

# Tavan Cıvatalarının En Randımanlı Düzeni Üzerine Model Çalışmaları

Ömer ÜNVER \*

## ÖZET

Bu makale, 1967 yılında Orta Doğu Teknik Üniversitesinde Maden Mühendisliğinde Yüksek Mühendis derecesi için yapılan araştırma çalışmalarının bir kısmını kapsar.\*\*

Araştırmanın gayesi iki yönlüdür. İlk olarak civatalanmış bir maden tavanının taklit edilmiş bir model dizaynını inşa etmek, ikinci olarak, tavan cıvataları teorisi ışığı altında çeşitli düzen dizaynları yaparak, bazı esasları ispatlamak veya çürütmek için bu modeller üzerinde tahrip testleri uyguluyarak elde edilen neticelerin tefsirini yapmaktır.

## ABSTRACT

This paper covers partly, the research work made in the Middle East Technical University for obtaining Master of Science Degree in Mining Engineering in 1967.

The objectives of this research are two folds. Firstly designing models that will simulate the bolted mine roof strata and secondly upon the light of roof bolting theory, designing several bolting pattern and testing the models to destruction in order to prove or disprove certain premises and interpretation of the results obtained.

## I — GİRİŞ

Maden endüstrisinde çeşitli sistemlerin dizaynını geniş bir bilgi, zekâ ve mühendislik hünerini gerektirir. Bununla beraber mühim kararlar, uygulanmak istenen sistemin zorlukları ve bir çok parametrenin bulunuşu, nedeniyle, detaylı done-lerin ışığı altında olmadan alınır. Zorlukların ve parametrelerin esaslandırma (reasoning) ile çözümünü genellikle zor ve çoğu zaman imkânsızdır.

Esaslandırma ile çözümdeki zorluklar ve imkânsızlıklar, şüphesiz, parametrelerin tam manâsıyla açıklığa kavuşmamasından ve çoğu zaman bunların bilinmemesinden doğmaktadır.

Kaya Mekaniğinde problemlerin anlaşılması ve çözülmesi için genellikle model çalışmaları yapmak gerekmiştir. Böylece bilinmeyen parametreler ortaya çıkarılmış ve bu parametrelerin veya parametre gruplarının birbiriyle olan münasebetleri açıklığa kavuşmuştur.

Model deneylerinin teorik temelini boyutlu analiz (dimensional analysis) teşkil eder. Boyutlu analizde, bir problemde hangi faktörlerin mühim rol oynadığını tesbit ettikten sonra bu faktörler birimsiz gruplar veya parametreler ha-

\* Maden Yüksek Mühendisi, TJK.I. Etüd-Proje, Ank.

\*\* Bu makaledeki görüş ve fikirler Üniversitenin görüş ve fikirlerini aksettirmesi icap etmez.

Une getirilerek bu parametreler model deneyleri sonuçlarına göre matematiksel bir ifade şekline sokulur.

Bu araştırmaların ana gayesi, tavan cıvataları düzen dizaynı üzerine boyutlu analiz metodu ile bir matematiksel genellemeğe gitmek değildir. Ana gaye tavan cıvataları teorisi ışığı altında çeşitli düzen dizaynları yaparak, bazı esasları ispat etmek veya çürütmek için modeller üzerinde tahrip testleri uyguluyarak elde edilen neticelerin tefsirini yapmaktır.

## H — GENEL :

Daha evvelki Madencilik Dergisi sayılarında yayınlanan «Tavan Cıvataları Teorisi ve Pratiği» başlıklı makalemizde, tavan cıvataları teorisinden bahsetmiştik. Bu makalenin tetkikinden de anlaşılacağı üzere, tavan cıvatalarının çalışma şekillerini izah eden iki ayrı hipotez mevcuttu. Bu iki hipotezden burada da bahsetmemiz gerekecek.

Hipotez I : Tavan cıvataları çeşitli kalınlık-taki formasyonları sıkarak bunları yekpare bir kiriş haline sokar ve tavanı mukavimleştirir.

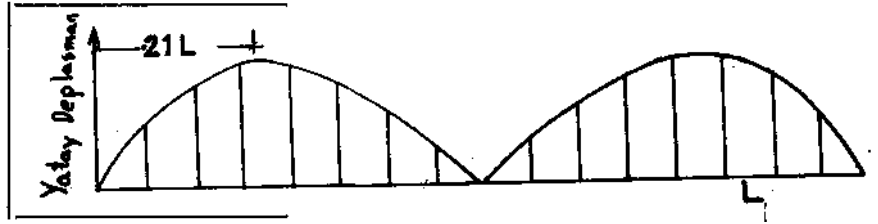
Hipotez n : Tavan cıvataları, tavanda meydana gelen tabii kavisi (natural arch) mukavimleştirir ve yerinde tutar,

Araştırmamız tamamen hipotez I deki durumun tahkiki ve bu prensipte en randımanlı dü-

zen dizaynını bulmaktır. Durum böyle olunca, makalenin açık ve anlaşılır bir şekilde olması için ve dana evvelki makalemizi okuyamamış meslektaşlarımıza yardımcı olmak üzere, evvelki yazımızda teferruatlı bir şekilde izahını yapmış olduğumuz «Kiriş Teorisini» burada kısa bir şekilde tekrar anlatmak durumundayız.

#### A — KİRİŞ TEORİSİ :

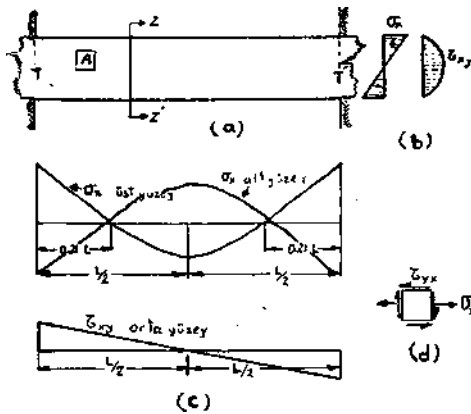
, Yatay veya yataya yakın bir dalımı olan kaya serisinde açılan herhangi bir galeri veya tünelde, tavan elemanları üzerindeki düzgün bir



Şekil : 2 — Üst ve alt tabaka yüzeylerindeki yatay deplasman.

yüke (Uniform load) göre, tavan taşındaki gerilme dağılımı, ankastre bir kirişin düzgün yük altındaki gerilim dağılımının aynıdır (Şekil I).

inşa etmiş olduğumuz modellerde, yeteri hassasiyet sağladığından ve imevzuyu kolaylaştırmak bakımından, problemin iki boyutlu bir analizi yapılmıştır. Üç boyutlu bir analiz, çok daha detaylı ve zor ankastre plakalar (build in plates) teorisine girmemizi gerektirecek, bu da problemi detaylaştırıp zorlaştıracaktır.



Şekil: 1

- Düzgün yük altındaki bir kiriş,
- Kesit ZZ' üzerindeki normal ve kayma gerilmeleri,
- Dış yüzey (outer-fiber) eğilme gerilmesi ve orta yüzey kayma, gerilmesi  $\tau$
- A elemanı üzerine etki eden gerilmeler. Senimden dolayı meydana gelen çatlaklar T1'.

Şekil I. c. de görüleceği üzere, kiriş uçlarından 0.21 L 'mesafesine kadar eğilme momenti eksi, bu noktadan sonra artı değerler alır. Bu basitçe, kiriş uçlarından 0,21 L. noktasına kadar olan mesafede kiriş baskıya, bu noktalar arasında i= çekmeğe çalıştığını gösterir.

Kiriş içindeki herhangi bir noktanın deplasmanının (displacement) dikey (y) ve yatay (50 olmak üzere iki kısmı vardır. Dikey deplasman (senim), kirişin orta noktasında maksimum değere ulaşır. Deplasmanın yatay kısmı şekil 2. deki gibidir. Şekil 2 de, yatay deplasmanın, kiriş

şin üç noktalarında ve kirişin orta noktasında *ant-tur* olduğu görülür. Yatay deplasman 0.21 L noktasında maksimum değere ulaşır. Şekil Ic. de görüleceği üzere (alt yüzey nazarı itibare alındığında) kiriş 0.21 L noktasında baskından çekmeğe geçer. Üst kiriş yüzeyinde durum bunun tam tersidir. Kiriş içindeki her hangi bir noktanın (x) doğrultusuna göre uzaması bu noktadaki uzama oranlarının (strain),  $\epsilon$ , kumulatif toplamıdır.

Düsey deplasman (senim), ancak kirişin orta noktasına yerleştirilecek bir ağaç dikme gibi vasıta ile önlenebilir. Aynı zamanda, kiriş kalınlığı artırılırsa, belli bir yük altında, kiriş daha az sehim verir. Kalınlığı t olan bir kirişin senimi, kalınlığı 4 t olan bir kirişim sehiminden 16 defa daha fazladır. O halde, kiriş kalınlığı sun'i bir şekilde artırılabilirse, tavan kirişlerinin kalınlığını tavan civataları ile arttırmak mümkündür. Tavan civataları belli kalınlıktaki tavan kirişlerini sıkarak bunları yekpare bir kiriş haline sokar [1].\*

Şekil 2 de herhangi bir ankastre kirişin üst veya alt yüzeyindeki yatay uzamaların değişimi görülmektedir. Tavan kirişi üzerinde meydana gelecek bir yükte veya kirişlerin kendi ağırlığında, tabaklar düşey olduğu gibi yatayda relatif hareketlerde bulunacaklardır. Yatay uzama oranı zamanla tabakalaşma yüzeylerindeki yapıştırıcı maddenin mukavemetini yenörek tabakaların birbirinden ayrılmalarını gerektirecek, bu da tavan mukavemetini önemli ölçüde azaltacaktır. Tavan civataları ile tavan kirişi serisi

[1]\* Köşeli parantez içindeki rakamlar yazının sonundaki referansı gösterir.

sıkıldığında tabaka yüzeylerindeki sürtünme mukavemetini arttırmak, böylece tavanı daha mukavimleştirmek imkan dahilindedir [2].

Bu mantık silsilesi içinde düşünüldüğünde ortaya mühim bir problem çıkmaktadır. Tavan kirişi serisine hangi noktadan civatalama yapıldığında en mukavim şartlar elde edilir? Araştırmamızın ana gayesi bu suale cevap bulmaktır.

#### m. MODEL, DİZYANI

Çeşitli ilim ve teknik branşlarında «Model» teriminin değişik anlamları vardır. Madencilik ilim ve teknolojisinde modelleri dört ayrı kategoriye ayırabiliriz: resimlendirilmiş modeller (pictorial models), tasvir modelleri (iconic models), analogik modeller (analogic models), sembolik modeller (symbolic models) [3],

tsmindende anlaşılacağı üzere, resimlendirilmiş modeller, temsil ettikleri üniteyi veya yapıyı iki boyut dahilinde, fotoğraf, çizim, diyagram, plan şeklinde şekillendirirler.

Tasvir modelleri temsil ettikleri yapıyı veya üniteyi üç boyutlu olarak gösterirler. Topografik ve boyut modelleri bu sınıflandırmaya sokabiliriz.

Anolojik modeller anolojiyi gösterirler; anoloji iki cisim arasındaki veya bir cismin diğerine göre benzerliğidir. Bu benzerlik cisimlerin kendilerinin birbirine göre aynılığı değil, fakat çeşitli olaylar altında bu cisimlerde meydana gelen mahiyet, durum veya tesir benzerliğidir. Grafikler tipik analogik modellerdir; eksenlerdeki mesafeler tenor, maliyet, tonaj, yüzde ve frekans gibi özelliklere analogiktir (benzerdir). Elektronik beyin kartları, laboratuvar düzenleri, firma organizasyon Şemaları, pilot tesisler analogik modellere misal teşkil ederler.

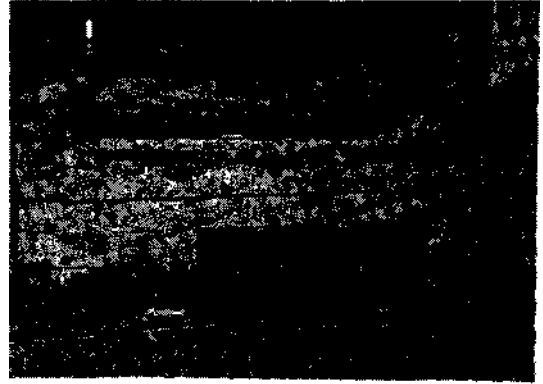
Sembolik modeller herhangi bir faaliyetin veya sistemin nazari tarifidir. Sistemin çeşitli ünitelerini ve bu üniteler arasındaki münasebetleri temsil etmek için semboller kullanılır. Bu semboller, incelenen sistemin gerektirdiği duruma göre matematiksel veya mantıksal olabilir. Sembolik mantık düşünülen işlemlerin şekillerle kısa bir şekilde ifadeleridir. Sembolik modelin en bariz misalini elastisite teorisinin kaya hareketlerine uygulanmasında görürüz [4].

Bu araştırmada kullanılan modeller boyut modeli sınıflandırmasına girerler.

Araştırmada nazari İtibare alman prototip veya tam boyutlu struktur, herhangi bir galeri veya tünelde, düzgün ve tamamen yatay bir şekilde tabakalaşmış bir tavadır. Problemi basitleştirmek için aşağıdaki tahditler konmuştur.

Tavan eşit kalınlıktaki ve aynı malzemeden meydana gelmiş tabakalardan teşekkül etmiştir. Tabakaların temas yüzeyleri tamamen serbesttir ve yapıştırıcı herhangi bir madde yoktur. Tavan civatalan tavana dik olarak tesis edilirler.

Modellerin genel görünüşleri şekil 3 ve 4 de verilmiştir.

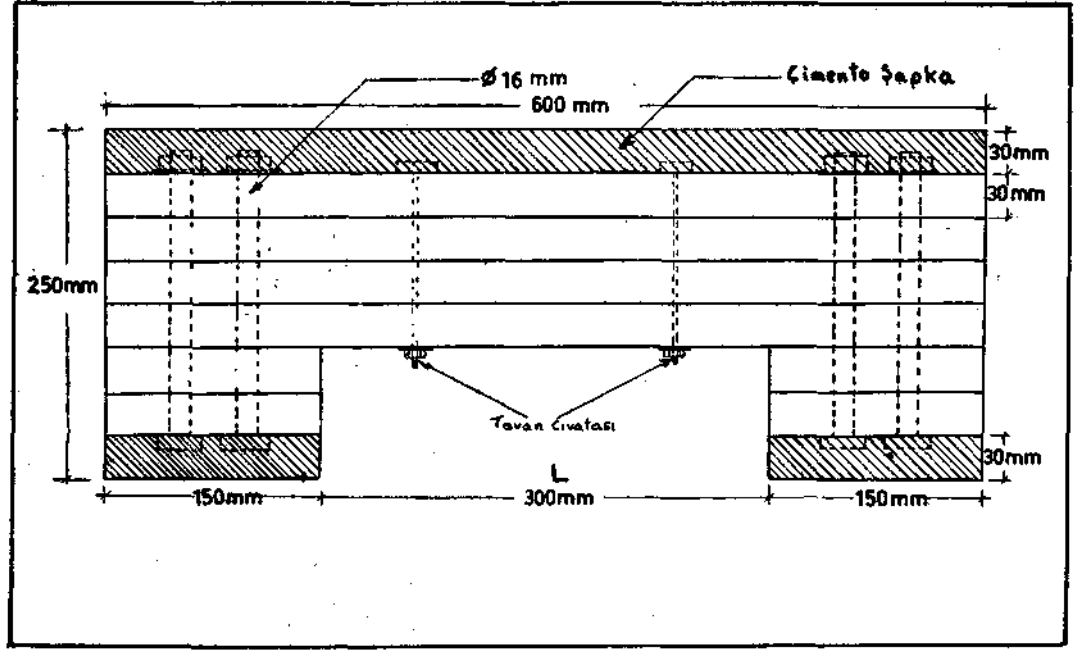


Şekil : 3 — Tipik bir model.

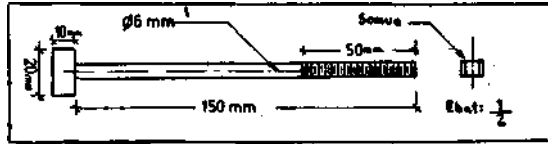
Model malzemesi olarak mermer (Haymana mermeri) seçilmiştir. Buna sebep, mermerin plastisite göstermemesi ve çok gevrek (brittle) bir malzeme oluşu ve genellikle boyut model araştırmalarında kullanılışdır. Kiriş açıklığı (L) bütün modellerde 30cm dir. Toplam tabaka kalınlığı (t) 12.4 ile 13 cm arasındadır (t dört seriden meydana gelmiş tabakalara toplam kalınlığıdır. Her bir tabaka 3.1 cm kaniğindedir.) Bütün modellerde en 10 cm dir. Aynı zamanda deneyler boyunca civata uzunluğu (h), civata delik çapı (d), civata çapı (d') sabit tutulmuştur. Modellerde, L/t, L/b, h/L, d'/L oranları geometrik ve strüktürel sabiteleri teşkil ederler.

Şüphesiz, civatalara verilecek gerilme (P) çok mühimdir. Deneylerimizde civatalara verilecek torku ölçmek için cihazımız olmadığından bu değerleri kantitatif olarak tesbit etmemiz mümkün olmamıştır. Ancak, somunlar anahtar ile eşit miktarda ve ölçüde sıkılmıştır, ve bu noktada son derece dikkatli davranılmıştır. Civatalara eşit gerilme verme konusunda ufak bazı hatalarımız olmuş olabilir, ancak, bu hatalar deney sonuçlarını değiştirici mahiyette değildir. Tabakalarda ankastre durumu yaratabilmek için tabakaların uç noktalarından dört civata ile sıkılmış ve böylece ideal ankastre giriş durumu yaratılabilmeye çalışılmıştır.

Modellerde tavan civatası yerine basit civatalar kullanılmıştır. Buna sebep bu boyutta tavan civatası imal etme güçlüğü ve randımanlı bir ankraj sağlanamayacağı düşüncesidir.



Şekil : 4 – Model detayı.



Şekil : 5 – Tavana tesis edilen civatanın detayı.

Model araştırmalarımızda kullanılan boyut 1/10 dur. Bu duruma göre modellerimiz, 3 metre eninde, 1 metre genişliğinde ve 140 cm tavan kalınlığındaki bir prototipe tekabül eder. Prototipin lineer boyutları K faktörü ile küçültüldüğünden ( $K = 1/10$  bütün modellerde), yük faktörü  $K_2$ , moment faktörü  $K$  ile değişir fakat gerilmeler değişmez.

Prototipin dayanacağı maksimum yük  $Y_{(max)}$  ve modelin dayanacağı yük  $y_{(max)}$  ile gösterilirse, aşağıdaki bağlantıyı kurabiliriz.

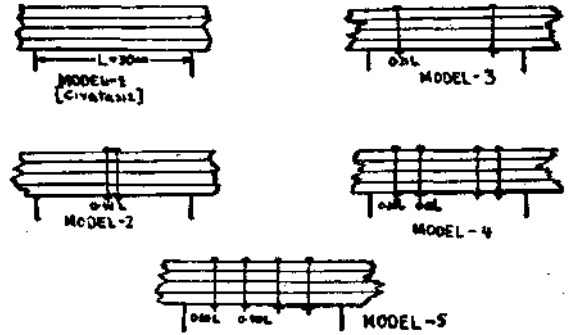
$$K^2 Y_{(aux.)} = y_{(mu.)}$$

$$K = 1/10 \text{ olduğundan}$$

$$Y_{(max.)} = 10e y_{(max.)} \quad (D)$$

Deneylerimizden elde edilen kanüitatif neticeler, aynı malzemeden ve malzeme mekanik karakteristiklerine haiz (özgül ağırlık  $w$ , basma mukavemeti  $g$ , elastisite modülü  $E$ ) prototipe uygular. Fakat, kalitatif neticeler (değişik civata düzenleri tatbik edilen modellerdeki relativ mukavemet artışı gibi) aynı şekildeki bütün strukturier için geçerlidir, o halde, tayan

yatay bir şekide tabakalaşmış kumtaşı, kalker veya şeyi olsun, kalitatif neticeler değişmez. Kısım n deki irdelemenin ışığı altında modellere şekil 6 da gösterilen civata düzenleri (patern) tatbik edilmijştir.



Şekil : 6 – Değişik modellerdeki civata düzenleri.

#### IV. DENEYİN İZAHI

A – Deneylerde kullanılan malzemeler.

1 – Mermer

Modellerde kullanılan mermerin mekanik özellikleri aşağıdaki gibidir.

özgül ağırlığı ( $W$ ) – 2.44 gr/cm<sup>3</sup>

Basma mukavemeti ( $\hat{\sigma}$ ) = 881 kg/cm<sup>2</sup>

Elastisite modülü ( $E$ ) = 62.5 Be 10\* kg/cm<sup>2</sup>

## 2 — Çimento

Model detayı şeklinde (şekil 4) görüleceği üzere, ankastre kiriş durumunu gerçekleştiren sıkıcı cıvatalar ve şekilde gösterilen tavan cıvatalarının baş kısımları modelin yükleme yüzeyi üzerine çıkmış durumdadır. Bu durumda modeler! düzgün (uniform) bir yük altında yüklemek mümkün değildir. Bu sebepten dolayı, modellerin alt ve üst yüzeyleri çimento şapka ile sıvamak hasıl olmuştur. Böylece, model düzgün bir yük altında yüklenmiş ve herhangi bir nokta basınç konsantrasyonu önlenmiştir.

## 3 — Sıkıştırıcı Cıvatalar

Bu cıvataların tavan cıvataları ile bir ilgisi yoktur. Bunlar kirişlerde ankastre durumu yaratmak için tesis edilmişlerdir. Sıkıcı cıvatalar 16 mm çapında ve 200 mm uzunluğundadır.

## 4 — Tavan Cıvataları

Şekil 5 de tavan cıvatası detayı verilmiştir. Cıvataların alt ve üst yüzeylerde olmak üzere iki adet rondelası vardır. Dişlerde bir sıyırmayı önlemek için iki adet somun kullanılmıştır. Cıvata çeliğinin çekme mukavemeti 46 kg/mm<sup>2</sup> dir.

## 5 — Yükleyici Çelik Lama

Yükleme makinası ile model arasında bir yastık vazifesini gören bu lama, makina yük-kafası ile verilen konsantre yükü, model üzerine düzgün dağılımlı bir yük olarak iletir. Lama 60 cm uzunluğunda, 12 cm genişliğinde ve 6.5 cm kalınlığındadır.

## B •— Yüklem Makinası

Şekil 7 de yüklem makinasının fotoğrafı görülmektedir. Reihite yüklem makinası, 0-200 ton arasındaki herhangi bir yüke ayarlanabilmekte ve istenilen yüklem hızı otomatik olarak verilebilmektedir. Cihaz, ayrıca, yük birim uzama (deformasyon) grafiğini otomatik bir şekilde çıkarmaktadır.

## 1 — Yüklem seldi

Bütün modeller en ve boyları itibariyle düzgün (uniform) yüklenmişlerdir.

Modellere tahrip testi uygulanmış ve deney, her kirişin orta noktasında çekme gerilmesinden dolayı bir çatlağın meydana gelmesi ve ankastre uçlarında kesme gerilmesinden dolayı çatlama tamamlanacağına kadar devam etmiştir. Yüklem hızı bütün deneylerde 1250 kg/dak olarak seçilmiştir.



Şekil : 7 — Beihle yüklem makinası.

## V. NETİCELER VE İRDELEMELER

### A — Neticeler

#### 1 — MODEL 1

Model 1 de tavanı iriukavimleştirmek için hiç bir cıvata kullanılmamıştır. Bu modelin ana gayesi cıvatalı bir model ile cıvatalanmamış bir model arasındaki mukavemet farkını görmektir.

Tablo I — Model 1 in geometrik ve struktürel sabitleri

MODEL-I	O R A N L A R				
	L/t	L/b	h/L	d'/d	N
	2.50	3.00	0.40	0.75	—

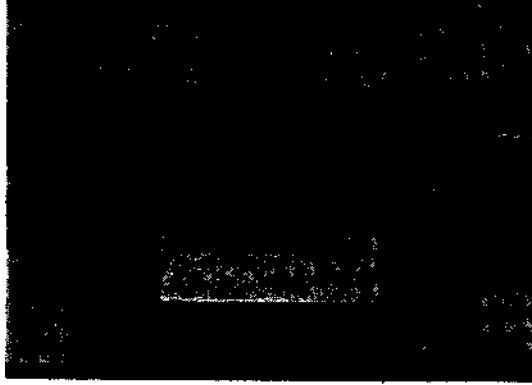
Burada,

L = Kiriş acılığı, t = Kiriş toplam kalınlığı,  
b = Model gerdjgpağı, lığı,  
d' = Cıvta çapı, h = Cıvata uzunluğu,  
d = Cıvata delik çapı,

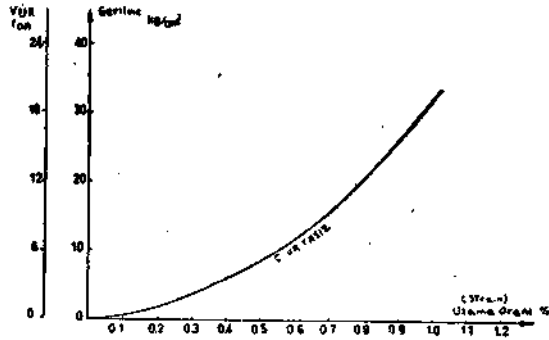
N<sub>1</sub> = Tesis edilen tavan cıvatası adedi.

Bu teste ait bütün malumat şekil 9 daki gerilme, uzama oranı grafiğinde verilmiştir. Şe-

Şekil 8 de modelin deneyden sonraki durumu görülmektedir. Model I in dayanma mukavemeti 20.000 kg bulunmuştur.



Şekil : 8 — Model 1 in deneyden sonraki durumu. (çatlaklar görülebilmesi için kalem ile işaretlenmiştir).



Şekil : 9 — Model 1 in gerilim-uzama oranı karakteristiği.

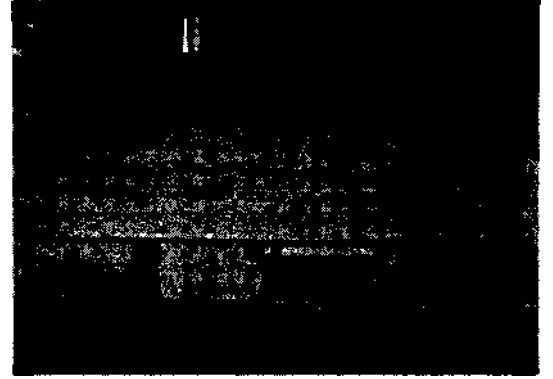
## 2 — MODEL 2

Tablo n — Model 2 nin geometrik ve yapısal sabitleri

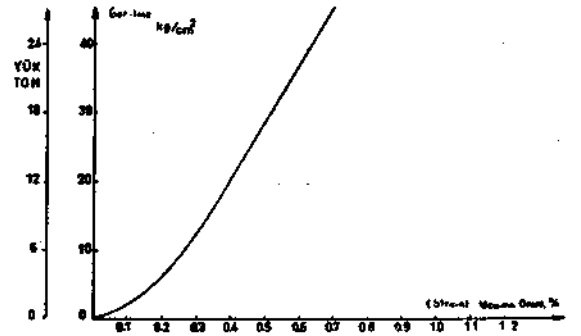
MODEL- 2	O R A N L A R				
	L/t	L/b	h/L	d'/d	N
	2.50	3.00	0.40	0.75	—

Model 2, Şekil (10 ve 6) da görüldüğü şekilde, iki tavan civatası ile civatalanmıştır. Civatalar kirişin ankastre noktasından, sağ ve sol uçtan, 0.46 L mesafesine yerleştirilmiştir. Bu model deneyindeki ana gaye tavan giriş genişliğinin orta noktasından civatalama durumunda tavanda meydana gelecek mukavemet artışını tesbit etmektir.

Bu modelin dayanma mukavemeti 27500 kg olarak tesbit edilmiştir. Çatlaklar en alt tabakanın orta noktasından bağliyerek yukarı tabakalara atlamıştır. Bu arada ankastre uçların-



Şekil : 10 — Model 2 nin deneyden sonraki fotoğrafı (çatlaklar kalem ile işaretlenmiştir).



Şekil : 11 — Model 2 nin gerilim-uzama oranı karakteristiği.

da kesme gerilmeleri tesiri altında çatlamıştır. Modelin mukavemet karakteristiği şekil n de verilmiştir

## 8 MODEL 8

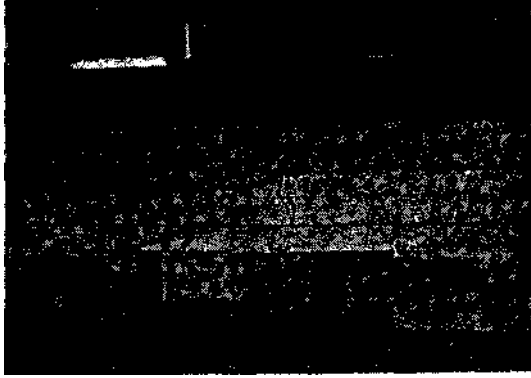
Tablo m — Model 8 ün geometrik ve yapısal sabitleri

MODEL- 3	O R A N L A R				
	L/t	L/b	h/L	d'/d	N
	2.45	3.00	0.42	0.75	2

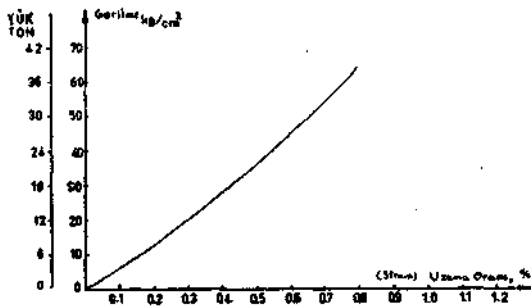
Model 3 de tamam mukavmetleştirmek için, Model 2 de olduğu gibi, iki adet tavan civatası kullanılmıştır (bak şekil 12 ve 6). Civatalar kirişin genişliğine göre sağ ve sol ankastre noktalarından 0,21 L noktasına yerleştirilmiştir, kısmı n-A da verilen izahat hatırlanacak olursa, İbu noktalarda (0.21 L) tabakaların relatif deplasmanları veya birim uzamaları maksimumdur (bak şekil 2).

Bu modelin dayanma mukavemeti 39500 kg olarak tesbit edilmiştir. Çatlaklar kiriş seris-

nin en alt noktası, ve ortasından yukarı doğru ara ile çatlamışlar ve bu arada kesme gerilmelerinden dolayı ankastre noktalarında çatlaklar meydana gelmiştir. Şekil 12 de modelin deneyden sonraki çatlak durumunu ve şekil 13 de modelin gerilme - uzama oranı karakteristiği verilmiştir.



Şekil : 12 — Model S'ün deneyden sonraki fotoğrafı (çatlaklar kalem ile işaretlenmiştir).



Şekil : 13 — Model S'ün gerilme - uzama oranı karakteristiği.

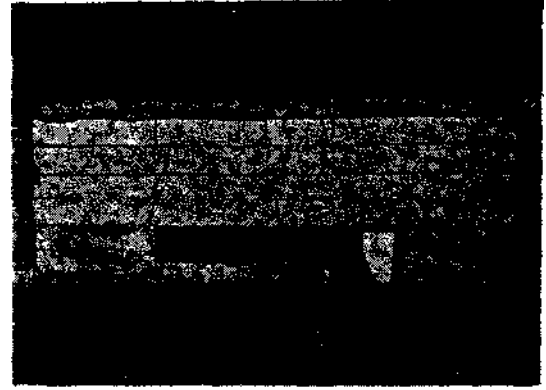
#### 4 — MODEL 4

Tablo IV — Model 4'ün geometrik ve yapısal sabitleri

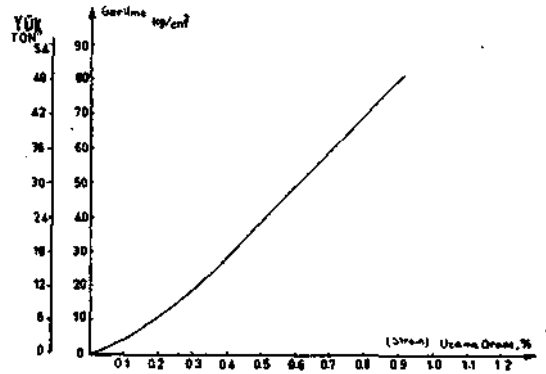
MODEL-4	O R A N L A R				
	L/t	L/b	h/L	d'/d	N
	2.22	3.00	0.45	0.75	4

Model 4 de tamam mukavimleştirilmek için 4 adet tavan civatası kullanılmıştır, bak şekil 14 ve 6). Tavan civataları simetrik olarak ankastre uçlarından 0.21 L ve 0.31 L mesafelerine yerleştirilmiştir.

Bu modelin dayanma mukavemeti 48750 kg olarak tesbit edilmiştir. Bütün modellerde olduğu gibi, deney, tabakların her birinde çekme gerilmelerinden dolayı giriş orta kısmında bir çatlak



Şekil : 14 — Model 4'ün deneyden sonraki fotoğrafı (çatlaklar kalem ile işaretlenmiştir).



Şekil : 15 — Model 4'ün gerilme - uzama oranı karakteristiği.

ve kesme gerilmelerinden dolayı ankastre uçlarında çatlaklar belirineeye kadar devam etmiştir. Şekil 14 de model 4'ün deneyden sonraki fotoğrafı ve şekil 15 de gerilme - uzama oranı karakteristiği verilmiştir.

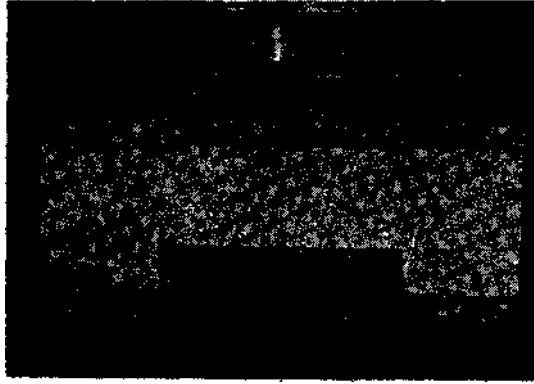
#### 5 — MODEL 5

Tablo V — Model 5'in geometrik ve yapısal sabitleri

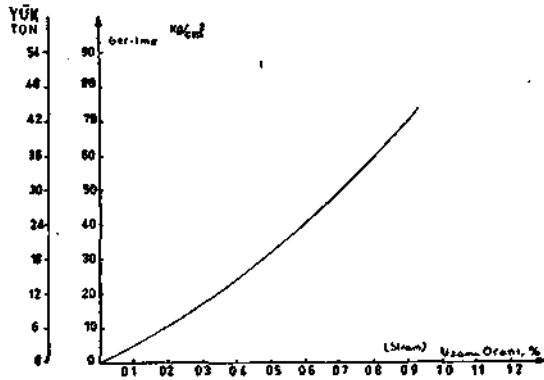
MODEL-5	O R A N L A R				
	L/t	L/b	h/L	d'/d	N
	2.22	3.00	0.45	0.75	4

Model 5 de tamam mukavimleştirilmek için 4 adet tavan civatası kullanılmıştır (bak şekil 16 ve 6). Civatalar ankastre uçlarından simetrik olarak eşit aralıklarla; 0,20 L ve 0.40 L noktalarda tesis edilmiştir.

Bu modelin dayanma mukavemeti 44500 kg olarak bulunmuştur. Çatlakların meydana geliş şekli diğer modellerin aynıdır. Modelin deneyden sonraki fotoğrafı şekil 16 da verilmiştir. Şekil 17 de modelin gerilme - uzama oranı karakteristiği görülmektedir.



Şekil : 16 — Model 5 ta deneyden sonraki fotoğrafı (çatlaklar kalem ile işaretlenmiştir).



Şekil : 17 — Model 5'in gerilme-uzama oranı karakteristiği.

Şekil: 17 — Model 5'in gerilme-uzama oranı karakteristiği.

B — İrdeleme

Model I (tavanın cıvata ile mukavimleştirilmemiş durumu) diğer modeller ile şekil 18 deki gibi karşılaştırıldığında, cıvatalanmamış model cıvatalanmış modellere göre bariz bir mukavemet düşümü göstermektedir. Tine şekil 18 de görüleceği üzere, modelleri cıvatalama tavanın deformasyon yatkınlığını azaltmaktadır.,

Model 2 de cıvatalar, kiriş genişliğinin orta noktasına yakın bir noktadan; 0.46 L> mesafesinden (bak şekil 6) cıvatalanmıştır. Bu modelde, tavanın orta noktasına yakın bir mesafeden cıvatalamanın mukavemeti önemli bir derecede artırmadığı müşahede edilmiştir. Şekil 18 den görüleceği gibi mukavimleştirme faktörü (model 1 in mukavemeti 100 alınmıştır) olarak 137 gibi bir değer elde edilmiştir. Tavanı orta noktadan cıvatalamanın (tesirsiz oluşu, muhtemelen, bu noktada tabaka yüzeylerinin birbirine göre kaymaları sıfıra yaklaşmakta olduğundadır (bak şekil 2).

Model 2 ile model 3 (her iki modelde iki cıvata ile cıvatalanmıştır) mukayese edildiğinde, cıvatalamanın 0.21 L. noktasında olduğu tavan muka-

vemetini tesirli bir şekilde arttırdığı görülür. Şekil 1 ve şekil 2 nin incelenmesinde, tabaka yüzeylerinin birbiri üzerinde kaymasının 0.21 L noktasında maksimum olduğu ve bu noktada oldukça fazla bir kesme gerilmesinin bulunduğu görülür. Model 3 de mukavimleştirme faktörü olarak 197 değeri elde edilmiştir. Başka bir deyişle, model 3 model 1'e göre 1.97 defa daha mukavimdir.

Model 4 ve Model 5 de tavanı mukavimleştirmek üzere, her modelde. 4 adet tavan cıvatası kullanılmıştır. Model 4 de tavan 0.21 L ve 0.31 L mesafelerinden cıvatalanmıştır. Model 5 de cıvatalar tavan genişliğine göre eşit aralıklarla, 0.20 L ve 0.40 L mesafelerinden tesis edilmişlerdir. Şekil 18 de görüleceği gibi model4, model 5 e nazaran daha mukavimdir, fakat mukavemetler arasındaki fark fazla değildir. Model 4 de mukavimleştirme faktörü olarak 244 ve model 5 de 233 değerleri elde edilmiştir.

Model 4 ile Model 5 in mukayesesinde dikkati çeken en enteresan nokta, simetrik iki cıvatayı tavan kirişinin orta noktasına 0.31 L noktasından daha fazla yaklaştırmak tavanı mukavimleştirmede daha az etkili oluşudur.

Ayrıca Model 1 den Model 5'e doğru model fotoğrafları incelenirse, çatlakların tedricen birbirlerini daha sık, adeta bir çatlakmış gibi takip ettikleri görülür. Bundan çıkarılabilecek sonuç, tavan cıvatalarının lokasyonları etkili oldukça ve cıvata sayısı arttırıldıkça yekpare bir kirişteki çatlak şekline yaklaşıldığı görülür.

## VI. SONUÇ

Tavanı cıvatalama, tavan tabaka serisinin mukavemetini arttırmakta ve tavandaki deformasyonları azaltmaktadır.

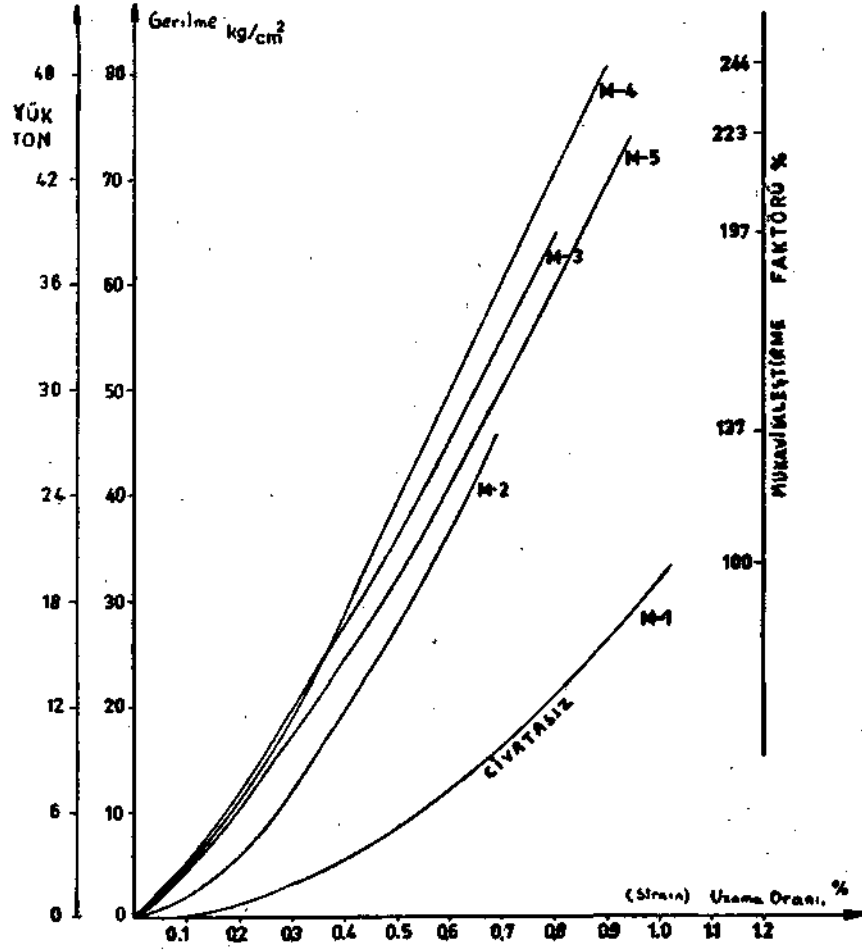
Tavan cıvatası adedi arttırıldıkça tavan mukavemeti artmaktadır.

Yetersiz bir cıvatalama düzeni yüzünden tavan göçüğü meydana gelebilir. Tavanı cıvatalamada tatbik edilecek cıvatalama düzeni çok mühimdir.

«Kirişleri yekpareleştirme» prensibine göre (hipotez I), cıvatalanan tavanda, tavan cıvatalarını kiriş genişliğinin orta noktasından cıvatalama mukavemeti artırma yönünden tesiri çok azdır. Tavan cıvatalarının kiriş genişliğine göre (L) 0.21 L mesafesinden tesis etme tavanı mukavimleştirme yönünden en ideal noktadır.

Kısa tavan genişliklerinde cıvatalama yönünden en elverişli noktalar 0.18 L ile 0.24 L arasındadır. Uzun tavan genişliklerinde eşit mesafe aralıklarıyla cıvatalama tavsiye edilir. Çünkü, geniş tavanlarda lokal arızalardan dolayı tavanı en iyi şekilde eşit aralıklı mesafelerde tesis edilen tavan cıvataları ile tutmak mümkündür.





Şekil : 18 — Bütün modellerdeki mukavimleştirme faktörü ve gerilim - uzama oranı karakteristikleri.

#### BİBLİYOGRAFİK TANITIM:

1. Luis. A. Panek : Principles of Reinforcing Bedded Mine Roof With Bolts. U.S.B.M., OI 5156, 1956.
2. Ünver Ömer : Model Studies for Determining' an Efficient Roof Bolting Pattern, M.E.T.U., Master Thesis, 1967.
3. Hewlett. F. Richard; Redmon. D. E.: ing and Applications of Some mathematical Models for Nine-System Analysis, U.S.B.M., RI 6158, 1963.
4. Swain Roger : The Uses of Models in Mining Engineer, Vol. 124, No: 55, 1965.