

YOL BİLGİSİ (ULAŞTIRMA)



Öğr. Gör. Dr. Selçuk USTA

**VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
VAN MESLEK YÜKSEKOKULU
İNŞAAT BÖLÜMÜ**

VAN, 2022

1. TAŞIMA SİSTEMLERİ

Kullanılan yapı, araç ve taşınan malzeme cinsine göre taşıma sistemleri; karayolu taşıma sistemi, havayolu taşıma sistemi, su yolu taşıma sistemi, demiryolu taşıma sistemi ve boru hatları ile taşıma sistemi olmak üzere beş bölümden meydana gelir. Tekerleğin icadından sonra yük ve yolcuların karayolu ile taşınması büyük önem kazanmıştır. Üretim mallarının pazarlara, hammaddelerin imalathanelere getirilmesi amacıyla yollar inşa edilmiştir. Daha sonraları turizm ve askeri amaçlı yollar da inşa edilmiştir.

Su yolu ile yapılan taşıma sistemi; Deniz, göl, nehir veya kanal üzerinde gerçekleştirilen ucuz fakat yavaş bir taşıma sistemidir.

Havayolu Taşıma Sistemi; Taşıma sistemleri içinde en hızlı fakat en pahalı olanıdır. Ulaşım çok kısa sürelerde gerçekleştirilir.

Demiryolu Taşıma Sistemi; Karayoluna benzer bir alt yapı ile ve bu alt yapı üzerine döşenen raylarla oluşturulan taşıma sistemidir. Buhar, fuel oil ve elektrikle işleyen demiryolu araçları kullanılır. Ucuz taşıma sistemlerinden biridir.

Boru Hatları İle Taşıma; Petrol, doğalgaz, su ve benzeri sıvı ya da gaz halindeki maddelerin taşınmasında kullanılan bir sistemdir. Taşıma sistemlerinin en önemli faydaları aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Yeraltı ve yer üstü kaynaklarının değerlendirilmesi
- Yeni sanayi merkezlerinin yaratılması ve bu merkezlerin yaygınlaştırılması
- Üretilen mallar için yeni pazarlar oluşturulması
- Üretilen malların planlanan zamanda pazara ulaştırılması
- Enerji naklinin kolay yapılması (kömür, petrol, doğalgaz, vb.)
- Bölgeler arası kültür alışverişinin sağlanması
- Ulusal bütünlüğün sağlanması gibi birçok faydaları bulunmaktadır

2. YOLLARIN TARİHSEL GELİŞİMİ

İlk çağlardan beri insanlar ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla ve politik, sosyal, ekonomik nedenlerden dolayı devamlı yer değiştirmeye ihtiyaç duymuşlardır. İlk insanların hayvanları evcilleştirmesi ile ulaşımında kullanılan hayvanlar tarafından açılmış izler büyük önem kazanmıştır. Bu izlerin geliştirilmesi ile de patika yollar elde edilmiştir.

Seyahat yollarının ilki M.Ö. 2000 yılında Girit adasında inşa edilmiştir. Peru ve Meksika'da yapılan arkeolojik araştırmalar sonucunda yine M.Ö. 2000 yılında İnka ve Maya medeniyetleri döneminde de bazı yolların yapıldığı görülmüştür.

Kayda değer ilk yolların Romalılar tarafından yapıldığı bilinmektedir. Bütün Roma İmparatorluğu'nu kaplayan bu yolların hepsi Roma'ya ulaşmaktadır. Bütün yollar Roma'ya çıkar sözü de buradan gelmektedir.

1750 yılında Fransız bilim adamı Tresaguet yol inşaatı alanında ilk bilimsel çalışmaları yapmıştır. 1820 yılında İngiliz bilim adamları Telford ve Mac Adam tarafından daha yeni yol inşaatı metotları geliştirilmiştir. Bugün kullanılan metotlar İngiliz ve Fransız bilim adamlarının geliştirdiği metotlardan yola çıkılarak hazırlanmıştır.

Anadolu'da ilk yollar Sümer'ler ve Akat'lar tarafından Anadolu'yu Mezopotamya'ya bağlamak amacıyla yapılmıştır. Mezopotamya uygarlığından sonra Anadolu'ya egemen olan Pers'ler tarafından Kral Yolu olarak da bilinen Susa - Sardes yolu inşa edilmiştir. Pers imparatorluğundan sonra Eski Yunanlılar tarafından Ege ve Karadeniz bölgelerinde yollar inşa edilmiştir. Türkiye'de ilk düzenli yollar Romalılar tarafından yapılmış ve bu yollarla İstanbul; Sivas ve Edirne'ye ayrıca imparatorluğun baş şehri olan Roma'ya bağlanmıştır. Selçuklular zamanında yol inşaatı yapıp yapılmadığı hakkında kesin bir bilgi olmamakla beraber o devirden kalan; han, kervansaray, çeşme ve su tesisatı gibi eserlerin bulunması yolların varlığı hakkında bilgi vermektedir. Selçuklulardan sonra kurulan Osmanlı Devleti zamanında yol inşaatına büyük önem verilmiştir. Hac yolu olarak bilinen İstanbul - Mekke yolu bu devirde inşa edilmiştir.

Osmanlı İmparatorluğu'nun başlangıcından I. Dünya savaşının patlak vermesine kadar geçen sürede Türkiye'de toplam 400 km uzunlukta yol yapılmıştır. Yapılan bu yollar I. Dünya savaşı sırasında kullanılmaz hale gelmiş olup Cumhuriyetin ilanı esnasında Türkiye'de modern anlamda yol kabul edilebilecek hiçbir yol kalmamıştır.

Cumhuriyetin kuruluşuyla yurttaki yol ve köprü ihtiyacını belirlemek amacıyla birçok bakanlık kurulup çeşitli çalışmalar yapılmıştır. 1920 yılında köprü ve yollar kanunu hazırlanıp yürürlüğe koyulmuştur. 1950 yılında Karayolları Genel Müdürlüğü kurulmuştur. Devlet ve İl yolları ile ilgili yol çalışmaları bu kurum tarafından yapılmaktadır. Köy yollarının yapımı ile ilgili çalışmalar ise Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü tarafından yürütülmektedir.

3. KARAYOLU TERİMLERİ

- **İstikşaf**

Mevcut şart ve istekler dikkate alınarak yolun geçirileceği bölgelerin harita ve arazi üzerinde tespit edilmesi işlemine istikşaf denir.

- **Etüt**

İstikşaf sonucunda yolun yapılmasının kararlaştırıldığı bölgenin şerit halinde tefsiye eğrili haritasının çıkarılması işlemine etüt denir.

- **Güzergâh**

Yol şeridinin harita ya da arazi üzerinde takip ettiği ize güzergâh denir.

- **Aplikasyon**

Yol güzergâhına ait planın arazi üzerine yerleştirilmesi amacıyla yapılan işaretleme işlemlerine aplikasyon denir.

- **Plan kote**

Herhangi bir tesisin veya sanat yapısının yapılacağı arazi bölümünün kotlu, tefsiye eğrili ve detaylı planının çıkarılmasına plan kote denir.

- **Rakortman**

Kurplarla alıynmanları birleştiren geçiş eğrilerine rakortman denir. Rakortman boyuna L denirse, yatay kurpta $L/3$, alıynmada ise $2L/3$ kadar bir mesafede rakortman oluşturulur (Şekil 3.1).

- **Söme noktası**

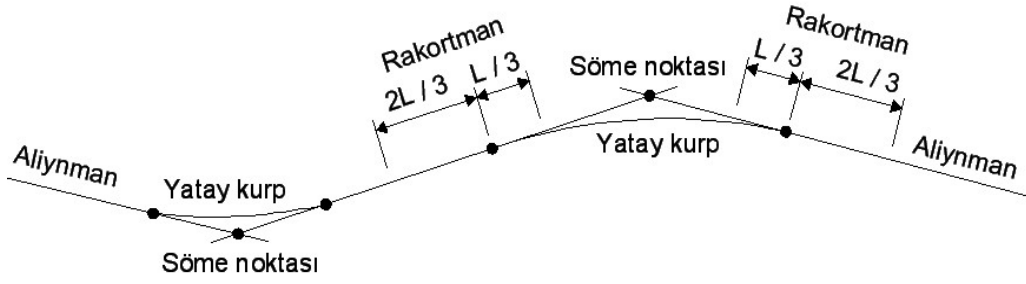
Güzergahdaki doğru parçalarının (Alıynmanların) uzantılarının kesişme noktalarına söme noktası denir (Bkz. Şekil 3.1).

- **Alıynman**

Yol güzergahlarının doğru bir çizgi şeklinde olan kısımlarına alıynman denir (Şekil 3.1).

- **Yatay kurp**

Yol güzergahında alıynmanları birleştiren, yolun eğri kısımlarına viraj ya da yatay kurp denir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 Yatay güzergah

- **Poligon**

Yol güzergâhlarının kırık çizgilerden meydana gelen kısımlarına poligon denir.

- **Röper noktası**

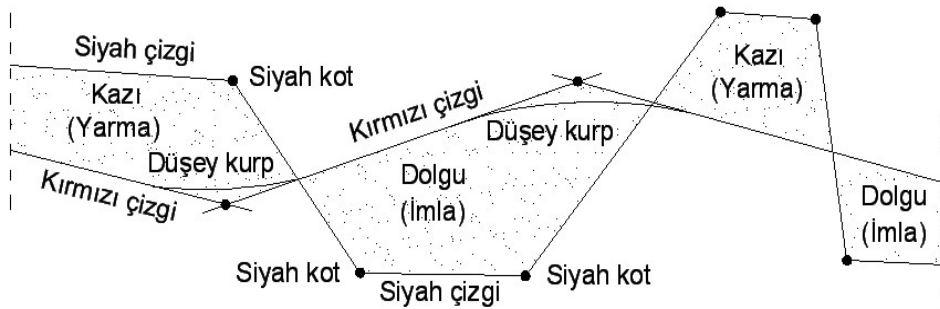
Yol güzergâhı boyunca azami 500 m ara ile işaretlenen ve nivelman ile kotları belirlenen sabit noktalara röper noktası denir.

- **Piketaj**

Yol ekseninin kazık çakılarak arazide belirtilmesine piketaj denir.

- **Boy kesit**

Yol güzergâhı doğrultusuna paralel olacak şekilde alınan düşey kesite boy kesit denir.



Şekil 3.2 Boy kesit - düşey güzergah

- **Siyah kot, siyah çizgi**

Yol güzergâhı üzerinden alınan en kesit ve boy kesitlerde arazinin durumunu gösteren çizgiye siyah çizgi, bu çizgi üzerindeki her bir noktaya da siyah kot denir.

- **Kırmızı kot, kırmızı çizgi**

Yol güzergâhı üzerinden alınan en kesit ve boy kesitlerde platformun (yolun en üst yüzeyinin) durumunu gösteren çizgiye kırmızı çizgi, bu çizgi üzerindeki her bir noktaya da kırmızı kot denir.

- **Düşey kurp**

Farklı eğime sahip iki kırmızı çizgiyi birleştiren eğriye düşey kurp denir.

- **En kesit**

Yol güzergâhı doğrultusuna dik olacak şekilde; enine doğrultuda alınan düşey kesitlere en kesit denir. Yarma, dolgu, karışık (mix) tip olmak üzere üç çeşit en kesit mevcuttur.

- **Yarma (kazı), yarma en kesiti**

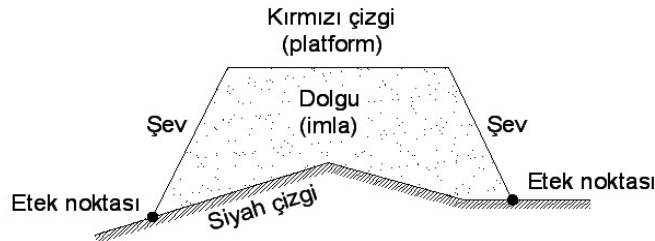
Kırmızı çizginin yani platformun üzerinde kalan ve kazılıp çıkarılan zemin kısmına kazı (yarma), yarma bölgesinden alınan en kesite de yarma en kesiti denir.



Şekil 3.3 Yarma en kesiti

- **Dolgu (imla), dolgu en kesiti**

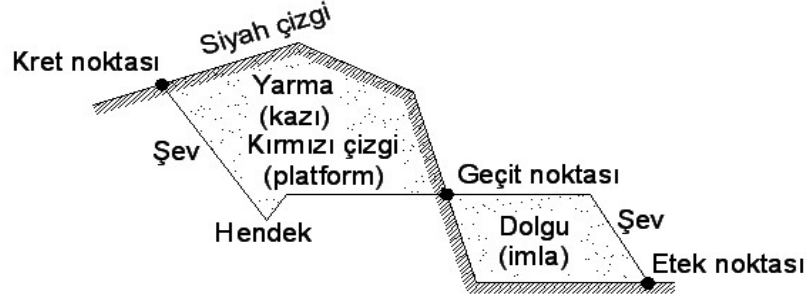
Platformun siyah çizgiden yüksekte geçirilmesi durumunda siyah çizgi ile kırmızı çizgi arasında doldurularak elde edilen kısma dolgu (imla), dolgu bölgesinden alınan en kesite de dolgu en kesiti denir.



Şekil 3.4 Dolgu en kesiti

- **Karışık (mix) en kesit**

Hem yarma hem de dolgu bölgesinden geçirilen en kesite karışık en kesit denir.



Şekil 3.5 Karışık (mix) en kesit

- **Kret noktası, kret Çizgisi**

Yarma en kesitinde kırmızı çizginin siyah çizgiyi deldiği noktalara kret noktası, yol güzergâhı boyunca bu noktaların birleştirilmesi ile elde edilen çizgiye de kret çizgisi denir.

- **Etek noktası, etek çizgisi**

Dolgu en kesitinde kırmızı çizginin siyah çizgiyi (Araziyi) deldiği noktalara etek noktası, yol güzergâhı boyunca bu noktaların birleştirilmesi ile elde edilen çizgiye de etek çizgisi adı verilir.

- **Geçit noktası, geçit çizgisi**

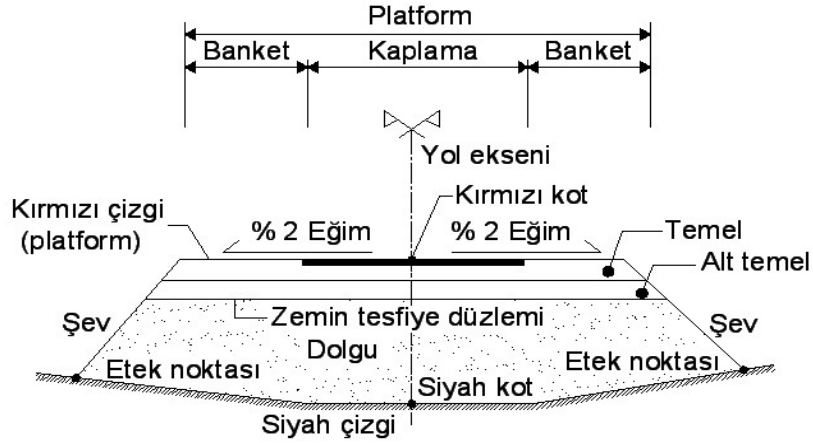
Yol güzergâhı üzerinden alınan en kesitlerde yarmadan dolguya geçilen noktalara geçit noktası, yol güzergâhı boyunca bu noktaların birleştirilmesi ile elde edilen çizgiye de geçit çizgisi denir.

- **Yol alt yapısı**

Yoldaki toprak işlerinin (Kazı-Dolgu) ve sanat yapılarının (Köprü, Viyadük, menfez, vb.) yapıldığı yol inşaatı kısmıdır. Başka bir deyişle zemin tefsiye düzlemi altında kalan yol kısmına yol alt yapısı denir.

- **Yol üst yapısı**

Yolun; kaplama, temel tabakası, alt temel tabakası kısımlarının inşaatını kapsayan kısmıdır. Başka bir deyişle zemin tefsiye düzlemi üzerinde kalan yol kısmına yol üst yapısı denir.



Şekil 3.6 Yol en kesiti kısımları

- **Platform**

Banketlerin dış kenarları arasında kalan, yolun en üst seviyesine platform denir. Platform yol ekseninden itibaren sağa ve sola doğru %2 eğimli yapılır. Bu eğimin yapılmasındaki amaç yolda su birikmesini önlemektir.

- **Banket (ankotman)**

Yol kaplamasının her iki yanında yaya ve diğer araçların geçişine ayrılan kısma banket denir.

- **Şev**

Aralarında kot farkı bulunan iki yüzeyi birleştirmek amacıyla tefsiye edilmiş (şekillendirilmiş) eğimli kısımlara şev denir. Kendini tutamayan akıcı zemin kısımlarına şev yapılır.

- **Hendek**

Yarma bölgelerinden ve platform yüzeyinden gelen suların toplanıp drenaj sistemine iletilmesini sağlayan yapılara hendek denir.

- **Bombe (enine eğim)**

Platforma düşen suyu iki yana akıtmak ve platformda su birikmesini önlemek amacıyla kaplamaya verilen enine eğime bombe denir. Platforma %2-3 arasında eğim verilerek balıksırtı şeklinde bombeli bir yüzey oluşturulur.

- **Kaplama (aşınma tabakası)**

Banketler arasında trafiğin emniyetle seyredebilmesi için temel tabakası üzerine asfalt, beton, taş parke, stabilize (kırmı taş) gibi malzemeler ile yapılmış kısma kaplama denir.

- **Temel tabakası**

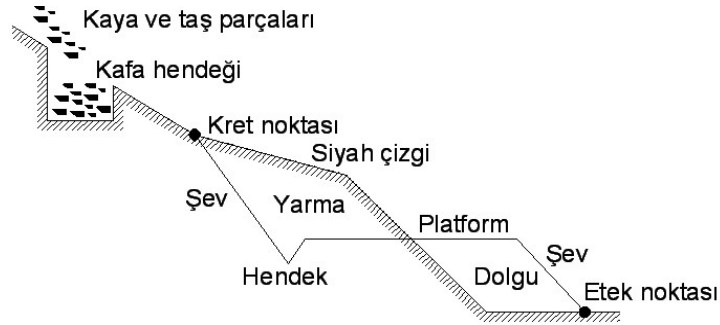
Yolu kullanan araçların yükünü temel altı tabakasına ileten, kil-kum - çakıl karışımından ya da betondan yapılan kısma temel tabakası denir.

- **Alt temel tabakası**

Yol alt yapısı tamamlandıktan sonra (kazi-dolgu) kum-kırma taş karışımı ile oluşturulan kısma alt temel tabakası denir.

- **Kafa hendeği**

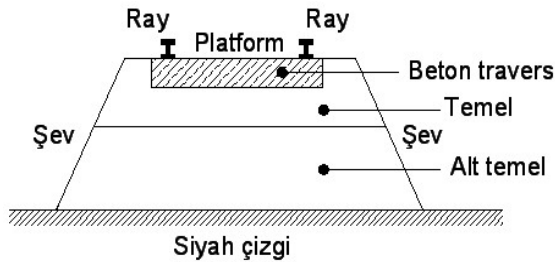
Çok dik yarma şevlerinde; düşebilecek kaya ve taş parçalarının platforma düşmesini önlemek amacıyla yarma şevi üzerine yapılan hendeğe kafa hendeği denir.



Şekil 3.7 Kafa hendeği

Not

Demiryolu inşaatları karayolu inşaatları ile benzerlik gösterirler. Ortak özellikleri iki inşaatda da önce bir alt yapının oluşturulup bunun üzerine üst yapının yapılmasıdır.



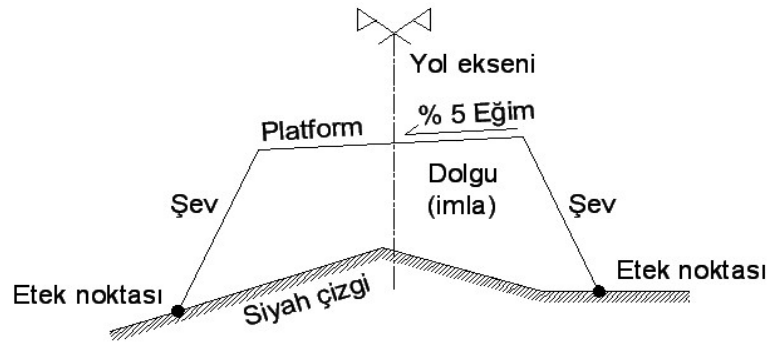
Şekil 3.8 Demiryolu üst yapı kısımları

- **Şerit**

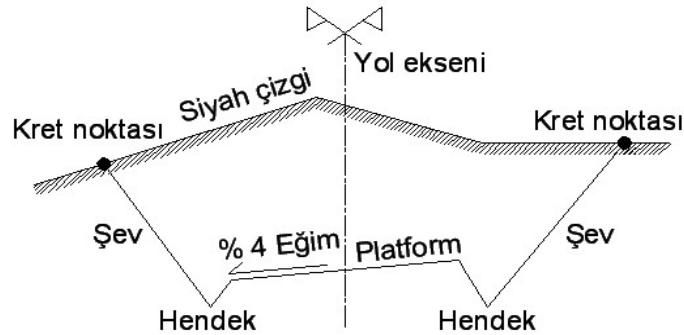
Yol en kesitinde araçların tek sıra halinde hareket edebilmeleri için yeterli genişlikte yapılan platform kısımlarına şerit denir.

- **Dever**

Araçların savrulmasını önlemek amacıyla yatay kurp merkezine doğru verilen tek yönlü eğime dever denir. Yarma en kesitlerinde ortalama %4, dolgu en kesitlerinde ortalama %5 değerinde yapılır. Maksimum dever %9 değerinde yapılır.



Şekil 3.9 Dolgu en kesitinde dever



Şekil 3.10 Yarma en kesitinde dever

- **Sanat yapısı**

Köprü, tünel, viyadük (köprü yol), istinat duvarı, büz, menfez, vb. yapılara sanat yapısı denir.

- **Depo**

Yol alt yapısı inşaatında yarma bölgelerinin kazısından çıkan malzemenin bir kısmı dolguda kullanılır, geriye kalan artık malzemeye depo denir.

- **Ödünç (ariyet)**

Yol alt yapısı inşaatında yarmadan çıkan malzemenin dolgu bölgelerini tamamen doldurmaması durumunda dışarıdaki bir bölgeden getirilerek dolguda kullanılan ilave malzemeye ariyet denir.

- **Kübaj**

Sıkışma, kabarma, ariyet ve depo işlemleri göz önüne alınarak yapılan toprak hacmi hesaplamalarına kübaj denir.

- **Brükner**

Yol alt yapısı inşaatında yarmadan çıkarılan malzemenin en ekonomik şekilde dolguda kullanılabilmesi için yapılan grafiksel dengelenme çalışmalarına brükner denir.

- **Mücbir nokta**

Yolun geçirilmesinin zorunlu olduğu noktaya mücbir nokta denir.

- **Plastisiteli zemin**

Elle yoğrulabilir kıvamdaki zemine plastisiteli zemin denir.

- **Kompresibiliteli zemin**

Sıkıştırılabilir kıvamdaki zemine kompresibiliteli zemin denir.

- **Kohezyon**

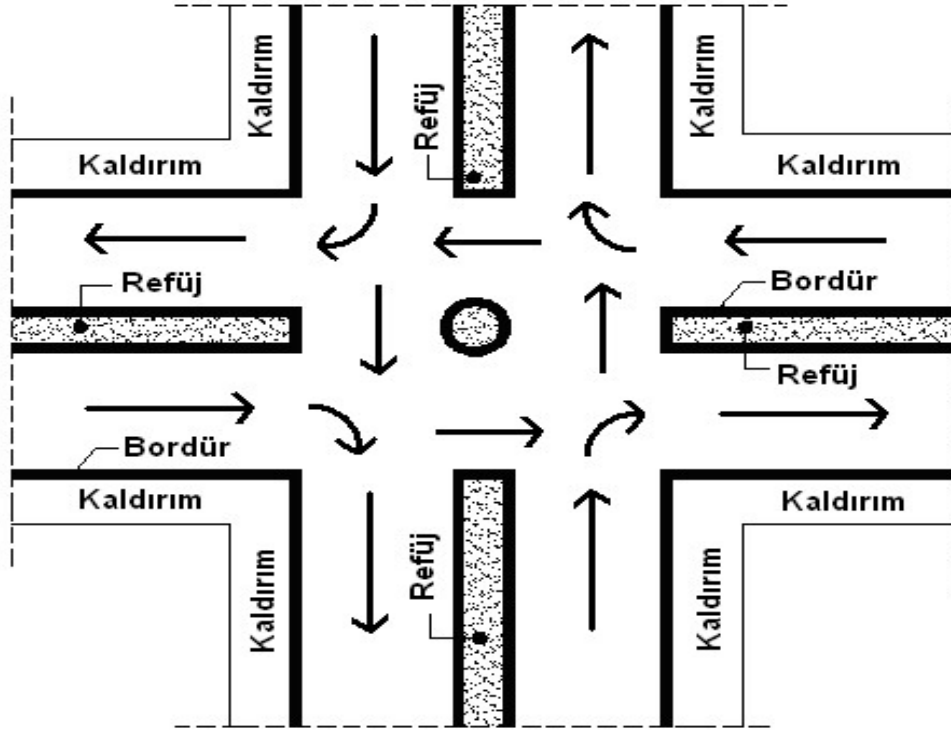
Zemin tanelerinin birbirleriyle olan yapışma kabiliyetine bir başka deyişle zemin taneleri arasındaki iç çekim kuvvetine kohezyon denir.

- **Permabilite**

Zeminlerin suya karşı geçirgenlik dirençlerine permabilite denir.

- **Kavşak**

İkiden fazla yolun kesişmesiyle meydana gelen kritik alanlara kavşak denir (Şekil 3.11).



Şekil 3.11 Kavşak

- **Bordür**

Kaldırım ve refüj (orta kaldırım) ile yol kaplaması arasındaki kot farkını sağlamak amacıyla taş veya betondan yapılmış kısımlara bordür denir (Şekil 3.11).

- **Refüj (emniyet adası)**

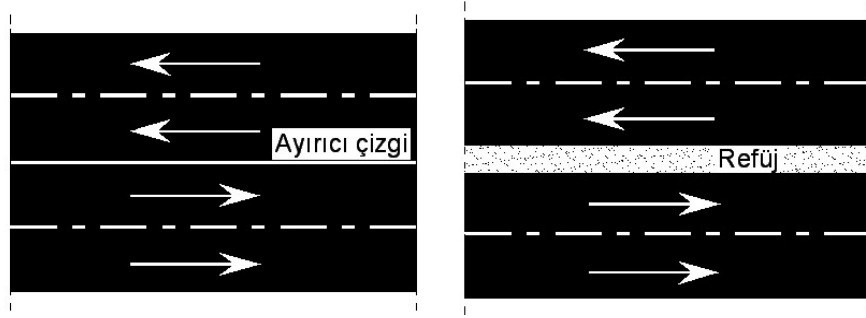
Aksi yönlere ayrılan şeritleri sınırlandırmaya yarayan yol kısımlarına refüj yada orta kaldırım denir (Şekil 3.11).

- **Rögar**

Bordür kenarında toplanan suları drenaj (kurutma) kanalına veya kanalizasyona akıtan kısımlara rögar denir.

- **Bölünmüş yol**

Zıt yönlerde hareket eden taşıt trafiğini birbirinden ayıran bir ayırıcının, refüj ya da sürekli kalın çizginin bulunduğu yola bölünmüş yol denir (Şekil 3.12).



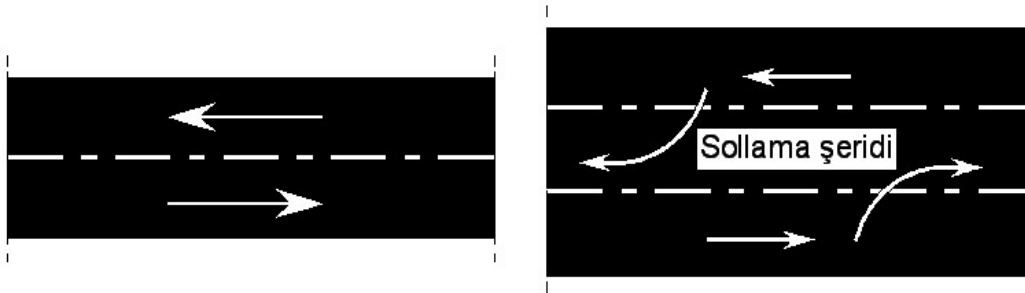
Şekil 3.12 Bölünmüş yol

- **Bölünmemiş yol**

Zıt yönlerde hareket eden taşıt trafiğini birbirinden ayıran bir ayırıcının bulunmadığı yola bölünmemiş yol denir.

- **İki şeritli yol**

İki zıt yöndeki trafik için birer şeridi olan yola iki şeritli yol denir (Şekil 3.13).



Şekil 3.13 İki ve üç şeritli yollar

- **Üç şeritli yol**

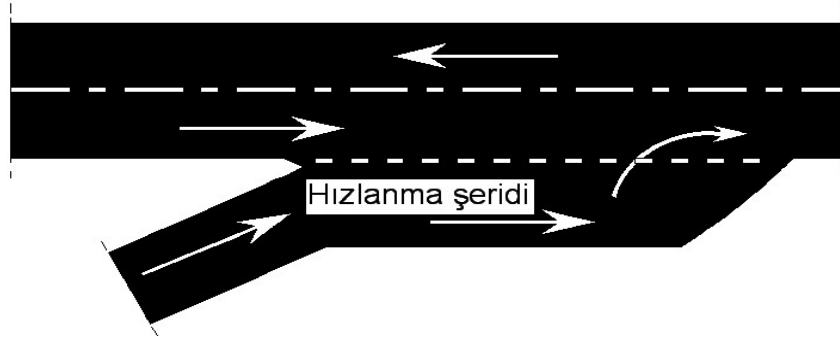
İki şeridi iki zıt yöndeki trafik için, bir şeridi de sollama (geçme) için ayrılmış yola üç şeritli yol denir (Şekil 3.13).

- **Çok şeritli yol**

Zıt yöndeki iki trafik için iki veya daha fazla şeridi olan yollara çok şeritli yol denir.

- **Hızlanma şeridi**

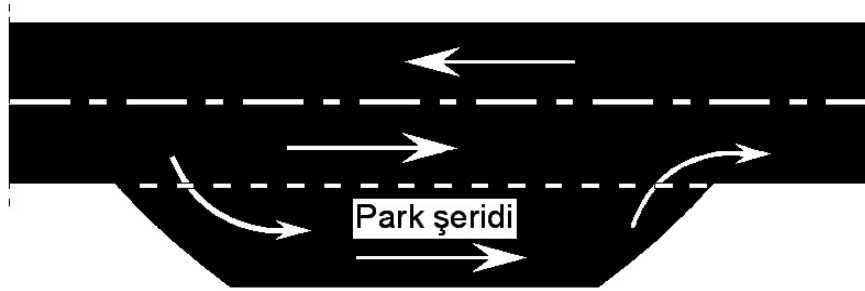
Tali yoldan ana yola çıkacak taşıtların hızlarını arttırmak için kullandıkları yol kısmına hızlanma şeridi denir (Şekil 3.14).



Şekil 3.14 Hızlanma şeridi

- **Duraklama ve park şeridi**

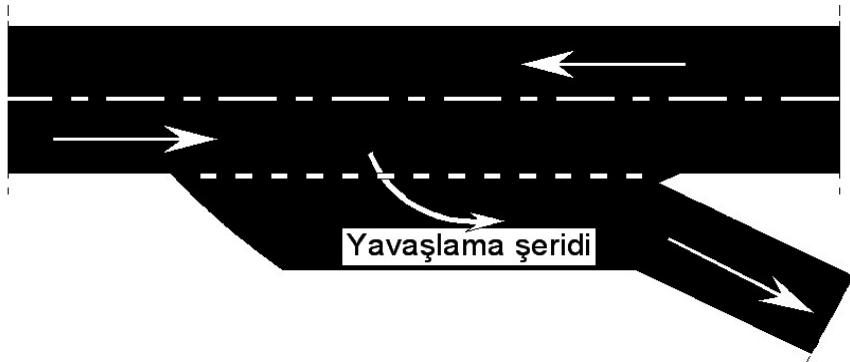
Taşıtların geçici bir süre duraklamasını ve park etmesini sağlamak amacıyla yapılmış yol kısımlarına duraklama şeridi denir (Şekil 3.15).



Şekil 3.15 Park şeridi

- **Yavaşlama şeridi**

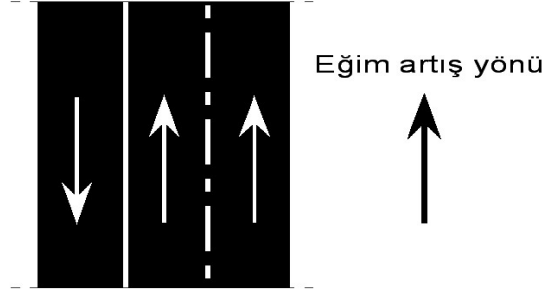
Ana yoldan ayrılan taşıtın, hızını azaltarak emniyetli bir şekilde tali yola girmesini sağlamak amacıyla yapılan yol kısımlarına yavaşlama şeridi denir (Şekil 3.16).



Şekil 3.16 Yavaşlama şeridi

- **Tırmanma şeridi**

Eğimi fazla olan yollarda öncelikle ağır (yavaş) taşıtların kullanmaları amacıyla eğim yönünde yapılan yardımcı şeride tırmanma şeridi denir (Şekil 3.17).



Şekil 3.17 Tırmanma şeridi

4. TRAFİK, TRAFİK HACMİ

4.1. Trafik Tanımları

- **Trafik**

Yaya ve taşıtların yükleri ile beraber, tek başlarına veya topluca herhangi bir platform üzerindeki her türlü hareketlerine trafik denir.

- **Taşıt**

Kendi gücü ile serbestçe hareket edebilen, tekerlekli, trafiğin her bir elemanına taşıt denir. Taşıtlar; hafif ve ağır taşıtlar olmak üzere ikiye ayrılır.

- **Hafif Taşıt**

Otomobil, jeep, pick up, minibüs gibi en fazla dokuz oturma yeri olan ve insan taşımak için kullanılan taşıtlar ile tek dingilli ve dingilinde tek lastik bulunan, yük taşımak için kullanılan kamyonetler hafif taşıt olarak nitelendirilirler.

- **Ağır Taşıt**

On veya daha fazla oturma yeri olan, insan taşımak için yapılmış otobüsler ile yük taşımak için kullanılan, bir veya daha fazla dingilli, dingilinde iki lastik bulunan kamyonlar ile kamyon-treyler ağır taşıt olarak nitelendirilirler.

4.2. Trafik Hacmi

Mevcut bir yolun herhangi bir kesitinden; birim zaman içerisinde, her iki yönde geçen toplam taşıt sayısına trafik hacmi denir.

4.2.1. Yıllık Ortalama Günlük Trafik Hacmi

Bir yolun herhangi bir kesitinden bir yıl boyunca geçen toplam taşıt sayısına yıllık trafik hacmi denir. Yıllık trafik hacminin yıl içindeki toplam gün sayısına oranına yıllık ortalama günlük trafik hacmi denir. Y.O.G.T şeklinde ifade edilir.

$$Y.O.G.T = [\text{Yıllık trafik hacmi}] \cdot [365]^{-1} \quad 4.1$$

4.2.2. Saatlik Trafik Hacmi

Herhangi bir karayolunda günün her saatindeki trafik hacimleri farklılık gösterir. Saatlik trafik hacminin, uygulamada yıllık ortalama günlük trafik hacminin %10'na eşit olduğu kabul edilmektedir.

$$\text{Saatlik trafik hacmi} = [Y.O.G.T] \times 0.10 \quad 4.2$$

4.3. Proje Trafik Hacmi

Yol projelerinin hazırlanmasında kullanılan ve projenin yapıldığı yıldaki mevcut trafik hacminden yola çıkılarak 20 yıl sonraki tahmini trafik hacminin hesaplanmasıyla elde edilen trafik hacmi değerine proje trafik hacmi denir.

Yeni yolların yapılması ya da mevcut yolların kapasitelerinin artırılması bölgelere yapılacak yeni yatırımlara bağlıdır. Bölgelere yapılacak yeni yatırımlar nüfusun ve dolayısıyla mevcut trafiğin artmasına neden olur. Bu nedenden dolayı yapılması düşünülen yeni yolların 20 yıl sonra oluşması beklenen tahmini trafik hacmine hizmet edecek şekilde projelendirilmesi gereklidir.

4.4. Trafik Kompozisyonu

Yol projelerinin hazırlanmasında kullanılan proje trafik hacminin %50'sinin ağır taşıtlardan, %50'sinin de hafif taşıtlardan oluştuğu kabul edilmektedir ve bu özellik hesaplamalarda dikkate alınmalıdır.

$$\text{Trafik kompozisyonu} = [\%50 \text{ Ağır taşıt}] + [\%50 \text{ Hafif taşıt}] \quad 4.3$$

4.5. Tahmini Trafik Hacmi Hesaplamaları

Mevcut bir yoldaki trafik hacminde meydana gelen değişim, bütün ekonomik ve bölgesel koşullar dikkate alınarak oluşturulan eşitlik 4.4 ile tahmin edilebilmektedir.

$$A_n = A_o (1 + E)^n \quad 4.4$$

A_n : Son trafik sayımından sonraki herhangi bir n yılında gerçekleşebilecek günlük ortalama taşıt sayısı

n : Son trafik sayımından sonra yıl olarak geçen süre

A_o : Son trafik sayımındaki günlük ortalama taşıt sayısı

E : Günlük ortalama taşıt sayısındaki yıllık artış yüzdesini ifade etmektedirler.

T.C. Karayolları Genel Müdürlüğü verilerine göre günlük ortalama taşıt sayısındaki yıllık artış yüzdesi değerleri, bölge numaralarına göre tablo 4.1'de verilmiştir.

Tablo 4.1 T.C. Karayolları Genel Müdürlüğü bölge müdürlüklerine göre trafik artış yüzdeleri

Bölge Taşıt	E (%)		
	Otomobil	Otobüs	Kamyon
1	12	5	8
2	12	5	7
3	12	8	8
4	14	8	5
5	10	6	8
6	10	7	8
7	14	7	7
8	11	4	8
9	12	6	8
10	14	8	8
11	12	6	8
12	10	8	8
13	9	5	6
14	13	6	8
15	10	8	7
16	9	4	8

Örnek 4.1

Karayolları 11. bölgede bulunan bir yolda 2001 yılında yıl boyunca yapılan gözlemler sonucunda günlük ortalama taşıt sayısının 400 otomobil / gün, 300 otobüs / gün, 320 kamyon / gün olduğu tespit edilmiştir. Bu yolun mevcut trafiği karşılamakta yetersiz olduğu belirlenmiştir ve büyütülmesi düşünülmektedir. Yolun büyütülmesi için yapılacak projelendirme çalışmalarında kullanılmak üzere 20 yıl sonraki yıllık ortalama günlük trafik hacmini ve saatlik trafik hacmini hesaplayınız.

Çözüm 4.1

4.3 Trafik komp. = [%50 Ağır taşıt] + [%50 Hafif taşıt]

Hafif Taşıtlar : Otomobil, jeep, pick up, kamyonet, minibüs

Ağır Taşıtlar : Kamyon, kamyon - treyler, otobüs

Hafif taşıtlar için hesap

11. Bölgede otomobil için tablo 4.1'den $E = \%12$, $n = 20$ yıl

4.4 $A_n = A_o \times (1 + E)^n$ $A_{20} = 400 \times (1 + 0.12)^{20} = 3859$

$A_{20} = 3859$ otomobil / gün

Hafif taşıt sayısı = 3859 Hafif taşıt / gün

Ağır taşıtlar için hesap

11. Bölgede kamyon için tablo 4.1'den $E = \%8$, $n = 20$ yıl

4.4 $A_n = A_o \times (1 + E)^n$ $A_{20} = 320 \times (1 + 0.08)^{20} = 1492$

$A_{20} = 1492$ kamyon / gün

11. Bölgede otobüs için tablo 4.1'den $E = \%6$, $n = 20$ yıl

4.4 $A_n = A_o \times (1 + E)^n$ $A_{20} = 300 \times (1 + 0.06)^{20} = 962$

$A_{20} = 962$ otobüs / gün

Ağır taşıt sayısı = 1492 + 962 = 2454 Ağır taşıt / gün

4.3 Trafik komp. = [%50 Ağır taşıt] + [%50 Hafif taşıt]

Trafik komp. = [2454 x 0.5] + [3859 x 0.5] = 3157

Trafik komp. = 3157 Taşıt / Gün

Trafik komp. = Y.O.G.T. = 3157 Taşıt / Gün

Y.O.G.T. = 3157 Taşıt / Gün

4.2 Saatlik trafik hacmi = [Y.O.G.T] x 0.10

Saatlik trafik hacmi = 3157 x 0.10 = 316 Taşıt/Saat

Saatlik trafik hacmi = 316 Taşıt/Saat

5. YOL GEOMETRİK KARAKTERİSTİKLERİ

Bir karayolunun geometrisini; boy kesit, yatay güzergah, en kesitler, kurplar, kavşaklar, vb. yol kısımlarının özellikleri belirler. Yol geometrik özelliklerinin belirlenmesinde etkili en önemli unsurlar, trafik hacmi ve proje hızıdır. Yol inşaatı trafik hacminin farklılık gösterdiği her bölüm için farklı geometrik özelliklerde inşa edilir. Her bölümün proje hızı ve geometrik karakteristikleri farklı değerlerde olur.

5.1. Yol Sınıfları

5.1.1. İdari Yönden Yollar

- **Devlet Yolları**

Ülkenin büyükşehirlerini birbirine bağlayan yollardır. Örneğin, İstanbul – Ankara devlet karayolu.

- **İl Yolları**

Devlet yollarının birbirine bağlamadığı illeri birbirine bağlamak amacıyla yapılan yollardır. Birbirine komşu kentler arasında ki yollar örnek verilebilir.

- **Köy Yolları**

Köyleri birbirine, ayrıca il ve devlet yollarına bağlayan yollardır.

5.1.2. Projelendirme Yönünden Yollar

Projelendirme maksadıyla devlet ve il yolları kalite ve trafik hacmi yönünden Tablo 5.1’de sınıflara ayrılmıştır. Aynı şekilde köy yolları da Tablo 5.2’de sınıflara ayrılmıştır.

5.2. Proje Hızı

Bir yolun; belirli uzunca bir kesiminde bütün şartların müsait olması halinde yol geometrik özelliklerinin devamlı olarak aynı şekilde elde edilmesine olanak vereceği maksimum hızıdır. Yol güzergâhı boyunca trafik hacminin farklılık gösterdiği her bölgede proje hızı da farklılıklar gösterir. Dolayısıyla yol inşaatları, trafik hacmi ve proje hızının farklı olduğu bölgelerde birbirinden farklı etaplar şeklinde inşa edilirler.

5.3. Yol Geometrik Karakteristiklerinin Belirlenmesi

Genel olarak bir yolun geometrik özellikleri aşağıdaki bölümlerden oluşmaktadır.

- Şerit sayısı
- Minimum proje hızı (km / saat)
- Rampa ve inişlerde maksimum proje eğimi (%)
- Şerit genişliği (m)
- Banket genişliği (m)
- Platform genişliği (m)
- Kamulaştırma (İstimlâk) genişliği (m)

Yol geometrik karakteristikleri; yıllık ortalama günlük trafik hacmi, saatlik trafik hacmi, yol sınıfı ve arazi yapısına bağlı olarak Tablo 5.1.a,b,c,d ve Tablo 5.2 kullanılarak belirlenir.

Bu tablolarda Y.O.G.T değerinin 4000 taşıt/gün değerinden büyük olması durumunda yol dört şeritli olacak şekilde projelendirilir. Tırmanma şeritleri üç şeritli olacak şekilde projelendirilir. Tablolardan elde edilen yol geometrik karakteristiklerine göre oluşturulan tip en kesitler Şekil 5.1 ve Şekil 5.2’de verilmiştir.

Tablo 5.1.a Yol geometrik karakteristikleri

Y.O.G.T hacmi	4000 – 2000 Taşıt / Gün							
Saatlik trafik hacmi	400 – 200 Taşıt / Gün							
Yol sınıfı	I.A				I.B			
Arazi cinsi	Düz	Dalgalı	Arızalı	Çok arızalı	Düz	Dalgalı	Arızalı	Çok arızalı
Şerit sayısı	2	2	2	2	2	2	2	2
Proje hızı (km/saat)	110	100	70	60	90	80	60	50
Enine eğim	%2	%2	%2	%2	%2	%2	%2	%2
Max. eğim	%6				%7			
Şerit genişliği (m)	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
Banket genişliği (m)	3.0	3.0	3.0	2.0	3.0	3.0	3.0	2.0
Platform Genişliği (m)	13	13	13	11	13	13	13	11
İstimlâk genişliği (m)	50				40			

Tablo 5.1.b Yol geometrik karakteristikleri

Y.O.G.T hacmi	2000 – 1000 Taşıt / Gün							
Saatlik trafik hacmi	200 – 100 Taşıt / Gün							
Yol sınıfı	II.A				II.B			
Arazi cinsi	Düz	Dalgalı	Arızalı	Çok arızalı	Düz	Dalgalı	Arızalı	Çok arızalı
Şerit sayısı	2	2	2	2	2	2	2	2
Proje hızı (km/saat)	100	90	60	50	80	70	50	40
Enine eğim	%2	%2	%2	%2	%2	%2	%2	%2
Max. eğim	%7				%8			
Şerit genişliği (m)	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
Banket genişliği (m)	1.5	1.5	1.5	1.0	1.5	1.5	1.5	1.0
Platform genişliği (m)	10	10	10	9	10	10	10	9
Kamulaştırma genişliği (m)	40				30			

Tablo 5.1.c Yol geometrik karakteristikleri

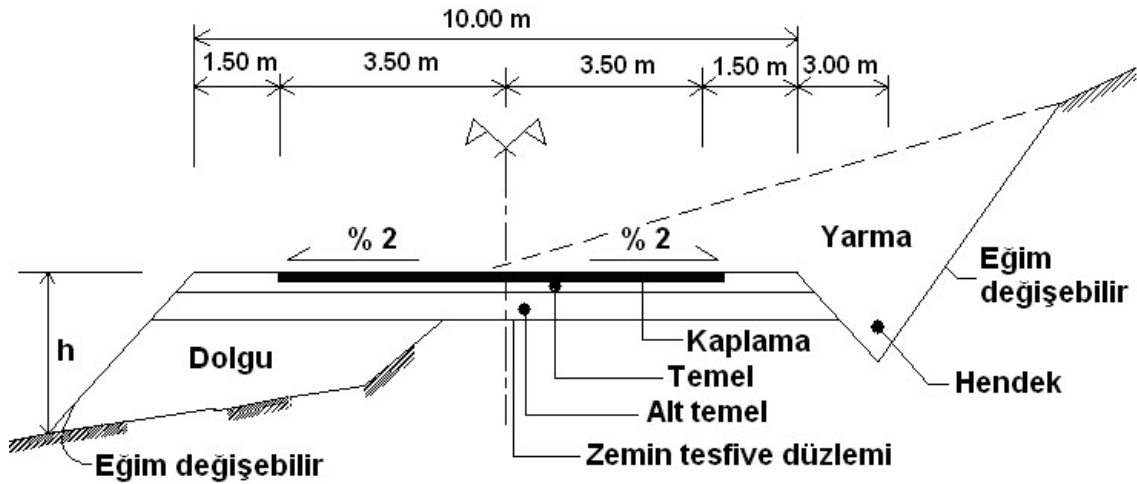
Y.O.G.T hacmi	<1000 Taşıt / Gün							
Saatlik trafik hacmi	<100 Taşıt / Gün							
Yol sınıfı	III.A				III.B			
Arazi cinsi	Düz	Dalgalı	Arızalı	Çok arızalı	Düz	Dalgalı	Arızalı	Çok arızalı
Şerit sayısı	2	2	2	2	2	2	2	2
Proje hızı (km/saat)	80	70	50	40	60	50	40	30
Enine eğim	%2	%2	%2	%2	%2	%2	%2	%2
Maksimum eğim	%7				%8			
Şerit genişliği (m)	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Banket genişliği (m)	1,00	1,00	1,00	0,50	1,00	1,00	1,00	0,50
Platform genişliği (m)	8	8	8	7	8	8	8	7
Kamulaştırma genişliği (m)	30				20			

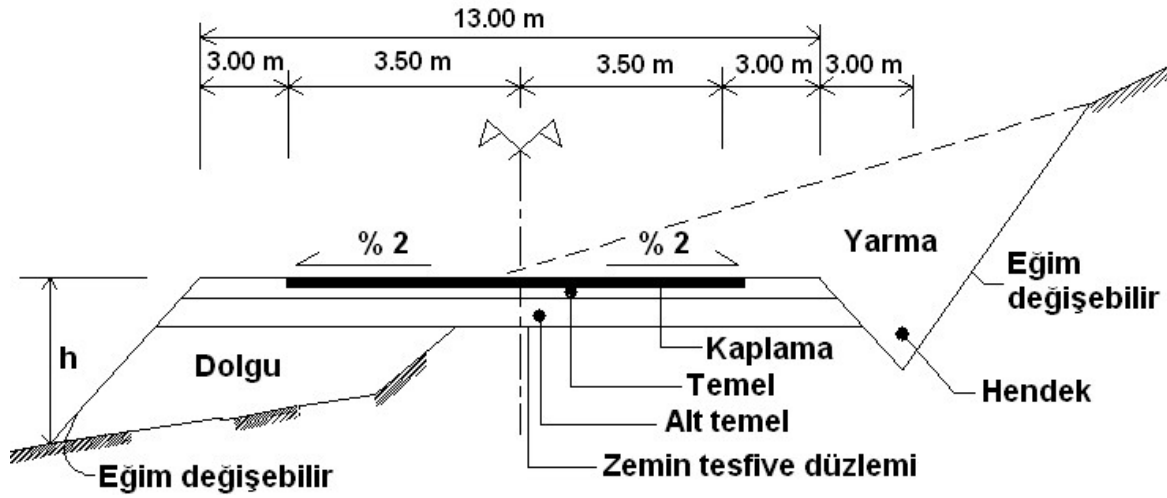
Tablo 5.1.d Yol geometrik karakteristikleri

Y.O.G.T hacmi	<100 Taşıt / Gün			
Saatlik trafik hacmi	<10 Taşıt / Gün			
Yol sınıfı	IV			
Arazi cinsi	Düz	Dalgalı	Arızalı	Çok arızalı
Şerit sayısı	1	1	1	1
Proje hızı (km/saat)	60	50	40	30
Enine eğim	%2	%2	%2	%2
Maksimum eğim	%9			
Şerit genişliği (m)	3,00	3,00	3,00	3,00
Banket genişliği (m)	1,50	1,50	1,00	1,00
Platform genişliği (m)	6	6	5	5
Kamulaştırma genişliği (m)	20			

Tablo 5.2 Köy yolu geometrik karakteristikleri

Trafik	I.Sınıf		II.Sınıf	
	Çok önemli		Az önemli	
Arazi cinsi	Düz ve dalgalı	Arızalı ve çok arızalı	Düz ve dalgalı	Arızalı ve çok arızalı
Platform genişliği (m)	7,00	5,00	5,00	4,00
Maksimum eğim	%15			
Kamulaştırma genişliği	İnşaatin gerektirdiği kadar genişlikte			

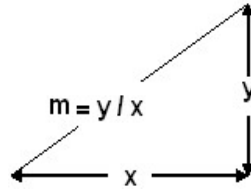
**Şekil 5.1** Tip en kesit I (Platform genişliği 10 m)



Şekil 5.2 Tip en kesit II (Platform genişliği 13 m)

5.4. En Kesitlerde Şev Değerleri

Şev eğimi “m” sembolü ile ifade edilir. $m = (y / x)$ eşitliği ile hesaplanır.



Yatay düzlemde x birim, düşey düzlemde y birim kadar gidilerek şev oluşturulur.

5.4.1 Dolguda Şev Değerleri

Dolgu yüksekliğine (h) bağlı olarak şev eğimi (m) değerleri Tablo 5.3’de verilmiştir. Dolgu yüksekliği arttıkça şev eğimi azaltılmalıdır.

Tablo 5.3 Dolguda şev değerleri

h (m)	m
$h < 1.50$	2/3
$1.50 \leq h < 3.00$	1/2
$3.00 \leq h < 5.00$	1/3
$h \geq 5.00$	1/4

5.4.2. Yarmada Şev Değerleri

Hendeğin platform bitiminden başlayan şev eğimi 1/4 değerinde oluşturulur. Hendeğin daha derin olması gereken yerlerde hendek şev eğimi 1/4 şeklinde uzatılarak istenilen derinlikte hendek elde edilir. Hendeğin araziye kesen kısmının şev eğimi arazinin yapısına ve akıcılığına göre 3/4 veya 1/2 şeklinde oluşturulabilir.

6. İSTİKŞAF VE ETÜT ÇALIŞMALARI

6.1. İstikşaf

Mevcut şart ve istekler dikkate alınarak yolun geçeceği bölgenin harita ve arazi üzerinde tespitine istikşaf denir. İstikşaf yapılırken takip edilecek işlem sırası yolun önemine ve mevcut imkânlar göre değişir. Bölgenin topografik haritası varsa önce bu harita üzerinde uygun güzergâhlar tespit edilir. Tespit edilen güzergâhların araziye uygunluğu kontrol edilir. Topografik haritası mevcut olmayan bölgelerde istikşaf, yer ve hava fotoğrafları yardımı ile yapılır. Arazi gezilerek incelemeler yapılır. İstikşaf çalışmaları esnasında güzergâh tespitinde aşağıda belirtilen hususlar dikkate alınmalıdır.

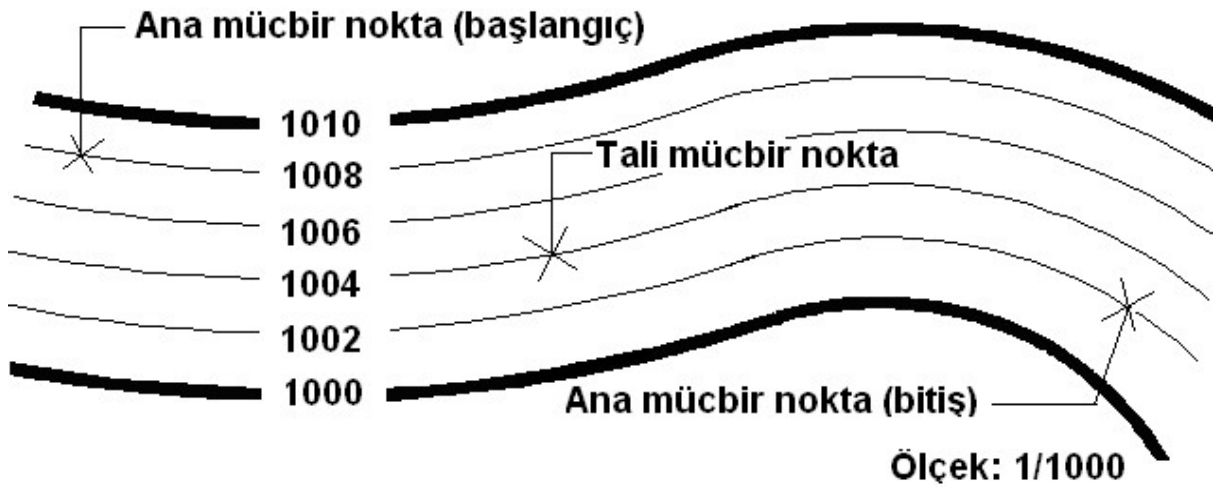
- Yol güzergâhı araştırmasında A ve B gibi iki nokta birbirine bağlanacaksa, bu noktalardan her biri araştırılacak güzergâh için ana mücbir noktaları teşkil ederler. Yani yolun başlangıç ve bitiş noktalarını teşkil ederler.
- Yol kendisinden yararlanacak bölgenin ticari ve sanayi gelişimine azami derecede hizmet etmelidir.
- Yapılacak yoldan mümkün olduğu kadar fazla nüfusun yararlanması sağlanmalıdır.
- Yol geometrik özellikleri değiştirilmeden inşaat esnasında kazı miktarı en az seviyede tutulmalıdır.
- Yol, arazinin doğal olarak drenaja müsait kısımlarından geçirilmelidir.
- Rampa ve inişlerde boyuna eğim hiçbir yerde %5'den az olmamalıdır.
- Yol, sağlam ve kararlı bir temel zeminine oturmalıdır.
- Yolda eğim kaybı olmamalıdır. Örneğin yükselerek giden bir arazide yolun alçalarak gitmesi uygun değildir.
- Yatay kurplar büyük yarıçaplı ve rahat dönüşe uygun olmalıdır, keskin dönüşler ortadan kaldırılmalıdır.
- Dağlık bölgelerde kar ve buz etkilerini önlemek için yol güney yönünden geçirilmelidir.

- Yapılacak yol, demiryolları ve diğer yollarla tehlikeli kesişmeler yapmamalıdır.
- Yol güzergâhı akarsu yataklarına yakın olmamalıdır.
- Gelecekte trafiğin yoğunlaşacağı düşünülerek yeterli miktarda kamulaştırma (istimlâk) yapılmalıdır ki ileride yolun genişletilmesi mümkün olsun.
- Yol yapımı için gerekli olan malzemelerin nereden temin edileceği inşaat öncesinde belirlenmelidir.
- Yol güzergâhının geçmesi gereken tali (ara) mücbir noktalar güzergâh tespiti esnasında dikkate alınmalıdır.
- Menfez, su toplama yapıları ve su uzaklaştırma yapılarının boyutlandırmasında ilgili akarsuyun 50 yıllık taşkın debisi dikkate alınmalıdır.

6.2. Etüt

İstikşaf sonucunda yolun geçeceği bölümler kabaca belirlendikten sonra, yol güzergâhının geçeceği bölgenin şerit halinde tefsiye eğrili haritasının çıkarılması için yapılan arazi ve büro çalışmalarına etüt denir. Etüt haritaları çoğunlukla 1/2000 ölçeğinde hazırlanır.

Şehir ve kasaba içleri ile daha fazla detaya inilmesi gereken kısımlarda 1/1000 ölçeğinde hazırlanabilir. Etüt haritaları arazinin durumuna göre 100m-300m genişlikteki araziye içine alacak şekilde hazırlanır. Etüt haritası üzerinde yolun geçeceği ana ve tali mücbir noktalar belirtilir. Bunun yanında tefsiye eğrilerinin kot değerleri gösterilir.



Şekil 6.1 Etüt haritası

6.2.1. Güzergâh Seçiminde Dikkat Edilecek Hususlar

- Bir sırtı aşarken, imkânlar ölçüsünde en düşük kotlu noktalardan geçilmelidir.
- Yolun iki yanındaki taşınmaz mal sahiplerinin yoldan daha fazla faydalanmaları sağlanmalıdır.
- Çok dik bir tepenin etrafından dolaşmak suretiyle aşılması, tepeyi dikine inip çıkmaktan daha avantajlı ve emniyetlidir.
- Derin yarmalardan kaçınılmalıdır, bu kısımlara tünel yapılmalıdır.
- Demiryolları geçilirken alt ve üst geçit yapma zorunluluğu unutulmamalıdır.
- Sıfır poligonu ortalanarak güzergâh çizgisinin geçirilmesi esnasında yarma ve dolgu hacimlerinin birbirini dengeleyecek şekilde oluşturulmasına çalışılmalıdır.
- Projenin standart eğimi güzergah tespitinde dikkate alınmalıdır.
- Yol güzergahı, gevşek malzemeden meydana gelmiş yamaçlardan geçerken, zeminin kayması beklenen kısımlar belirlenmeli ve güzergah bu kısımlardan geçirilmemelidir.
- Yatay güzergahta birbirini takip eden iki kurptan birinin bitimi ile diğerinin başlangıcı arasında en az 60m uzunluğunda bir alınyman olmalıdır.
- Yolun vadiden geçmesi durumunda güzergah yüksek seviyeden geçirilerek su baskını önlenmelidir.
- Bir vadinin yamacından diğer yamaca geçişte dar bir geçiş yeri tercih edilmelidir.
- Köprü ve viyadükler vadilere dik olacak şekilde planlanmalıdır.
- Akarsu geçişlerinde köprü yapımı için temel zemini, köprü ayaklarının inşası için uygun olmalıdır. Köprü giriş ve çıkışlarında keskin kurplar yapılmamalıdır.
- Güzergah seçiminde yol geometrik karakteristikleri dikkate alınmalıdır.

6.2.2. Etüt Haritası Üzerinde Güzergâh Araştırması

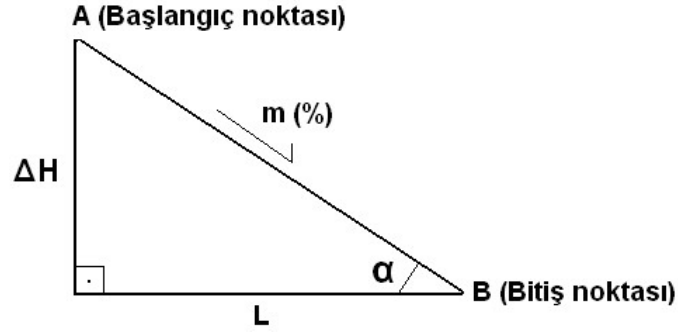
6.2.2.1. Uygun Pergel Açıklığının Belirlenmesi

Yolun başlangıç ve bitiş noktaları arasındaki kot farkı etüt paftası üzerinden belirlenir. Ayrıca yolun geometrik karakteristiklerinden maksimum proje eğimi dikkate alınarak pergel açıklığı aşağıdaki şekilde belirlenir.

m : Maksimum proje eğimi (%)

ΔH : Başlangıç ve bitiş arasındaki kot farkı (metre)

L : Başlangıç ve bitiş arasındaki yatay mesafe (metre)



$$m (\%) = \tan \alpha = \frac{\Delta H}{L}$$

6.1

Örnek 6.1

1/5000 ölçekli bir etüt haritasında, yolun başlangıç ve bitiş noktaları arasındaki kot farkı 10 m, yolun maksimum proje eğimi ise %8'dir. Buna göre sıfır poligonunun geçirilmesinde kullanılacak pergel açıklığı hesaplayınız?

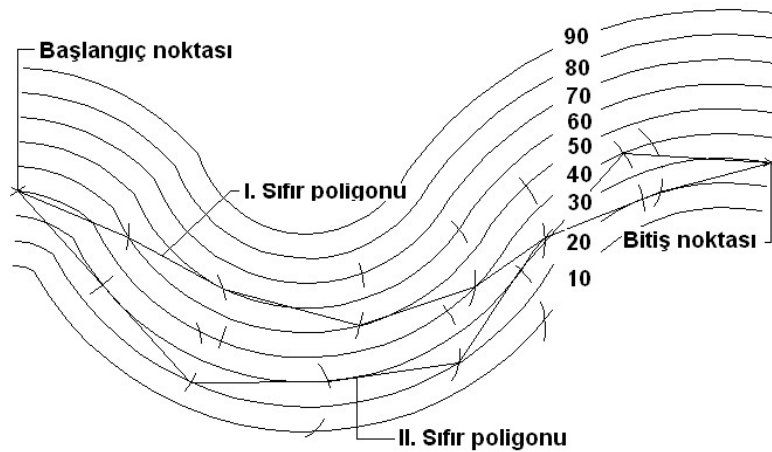
Çözüm 6.1

$$\text{Eğim } m (\%) = \tan \alpha = \frac{\Delta H}{L} \quad 0.08 = \frac{10}{L} \quad L = 125 \text{ m}$$

$$\text{Ölçek} = \frac{\text{Plandaki uzunluk}}{\text{Gerçek uzunluk}} = \frac{1}{5000} = \frac{\text{Plandaki uzunluk}}{12500 \text{ cm}}$$

$$\text{Plandaki uzunluk} = \text{pergel açıklığı} = 2.5 \text{ cm}$$

6.2.2.2. Sıfır Poligonunun Çizilmesi ve Aliynmanların Geçirilmesi

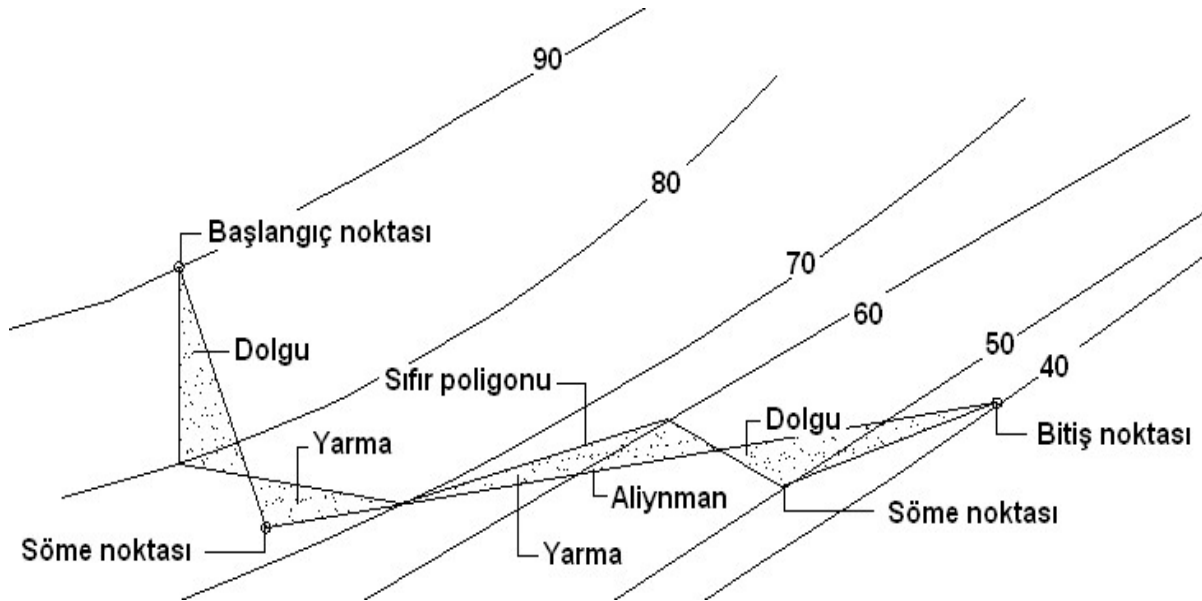


Şekil 6.2 Sıfır poligonunun çizilmesi

Sıfır poligonunun çizilmesi için şu işlem sırası takip edilir; İlk olarak etüt paftası üzerinde yolun geçmesinin zorunlu olduğu mücbir noktalar (Başlangıç, bitiş, tali mücbir noktalar) işaretlenir.

Pergel açıklığı hesaplanır. Pergel; hesaplanan pergel açıklığı kadar açılarak yolun başlangıç noktasına batırılır ve bir önceki ile bir sonraki tefsiye eğrisi yay çizilerek işaretlenir. İşaretlenen bu noktalardan devam edilmek üzere aynı işleme en yakın mücbir noktaya ulaşıncaya kadar devam edilir. Bazen yukarıya bazen de aşağı doğru gidilir. Burada dikkat edilmesi gereken husus, hedefteki mücbir noktaya doğru giden yay kesim çizgilerinin dikkate alınmasıdır. Bu şekilde belirlenen kesim noktaları kırık doğrular şeklinde birleştirilerek birkaç adet sıfır poligonu elde edilir. Çizilen bu sıfır poligonlarından en kısa olanı en ekonomik olduğundan çalışmalara bu sıfır poligonu üzerinde devam edilir.

Aliynmanların çizilmesine başlanır. Aliynmanlar seçilen sıfır poligonunu ortalayacak şekilde yani yarma ve dolgu hacimleri yaklaşık olarak birbirine eşit olacak şekilde geçirilir. Buradan sonra yatay kurpların çizimi yapılır.



Şekil 6.3 Yol güzergahının çizilmesi

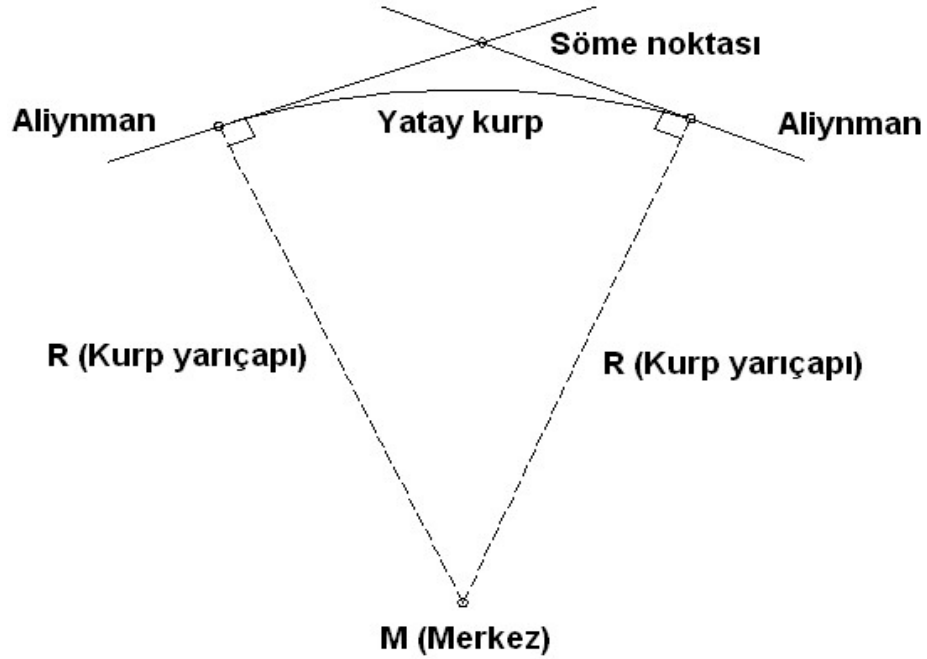
7. YATAY GÜZERGAH

Bir yolun yatay güzergahı alıynman adı verilen doğru parçaları ve bu doğru parçalarını birbirine bağlayan yatay kurplardan meydana gelir. Alıynmanların yerleştirilmesi 6. bölümde verilmiştir, bu bölümde sadece yatay kurplar incelenecektir.

7.1. Yatay Kurplar

Taşıtların bir alıynmandan diğer alıynmana geçişlerinde, geçişin rahat ve düzgün olmasını sağlamak amacıyla alıynmanlar arasına bir eğri yerleştirilir. Bu eğri (R) yarıçaplı bir daire olup yatay kurp olarak adlandırılır.

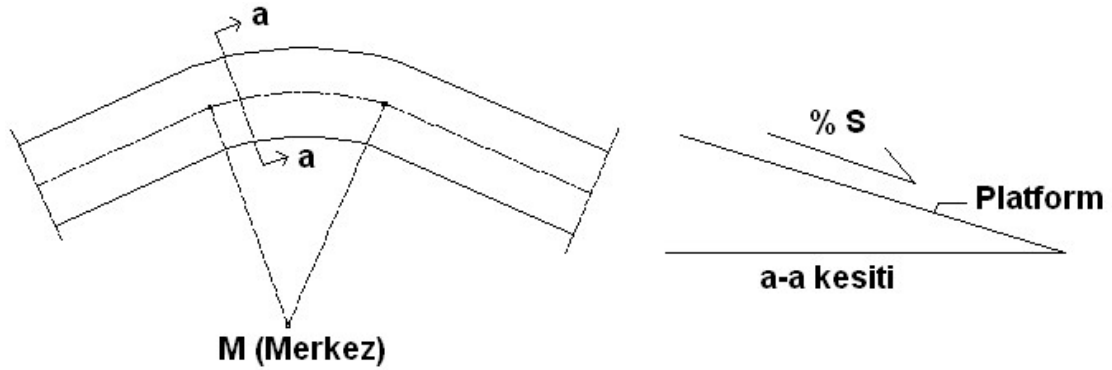
Yatay kurpların projelendirilmesinde en önemli faktör proje hızıdır. Yatay kurpların en önemli elemanları; dever ve kurp yarıçapıdır. Bu elemanlar proje hızına ve araçların görüş mesafesine göre belirlendikten sonra yatay kurpa ait diğer elemanların hesaplamaları yapılır.



Şekil 7.1 Yatay kurp

7.1.1. Yatay Kurplarda Dever - Yarıçap İlişkisi

Şekil 7.1'de verilen yatay kurpta taşıtların hızlarından dolayı meydana gelecek merkez kaç kuvvetini yenmek, araçların kaymasını, devrilmesini ve savrulmasını önlemek amacıyla kurp merkezine doğru verilen enine eğime dever adı verilir. (S) sembolü ile ifade edilir. % cinsinden belirtilir. Hesaplamalarda dever miktarı maksimum %9, minimum %2 olarak dikkate alınır.



Şekil 7.2 Yatay kurpta dever

Dever yarıçap ilişkisi

Bağıntı 6.2 kullanılarak, minimum kurp yarıçapı belirlenir. Minimum kurp yarıçapı şartı, $R_{\min} \geq 20$ m kontrol edilir. Ayrıca arazide yapılan gözlemlerle de araçların görüş mesafesi dikkate alınarak gözleme dayalı bir kurp yarıçapı belirlenir.

$$R_{\min} = \frac{0,0043.V_{\text{Proje}}^2}{S_{\max}} \quad 6.2$$

$R_{\min} \geq 20$ m Şartı kontrol edilir.

Hesap sonucu bulunan minimum kurp yarıçapı ve gözleme dayalı olarak belirlenen kurp yarıçapı arasında değerlendirme yapılarak projede kullanılacak kurp yarıçapı seçilir. Seçilen kurp değerine göre, bağıntı 6.3 kullanılarak dever miktarı belirlenir.

Kurp yarıçapı olarak, minimum kurp yarıçapı seçilmiş ise dever miktarı maksimum dever miktarına eşit alınır. Kurp yarıçapı olarak, minimum kurp yarıçapından daha büyük bir değer seçilmiş ise seçilen kurp yarıçapına göre bağıntı 6.3 kullanılarak belirlenen dever miktarı dikkate alınır. Kurpların yerleşimi yapılırken; bir kurpun bitim noktası ile diğer kurpun başlangıç noktası arasında en az 60m boyunda bir alınymanın olmasına dikkat edilmelidir.

$$S = \frac{0,0043.V_{\text{Proje}}^2}{R} \quad 6.3$$

Bağıntılarda

$R_{\min}$: Minimum kurp yarıçapı (m)

V_{Proje} : Proje hızı (km / saat)

S : dever (%)

$S_{\max}$: Maksimum dever (%)

Değerlerini ifade etmektedir.

Örnek 7.1

Proje hızı 80 km/saat olan bir yol projesinde yapılacak kurpların minimum yarıçapı ne olmalıdır? Kurp yarıçapının minimum yarıçaptan farklı bir değerlerde seçilmesi durumunda dever miktarındaki değişiklikleri inceleyiniz?

Çözüm 7.1

$$6.2 \quad R_{\min} = \frac{0,0043 \cdot V_{\text{Proje}}^2}{S_{\max}} \quad S_{\max} = \%9 \quad R_{\min} = \frac{0,0043 \cdot 80^2}{0.09}$$

$$R_{\min} = 315 \text{ m}$$

$$R_{\min} \geq 20 \text{ m} \quad 315 \text{ m} \geq 20 \text{ m}$$

$R = 400 \text{ m}$ seçilirse,

$$6.3 \quad S = \frac{0,0043 \cdot V_{\text{Proje}}^2}{R} \quad S = \frac{0,0043 \cdot 80^2}{400} \quad S = 0.07 \quad S = \%7 \quad S_{\min} \geq \%2$$

$$\%7 \geq \%2$$

$R = 500 \text{ m}$ seçilirse,

$$6.3 \quad S = \frac{0,0043 \cdot V_{\text{Proje}}^2}{R} \quad S = \frac{0,0043 \cdot 80^2}{500} \quad S = 0.06 \quad S = \%6 \quad S_{\min} \geq \%2$$

$$\%6 \geq \%2$$

Sonuçlar:

$R = R_{\min} = 315 \text{ m}$ seçilirse $S = S_{\max} = \%9$ olur.

$R = 400 \text{ m}$ seçilirse $S = \%7$ olur.

$R = 500 \text{ m}$ seçilirse $S = \%6$ olur.

7.1.2.Yatay Kurpların Hesabı Ve Çizimi:

Kurp yarıçapı belirlendikten sonra aşağıdaki bağıntılar kullanılarak kurp elemanlarının hesaplamaları yapılır.

$$T = R \cdot \tan\left(\frac{A}{2}\right) \quad 6.4$$

$$D = \frac{\pi \cdot R \cdot \left(\frac{A}{2}\right)}{100} \quad 6.5$$

$$B = \frac{R \cdot \left[1 - \cos\left(\frac{A}{2}\right)\right]}{\cos\left(\frac{A}{2}\right)} \quad 6.6$$

$$N = 2 \cdot R \cdot \sin\left(\frac{A}{2}\right) \quad 6.7$$

Bağıntılarda ve şekil 7.3’de gösterilen sembollerin anlamları aşağıda verilmiştir.

φ : Tanjant orjin (kurp başlangıcı)

F : Tanjant final (kurp bitimi)

M : Kurp merkezi

R : Kurp yarıçapı (metre)

A : Sapma açısı (Grad)

T : Teğet boyu (metre)

B : Bisektiris boyu (metre)

D : Developman boyu (metre)

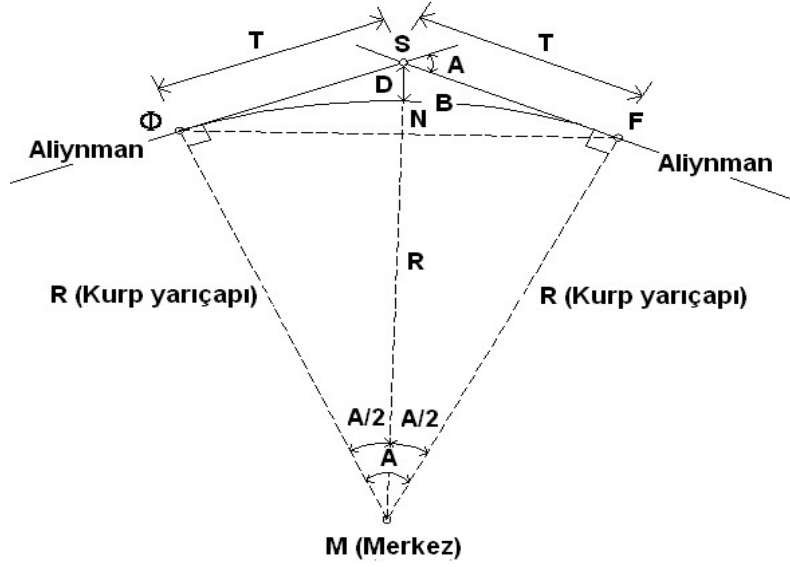
S : Söme noktası

N : Kiriş boyu (metre)

Değerlerini ifade etmektedir.

Kurp elemanlarının hesaplamaları ve çizimi şu şekilde yapılır. İlk olarak söme noktasında yani aliynmanların kesişim noktasında minkale (açı ölçer) ile sapma açısı (A) grad cinsinden ölçülür. Daha önce belirlenen kurp yarıçapı (R) ve sapma açısı (A) değerleri kullanılarak kurp elemanlarının değerleri hesaplanır. Hesaplamalar sonunda çizime geçilir.

Kurpların çizimi şu şekilde yapılır. İlk olarak söme noktasından itibaren aliynmanlar üzerinden teğet boyu (T) mesafeleri ölçülerek kurp başlangıç (Φ) ve bitiş (F) noktalarının yerleri tespit edilir. Başlangıç ve bitiş noktalarından aliynmanlara kurp yarıçapı kadar dikler çıkılır. Çıkılan bu iki dikin kesişim noktası kurpun merkezini verir. Bundan sonra bir pergeli yardımıyla kurpun çizimi yapılır. Pergel kurp merkezine batırılır ve kurp yarıçapı kadar açılır. Kurpun başlangıç ve bitiş noktaları arasında olacak şekilde yatay kurp çizilir.



Şekil 7.3 Yatay kurp elemanları

Örnek 7.2

Sapma açısı 50 Grad olan bir yatay kurpun, kurp elemanlarının değerlerini hesaplayarak kurpun çizimini yapınız. Proje hızı 102 km/saat olarak belirlenmiştir.

Çözüm 7.2

$$6.2 \quad R_{\min} = \frac{0.0043 \cdot V_{\text{Proje}}^2}{S_{\max}} \quad S_{\max} = \%9$$

34

$$R_{\min} = \frac{0.0043 \cdot 102^2}{0.09}$$

$$R_{\min} = 500 \text{ m}$$

$$R_{\min} \geq 20 \text{ m}$$

$$500 \text{ m} \geq 20 \text{ m}$$

$$6.4 \quad T = R \cdot \tan\left(\frac{A}{2}\right)$$

$$T = 500 \cdot \tan\left(\frac{50}{2}\right) \quad T = 207 \text{ m}$$

$$6.5 \quad D = \frac{\pi \cdot R \cdot \left(\frac{A}{2}\right)}{100}$$

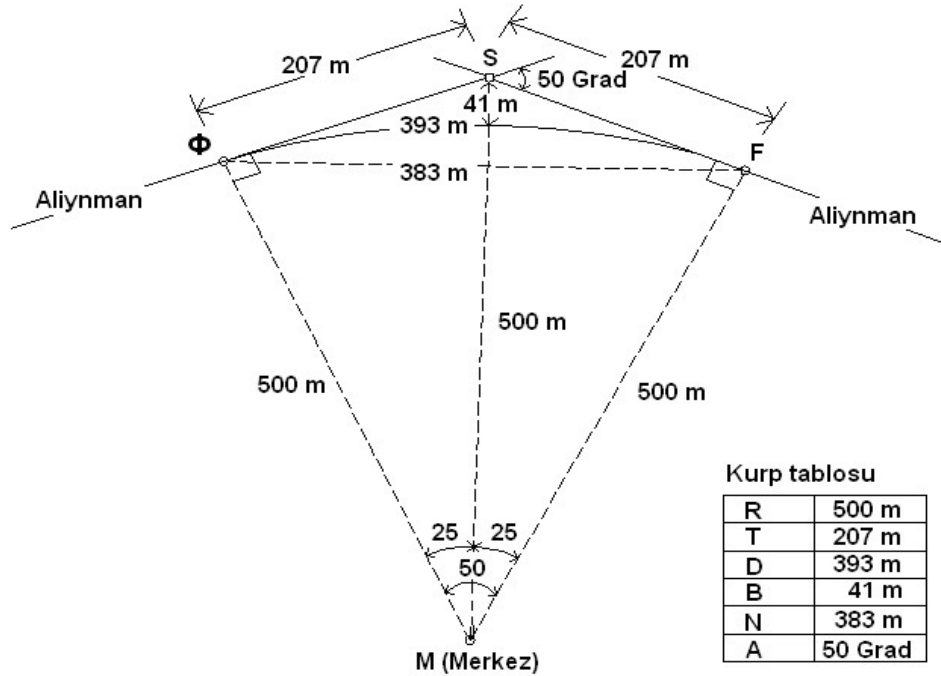
$$D = \frac{\pi \cdot 500 \cdot \left(\frac{50}{2}\right)}{100} \quad D = 393 \text{ m}$$

$$6.6 \quad B = \frac{R \cdot \left[1 - \cos\left(\frac{A}{2}\right)\right]}{\cos\left(\frac{A}{2}\right)}$$

$$B = \frac{500 \cdot \left[1 - \cos\left(\frac{50}{2}\right)\right]}{\cos\left(\frac{50}{2}\right)} \quad B = 41 \text{ m}$$

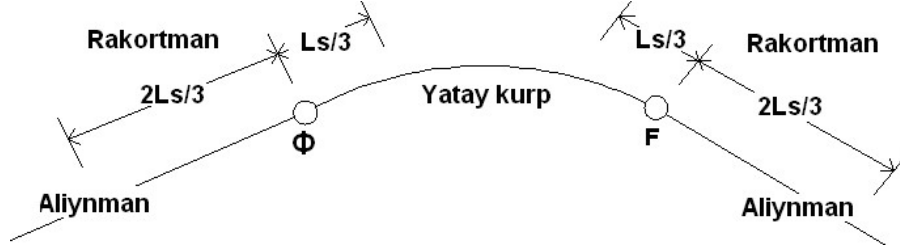
$$6.7 \quad N = 2 \cdot R \cdot \sin\left(\frac{A}{2}\right)$$

$$N = 2 \cdot 500 \cdot \sin\left(\frac{50}{2}\right) \quad N = 383 \text{ m}$$



7.1.3. Dever Rakortmanı

Yollara, yol ekseninden itibaren balık sırtı şeklinde her iki yana %2-%3 eğim verilir. Yolların düz kısımlarından yatay kurplara yani virajlara geçişte ise bu eğim kurp merkezine doğru tek taraflı olarak verilir.



Şekil 7.4 Rakortman

Aliynmandan kurpa geçiş bölgelerinde eğimi birdenbire artırmak araç ve sürücü güvenliği açısından sakıncalıdır. Bu nedenle eğim belirli artışlarla verilir.

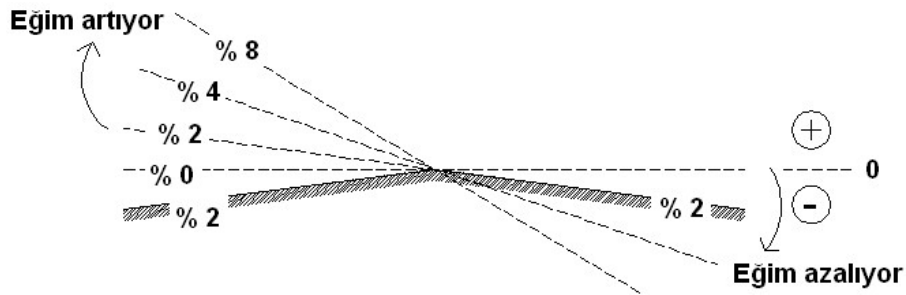
Aliynmanlardan kurpa geçiş bölgelerinde deverin uygulanmaya başladığı bölgeye, aynı şekilde kurptan aliynmana geçiş bölgelerinde deverin uygulanmaya başlandığı bölgeye rakortman adı verilir. Rakortman (L_s) sembolü ile ifade edilir. Minimum rakortman boyu 45 metre olmalıdır. Rakortman boyunun hesaplanmasında aşağıdaki bağıntı kullanılır.

$$L_s = \frac{0,0354 \cdot V_{\text{Proje}}^3}{R} \quad 6.8$$

Bağıntıda:

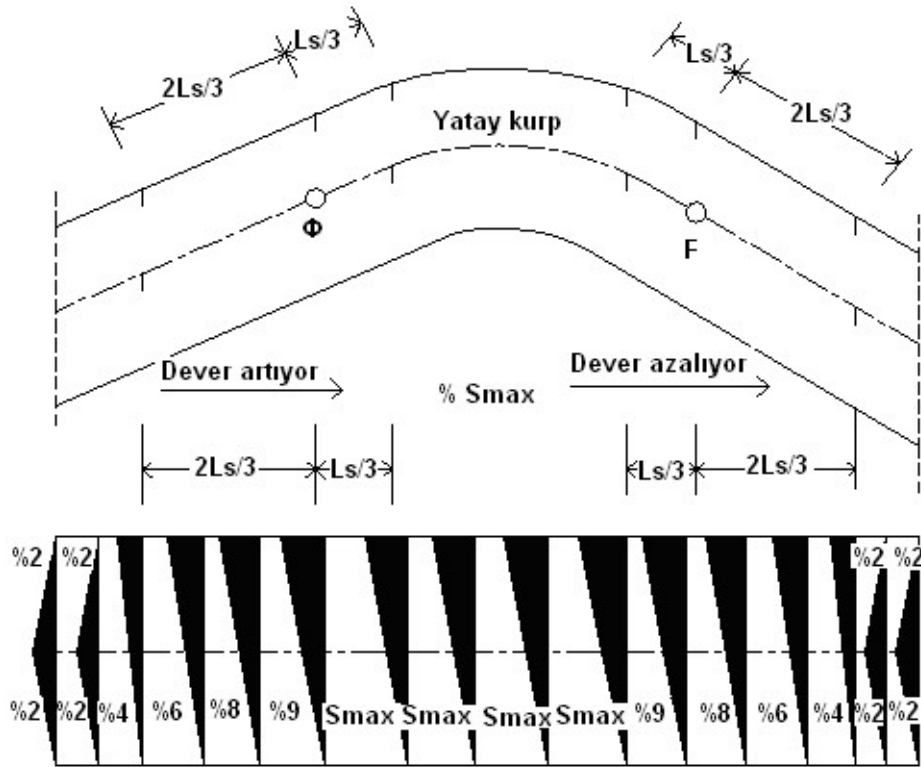
L_s : Rakortman boyu (metre)

Değerini ifade etmektedir.



Yukarıdaki şekilde ve şekil 7.5'de görüldüğü gibi, dever kurp başlangıcındaki rakortmanda %2 eğim ile başlayarak lineer bir artış ile rakortman sonunda S_{max} değerine ulaşır. Yatay kurp içinde dever her noktada S_{max} değerinde olur.

Kurp bitimindeki rakortmanın başlangıcında dever S_{max} olup lineer bir azalma ile rakortman sonunda %2 değerini alır. Bu şekilde bir dever dağılımı yapılması ile araçların yatay kurpta savrulmadan, rahat ve emniyetli şekilde geçişleri sağlanmış olur. Yapılan bu eğim dengelendirme işlemine Dever Rakortmanı adı verilir.



Şekil 7.5 Dever Rakortmanı

Örnek 7.3

Yarıçapı 400m, proje hızı 100km/saat ve maksimum deveri %9 olan bir yatay kurpun rakortman boyunu hesaplayınız?

Çözüm 7.3

$$6.8 \quad L_s = \frac{0,0354 \cdot V_{Proje}^3}{R} \quad L_s = \frac{0,0354 \cdot 100^3}{400} \quad L_s = 90 \text{ m}$$

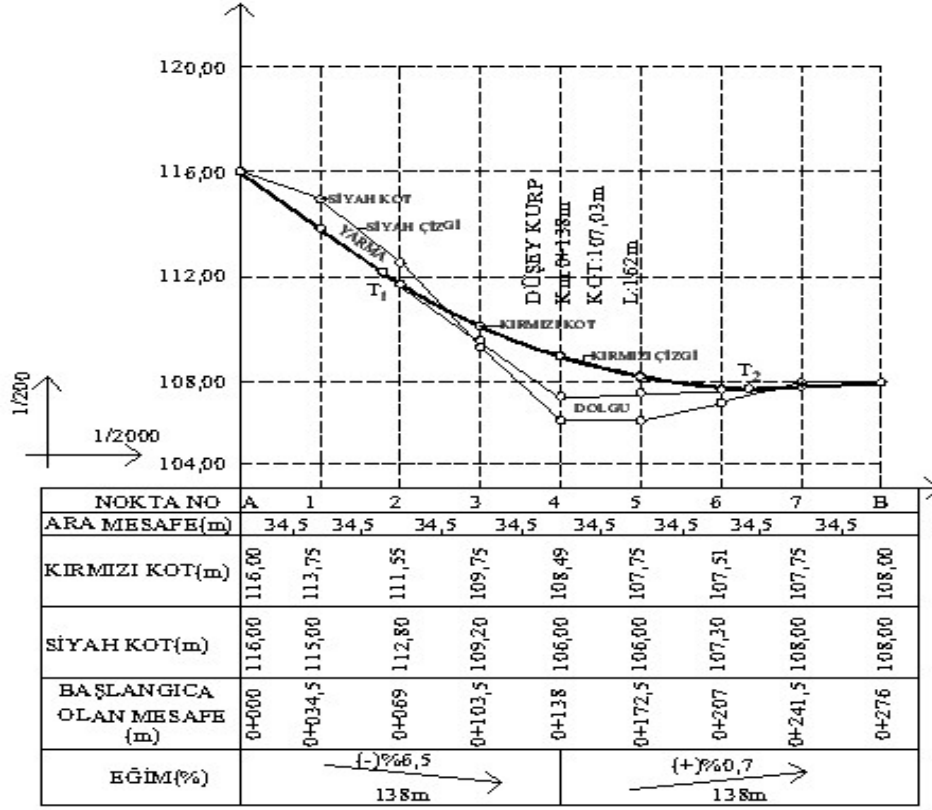
$$L_s \geq 45 \text{ m} \quad 90 \text{ m} \geq 45 \text{ m}$$

Boy kesit çiziminde ilk olarak yol yatay güzergahı üzerinden yapılan okuma değerlerine göre siyah çizgi (arazi çizgisi) çizilir. Daha sonra yolun başlangıç, bitiş kotları ve maksimum proje eğimi dikkate alınarak yol çizgisi (kırmızı çizgi) çizilir.

8.1.1. Kırmızı çizgi çiziminde dikkat edilecek hususlar

- Mümkün olduğu kadar yarma alanının dolgu alanına eşit olmasına çalışılır. Yani kırmızı çizgi üzerindeki alanın, kırmızı çizgi altındaki alana eşit olmasına çalışılır.
- Kırmızı çizgi çizilirken proje karakteristiklerinden maksimum proje eğimi dikkate alınmalıdır. Kırmızı çizgi çizilirken maksimum proje eğimi aşılmamalıdır.
- Farklı eğimdeki kırmızı çizgilerin kesişim noktalarına yerleştirilecek düşey kurpların hesabında görüş mesafesi dikkate alınmalıdır.
- Eğimi fazla olan tek bir kırmızı çizgi geçirmektense farklı eğimlere sahip kırıklı bir kırmızı çizgi geçirmek daha emniyetli ve faydalıdır.
- Yatay kurp yapılan bölgelere, düşey güzergah çiziminde düşey kurp yerleştirmekten kaçınılmalıdır.
- Kırmızı çizgi yer altı suyu seviyesi üzerinden geçirilmelidir.
- Kırmızı çizginin akarsu kenarından geçmesi durumunda, kırmızı çizgi akarsu su seviyesi üzerinde olacak şekilde geçirilmelidir.
- Kırmızı çizgi çizildikten sonra dolgu bölgelerine, dolgu yüksekliğine göre büz, menfez ya da betonarme köprü yerleştirilmelidir. Dolgu yüksekliğinin 15 metreden büyük olması durumunda betonarme köprü, 15 metreden küçük olması durumunda büz veya menfez yerleştirilir.
- Yarma yüksekliğinin çok büyük olduğu bölgelere tünel yapılmalıdır.

8.1.2. Boy kesit çizimi



Şekil 8.1 Boy Kesit

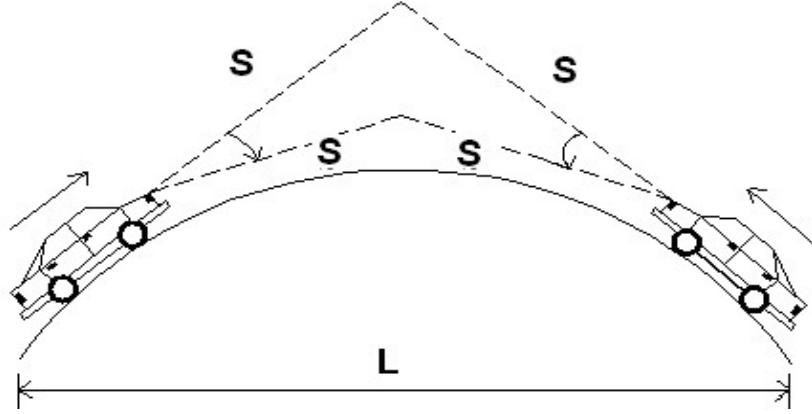
8.2. Düşey kurp hesaplamaları ve görüş mesafesi

Düşey kurp hesapları taşıtların görüş mesafeleri dikkate alınarak yapılır. Seyahat edilen yol üzerinde, sürücünün göz hizasından başlayarak yol üzerinde ilk görülen cisme kadar olan mesafeye görüş mesafesi adı verilir. Görüş mesafesinin proje hızına bağlı olarak aldığı değerler Tablo 8.1'de verilmiştir.

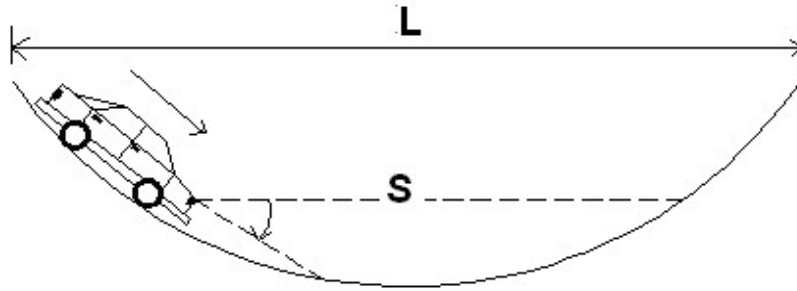
Tablo 8.1 Görüş mesafesi değerleri

V_{Proje} (km/saat)	S (Görüş Mesafesi) (m)
60	75
80	110

100	153
120	211



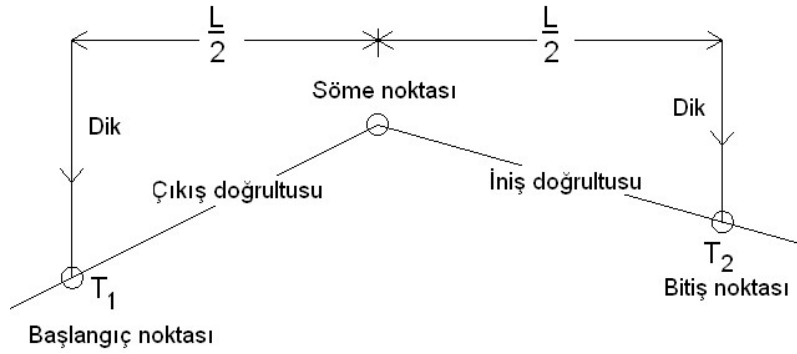
Şekil 8.2 Kapalı düşey kurpta görüş mesafesi



Şekil 8.3 Açık düşey kurpta görüş mesafesi

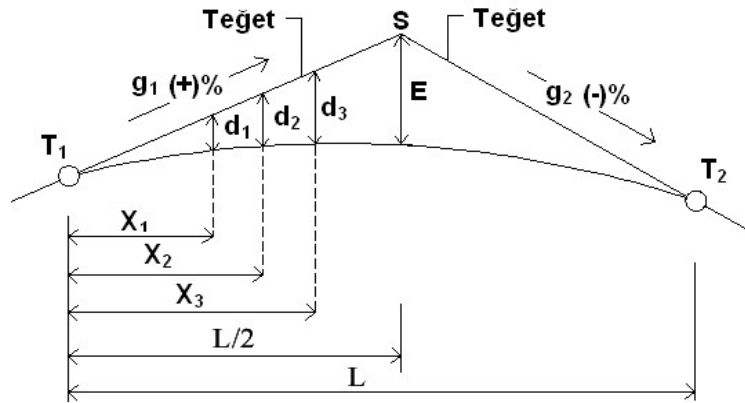
Boy kesit çiziminde dikkat edilmesi gereken en önemli husus düşey kurpların hesabı ve bunların hesap sonucuna göre boy kesit çizimine ilave edilmesidir. Boy kesitte farklı eğime sahip kırmızı çizgilerin kesişim noktalarına düşey kurplar yerleştirilir. Düşey kurpların yerleşiminde göz önünde bulundurulması gereken en önemli nokta araçların görüş mesafesidir. Kurbun şekli (kapalı, açık), çıkış ve iniş eğimleri (g_1, g_2) ve görüş mesafesi göz önünde bulundurularak, kurbun yatay iz düşüm uzunluğu (L) 8.2, 8.3, 8.5 ve 8.6 bağıntıları kullanılarak belirlenir. $\frac{L}{2}$ Değeri yani iz düşüm uzunluğunun yarısı belirlenir. Belirlenen bu değer boy kesitin yatay ölçeği dahilinde küçültülür. Kurbun söme noktasının sağına ve soluna doğru $\frac{L}{2}$ mesafesi kadar gidilerek, iniş ve çıkış doğrultularına kurbun şekline göre dik inilir ya da dik çıkılır. Çizilen bu dik doğrultuların iniş ve çıkış doğrultularını deldiği noktalar kurbun

başlangıç ve bitiş noktalarıdır. Başlangıç ve bitiş noktalarının kotları ve yol başlangıcına olan mesafeleri boy kesit üzerinden belirlenir.



Başlangıç ve bitiş noktaları arasında kalan ara noktaların kotları ve yol başlangıcına olan mesafeleri kurp tablosu üzerinde yapılan hesaplamalar sonucunda belirlenir. Ara noktaların ilgili tüm değerleri belirlendikten sonra bunlarda boy kesit çizimine ilave edilir. Kurba ait tüm noktalar serbest elle bir yay oluşturulacak şekilde birleştirilir. Kurban çizimi tamamlanmış olur.

8.2.1. Kapalı düşey kurp hesabı



Proje hızı değerine göre Tablo 8.1'den görüş mesafesi belirlenir. Bağıntı 8.1 kullanılarak eğimlerin cebrik farkı hesaplanır.

$$G = g_1 - g_2$$

8.1

$$S < L \text{ için } L = \frac{G \cdot S^2}{4.40}$$

8.2

$$S > L \text{ için } L = 2.S - \frac{4.40}{G}$$

8.3

Bağıntılarda:

G : Eğimlerin cebrik farkı (%)

S : Görüş mesafesi (metre)

L : Düşey kurbun dik iz düşüm uzunluğu (metre)

 g_1, g_2 : Çıkış ve iniş eğimleri (%)

Değerini ifade etmektedir.

8.2 ve 8.3 Bağıntılarındaki Şartlar denenerek, iki ayrı L değeri hesaplanır. İşleme şartı sağlayan L değeri ile devam edilir. L/2 değeri hesaplanarak boy kesitteki ilgili yere yerleştirilir ve düşey kurbun başlangıç, bitiş noktalarının (T_1 , T_2) yerleri belirlenir. Son olarakta belirli X değerlerine göre tablo 8.2'de verilen kapalı düşey karp tablosu doldurulur. Kurbun çiziminde kullanılan E mesafesi bağıntı 8.4 kullanılarak hesaplanır.

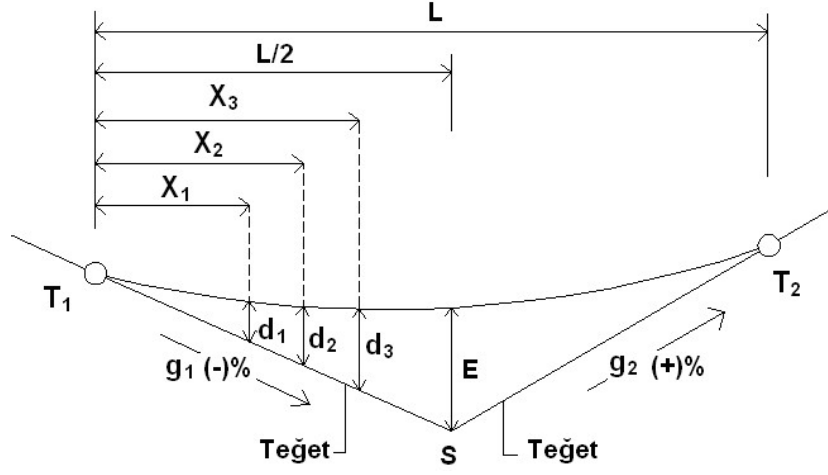
$$E = \frac{G.L}{8}$$

8.4

Tablo 8.2 Kapalı düşey karp tablosu

Yol Başlangıcına Olan Mesafe	x	$g_1 \cdot x$	Teğet Üzerindeki Noktanın Kotu $T_1 + (g_1 \cdot x)$	$d = \frac{G \cdot x^2}{2 \cdot L}$	Kırmızı kot $T_1 + (g_1 \cdot x) - d$

8.2.2. Açık düşey karp hesabı



Proje hızı değerine göre Tablo 8.1'den görüş mesafesi belirlenir. Bağıntı 8.1 kullanılarak eğimlerin cebrik farkı hesaplanır.

$$S < L \text{ için} \quad L = \frac{G \cdot S^2}{[152 + (3,5 \cdot S)]}$$

8.5

$$S > L \text{ için} \quad L = 2 \cdot S - \frac{[152 + (3,5 \cdot S)]}{G}$$

8.6

8.5 ve 8.6 Bağıntılarındaki Şartlar denenerek, iki ayrı L değeri hesaplanır. İşleme şartı sağlayan L değeri ile devam edilir. L/2 değeri hesaplanarak boy kesitteki ilgili yere yerleştirilir ve düşey karpun başlangıç, bitiş noktalarının (T₁, T₂) yerleri belirlenir. Son olarak da belirli X değerlerine göre aşağıdaki açık düşey karp tablosu doldurulur. Kurbun çiziminde kullanılan E mesafesi bağıntı 8.4 kullanılarak hesaplanır.

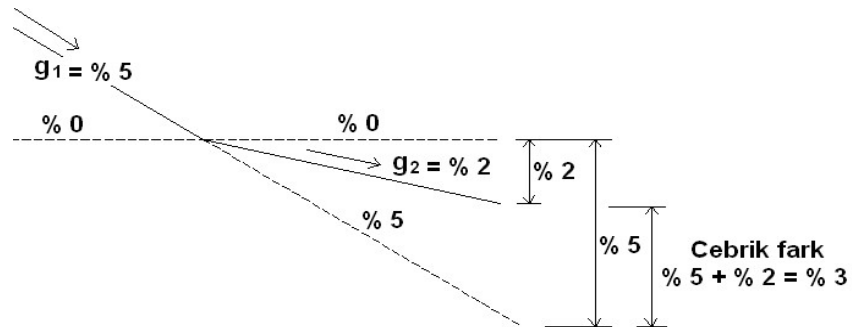
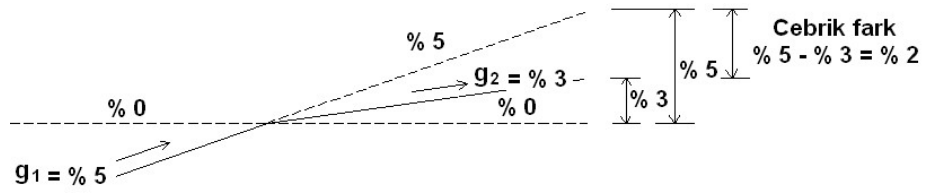
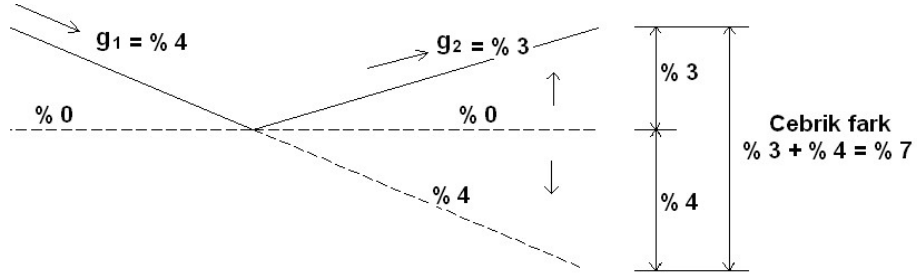
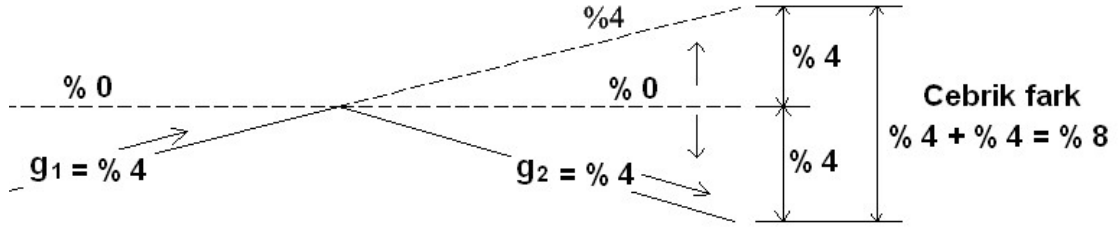
Tablo 8.3 Açık düşey karp tablosu

Yol Başlangıcına Olan Mesafe	x	$g_1 \cdot x$	Teğet Üzerindeki Noktanın Kotu $T_1 - (g_1 \cdot x)$	$d = \frac{G \cdot x^2}{2 \cdot L}$	Kırmızı kot $T_1 - (g_1 \cdot x) + d$

8.2.3.Düşey Kurp Hesaplarında Uyulacak Önemli Kurallar

- Eğimler arasındaki cebrik farkın belirlenmesi

Cebrik farkın belirlenmesinde her zaman hareket doğrultusundaki ilk teğet ile işleme başlanır. İlk teğet verilen eğimde uzatılır. % 0 doğrusu çizilir. İki teğet arasındaki fark bulunur.



- Eğimlerin (g_1 , g_2 , G) işlemlerde kullanılış biçimleri

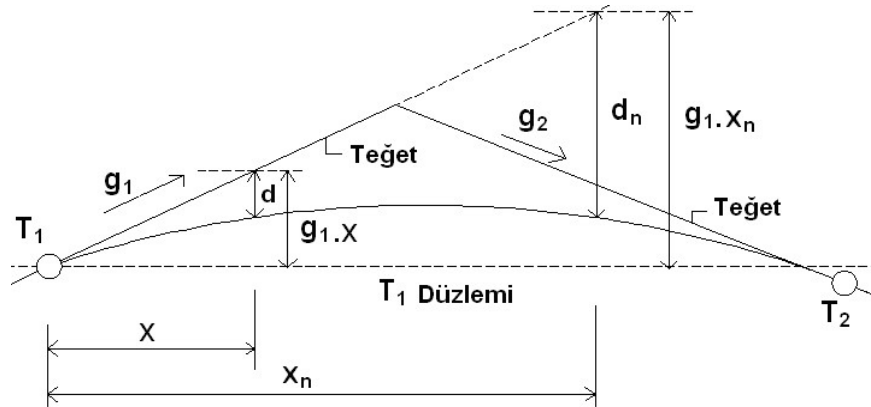
Kapalı düşey kurp hesaplarında L değerinin belirlenmesi için kullanılan bağıntılarda (8.2, 8.3) G değeri işlemlerde ondalıklı olarak kullanılır. Örneğin $G = \%8 \rightarrow 8/100 \rightarrow 0.08$ şeklinde kullanılır.

Açık düşey kurp hesaplarında L değerinin belirlenmesi için kullanılan bağıntılarda (8.5, 8.6) G değeri işlemlerde $\%$ olarak kullanılır. Örneğin $\%8 \rightarrow 8$ olarak işlemlerde kullanılır.

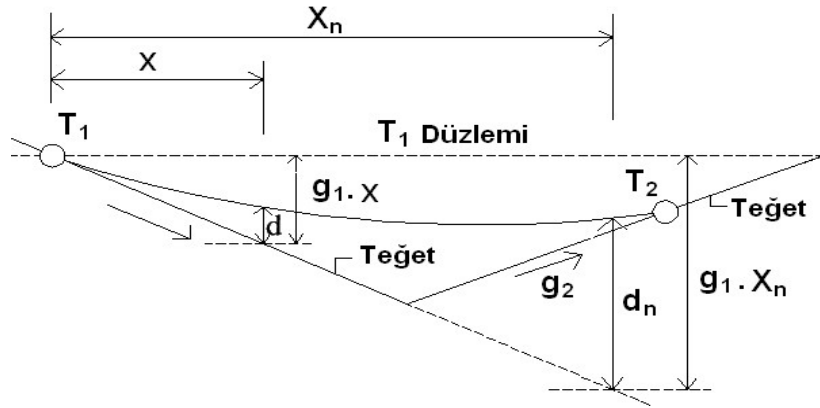
Düşey kurp tabloları doldurulurken g_1, g_2 ve G eğim değerleri ondalıklı olarak kullanılır. Örneğin $g_1 = \%6 \rightarrow 6/100 \rightarrow 0,06$ şeklinde kullanılır.

- Kırmızı kot değerlerinin belirlenmesi

Kırmızı kot hesaplarında her zaman hareket doğrultusundaki ilk teğet ve onun eğimi (g_1) dikkate alınır.



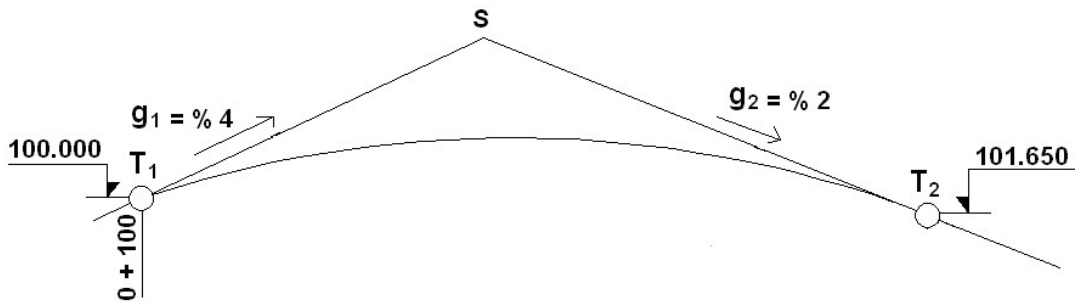
X mesafesindeki kot	$T_1 + (g_1 \cdot X)$
X mesafesinde kırmızı kot	$T_1 + (g_1 \cdot X) - d$
X_n mesafesindeki kot	$T_1 + (g_1 \cdot X_n)$
X_n mesafesinde kırmızı kot	$T_1 + (g_1 \cdot X_n) - d_n$



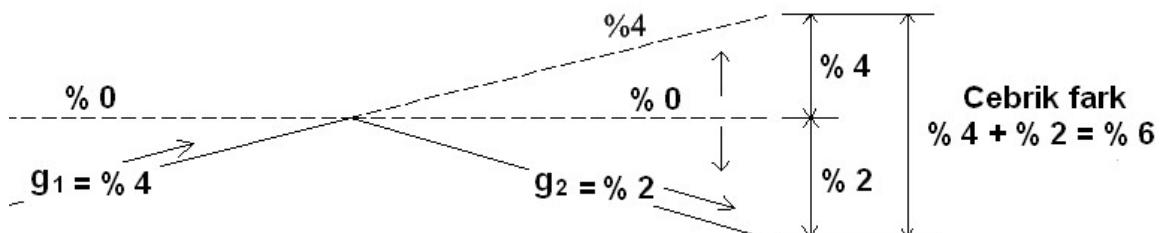
X mesafesindeki kot	$T_1 - (g_1 \cdot x)$
X mesafesinde kırmızı kot	$T_1 - (g_1 \cdot x) + d$
X _n mesafesindeki kot	$T_1 - (g_1 \cdot x_n)$
X _n mesafesinde kırmızı kot	$T_1 - (g_1 \cdot x_n) + d_n$

Örnek 8.1.

Proje hızı 80 km/saat, başlangıç noktasının kotu 100.000 m, bitiş noktasının kotu 101.65 m olan ve şekli aşağıda verilen kapalı düşey kurbun izdüşüm uzunluğunu hesaplayarak kurp tablosunu doldurunuz? Kurp tablosundan elde edilen bilgilere göre düşey kurbu çiziniz.



Çözüm 8.1.



$$8.1 \quad G = g_1 - g_2 \quad G = 4 + 2 \quad G = \%6 \quad G = 0.06$$

$S = 110 \text{ m}$ (80 km/saat için tablo 8.1.'den)

$$8.2 \quad S < L \quad L = \frac{G.S^2}{4.40} \quad L = \frac{0,06.110^2}{4.40} \quad L = 165 \text{ m}$$

$$8.3 \quad S > L \quad L = 2.S - \frac{4.40}{G} \quad L = 2.110 - \frac{4.40}{0.06} \quad L = 147 \text{ m}$$

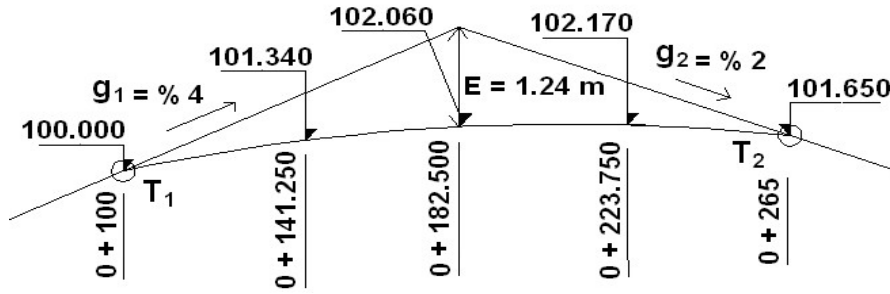
$S < L$ için $110 < 165$ şart sağlandı

$S > L$ için $110 > 147$ şart sağlanmadı

İşleme şartı sağlayan $L = 165 \text{ m}$ değeri ile devam edilir. $L = 165 \text{ m}$ değeri dört eşit parçaya bölünerek elde edilen x değerlerine göre kapalı düşey kurp tablosu doldurulur. Kurp tablosundan elde edilen değerlere göre de kurbun çizimi yapılır.

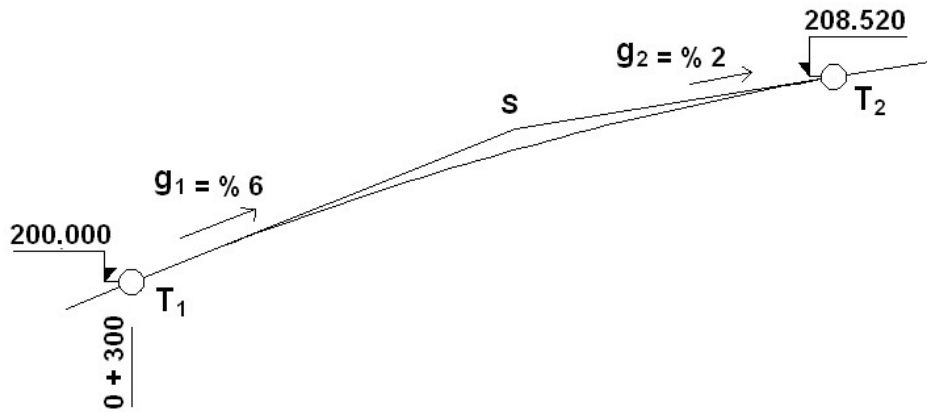
$$8.4 \quad E = \frac{G.L}{8} \quad E = \frac{0,06.165}{8} \quad E = 1.24 \text{ m}$$

Yol Başlangıcına Olan Mesafe	x	$g_1.x$	Teğet Üzerindeki Noktanın Kotu $T_1 + (g_1.x)$	$d = \frac{G.x^2}{2.L}$	Kırmızı kot $T_1 + (g_1.x) - d$
0+100.000	0.000	0.000	100.000	0.000	100.000
0+141.250	41.250	1.650	101.650	0.310	101.340
0+182.500	82.500	3.300	103.300	E=1.240	102.060
0+223.750	123.750	4.950	104.950	2.780	102.170
0+265.000	165.000	6.660	106.600	4.950	101.650

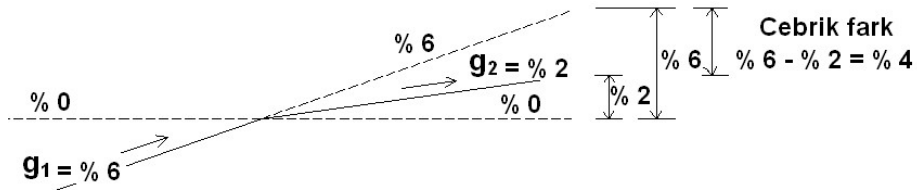


Örnek 8.2.

Proje hızı 100 km/saat, başlangıç noktasının kotu 200.000 m, bitiş noktasının kotu 208.520 m olan ve şekli aşağıda verilen kapalı düşey kurbun izdüşüm uzunluğunu hesaplayarak karp tablosunu doldurunuz? Karp tablosundan elde edilen bilgilere göre düşey kurbu çiziniz.



Çözüm 8.2.



$$8.1 \quad G = g_1 - g_2 \quad G = 6 - 2 \quad G = \%4 \quad G = 0.04$$

$S = 153 \text{ m}$ (100 km/saat için tablo 8.1.'den)

$$8.2 \quad S < L \quad L = \frac{G \cdot S^2}{4.40} \quad L = \frac{0.04 \cdot 153^2}{4.40} \quad L = 213 \text{ m}$$

$$8.3 \quad S > L \quad L = 2 \cdot S - \frac{4.40}{G} \quad L = 2 \cdot 153 - \frac{4.40}{0.04} \quad L = 196 \text{ m}$$

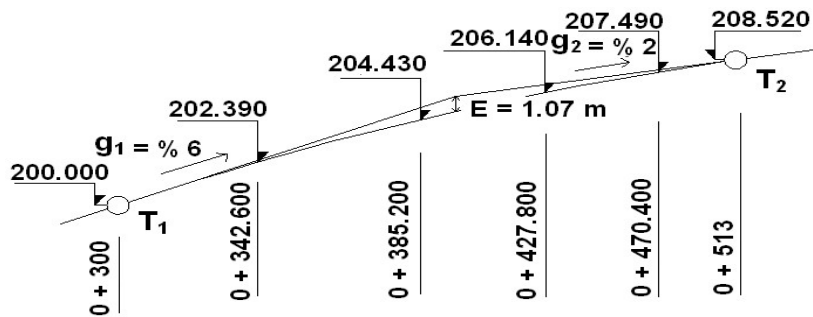
$S < L$ için $153 < 213$ şart sağlandı

$S > L$ için $153 > 196$ şart sağlanmadı

İşleme şartı sağlayan $L = 213$ m değeri ile devam edilir. $L = 213$ m değeri beş eşit parçaya bölünerek elde edilen x değerlerine göre kapalı düşey kurp tablosu doldurulur. Kurp tablosundan elde edilen değerlere göre de kurbun çizimi yapılır.

$$8.4 \quad E = \frac{G.L}{8} \quad E = \frac{0,04.213}{8} \quad E = 1.07 \text{ m}$$

Yol Başlangıcına Olan Mesafe	x	$g_1 \cdot x$	Teğet Üzerindeki Noktanın Kotu $T_1 + (g_1 \cdot x)$	$d = \frac{G \cdot x^2}{2 \cdot L}$	Kırmızı kot $T_1 + (g_1 \cdot x) - d$
0+300.000	0.000	0.000	200.000	0.000	200.000
0+342.600	42.600	2.560	202.560	0.170	202.390
0+385.200	85.200	5.110	205.110	0.680	204.430
0+427.800	127.800	7.670	207.670	1.530	206.140
0+470.400	170.400	10.220	210.220	2.730	207.490
0+513.000	213.000	12.780	212.780	4.260	208.520

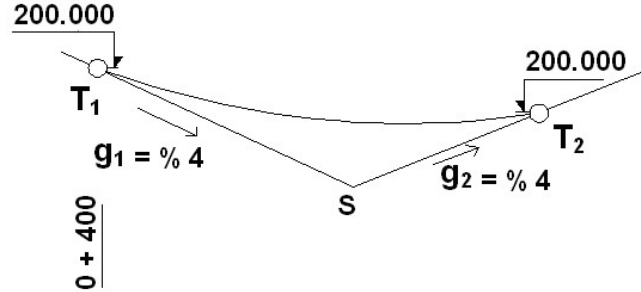


Örnek 8.3.

Proje hızı 60 km/saat, başlangıç noktasının kotu 200.000 m, bitiş noktasının kotu 200.000 m olan ve şekli aşağıda verilen açık düşey kurbun izdüşüm uzunluğunu

50

hesaplayarak karp tablosunu doldurunuz? Karp tablosundan elde edilen bilgilere göre düşey kurbu çiziniz.



Çözüm 8.3.

8.1 $G = g_1 - g_2 \quad G = 4 + 4 \quad G = \%8$

$S = 75 \text{ m}$ (60 km/saat için tablo 8.1.'den)

8.5 $S < L \quad L = \frac{G \cdot S^2}{[152 + (3,5 \cdot S)]} \quad L = \frac{8 \cdot 75^2}{152 + (3,5 \cdot 75)} \quad S < L \text{ için}$

$L = 109 \text{ m}$

8.6 $S > L \quad L = 2 \cdot S - \frac{[152 + (3,5 \cdot S)]}{G} \quad L = 2 \cdot 75 - \frac{152 + (3,5 \cdot 75)}{8} \quad S > L \text{ için}$

$L = 98 \text{ m}$

$S < L$ için $75 < 109$ şart sağlandı

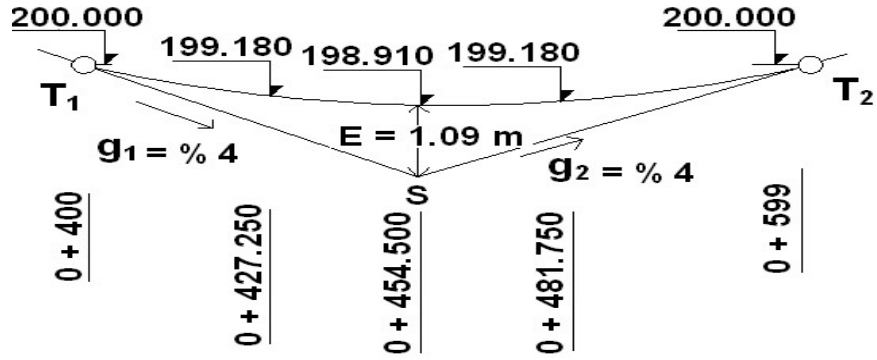
$S > L$ için $75 > 98$ şart sağlanmadı

İşleme şartı sağlayan $L = 109 \text{ m}$ değeri ile devam edilir. $L = 109 \text{ m}$ değeri dört eşit parçaya bölünerek elde edilen x değerlerine göre kapalı düşey karp tablosu doldurulur. Karp tablosundan elde edilen değerlere göre de kurbun çizimi yapılır.

8.4 $E = \frac{G \cdot L}{8} \quad E = \frac{0,08 \cdot 109}{8} \quad E = 1.09 \text{ m}$

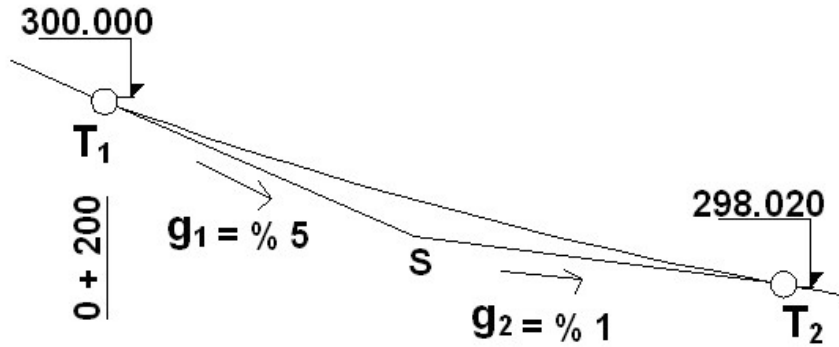
Yol Başlangıcına Olan Mesafe	x	$g_1 \cdot x$	Teğet Üzerindeki Noktanın Kotu $T_1 - (g_1 \cdot x)$	$d = \frac{G \cdot x^2}{2 \cdot L}$	Kırmızı kot $T_1 - (g_1 \cdot x) + d$
0+400.000	0.000	0.000	200.000	0.000	200.000
0+427.250	27.250	1.090	198.910	0.270	199.180
0+454.500	54.500	2.180	197.820	E=1.090	198.910

0+481.750	81.750	3.270	196.730	2.450	199.180
0+509.000	109.000	4.360	195.640	4.360	200.000

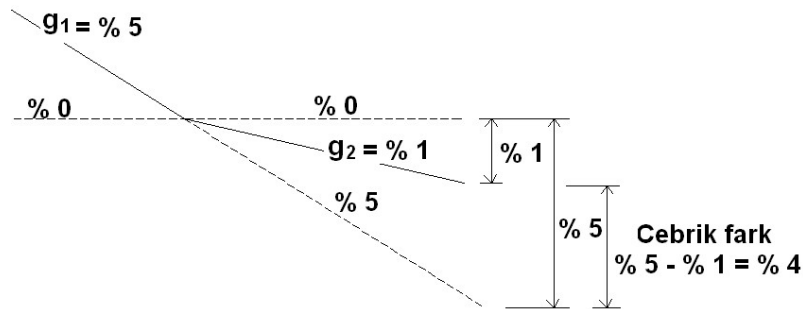


Örnek 8.4.

Proje hızı 70 km/saat, başlangıç noktasının kotu 300.000 m, bitiş noktasının kotu 298.020 m olan ve şekli aşağıda verilen açık düşey kurbun izdüşüm uzunluğunu hesaplayarak kurp tablosunu doldurunuz? Kurp tablosundan elde edilen bilgilere göre düşey kurbu çiziniz.



Çözüm 8.4.



52

8.1 $G = g_1 - g_2$ $G = 5 - 1$ $G = \%4$ $S = 92.5$ m (70 km/saat için tablo 8.1.'den)

8.5 $S < L$ $L = \frac{G.S^2}{[152 + (3,5.S)]}$

$L = \frac{4.92,5^2}{152 + (3,5.92,5)}$ $S < L$ için $L = 72$ m

8.6 $S > L$ $L = 2.S - \frac{[152 + (3,5.S)]}{G}$ $L = 2.92,5 - \frac{152 + (3,5.92,5)}{4}$ $S > L$ için

$L = 66$ m

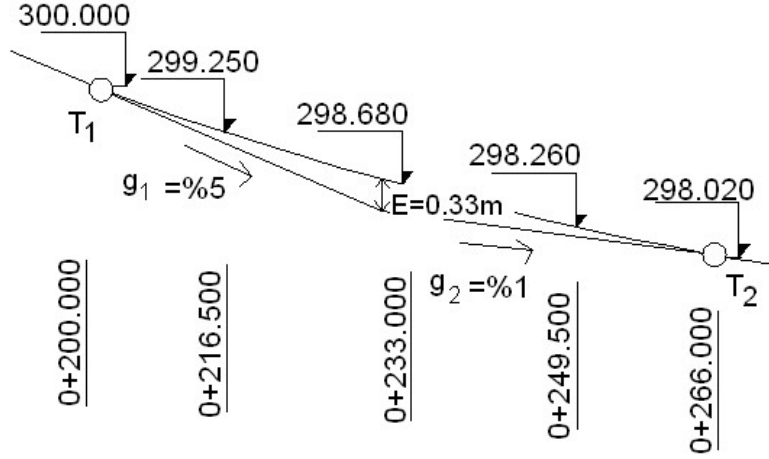
$S < L$ için $92.5 < 72$ şart sağlanmadı

$S > L$ için $92.5 > 66$ şart sağlandı

İşleme şartı sağlayan $L = 66$ m değeri ile devam edilir. $L = 66$ m değeri dört eşit parçaya bölünerek elde edilen x değerlerine göre kapalı düşey kurp tablosu doldurulur. Kurp tablosundan elde edilen değerlere göre de kurbun çizimi yapılır.

8.4 $E = \frac{G.L}{8}$ $E = \frac{0,04.66}{8}$ $E = 0.33$ m

Yol Başlangıcına Olan Mesafe	x	$g_1.x$	Teğet Üzerindeki Noktanın Kotu $T_1 - (g_1.x)$	$d = \frac{G.x^2}{2.L}$	Kırmızı kot $T_1 - (g_1.x) + d$
0+200.000	0.000	0.000	300.000	0.000	300.000
0+216.500	16.500	0.830	299.170	0.080	299.250
0+233.000	33.000	1.650	298.350	0.330	298.680
0+249.500	49.500	2.480	297.520	0.740	298.260
0+266.000	66.000	3.300	296.700	1.320	298.020



9.YOL ÜST YAPISI:

Yol üst yapısı, trafik yüklerini zemin tefsiye düzlemine dağıtmak amacıyla projelendirilen; alt temel, temel ve kaplama tabakalarından meydana gelen tabalı bir sistemdir.



Şekil 9.1 Yol üst yapısı

9.1.Kaplama (Aşınma) Tabakası:

Banketler arasında trafiğin emniyetle seyredebilmesi için temel tabakası üzerine; asfalt beton, çimento betonu, taş parke, kırma taş gibi malzemelerle yapılmış yol üst yapısı kısmıdır.

9.2.Temel Tabakası:

Trafik yüklerini kaplama tabakasından alıp alt temel tabakasına ileten; kil-kum-çakıl karışımı bir malzemeden yada çimento betonundan yapılan yol üst yapısı kısmıdır.

9.3.Alt Temel Tabakası:

Yol alt yapısı (kazı-dolgu) tamamlanıp, her iki yönde %2 enine eğim verilerek zemin tefsiye düzlemi oluşturulur. Zemin tefsiye düzlemi üzerine serilen kum-kırma taş karışımı malzeme ile oluşturulan kısma alt temel tabakası denir.

9.4.Yol Üst Yapısı Tabakalarının Kalınlıklarının Belirlenmesi:

Yolun geçeceği zeminin özellikleri ve yol üst yapısı inşaatında kullanılacak malzemelerin özelliklerinin zemin mekaniği deneyleri ile belirlenmesi sonucunda çeşitli metotlar kullanılarak yol üst yapısı tabakalarının kalınlıkları tespit edilir. Bu metotlardan en önemlileri

- Grup İndeksi Metodu
- Kaliforniya Taşıma Oranı (C.B.R) Metodu

Bu metotlardan kullanım ve uygulama kolaylığı açısından Grup İndeksi Metodu daha çok tercih edilir.

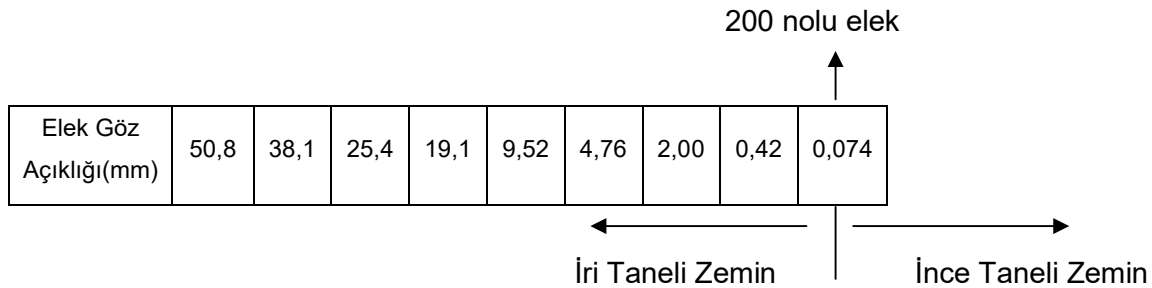
9.5.Grup İndeksi Metodu:

Zemin mekaniği bilimindeki zemin sınıflandırma esasına dayanan ampirik bir metottur. Yolun geçeceği zeminden alınan numuneler üzerinde yapılan zemin mekaniği deneyleri sonucunda elde edilen verilere göre yapılan bir hesaplamadır. Yolun üzerinden geçeceği zeminin; sınıfı, tane çapı, plastik limit, likit limit, rötre limit ve plastisite İndisi değerleri deneyler sonucunda belirlenir. Bu değerlere göre aşağıdaki bağıntı kullanılarak zeminin grup indeksi belirlenir.

$$\text{Grup İndeksi} = (0,2.a) + (0,005.a.c) + (0,01.b.d)$$

Bağıntıdaki; a, b, c, d değerleri zemin numunesi üzerinde yapılan elek analizi deneyi ve kıvam limitlerinin tayini deneyi sonuçlarına göre elde edilen değerlerdir.

Zemin numuneleri üzerinde ilk olarak elek analizi deneyi yapılır.



Yukarıda verilen elek takımı kullanılarak elek analizi deneyi yapılır. Her elekten geçen zemin miktarı(% Geçen) belirlenir. Hesaplamalar da özellikle 200 Nolu elek için % geçen değeri dikkate alınmalıdır.

İkinci olarak kıvam limitlerinin tayini deneyi yapılır. Zeminin kıvamlılığı bünyesindeki su miktarına bağlıdır. Zeminlerin kıvam limitleri aşağıda verilmiştir.

Plastik Limit (PL):Zeminin elle yoğrulacak kıvamda olmasını sağlayacak miktarda suyun zemin bünyesinde bulunması durumudur. Zeminde bulunan bu su miktarına optimum su muhtevası adı verilir.

Likit Limit (LL):Zeminin elle yoğrulamayacak kadar akıcı bir kıvamda olmasını sağlayan su miktarının zeminde bulunması durumudur. Zeminde bulunan su miktarı optimum su muhtevasından fazladır.

Rötre Limit (RR):Zeminin elle yoğrulduğunda bir gıcırdama sesi verecek kadar kuru bir kıvamda olmasını sağlayacak su miktarının zemin bünyesinde bulunması durumudur. Zeminde bulunan su miktarı optimum su muhtevasından azdır.

Plastisite İndisi (PI):Likit limit değeri ile plastik limit değeri arasındaki cebrik fark olarak tanımlanır.

$$PI = LL - PL$$

a, b, c, d değerleri aşağıdaki açıklamalar dikkate alınarak belirlenir.

a: 200 nolu elekten geçen zemin miktarının % 35'i ile % 75'i arasında kalan miktarıdır. 1 – 40 arasında değerler alan pozitif bir tam sayıdır.

b: 200 nolu elekten geçen zemin miktarının % 15'i ile %55'i arasında kalan miktarıdır. 1 – 40 arasında değerler alan pozitif bir tam sayıdır.

c: Yolun geçeceği zeminin likit limit değerinin 40 ile 60 arasında kalan değeridir. 1 – 40 arasında değerler alan pozitif bir tam sayıdır.

d: Yolun geçeceği zeminin plastisite indisi değerinin 10 – 30 arasında kalan değeridir. 1 – 20 arasında değerler alan pozitif bir tam sayıdır.

Yukarıda belirtilen sınırlar içerisinde olmayan değerler varsa a, b, c, d değerlerinden ilgili olanı sıfır alınır. Değerler belirtilen sınırlar içerisinde içinde ise sınır değerlerden, alt sınır ile olan farklar dikkate alınır.

Grup İndeksi 1 – 20 arasında değerler alır. Grup İndeksi değerlerine göre yol zemininin sınıfı ve alt temel tabakası kalınlıkları tablo 9.1’de verilmiştir.

Tablo 9.1. Alt Temel Tabakası Kalınlıkları

Grup İndeksi	Zemin Sınıfı	Alt Temel Kalınlığı(cm)
0 - 1	İyi Zemin	0
2 - 4	Orta Zemin	10
5 - 9	Zayıf Zemin	20
10 - 20	Çok Zayıf Zemin	30

Grup İndeksi metodunda temel tabakası kalınlığı standart olarak 10 cm alınır. Kaplama tabakasının kalınlığı ise ağır taşıtların için Y.O.G.T hacmine bağlı olarak Tablo .2’den alınır.

Tablo 9.2. Kaplama Tabakası Kalınlıkları

Ağır Taşıtlar İçin Y.O.G.T Hacmi (Ağır Taşıt / Gün)	Kaplama Kalınlığı (cm)
0	0
50	5
250	10
500	15
750	20

Y.O.G.T Hacminin 750 (Ağır Taşıt/(Gün) değerinden büyük olması durumunda kaplama kalınlığı sınır değer yani 20 cm alınır. Tablolarda ara değerlerin belirlenmesinde enterporasyon kullanılır.

Örnek 9.1.

Bir yol zemini numunesi üzerinde yapılan zemin mekaniği deneyleri sonuçları ve ağır taşıtlar için Y.O.G.T hacmi değeri aşağıda verilmiştir. Bu zemin üzerinden geçirilecek yolun üst yapı tabakalarının kalınlıklarını belirleyiniz?

200 Nolu elekten geçen (%) $\rightarrow$ % 52

Ağır Taşıtlar İçin Y.O.G.T. Hacmi $\rightarrow$ 500 Ağır Taşıt /Gün

Likit Limit (LL) $\rightarrow$ % 32

Plastik Limit (LL) $\rightarrow$ % 17

Çözüm 9.1.

Grup İndeksi = (0,2.a)+(0,005.a.c)+(0,01.b.d)

a $\rightarrow$ 52-35 =17 a = 17

b $\rightarrow$ 52-15 =37 b = 37

c $\rightarrow$ % 32 40 – 60 arasında olmadığı için c = 0 alınır.

PI = (LL) -(PL) PI = (32) -(17) PI = % 15

d $\rightarrow$ 15-10 = 5 d = 5

Grup İndeksi = (0,2.17)+(0,005.17.0)+(0,01.37.5)

Grup İndeksi = 5,25

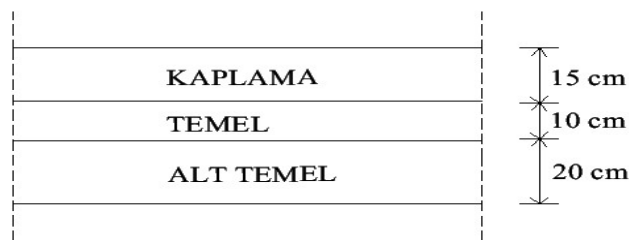
Tablo 9.1'den

alt temel tabakası kalınlığı $\rightarrow$ 20 cm alınır.

Temel tabakası kalınlığı standart olarak $\rightarrow$ 10 cm alınır.

Tablo 9.2'den

Kaplama kalınlığı $\rightarrow$ 15 cm alınır.



Örnek 9.2.

Bir yol zemini numunesi üzerinde yapılan zemin mekaniği deneyleri sonuçları ve ağır taşıtlar için Y.O.G.T hacmi değeri aşağıda verilmiştir. Bu zemin üzerinden geçirecek yolun üst yapı tabakalarının kalınlıklarını belirleyiniz?

200 Nolu elekten geçen (%) $\rightarrow$ % 30

Ağır Taşıtlar İçin Y.O.G.T. Hacmi $\rightarrow$ 150 Ağır Taşıt /Gün

Likit Limit (LL) $\rightarrow$ % 46

Plastik Limit (LL) $\rightarrow$ % 20

Cözüm 9.2.

Grup İndeksi = (0,2.a)+(0,005.a.c)+(0,01.b.d)

a $\rightarrow$ % 30 % 35 - % 75 arasında olmadığı için

a = 0 alınır.

b $\rightarrow$ 30-15 =15 b = 15

c $\rightarrow$ 46-40 = 6 c = 6

PI = (LL) -(PL) PI = (46) -(20) PI = % 26

d $\rightarrow$ 26-10 d = 16

Grup İndeksi = (0,2.0)+(0,005.0.6)+(0,01.15.16)

Grup İndeksi = 2,4

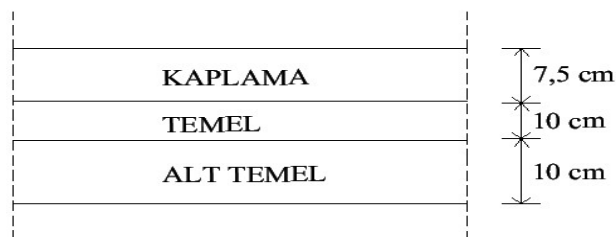
Tablo 9.1'den

Alt temel tabakası kalınlığı $\rightarrow$ 10 cm alınır.

Temel tabakası kalınlığı standart olarak $\rightarrow$ 10 cm alınır.

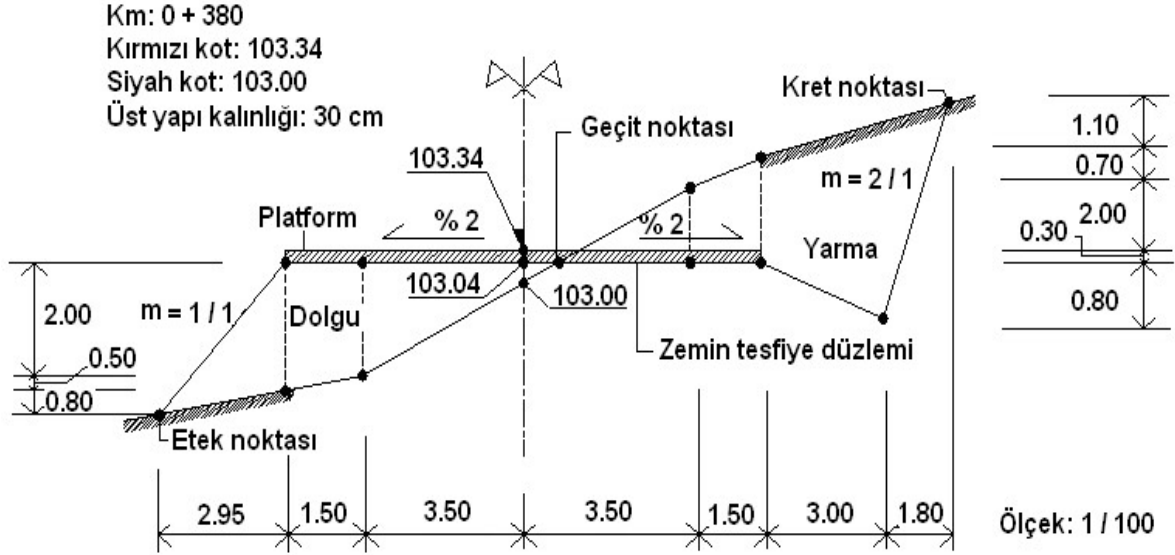
Tablo 9.2'den

Kaplama kalınlığı $\rightarrow$ 7,5 cm alınır.



10. EN KESİTLER

10.1. En Kesit Çizimlerinin Yapılması



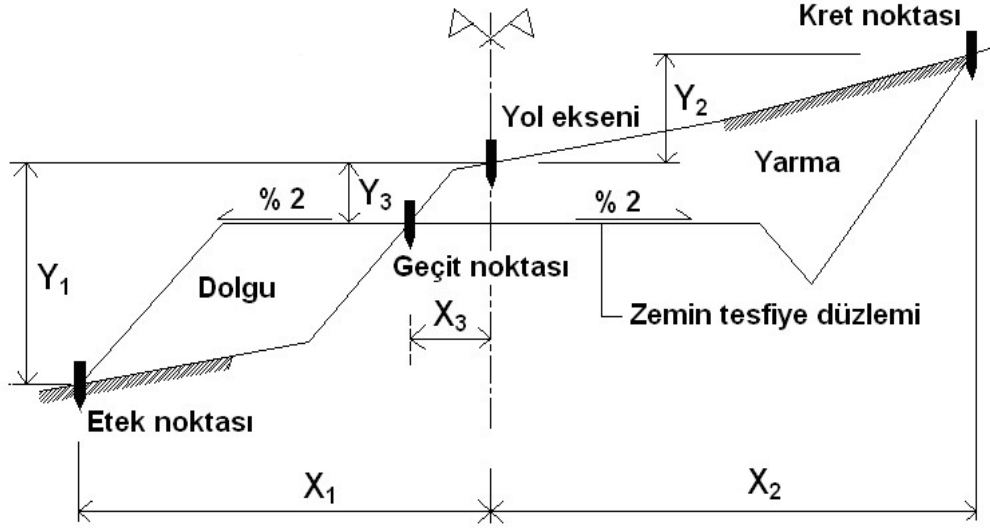
Şekil 10.1 Yol en kesiti

En kesit çizimleri yapılırken aşağıda belirtilen hususlar göz önünde bulundurulmalıdır;

- Yatay güzergâh planı üzerinde başlangıçtan itibaren km değeri yazılan tüm noktalardan en kesit alınır.
- En kesit alınan noktada; yol eksenindeki kırmızı ve siyah kot değerleri boy kesit çiziminden alınır.
- En kesit alınmasındaki amaç; yol alt yapı inşaatında yapılacak kazı ve dolgu işlerinin miktarlarının belirlenmesidir.
- En kesit hesaplamalarında zemin tefsiye düzlemi platform olarak kabul edilir. Boy kesitten okunan kırmızı kot değerinden yol üst yapı tabakalarının toplam kalınlıkları çıkarılarak yol eksenindeki siyah kot değeri ve aynı zamanda da zemin tefsiye düzleminin yeri belirlenmiş olur.
- En kesit çiziminde projesi hazırlanan yolun geometrik karakteristikleri dikkate alınmalıdır.
- En kesit çizimine yol ekseninden başlanır. İlk olarak siyah kotlar (Arazi kotları) tespit edilerek siyah çizgi (Arazi çizgisi) çizilir. Siyah çizgi çiziminde ilk olarak en kesit alınan noktanın boy kesitten yol eksenindeki siyah kot değeri alınır. Yol ekseninden, yol eksenine dik olarak sırasıyla kamulaştırma genişliği, şerit ve banket genişlikleri kadar

gidilerek bu noktaların siyah kot değerleri belirlenir. Bu kotların birleştirilmesi ile de siyah çizgi (Arazi çizgisi) elde edilir.

- İkinci olarak kırmızı çizgi (Yol çizgisi) çizilir. Çizime yine yol ekseninden başlanır. Boy kesit çiziminden yol eksenindeki kırmızı kot değeri alınır. Yol eksenindeki kırmızı kot değerinden yol üst yapısı tabakalarının toplam kalınlıkları çıkarılarak zemin tefsiye düzleminin kotu belirlenir. Yol ekseninden sağa ve sola doğru platform genişliği kadar % 2'lik bombe eğimi ile gidilerek zemin tefsiye düzlemi çizilir. Zemin tefsiye düzleminde banketlerin dış noktalarından itibaren yarma ve dolgu şevi eğimleri dikkate alınarak şevler çizilir, kırmızı çizginin siyah çizgiyi kesmesi sağlanır. Bu işlem sırasında kamulaştırma genişliği aşılmamaya çalışılmalıdır.
- Banket ucundaki kırmızı kot değeri kamulaştırma genişliği noktasında okunan siyah kot değerinden yüksekte ise dolgu, alçakta ise yarma şevi uygulanır. Yarma ve dolgu şevi eğimleri bölüm 5'de verilmiştir.
- Çizilen en kesitin hangi noktaya ait olduğunu belirtmek için; başlangıçtan itibaren km değeri, yol eksenindeki kırmızı ve siyah kot değerleri ve yol üst yapısı tabakalarının toplam kalınlıkları en kesit çizimi üzerinde boş bir kısma yazılır.
- Yatay güzergâh planında yatay kurpların üzerindeki noktalardan enine kesit alınması durumunda dever eğimleri dikkate alınmalıdır.
- Bu şekilde yol güzergâhı üzerinde başlangıçtan itibaren km değerleri yazılan tüm noktalardan enine kesit alınır. Bu enine kesitlerdeki yarma ve dolgu alanları m^2 cinsinden hesaplanır.
- Alan hesaplarının sonuçlarına göre bölüm 11'de verilen bilgilere göre hacim hesaplamaları yapılır. Yarma ve dolgu miktarları m^3 cinsinden belirlenir.
- En kesit çizimlerinden elde edilen yatay ve düşey mesafeler kullanılarak yolun araziye aplikasyonu yapılır. İlk olarak ilgili noktada yol eksenine kazık çakılarak yol eksenini araziye işaretlenir. Yol ekseninden gerekli yatay ve düşey mesafeler ölçülerek; kret noktası, etek noktası, geçit noktası, platform genişliği, şerit genişliği ve banket genişliği araziye işaretlenir. Bu şekilde güzergâh üzerindeki tüm kritik noktalardan enine kesit aplikasyonu yapılarak yol arazide belirlenmiş olur. Gerekli yarma ve dolgu işlemleri yapıp her iki yönde % 2 enine eğime sahip zemin tefsiye düzlemi elde edilir. Zemin tefsiye düzlemi üzerine yol üst yapısı tabakaları sırasıyla serilerek yol inşaatı tamamlanmış olur. En son işlem olarak da yol çizgileri çizilip gerekli trafik işaretlemeleri yapılır.



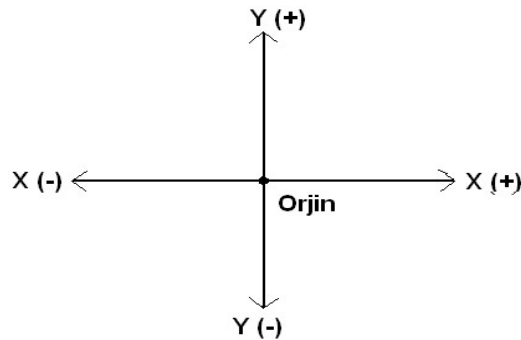
Şekil 10.2 En kesit uygulaması

10.2. En Kesit Alanlarının Hesabı

Bir yol inşaatında yapılacak kazı ve dolgu miktarlarını hesaplayabilmek için yol boyunca alınan en kesitlerin alanlarının hesaplanması zorunludur. En kesit alanlarının hesaplanması için bir çok yöntem kullanılır. Kesin ve hatasız bir hesaplama yapmak için planimetre kullanılmalıdır. Kesine yakın yaklaşık bir sonuç elde edebilmek için de en çok cross yöntemi kullanılır.

10.2.1. Cross Yöntemi İle Alan Hesabı

Bu yöntemde; en kesitteki yol eksenini dikey eksen Y, zemin tesfiye düzlemini yatay eksen X olarak kabul edilir. En kesitteki kritik noktalara, orjine göre gerekli mesafe ölçümleri yapılarak koordinatları yazılır. Koordinatlar belirlenirken eksen takımının işaretleri dikkate alınmalıdır.

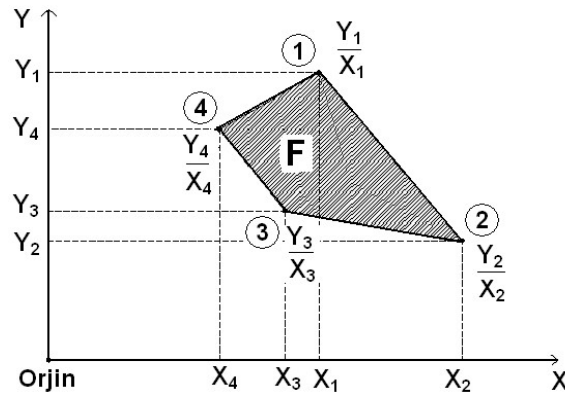


En kesit alanlarının hesabında zemin tefsiye düzlemi tam düz olarak kabul edilebilir. % 2'lik bombe yokmuş gibi koordinatlar belirlenebilir. Bu şekilde yapılan işlem sonucu ciddi düzeyde etkilemez. Fakat yatay kurplardan alınan en kesitlerde dever eğimi dikkate alınmalıdır. Dever eğiminin büyük değerlerde olması sonuç üzerinde ciddi değişikliklere neden olabilmektedir.

En kesit alanlarının hesabı, 10.1 ve 10.2 bağıntıları kullanılarak yapılır. Bağıntı 10.1 saatin dönüş yönünde, Bağıntı 10.2 ise saatin dönüş yönü tersinde uygulanır.

$$2 F = \sum \{ X_n \cdot [(Y_n + 1) - (Y_n - 1)] \} \quad 10.1$$

$$2 F = \sum \{ Y_n \cdot [(X_n - 1) - (X_n + 1)] \} \quad 10.2$$



Şekil 10.3 Cross yöntemi ile alan hesabı

Şekil 10.3'deki F alanı için, saatin dönüş yönünde F alanının köşe numaraları dikkate alınarak cross yöntemi uygulanırsa aşağıdaki bağıntı elde edilir.

$$2 F = [X_1 \cdot (Y_2 - Y_4)] + [X_2 \cdot (Y_3 - Y_1)] + [X_3 \cdot (Y_4 - Y_2)] + [X_4 \cdot (Y_1 - Y_3)]$$

Şekil 10.3'deki F alanı için, saatin dönüş yönü tersinde F alanının köşe numaraları dikkate alınarak cross yöntemi uygulanırsa aşağıdaki bağıntı elde edilir.

$$2 F = [Y_1 \cdot (X_2 - X_4)] + [Y_4 \cdot (X_1 - X_3)] + [Y_3 \cdot (X_4 - X_2)] + [Y_2 \cdot (X_3 - X_1)]$$

Şekil 10.3 için yazılan bağıntılar yerine pratik olarak tablo 10.1'de verilen işlemler kullanılarak da alan hesabı yapılabilir. Tablo 10.1'de işlemler saatin dönüş yönünde uygulanacaktır.

Tablo 10.1 Cross yöntemi ile alan hesabı

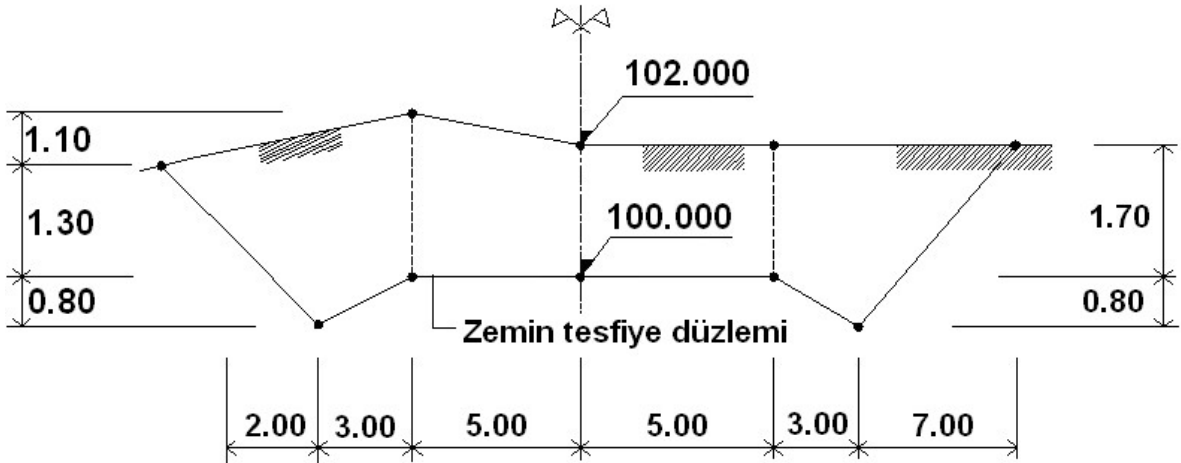
$Y_1 \cdot X_2$	$X_1 \cdot Y_2$
$Y_2 \cdot X_3$	$X_2 \cdot Y_3$
$Y_3 \cdot X_4$	$X_3 \cdot Y_4$
$Y_4 \cdot X_1$	$X_4 \cdot Y_1$
$+$ _____	$+$ _____
a	b
$2.F = a - b$	

Örnek 10.1

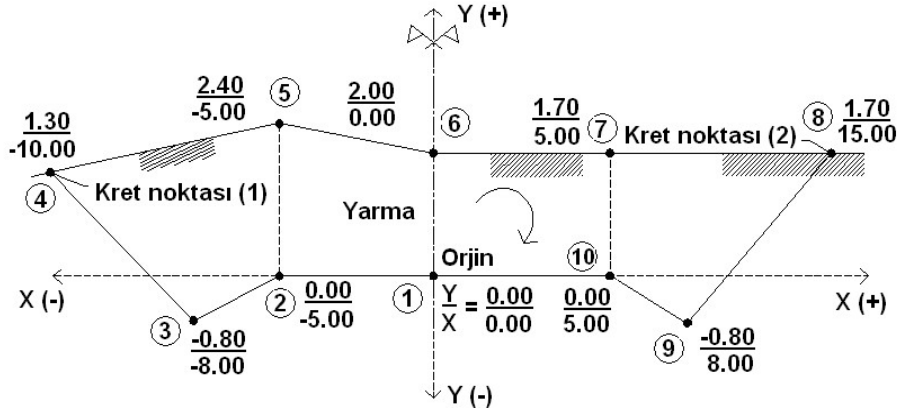
Şekilde verilen yarma en kesitinin;

a- Alanını hesaplayınız.

b- Kret noktalarının yol ekseninden olan yatay ve düşey uzaklıklarını belirleyiniz.

**Çözüm 10.1**

a- Orjinden başlayarak yarma en kesiti alanının tüm köşe noktaları numaralandırılır ve yarma en kesitinin boyutları dikkate alınarak tüm köşe noktalarının orjine göre koordinatları belirlenir.



Tüm köşe noktalarının koordinatları belirlendikten sonra, orjinden başlayarak saatin dönüş yönünde cross formülü uygulanır.

$$\begin{aligned}
 10.1 \quad 2 F &= \sum \{ X_n \cdot [(Y_{n+1}) - (Y_{n-1})] \} \\
 2 F &= [0.00 \times (0.00 - 0.00)] + [-5.00 \times (-0.80 - 0.00)] + \\
 &\quad [-8.00 \times (1.30 - 0.00)] + [-10.00 \times (2.40 - (-0.80))] + \\
 &\quad [-5.00 \times (2.00 - 1.30)] + [0.00 \times (1.70 - 2.40)] + \\
 &\quad [5.00 \times (1.70 - 2.00)] + [15.00 \times (-0.80 - 1.70)] + \\
 &\quad [8.00 \times (0.00 - 1.70)] + [5.00 \times (0.00 - (-0.80))] \\
 2 F &= - 90.5 \text{ m}^2 \quad F = 45.25 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

b- Kret noktası, yarma en kesitinde arazi çizgisinin kırmızı çizgiyi deldiği noktadır. Örnekteki kesit tamamen yarma en kesiti olduğu için iki adet kret noktası mevcuttur. Kret noktalarının birincisi 4 numaralı nokta, ikincisi ise 8 numaralı noktadır. Bu noktaların yol ekseninden olan yatay ve düşey uzaklıkları aşağıda verilmiştir.

Kret noktası 1

Y = 1.30 m (Orjinden düşey uzaklığı)

X = 10.00 m (Orjinden yatay uzaklığı)

Kret noktası 2

Y = 1.70 m (Orjinden düşey uzaklığı)

X = 15.00 m (Orjinden yatay uzaklığı)

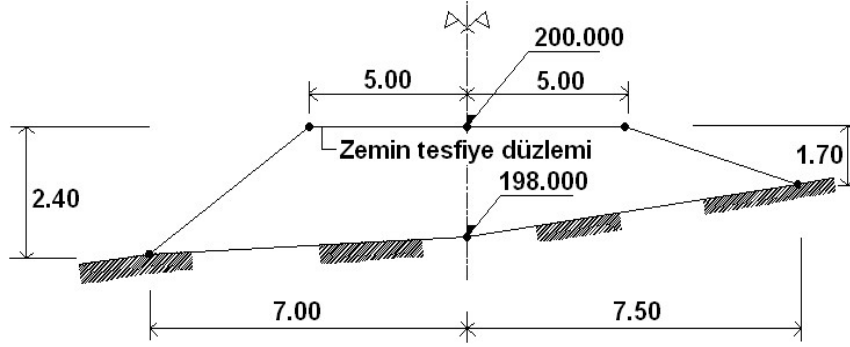
NOT: Cross yöntemi ile alan hesabında sonucun negatif çıkması bir önem arz etmez. Çünkü alan negatif olamaz, sonuç negatif çıksa bile pozitif olarak dikkate alınmalıdır. Bağintı 10.1 ve bağintı 10.2 kullanılarak yapılan alan hesaplamalarının birinde sonuç negatif, diğerinde ise pozitif olarak elde edilir.

Örnek 10.2

Şekilde verilen dolgu en kesitinin;

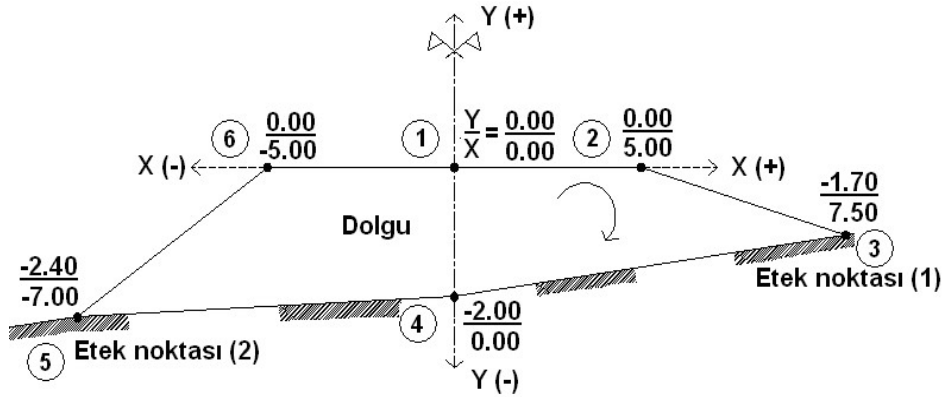
a- Alanını hesaplayınız.

b- Etek noktalarının yol ekseninden olan yatay ve düşey uzaklıklarını belirleyiniz.



Çözüm 10.2

a- Orjinden başlayarak dolgu en kesiti alanının tüm köşe noktaları numaralandırılır ve dolgu en kesitinin boyutları dikkate alınarak tüm köşe noktalarının orjine göre koordinatları belirlenir.



Tüm köşe noktalarının koordinatları belirlendikten sonra, orjinden başlayarak saatin dönüş yönünde cross formülü uygulanır.

$$\begin{aligned}
 10.1 \quad 2 F &= \sum \{ X_n \cdot [(Y_{n+1}) - (Y_n - 1)] \} \\
 2 F &= [0.00 \times (0.00 - 0.00)] + [5.00 \times (-1.70 - 0.00)] \\
 &\quad + [7.50 \times (-2.00 - 0.00)] + [0.00 \times (-2.40 - (-1.70))] \\
 &\quad + [-7.00 \times (0.00 - (-2.00))] + [-5.00 \times (0.00 - (-2.40))] \\
 2 F &= -49.5 \text{ m}^2 \quad F = 24.75 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

b- Etek noktası, dolgu en kesitinde kırmızı çizginin arazi çizgisini deldiği noktadır. Örnekteki kesit tamamen dolgu en kesiti olduğu için iki adet etek noktası mevcuttur. Etek noktalarının birincisi 3 numaralı nokta, ikincisi ise 5 numaralı noktadır. Bu noktaların yol ekseninden olan yatay ve düşey uzaklıkları aşağıda verilmiştir.

Etek noktalarının kotları, başka bir deyişle yol ekseninden yatay ve düşey uzaklıkları:

Etek noktası 1

$Y = 1.70$ m (Orjinden düşey uzaklığı)

$X = 7.50$ m (Orjinden yatay uzaklığı)

Etek noktası 2

$Y = 2.40$ m (Yol ekseninden düşey uzaklığı)

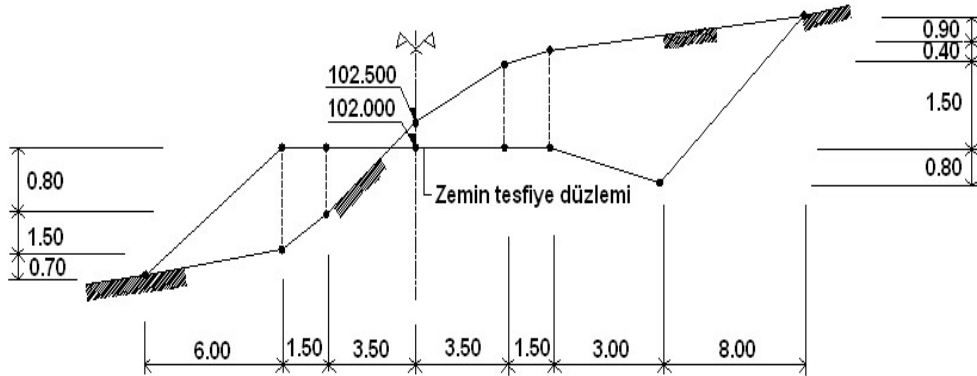
$X = 7.00$ m (Yol ekseninden yatay uzaklığı)

Örnek 10.3

Şekilde verilen karışık en kesitin;

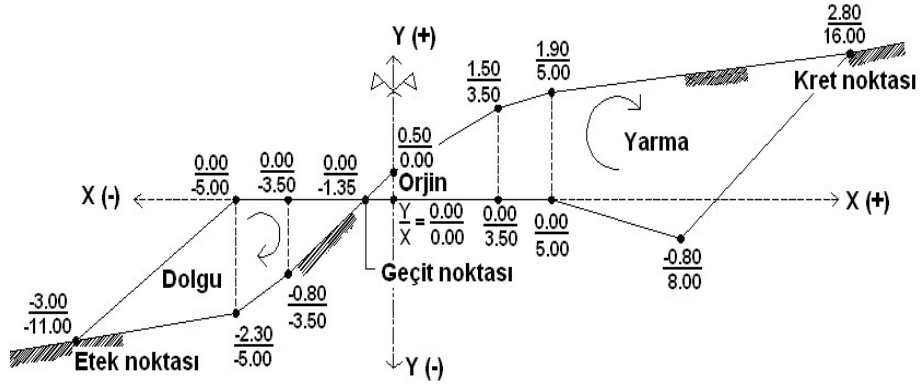
a- Alanını hesaplayınız.

b- Kret ve etek noktalarının yol ekseninden olan yatay ve düşey uzaklıklarını belirleyiniz.

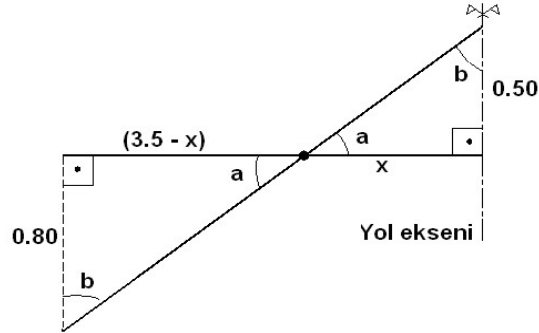


Çözüm 10.3.

a- Orjinden başlayarak dolgu en kesiti alanının tüm köşe noktaları numaralandırılır ve dolgu en kesitin boyutları dikkate alınarak tüm köşe noktalarının orjine göre koordinatları belirlenir.



Geçit noktasının yol ekseninden olan yatay ve düşey uzaklıkları hesaplanır.



Üçgenlerin benzerliği kullanılarak x mesafesi hesaplanır. Daha sonra geçit noktasının koordinatları belirlenir.

$$(0.80) / (0.50) = (3.5 - x) / x \rightarrow x = 1.35\text{m}$$

Tüm köşe noktalarının koordinatları belirlendikten sonra, orjinden başlayarak saatin dönüş yönünde cross formülü uygulanır. Yarma ve dolgu bölümlerinin ayrı ayrı alanları hesaplanır.

$$\begin{aligned}
 10.1 \quad 2 F &= \sum \{ X_n \cdot [(Y_n + 1) - (Y_n - 1)] \} \\
 2 F_{\text{yarma}} &= [0.00 \times (0.00 - 0.00)] + [-1.35 \times (-0.50 - 0.00)] \\
 &\quad + [0.00 \times (1.50 - 0.00)] + [3.50 \times (1.90 - 0.50)] + [5.00 \times (2.80 - 1.50)] \\
 &\quad + [16.00 \times (-0.80 - 1.90)] + [8.00 \times (0.00 - 2.80)] + [5.00 \times (0.00 - (-0.80))] \\
 &\quad + [3.50 \times (0.00 - 0.00)]
 \end{aligned}$$

$$2 F_{\text{yarma}} = -50.88 \text{ m}^2 \quad F_{\text{yarma}} = 25.44 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned}
 2 F_{\text{dolgu}} &= [-1.35 \times (-0.80 - 0.00)] + [-3.50 \times (-2.30 - 0.00)] \\
 &\quad + [-5.00 \times (-3.00 - (-0.80))] + [-11.00 \times (0.00 - (-2.30))] \\
 &\quad + [-5.00 \times (0.00 - (-3.00))] + [-3.50 \times (0.00 - 0.00)]
 \end{aligned}$$

$$2 F_{\text{dolgu}} = -20.17 \text{ m}^2 \quad F_{\text{dolgu}} = 10.09 \text{ m}^2$$

Kret noktası :

$Y = 2,80\text{m}$ (Yol ekseninden düşey uzaklığı)

$X = 16,00\text{m}$ (Yol ekseninden yatay uzaklığı)

Etek noktası :

$Y = 3,00\text{m}$ (Yol ekseninden düşey uzaklığı)

$X = 11,00\text{m}$ (Yol ekseninden yatay uzaklığı)

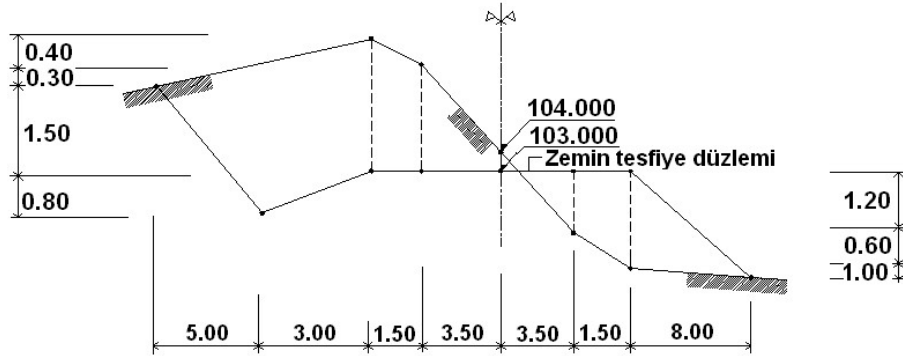
Geçit noktası :

$Y = 0,00\text{m}$ (Yol ekseninden düşey uzaklığı)

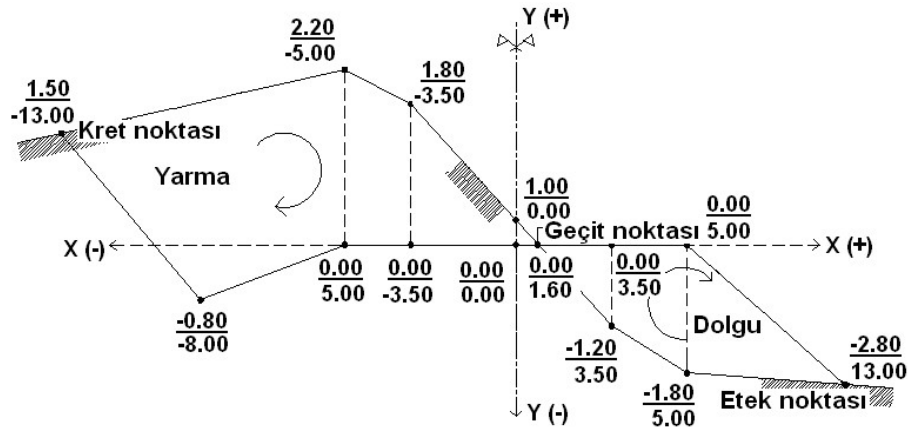
$X = 1,35\text{m}$ (Yol ekseninden yatay uzaklığı)

Örnek 10.4.

Şekilde verilen mix en kesitin alanını hesaplayarak; kret, etek ve geçit noktalarının yol ekseninden olan yatay ve düşey uzaklıklarını belirleyiniz?



Çözüm 10.4.



Geçit noktasının yol ekseninden olan yatay ve düşey uzaklıkları hesaplanır.

Üçgenlerin benzerliği kullanılarak

$$(1,00)/(1,20) = (X)/(3,5-X) \rightarrow X = 1,60\text{m}$$

Orjinden başlayarak saatin dönüş yönünde cross formülü uygulanırsa;

$$2.F = \sum \{ X_n \cdot [(Y_{n+1}) - (Y_n - 1)] \}$$

$$\begin{aligned} 2.F_{\text{yarma}} = & [1,60.(0,00-1,00)] + [0,00.(0,00-0,00)] + [-3,50.(0,00-0,00)] + [-5,00.(-0,80-0,00)] + \\ & [-8,00.(1,50-0,00)] \\ & + [-13,00.(2,20-(-0,80))] + [-5,00.(1,80-1,50)] \\ & + [-3,50.(1,00-2,20)] + [0,00.(0,00-1,80)] \end{aligned}$$

$$2.F_{\text{yarma}} = 45,9 \text{ m}^2 \quad F_{\text{yarma}} = 22,95 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} 2.F_{\text{dolgu}} = & [1,60.(0,00-(-1,20))] + [3,50.(0,00-0,00)] + [5,00.(-2,80-0,00)] + [13,00.(-1,80- \\ & 0,00)] + [5,00.(-1,20-(-2,80))] \\ & + [3,50.(0,00-(-1,80))] \end{aligned}$$

$$2.F_{\text{dolgu}} = 21,18 \text{ m}^2 \quad F_{\text{dolgu}} = 10,59 \text{ m}^2$$

Kret noktası :

$$Y = 1,50\text{m (Yol ekseninden düşey uzaklığı)}$$

$$X = 13,00\text{m (Yol ekseninden yatay uzaklığı)}$$

Etek noktası :

$$Y = 2,80\text{m (Yol ekseninden düşey uzaklığı)}$$

$$X = 13,00\text{m (Yol ekseninden yatay uzaklığı)}$$

Geçit noktası :

$$Y = 0,00\text{m (Yol ekseninden düşey uzaklığı)}$$

$$X = 1,60\text{m (Yol ekseninden yatay uzaklığı)}$$

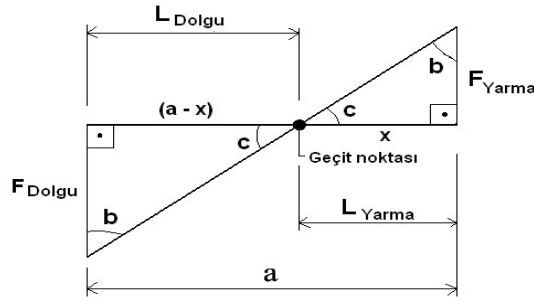
10.2.2. Alanlar Diyagramı:

Yol başlangıcından itibaren (km) değerleri belirtilen tüm noktalardan alınan en kesitlerin alanları hesaplandıktan sonra, bu değerler toplu halde alanlar diyagram üzerinde ifade edilirler.

Diyagramın yatay eksenine, en kesit alınan noktaların yolun başlangıcından olan (km) değerleri yazılır. Yatay eksen 1/1000 ölçeğine göre doldurulur. Düşey ekseninde 1cm = 10m²'yi ifade eder ve düşey eksene alan değerleri yazılır. Yatay eksenin üst kısmına yarma alanları, alt kısmına dolgu alanları çizilir. En kesitin karışık (mix) en kesit olması durumunda; büyük alan değerinden küçük alan değeri çıkarılır, büyük olan alan değerine göre yatay eksenin altına yada üstüne çizim yapılır.

Alanlar diyagramında yarma alanı ile dolgu alanı arasındaki geçiş bölgelerine geçit noktası adı verilir. Geçit noktalarında alan değeri sıfırdır.

Geçit Noktası Hesabı:



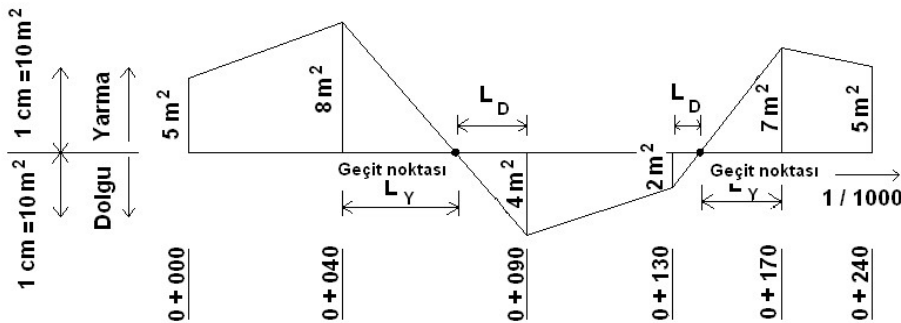
Üçgenlerin benzerliği kullanılarak;

$$F_{yarma} / F_{dolgu} = x / (a-x) \quad \text{Bağıntısı ile X değeri hesaplanır.}$$

Şekilde;

L_{Yarma} (L_Y):Yarma alanının geçiş noktasından uzaklığını,

L_{Dolgu} (L_D): Dolgu alanının geçiş noktasından uzaklığını, ifade eder.



Şekil 10.3 Alanlar diyagramı

Örnek 10.5.

Bir yol güzergahı boyunca alınan en kesitlerin tipi ve alan değerleri, (km) değerleri ile birlikte aşağıda verilmiştir. Buna göre alanlar diyagramını çizerek, geçit noktalarının yerlerini belirtiniz?

0+000 m → Yarma en kesiti → 40 m^2

0+040 m → Yarma en kesiti → 30 m^2

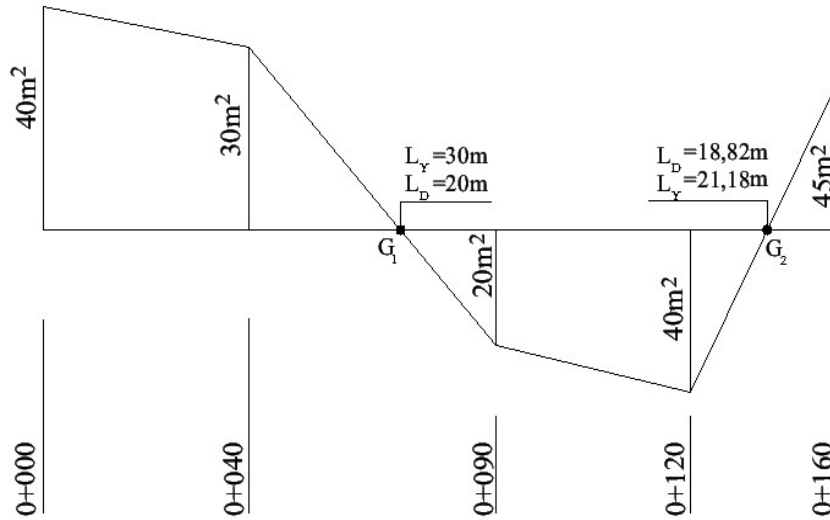
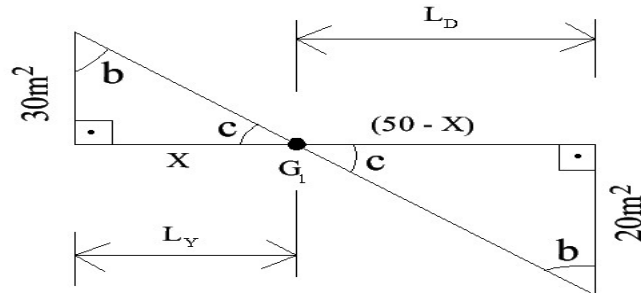
0+090 m → Dolgu en kesiti → 20 m^2

0+120 m → Karışık (mix) en kesit → Dolgu = 60 m^2 , Yarma = 20 m^2

0+160 m → Yarma en kesiti → 45 m^2

Çözüm 10.5.

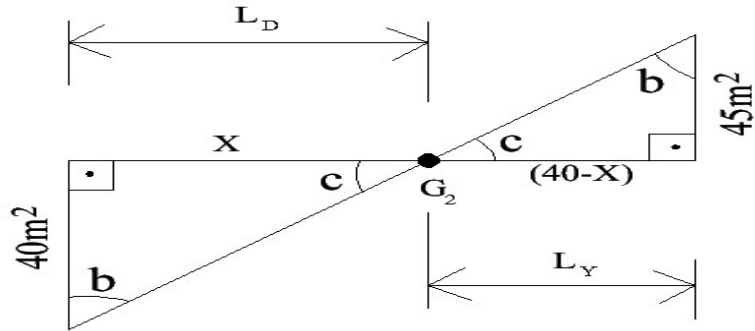
Karışık en kesitteki alan düzenlenir; $60 \text{ m}^2 - 20 \text{ m}^2 = 40 \text{ m}^2$ Dolgu

**G₁ Geçit noktasının hesabı:**

$$30 \text{ m}^2 / 20 \text{ m}^2 = X / (50 - X) \quad X = 30 \text{ m}$$

$$L_Y = X = 30 \text{ m} \quad L_Y = 30 \text{ m}$$

$$L_D = (50 - X) = 50 - 30 \quad L_D = 20 \text{ m}$$

G₂ Geçit noktasının hesabı:

$$40 \text{ m}^2 / 45 \text{ m}^2 = X / (40 - X) \quad X = 18,82\text{m}$$

$$L_D = X = 18,82\text{m} \quad L_Y = 18,82\text{m}$$

$$L_Y = (40 - X) = 40 - 18,82 \quad L_D = 21,18\text{m}$$

Örnek 10.6.

Bir yol güzergahı boyunca alınan en kesitlerin tipi ve alan değerleri, (km) değerleri ile birlikte aşağıda verilmiştir. Buna göre alanlar diyagramını çizerek, geçit noktalarının yerlerini belirtiniz?

0+000 m → Yarma en kesiti → 30 m²

0+040 m → Karışık (mix) en kesit → Dolgu = 50 m², Yarma = 30 m²

0+070 m → Dolgu en kesiti → 40 m²

0+110 m → Dolgu en kesiti → 20 m²

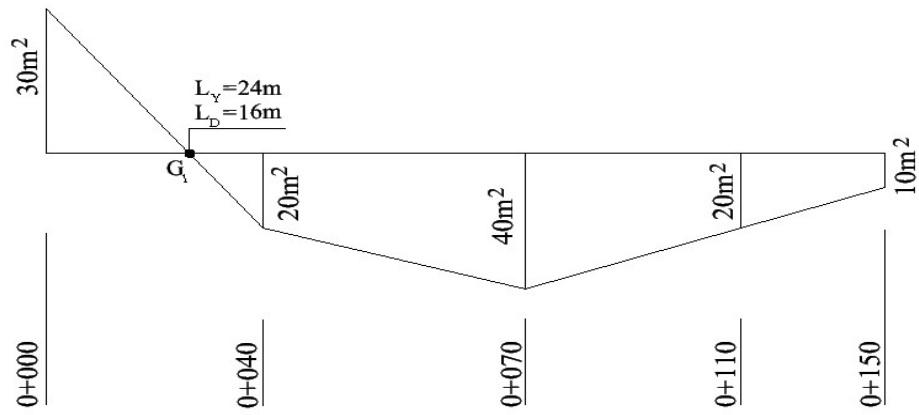
0+150 m → Karışık (mix) en kesit → Dolgu = 20 m², Yarma = 10 m²

Çözüm 10.6.

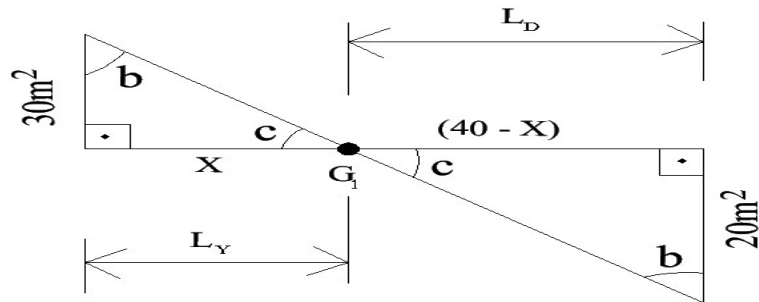
Karışık en kesitlerdeki alanlar düzenlenir;

0+040 m'de 50 m² - 30 m² = 20 m² Dolgu

0+150 m'de 20 m² - 10 m² = 10 m² Dolgu



G₁ Geçit noktasının hesabı:



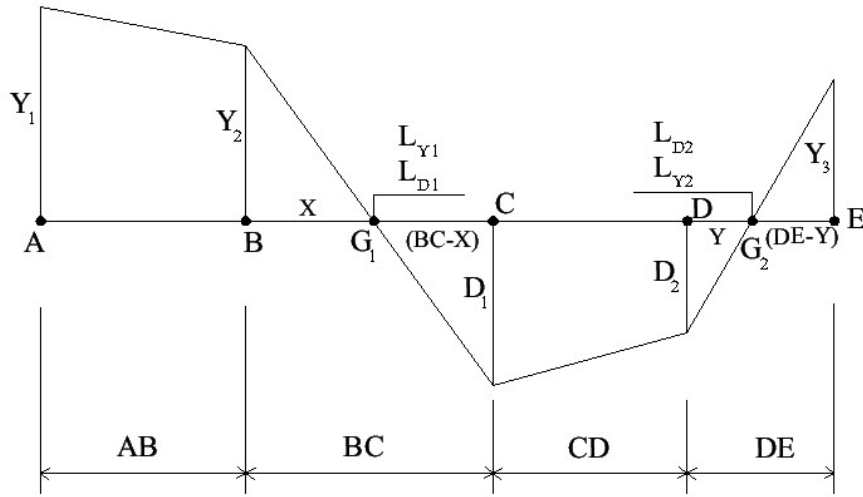
$$30 \text{ m}^2 / 20 \text{ m}^2 = X / (40 - X) \quad X = 24 \text{ m}$$

$$L_Y = X = 24 \text{ m} \quad L_Y = 24 \text{ m}$$

$$L_D = (40 - X) = 40 - 24 \quad L_D = 16 \text{ m}$$

11.HACİM HESAPLARI:

Yol alt yapı inşaatlarında dolgu ve yarma hacimlerinin hesaplanmasında alanlar diyagramı kullanılır. Hacim hesapları aşağıdaki bağıntı kullanılarak yapılır.



İlk olarak geçit noktalarının hesabı yapılır.

$$A \text{ ve } B \text{ arasındaki yarma hacmi} = [Y_1 \cdot (AB/2)] + [Y_2 \cdot (AB/2)]$$

$$B \text{ ve } C \text{ arasındaki yarma hacmi} = [Y_2 \cdot (X/2)]$$

$$B \text{ ve } C \text{ arasındaki dolgu hacmi} = [D_1 \cdot ((BC-X)/2)]$$

$$C \text{ ve } D \text{ arasındaki dolgu hacmi} = [D_1 \cdot (CD/2)] + [D_2 \cdot (CD/2)]$$

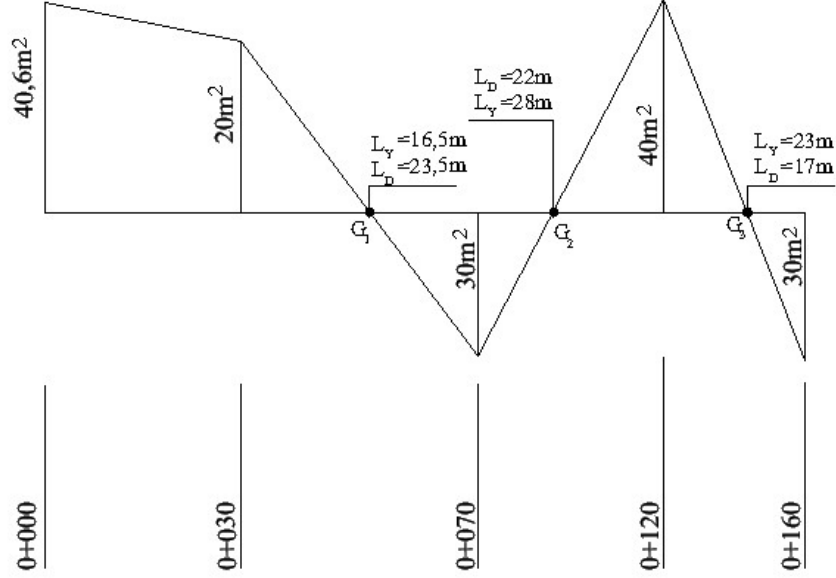
$$D \text{ ve } E \text{ arasındaki dolgu hacmi} = [D_2 \cdot (Y/2)]$$

$$D \text{ ve } E \text{ arasındaki yarma hacmi} = [Y_3 \cdot ((DE-Y)/2)]$$

Bu hesaplamalardan sonra toplam yarma ve toplam dolgu hacimleri belirlenir. Toplam yarma ve dolgu hacimleri sıkışma ve kabarma katsayıları ile çarpılarak hacimlerdeki değişiklikler belirlenir. Yarma hacmi kabarma katsayısı (yüzdesi) ile çarpılır, elde edilen hacim değeri yarma hacmine ilave edilerek kabarmış hacim değeri bulunur. Dolgu hacmi sıkışma katsayısı (yüzdesi) ile çarpılır, elde edilen hacim değeri dolgu hacminden çıkarılarak sıkışmış hacim değeri bulunur.

Örnek 11.1.

Şekilde verilen alanlar diyagramına göre yarma ve dolgu hacimlerini hesaplayınız?
Yarma için kabarma yüzdesi % 5, dolgu için sıkışma yüzdesi % 10 olarak belirlenmiştir.

**Çözüm 11.1.**

$$V_{YARMA} = [40,6.(30/2)]+[20.(30/2)]+[20.(16,5/2)]+[40.(28/2)]+[40.(23/2)]$$

$$V_{YARMA} = 2094 \text{ m}^3$$

% 5 kabarmaya göre kabarmış yarma hacmi;

$$V_{YARMA} = 2094 + [2094.(5/100)] = 2200 \text{ m}^3$$

$$V_{YARMA} = 2200 \text{ m}^3$$

$$V_{DOLGU} = [30.(23,5/2)]+[30.(22/2)]+[30.(17/2)]$$

$$V_{DOLGU} = 938 \text{ m}^3$$

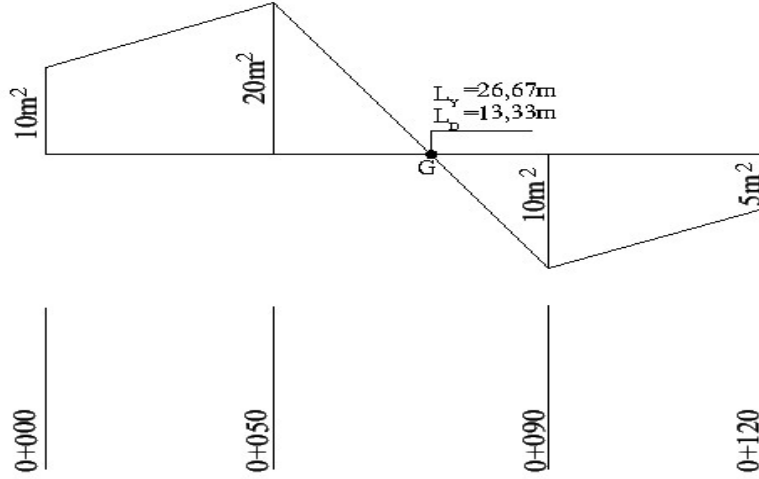
% 10 sıkışmaya göre sıkışmış dolgu hacmi;

$$V_{DOLGU} = 938 - [938.(10/100)] = 844 \text{ m}^3$$

$$V_{DOLGU} = 844 \text{ m}^3$$

Örnek 11.2.

Şekilde verilen alanlar diyagramına göre yarma ve dolgu hacimlerini hesaplayınız?
Yarma için kabarma yüzdesi % 5, dolgu için sıkışma yüzdesi % 10 olarak belirlenmiştir.

**Çözüm 11.2.**

$$V_{YARMA} = [10.(50/2)]+[20.(50/2)]+[20.(26,67/2)]$$

$$V_{YARMA} = 1017 \text{ m}^3$$

% 5 kabarmaya göre kabarmış yarma hacmi;

$$V_{YARMA} = 1017 + [1017.(5/100)] = 1068 \text{ m}^3$$

$$V_{YARMA} = 1068 \text{ m}^3$$

$$V_{DOLGU} = [10.(13,33/2)]+[10.(30/2)]+[5.(30/2)]$$

$$V_{DOLGU} = 292 \text{ m}^3$$

% 10 sıkışmaya göre sıkışmış dolgu hacmi;

$$V_{DOLGU} = 292 - [292.(10/100)] = 263 \text{ m}^3$$

$$V_{DOLGU} = 263 \text{ m}^3$$

12. KÜBAJ CETVELİ VE BRÜKNER EPÜRÜ:

12.1. Kübaj Cetveli:

Yol güzergahı boyunca yapılacak tefsiye (kazı - dolgu) işlerinin miktarlarını hesaplayabilmek için düzenlenen cetvellere kübaj cetveli denir. Kübaj cetvelleri En kesit alanları, alanlar diyagramı, boy kesit çizimleri ve hesaplamaları dikkate alınarak doldurulur.

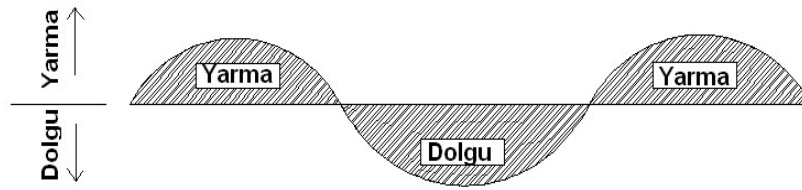
Tablo12.1.Kübaj cetveli

km	Ara mesafe	Alan (m ²)		Geçiş noktalarının hesabı	Kabarma yüzdesi (%)	Şıkışma yüzdesi (%)	Hacim (m ³)		Brükner değeri (m ³)	
		Yarma	Dolgu				Yarma	Dolgu	Yarma	Dolgu

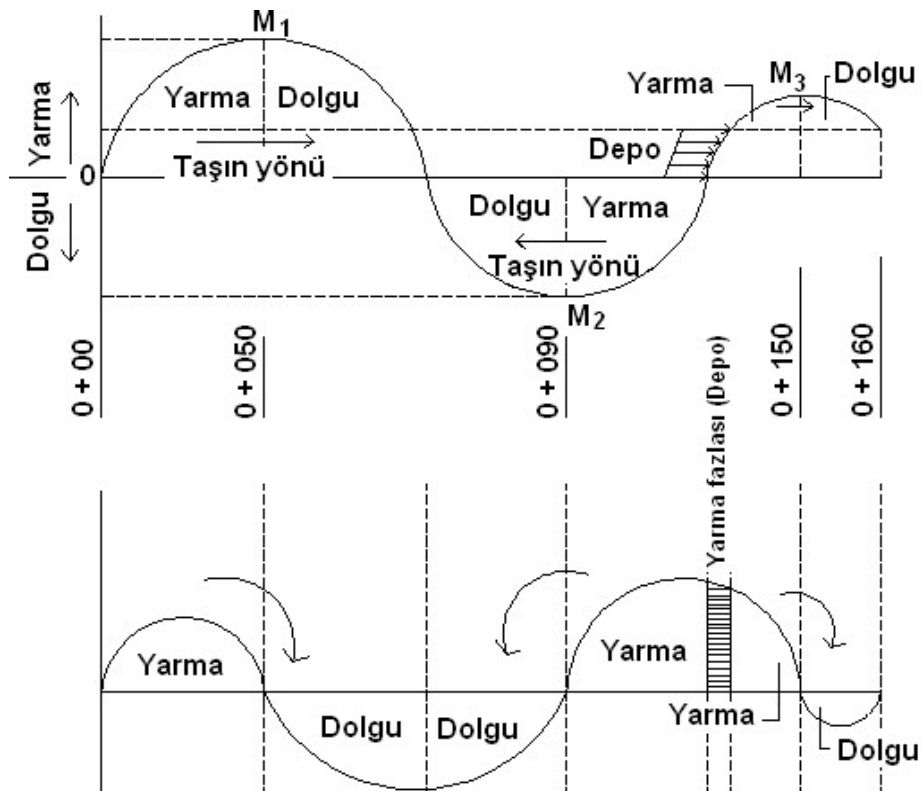
12.2.Brükner Epürü (Kütleler Diyagramı):

Brükner epürü; kübaj cetvelindeki brükner değeri sütunu ve ara mesafe sütunu kullanılarak çizilen bir diyagramdır. Diyagramın çizimi şu şekilde yapılır; diyagramın yatay eksenine yolun başlangıcından itibaren km değerleri ara mesafeler dikkate alınarak yazılır. Yatay eksenin oluşturulmasında (1/2000 – 1/1000) ölçekleri kullanılır.

Düşey eksene ise kübaj cetvelinden alınan brükner değerleri yazılır. Düşey eksenin oluşturulmasında (1cm= 500m³) vb. kabuller kullanılır. Brükner epüründe yatay eksenin altına dolgu değerleri, yatay eksenin üstüne de yarma değerleri yazılır.



Şekil 12.1 Brükner epürü boy kesiti



Şekil 12.2 Brükner eğrisi boy kesit ilişkisi

12.2.1.Brükner Eğrisinin Özellikleri:

- Eğrinin yükselen kısımları yarma hacmini, alçalan kısımları da dolgu hacmini ifade eder.
- Eğrinin her maksimum noktası (M_1 , M_3) yarmadan dolguya, her minimum noktası da (M_2) dolgudan yarmaya geçiş noktasıdır.
- Eğrinin; yatay eksen üzerinde bitmesi yarma hacminin fazla olduğunu (depo durumu), yatay eksen altında bitmesi de dolgu hacminin fazla olduğunu (ödünç durumu) ifade eder.

12.2.2.Brükner Eğrisinin Dengelendirilmesi:

Yol güzergahı boyunca yapılacak toprak işlerinin dengelendirilmesine toprak dengelendirmesi adı verilir. Toprak dengelendirmesi kapsamında aşağıdaki durumlar incelenir.

- Güzergah boyunca yapılacak kazı miktarlarının belirlenmesi, kazıların yapımında ve dolguların doldurulmasında kullanılacak iş makinelerinin (Dozer, Skreyper vb.) seçilmesi.
- Yarma hacminin dolgu hacmini doldurmaya yeterli olup olmadığının belirlenmesi.
- **DEPO DURUMU:** Yarma hacminin dolgu hacminden büyük olması durumunda fazlalık yarma hacminin (Depo) depolanacağı yerin, taşıma mesafesinin ve taşınmasında kullanılacak iş makinelerinin belirlenmesi.
- **ÖDÜNÇ DURUMU:** Yarma hacminin dolgu hacminden küçük olması yani yarma hacminin dolgu hacmini doldurmaya yeterli olmaması durumunda gerekli olan ilave dolgu malzemesinin (Ödünç) miktarının, taşınacağı mesafenin ve taşınmasında kullanılacak iş makinelerinin belirlenmesi.

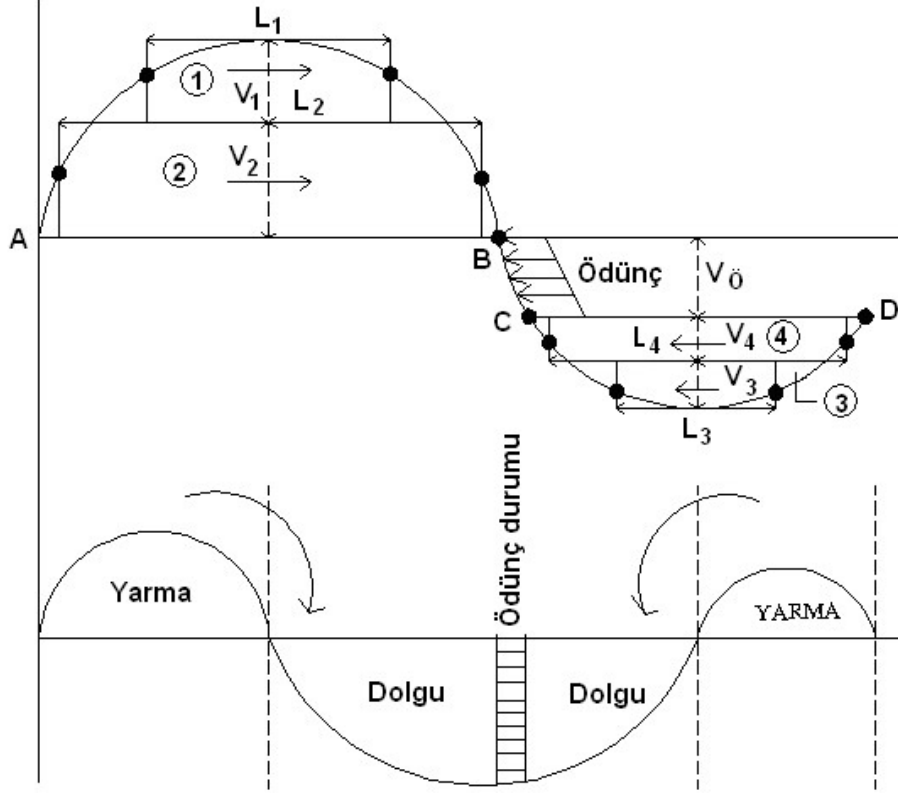
Tüm bu işlemlerin yapılabilmesi için brükner eğrisi, dağıtma çizgileri kullanılarak dengelendirilir.

Dağıtma Çizgisi Geçirilirken Dikkat Edilecek Hususlar:

- Dengelendirme sonucunda; yatay eksenin üstünde ve altında kalan kapalı eğriler kendi içinde dengelendirilmiş olur. Yani yarma hacminin dolgu hacmine eşitliği sağlanmış olur.
- Dengelendirme işine kapalı eğrilerin en dış noktasından yani yarmadan dolguya geçiş yada dolgudan yarmaya geçiş noktalarından (M_1 , M_2 , M_3) başlanır.
- Yatay eksen üzerinde taşımalar soldan sağa doğru, yatay eksen altında ise sağdan sola doğru yapılır.
- Dağıtma çizgileri kapalı eğriler oluşturacak şekilde geçirilir. Dağıtma çizgileri, yatay eksen ile brükner eğrisinin bitiş noktasının arasında kalan bölgenin dışına çıkmamalıdır.
- Dağıtma çizgileri geçirilirken yol inşaatında kullanılacak iş makinelerinin maksimum taşıma mesafeleri dikkate alınmalıdır.

Tablo12.2. İş makinelerinin maksimum taşıma mesafeleri

İş makinesi	Maksimum taşıma mesafesi (m)
DOZER	0 - 90
SKREYPER	90 - 240
MOTORLU SKREYPER	>240



L_1, L_2, L_3, L_4 : Ortalama taşıma mesafeleri (m). yatay ekseninden belirlenir.

V_1, V_2, V_3, V_4 : Yarmadan dolguya taşınan malzeme miktarı (m^3). Düşey ekseninden okunur.

S_1, S_2, S_3, S_4 : Taşıma momentleri (m^4).

$$S_1 = L_1 \cdot V_1 \quad S_2 = L_2 \cdot V_2 \quad S_3 = L_3 \cdot V_3 \quad S_4 = L_4 \cdot V_4$$

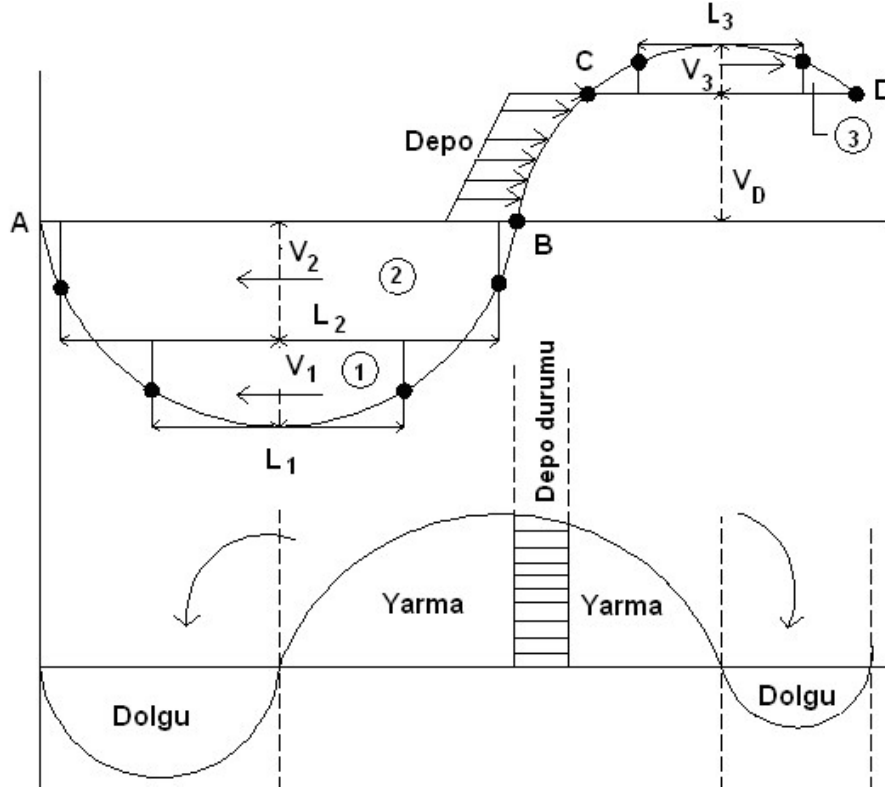
$$S_0 = L_0 \cdot V_0$$

S_0 : Ödünç malzemenin taşıma momentleri (m^4).

$$S_0 = L_0 \cdot V_0$$

L_0 : Ödünç malzemenin taşıma mesafesi (m)

V_0 : Dolgu fazlalığı, yani dolgu için gerekli olan ilave malzeme miktarı (m^3).



S_D : Depolanacak malzemenin depo yerine taşıma momenti (m^4).

L_D : Depo malzemenin taşıma mesafesi (m).

V_D : Yarma fazlalığı, yani dolguya kullanılan yarmadan artan kısım (m^3).

$$S_D = L_D \cdot V_D$$

12.2.3. Toprak Dengelendirmesinin Değerlendirilmesi:

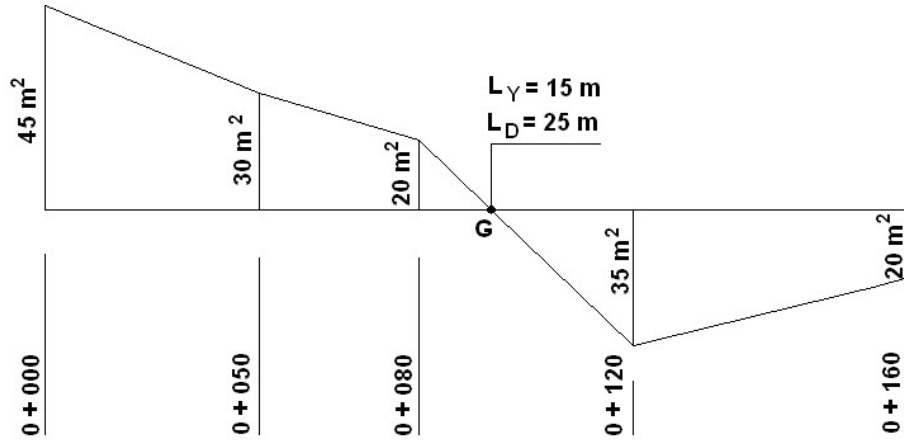
Toprak dengelendirmesi sonucunda taşınacak malzeme miktarları (V) düşey eksenden, ortalama taşıma mesafeleri (L) yatay eksenden ölçekler kullanılarak belirlenir. Belirlenen bu değerlere göre aşağıdaki işlemler yapılır.

- Belirlenen (L) ortalama taşıma mesafeleri, iş makineleri için verilen maksimum taşıma mesafeleri ile karşılaştırılarak hangi yarma hacminin hangi iş makinesi ile taşınıp dolgu hacimlerine doldurulacağı belirlenir.
- Dolgu için ihtiyaç duyulan fazladan malzeme miktarı (Ödünç) diyagramdaki düşey eksenden belirlenir. Ödünç malzemenin nereden alınacağı, taşıma mesafesinin ne olacağı, taşımanın hangi iş makinesi ile yapılacağı belirlenir.

- Yarma fazlası malzeme miktarı (depo) yine diyagramın düşey ekseninden belirlenir. Depo yeri, depoya taşıma mesafesi ve taşımanın hangi iş makinesi ile yapılacağı belirlenir.
- Belirlenen malzeme miktarları, taşıma mesafeleri ile çarpılarak taşıma momentleri hesaplanır.

Örnek 12.1.

Aşağıda alanlar diyagramı verilen yola ait kübaj cetvelini doldurarak brükner epürünü çiziniz? Brükner epürüne göre toprak dengelenmesini yaparak iş makinelerini seçiniz? Yarmada kabarma yüzdesi % 5, dolguda sıkışma yüzdesi % 2 olarak belirlenmiştir.



Çözüm 12.1.

İlk olarak hacim hesaplamaları yapılır.

0+000 m'de hacim: sıfırdır.

0+050 m'de hacim: Yarma hacmi var dolgu hacmi yok

$$V_{YARMA} = [45.(50/2)]+[30.(50/2)] \quad V_{YARMA} = 1875 \text{ m}^3$$

% 5 kabarmaya göre kabarmış yarma hacmi

$$V_{YARMA} = 1875+[1875.(5/100)] = 1969 \text{ m}^3$$

$$\mathbf{V_{YARMA} = 1969 \text{ m}^3}$$

0+080 m'de hacim: Yarma hacmi var dolgu hacmi yok

$$V_{YARMA} = [30.(30/2)]+[20.(30/2)] \quad V_{YARMA} = 750 \text{ m}^3$$

% 5 kabarmaya göre kabarmış yarma hacmi

$$V_{YARMA} = 750 + [750 \cdot (5/100)] = 788 \text{ m}^3 \quad \mathbf{V_{YARMA} = 788 \text{ m}^3}$$

0+120 m'de hacim: Hem yarma hacmi var hem de dolgu hacmi var.

$$V_{YARMA} = [20 \cdot (15/2)] \quad V_{YARMA} = 150 \text{ m}^3$$

% 5 kabarmaya göre kabarmış yarma hacmi

$$V_{YARMA} = 150 + [150 \cdot (5/100)] = 158 \text{ m}^3 \quad \mathbf{V_{YARMA} = 158 \text{ m}^3}$$

$$V_{DOLGU} = [35 \cdot (25/2)] \quad V_{DOLGU} = 438 \text{ m}^3$$

% 2 Sıkışmaya göre sıkışmış dolgu hacmi

$$V_{DOLGU} = 438 - [438 \cdot (2/100)] = 429 \text{ m}^3 \quad \mathbf{V_{DOLGU} = 429 \text{ m}^3}$$

0+160 m'de hacim: Dolgu hacmi var yarma hacmi yok

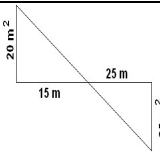
$$V_{DOLGU} = [35 \cdot (40/2)] + [20 \cdot (40/2)] \quad V_{DOLGU} = 1100 \text{ m}^3$$

% 2 Sıkışmaya göre sıkışmış dolgu hacmi

$$V_{DOLGU} = 1100 - [1100 \cdot (2/100)] = 1078 \text{ m}^3$$

$$\mathbf{V_{DOLGU} = 1078 \text{ m}^3}$$

Kübaj Cetveli

km	Ara mesafe	Alan (m ²)		Geçiş noktalarının hesabı	Kabarma yüzdesi (%)	Sıkışma yüzdesi (%)	Hacim (m ³)		Brükner değeri (m ³)	
		Yarma	Dolgu				Yarma	Dolgu	Yarma	Dolgu
0+000	0,00	45	-	-	% 5	%2	0,00	0,00	0,00	0,00
0+050	50,00	30	-	-	% 5	%2	1969	-	1969	-
0+080	30,00	20	-		% 5	%2	788	-	2757	-
0+120	40,00	-	35		% 5	%2	158	429	2486	-
0+160	40,00	-	20	-	% 5	%2	-	1078	1408	-

Brükner değerlerinin hesabı;

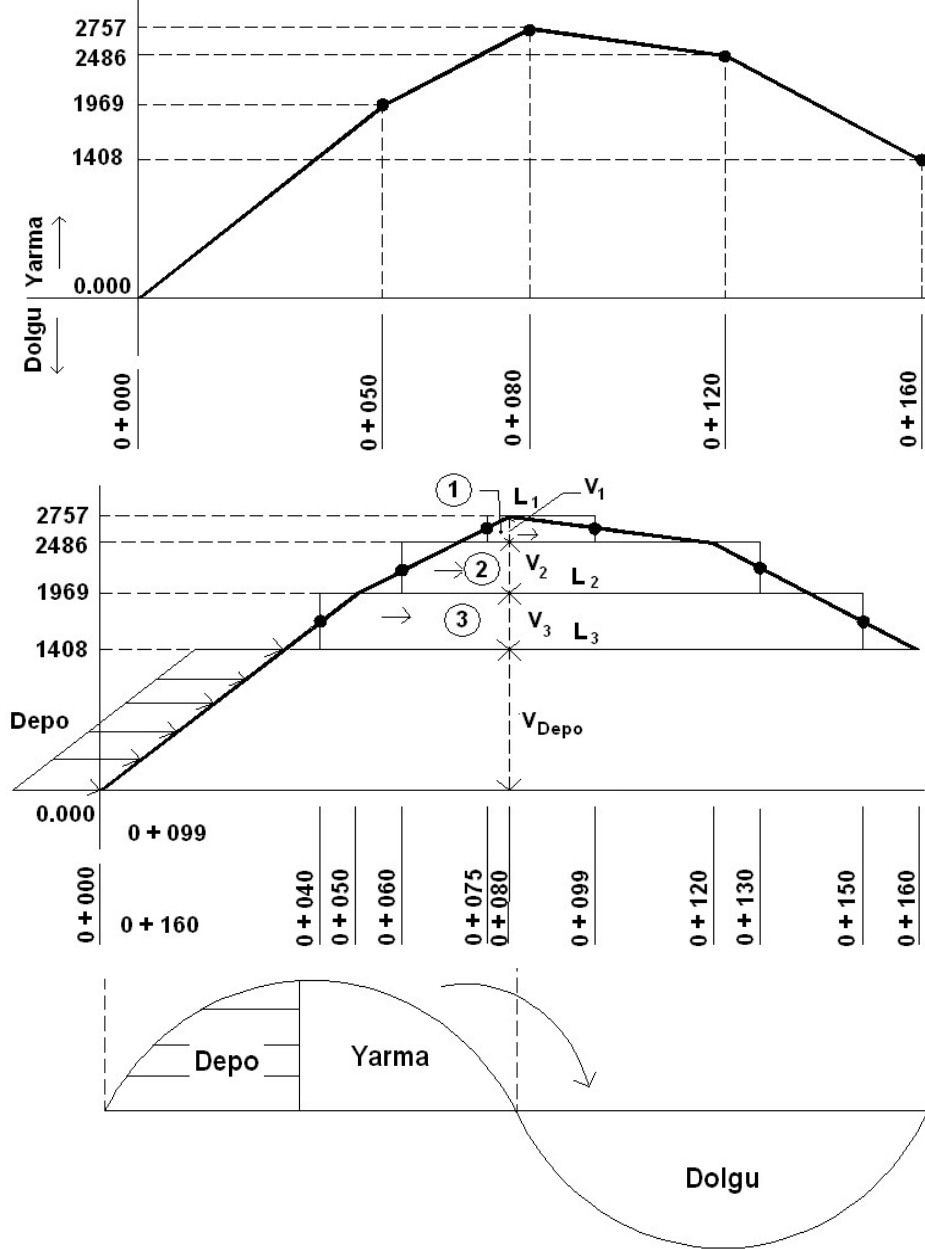
$$0,000 + 1969 = 1969 \text{ m}^3 \quad \text{Yarma fazlası}$$

$$1969 + 788 = 2757 \text{ m}^3 \quad \text{Yarma fazlası}$$

$$2757 + 158 - 429 = 2486 \text{ m}^3 \quad \text{Yarma fazlası}$$

$$2486 - 1078 = 1408 \text{ m}^3 \text{ Yarma fazlası}$$

Kübaj cetvelinden elde edilen değerlere göre brükner epürü aşağıdaki gibi çizilir.



Brükner dengelendirmesi sonuçlarına göre iş makineleri belirlenir;

$V_1 = 2757 - 2486$ $V_1 = 271 \text{ m}^3$ Yarma hacmi 0+075m ile 0+090m arasında $L_1=24\text{m}$ ortalama taşıma mesafesinde **dozer** kullanılarak dolgu hacmine doldurulacaktır.

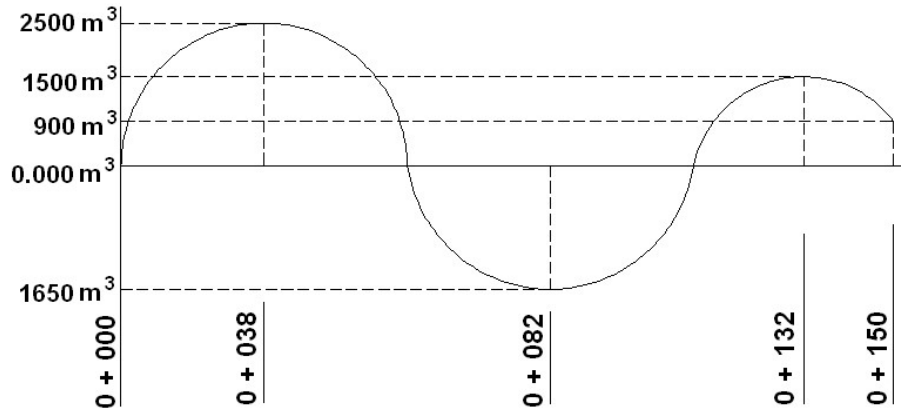
$V_2 = 2486 - 1969$ $V_2 = 517 \text{ m}^3$ Yarma hacmi 0+060m ile 0+130m arasında $L_2=70\text{m}$ ortalama taşıma mesafesinde **dozer** kullanılarak dolgu hacmine doldurulacaktır.

$V_3 = 1969 - 1408 \quad V_3 = 561 \text{ m}^3$ Yarma hacmi 0+040m ile 0+150m arasında $L_3=110\text{m}$ ortalama taşıma mesafesinde **skreyper** kullanılarak dolgu hacmine doldurulacaktır.

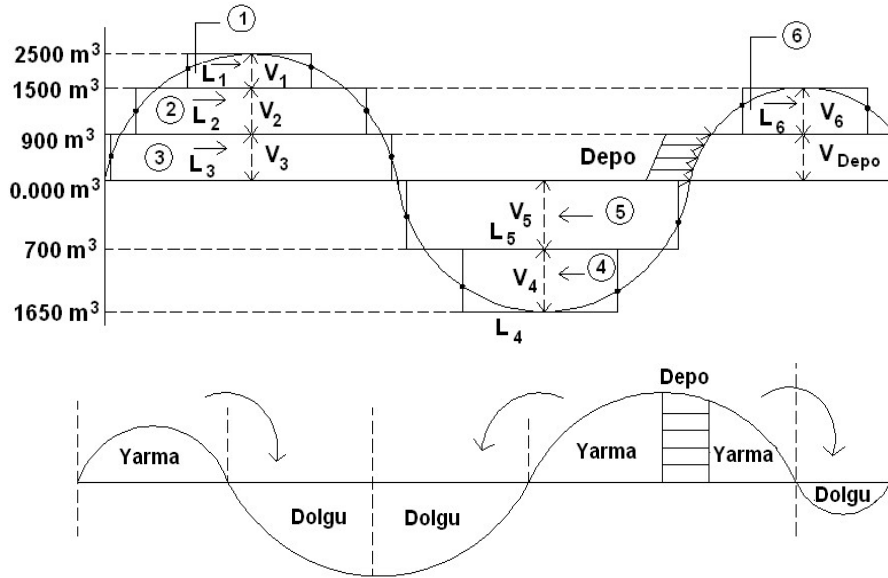
$V_{\text{DEPO}} = 1408 \text{ m}^3$ Yarma fazlası yol güzergahı üzerinde uygun bir yere depolanacaktır.

Örnek 12.2.

Aşağıda, brükner epürü verilen yolun toprak dengelendirmesini yaparak iş makinelerini seçiniz?



Çözüm 12.2.



Brükner dengelendirmesi sonuçlarına göre iş makineleri belirlenir;

$V_1 = 2500 - 1500 \quad V_1 = 1000 \text{ m}^3$ Yarma hacmi 0+024m ile 0+045m arasında $L_1=21\text{m}$ ortalama taşıma mesafesinde **dozer** kullanılarak dolgu hacmine doldurulacaktır.

$V_2 = 1500-900 \quad V_2 = 600 \text{ m}^3$ Yarma hacmi 0+012m ile 0+050m arasında $L_2=38\text{m}$ ortalama taşıma mesafesinde **dozer** kullanılarak dolgu hacmine doldurulacaktır.

$V_3 = 900 \text{ m}^3$ Yarma hacmi 0+005m ile 0+055m arasında $L_3=50\text{m}$ ortalama taşıma mesafesinde **dozer** kullanılarak dolgu hacmine doldurulacaktır.

$V_4 = 1650-700 \text{ m}^3 \quad V_4 = 950 \text{ m}^3$ yarma hacmi 0+070m ile 0+090m arasında $L_4=20\text{m}$ ortalama taşıma mesafesinde **dozer** kullanılarak dolgu hacmine doldurulacaktır.

$V_5 = 700 \text{ m}^3$ Yarma hacmi 0+060m ile 0+100m arasında $L_5=40\text{m}$ ortalama taşıma mesafesinde **dozer** kullanılarak dolgu hacmine doldurulacaktır.

$V_6 = 1500-900 \text{ m}^3 \quad V_6 = 600 \text{ m}^3$ Yarma hacmi 0+120m ile 0+140m arasında $L_6=20\text{m}$ ortalama taşıma mesafesinde **dozer** kullanılarak dolgu hacmine doldurulacaktır.

$V_{\text{DEPO}}=900\text{m}^3$ Yarma fazlası yol güzergahı üzerinde uygun bir yere depolanacaktır.

13. KARAYOLU HİDROLİK SANAT YAPILARI

Bir yol bir akarsu ile kesiştiğinde ya da yüzeysel drenaj nedeniyle bir suyun yol altından karşı tarafa geçirilmesi gerektiğinde hidrolik sanat yapıları yapılır. Karayollarında hidrolik sanat yapısı olarak çoğunlukla büz ve menfezler kullanılır. Büz ve menfezlerin projelendirilmesinde 50 yılda bir gelebilecek taşkın debileri kullanılır. Büz ve menfezler beton ya da betonarme olarak şantiyede veya fabrikada üretilirler. Karayollarında hidrolik sanat yapısı olarak, yerinde kalıp yapıp üretilen daire ya da kutu kesitli menfezler daha çok kullanılır. Menfezlerin projelendirilmesinde aşağıda belirtilen hususlara dikkat edilmelidir.

- Menfezlerin yeri, eğimi ve kotları akarsuyun akışında önemli değişiklikler yapmayacak ve doğal durumu bozmayacak şekilde olmalıdır.
- Menfezlerin memba (giriş), mansap (çıkış) kotları akarsuyun taban kotu ile aynı olmalıdır. Boyuna eğim % 2'den az, % 15'den fazla olmamalıdır.
- Menfezlerin üretiminde 350 dozlu beton kullanılmalıdır. Minimum beton kalınlığı 15 cm olmalıdır.
- Menfezlerin uzunluğunun 15 metreyi geçmesi durumunda her 15 metrede bir dilatasyon (ayırma) derzi koyulmalıdır.

- Menfezlerin boyutlandırılmasında 50 yılda bir gelebilecek taşkın debileri kullanılmalıdır.

50 yılda bir gelebilecek taşkın debisinin değeri bağıntı 13.1 kullanılarak belirlenir.

$$Q_{50} = [(K \times \dot{I}_{50} \times A) / 3.6] \quad 13.1$$

Bağıntıda;

Q₅₀ : 50 yılda bir gelebilecek taşkın debisi (m³/sn).

K : Yağışın, yüzey akışına geçen miktarını % olarak gösteren akım katsayısı.

A : Yağış havzası alanı (km²).

İ₅₀ : 50 yılda bir oluşabilecek yağış şiddeti (mm/saat).

Akım katsayısı değerleri arazinin topografik durumuna göre tablo 13.1’de verilmiştir.

Tablo 13.1 Akım katsayısı değerleri

Arazinin topografik durumu	K (%)
Çok Düz	15 – 35
Düz	35 – 40
Hafif Dalgalı	40 – 50
Dalgalı	50 – 65
Hafif Tepelik	65 – 70
Tepelik	70 – 80
Dağlık	80 – 95

50 yılda bir oluşabilecek yağış şiddeti değerleri ülkemizdeki bazı meteoroloji istasyonlarının verilerine göre tablo 13.2’de verilmiştir.

Tablo 13.2 50 Yılda bir oluşabilecek yağış şiddeti değerleri

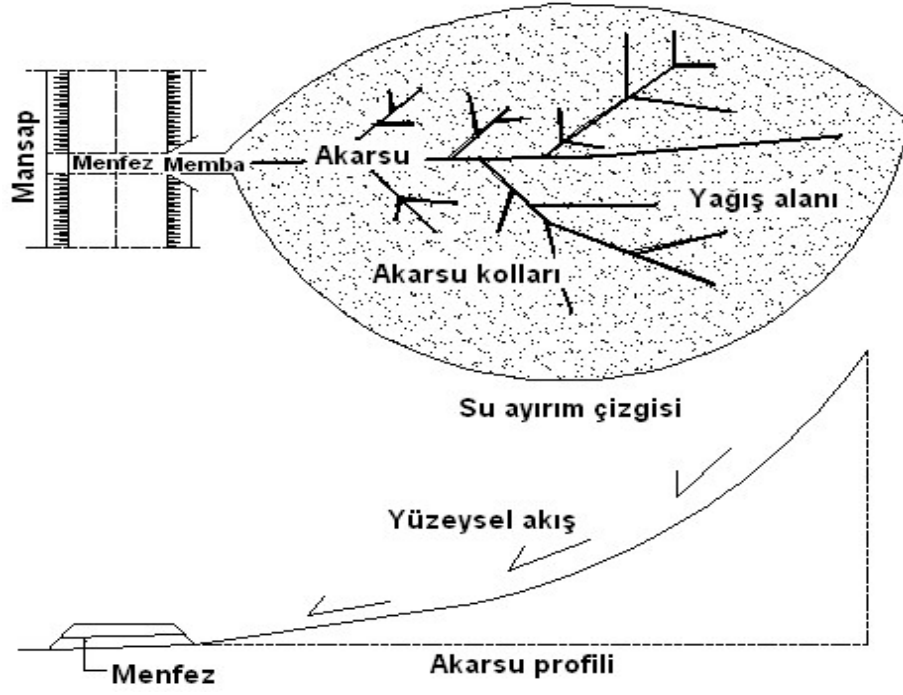
İstasyon	İ ₅₀ (mm/saat)
Adana	52.32
Ankara	25.10
Bolu	29.98
Çanakkale	35.11
Denizli	30.26
Erzurum	30.32

Eskişehir	16.67
Gaziantep	26.48
Hopa	73.56
Isparta	51.98

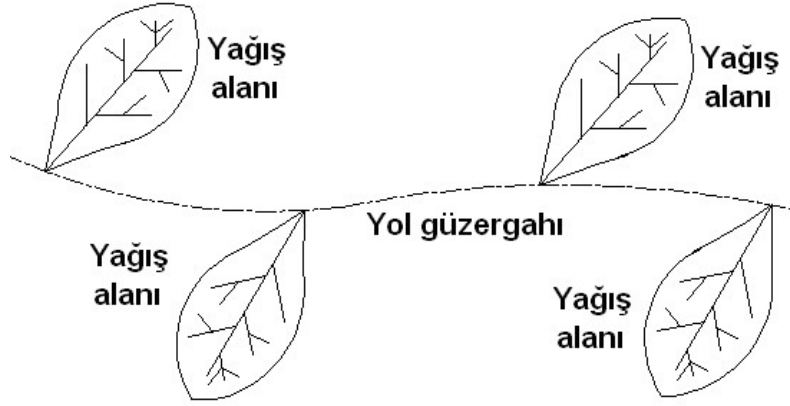
Tablo 13.2 (Devamı) 50 Yılda bir oluşabilecek yağış şiddeti değerleri

İstasyon	i_{50} (mm/saat)
İzmir	46.29
Kars	30.32
Kayseri	23.58
Konya	26.81
Malatya	17.67
Mardin	34.33
Niğde	24.46
Ordu	56.68
Rize	89.32
Samsun	27.41
İstanbul	40.80
Sivas	23.13
Tekirdağ	31.92
Tokat	22.54
Trabzon	45.21
Uşak	34.21
Yozgat	34.46
Zonguldak	68.67

Yağış havzası alanı, yolda yapılacak hidrolik yapıya gelen akarsuyun çevresindeki en yüksek kotları birleştiren kapalı çizginin içinde kalan arazinin km^2 cinsinden alanıdır. Bu alanlar tefsiye eğrili harita üzerinde yol güzergahı etrafında her akarsu için ayrı gösterilir.



Şekil 13.1 Yağış alanı



Şekil 13.2 Yağış alanlarının tespiti

Taşkın debisi belirlendikten sonra menfezin boyutlandırılması yapılır. Kesit boyutlandırmasında aşağıda verilen bağıntılar kullanılır.

$$Q_{50} = (n)^{-1} \cdot (R)^{2/3} \cdot (J)^{1/2} \cdot A \text{ (Manning Denklemi),}$$

$$R = A/U \text{ (Hidrolik yarıçap)}$$

Bağıntılarda;

Q_{50} : 50 yılda bir gelebilecek taşkın debisi (m^3/sn).

n : Menfezin cidar malzemesine bağlı pürüzlülük katsayısıdır. Beton için 0,013 - 0,016 değerlerini alır.

R : Hidrolik yarıçap (m).

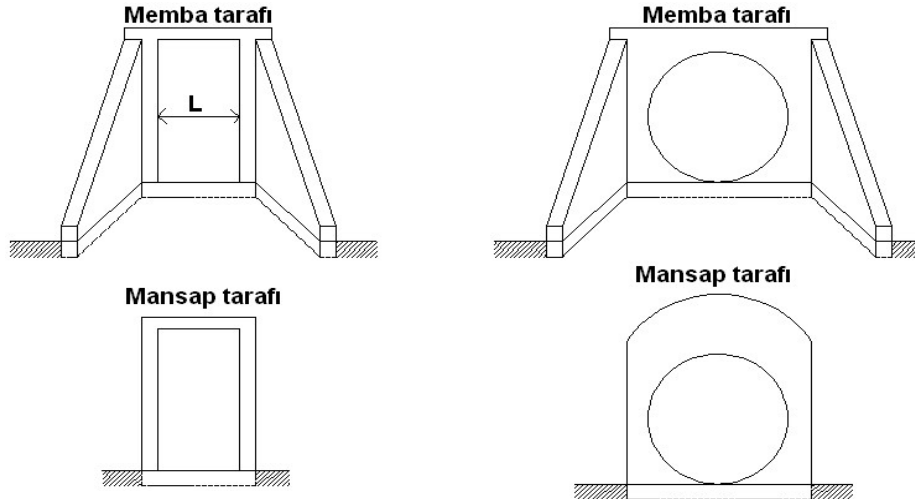
U : Islak çevre yani su ile temas eden yüzeylerin toplam uzunluğu (m).

A : Menfez kesit alanı (m^2).

J : Menfez hattının boyuna taban eğimi (%).

Hesaplamalarda, menfez kesit alanının 50 yılda bir gelebilecek taşkın debisi ile tamamen dolacağı dikkate alınmalıdır. Ayrıca suyun yol yüzeyine taşması engellenmelidir.

Menfezlerin memba (giriş) ve mansap (çıkış) kısımları şekil 13.3'de gösterildiği gibi projelendirilir.



Şekil 13.3 Menfezlerin memba ve mansap kısımları

Kutu (Dörtgen) kesitli menfezlerde serbest açıklık (L) 1-3 metre arasında olmalıdır. Serbest açıklığı 1-1,5 metre arasında olan menfezler en fazla 15 metre yükseklikteki dolgu

altında kullanılabilirler. Serbest açıklığı 2-3 metre arasında olanlar ise en fazla 9 metre yükseklikteki dolgu altında kullanılabilirler

Örnek 13.1.

Trabzon ilinde yapılacak bir yolun 0+2500. km'sinde 5 km² alanındaki bir yağış havzasından gelen sular menfez ile yolun kaşı tarafına geçirilecektir. Yağış havzası dalgali bir arazi yapısına sahiptir. Menfez hattının boyuna eğimi % 5 olacaktır. Ayrıca menfezin üretileceği betonun pürüzlülük katsayısı n: 0,016 değerindedir. Buna göre;

a-)Menfez kesitini, kare kesitli olacak şekilde boyutlandırınız?

b-)Menfez kesitini, taban uzunluğu yüksekliğinin iki katı olan dikdörtgen şeklinde boyutlandırınız?

Çözüm 13.1.

Tablo 13.1'den dalgali arazi için akım katsayısı (K) değeri

K = 0,55 alınır.

Tablo 13.2'den Trabzon için 50 yılda bir oluşabilecek yağış şiddeti (I_{50}) değeri

$I_{50} = 45,21$ mm/saat alınır.

$$Q_{50} = [(K \cdot I_{50} \cdot A)/3,6]$$

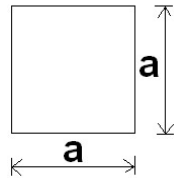
$$Q_{50} = [(0,55 \cdot 45,21 \cdot 5)/3,6]$$

$$Q_{50} = 34,54 \text{ m}^3/\text{sn}$$

$$Q_{50} = (n)^{-1} \cdot (R)^{2/3} \cdot (J)^{1/2} \cdot A$$

$$R = A \cdot (U)^{-1}$$

a-) Kare kesitli menfez;



$$R = A \cdot (U)^{-1} \quad A = a^2 \quad U = 4 \cdot a$$

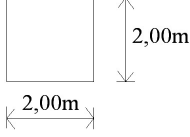
$$R = a^2 \cdot (4 \cdot a)^{-1} \quad R = a / 4$$

$$Q_{50} = (n)^{-1} \cdot (R)^{2/3} \cdot (J)^{1/2} \cdot A$$

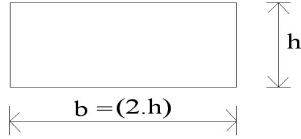
$$34,54 = (0,016)^{-1} \cdot (a/4)^{2/3} \cdot (0,05)^{1/2} \cdot a^2$$

$$a = 2,00\text{m}$$

Kare kesitli menfez



b-) Dikdörtgen kesitli menfez;

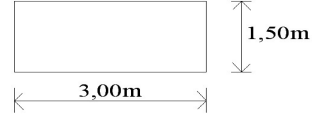


$$R = A.(U)^{-1} \quad A = (2.h^2) \quad U = (6.h) \quad R = (2.h^2).(6.h)^{-1}$$

$$Q_{50} = (n)^{-1} . (R)^{2/3} . (J)^{1/2} . A$$

$$34,54 = (0,016)^{-1} . [(2.h^2).(6.h)^{-1}]^{2/3} . (0,05)^{1/2} . (2.h^2)$$

$$h = 1,50\text{m} \quad b = (2.h) \quad b = (2.1,50) \quad b = 3,00\text{m}$$



Dikdörtgen kesitli menfez

14.YOL ÇİZGİLERİ:

Serit ayırma çizgisi:

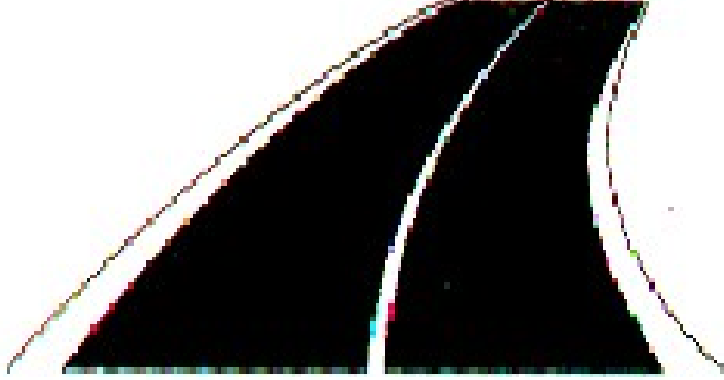
Aynı veya ters yönlü trafik akışı olan şeritleri ayırmada kullanılabilir. Geçişlerde bu çizgi gerektiğinde ihlâl edilebilir.



Şekil 14.1 Şerit Ayırma Çizgisi

Geçilmez çizgisi:

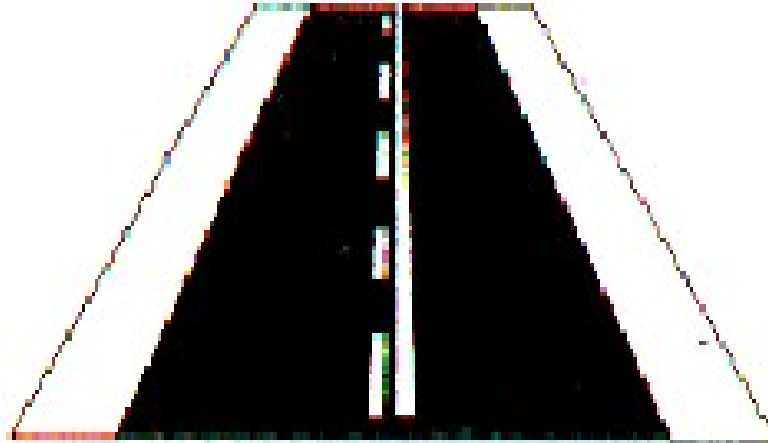
Bu çizginin geçiş amacıyla dahi hiçbir zaman ihlâl edilmemesi gerekir.



Şekil 14.2 Geçilmez Çizgisi

Bir yönde geçiş çizgisi:

Kesik çizgi tarafındaki taşıtlar bu çizgileri geçiş amacıyla ihlâl edebilirler. Ancak sürekli çizgi tarafındaki taşıtlar geçiş amacıyla bu çizgileri ihlâl edemezler.



Şekil 14.3 Bir Yönde Geçiş Çizgisi

Dur çizgisi:

Bu çizgi görüldüğünde mutlaka durulmalıdır.



Şekil 14.4 Dur Çizgisi

Kavşak okları:

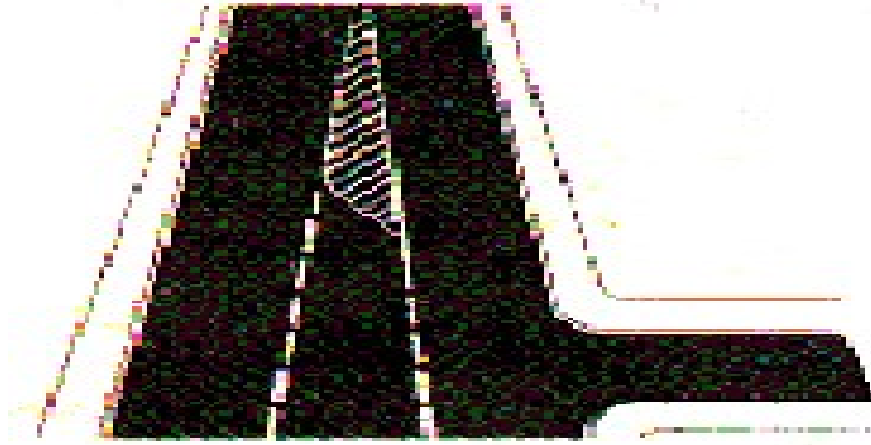
Kavşaklara yaklaşımda hangi şeritlerdeki taşıtların hangi yöne döneceklerini belirtir.



Şekil 14.5 Kavşak Okları

Kısıtlanmış alan:

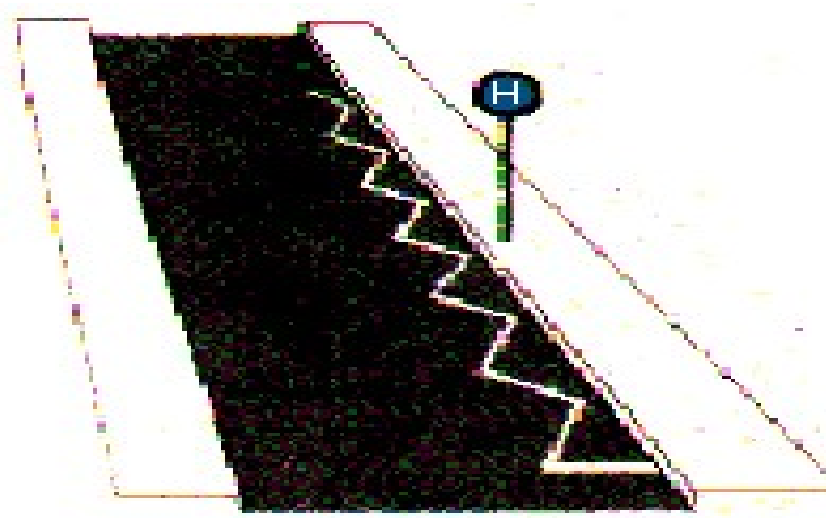
Çapraz çizgilerle taranmış alana girilmemelidir.



Şekil 14.6 Kısıtlanmış Alan

Park yapılmaz hattı:

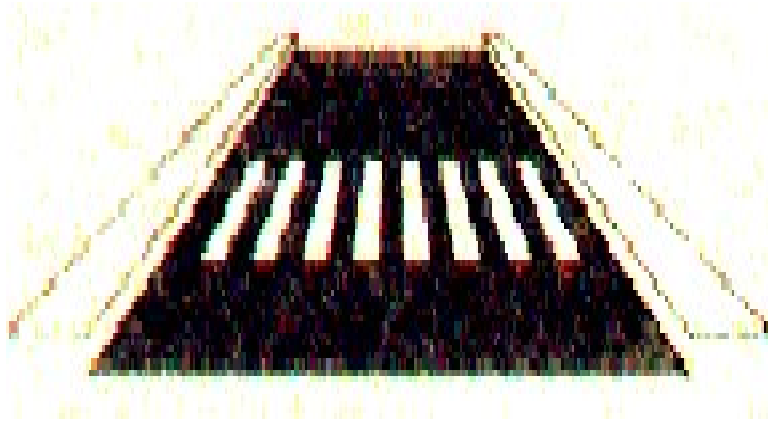
Bu şekilde işaretlenmiş alanlara park yapılmamalıdır.



Şekil 14.7 Park Yapılmaz Hattı

Yaya geçidi:

Yaya geçitlerinde yayaların geçişlerine izin verilmelidir.



Şekil 14.8 Yaya Geçidi

15. İŞ MAKİNELERİ

- **Dozer**

Kaba tefsiye işlerinde, her türlü kazı işlerinde, zeminin bitkisel örtüsünün temizlenmesinde, her çeşit enkazın belirli bir mesafeye sürülmesinde, ağaçların devrilmesinde, değişik zeminlerde yol açımında, kar temizleme işlerinde ve 50°'ye kadar eğimli arazilerde kazı yapımında kullanılan iş makineleridir.

- **Loder**

Çok sert olmayan zeminlerin kazılmasında ve taşıyıcı araçlara yüklenmesinde, kum ve çakıl ocaklarında yükleme işlerinde, önceden kazılmış malzemeyi istif yapma işlerinde kullanılan iş makineleridir.



Şekil 16.1-a Dozer Şekil 16.1-b Loder

- **Ekskavatör**

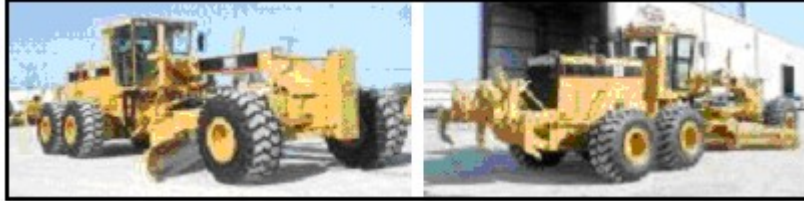
Kazma, kaldırma, uzaklaştırma ve yükleme işlerinde kullanılan iş makineleridir. Genellikle sert zemin kazılarının yapılmasında ve bu kazılardan çıkan malzemenin taşıyıcı araçlara yüklenmesinde kullanılırlar. Paletli ve lastik tekerli olmak üzere iki çeşit ekskavatör vardır.



Şekil 16.3 Ekskavatör

- **Greyder**

Toprak tesfiyesi işlerinde, hendek açma ve düzeltme işlerinde, zemin yüzeyindeki bitkisel tabakanın temizlenmesinde, yol ve alan malzemelerinin serilmesinde ve kar temizleme çalışmalarında kullanılan iş makineleridir.



Şekil 16.4 Greyder

- **Skreyper**

Yumuşak ve gevşetilmiş zeminlerde bir yönde 300m'ye kadar taşıma, sürme, işlerinde kullanılan iş makineleridir. Kendi kendine yükleme ve yüklediği malzemeyi taşıyarak boşaltıp, sürme özelliğine sahiptirler. 90m gibi kısa taşıma mesafelerinde ekonomiktirler.



Şekil 16.5 Skreyper

- **Kamyon**

Kum, çakıl, toprak, mıcır gibi yapı gereçlerinin taşınmasında kullanılan iş makineleridir. Sabit kasalı ve damperli kamyonlar olmak üzere iki çeşittirler. Damperli kamyonlar taşıdıkları malzemeyi kendi kendine boşaltabilirler. Dolayısıyla daha çok tercih edilirler. Kamyonlardan en verimli şekilde faydalanmak için aşağıda belirtilen hususlara dikkat edilmelidir.

- Kasa mümkün olduğu kadar tepeleme yüklenmemelidir.
- Kasa daima temiz tutulmalıdır.
- Yüklenen malzemenin büyük bir kısmı arka bölüme yüklenmelidir.
- Yolun durumuna göre ve işin hacmine uygun kapasite de ve sayıda kamyon seçilmelidir.
- Kamyon damper hacminin yükleyici kepçe hacmine uygunluğu dikkate alınmalıdır. Normal şartlarda damper kapasitesi kepçe hacminin 4 - 5 katı olmalıdır.



Şekil 16.6 Kamyon

- **Silindir**

Doğal zemine serilmiş mıcır, asfalt, gibi zemin üstü kaplamalarının sıkıştırılması ile doğal zeminlerin sıkıştırılmasında kullanılan iş makineleridir. Titreşimli ve titreşimsiz olmak üzere iki çeşidi bulunmaktadır.



Şekil 16.7 Silindir

- **Arazöz**

Yol inşaatında kuru zeminin ıslatılmasında, sıkıştırılacak dolgu zemininin uygun su muhtevasında olmasını sağlamak amacıyla ıslatılmasında kullanılan su tankerleridir. Bazı çeşitleri; yola zift serpilmesinde de kullanılmaktadır.



Şekil 16.8 Arazöz

- **Finişer**

Yola asfalt serilmesi işleminde kullanılan iş makineleridir. Kendinden motorlu ve asfalt yüklü kamyon arkasına bağlanıp çekilen çeşitleri vardır.

