

PULLUKLU KAZIDA ÖNGERİLMENİN PULLUK ZİNCİRİ VE TESPİT SİSTEMİ KUVVETLERİNE YAPTIĞI ETKİNİN ARAŞTIRILMASI

Naci BÖLÜKBAŞI*

özet

Pullukta kazıda üzerinde durulması gereken sorunlardan biri de, pulluk zincirine uygulanan öngerilme miktarının doğru olarak seçilmesidir. Çekme kuvvetine bağlı olarak değişik değerler alması gereken öngerilmenin, doğru olarak seçilip uygulanmaması birçok kazalara neden olmaktadır.

Değişik öngerilmelerin pulluk zinciri ve ayak başlarındaki tespit sistemlerinde oluşturacağı kuvvetlerin araştırılması, yeraltında emniyet açısından sakıncası ve gerekli elektriksel ölçü sistemlerinin uygulanmasındaki güçlüklerden dolayı, V⁴ ölçekli bir model pulluk kullanılarak laboratuvarda yapılmıştır (1). Tebliğde bu araştırma ile bulunan pratik sonuçlar verilmiş, ve bunlar teorik olarak hesaplanan sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

Abstract

One of the most important problems in coal ploughing is the correct selection of the chain pre-tension. If the correct pre-tension, which varies according to the value of the haulage force, is not applied to the haulage chain, various accidents at the longwall face may occur.

Since it is very difficult to make the necessary instrumentation and no safe to carry out experiments underground

(*) Dr. Mad. Y. Müh., O.D.T.Ü. öğretim Üyesi, Ankara.

to study the effect of pre-tension on chain, and anchorage forces, this study was carried out in the laboratory using a 1/4 scale model plough. In this paper the theoretical relationships between pre-tension, haulage force, trailing chain force and anchorage forces are described and the experimental results are compared with the theoretical results.

1. Giriş

Kömür pulluğu, uzun ayağın her iki ucundaki tespit sistemlerine yerleştirilmiş dişlilerin üzerinden geçen bir sonsuz zincir üe ayak boyunca ileri geri hareket eder. Zincirin hareketi, dişlülerden birinde veya her ikisinde de motor kullanılarak sağlanır. Ayak boyunca uzanan bu zincirde, gerilme sonucu toplanan enerji her zaman bir tehlike kaynağıdır. Bu durum aşağıda belirtilen kazalara neden olabilir.

- a. Gevşek olan zincirin ani hareketiyle almda bulunan işçilere çarpmasından oluşan kazalar.
- b. Zincir kopması neticesi boşalan zincir ucunun ani hareketiyle oluşan kazalar.
- c. Zincir gerilmesinin serbest bırakılması ve pulluk bakım sırasında pulluğun ani hareketi üe oluşan kazalar.
- d. Fazla eğimli ayaklarda zincir kopması neticesi pulluğun aşağı doğru kaymasıyla oluşan kazalar.
- e. Çekme zincirinde meydana gelebilen yüksek gerilmeler, eğer ayak başlarındaki tespit sistemleri kapasitesi yetersiz ise, tespit sisteminin hareketine, dolayısıyla kazalara sebep olabilir.

Yukarıda belirtilen kazaların en az düzeye indirilmesi için, sonsuz zincirde hem gevşeklik hemde yüksek gerilme olmamalıdır. Bunun sağlanmasında pulluk zincirine verilecek öngerilme miktarının yeterli olması gerekir, öngerilme lüzumundan az olduğunda, pulluğu izleyen zincir kazı sırasında gevşeklik kazanmakta, fazla olduğunda ise, çekme zincirindeki gerilme ve tespit sisteminde oluşan kuvvet çok yüksek düzeylere çıkmaktadır.

Araştırma 1/4 ölçeğine göre inşa edilmiş bir model ayakta, "Gleithobel" tipi pulluk kullanılarak yapılmıştır. Temsili kö-

mür, çimento ve toz kömür karışımından, dayanımı ölçeğe göre azaltılmış tabakalar halinde dökülmüştür. Böylece 0,20 m'lik kesme yüksekliği ve 0.18 m'lik tavan oluşturulmuştur. Model ayak, ongenime, zincir gerilmesi, çekme kuvveti ve tespit sisteminde oluşan kuvvetlerin ölçülerek, otomatik olarak kağıt üzerine kaydedilmelerini sağlayacak biçimde, gerekli elektriksel ölçü sistemleri ile donatılmıştır. Yapılan araştırmada pulluk kesme derinliği arttırılarak değişik çekme kuvvetleri elde edilmiş ve zincire değişik öngerilme miktarları uygulanarak, pulluğu izleyen zincir ve tespit sistemlerindeki kuvvetler ölçülmüştür.

Deney sırasında ölçülen kuvvetlerin tam ölçekli bir sisteme dönüştürülmesi için, boyut analizi kullanılarak elde edilen kuvvet boyut faktörü (64) ile çarpılması gerekir.

2. Pulluk Zinciri ve Tespit Sistemlerinde Oluşan Kuvvetlerin Teorik Olarak Hesaplanması (2)

Şekil -1 düz bir zemin üzerine kurulan model ayağı göstermektedir. Görüldüğü gibi model ayakta çekme, sadece bir motor ve dişli taraftan yapılmakta, diğeri ise dönüş dişlisi olarak kullanılmaktadır. Böyle bir durumda kazı yönüne göre değişik kuvvetler oluşacağından, hesaplamaların ayrı ayrı yapılması gereklidir.

2.1. Pulluğun Çekme Dişlisinden Dönüş Dişlisine Doğru Hareket Etmesi Hali (Şekil - 2 (a)).

Hesaplamalarda aşağıdaki değişkenler kullanılmıştır:

F_j : Pulluğu çeken zincir gerilmesi.

F_2 : Dönüş zinciri gerilmesi.

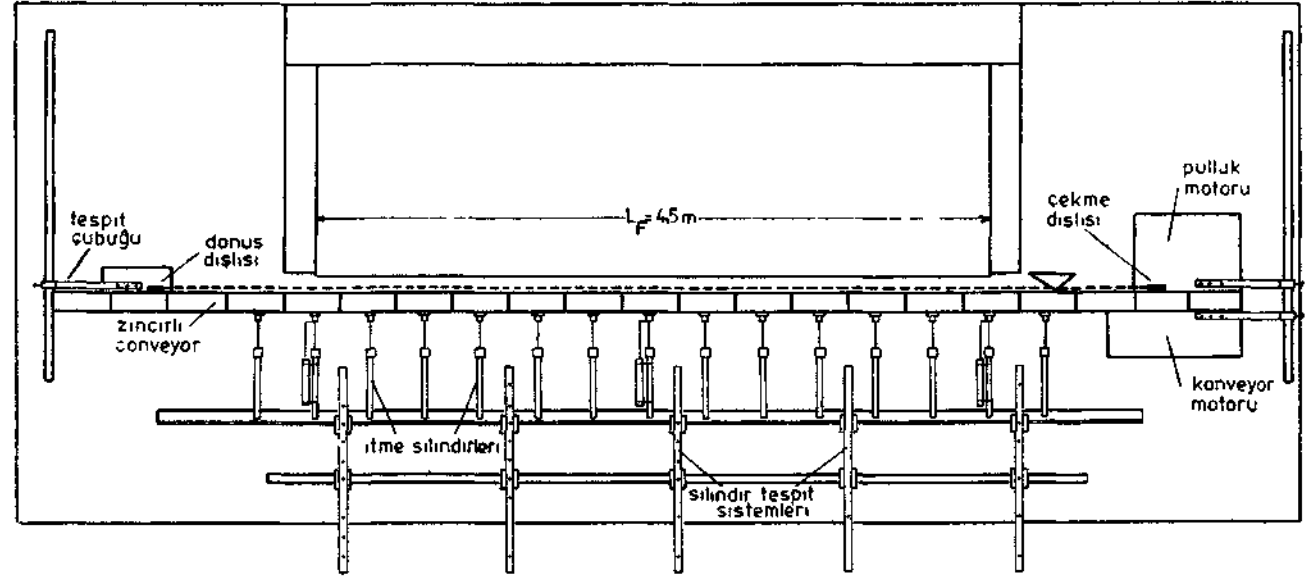
F_3 : Pulluğu izleyen zincir gerilmesi.

F : Çekme kuvveti (kesme + yükleme + sürtünme kuvveti).

L : Zincir dişlileri arası uzunluk.

l : Pulluğun zincir dişlisinden itibaren aldığı yol uzunluğu.

254



ŞEKİL-1 MODEL AYAGIN GÖRÜŞÜ

Ad : Dönüş dişlisinin bulunduğu tespit sisteminde oluşan kuvvet.

Aç : Çekme dişlisinin bulunduğu tespit sisteminde oluşan kuvvet.

P_t : Sonsuz zincire verilen öngerilme.

K : Zincir modülü.

Uzun ayakta eğrilik olmadığı ve zincir dişlilerindeki sürünme etkisinin az olduğu kabul edürse, Şekü - 2 (a) mn incelenmesiyle;

$$F_i = F_s$$

$$i - «s - üs ' - üs - ü$$

olduğu görülür. Sonsuz zincire P_t miktarında bir öngerilme verildiğinde, $F_i = F_2 = F_a \cdot = P_t$ olup, pulluğun kazıya başlamasıyla F_j ve F_2 gerilmeleri artarak zincirlerin uzamalarına sebep olur. Bu uzamalar pulluğu izleyen zincire aktarılarak zincirdeki gerilmeyi azaltır ve eğer öngerilme yeterli değilse gevşeklik meydana getirir. Gevşeklik oluşuncaya kadar toplam zincir uzunluğunun değişmemesinden faydalanılarak, zincirdeki gerilme aşağıdaki biçimde hesaplanabilir:

Eğer uygulanan öngerilme P_t ise;

$$\text{Çekme zincirindeki gerilim artması} = F_i - P_t$$

$$\text{Çekme zinciri uzunluğu} = L - 1$$

$$\text{Çekme zincirindeki uzama} = (F_i - P_t) (L - 1)/K$$

$$F_i = F_a + F \text{ olduğundan,}$$

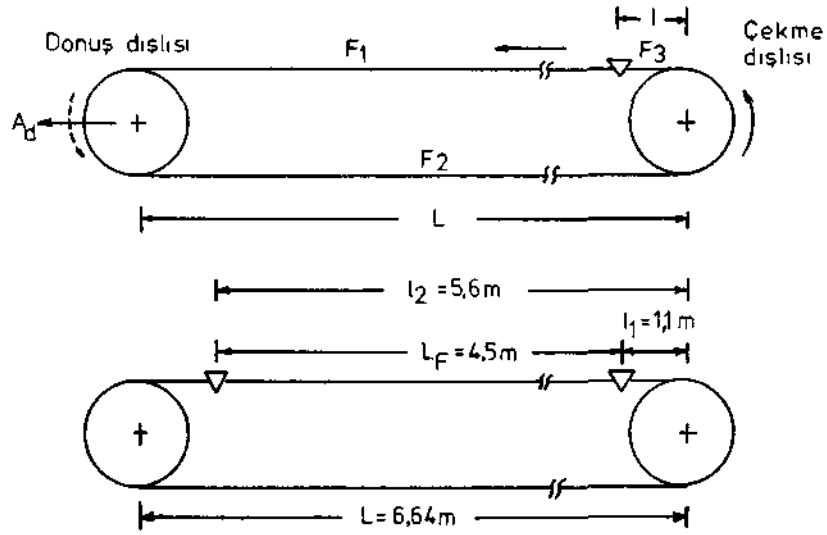
$$\text{Çekme zincirindeki uzama} = (F_3 + F - P_t) (L - 1)/K$$

$$\text{Dönüş zincirindeki gerilim artması} = F_2 - P_t$$

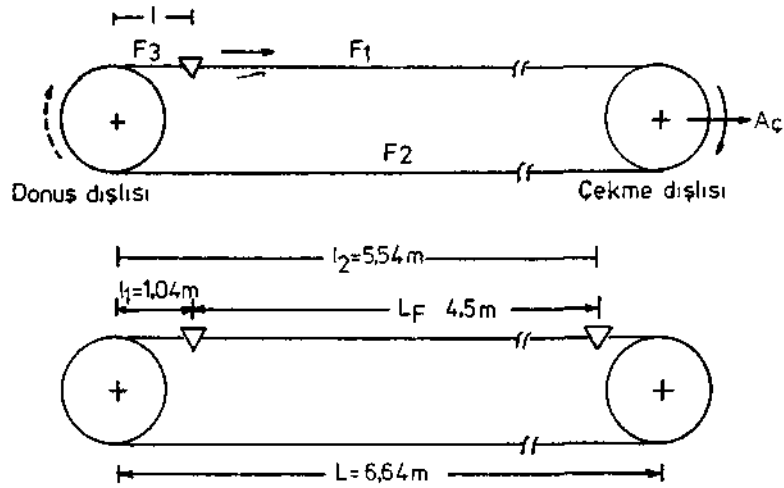
$$\text{Dönüş zinciri uzunluğu} = L$$

$$\text{Dönüş zincirindeki uzama} = (F_3 - P_t) L/K$$

$$F_2 = F - f F_3 \text{ olduğundan,}$$



(a) Kesme yonu çekme dışısından donuş dışısına doğru



(b) Kesme yonu donuş dışısından çekme dışısına doğru

$$\text{Dönüş zincirindeki uzama} = (F_3 + F - P_t) L/K$$

$$\text{Pulluğu izleyen zincirdeki gerilim artması} = F_3 - P_t$$

$$\text{Pulluğu izleyen zincir uzunluğu} = 1$$

$$\text{Pulluğu izleyen zincirdeki uzama} = (F_3 - P_t) l/K$$

Gevşeklik meydana gelinceye kadar zincir uzunluğu değişmeyeceğinden, zincir uzamaları toplamı sifira eşitlenerek F_3 bulunur:

$$\frac{(F_3 + F - P_t) (L-1)}{K} - \frac{(F_3 + F - P_t) L}{K} - \frac{(F_3 - P_t)}{K} = 0$$

$$F_3 = P_t - F \left(1 - \frac{1}{2L}\right) \dots \dots (1)$$

(1) bağıntısında görüldüğü gibi, puluğu izleyen zincirdeki gerilme (F_3), pulluğun ayak içindeki yerine bağlı olarak, aşağıda belirtilen en küçük ve en büyük değerleri almaktadır:

$$1 = 0 \text{ olduğunda, } F_3 = P_t - F \text{ (en küçük)}$$

$$1 = L \text{ olduğunda, } F_3 = P_t - F/2 \text{ (en büyük)}$$

Buradan, F_3 gerilmesinin, ongenime $< F/2$ olduğunda daima sıfır (gevşek), öngerüme $> F$ olduğunda ise daima sıfırdan büyük olduğu görülür. $F/2 < P_t < F$ olduğunda, pulluğu izleyen zincir önce gevşek, ve pulluk $h=2L (1-P_t/F)$ uzunluğunda bir yol aldıktan sonra ise gerginleşecektir.

Şekil - 2 (a) da görüldüğü gibi dönüş dişlisinin bulunduğu tespit sisteminde, zincir gerilmeleri tarafından oluşturulan kuvvet

$$A_d = F_1 + F_2 = 2F_1 = 2(F + F_3)$$

dir.

2

2.2. Pulluğun Dönüş Dişlisinden Çekme Dişlisine Doğru Hareket Etmesi Hali

Şekil - 2 (b) de görüldüğü gibi, zincir gerilmeleri arasında aşağıdaki bağıntılar vardır:

$$F_a - F_a$$

$$F_2 - F_8 = F$$

$$F_t - F_2 = F$$

F_3 gerilmesi 2.1 de belirtildiği biçimde hesaplanırsa ;

$$F_3 = P_t - F (1/2 - 1/2L) \dots \dots (2)$$

olarak bulunur. Böylece;

$$l = 0 \text{ olduğunda, } F_3 = P_t - F/2 \text{ (en küçük)}$$

$$l = L \text{ olduğunda, } F_3 = P_t \text{ (en büyük)}$$

olacaktır. $P_t > F/2$ ise, F_3 daima sıfırdan büyük, ve eğer $P_t = 0$ ise, F_3 daima sıfır olacaktır. Eğer $0 < P_t < F/2$ ise, puluğu izleyen zincir önce gevşek, ve pulluk $l = L (1 - 2P_t/F)$ uzunluğunda bir yol aldıktan sonra ise gerginleşmektedir.

Şekil - 2 (b) de görüldüğü gibi, çekme dişlisinin bulunduğu tespit sisteminde zincir gerilmeleri tarafından oluşturulan kuvvet

$$Aç = F_x + F_a = F + F_8 + F_3 = F + 2F_3$$

dir.

3. Deneysel Sonuçlar

3.1. öngerilme, Çekme ve Pulluğa İzleyen Zincir Kuvvetleri Arasındaki Bağlılıklar (kazı yönü çekme dişlisinden dönüş dişlisine doğru)

Pulluk zincirine değişik miktarlarda öngerilme uygulanarak, pulluğu izleyen zincirdeki gerilme (F_8), değişik çekme kuvvetlerinde ayrı ayrı ölçülmüştür. Kazı sırasında çekme kuvveti sabit olmayıp, azalma ve çoğalmalar göstererek değiştiğinden, ortalama çekme kuvvetine karşı ortalama zincir kuvveti verilmiştir. Herbir sonuç, genellikle, dört ayrı deneyin ortalaması alınarak bulunmuştur. Tablo-1 ve Şekil-3 alman sonuçları göstermektedir.

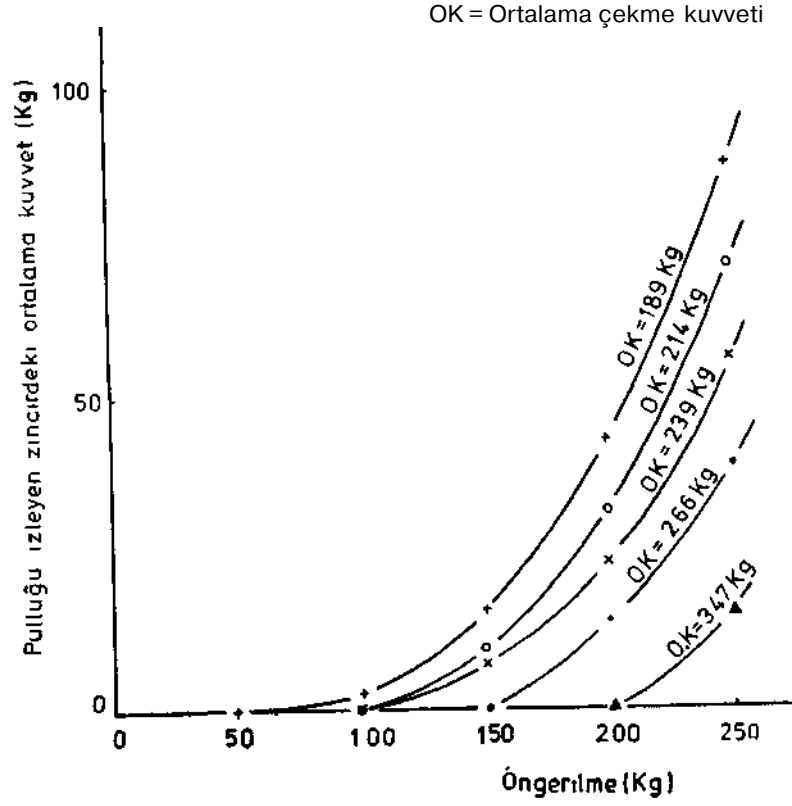
Şekil - 3'de görüldüğü gibi, teorik olarak bulunan (1) bağıntısına uygun olarak, pulluğu izleyen zincir, belirli bir önge-

Tablo 1 — öngerüme, Çekme ve Pulluğu İzleyen Zincir Kuvvetleri Arasındaki Bağlıntılar

Ortalama Çekme Kuvveti (F) Kgf ± Standard sapma	öngerilme (P) Kgt	Pulu İzleyen zincirdeki ortalama Kuvvet (F ₃) Kg* ± Standard sapma
188 ± 9	50	0
	100	3 ± 2
	150	16 ± 3
	200	43 ± 7
	250	87 ± 6
214 ± 12	100	0
	150	10 ± 3
	200	32 ± 6
	250	71 ± 2
239 ± 11	100	0
	150	8 ± 2
	200	22 ± 1
	250	56 ± 4
266 ± 13	150	0
	200	14 ± 4
	250	89 ± 7
347 ± 18	200	0
	250	15 ± 5

rilme miktarına kadar daima gevşek kalmaktadır, öngerilmenin arttırılmasıyla, F₃ önce yavaş, sonra hızlı bir biçimde artmaktadır. Buradan anlaşılmaktadır ki P₁ belirli bir miktardan az ise, pulluğu izleyen zincir devamlı olarak gevşek kalmakta, fazla ise yüksek F₈, ve dolayısıyla yüksek Pt değerleri oluşmaktadır. Bu nedenle öngerilmenin bu iki değer arasında, pulluğu izleyen zinciri yeterince gergin tutacak, fakat buradaki gerilmeyi çok fazlalaştırmayacak bir düzeyde seçilmesi gerekir.

Yine Şekü - 3'de görüldüğü gibi, F₃'nin sıfırdan büyük olması için gereken öngerilme miktarı çekme kuvvetiyle doğru orantılı olarak artmaktadır. Bu nedenle çekme kuvveti arttıkça daha fazla miktarda öngerilme uygulanması gerekir.



ŞEKİL-3. Öngerilme, çekme kuvveti ve pulluğu izleyen zincir kuvveti arasındaki bağıntı

3.2. Deneysel Sonuçları Teorik Sonuçlarla Karşılaştırılması

Deneysel sonuçların teorik sonuçlarla karşılaştırılabilmeleri için, deney sırasında ölçülen ortalama çekme kuvveti ve öngerilme miktarları için F_s değerleri Bölüm - 2'de belirtildiği biçimde hesaplanmıştır. Bu hesaplamada Şekil - 2'de görülen model ayağa ait uzunluk değerleri kullanılmıştır. Pulluğun ayak içindeki yerine bağlı olarak F_s değeri değiştiğinden, kazanın başladığı 1A ve bittiği 1B uzunlukları için ayrı ayrı F_s değerleri hesap-

lanarak pulluğu izleyen zincirdeki ortalama gerilme bulunmuştur.

Deneysel sonuçların karşılaştırılması Tablo - 2, Tablo - 3 ve Şekil-4'de görülmektedir. Görüldüğü gibi, deneysel ve teorik sonuçlar büyük uygunluk göstermektedir.

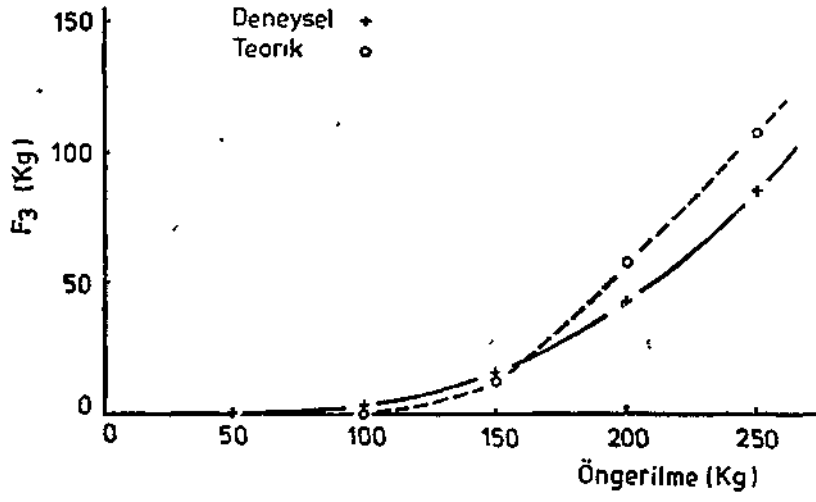
Tablo 2 — Deneysel ve Teorik Olarak Bulunan Zincir Gerilmelerinin Karşılaştırılması (kazı yönü çekme dişlisinden dönüş dişlisine doğru)

Ortalama Çekme Kuvveti (F) Kgf ± Standard sapma	öngerilme (P _i) Kgf	Pulluğu İzleyen Zincirdeki Ortalama Gerilme (F _s)	
		Deneysel Kgf ± Standard sapma	Teorik Kgf
189 ± 9	50	0	0
	100	3 ± 2	0
	150	16 ± 3	13
	200	43 ± 7	59
	250	87 ± 6	109

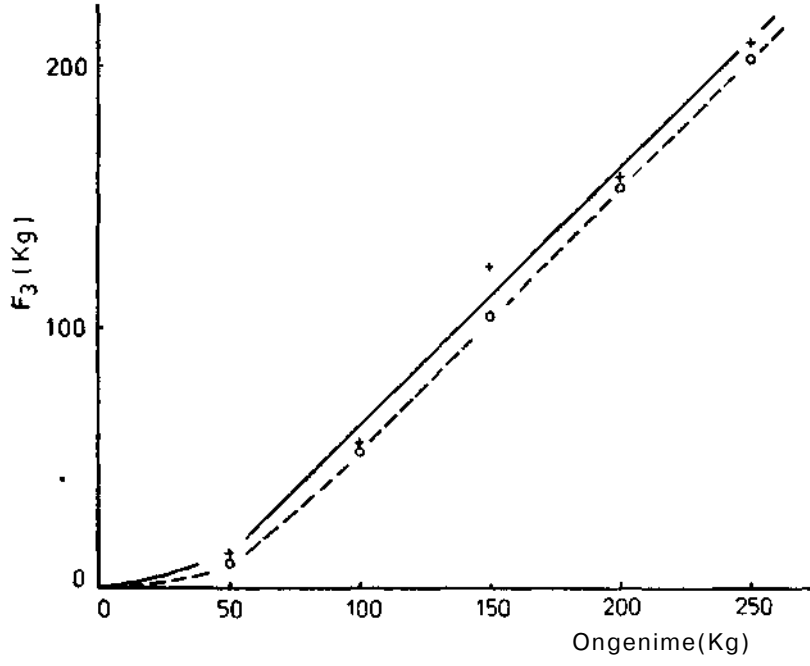
Tablo 3 — Deneysel ve Teorik Olarak Bulunan Zincir Gerilmelerinin Karşılaştırılması (kazı yönü dönüş dişlisinden çekme dişlisine doğru)

Ortalama Çekme Kuvveti (F) Kgf ± Standard sapma	öngerilme (P _i) Kgf	Pulluğu İzleyen Zincirdeki Ortalama Gerilme (F _s)	
		Deneysel Kgf ± Standard sapma	Teorik Kgf
182 ± 10	0	0	0
	50	16 ± 4	10
	100	56 ± 7	54
	150	123 ± 8	104
	200	158 ± 4	154
	250	209 ± 9	204

Yukarıdaki tablo ve şekillerden anlaşılacağı gibi, kazı yönüne bağ olarak değişik öngerilme miktarlarının kullanılması gereklidir.



(a) Kesme yönü çekme dışısından donuş dışısına doğru .



(b) Kesme yönü donuş dışısından çekme dışısına doğru .

ŞEKİL-A Deneysel ve teorik sonuçların karşılaştırılması

3.3. öngerilmenin Tespit Sisteminde Olağan Kuvvetlere Yaptığı Etkiler (kazı yönü dönüş dışısından çekme dışisine doğru).

Yapılan deneylerde, tespit sisteminde yalnız zincir gerilmelerinin etkisi ile oluşan kuvvetleri ölçmek için, zincir dışıları ve konveyör ayn ayn sistemlerle tespit edilmiştir. Zincir dışısının bulunduğu taban levhasını tespit sistemine bağlayan demir çubuk, elektriksel birim deformasyon ölçerleri (strain gauge) ile donatılarak, burada oluşan kuvvetlerin ölçülebilmesi sağlanmıştır. "Ortalama en yüksek" kuvvet, her 0.5 metrelik kazı sırasında oluşan en yüksek kuvvetlerin ortalaması alınarak bulunmuştur. Kesme derinliği sabit tutularak, ongenime, belirli miktarlarda arttırılmış ve tespit sisteminde oluşan 'ortalama' ve 'ortalama en yüksek' kuvvetler bulunmuştur. Deney sırasında ayrıca, ortalama F_3 kuvveti de ölçülerek, ortalama tespit sistemi kuvveti, Bölüm - 2.2 de belirtildiği biçimde teorik olarak hesaplanmıştır. Tablo - 4 ve Şekil - 5 bulunan deneysel sonuçları ve bunların teorik sonuçları karşılaştırılmasını göstermektedir.

Sonuçlardan görüldüğü gibi, çekme kuvveti değişmediği halde, öngerilmenin fazla olması halinde tespit sistemi kuvveti çok yüksek değerlere çıkabilmektedir. Deneysel sonuçların teorik sonuçları sağladığı burada da görülmüştür.

4 — Sonuç

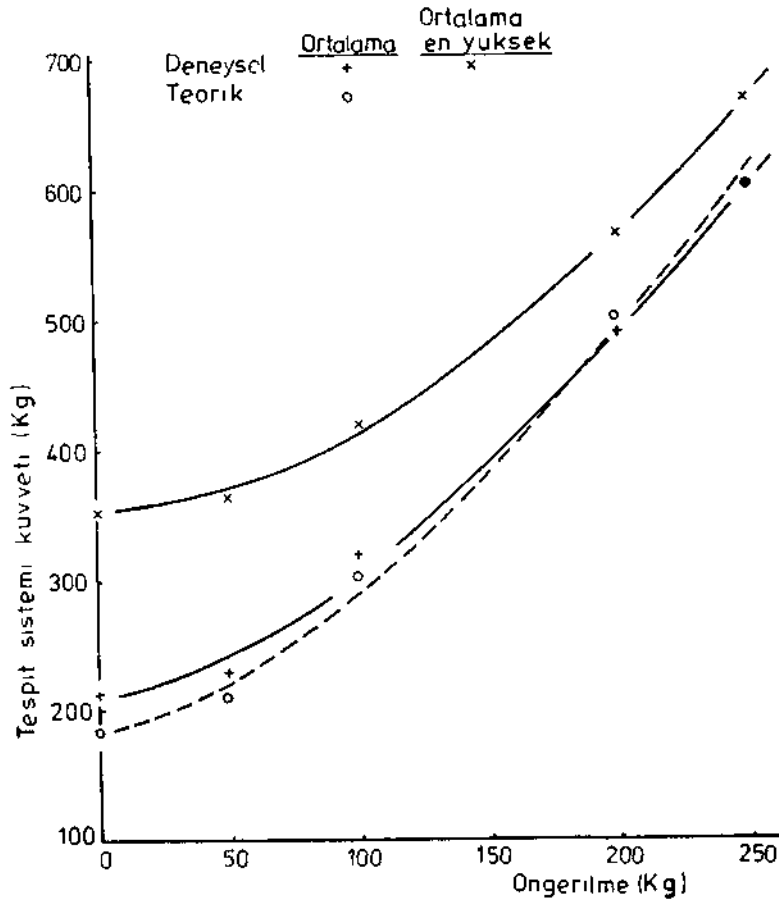
Bu tebliğde yer verilen çalışmadan çıkarılacak sonuçları şöyle özetlenebilir:

(i) Pulluklu kazıda sonsuz zincire uygulanan ongenime gereğinden az ise; pulluğu izleyen zincir devamlı olarak gevşek kalmaktadır. Bu durum pulluğun düzensiz çalışmasına sebep olduğu gibi, daha önce belirtilen tehlikeli durumları da yaratabilir.

(ii) öngerüme gereğinden fazla olduğunda, zincir gerilmeleri ve dolayısıyla tespit sistemi kuvvetleri çok yüksek düzeylere çıkabilmekte ve böylece zincir kopmaları ve tespit sistemlerinde hareketler meydana gelebilmektedir.

Tablo 4 — öngerilmenin Tespit Sisteminde Oluşan Kuvvetlere Etkisi

Çekme Kuvveti <F)		Öngerilme	Pulluğu İzleyen Zincirdeki Ortalama		Tespit Sistemi Kuvveti (Aç)		
Kgf ± Standard sapma	Ortalama en yüksek		(P,) Kgf	Kuvvet (F,) Kgf ± Standard sapma	Deneysel Kgf ± Standard sapma		Teorik Ortalama Kgf
184 ± 12	328 ± 22	0	0	209 ± 13	350 ± 27	184	
		50	13 ± 3	226 ± 14	361 ± 21	210	
		100	59 ± 5	313 ± 19	415 ± 29	302	
		200	159 ± 12	485 ± 9	561 ± 21	502	
		250	209 ± 9	599 ± 24	664 ± 25	602	



SEKİL-5 Öngerilmenin tespit sistemi kuvvetine etkisi
(Kesme yonu donus dişlisinden çekme dişlisine doğru)

(igi) Pulluğu izleyen zincirdeki gerilme kazı başlangıcında ve bitişinde en küçük ve en büyük değerleri aldığmdan, bu zincir gerilmesinin, kazı başlangıcında sıfırdan büyük ve bitişinde ise en az düzeyde olmasını sağlayacak bir öngerilme miktarı seçilmelidir.

(iv) Çekme kuvvetine bağlı olarak, pulluk zincirine verilmesi gereken öngerilme değışmekte, yüksek çekme kuvvetleri

için yüksek öngerilme miktarlarının uygulanması gerekmektedir.

(v) Pulluk tek bir motor kullanılarak çekildiğinde, kazı yönüne bağlı olarak farklı öngerilme miktarlarının uygulanması gerekir.

(vi) Yapılan çalışmada pulluk tek bir motor ile çekildiğinden, teorik hesaplamalar buna uygun olarak yapılmıştır. Pulluk, her iki dişlide de birer motor kullanılarak çekildiğinde, pulluk zinciri ve tespit sistemlerindeki kuvvetlerin teorik hesaplaması Bölüm - 2'deki yöntemin kullanılmasıyla ayrıca yapılmalı ve öngerilme miktarı buna *göre* seçümelidir (2, 3).

Bibliyografik Tanıtım

1. Bölükbaşı, N.: **Studies on the Design and Operation of Some Longwall Mining Systems Using a 1/4 Scale Model.** Doktora Tezi, Aralık 1973, Newcastle Üniversitesi.
2. Hlgson, G. R.: **Forces in Haulage Chains, Colliery Engineering,** Şubat 1966, p. 73.
3. Guppy, G. A.: and Johnson, S.N.: **Blade Shape and Power and Force Distribution Studies on a Raplb Plough Installation at Tir Pentwys Colliery, National Coal Board, M.R.E., Rapor No. 2247,** Mart 1964.