

*Tünel Açma işlerinde Paralel Delik Düzeni İle İlgili Parametreler*ⁿ

Parameters Related With Parallel Hole Cut Arrangement in Tunneling

Tayfun EVERGEN (**)

ÖZET

Paralel delik düzeninde, tünel arını orta kısmına geniş çapta bir ya da iki delik delinerek, şarj edilmeden boş bırakılmaktadır. Diğer delikler arına dik ve kendi aralarında paralel delinerek ateşlenmektedir.

Bu yazıda, 37 m² kazı kesitinde bir tünel örneğinde hesap biçimi tanıtılarak, sayısal çözüm verilmiştir.

ABSTRACT

In parallel hole cut arrangement one or two large diameter holes are drilled in the middle of the tunnel face and left empty without charge. Other holes which are drilled perpendicular to the face and in parallel to each other are blasted. In this paper calculation method for a 37 m² section tunnel is introduced and a numerical example is given.

(*) Bu yazıdaki hesap sistemi, Rune Guftafsson tarafından yazılan "Swedish Blasting Technique" adlı kitaptan alınmıştır.

(**) Dr., Maden Yük. Mühendisi, İTÜ Maden Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Teşvikiye- İSTANBUL.

1. GİRİŞ

Günümüzde patlayıcı maddeler ile kazı önemini büyük ölçüde korumaktadır. Gerek üretimde, gerekse hazırlık çalışmalarında, delme-ateşleme sisteminin planlanması maliyet hesaplarında etkin bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle özellikle tünel gibi geniş kesitlerdeki çalışmalarda arına delinen delik sayısı ve buna bağlı olarak patlayıcı madde sarfiyatının asgariye indirilmesine çalışılmalıdır. Bu konuda başarı uygun delik düzeni seçimine bağlıdır.

Ülkemizde, genellikle eğimli delik düzenlerinin değişik türleri uygulanmasına karşın, paralel delik düzeninde çalışmalar yaygın değildir. Dış ülkelerde ise, paralel delik düzeninde çalışmalara büyük önem verilmekte, bu konuda çeşitli araştırmalar yapılmaktadır. Özellikle Almanya'da yer altı tuz yataklarında, üretim topuklarının ateşlenmesinde, Fransa'da Lorraine Bölgesindeki demir cevheri işletmelerinde bu sistem başarı ile uygulanmaktadır. Paralel delik düzeninde, orta çekme amacı ile çok sık delik delme zorunluluğu, arın ortasına delinen ve şarj edilmeden bırakılan 15-20 cm çapında delikten de yararlanılarak, büyük ölçüde azaltılmış durumdadır. Fransa'daki Jourreville maden ocağında 22 m² kesitli bir tünelde kalker içerisinde yapılan delme - ateşlemelerde 36 cm çapında şarj edilmeden bırakılan boş delik delerek çalışmada 4 metreye yakın ilerleme elde edilebilmektedir. Ülkemizde uygulanan sistemlerle sınırlı bir ilerleme elde edilebildiği gözönüne alınırsa, konunun önemi açıkça ortaya çıkmaktadır. Yazıda, İsveç'te bu konuda yapılan çalışmalar sonucu, ortaya çıkan bazı bağıntılar, nümerik örnek içerisinde verilerek, sistemin prensipleri daha açık bir şekilde anlatılmaya çalışılmıştır.

2. DELİK PARAMETRELERİ VE ŞARJ HESAPLARI

2.1. Veriler

— Tünel kazı kesiti	37 m ²
— Deliklerin boyu	3,2 m
- Boş delik çapı	76 mm
— Boş delik adedi	2
— Kullanılan patlayıcı madde cinsi	jelatin
- Şarj edilen deliklerin çapı	31 mm
— Tünel taban genişliği	8 m
- Tünel tavan kemeri uzunluğu	8,6 m
— Tünel yan kenarının yüksekliği	4,0 m

- İlerleme miktarı (% 90 delik boyu) 2,9 m
- Kullanılan kapsül cinsi 500 milisaniye aralıklı gecikmeli kapsül
- Ateşleme devre tipi Seri

2.2. Çözüm

2.2.1. Taban Delikleri (Şekil 1)

- Delik numaraları = (1,2,3,4,5,6,7,8,9,10)
- Taban delikleri etki uzaklığı (V) = 0,90 m (Çizelge D)

Taban delikleri arası uzaklık (E) = 0,95 m (Çizelge 1)

Taban delikleri aralık adedi = 8/0,95 = 8,4

Taban delikleri aralık adedi 9 seçilmiştir.

Taban delikleri arası seçilen uzaklık (E) = 8/9 = 0,89 m

Taban delikleri adedi = 10

Taban deliklerinde dip şarj miktarı (Q₂) = (1/3) x H x (dxd) / 1000

H = Delik boyu (3,2 m)

d = Delik çapı (31 mm)

Q₂ = (1/3)x3,2x(31)²/1000 = 1,03 kg m kg

Jelatin dinamit lokum boyu = 0,20 m

Jelatin dinamit lokum ağırlığı = 0,165 kg

Minimum sıkılama boyu = 0,2 x V = 0,2 x 0,90 = 0,18 m ^0,2 m

Dip şarj Lokum Adedi = 1000/165 = 6,06 = 6 adet

Dip şarj boyu = 0,2 x 6 = 1,2 m

Kolon şarjı boyu = 3,2 - (1,2 + 0,2) = 1,8 m

Kolon şarjı konsantrasyonu (Q_{1k}) = 0,7 x

Dip şarj konsantrasyonu (Q_{21J})

Q_{2k} = (dxd)/1000 (d = mm, Q_{2k} = kg/m)

Q_{1k} = 0,7 x 0,961 = 0,672 (kg/m)

Q_{2k} = (31)²/1000 = 0,961 (kg/m)

Kolon şarjı miktarı (Q₁) = 0,672 x 1,8 = 1,210 kg

Kolon şarjı lokum adedi = 1,210/0,165

= 7,33 Sİ8 adet

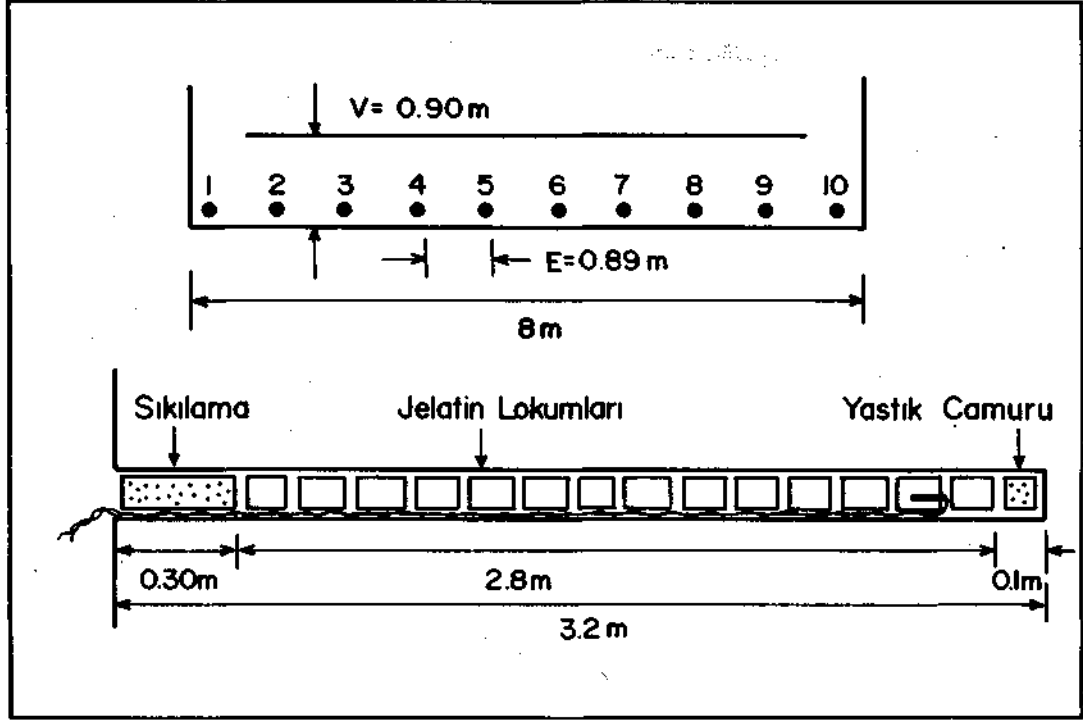
Bir delikteki toplam şarj miktarı (Q) = Q₁ + Q₂

Q = (6 + 8)x0,165 = 2,31 kg

Toplam şarj boyu = 14 x 0,2 = 2,8 m

Yastık çamuru boyu = 0,10 m

Sıkılama boyu = 3,2 - (2,8 + 0,10) = 0,30 m



Şekil 1. Tünel tabanında deliklerarası uzaklık, deliklerin etki uzaklığı ve delik şarjını gösterir kesit.

Çizelge 1 - Delik çapına ve boyuna bağlı olarak, taban delikleri etki uzaklığı ile delikler arası uzaklık değerleri.

Delik çapı (mm)	Delik boyu (m)	V (m)	E ₁ (m)
33	1,6	0,60	0,70
32	2,4	0,90	1,00
31	3,2	0,90	0,95
38	2,4	1,00	1,10
37	3,2	1,00	1,10
45	3,2	1,15	1,25
48	3,2	1,20	1,30
48	4,0	1,20	1,30
51	3,2	1,25	1,35
51	4,0	1,25	1,35

2.2.2. Yan Delikler (Şekil 2)

Delik numaraları = (11,12,13,14,15,16,17,18)

Yan delikler etki uzaklığı (V) = 0,9 x Taban delikleri etki uzaklığı

V = 0,9 x 0,9 = 0,81 s 0,80 m

Yan delikler arası uzaklık (E₁) = 1,2 x V

= 1,2 x 0,80 s 0,96 m

Tünel kenarı yüksekliği = 4,00 m

Yan delikler aralık adedi = 4/0,96 = 4,17 ≈ 4

Yan delikler arası uzaklık (E) = 4/4 = 1 m

Toplam delik adedi = 2 x 4 = 8

Q₂ = Taban delikleri dip şarj miktarı/2

Q₂ = 1/2 = 0,500 kg

Dip şarj lokum adedi = 0,500/0,165 = 3,03 s 3

Dip şarj boyu = 0,2 x 3 = 0,6 m

Minimum sıklama = 0,5 x V = 0,5 x 0,8 = 0,40 m

Kolon şarjı boyu = 3,2 - (0,60 + 0,40) = 2,2 m

Q_{1k} = 0,4 x Dip şarj konsantrasyonu

Q_{2k} = 0,95 kg/m (Çizelge 2)

Q_{ak} = 0,4 x 0,95 = 0,38 ≈ 0,40 kg/m

Q₁ = 0,4 x 2,2 = 0,88 = 0,900 kg

Kolon şarjı lokum adedi = 0,9/0,165 = 5,45 = 5,5 adet

Toplam lokum adedi = (5,5 + 3) = 8,5 adet

Toplam şarj miktarı = 8,5 x 0,165

= 1,403 kg/delik

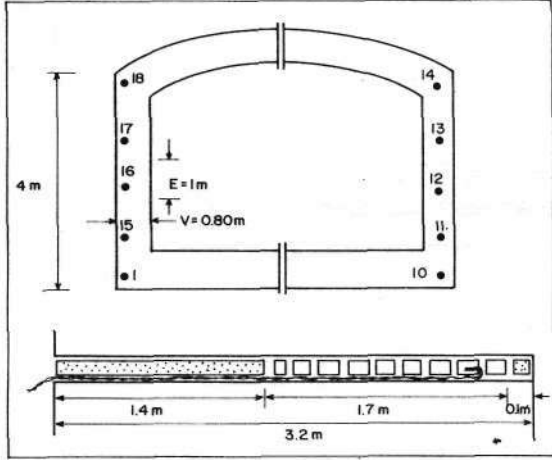
Toplam şarj boyu = 0,2 x 8,5 = 1,7 m

Yastık çamuru = 0,10 m

Sıklama = 3,2 - (1,7 + 0,1) = 1,40 m

Çizelge 2 - Delik Çapı ve Boyuna Bağlı Olarak Yan Denklerdeki Şarj Miktarları

Delik çapı (mm)	Delik boyu (m)	Q_2 (kg/m)	Q_2 (kg)	Q_{1k} (kg/m)	Q_1 (kg)
31	3,2	0,950	0,500	0,400	0,900
45	3,2	2,030	1,000	0,800	1,750



Şekil 2. Yan ve taban delikleri arası uzaklıklar, deliklerin etki uzaklıkları ve yan delik şarjını gösterir kesit.

2.2.3. Tavan Delikleri (Şekil 3)

Delik numaraları = (19,20,21,22,23,24,25,26)

Tavan delikleri arası uzaklık = Yan delikler arası uzaklık

Tavan delikleri arası uzaklık (E_j) = 1,00 m

Tavan kemeri uzunluğu = 8,60 m

Tavan delikleri aralık adedi = $8,6/1 = 8,6$ as 9

Tavan delikleri arası uzaklık (E) = $8,6/9 = 0,96$ m

Tavan delikleri etki uzaklığı (V) = Yan delikler etki uzaklığı

$V = 0,80$ m

Q_2 = Yan delikler dip şarj miktarı

$Q_2 = 0,500$ kg

Dip şarj lokum adedi = $0,5/0,160 = 3,03 = 3$

Dip şarj boyu = $0,2 \times 3 = 0,60$ m

$Q_{1k} = 0,3 \times Q_{2k}$

$Q_{2k} = 0,95$ kg/m (Çizelge 3)

$Q_{1k} = 0,3 \times 0,95 = 0,285$ kg/m

Minimum sıklama = $0,5 \times 0,8 = 0,40$ m

Kolon şarjı boyu = $3,2 - (0,40 + 0,60) = 2,2$ m

$Q_1 = 0,285 \times 2,2 = 0,627$ kg

Kolon şarjı lokum adedi = $0,627/0,165 = 3,8$ s 4

$Q = (4 + 3) \times 0,165 = 1,155$ kg/delik

Toplam şarj boyu = $0,2 \times 7 = 1,4$ m

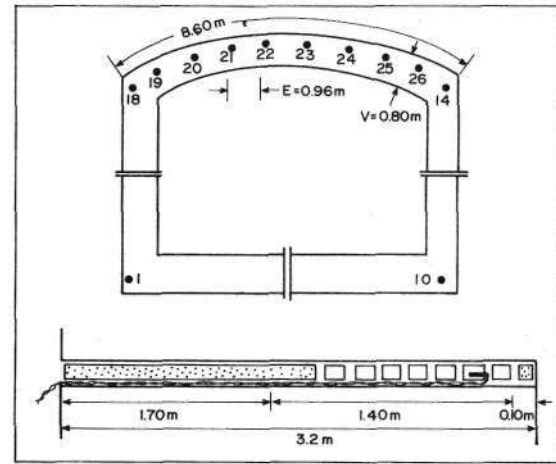
Yastık çamuru = 0,10 m

Delik adedi = 8

Sıklama = $3,2 - (0,10 + 1,4) = 1,70$ m

Çizelge 3 — Tavan Deliklerindeki Şarj Miktarları.

Delik çapı (mm)	Delik boyu (m)	Q_{2k} (kg/m)	Q_2 (kg)	Q_{1k} (kg/m)	Q_1 (kg)
31	3,2	0,95	0,50	0,30	0,70
45	3,2	2,03	1,00	0,60	1,30



Şekil 3. Tavan, taban, yan delikler arası uzaklıklar, deliklerin etki uzaklıkları ve tavan delikleri şarjını gösterir kesit.

2.2.4. Orta Çekme Delikleri

2.2.4.1. Merkez Delikleri (Şekil 4)

Delik numaraları = (27,28,29,30,31,32)

Merkezde 76 mm çaplı çift boş delik delinmiştir.

$V! = 0,7 \times 2D$

$D =$ Boş delik çapı (76 mm)

$V_1 = 0,7 \times 2 \times 76 = 106,4$ mm

$E = (2 \times 106,4) + 76 + 31 = 319,8$ s 32 cm

$E = 30$ cm seçilmiştir.

$V = [30 - (7,6 + 3,1)] / 2 = 9,65$ cm

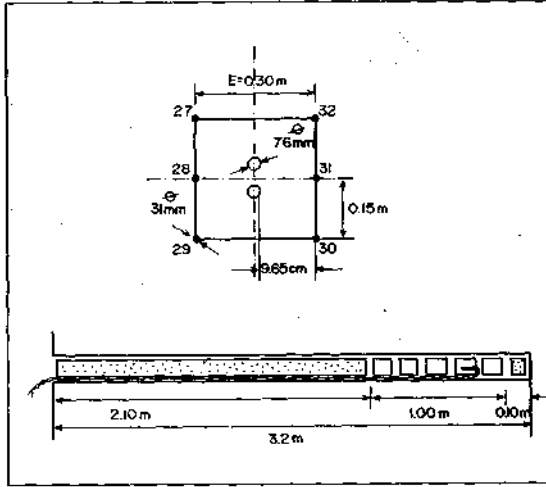
$Q_2 = 0,1$ kg

$Q_{1k} = 0,25$ kg/m

Dip şarj lokum adedi = $0,1/0,165 = 0,606 = 1$

Dip şarj boyu = $1 \times 0,2 = 0,2$ m

Minimum sıkılama = 0,10 m
 Kolon şarjı boyu = 3,2 - (0,2 + 0,1) = 2,9 m
 $Q_i = 2,9 \times 0,25 = 0,725 \text{ kg}$
 Kolon şarjı lokum adedi = $0,725/0,165 = 4,4$
 s 4
 $Q = (1 + 4) \times 0,165 = 0,825 \text{ kg/delik}$
 Toplam şarj boyu = $5 \times 0,2 = 1 \text{ m}$
 Yastık çamuru boyu = 0,10 m
 Sıkılama = $3,2 - (1,0 + 0,10) = 2,1 \text{ m}$
 Delik adedi = 6

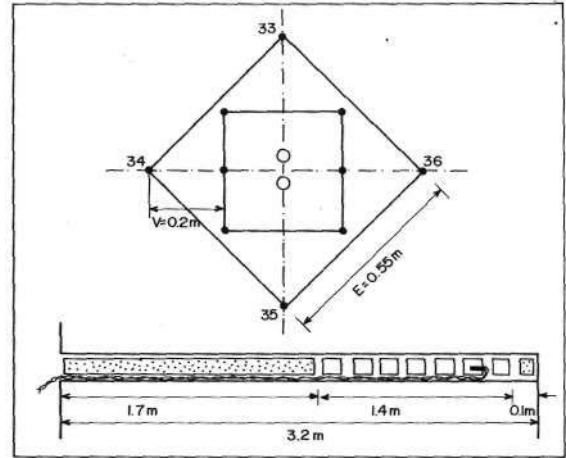


Şekil 4. Merkezdeki boş ve şarj edilmiş delikler arası uzaklıklar ile şarj edilmiş delik kesiti.

2.2.4.2.1. Kare Delikleri (Şekil 5)

Delik numaraları = (33, 34, 35, 36)
 $V_j = 0,7 \times E = 0,7 \times 30 = 21 \text{ cm}$
 $V \leq 20 \text{ cm}$, $E = 0,55 \text{ m}$
 $Q_2 = 0,25 \text{ kg}$ (Çizelge 4)

Dip şarj lokum adedi = $0,250/0,165 = 1,52$
 3 2
 Dip şarj boyu = $0,2 \times 2 = 0,40 \text{ m}$
 Minimum sıkılama = $0,5 \times 0,2 = 0,10 \text{ m}$
 Kolon şarjı boyu = $3,2 - (0,4 + 0,1) = 2,7 \text{ m}$
 $Q_{1k} = 0,30 \text{ kg/m}$ (Çizelge 4)
 Kolon şarjı miktarı = $0,3 \times 2,7 = 0,81 \text{ kg}$
 Kolon şarjı lokum adedi = $0,810 / 0,165 = 4,9$ S 5
 Toplam lokum adedi = $5 + 2 = 7$
 $Q = 7 \times 0,165 = 1,155 \text{ kg/delik}$
 Toplam şarj boyu = $7 \times 0,2 = 1,4 \text{ m}$
 Yastık çamuru = 0,10 m
 Sıkılama = $3,2 - (1,4 + 0,1) = 1,7 \text{ m}$
 Delik adedi = 4



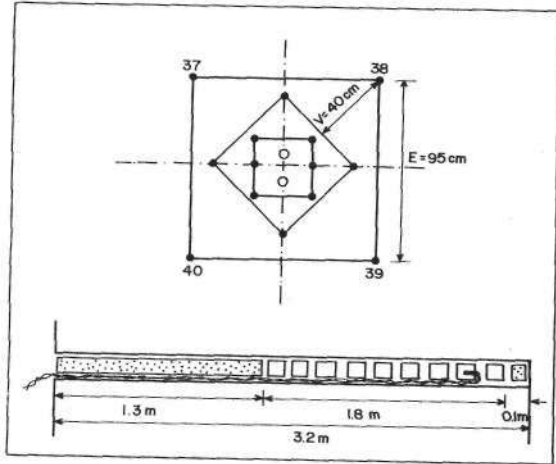
Şekil 5. Merkez ve 1. kare delikleri arası uzaklıklar ile 1. kare delikleri şarjını gösterir kesiti.

Çizelge 4 - Orta Çekme Deliklerinin Çap ve Etki Uzaklıklarına Bağlı Olarak Şarj Miktarları

V (m)	Q ₂ (kg)	Q _{ik} (kg/m)			
		0 32 mm	0 38 mm	0 45 mm	4> 48 mm
0,20	0,25	0,30	0,45	0,60	0,75
0,30	0,40	0,30	0,45	0,60	0,75
0,40	0,50	0,35	0/0	0,70	0,80
0,50	0,65	0,50	0,70	1,00	1,15
0,60	0,80	0,50	0,70	1,00	1,15
0,70	0,90	0,50	0,70	1,00	1,15

2.2.4.3. 2. Kare Delikleri (Şekil 6)

Delik numaraları = (37, 38, 39,40)
 $V = 0,7 \times E$
 $V_j = 0,7 \times 0,55 = 0,385 \text{ m}$
 $V < 0,4 \text{ m}$, $E = 0,95 \text{ m}$
 $Q_2 = 0,5 \text{ kg/m}$ (Çizelge 4)
Dip şarj lokum adedi = $0,5/0,165 = 3,03 \text{ s } 3$
Dip şarj boyu = $0,2 \times 3 = 0,60 \text{ m}$
Minimum sıkılama = $0,5 \times V = 0,5 \times 0,4 = 0,20 \text{ m}$
Kolon şarjı boyu = $3,2 - (0,6 + 0,2) = 2,4 \text{ m}$
 $Q_{1k} = 0,35 \text{ kg/m}$ (Çizelge 4)
Kolon şarjı miktarı = $0,35 \times 2,4 = 0,840 \text{ kg}$
Kolon şarjı lokum adedi = $0,840/0,165 = 5,09 \text{ s } 6$
 $Q = (3 + 6) \times 0,165 = 1,485 \text{ kg/delik}$
Toplam şarj boyu = $9 \times 0,2 = 1,80 \text{ m}$
Yastık çamuru boyu = $0,10 \text{ m}$
Sıkılama = $3,2 - (1,8 + 0,1) = 1,3 \text{ m}$
Delik adedi = 4

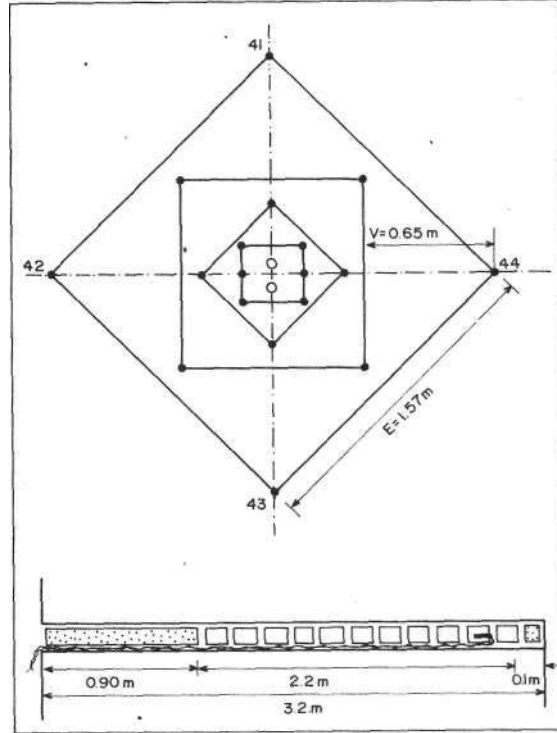


Şekil 6. 2. kare delikleri arası uzaklıklar ve delik şarjı ile ilgili kesit.

2.2.4.4. 3. Kare Delikleri (Şekil 7)

Delik numaraları = (41, 42, 43, 44)
 $V = 0,7 \times 0,95 = 0,665 \text{ s } 0,65 \text{ m}$, $E = 1,57 \text{ m}$
 $Q_2 = 0,850 \text{ kg}$ (Çizelge 4)
Dip şarj lokum adedi = $0,850/0,165 = 5,15 = 5$
Dip şarj boyu = $0,2 \times 5 = 1 \text{ m}$
Minimum sıkılama = $0,5 \times V = 0,5 \times 0,65 = 0,325 \text{ m s } 0,3 \text{ m}$
Kolon şarjı boyu = $3,2 - (1,0 + 0,3) = 1,9 \text{ m}$
 $Q_{1k} = 0,500 \text{ kg/m}$ (Çizelge 4)
 $Q_j = 0,5 \times 1,9 = 0,950 \text{ kg}$

Kolon şarjı lokum adedi = $0,950/0,165 = 5,75$
s 6
 $Q = (5 + 6) \times 0,165 = 1,815 \text{ kg/delik}$
Toplam şarj boyu = $11 \times 0,2 = 2,2 \text{ m}$
Yastık çamuru = $0,10 \text{ m}$
Sıkılama = $3,2 - (2,2 + 0,1) = 0,90 \text{ m}$
Delik adedi = 4



Şekil 7. 3. kare delikleri arası uzaklıklar ve delik şarjı ile ilgili kesit.

2.2.5. Tarama Delikleri (Şekil 8, Şekil 9)

Delik numaraları = (45, 75)
Tarama delikleri etki uzaklığı = $0,90 \text{ m}$ (Çizelge 1)
Tarama delikleri arası uzaklığı = $0,95 \text{ m}$ (Çizelge 1)
 $Q_2 = \text{Taban delikleri dip şarj miktarı} = 1 \text{ kg}$
Dip şarj lokum adedi = $1/0,165 = 6,06 = 6$
 $Q_{1k} = 0,500 \text{ kg/m}$ (Çizelge 5)
Delik adedi = 31
Minimum sıkılama = $0,5 \times V = 0,5 \times 0,90 = 0,45 \text{ m}$
Dip şarj boyu = $0,2 \times 6 = 1,20 \text{ m}$
Kolon şarjı boyu = $3,2 - (1,20 + 0,45) = 1,55 \text{ cm}$
 $Q_1 = 1,55 \times 0,5 = 0,775 \text{ kg}$
Kolon şarjı lokum adedi = $0,775/0,165 = 4,70$
s 5
Kolon şarjı miktarı = $0,165 \times 5 = 0,825 \text{ kg}$

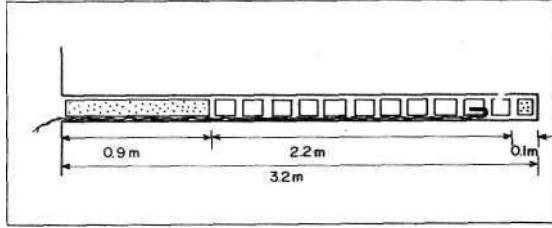
$$Q_2 = 0,165 \times 6 = 0,990 \text{ kg}$$

$$Q = 0,990 + 0,825 = 1,815 \text{ kg}$$

$$\text{Toplam şarj boyu} = 0,2 \times 11 = 2,2 \text{ m}$$

$$\text{Yastık çamuru} = 0,10 \text{ m}$$

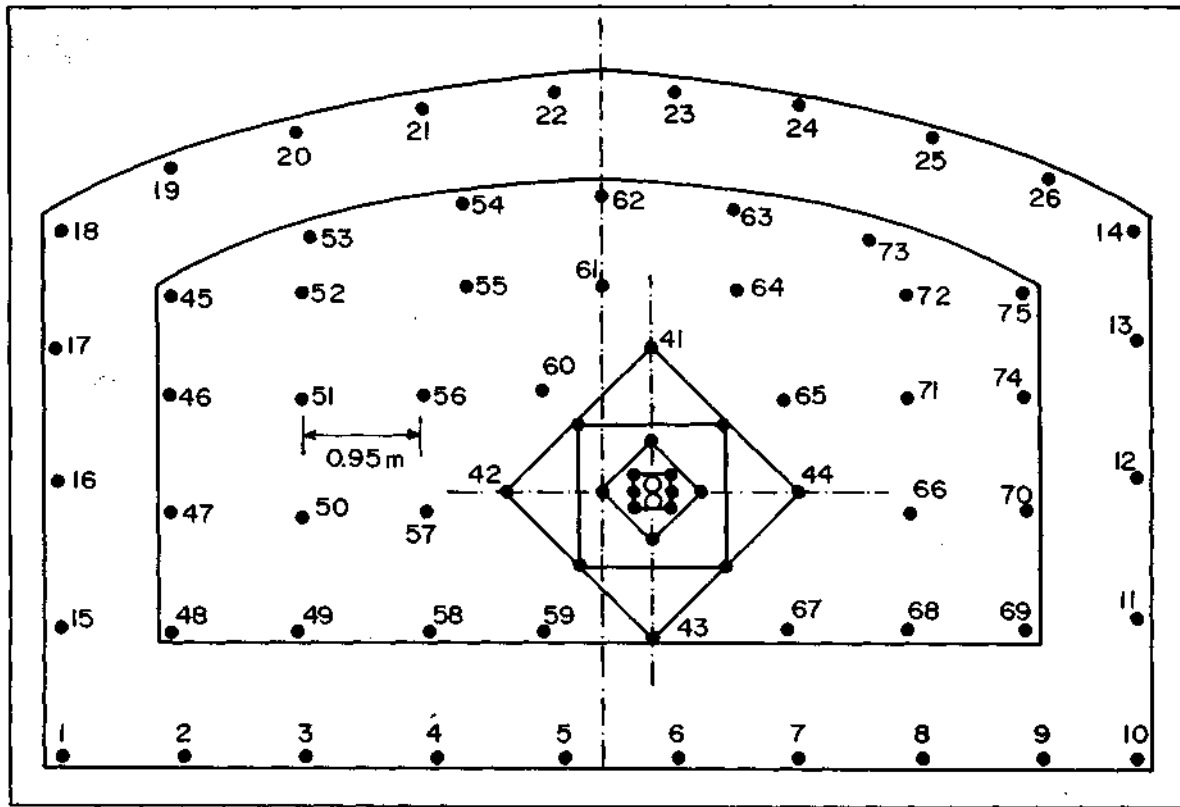
$$\text{Sıkılama} = 3,2 - (0,10 + 2,2) = 0,90 \text{ m}$$



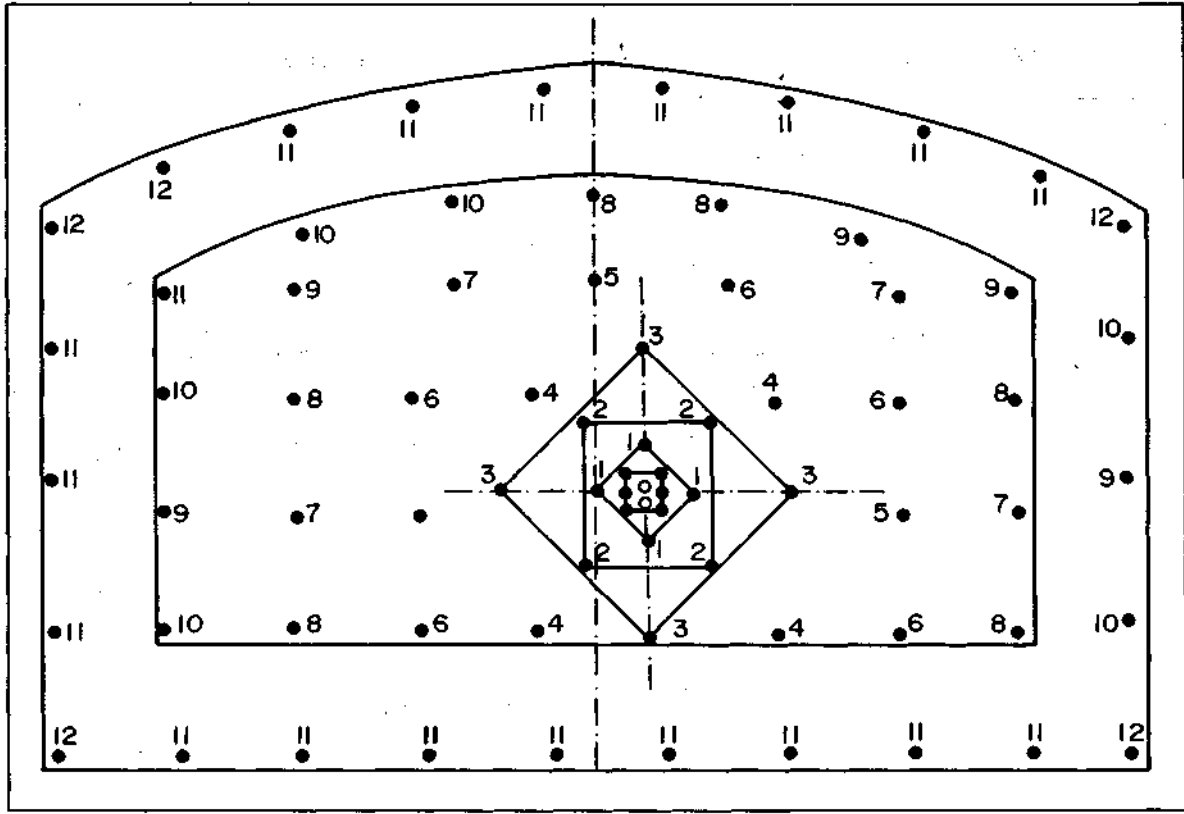
Şekil 8. Tarama delikleri şarjını gösterir kesit.

Çizelge 5 — Tarama Delikleri Çap ve Boyuna Bağlı Olarak Şarj Miktarları.

Delik çapı (mm)	Delik boyu (m)	Q_{1m} (kg/m)	Q_1 (kg)	Q_{2m} (kg/m)	Q_2 (kg)
33	1,6	0,40	0,30	1,10	0,60
32	2,4	0,50	0,55	1,00	0,80
31	3,2	0,50	0,85	0,95	1,00
38	2,4	0,70	0,80	1,44	1,15
37	3,2	0,70	1,15	1,36	1,50
45	3,2	1,00	1,50	2,03	2,25
48	3,2	1,15	1,70	2,30	2,50
48	4,0	1,15	2,45	2,30	3,00
51	3,2	1,30	1,95	2,60	2,50
51	4,0	1,30	2,70	2,60	3,40



Şekil 9. Tünel arınında delik düzeni.



Şekil 10: Gecikmeli kapsüllerle ateşleme düzeni.

Çizelge 6 – Delik Cinsine Bağlı Olarak Şarj Miktarları.

Delik Cinsi	Delik Numaraları	Delik adedi	Bir delikteki lokum adedi	Toplam lokum adedi	Bir delikteki şarj miktarı (kg)	Delikler arası uzaklık (m)	Deliklerin etki uzaklık (m)	Toplam şarj miktarı (kg)
Taban	1,2, 9,10	10	14	140	2,310	0,89	0,90	23,100
Yan	11,.. ..18	8	8,5	68	1,403	1,00	0,80	11,224
Tavan	19,20,26	8	7	56	1,155	0,96	0,80	9,240
Tarama	45,..,75	31	11	341	1,815	0,95	0,90	56,265
Merkez	27,.. 32	6	5	30	0,825	0,30	0,10	4,950
1.Kare	33.. ..36	4	7	28	1,155	0,55	0,20	4,620
2.Kare	37.. ..40	4	9	36	1,485	0,95	0,40	5,940
3.Kare	41.. ..44	4	11	44	1,815	1,57	0,65	7,260
Genel Toplam		75		743				122,599

3. SONUÇLAR

Tünel arınında delik düzeni Şekil 9'da görülmektedir.

ikinci kısımda ayrı ayrı hesaplanan şarj miktarları Çizelge 6'da özetlenmiştir.

Orta çekme deliklerinin 25 milisaniye aralıklı, diğer deliklerin ise 500 milisaniye aralıklı gecikmeli kapsüllerle ateşlenmesi uygundur. Şekil 10 deliklerdeki gecikmeli kapsül numaralarını göstermektedir.

Toplam delik boyu = $3,2 \times 75 = 240$ m
Postanın yerindeki hacmi = $2,9 \times 37 = 107,3$ m³
Her m³ yerinde kayaç için şarj miktarı
= $122,599/107,3 = 1,14$ kg/m³

KAYNAKLAR

1. GUSTAFSSON, R. "Swedish Blasting Technique" Nora Boktryckeri A.B. Sweden (1973).
2. "Sprengstoffer Sprengningsteknik". Norsk Sprengstofferindustri A/S (1969).
3. R. BATIFOULIER, "Constatation Pratiques Sur Les Effets de l'explosif en Fonction du Matériau Rencontre" Revue de l'industrie minerale (15 Novembre 1971).

