



**Teknik Not  
(Technical Note)**

## **Excel Vba İle Ankrajlı Ve Ankrajsız İksa Yapısı Tasarımı**

**Devrim ALKAYA\* , Burak YEŞİL\*\***

\*Pamukkale Üniversitesi, Müh. Fak. İnşaat Müh. Bölümü, Denizli / TÜRKİYE

\*\*Pamukkale Üniversitesi, Müh. Fak. Fen Bilimleri Enst. Yüksek Lis. , Denizli / TÜRKİYE

[devrimalkaya@hotmail.com](mailto:devrimalkaya@hotmail.com), [burakyesil06@hotmail.com](mailto:burakyesil06@hotmail.com)

### **Özet**

Kazı alanlarında, kazı çevresindeki yollarda ve diğer mevcut yapıların olası hasarını inşaat süresince önlemek, derin kazı gerektiren yapılar için dikey kazı sistemlerini destekleyen kazı oluşturmak gerekir. Bu çalışmada, derin kazılar destek sistemleri ve fore kazık ve bir ankrajlı destek sistemi incelenmiştir. İksa sistemlerini çözen bir excel programı hazırlanmış ve program ile iksa sistemleri ankrajsız, ankrajlı ve çok sıra ankrajlı olarak çözülmüştür. Çözüm sonrası maliyet karşılaştırmaları yapılmış ve derin kazılarda çok sıra ankrajlı sistemlerin daha ekonomik olduğu görülmüştür. Derin kazılarda kullanılan iksa sistemlerini hem güvenlik sınırları içinde hem de en düşük maliyette hesaplamayı amaçlayan bir bilgisayar oluşturulmuştur.

**Anahtar kelimeler:** İksa, İksa tasarımı, Excelde iksa hesabı

## **Structure of Excel with VBA Design of Anchored Retaining And without Anchored Retaining**

### **Abstract**

It is required to build excavation supporting systems in excavation areas to prevent probable damage in roads and other existing structures around the excavation and to enable vertical excavation along the construction of structures requiring deep excavations. In this study, supporting systems of deep excavations are investigated and fore piles and an anchored support system. An Excel program is organized to solve retaining systems, and anchored, without anchored and multi-row anchored retaining systems are solved with program .After solution, costs are compared, and it is observed that multi-row anchored retaining systems in deep excavations are more affordable . It is aimed to solve retaining systems which are used in deep excavations, both in safety limits and the lowest costs, a computer program is made up.

**Key words:** Retaining, Retaining design, Retaining evaluation in Excel

## **1. GİRİŞ**

Derin kazılar günümüz şehirciliğinde mühendislik açısından önemli bir yer tutmaktadır. Yüksek katlı yapıların yerleşimini sağlayabilmek, metro, tünel gibi yapıları hayata geçirebilmek için inşaat mühendisleri derin kazılar sırasında zemini denge halinde tutmak zorundadırlar. Derin kazılarda kullanılan tek sıra ankrajlı iksa sistemleri ile fore kazık iksa sistemlerini karşılaştırabilmek amacıyla geliştirilen EXCEL bilgisayar programı hazırlanmıştır.. Bu program aracılığıyla her iki yöntemle oluşturulan iksa sistemin maliyet ve tasarım kıyaslaması yapılmıştır. Kazı derinliğinin nispeten az olduğu

*Bu makaleye atf yapmak için*

Alkaya D., Yeşil B., "Excel Vba İle Ankrajlı Ve Ankrajsız İksa Yapısı Tasarımı" Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi 2010, 6(1) 71-82

*How to cite this article*

Alkaya D., Yeşil B., "Structure of Excel with VBA Design of Anchored Retaining And without Anchored Retaining" Electronic Journal of Construction Technologies, 2010, 6(1) 71-82

durumlarda kazıklı sistemler ekonomik iken belli bir kazı derinliğinden sonra ankrajlı iksa sistemleri ekonomik hale gelmektedir. Böylece bu program sayesinde, bir problemi her iki iksa sistemi ile çözüp, güncel maliyet bilgileri yardımıyla değerlendirip en uygun çözümleri bulmak mümkün olabilmektedir.

## 2. TOPRAK BASINCI DAĞILIMLARI

İksa sistemleri toprak kütlelerinin yanal yönde hareketini sınırlayarak onları tutmaya yarayan mühendislik yapılarıdır. Destekleme sisteminin elemanları, sisteme etkiyen toprak basınçlarına göre boyutlandırılır. Destekleme sistemine gelen toprak basınçları, önemli oranda sistemin deformasyonlarına bağlıdır. Başka bir deyişle bir destekleme sistemine gelen toplam yükü veya toprak basıncı dağılımını doğru olarak belirlemek için, oluşacak deformasyonları doğru olarak belirlemek gerekir.

Zemin dayanma yapıları toprak kütlelerinin yanal hareketini önlerken, zemin ile yapının değme yüzeyinde oluşan basınca “yanal toprak basıncı” denir. Dağılımı, şiddeti, büyüklüğü ve bileşke tatbik noktası yalnızca duvar arkasındaki toprağın özelliklerine bağlı olmayıp aynı zamanda yapı ile toprağın birbirlerine göre relatif hareketine de bağlı olan bu basınç için aşağıdaki sınır değerler tarif edilir;

1. Yapıya doğru harekete geçen zemin kütlelerinin, yapıya dayandığı anda sistemin, kazı içine hareket etmesi sonucu meydana gelen “aktif toprak basıncı”
2. Sistemin arkasındaki zeminin sıkıştırılacak biçimde arkaya doğru hareket etmesi sonucu zeminin, destekleme sistemine etkittiği ve sistemin yeter derecede zemine doğru yer değiştirmesinden meydana gelen “pasif toprak basıncı”
3. Duvar zemine ya da zeminin duvara göre hiç hareket etmediği durumda oluşan “sükunetteki toprak basıncı”

## 3. RANKINE TEORISINE GÖRE AKTİF VE PASİF TOPRAK BASINÇLARI

Rankine, minimum aktif ve maksimum pasif zemin basınçlarını hesaplamada en basit yöntemi geliştirmiştir. Rankine bir istinat yapısının arkasındaki zeminin gerilme şartları ve dayanım zarfları hakkında varsayımlarda bulunarak, yanal zemin basıncı problemini tanımlanır hale getirmiş ve istinat yapısı üzerine etkiyen statik basınçları doğrudan hesaplamıştır.

Rankine minimum aktif şartlarda istinat duvarının arkasındaki bir noktadaki basıncı,

$$p_A = K_A \sigma_V - 2c\sqrt{K_A}$$

şeklinde ifade edilmiştir. Burada :K<sub>A</sub> minimum aktif zemin basınç katsayısı, σ<sub>V</sub>: ilgi konusu noktadaki düşey efektif gerilme ve c : zemin kohezyonudur. Asal gerilme düzlemleri düşey ve yatay olduğu zaman minimum aktif zemin basınç katsayısı aşağıdaki bağıntı ile ifade edilir:

$$K_A = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} = \tan^2 \left( 45 - \frac{\phi}{2} \right)$$

Yatay ile β açısı yapan kohezyonsuz arka dolgu durumunda K<sub>A</sub>'yı hesaplamada β ≤ φ için sonsuz şev çözümleri kullanılabilir:

$$K_A = \cos \beta \frac{\cos \beta - \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}}{\cos \beta + \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}}$$

Aktif zemin basınç bileşkesinin etki ettiği nokta, yüksekliği  $H$  olan duvarın tabanından  $H/3$  kadar yukarıdadır ve büyüklüğü de aşağıdaki bağıntıda verildiği gibidir:

$$P_A = \frac{1}{2} K_A \gamma H^2$$

Maksimum pasif şartlarda Rankine teorisi duvar basınçlarını aşağıdaki şekilde ifade eder:

$$P_P = K_P \sigma_V + 2c\sqrt{K_P}$$

Burada,  $K_P$ : maksimum pasif zemin basınç katsayısıdır. Yatay arka dolguları tutan düz yüzeyli düşey duvarlarda,

$$K_P = \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} = \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right)$$

#### 4. EXCEL PROGRAMI (ANKRAJSIZ SİSTEMLER MODÜLÜ)

Programı hazırlanırken Excel VBasic Dili kullanılmıştır (Şekil 2). Programın zeminin kohezyonsuz ve yer altı suyunun olmadığı durumlar için tasarlanmıştır. Kullanılan birimler programda verilmiştir. Programın kullanılması için makro güvenlik ayarlarının en düşük seviyeye getirilmesi gerekmektedir.

Problemin çözümü için zemin özelliklerinin ayrıca imalatta kullanılacak malzeme özellik ve boyutlarına dair bilgilerin girilmesi gerekmektedir. Kullanıcı tarafından girilecek olan bu bilgiler programda sarı renkte görülmektedir.

Kullanıcının gireceği bu bilgiler şöyle sıralanabilir :

- Zeminin birim hacim ağırlığı
- Zeminin içsel sürtünme açısı
- Sürüş etkisi
- Kazı derinliği
- Kazık çapı
- Beton sınıfı
- Donatı çapı ve tipi

Bu bilgilerin girilmesi ile birlikte program aşağıdaki hesaplamaları yapılabilmektedir;

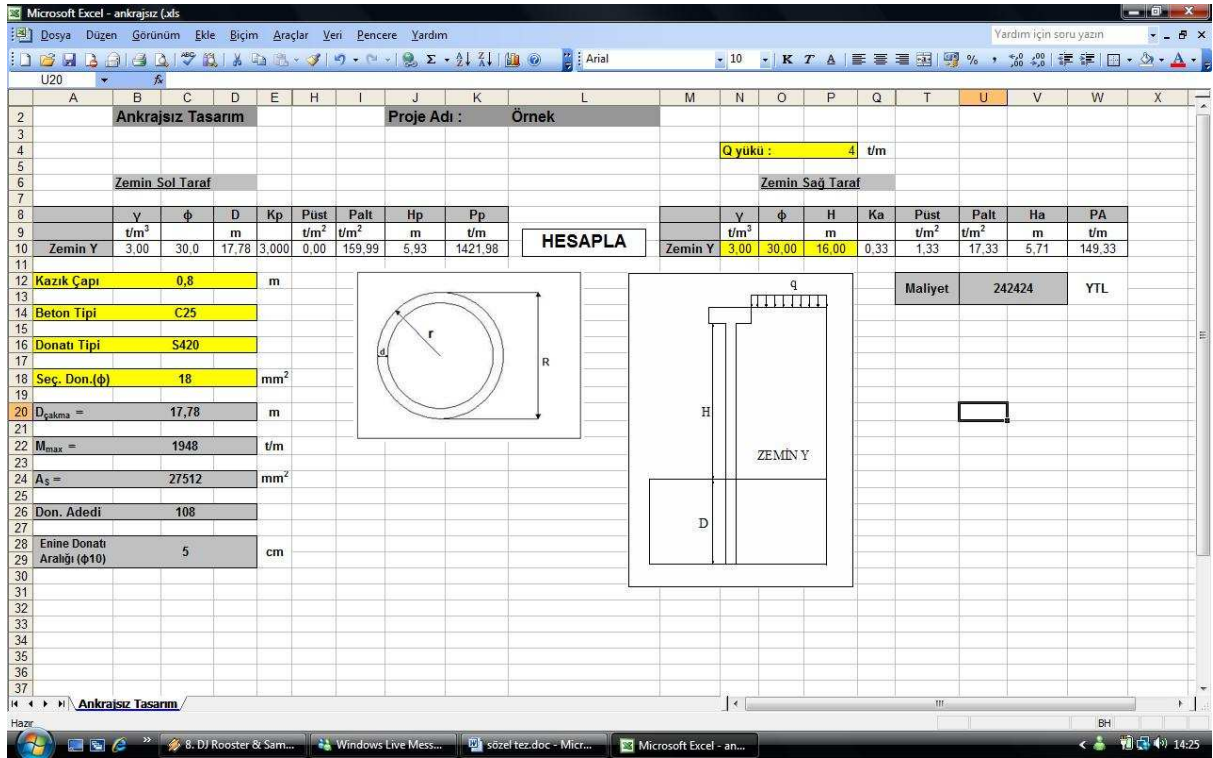
Ankrajlı bir iksa sisteminde mevcut zemine ve dış yüklere bağlı olarak oluşan aktif, pasif ve sükunetteki toprak basıncı dağılımları (Şekil 1)

Kazık çakma derinliği

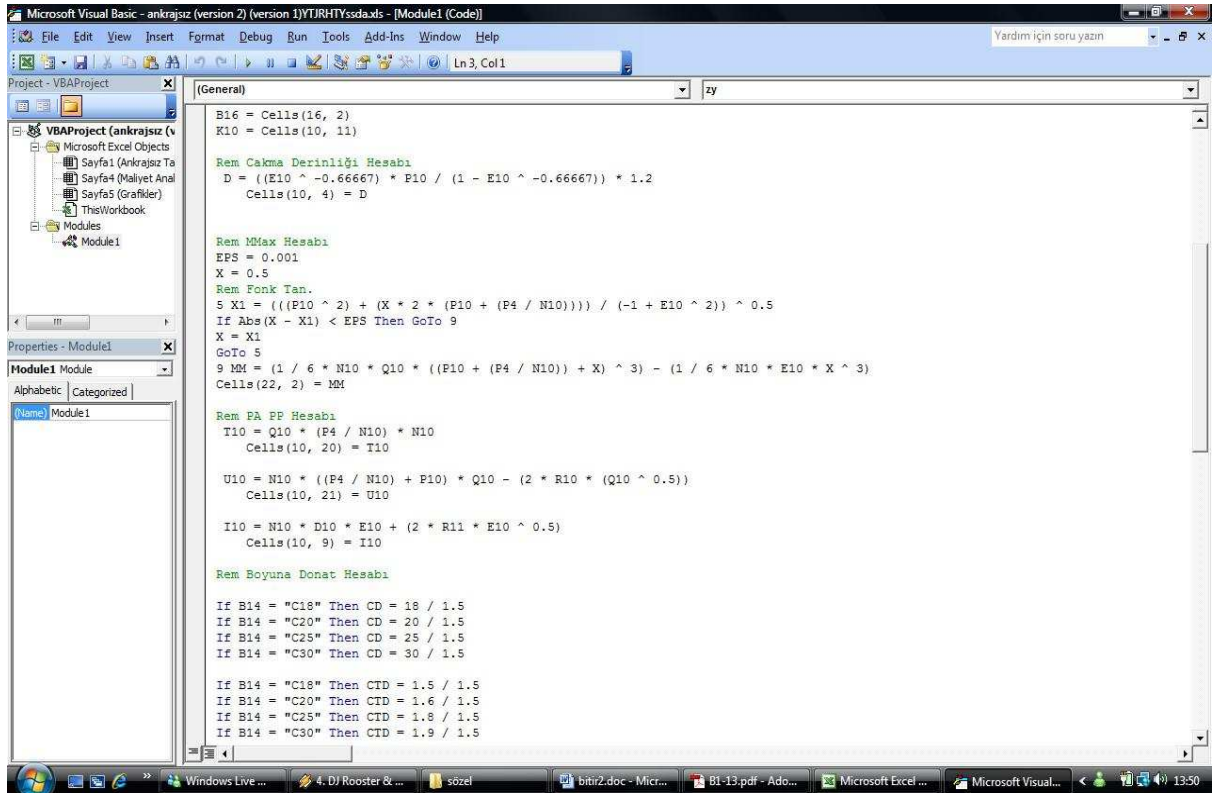
Ankrajlı bir iksa sisteminde kesitte oluşan kesme kuvvetleri, max. moment değeri (Şekil 1)

Bu değerlere göre donatı alanı, boyuna donatı adetleri ve enine donatı aralığı

Tasarım işlemlerine bağlı olarak ortaya çıkan projenin Bayındırlık Bakanlığı 2007 birim fiyatlarına göre maliyet(YTL) bilgileri hesaplanabilmektedir.



Şekil 1. Excel program (ankrajsız sistem modülü)



Şekil 2. Excel vbasic makro kodu (ankrajsız sistem modülü)

#### 4.1 Tek Sıra Ankrajlı Sistemler Modülü

Mühendislik hesaplamaları oldukça uzun ve zahmetli matematiksel işlemlere dayanmaktadır. Bu işlemleri çok kısa zamanda yapılabilmesi için bu bilgisayar programı geliştirildi. Programı hazırlanırken Excel VBasic Dili kullanılmıştır(Şekil 4). Programımız zeminin kohezyonsuz ve yer altı suyunun

olmadığı durumlar için tasarlanmıştır. Kullanılan birimler programda verilmiştir. Programın kullanılması için makro güvenlik ayarlarının en düşük seviyeye getirilmesi gerekmektedir.

Problemin çözümü için zemin özelliklerinin ayrıca imalatta kullanılacak malzeme özellik ve boyutlarına dair bilgilerin girilmesi gerekmektedir. Kullanıcı tarafından girilecek olan bu bilgiler programda sarı renkte görülmektedir.

Kullanıcının gireceği bu bilgiler şöyle sıralanabilir :

- Zeminin birim hacim ağırlığı
- Zeminin içsel sürtünme açısı
- Sürüş etkisi
- Kazı derinliği
- Kazık çapı
- Beton sınıfı
- Donatı çapı ve tipi
- Ankraj tipi ve çakma açısı
- Ankraj yatay aralığı
- Zemin üst kotunun ankaraja olan uzaklığı

Bu bilgilerin girilmesi ile birlikte program aşağıdaki hesaplamaları yapılabilmektedir.;

Ankrajlı bir iksa sisteminde mevcut zemine ve dış yüklere bağlı olarak oluşan aktif, pasif ve sükunetteki toprak basıncı dağılımları (Şekil 3)

Kazık çakma derinliği

Ankrajlı bir iksa sisteminde kesitte oluşan kesme kuvvetleri, max. moment değeri (Şekil 3)

Bu değerlere göre donatı alanı, boyuna donatı adetleri ve enine donatı aralığı

Ankraj boyu

Kuşak kirişindeki toprak ve kazı tarafındaki boyuna donatı sayısı ve kuşak kirişi enine donatı aralığı

Tasarım işlemlerine bağlı olarak ortaya çıkan projenin Bayındırlık Bakanlığı 2007 birim fiyatlarına göre maliyet(YTL) bilgileri hesaplanabilmektedir

Zemin Sol Taraf										Zemin Sağ Taraf									
Y	$\phi$	D	Kp	Püst	Palt	Hp	Pp	Y	$\phi$	H	Ka	a	Püst	Palt	Ha	PA			
$\text{t/m}^2$		m		$\text{t/m}^2$	$\text{t/m}^2$	m	$\text{t/m}$	$\text{t/m}^2$		m		m	$\text{t/m}^2$	$\text{t/m}^2$	m	$\text{t/m}$			
Zemin Y	1.80	30.0	7.93	3.00	0.00	42.82	2.64	169.74	Zemin Y	1.80	30.00	20.00	0.33	1.00	1.33	13.33	7.27	146.67	

Kuşak Kirişi	
Toprak	Kazı
As	934,8 701,1
Seç.Boy. Don.( $\phi$ 16)	7 5
Etriye Aralığı ( $\phi$ 10)	15

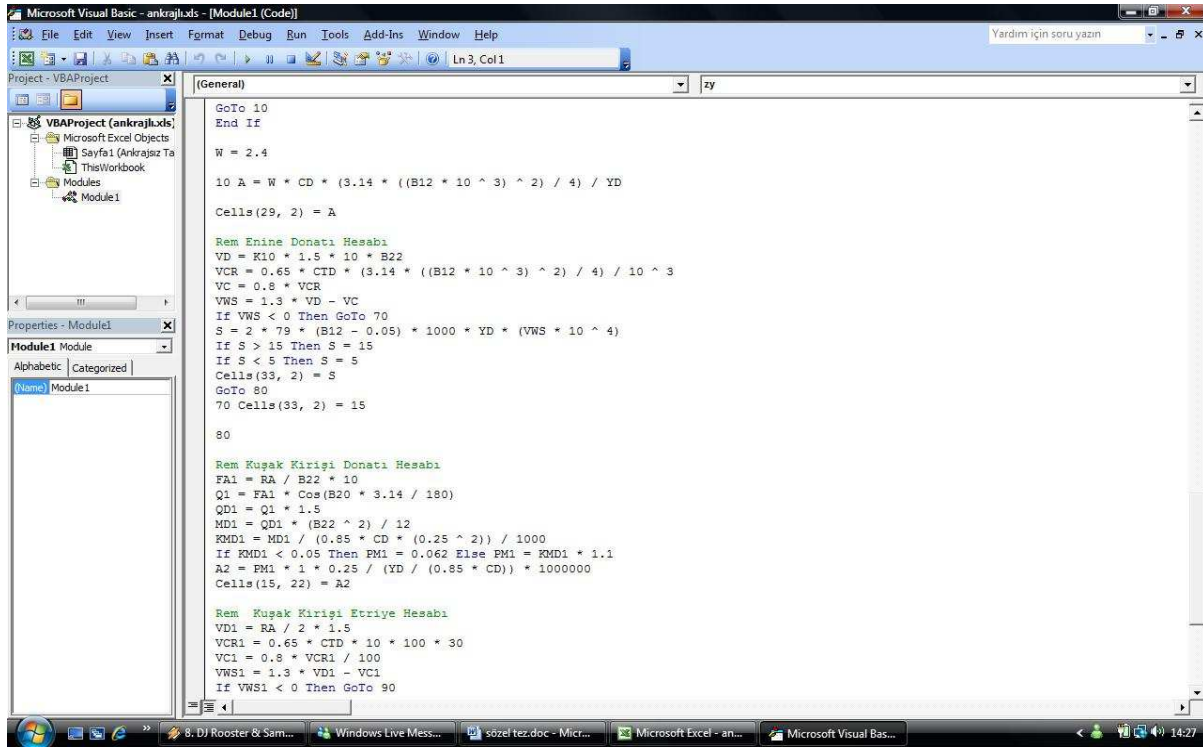
  

Ankraj Özellikleri	
Ankraj Tipi	B
Ankraj Boyu	8,00

Maliyet	YTL

Şekil 3. Excel program (tek sıra ankrajlı sistem modülü)



Şekil 4. Excel vbasic makro kodu (tek sıra ankrajlı sistem modülü)

#### 4.2 Çok Sıra Ankrajlı Sistemler Modülü

Mühendislik hesaplamaları oldukça uzun ve zahmetli matematiksel işlemlere dayanmaktadır. Bu işlemleri çok kısa zamanda yapılabilmesi için bu bilgisayar programı geliştirildi. Programı hazırlanırken Excel VBasic Dili kullanılmıştır (Şekil 6) Programımız zeminin kohezyonsuz ve yer altı suyunun olmadığı durumlar için tasarlanmıştır. Kullanılan birimler programda verilmiştir. Programın kullanılması için makro güvenlik ayarlarının en düşük seviyeye getirilmesi gerekmektedir.

Problemin çözümü için zemin özelliklerinin ayrıca imalatta kullanılacak malzeme özellik ve boyutlarına dair bilgilerin girilmesi gerekmektedir. Kullanıcı tarafından girilecek olan bu bilgiler programda sarı renkte görülmektedir.

Kullanıcının gireceği bu bilgiler şöyle sıralanabilir :

- Zeminin birim hacim ağırlığı
- Zeminin içsel sürtünme açısı
- Sürşarj etkisi
- Kazı derinliği
- Kazık çakma derinliği
- Kazık çapı
- Beton sınıfı
- Donatı çapı ve tipi
- Ankraj tipi ve çakma açısı
- Ankraj yatay aralığı
- Zemin üst kotunun ankaraja olan uzaklığı
- Ankraj boyu

Bu bilgilerin girilmesi ile birlikte program aşağıdaki hesaplamaları yapılabilmektedir.;

Ankrajlı bir iksa sisteminde mevcut zemine ve dış yüklere bağlı olarak oluşan aktif, pasif ve sükunetteki toprak basıncı dağılımları (Şekil 5)

Ankrajlı bir iksa sisteminde kesitte oluşan kesme kuvvetleri,(Şekil 5)

Bu değerlere göre donatı alanı, boyuna donatı adetleri ve enine donatı aralığı  
Kuşak kirişindeki toprak ve kazı tarafından boyuna donatı sayısı ve kuşak kirişi enine donatı aralığı

Ankraj boyu ve ankraj dikey aralığı

Tasarım işlemlerine bağlı olarak ortaya çıkan projenin Bayındırlık Bakanlığı 2007 birim fiyatlarına göre maliyet(YTL) bilgileri, hesaplanabilmektedir.

The screenshot shows a Microsoft Excel spreadsheet titled "sıra ankrajlı.xls". The spreadsheet is divided into several sections:

- Input Parameters:** Project name "Örnek", soil type "Zemin Y", and various material and geometric properties like concrete strength (C20), reinforcement type (S420), and dimensions (width 2.00m, height 1.80m, etc.).
- Calculation Results:** A "HESAPLA" button triggers calculations. Results include reinforcement area (A), number of longitudinal bars (N), and other design parameters.
- Diagrams:** Two diagrams are shown: a side view of the anchor system with labels H, a, and α, and a cross-section view with labels L1 and L2.
- Summary Tables:** Tables for "Kuşak Kirişi" (Cross-section) and "Ankraj Özellikleri" (Anchor Characteristics) showing values for concrete, soil, and reinforcement.
- Cost Calculation:** A "Maliyet" table showing a total cost of 5702 YTL.

Şekil 5. Excel program (çok sıraankrajlı sistem modülü)

The screenshot shows the VBA code for the "ankrajlı.xls" project. The code is written in Visual Basic and includes the following sections:

- Initialization:** Sets variables like W = 2.4 and calculates A based on input parameters.
- Enine Donatı Hesabı (Cross-section Reinforcement Calculation):** Calculates VD, VCR, VWS, S, and other parameters for the cross-section.
- Kuşak Kirişi Donatı Hesabı (Cross-section Reinforcement Calculation):** Calculates FA1, Q1, QD1, MD1, FM1, and other parameters for the cross-section.
- Kuşak Kirişi Etriye Hesabı (Cross-section Reinforcement Calculation):** Calculates VD1, VCR1, VWS1, and other parameters for the cross-section.

Şekil 6. Excel vbasic makro kodları (çok sıra ankrajlı sistem modülü)

## 5. ÖRNEKLERLE MALİYET ANALİZİ

Programı kullanılarak tanımlanan zemin önce fore kazık ankastre daha sonra tek sıra ve çok sıra ankrajlı sistemler şeklinde çözülmüştür. Tablo 4’te kohezyonsuz zeminin fore kazıklı iksa sistemi ile, Tablo 4’te kohezyonsuz zeminin tek sıra ve çok sıra ankrajlı iksa sistemi ile farklı kazı derinliklerindeki çözüm özetleri görülmektedir. Şekil 35’ de ise bu sonuçların grafiksel gösterimi mevcuttur.

Yapılan maliyet karşılaştırması için sadece kazı derinliği değiştirilip diğer girilen tüm değerler sabit tutulmuştur.

### Tek sıra ankrajlı tasarım için sabit girilen değerler;

- \_ Zeminin birim hacim ağırlığı ( $\gamma$ ) = 1,8 t/m<sup>3</sup>
- \_ Zeminin içsel sürtünme açısı ( $\Phi$ ) = 30
- \_ Zemin üst kotu ile ankrajın yapıldığı yerin düşey mesafesi a = 1m.
- \_ Sürşarj yükü = 0 t/m
- \_ Ankraj tipi = B
- \_ Kazık çapı = 0,8 m
- \_ Beton sınıfı = C20
- \_ Donatı tipi = S420
- \_ Donatı çapı = 20mm
- \_ Ankraj açısı = 15
- \_ Ankraj yatay aralığı= 5m.

### Ankrajsız tasarım için sabit girilen değerler;

- \_ Zeminin birim hacim ağırlığı ( $\gamma$ ) = 1,8 t/m<sup>3</sup>
- \_ Zeminin içsel sürtünme açısı ( $\Phi$ ) = 30
- \_ Sürşarj yükü = 0 t/m
- \_ Kazık çapı = 0,8m
- \_ Beton sınıfı = C20
- \_ Donatı tipi = S420
- \_ Donatı çapı = 20mm

### 12 m Ankrajsız tasarım için program ile bulunan degerler;

- D<sub>çakma</sub> = 13,33 m
- M<sub>max</sub> = 389 ton.m
- A<sub>s</sub> = 7337 mm<sup>2</sup>
- Don. Adedi 23 adet
- Enine Donatı Aralığı ( $\square$ 10) = 5 cm
- Maliyet = 4994 YTL
- 20 m için Maliyet = 99880 YTL

### 12 m Tek Sıra Ankrajlı tasarım için program ile bulduğumuz degerler;

- D<sub>çakma</sub> = 5 m
- M<sub>max</sub> = 117 ton.m
- A<sub>S</sub> = 14673 mm<sup>2</sup>
- Don. Adedi = 47 adet
- Enine Donatı Aralığı ( $\Phi$ 10) = 15 cm
- Kuşak Kirişi
- Toprak=>A<sub>s</sub>=1725,4 mm<sup>2</sup> Boy. Don.(  $\Phi$ 16)=13 ad.
- Kazı =>A<sub>s</sub>=1294,1 mm<sup>2</sup> Boy. Don.(  $\Phi$ 16)=10 ad.
- Etriye Aralığı ( $\Phi$ 10) = 15 cm



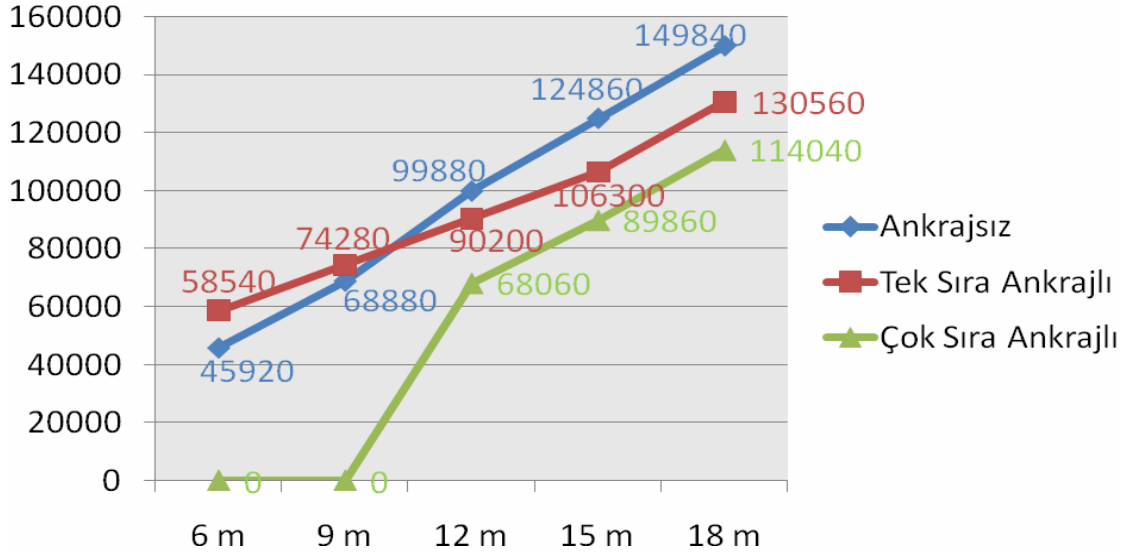
Ankraj Boyu = 2,95 m

Maliyet = 4510 YTL

20 m için Maliyet = 90200 YTL

**Tablo 1.** Maliyet Sonuçları (2007 yılı)

Sistem	Derinlik	6 m	9 m	12 m	15 m	18 m
Ankrajlı		58540	74280	90200	106300	130560
Ankrajlı		45920	68880	99880	124860	149840
Sıralı Ankrajlı		-	-	68060	89860	114040



Şekil 7. Örnek Maliyet Sonuçlarının Grafikselsel Gösterimi

## 6. FORE KAZIK BETONARME HESABI ÖRNEĞİ

Malzeme :

BETON; C20 ÇELİK : S420a

*Düsey Donatı Hesabı:*

d' (Pas payı): 7.5 cm

a (Kazık Aralığı) : 100 cm

D (Çap)= 65.0 cm

d (faydalı yükseklik)= 57.5 cm

$M_{max} = 127.5$  kNm/m

$M_d = 127.5 * 1.0 * 1.5 = 191.3$  kNm

$m_d = M_d / (0.85 * f_{cd} * A_c * D) = 191.3 / (0.85 * 13300 * 3.14 / 4 * 0.65^3) = 0.079 \Rightarrow p_m = 0.2$

$A_s = p_m * A_c / (f_{yd} / (0.85 f_{cd})) = 0.2 * 3.14 * 0.65^2 / 4 / 32.2 = 0.00206$  m<sup>2</sup> = 20.6 cm<sup>2</sup>

**Boy Donatı:** 16Φ 16 (32.1 cm<sup>2</sup> > 20.6 cm<sup>2</sup>)

*Fret Hesabı:*

$$V_{maks} = 187.5 \text{ kN/m}$$

$$a = 1.00 \text{ m (Kazık Yatay Aralığı)}$$

$$V_d = V_{mgks} * a * 1.5$$

$$V_d = 187.5 * 1.0 * 1.5 = 281.3 \text{ kN}$$

Beton kesitinin kesme kuvvetlerine direnci ;

$$V_{cr} = 0.65 * f_{ctd} * A_c = 0.65 * 10 * 3.14 * 65^2 / 4 = 21558 \text{ kg} = 211.5 \text{ kN}$$

$$V_c = 0.80 V_{cr} = 0.80 * 211.5 = 169.2 \text{ kN}$$

Seçilen Fret;  $\Phi$  10/15

$$V_{ws} = A_{sw} * d * f_{ywd} / s \quad V_{ws} = 2 * 0.79 * 57.5 * 3650 / 15 \quad V_{ws} = 22107 \text{ kg} = 216.9 \text{ kN}$$

$$V_d' = V_{ws} + V_c = 169.2 + 216.9 = 386.1 \text{ kN} > V_d = 281.3 \text{ kN}$$

### Kuşak Kirişi Betonarme Hesabı(Toprak Tarafı)

Malzeme:

BETON : C20 ÇELİK : S420a

Ebatlar: 30x100 cm

d' (Pas payı) : 5.0 cm

h (kalınlık) = 30cm

d (faydalı yükseklik) = 25 cin

a (Ankraj Yatay Aralığı) = 1.50 m:

*Boyuna Donatı Hesabı:*

Max. Ankraj yükü ( $F_a$ ):  $45.99 / 1.5 = 30.7 \text{ t/m} = 301 \text{ kN/m}$

Ankraj Açısı ( $\alpha$ ) =  $15^\circ$

$$q = F_a * \cos \alpha = 301 * 0.965 = 290 \text{ kN/m}$$

$$q_d = q * 1.5 = 290 * 1.5 = 435 \text{ kN/m}$$

$$M_d = q * l^2 / 12 = 435 * 1.50^2 / 12 = 82 \text{ kNm}$$

$$m_d = M_d / (0.85 * f_{cd} * b * d^2) = 82 / (0.85 * 13300 * 1 * 0.25^2) = 0.116 \Rightarrow p_m = 0.124$$

$$A_s = p_m * b * d / (f_{yd} / (0.85 f_{cd})) = 0.124 * 1.0 * 0.25 / 32.2 = 0.000962 \text{ m}^2 = 9.6 \text{ cm}^2$$

**Boy Donatı: 7 $\Phi$ 16 < 14.07 cm<sup>2</sup> > 9.6 cm<sup>2</sup>)**

### Kuşak Kirişi Betonarme Hesabı (Kazı Tarafı)

MALZEME:

BETON : C20 ÇELİK : S420a

Ebatlar: 30 x 100 cm

d' (Pas payı) : 5.0 cin

h (kalınlık) = 30cm

d (faydalı yükseklik) = 25 cm

a (Ankraj Yatay Aralığı) = 1.50 m

*Boyuna Donatı Hesabı:*

Max. Ankraj yükü ( $F_a$ ):  $45.99 / 1.5 = 30.7 \text{ t/m} = 301 \text{ kN/m}$

Ankraj Açısı ( $\alpha$ ) =  $15^\circ$

$$q = F_a * \cos \alpha = 301 * 0.965 = 290 \text{ kN/m}$$

$$q_d = q * 1.5 = 290 * 1.5 = 435 \text{ kN/m}$$

$$M_d = q * l^2 / 24 = 435 * 1.50^2 / 24 = 41 \text{ kNm}$$

$$m_d = M_d / (0.85 * f_{cd} * b * d^2) = 41 / (0.85 * 13300 * 1.0 * 0.25^2) = 0.058 \Rightarrow p_m = 0.062$$

$$A_s = p_m * b * d / (f_{yd} / (0.85 f_{cd})) = 0.062 * 1.0 * 0.25 / 32.2 = 0.000481 \text{ m}^2 = 4.8 \text{ cm}^2$$

**Boy Donatı: 5 $\Phi$ 16 (10.05 cm<sup>2</sup> > 4.8 cm<sup>2</sup>)**

### Kuşak Kirişi Etriye Hesabı:

$$V_{max} = 45.99 / 2 = 23.0 \text{ ton} = 23000 \text{ kg}$$

$$V_d = 23000 * 1.5 = 34500 \text{ kg} = 339 \text{ kN}$$

### Beton kesitinin kesme kuvvetlerine direnci

$$V_{cr} = 0.65 * f_{ctd} * A_c$$

$$V_{cr} = 0.65 * 10 * 30 * 100 = 19500 \text{ kg}$$

$$V_c = 0.80 V_{cr} = 0.80 * 19500 = 15600 = 153.0 \text{ kN}$$

Etliye:  $\Phi$  10 / 15

$$V_{ws} = A_{sw} * d * f_{ywd} / s$$

$$V_{ws} = 4 * 0.79 * 25 * 3650 / 15$$

$$V_{ws} = 19223 \text{ kg} = 189 \text{ kN}$$

$$V_{d'} = V_{ws} + V_{cr} = 189 + 153 = 342 \text{ kN} > V_d = 339 \text{ kN}$$

## 7. SONUÇ

Derin kazılar günümüz modern şehirlerinin vazgeçilmez bir parçası haline gelmiştir. Yapıların inşa edilecek alanın hem çok sınırlı hem de çok değerli olması nedeniyle alanı en verimli şekilde kullanmak isteği doğmuştur. Bu istek sonucu sadece zemin seviyesinin üstü değil, altı da kullanıma açılmaya başlanmıştır.

Artık ihtiyaç haline gelen derin kazıların tasarımı inşaat mühendislerini bu alanda ciddi çalışmalara yöneltmiş oldukça başarılı uygulamalar yapılmıştır. Bu çalışmaların, mühendislik açısından güvenlik koşulları önemli olduğu kadar maliyetleri de son derece önemli bir husustur.

Derin kazılarda en önemli noktalardan bir tanesi kazı derinliği boyunca oluşacak basınç dağılımının tespitidir. Bu dağılım zeminin cinsine, su durumuna, yakın çevredeki bina, yol gibi dış etkenlerden gelen yüklere ve buna benzer bir çok faktöre bağlıdır. Geoteknik Mühendisliği alanında toprak basıncının dağılımı için geliştirilmiş bir çok yaklaşım mevcuttur. Kazı işlerinde kazı yüzeyinde oluşacak toprak basıncı dağılımını dengeleyebilmek için çeşitli iksa sistemleri tasarlayabilmek imkanı vardır. Çok derin olmayan kazılarda istinat duvarı gibi hem üretimi daha kolay hem de daha az maliyetli destekleme sistemleri kullanılırken derin bir kazıda bu ve buna benzer sistemler güvenlik ve maliyet açısından limit değerleri aşacaktır.

Derin kazılarda oluşacak toprak basınçlarını dengelemek için iksa sistemleri geliştirilmiştir. Bunlardan en çok kullanıma sahip iki tanesi çok sıra ankrajlı iksa sistemleri, ankrajsız konsol olarak çalışan fore kazıklardır.

İnşaat mühendisliğinde en önemli hususların başında güvenlik ve maliyet gelmektedir. Gereğinden fazla güvenli bir yapı ekonomik olmayacak, standartların altında ekonomik bir yapıda güvenli olmayacaktır. Bu nedenlerle inşaat mühendisleri hem en güvenli hem de en düşük maliyette tasarım yapmak zorundadırlar. Derin kazılarda kullanılan iksa sistemleri içinde aynı gereklilikler vardır.

Bu bildiri kapsamında bu gereklilikleri göz önünde bulundurarak derin kazılarda kullanılan iksa sistemlerini hem güvenilirlik sınırları içinde hem de en düşük maliyette hesaplamayı amaçlayan bir bilgisayar tanıtılmıştır. Program EXCEL ortamında hazırlanmış olup son derece yalın ve anlaşılması kolaydır. Bu bilgisayar programı kullanıcıya konsol çalışan fore kazıklar veya çok sıra ankrajlı iksalarla çözüm üretebilme imkanı vermiştir. Bu programı iksa sistemlerinde kullanılan malzeme ve işçilik maliyetlerini göz önüne alarak, kullanıcının tasarımını yapmış olduğu iksa sisteminin maliyet analizini yapmaktadır. İksa sistemi, program ile kısa bir sürede çözüldüğü için kullanıcı çok çeşitli çözümler üretip bunların maliyet kıyaslamasını yapabilmekte bunun sonucunda da en güvenli ve en ekonomik sistemi seçebilmektedir.

Yapılan örneklerde de görüldüğü gibi ankrajsız, tek sıra ankrajlı ve çok sıra ankrajlı destekleme sistemlerinin maliyeti kazı derinliğı ile doğrudan değışmektedir.

Çok sıra ankrajlı tasarım yapmak derinliğin az olduğı (8-9m) kazılarda pratikte uygulanmamaktadır. Yaklaşık 9m.den sonra ise çok sıra ankrajlı tasarım yapmak tek sıra ankrajlı tasarıma ve ankrajsız tasarıma göre daha avantajlı görülmektedir.

Ankrajsız tasarım ve tek sıra ankrajlı sistemi karşılaştıracak olursak, ankrajsız sistem yaklaşık 10m'ye kadar daha ekonomik; 10m'den sonra ise tek sıra ankrajlı sistem daha ekonomik olmaktadır.

Yapılan arazi ve laboratuvar deneylerine dayanılarak zemin özellikleri belirlenir ve destekleme sistemi seçilir. Destekleme sistemleri geçici veya kalıcı olabilmektedir. Kalıcı amaçlı destekleme sistemleri aynı zamanda oluşturulacak yapının bir elemanı olarak da tasarlanabilirler ve bu amaçlar için kuyu tipi betonarme perdeler tavsiye edilebilir. Geçici amaçlı destekleme sistemleri için ise en uygun görülen sistem birçok kere sökülüp yeniden kullanılabilen palpaş perdeler olmasına rağmen, çakma zorlukları ve şehir içerisindeki gürültü ve vibrasyon problemlerinden dolayı, şehir içerisindeki derin kazılarda çoğunlukla ankrajlı duvar ve kazıklı sistemli tercih edilmektedir. Enjeksiyon ve dondurma sistemi bugün için pahalı çözümler olduklarından derin kazılarda pek fazla tercih edilmemektedirler.

Ankraj teknolojisinde ilerlemeler sonucu destekleme sistemleri, arkalarındaki zeminden gelen yüklerin büyük bir kısmını taşımak üzere ankrajlı olarak tasarlanmakta olup, desteklerin ankrajla geriye bağlanması her geçen gün daha da yaygınlaşmaktadır.

## 8. KAYNAKLAR

1. Birand, A. (2006) Duvarlar, Teknik Yayınevi, Ankara, 175 s.
2. Dumlu, M. (1988) Derin Kazılar ve Destekleme Yöntemleri, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 128 s.
3. Kumbasar, V., ve Kip, F. (1999) Zemin Mekaniğı Problemleri, Çağlayan Basımevi, İstanbul, 671 s.
4. Sarıten, E., ve Akkaş, M (2007) Derin Kazılar ve Destekleme Yapıları, Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Denizli, 100 s.
5. Tanrıverdi, M. (1984) Zemine Ankastre Perde Duvarların Boyutlandırılması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 72 s.
6. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Web Site (2008). <http://www.bayindirlik.gov.tr> Erişim Tarihi: 23 Mayıs