

# *Maden İşletmesinden Doğan Zemin Hareketlerine Karşı Kullanılan Yapı Sistemleri*

**The Construction Systems Used Against The Ground Movements  
Due to Mining**

Ali İhsan EROL (\*)

## ÖZET

Bu yazıda, yeraltı maden işletmesinden doğan zemin hareketleri ve bu hareketlerin yapılar üzerindeki etkileri kısaca açıklandıktan sonra, Zonguldak kömür üretim bölgeleri üzerinde yer alan 30 yapı üzerinde söz konusu zemin hareketlerinin zararlı etkileri incelenmekte ve genel bir durum değerlendirmesi yapılmaktadır. Daha sonra, zemin hareketlerine dayanıklı ya da bu hareketleri sönmüleyecek önlemlerle donatılmış yapı sistemleri anlatılmakta ve benzer sorunları olan ülkelerin çözüme yaklaşım biçimleri hakkında genel bilgi verilmektedir.

## ABSTRACT

In this paper, after the explanation of ground movements occurred due to underground mining and resulting effects on structures; various damage observed on 30 buildings which are located over the coal production districts of Zonguldak is investigated and an overall assessment is made. Then the convenient construction systems which are either built to resist or equipped with the preventive measures to sustain these movements are explained and furthermore the approaches adopted in some countries facing the same problems are introduced in general.

(\*) öğr.Gör.Dr., HÜ Mühendislik Fakültesi, Zonguldak.

## 1. GİRİŞ

Bilindiği gibi insanlar, gereksinmelerinin eksiksiz olarak karşılandığı mekanlarda yaşamlarını sürdürmek isterler. Ancak çeşitli nedenlerle bu arzu edilen duruma ulaşmada değişik problemlerle karşılaşmaktadır. Bu problemlerden bir tanesi de yapılarda görülen çatlama ve bozulmalardır. Yapılarda görülen çatlamların nedenleri aşağıda belirtilmiştir gibi çok değişik olabilmektedir:

- Çeşitli yapı kısımlarının yeterli taşıma gücüne sahip olmamaları, diğer bir deyişle, dış yükler etkisiyle yapı elemanlarının taşıma gücünün aşılması,
- Yapı malzemelerinin sıcaklık etkisiyle genleşmeleri,
- Statik yüklerin etkisiyle meydana gelen zemin oturmaları,
- Zemin suyu durumunun değişmesi nedeniyle oluşan oturmalar,
  - Heyelanlar,
  - Dinamik etkiler (deprem, rüzgâr, vb.),
  - Erozyon (tuzların su tarafından yıkanması),
  - Zeminin kimyasal değişimleri,
  - Don etkisiyle kabarma ve buzulların çözülmesi nedeniyle oluşan zemin oturmaları,
  - Yapı alt kısımlarının oyulması ya da zeminin uzama ya da kısılmaları,
    - Doğal zemin çöküntüleri,
    - Yapay zemin çöküntüleri (MADEN İŞLETMESİ).

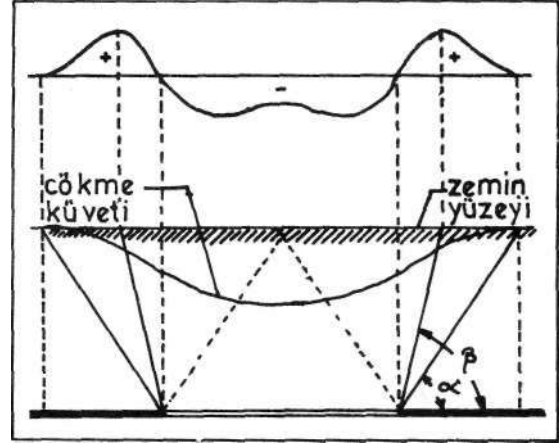
Zonguldak yerleşme bölgesinde yapılan etkileyen faktörlerden maden işletilen sahadaki belirgin faktör, zemin hareketlerinden doğan kuvvetler olmaktadır. Çünkü yapısal bozulmaların ana nedeni bundan kaynaklanmaktadır. Yeraltındaki kömürün üretimi sonucunda bir boşluk meydana gelmekte ve bu boşluğun üstteki zemin kitlesi tarafından doldurulmaya çalışılması yeryüzüne kadar ulaşan bir zemin hareketine neden olmaktadır.

Yeryüzünde meydana gelen zemin hareketleri, alt yapı tesisleri ile binalar üzerinde çatlama ve bozulmalar meydana getirerek, zaman, malzeme kaynakları ve işgücü açısından kayıplar oluşturmaktadır. Zemin hareketlerinin yapılar üzerinde oluşturduğu çatlamlar, görsel açıdan istenmeyen bir çevre meydana getirmenin yanı sıra, yapı sahiplerini maddi kayıplara uğratmakta ve kullanıcılar emniyetsizliğin verdiği tedirginlik içinde yaşamlarını sürdürmek zorunda kalmaktadırlar. Bu nedenle ma-

den işletilmesinden doğan zemin hareketleri ve yapılar üzerindeki etkilerinin araştırılması, uygun yapı sistemlerinin ortaya konulması büyük bir önem kazanmaktadır.

## 2. MADEN İŞLETMESİNDEN DOĞAN ZEMİN HAREKETLERİ

Yeraltı maden işletmesi sonucunda "çökme küveti" diye adlandırılan yer yüzeyinin yeni formu, kenarları eğimli bir çanak şeklindedir (Şekil 1). Çökme küveti üzerinde yer alan herhangi bir noktanın düşey yöndeki yer değiştirme miktarına tasman (S) denilmekte, yatay yöndeki yer değiştirme ise "birim şekil değiştirme" ile tanımlanmaktadır. Birim şekil değiştirme birim boyda meydana gelen yer değiştirme miktarıdır (mm/m) (Krantz, 1974).

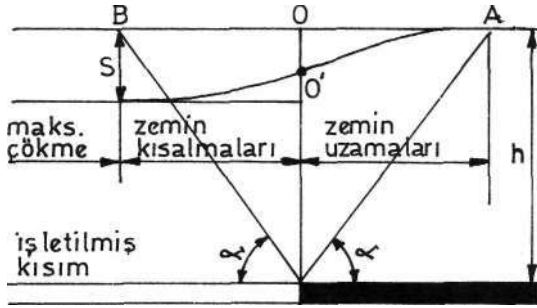


Şekil 1. Tasman olayı ve çökme küvetinin oluşumu (Luetkens, 1957)

Yeryüzeyinde meydana gelen zemin hareketlerinin büyüklüğü, zeminin cinsi, jeolojik yapısı, nemlilik derecesi ve topografyasına; işletilen damarın büyüklük, kalınlık, eğim ve derinliğine; kömür üretiminde kullanılan yöntem ve işletmenin ilerleme hızı gibi faktörlere bağlı olarak çeşitlilik gösterir. Rumbleli, kısmi ve harmonik üretim yöntemlerinin kullanılması zemin yüzeyinde meydana gelecek çökme miktarını azaltmaktadır (Proust, 1964; Luetkens, 1957).

Çökme küveti kenarındaki çökmenin sıfır olduğu noktayı işletilmiş kömür damarının ucuna birleştiren doğrunun yatayla yaptığı ( $\alpha$ ) açısı "sınır açısı" olarak adlandırılır. Bu açı genellikle  $35^{\circ}$ - $50^{\circ}$  arasında değişmektedir.

Çökme küvetinin eğimli kenar bölgesindeki maksimum çekme gerilmesinin oluştuğu noktayı üretilmiş kömür damarının ucuna birleştiren doğrunun yatayla yaptığı ( $\beta$ ) açısı "kırılma açısı" olarak adlandırılır. Bu açının değeri sınır açısından  $5^\circ$ - $15^\circ$  daha büyüktür. Çökme küvetinin eğimli kenar bölgesi Şekil 2'de görüldüğü gibi iç bükey ve dış bükey iki eğrinin birleşmesinden meydana gelmiştir. Bu iki eğrinin birleştiği (O) noktası "dönüm noktası" diye adlandırılır (Palat ve Leleux, 1973).



Şekil 2. Çökme küveti kenarındaki zemin hareketleri (Palat ve Leleux, 1973).

Tasman eğrisinin iç bükey kısmında zemin kısalmaları, dış bükey kısmında zemin uzamaları meydana gelmektedir. Çökme miktarları ise A noktasında sıfırdan başlayarak B noktasında S' kadar ulaşmaktadır.

Tasman eğrisi uzunluğu, tasman miktarı ve eğim, formüller yardımıyla yaklaşık olarak hesaplanabilmektedir (Krantz, 1974; Proust, 1964; Luetkens, 1957).

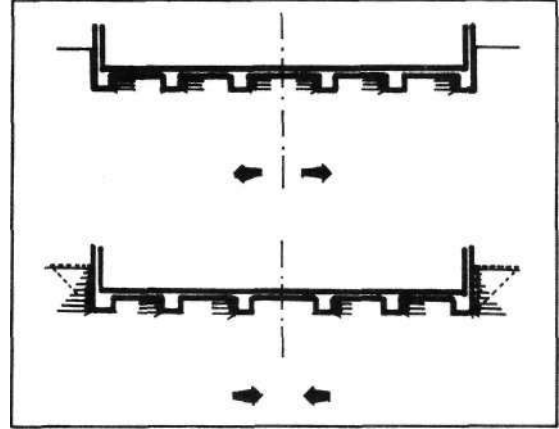
### 3. ZEMİN HAREKETLERİNİN YAPILAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Maden işletmesi nedeniyle çökme küveti eğimli kenar bölgesinde ortaya çıkan zeminin uzama ya da kısalmaları zemine sıkıca yerleşmiş olan yapı temelinin boyutlarını değiştirmeye zorlamaktadır. Ayrıca zemin yüzeyindeki herhangi iki noktanın farklı oturması ve eğim değişikliği meydana getirmesi nedeniyle yapıların bir tarafı diğer tarafından önce oturmaya başlayarak ilerleyen tasman eğrisinin formuna uymaya çalışır. Böylece yığma yapılarda oturma az olduğu taraftan başlayıp fazla olduğu tarafa doğru yükselen diyagonal ve kademeli çatlaklar meydana gelir. Betonarme yapılarda

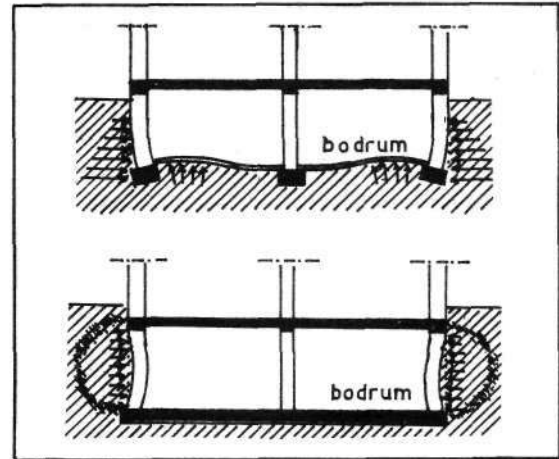
ise betonun çekme gerilmesi karşısındaki kopma birim uzama değeri çeliğe göre çok küçük olduğundan, belirli bir gerilme sınırından sonra, taşıyıcı elemanın kayma ve çekme gerilmelerine karşı en zayıf olduğu noktalarda çatlaklar meydana gelir.

Zemin uzamaları nedeniyle ortaya çıkan çekme kuvvetleri zemin ile yapı temeli arasında sürtünme şeklinde kendini gösterirler. Sürtünme kuvvetinin değeri yapı ağırlığı ile sürtünme katsayısına bağlıdır. Sürtünme katsayısı zemin cinsine bağlı olarak değişmekte olup, tasman alanları için  $\mu = 0.66$  alınmaktadır (Krantz, 1974).

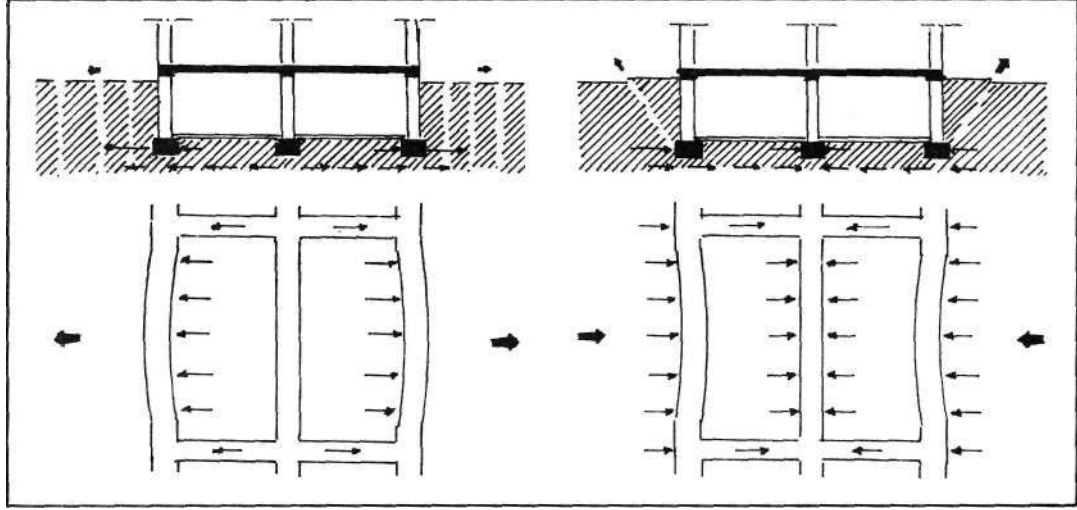
Zemin kısalmaları nedeniyle ortaya çıkan basınç kuvvetleri sürtünme olayı dışında, yapının yan duvarları üzerine toprak basıncı meydana getirirler. Yan duvarlar üzerindeki basınç etkisi zemine gömülü yapı kısmı arttıkça daha da fazlalaşmaktadır (Şekil 3,4).



Şekil 3. Zeminin uzaması ve kısalması durumlarında yapı temelinin etkilenişi.



Şekil 4. Zemin basıncı tarafından bodrum duvarlarının deformasyona uğraması.



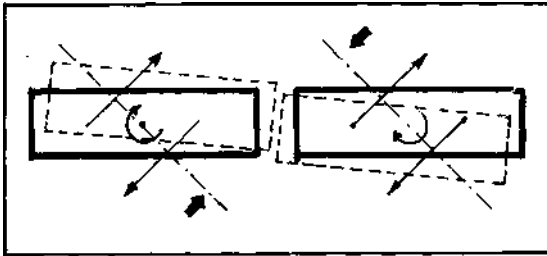
Şekil 5. Zeminin uzaması ve kısalması durumlarında sürekli temel ızgarasının deformasyona uğraması (Luetkens, 1957).

Yatay çekme ve basınç kuvvetleri durumunda betonarme sürekli temellerin etkilenişi Şekil 5'de görülmektedir. Zemin kısalması durumunda kenarlardaki temel kirişleri içeriye doğru bir eğilmeye zorlanırken, ortadaki temel kirişlerinde basınç kuvvetleri birbirlerini dengelemiş olduğundan eğilmeye zorlanma olmamaktadır. Çekme kuvvetleri durumunda da kenar temel kirişlerinde dışa doğru eğilmeye zorlanma görülmektedir.

Şekil 6 ve 7'de kuvvetlerin yapı aksına göre yönünün önemi görülmektedir. Yapının aksı ile aynı yönde olan çekme kuvvetleri durumunda iki yapının birbirinden uzaklaştığını, yapı aksı ile aynı

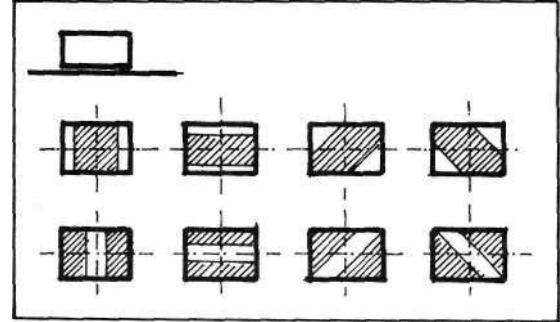


Şekil 6. Yapının aksı ile aynı yönde olan çekme kuvvetlerinin dikdörtgen iki temel plâğına yaptığı etki.

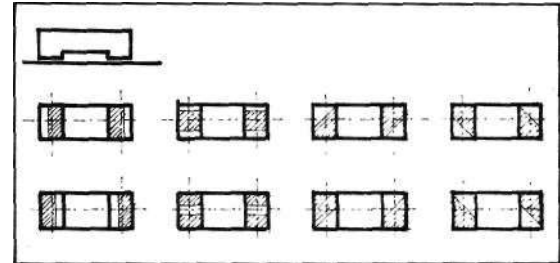


Şekil 7. Yapının aksı ile aynı doğrultuda olmayan basınç kuvvetlerinin etkisi.

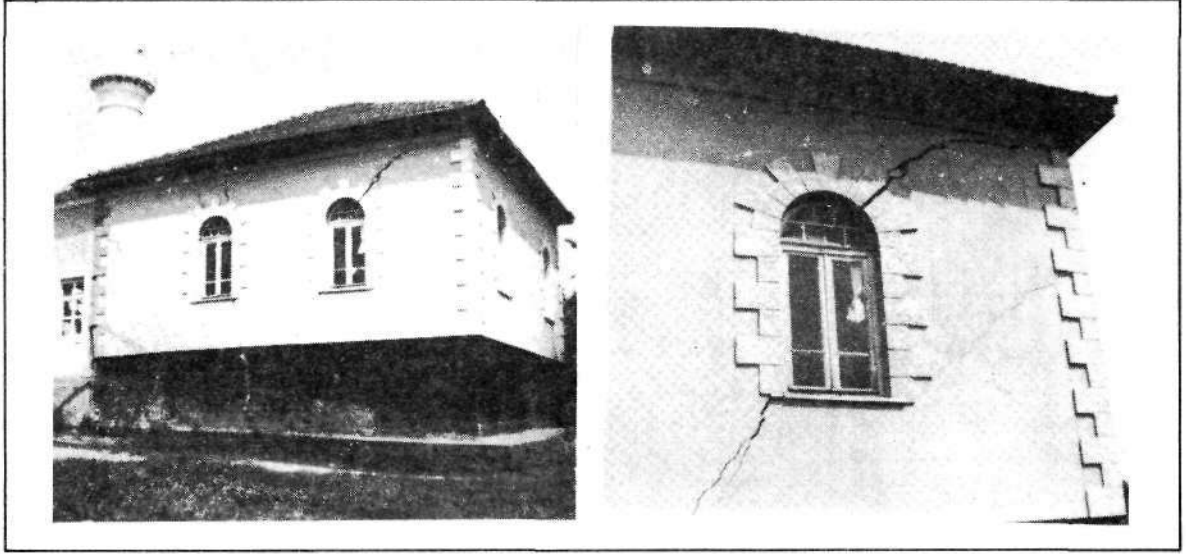
doğrultuda olmayan basınç kuvvetleri durumunda yapının dönmeye zorlandığını görmekteyiz. Çökme küveti üzerinde yer alan bir yapıda en elverişsiz zorlanma temel altının boşalması ile meydana gelir. Yapının bir kısmının altı boşaldığından, temel kesme kuvvetleri ve eğilme momentleri tarafından zorlanmaktadır (Şekil 8,9).



Şekil 8. Tek yüzey üzerine mesnetlendirilmiş bir yapıda temel altının boşalması halleri (taranmış kısım).



Şekil 9. İki yüzey üzerine mesnetlendirilmiş bir yapıda temel altının boşalması halleri (taranmış kısım).



Şekil 10. Ayyıldız isi (Zonguldak).

Kömür havzalarında gözlenen yatay çekme ve basınç şekil değiştirmeleri 1-10 mm/m genel sınırları içinde değişiklik göstermektedirler (Brauner, 1973).

Zonguldak'ta Kozlu-İhsaniye'de yapılan ölçmelerde tasman sınır açısı  $58^\circ$ , maksimum çekme deformasyonu 2.4 mm/m, maksimum basınç deformasyonu 5.6 mm/m olarak bulunmuştur (Kuşçu, 1983). Zeminin kışalması durumundaki birim şekil değiştirmesi (basınç deformasyonu), zeminin uzaması durumunda meydana gelen şekil değiştirmenin (çekme deformasyonu) yaklaşık iki katı olmaktadır (Brauner, 1973).

Zonguldak ilinde maden işletmesinden doğan zemin hareketleri nedeniyle kullanılmakta olan bilinçli bir yapısal çözümleme bulunmamaktadır. Tasman etkisi hiç düşünülmeden inşa edilmekte olan yığma ya da betonarme yapılarda zemin hareketlerinin etkisi tavan ve duvarlarda çatlamlar, pencere ve kapı kısımlarında kullanımı önleyecek derecede çarpılmalar oluşması şeklinde ortaya çıkmaktadır (Şekil 10).

Tasman etkisi altında Zonguldak'taki betonarme ve yığma yapılarda gözlenen zararlar Çizelge 1 'de görülmektedir. Çatlamların genellikle pencere ve duvar köşelerinde yeraldığı, çatlama büyüklüklerinin ise 0.5-20 cm. arasında değişiklik gösterdiği tesbit edilmiştir. Kapı ve pencere köşelerinde gözlenen yatay ya da çapraz doğrultudaki çatlamların binanın çökme küveti kenarındaki kışalma

ve uzama bölgesinde kalması sonucu ortaya çıktığı anlaşılmaktadır. Yapı üzerinde görülen zararın derecesi, zeminin yer değiştirme miktarına, yapının uzunluğuna ve kullanılan yapı malzemesinin özelliklerine bağlı olarak değişiklik göstermektedir.

#### 4. MADEN İŞLETMESİNDEN DOĞAN ZEMİN HAREKETLERİNE KARŞI KULLANILAN YAPI SİSTEMLERİ

Maden işletmesi nedeniyle belirli bölgeleri zemin hareketlerinden etkilenen ülkeler arasında Polonya, S.S.C.B, Çekoslovakya, Almanya, Fransa, İngiltere, Macaristan, Bulgaristan ve Hollanda sayılabilir. Polonya kömür üretimi konusunda dünyada dördüncü sırayı işgal etmektedir (Groupe D'experts du Comité Charbon). Bu ülkelerde problem daha büyük boyutlar arzettiğinden zemin hareketlerinin azaltılması ya da önlenmesi için çalışmalar yapılmış, teknik düzenlemeler ve şartnameler oluşturulmuştur. Böylece işletme bölgelerinde inşa edilmiş bir yapının, zararları hissedilmeyecek derecede nasıl geçiştirebileceği, ya da kaçınılmaz sonuçların daha sonra nasıl ortadan kaldırılabileceği ve kömür üretimi sırasında yüzeydeki şekil değiştirmelerinin nasıl azaltılabileceği sorularına cevap bulunmak istenmiştir.

Bu çalışmalar sırasında en büyük güçlük zemin hareketlerini belirleyen yasaların incelenmesinde ortaya çıkmıştır. Bu çalışmalarda araştırmaların yeraltı ile ilgili kısımları ve maden yüzeyinin ölçül-

Çizelge 1. Zonguldak Yerleşme Bölgesinde Maden İşletmesinden doğan zemin hareketlerinin yapılar üzerindeki etkilerinin incelenmesi (Erol, 1986).

| BİNANIN                        |  |                         |           |                |              | BİNANIN                         |  |                         |           |                |              | BİNANIN                        |  |                         |           |                |              |
|--------------------------------|--|-------------------------|-----------|----------------|--------------|---------------------------------|--|-------------------------|-----------|----------------|--------------|--------------------------------|--|-------------------------|-----------|----------------|--------------|
| YERİ                           |  | ALANI (m <sup>2</sup> ) | KAT ADEDİ | TASIVICI SIST. | YAPIM SÜRESİ | YERİ                            |  | ALANI (m <sup>2</sup> ) | KAT ADEDİ | TASIVICI SIST. | YAPIM SÜRESİ | YERİ                           |  | ALANI (m <sup>2</sup> ) | KAT ADEDİ | TASIVICI SIST. | YAPIM SÜRESİ |
| Kılıç M.1.dur<br>103 Roz.Zong. |  | 72                      | 1         | y.t            | 30           | Güney M.Güney<br>S.56/A Kozlu   |  | 70                      | 2         | y.t            | 60           | Ontem.M.Ayyıldız<br>S.81/3A Z  |  | 90                      | 2         | b.ar           | 2,5          |
| Ontem.M.Ümran<br>S.33 Zong.    |  | 64                      | 2         | y.t            | 1/12         | Mithatp M.Riz-<br>garlım.120 Z. |  | 90                      | 1         | y.t            | 1/12         | Bahçeliev M.<br>102 no.S 22 Z  |  | 140                     | 2         | y.t            | 5            |
| Ontem M.Ayyıldız<br>S.49/2 Z.  |  | 64                      | 1         | y.t            | 1/3          | Ontem M.Ayyıldız<br>S.51/2 Z.   |  | 80                      | 2         | b.ar           | 1/3          | Bahçeliev.Gül<br>M.29 Zong.    |  | 140                     | 2         | y.t            | 7            |
| Ontem M.Ümran-<br>niye S.20 Z. |  | 80                      | 1         | y.t            | 1/3          | Ontem M.33/A<br>Zong.           |  | 44                      | 1         | y.t            | 1/6          | H.K.Birlik M.<br>Karafat.S.Z.  |  | 100                     | 2         | y.t            | 0,5          |
| Ayyıldız cami<br>Ontem.Zong.   |  | 108                     | 1         | y.t            | -            | E.A.Ontem M.<br>Ümranıye S.Z.   |  | 64                      | 1         | y.t            | -            | Ontem M.Ayyıldız<br>S.75/4 Z.  |  | 110                     | 1         | b.ar           | 1,5          |
| Ontem M.Ayyıldız<br>S.40/A Z.  |  | 90                      | 1         | b.ar           | 1            | Güney M.Orta-<br>ok.üstü 12/3K  |  | 68                      | 1         | y.br           | 1            | Bahçeliev M.<br>Buldanlı S.12  |  | 81                      | 2         | y.t            | 3            |
| M.Ç.Ontem.M.<br>Yeşiltepe S.Z  |  | 80                      | 2         | b.ar           | 1            | Ontem M.TTK<br>Hizmetevi Z.     |  | 120                     | 1         | y.t            | 1            | Tepebaşı M.<br>TaşocağıS.214   |  | 90                      | 1         | y.t            | 2            |
| Bahçeliev M.<br>Yıldız S.12 Z. |  | 140                     | 2         | y.t            | 0,5          | Bahçeliev M.<br>Yıldız S.27/A   |  | 160                     | 1         | y.t            | 0,5          | Mithatpaşa M<br>Dağyolu S.68/B |  | 80                      | 2         | y.t            | 2            |
| Ontem M.Ayyıldız<br>S.3/1 Zon. |  | 75                      | 1         | y.br           | 1/3          | Ontem H.Ayyıldız<br>S.40 Zon.   |  | 90                      | 3         | b.ar           | 3,5          | Bahçeliev.Gül<br>S.84/A Zong.  |  | 75                      | 2         | y.br           | 0,5          |
| A.V.Ontem M.<br>Ayyıldız S.Z.  |  | 51                      | 1         | y.t            | 0,5          | O.B.Güney M<br>Ortaokulüstü     |  | 64                      | 1         | y.br           | 1            | 27 Mayıs Orta-<br>okulu Zong.  |  | 661                     | 3         | b.ar           | 1            |

mesi maden mühendisliğinin, maden işletmesinden meydana gelen kuvvetlerin bin?, üzerine iletilişi ve zemin davranışı zemin mekaniğinin, buna karşılık bina zararlarının azaltılması ve alışılmış\* yapıların dışında yeni yapı sistemleri geliştirilmesi yapı mühendisliği ve mimarlığın görev sınırları içine girmektedir.

#### 4.1. Taşiyıcı Sistem Tasarım İlkeleri

Herhangi bir kuvvet karşısında bir yapı elemanı için sadece iki olanak söz konusudur. Bunlardan birincisi söz konusu kuvvete direnç göstermek, ikincisi de onu serbest bırakmaktır. Bütün tasarımlarda bu iki ilkeden hangisi için karar verilmelidir sorunu tartışmaların başında yer alır. Bu iki ilke kısaca "direnç ilkesi" ve "kaçınma ilkesi" olarak adlandırılır.

Hiçbir yapısal önlem alınmaması ve yapıda meydana gelecek zararların kabullenilmesi bazen daha ekonomik olabilmektedir. O halde hiçbir önlem alınmadan karşılaşılan tehlike ile alışılmış tarzdan farklı bir yapı sisteminin getireceği ek masrafların

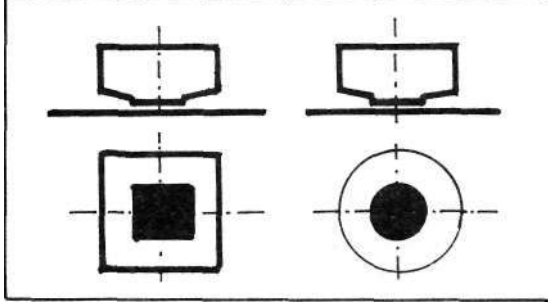
gözönünde bulundurulması gerekmektedir. Masrafların büyüklük derecesi, koruma önlemlerinin genişliği ve teknik durumla ilgilidir. Bir yapıya uygulanacak koruyucu önlemlerin genişliğini ve gereğini ise zemindeki yer değiştirmelerin çeşit ve büyüklüğü, yapının biçimi, boyutları ve yapı sistemi ile rantabilitesi belirlemektedir.

##### 4.1.1. Kuvvetlere Direnç İlkesi

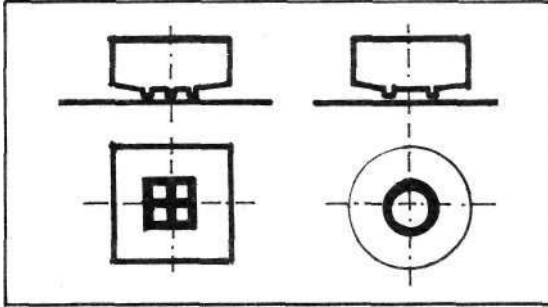
Kuvvetlere direnç ilkesi zeminde meydana gelecek olan yatay ve düşey yer değiştirme büyüklüklerinin önceden saptanarak eğrilğin herhangi bir değeri için rijit yapılar meydana getirmek demektir. Zemin hareketlerinin bina üzerine ilettiği kuvvetler üzerine ilk çalışmalar Mautner (1920) tarafından yapılmıştır. Yapı temelının direnci zeminden meydana gelen etkileri karşılayacak yeterlilikte ise yapı zararlarının meydana gelmesi önlenmiş olur.

Direnç ilkesine uygun tasarımda plak radyejeneral temel kullanılması özellikle kare ve daire tabanlı yapılarda kullanılmaktadır (Şekil 11). Yapı ağırlığı fazla değilse Şekil 12'de görüldüğü gibi kirişli

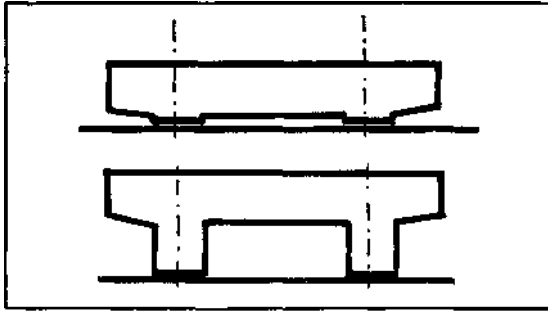
radyejeneral temel kullanılabilir. Geniş alana yayılmış dikdörtgen formundaki bir yapıda iki yüzey üzerine mesnetlendirme yapılması mümkündür (Şekil M3).



Şekil 11. Plak radyejenel temel ile tek yüzey üzerine mesnetlendirme.



Şekil 12. Kirişli radyejenel temel ile tek yüzey üzerine mesnetlendirme.



Şekil 13. tki yüzey üzerine mesnetlendirme.

Çok derin maden işletme bölgelerinde zeminin farklı çökmeleri çok küçük olacağından direnç ilkesine uygun tasarımın küçük planlı yapılara uygulanarak yüksek yapılar yapılması mümkün olmaktadır. Yüksek bir yapının rijit temeller yapımı ile korunmaya alınması maliyetini yaklaşık % 50 artırmaktadır (Baker, 1974). Yüksek yapı yapımı durumunda eğim değişikliğinin meydana getirdiği düşeylikten sapmanın ortaya çıkaracağı devrilme tehlikesinin de gözönünde bulundurulması gerekir. Küçük düşeylikten sapma durumlarında (yaklaşık

5°'ye kadar) yapı malzemelerinde meydana gelecek zorlanmalar elastiklik sınırı aşmayacak şekilde boyutlandırma yapılır. Eğer daha büyük düşeylikten sapma bekleniyorsa, sonradan düşey duruma getirme için iki çeşit düzeltme aygıtı kullanılması sözkonusudur. Bunlardan birincisi kolonlar altından noktasal düzeltme, ikincisi bir temel plağının hidrolik olarak düzeltilmesidir.

Hidrolik kaldırma için yapı temelinden yatay bir derz ile ayrılır ve bu derzin içinde uygun nişler hazırlanır. Gerekliğinde bu nişlere yerleştirilen hidrolik krikolar yardımıyla yapı kaldırılarak düşey duruma getirilir. Temel ile zemin arasında kalan boşluğun içine belirli aralıklarla çelik kamalar sürülür ve bu kamalar arasına beton dökülür.

Maden işletme derinliği çok az ise önemli yapılarda kazık temeller kullanılabilir. Bu temeller hareket eden zemin bölgesini geçerek daha aşağıda bulunan sağlam zemin tabakasına otururlar. Bulgaristan, Romanya ve S.S.C.B'de tasmanlı tabakayı geçerek aşağıdaki sağlam tabakaya oturan yerinde dökme veya çakma kazık temeller kullanılmaktadır.

#### 4.1.2. Kuvvetlerden Kaçınma İlkesi

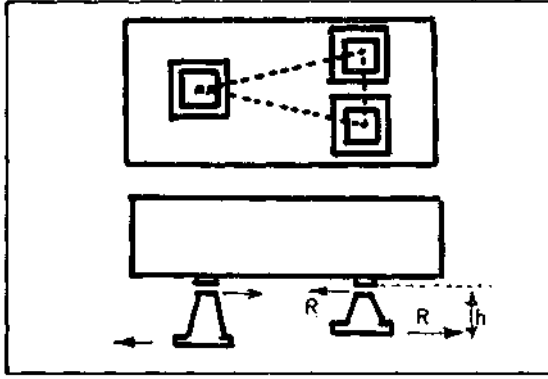
##### 4.1.2.1. Alt Yapıda Alınacak Önlemler

özellikle köprülerde kullanılan ve uzunluk değişimlerinin dengelenmesine yarayan mesnetler (rulo ve rulmanlar) kuvvetten kaçınmaya hizmet eden bir yapı elemanı olarak bilinir. Burada söz konusu olan, istenilen bir noktada eğilme momentlerini ortadan kaldıran bir mafsalın araya sokulmasıdır. Bu mafsal kuvvetlerin akışında sadece bir yardımcıdır.

Alt yapıda alınan önlemlerle kuvvetlerden kaçınılmasında sadece yatay yer değiştirme etkilerine karşı önlem getirilmekte, düşey yer değiştirme için yapı direnç göstermeye bırakılmaktadır. Yatay yer değiştirme etkilerinden kaçınmak için yapı kitlesi zemin seviyesi üzerinde tasarlanır ve temel ile üst yapı birbirinden yatay kayma derzi ile ayrılırlarsa yapı zararları büyük ölçüde ortadan kaldırılmış olur. Kayma derzi olarak su geçirimsiz yapı kâğıdı (Polietilen) kullanılması yeterlidir. Ağır yapılar durumunda sürtünme kuvvetleri özel bir kayma aygıtı kullanılması ile azaltılabilir. Zeminin sürtünme katsayısı kum ve çakıl gibi taneli malzemelerde daha küçüktür. Bu özellik yapı ile zemin arasına kumlu bir malzeme sokulması eğilimine götürür.

Zeminin kılması durumunda meydana gelen basınç kuvvetinden kaçınılması için Lorenz, ucuz olduğu kadar başarı ile kullanılan bir çözüm bulmuştur. Bu çözüm yapı çevresinde beklenen yer değiştirmeden daha geniş bir hendek kazılması ve buranın sıkışabilir (cüruf, çakıl, vb.) bir malzeme ile doldurulmasıdır. Basınç kuvvetinin etkisiyle dolgu malzemesi yukarıya doğru kaçtığından yapı üzerinde basınç etkisi meydana getirememektedir (Luetkens, 1957).

Zeminin yatay ve düşey yer değiştirme etkilerinin her ikisinden kaçınmak üzere "üç nokta üzerine mesnetlendirme" yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntemde üst yapı ile temel arasında küresel taşıyıcılar yer almakta ve bunlar aracılığı ile üst yapı zemin hareketlerinden etkilenmemiş olmaktadır (Şekil 14).



Şekil 14. Gladback'deki bir yüzme havuzunun üç nokta üzerine mesnetlendirilmesi (Schocklitsch, 1978).

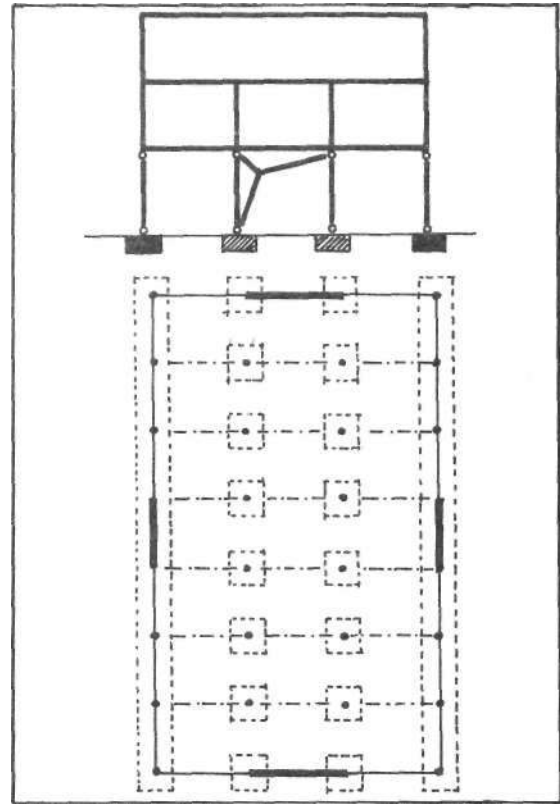
Oturma alanı çok fazla olmayan yapılarda zeminin eğilme etkisine karşı hem direnç hem de kaçınma ilkesi birlikte kullanılabilir. Yapının belirli bölümleri rijit yapılarak ilişkileri mafsallı sistemlerle sağlanır. Rijit kısımlar harekete direnç göstererek, mafsallı kısımlar da absorbe ederek zemin hareketi etkilerini önlemiş olurlar (Krantz, 1974).

#### 4.1.2.2. Mafsallarla İzostatik Hale Getirilmiş Sistemler

Esnek yapı tasarımının ana amacı zeminin birim şekil değiştirme ve eğilme etkisinin mafsallar yardımıyla alınarak az bir maliyetle yapı zararlarının önlenmesidir. İzostatik sistemlerde mesnetlerdeki deplasmanlardan dolayı ek kesit tesirleri meydana gelmemektedir. Hareketin yapı üzerine iletilmesine izin verilmekte, ancak bu hareketleri sönümlenmek üzere detay ve düzenekler geliştirilmektedir.

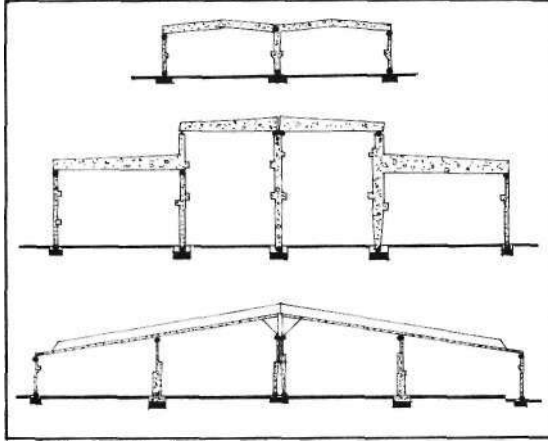
Esnek olarak tasarlanmış olan "CLASP" sistemi İngiltere'de 25 yıldan beri kullanılmakta ve tasmana karşı kullanılan en gelişmiş sistem olarak kabul edilmektedir. Bu sistemde üst yapı mafsallı birleşimli ve herhangi bir yönde sarkma özelliğine sahip çelik çerçeveden oluşmaktadır. Yapı 15 cm. kalınlığındaki kum tabakası üzerine 12.7 cm. kalınlığındaki bir temel plağı ile oturur. Temel plağı ile kum tabakası arasında su geçirimsiz bir levha (polietilen) bulunur. Temel kenarlarında çakıl ile doldurulmuş hendekler ile drenaj sağlanır. Betonarme plak temel 28 m<sup>2</sup> lik birimler halinde dökülür ve döşeme kaplaması da tasman dalgasını izleyebilecek bir biçimde tasarlanır. Çelik çerçeve rüzgara karşı direnç göstermek üzere diyagonal destekler ile donatılmıştır. Bu destekler yapının rüzgar nedeniyle hareket etmesini önlemekte, ancak bağlı oldukları yaylar aracılığıyla çerçevenin sarkarak tasmana uymasını sağlamaktadır.

Şekil 15'de zemin kat kolonlarının alttan ve üstten mafsallı bağlandığı görülmektedir. Zemin katı duvarsız tasarlanmış olan bu çelik yapıda rüzgara karşı kuvvetlendirme çevrede ya da merkezi kısımda düşünölmüştür. Şekil 16'da mafsallarla izostatik hale getirilmiş betonarme bir yapı görülmektedir.



Şekil 15. Zemin hareketlerine karşı korunmuş çelik yapı (Luetkens, 1957).





Şekil 16. Mafsallar yardımıyla izostatik hale getirilmiş betonarme yapılar (Luetkens, 1957).

## 5. ÇEŞİTLİ ÜLKELERDE SORUNUN ÇÖZÜMÜNE YAKLAŞIM BİÇİMLERİ

Almanya, Çekoslovakya, Polonya, S.S.C.B gibi tasman problemiyle karşı karşıya bulunan ülkeler, maden işletme bölgelerinin sınıflandırılması sistemini seçmişlerdir. Sınıflandırma zemin yüzeyinin eğimi, yatay yer değiştirmesi, eğrilik yarıçapı değişikliklerine uyarak üç bölgenin belirlenmesinden ibarettir. I. ve II. sınıf koruma her durumda maden zararlarını ortadan kaldırmayacakları için "kısmi koruma" olarak adlandırılırlar. Tam koruma gereken yapılarda III. sınıf koruma seçilir. Her sınıf koruma için ne gibi önlemler alınacağı şartnameler ile belirlenmiştir (Groupe D'experts du Comité Charbon).

Çekoslovakya'da yapı projelerinin tasarlanmasında aşağıdaki ilkeler gözönünde bulundurulmaktadır:

- yapıda hiçbir şekil değiştirmenin istenmediği durumlarda rijit taşıyıcı elemanlara başvurulması,
- yapı elemanlarının şekil değiştirmesi estetik ve fonksiyonel bakımdan kabul edilebilir ise, yarı rijit ya da esnek yapı elemanlarına başvurulması,
- geniş alana yayılmış yapılarda önlem olarak dilatasyon derzlerine başvurulması,
- düşey yer değiştirme değeri 5 mm/m'ye kadar olan zeminlerde mümkün olduğu kadar dar alanlı yüksek yapılara öncelik verilmesi,
- çelik taşıyıcı sistemlerin kullanıldığı durumlarda malzemenin plastisitesinin gözönünde bulundurulması.

Polonya'da ise önemli binaların tasarlanmasında:
 

- yeraltındaki jeolojik tabakaların özellikleri ve yapısı, sayısı, kömür tabakalarının özel karakteri ve derinliği, bu tabakaların genişliği, üretim süresi ve yöntemi, zeminin su durumu,

— maden işletmesi nedeniyle ortaya çıkacak olan zemin yüzeyinin maksimum çökmesi, yatay yerdeğiştirmesi ve en az eğrilik yarıçapı,

— karbonifer serisi faylarının en üst seviyesi gibi veriler gözönüne alınmaktadır.

S.S.C.B'de direnç ilkesine uygun yapı yapımında, taşıyıcı elemanların kuvvetlendirilmesi, üç boyutta rijit blokların yapılması, temellerde bağlantı kirişleri düzenlenmesi önlemleri öngörülmektedir. Kaçınma ilkesine uygun yapı tasarımında önerilen koruma önlemleri ise, binalar arasında düşey dilatasyon derzleri ve temellerde kayma derzlerinin düzenlenmesi, taşıyıcı duvarlar ve kolonların rijitliğinin azaltılması, bölme duvarları ve taşıyıcı elemanlar üzerinde mafsallı birleşimler kullanılmasıdır.

İngiltere'de teknik yönetmelikler çerçevesinde önerilen düzenlemeler şunlardır: üst yapıda mafsallı birleşimler kullanılması, eğer bu yapılamıyorsa yapının ana kısımlarının kayıcı bir tabaka ile birbirinden ayrılması, rijit çerçeveler kullanılması yerine basit mesnetli kirişler ve esnek taşıyıcı sistemler kullanılması, kum tabakası üzerine oturan plak temel kullanılmasıdır.

## 6. SONUÇ

Maden işletmesinden doğan zemin hareketlerine karşı çözüm arayan ülkelerin çoğunda işletme bölgelerinin sınıflandırılması sistemi benimsenmiş ve bu bölgeler için yapıım şartnameleri hazırlanmış bulunmaktadır.

Ülkemizde benzer sorunun çözümü için ortaya konulmuş teknik yönetmelikler bulunmadığı gibi, maden işletme bölgeleri de zemin hareketi büyüklüklerine göre sınıflandırılmış değildir. Zemin yüzeyinde meydana gelecek zemin hareketlerinin ölçülmesi çalışmaları dahi yok denecek kadar azdır.

Diğer taraftan, çeşitli ülkelerde uygulanan ve geliştirilmeye çalışılan özel yapı sistemlerinin ülkemize getireceği kazanç açısından uygulanabilirliklerinin araştırılması gerekmektedir. Çünkü zorlanmalara ve teknik şartlara uygun olarak geliştirilmiş bazı çözümler, malzeme seçimi ve detaylandırma bakımından olduğu kadar, teknik ve ekonomik bakımdan da yetersiz olabilmektedir.

## KAYNAKLAR

- BAKER, M., 1974; "Architectural Measures to Minimize Subsidence Damage", Pennsylvania.
- BRAUNER, G., 1973; "Subsidence Due to Underground Mining", Part 1, Information Circular No. 8571, Bureau of Mines, Washington, D.C.
- EROL, A., 1986; "Maden İşletilmesinden Doğan Zemin Hareketlerinin Yapılar Üzerindeki Etkileri", Doktora Tezi, İst.Tek.Univ. Fen. Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- GROUPE D'EXPERTS DU COMITÉ CHARBON, "Echange d'Expérience dans le Domaine de l'Exploitation sous les Bâtiments et Constructions Industrielles" Nations Unies,
- . GE 1-R 38, 28 fev. 1979, 23 p. (Anglais)
  - . GE 1-R 38, Add. 1, 4 mars 1980, 12 p. (Russe)
  - . GE 1-R 38, Add. 2, 12 mars 1980, 4 p. (Français)
  - . GE 1-R 38, Add. 3, 27 mars 1980, 21 p. (Russe)
  - . GE 1-R 38, Add. 4, 11 juillet 1980, (Français)
  - . GE 1-R 38, Add. 5, 30 avril 1981, (Anglais)
  - . GE 1-R 38, Add. 6, 29 juillet 1981, (Anglais)
  - . GE 1-R 38, Add. 7, 7 mai 1982, (Russe)
- KRARTZ, H., 1974; "Bergschadenkunde", Berlin Teknik Üniversitesi.
- KUŞÇU, Ş., 1983; "Zonguldak Kömür Havzasında Yeraltı Maden Üretiminden Kaynaklanan Zemin Hareketlerinin ölçülmesi ve İncelenmesi", Doktora Tezi, Yıldız Üniversitesi, İstanbul
- LUETKENS, O., 1957; "Bauen im Bergbauegebiet", Springer Verlag, (Traduction CERCHAR No. 988-60).
- PALAT, P., LELEUX, R., 1973; "Prise en Compte, dans la Region du Nord Pas-de-Calais, du Probleme des Affaissements Miniers", Annales des Mines de Belgique (Liege), Septembre, p. 1005-1016 (Bilingue).
- PROUST, A., 1964; "Etude sur les Affaissements Miniers dans le Bassin du Nord et du Pas-de Calais", Douai, juin.
- SCHOKLİTSCH, A., 1978; "Temel İnşaatı" (Çeviren: N. Acun), İTÜ Matbaası, İstanbul