, 400+480, 403+680, 407+250, 413+000, 414+250, 415+900, 451+478, 460+150, 461+666, 466+534, 468+567, 470+700, 471+517, 472+690, 473+027, 482+897, 506+530, 507+740, 519+449                                                                         |
| ÜSTGEÇİTLER        | 35             | 323+540, 328+720, 332+720, 336+205, 342+550, 345+580, 349+740, 352+946, 360+220, 363+220, 366+900, 381+100, 401+780, 405+320, 409+618, 411+910, 413+718, 424+859, 428+069, 431+739, 435+650, 441+220, 442+920, 464+462, 469+940, 473+456, 478+296, 488+941, 492+997, 496+322, 498+751, 500+220, 505+519, 510+640, 515+950 |
| NEHİR KÖPRÜLERİ    | 13             | 325+960, 357+441, 378+320, 379+029, 380+465, 388+982, 390+432, 408+415, 413+105, 414+712, 426+064, 426+064, 432+923                                                                                                                                                                                                       |

|                    |   |                                                                                                                                                            |
|--------------------|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| TRENYOLU KÖPRÜLERİ | 4 | 408+175, 459+847, 487+052, 504+422                                                                                                                         |
| KANAL GEÇİŞLERİ    | 3 | 363+102 - 363+123 arası<br>409+782 - 409+798 arası<br>501+265 - 501+281 arası                                                                              |
| OTOYOL KÖPRÜLERİ   | 2 | 457+416, 479+448                                                                                                                                           |
| VİYADÜKLER         | 4 | 417+660 - 418+012 (1a) 352 m<br>418+670 - 418+364 (1b) 306 m<br>420+486 - 420+840 (2) 354 m<br>421+742 - 422+096 (3) 354 m<br>452+000 - 454+293 (4) 2293 m |
| TÜNEL              | 1 | 462+115 - 462+590 500 m                                                                                                                                    |



Ek-8 Yarma tabanı örnek test sonuçları.

| YARMA TABANI TEST SONUÇLARI (1B KESİMİ) |          |            |           |                  |    |    |    |                  |                   |       |       |                                 |                |                          |                |       |       |      |       |     |       |  |
|-----------------------------------------|----------|------------|-----------|------------------|----|----|----|------------------|-------------------|-------|-------|---------------------------------|----------------|--------------------------|----------------|-------|-------|------|-------|-----|-------|--|
| Rapor Tarihi                            | Rapor No | Açıklama   | Kilometre | Nem içeriği      |    |    |    | Elekt. analizi   |                   |       |       | Biriştirilmiş Zemin Sınıflaması | Sıkışma Deneyi | Kaliforniya Taşıma Oranı |                |       |       |      |       |     |       |  |
|                                         |          |            |           |                  |    |    |    |                  |                   |       |       |                                 |                | Darbe Sayısı             |                |       |       |      |       |     |       |  |
|                                         |          |            |           | Modifiye proktor |    |    |    | 10               |                   | 30    |       |                                 |                | 65                       |                |       |       |      |       |     |       |  |
|                                         |          |            |           | Wn               | LL | PL | PI | No: 4<br>4,75 mm | No:200<br>0,075mm | Kalan | Geçen |                                 |                | Wopt                     | γ <sub>d</sub> | CBR   | Şişme | CBR  | Şişme | CBR | Şişme |  |
| %                                       | %        | %          | %         | %                | %  | %  | %  | %                | g/cm3             | %     | %     | %                               | %              | %                        | %              | %     |       |      |       |     |       |  |
| 13.12.2004                              | I-7      | Yarma Tab. | 375+480   | 14,71            | 36 | 21 | 15 | 16,99            | 34,42             | SC    | 17,2  | 1,63                            | 10,07          | 1,15                     | 21,76          | 1,07  | 24,85 | 1,01 |       |     |       |  |
| 13.12.2004                              | I-7      | Yarma Tab. | 375+680   | 12,86            | 40 | 34 | 16 | 60,19            | 7,32              | GC    | 16,61 | 1,81                            | 17,61          | 0,42                     | 48,39          | 0,64  | 57,09 | 0,2  |       |     |       |  |
| 13.12.2004                              | I-7      | Yarma Tab. | 375+880   | 45,11            | 49 | 31 | 18 | 59,28            | 11,34             | GC    | 23,43 | 1,64                            | 14,19          | 0,08                     | 30,06          | 0,13  | 29,66 | 0,21 |       |     |       |  |
| 13.12.2004                              | I-7      | Yarma Tab. | 376+080   | 20,81            | 56 | 32 | 24 | 60,43            | 12,56             | GC    | 21,63 | 1,67                            | 22,98          | 0,09                     | 56,18          | 0,03  | 65,29 | 0    |       |     |       |  |
| 21.12.2004                              | I-10     | Yarma Tab. | 382+940   | 9,25             | NP | NP | NP | 30,22            | 5,69              | SM    | 9,26  | 2,06                            | 16,4           | 0,03                     | 42,62          | 0,06  | 83,11 | 0,06 |       |     |       |  |
| 21.12.2004                              | I-10     | Yarma Tab. | 383+060   | 7,85             | NP | NP | NP | 28,67            | 4,63              | SM    | 11,24 | 2,02                            | 14,37          | 0,03                     | 50,11          | -0,03 | 75,82 | 0,03 |       |     |       |  |
| 21.12.2004                              | I-10     | Yarma Tab. | 383+240   | 6,56             | NP | NP | NP | 48,32            | 8,27              | GW    | 10,28 | 2,06                            | 12             | 0,03                     | 41,86          | 0,07  | 118   | 0,08 |       |     |       |  |
| 16.12.2004                              | I-10-1   | Yarma Tab. | 396+650   | 7,84             | 34 | 24 | 10 | 39,45            | 16,64             | SC    | 8,99  | 2,12                            | 11,14          | 0,93                     | 17,51          | 1,66  | 17,71 | 1,94 |       |     |       |  |
| 17.12.2004                              | I-10-1   | Yarma Tab. | 398+100   | 23,67            | 73 | 38 | 35 | 12,25            | 42,23             | SC    | 23,49 | 1,62                            | 1,6            | 0,12                     | 1,92           | 0,07  | 2,18  | 0,21 |       |     |       |  |
| 18.12.2004                              | I-10-2   | Yarma Tab. | 405+600   | 10,93            | 40 | 28 | 12 | 37,63            | 25,47             | GC    | 14,73 | 1,89                            | 17,71          | 0,43                     | 31,74          | 0,1   | 33,76 | 0,15 |       |     |       |  |
| 19.12.2004                              | I-10-3   | Yarma Tab. | 372+290   | 26,2             | 64 | 36 | 28 | 57,6             | 17,2              | GC    | 19,53 | 1,61                            | 12,82          | 1,89                     | 29,05          | 1,54  | 38,97 | 1,39 |       |     |       |  |
| 19.12.2004                              | I-10-3   | Yarma Tab. | 372+500   | 15,46            | 65 | 39 | 26 | 61,22            | 13,64             | GC    | 17,72 | 1,8                             | 21,41          | 0,51                     | 25,91          | 0,27  | 28,85 | 0,17 |       |     |       |  |
| 20.12.2004                              | I-10-2   | Yarma Tab. | 390+950   | 30,7             | 58 | 35 | 23 | 29,45            | 34,26             | SC    | 23,25 | 1,58                            | 14,88          | 1,76                     | 25,25          | 1,88  | 36,62 | 1,84 |       |     |       |  |
| 28.12.2004                              | I-11     | Yarma Tab. | 392+300   | 30,21            | 82 | 37 | 45 | 6,34             | 76,35             | CH    | 32,18 | 1,4                             | 11,67          | 1,15                     | 15,34          | 1,25  | 15,72 | 1,61 |       |     |       |  |
| 29.12.2004                              | I-12     | Yarma Tab. | 392+800   | 26,22            | 86 | 40 | 46 | 14,96            | 55,47             | CH    | 32,98 | 1,39                            | 9,99           | 0,68                     | 10,38          | 1,5   | 12,59 | 1,59 |       |     |       |  |
| 29.12.2004                              | I-12     | Yarma Tab. | 393+360   | 16,87            | 42 | 20 | 22 | 59,35            | 16,2              | GC    | 21,34 | 1,61                            | 13,11          | 0,77                     | 29,22          | 0,65  | 33    | 0,63 |       |     |       |  |

Ek-9 Dolguda kullanılan malzemelerin laboratuvar test sonuçları tablosu

| DOLGUDA KULLANILAN MALZEMELERİN LABORATUAR TEST SONUÇLARI TABLOSU |                 |                  |    |                   |    |               |       |                                   |                                                                        |                                 |                |                |                          |                   |        |       |        |       |      |
|-------------------------------------------------------------------|-----------------|------------------|----|-------------------|----|---------------|-------|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|----------------|----------------|--------------------------|-------------------|--------|-------|--------|-------|------|
| Rapor Tarihi                                                      | Ocak adı        | Nem içeriği      |    |                   |    | Elekt analizi |       | Uniformluk Katsayısı              | Eğrilik Katsayısı                                                      | Biriştirilmiş Zemin Sınıflaması | Sıkışma Deneyi |                | Kaliforniya Taşıma Oranı |                   |        |       |        |       |      |
|                                                                   |                 |                  |    |                   |    |               |       |                                   |                                                                        |                                 |                |                | Modifiye proktor         |                   | 10     |       | 30     |       | 65   |
|                                                                   |                 | No: 4<br>4,75 mm |    | No:200<br>0,075mm |    | Kalan         | Geçen | Cu                                | Cc                                                                     |                                 | Wopt           | γ <sub>d</sub> | CBR                      | Şişme             | CBR    | Şişme | CBR    | Şişme |      |
|                                                                   |                 | Wn               | LL | PL                | PI |               |       |                                   |                                                                        |                                 |                |                |                          |                   |        |       |        |       |      |
|                                                                   |                 |                  |    | %                 | %  | %             | %     | D <sub>60</sub> / D <sub>10</sub> | (D <sub>30</sub> ) <sup>1/2</sup> / (D <sub>60</sub> D <sub>10</sub> ) |                                 |                |                | %                        | g/cm <sup>3</sup> | %      | %     | %      | %     | %    |
| 02.09.2004                                                        | Uzunburun       | 8,3              | 27 | 19                | 8  | 83,65         | 4,07  | 15,15                             | 3,25                                                                   | GP                              | 5,48           | 2,22           | 44,10%                   | 0,01              | 54,60% | 0,01  | 54,60% | 0,01  | 0,01 |
| 02.09.2004                                                        | Esence          | 8,73             | 23 | 14                | 9  | 70,41         | 8,35  | 115,44                            | 5,28                                                                   | GP-GC                           | 4,31           | 2,16           | 29%                      | 0,01              | 39,60% | 0,01  | 39,60% | 0,01  | 0,01 |
| 30.11.2004                                                        | Kırmalar        | 8,3              | 65 | 27                | 38 | 68,87         | 17,08 | 81,25                             | 1,23                                                                   | GC                              | 20,39          | 1,68           | 13,16                    | 0,52              | 17,31  | 0,36  | 23,18  | 0,4   | 0,4  |
| 29.11.2004                                                        | İmıklar         | 7,87             | NP | NP                | NP | 89,19         | 0,45  | 6,22                              | 0,73                                                                   | GW                              | 7,49           | 2              | 16,15                    | -0,2              | 24,4   | 0,01  | 86,04  | 0     | 0    |
| 07.01.2005                                                        | Demircioğlu     | 6,36             | NP | NP                | NP | 54,3          | 4,2   | 30                                | 1,48                                                                   | GW                              | 9,93           | 2,02           | 20,9                     | 0,03              | 65,39  | 0,03  | 99,51  | 0,05  | 0,05 |
| 10.01.2005                                                        | 398+740 yarması | 8,3414           | NP | NP                | NP | 69,8          | 5,39  | 54,29                             | 3,39                                                                   | GW                              | 9,49           | 2,04           | 19,54                    | 0,01              | 61,24  | 0,06  | 133,6  | 0,11  | 0,11 |
| 07.02.2005                                                        | Azat Mvk.       | 6,36             | 48 | 27                | 21 | 53,35         | 5,3   | 44                                | 1,18                                                                   | GC                              | 11,37          | 2,05           | 16,45                    | 0,01              | 53,04  | 0,03  | 72,88  | 0,06  | 0,06 |
| 30.03.2005                                                        | Karaçay         | 4,62             | NP | NP                | NP | 82,92         | 2,05  | 14,76                             | 1,38                                                                   | GP                              | 8,95           | 2,1            | 31,79                    | 0,05              | 86,85  | 0,03  | 123,2  | 0,12  | 0,12 |

## ÖZGEÇMİŞ

Tolga GÜRBÜZER, 1975 Sivas doğumluyum. İlk ve orta öğretimini Sivas merkez ilçesinde tamamladım. 1992 yılında İstanbul-Fenerbahçe lisesinden mezun oldum. 1992 ile 1996 yılları arasında Y.T.Ü. İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde eğitimime devam ettim. 1999 ile 2004 yılları arasında da İstanbul Ulaşım A.Ş Metro Hat Bakım Şefliği'nde hat bakım mühendisi olarak çalıştım. 2004 Ağustos ayından beri Alarko-Alsim firmasında, Ankara – İstanbul Demiryolu Hattı İyileştirme Projesi kapsamında demiryolu imalat şefi olarak çalışıyorum.

