

TASMAN HASARLARI VE ÖNLEMLER

Nail DEGIRMENCI(*)
Zehra ÜSTÜNKOL(**)

ÖZET

Bu tebliğimizde yeraltı kömür işletmeciliğinden kaynaklanan zemin hareketlerini, bu hareketlerden meydana gelen yapı hasarlarını ve bu zemin hareketlerinden zarar görmeyecek yapı tiplerinin dizayn metodlarını inceledik.

Yeraltı kömür işletmeciliği yapılırken yeryüzünde zemin hareketlerinin olması kaçınılmaz bir olaydır. Yeryüzündeki herhangi bir nokta yatay ve düşey hareket etmekte ve yatay olan zemin yüzeyi hareket sonrasında eğrisel bir konum almaktadır. Yerleşim alanlarında zemin hareketlerinden dolayı yapılarda hasarlar meydana gelir. Hasar miktarı; zemin hareketlerinin büyüklüğüne, zemin yüzeyinin topoğrafik yapısına ve yapıların özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. Zemin hareketlerinden meydana gelen hasarları kısmen veya tamamen önlemek için üretim metodlarında ve yapılarda belirli tedbirlerin alınması gerekmektedir.

ABSTRACT

In this report, we experienced the soil movements because of the underground coal minin, the building damages resulting form this movements and the design methods of the buildings which won't effect from this soil movements.

During the underground coal mining, it is obvions that some soil movements will takeplace. Any point on the earth moves on the vertical and horizontal direction. After this movement, the horizontal soil surface takes a curved position. On the site locations, because of the soil movements, damages occur on the building. The degree of damages change depending on the degree of the soil movements, topographic structure of the soil surface and the properties of the buildings. It is necessary to have some precautions on the production methods and buildings to prevent the damages completely or partially which occur because of the soil movements.

(*) İnşaat Müh., TTK Genel Müdürlüğü, ZONGULDAK

(**) İnşaat Müh., TTK Genel Müdürlüğü, ZONGULDAK

1. GİRİŞ

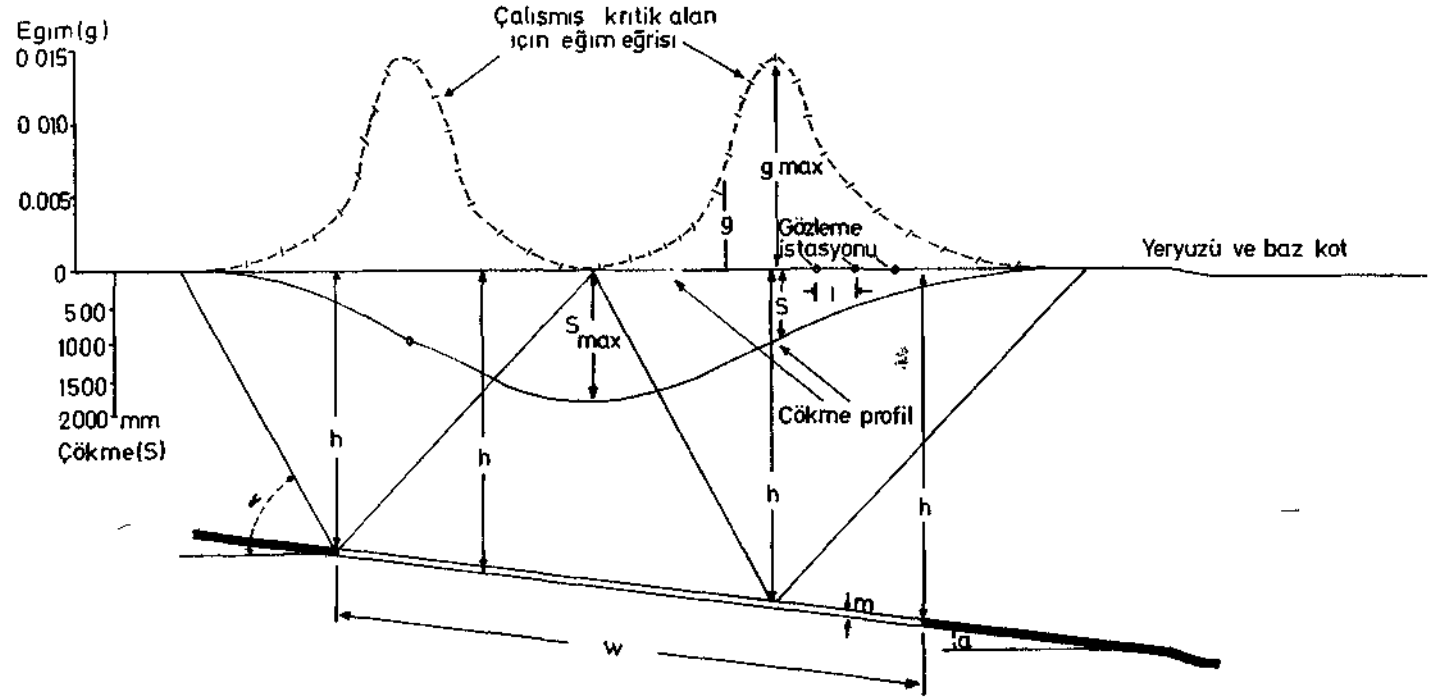
Yeraltı maden işletmeciliği yapılırken yeryüzünde zemin hareketlerinin olması kaçınılmaz bir olaydır. Bu hareketler üretim seviyesinden yeryüzüne kadar devam ederek zeminde deformasyonlar meydana getirir. Bu zemin hareketlerinin değeri işletilen kömür damarının kalınlığına, derinliğine, eğimine ve pano boyutlarına bağlıdır. Zemin hareketleri yeryüzünde bulunan hertürlü yapıda hasarlar meydana getirmektedir. Hasar miktarları, zemin hareketlerinin büyüklüğüne, yeryüzünün jeolojik ve topoğrafik yapısına ve yapıların fiziksel özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. Zemin hareketlerinden kaynaklanan yapı hasarları üretimde ve yapılarda belirli önlemler alınarak kısmen veya tamamen önenebilir. Üretim metodlarında alınan önlemlerin genel amacı yeryüzünde meydana gelecek olan zemin hareketlerini belirli limitler arasında tutmaktır. Yapılarda alınacak önlemlerin genel amacı ise zemin hareketlerinin etkilerini bertaraf edecek temel sistemleri üzerine inşaa ederek alabilecek hasarı önlemektir. Her iki çözümünde belirli bir maliyeti olmaktadır. Tasman hasarlarını önlemedeki genel kaide yapı hasarlarının üretilen kömürün maliyetine etkisini minimum düzeyde tutmaktır.

2. ZEMİN HAREKETLERİ

Maden üretimi nedeniyle zemin yüzeyi yatay ve düşey yönde hareket etmektedir. Zeminin düşey yöndeki hareket miktarına tasman (S), yatay yöndeki harekete birim şekil değiştirme (ϵ), farklı çökmeden kaynaklanan kot farkına eğim (g) ve eğrisel bir konum alan zemin yüzeyinin eğriliği de eğrilik yarıçapı (g_j) ile tanımlanır. Üretim sonrasında zemin yüzeyindeki çökmeler düşey ekseninde, yatay mesafeler de yatay ekseninde gösterilerek tasman eğrisi elde edilir (Şekil 1). Tasman eğrisi incelendiğinde bu eğrinin içbükey ve dışbükey iki eğrinin birleşiminden meydana geldiği görülür. Bu iki eğrinin birleşim noktası genellikle maksimum tasmanın yarısına eşit kısımlarda olur. Tasman eğrisinin bu özelliğinin büyük önemi olmaktadır. İçbükey kısımda zemin kısılmakta bu da yapıları kısılmaya çalıştırmaktadır. Dışbükey kısımda zemin uzamakta ve bu da uzamaya çalıştırmaktadır.

Tasman eğrisinin toplam uzunluğu pano genişliğine (W), damar derinliğine (h) ve tasman açısına (α) bağlı olarak değişmektedir. Tasman açısı (α), çökmenin sıfır olduğu nokta ile pano bitimini birleştiren doğrunun yatayla yaptığı açıya denmekte ve genel olarak $35^\circ - 50^\circ$ arasında değişmektedir. ($L = W + 2 \cdot h \cdot \tan \alpha$). Üretim sahalarında meydana gelecek tasman miktarı damar kalınlığı (m), derinlik (h) ve pano genişliğiyle (w) doğru orantılıdır. Maksimum tasman miktarı damar kalınlığının % 5 ile % 100'ü arasında değişmektedir. Alınan kömür damarlarının yerlerinin doldurulmasıyla (rambelleli çalışma) meydana gelecek tasman miktarı % 50 azaltılabilir. İşletilen panolardan meydana gelecek olan maksimum tasman miktarının yaklaşık olarak hesaplanması konusunda çok değişik çözüm yolları vardır. Bu çözüm yolları ülkelerin şartlarına göre değişmektedir. Bu konuda en büyük çalışmayı İngiliz Kömür İşletmesi (N.B.C) yapmıştır. Maksimum tasman miktarı derinliğe bağlı olarak abaklar vasıtasıyla hesaplanmaktadır.

Eğim (g); yeryüzünde farklı tasman olacağı için zeminde eğim meydana gelir. Eğim, tasman eğrisini kullanarak (tasman farkı/uzunluk) hesaplanır. Yapı hasar-



Şekil 1. Eğim ve tasman ile ilgili standart sembolleri gösteren çalışılmış saha içinden alınmış tipik bir kesit.

İlan açısından ortalama eğimin bilinmesinin önemi vardır. Ortalama eğim maksimum tasman ve damar derinliğine bağlı olarak $g = 2.75 \times S/h$ formülünden hesaplanır.

Tasman mühendisliğinde yatay hareketler birim şekil değiştirme ile tanımlanır. Birim şekil değiştirme birim boyda meydana gelen uzama veya kısalma miktarı olarak tanımlanır. Maden işletmesinden kaynaklanan zemin yüzeyinde birim şekil değiştirme Şekil 2'de şematik olarak gösterilmiştir. Tasman eğrisinin içbükey olduğu kısımda birim şekil değiştirme negatif, dışbükey olduğu kısımda ise pozitifdir. Üretimden kaynaklanan maksimum birim şekil değiştirme değerleri; pano genişliği, damar derinliği ve maksimum tasman değerine bağlı olarak yaklaşık hesaplanmaktadır. Yapı hasarlarında en önemli rolü birim şekil değiştirme oynamaktadır.

Eğrisel bir yüzey haline gelen yeryüzünün eğriliği eğrilik yarıçapı ile tanımlanmaktadır. Eğrilik yarıçapı ile birim şekil değiştirme arasındaki ilişki incelendiğinde, eğrilik yarıçapı büyüdüğünde birim şekil değiştirme küçülürken, eğrilik yarıçapı küçüldüğünde birim şekil değiştirme büyümektedir. Arazide meydana gelecek eğrilik yarıçapı birim şekil değiştirmeden hareket ederek hesaplanabilir.

3. ZEMİN HAREKETLERİNİN YAPILARA ETKİSİ

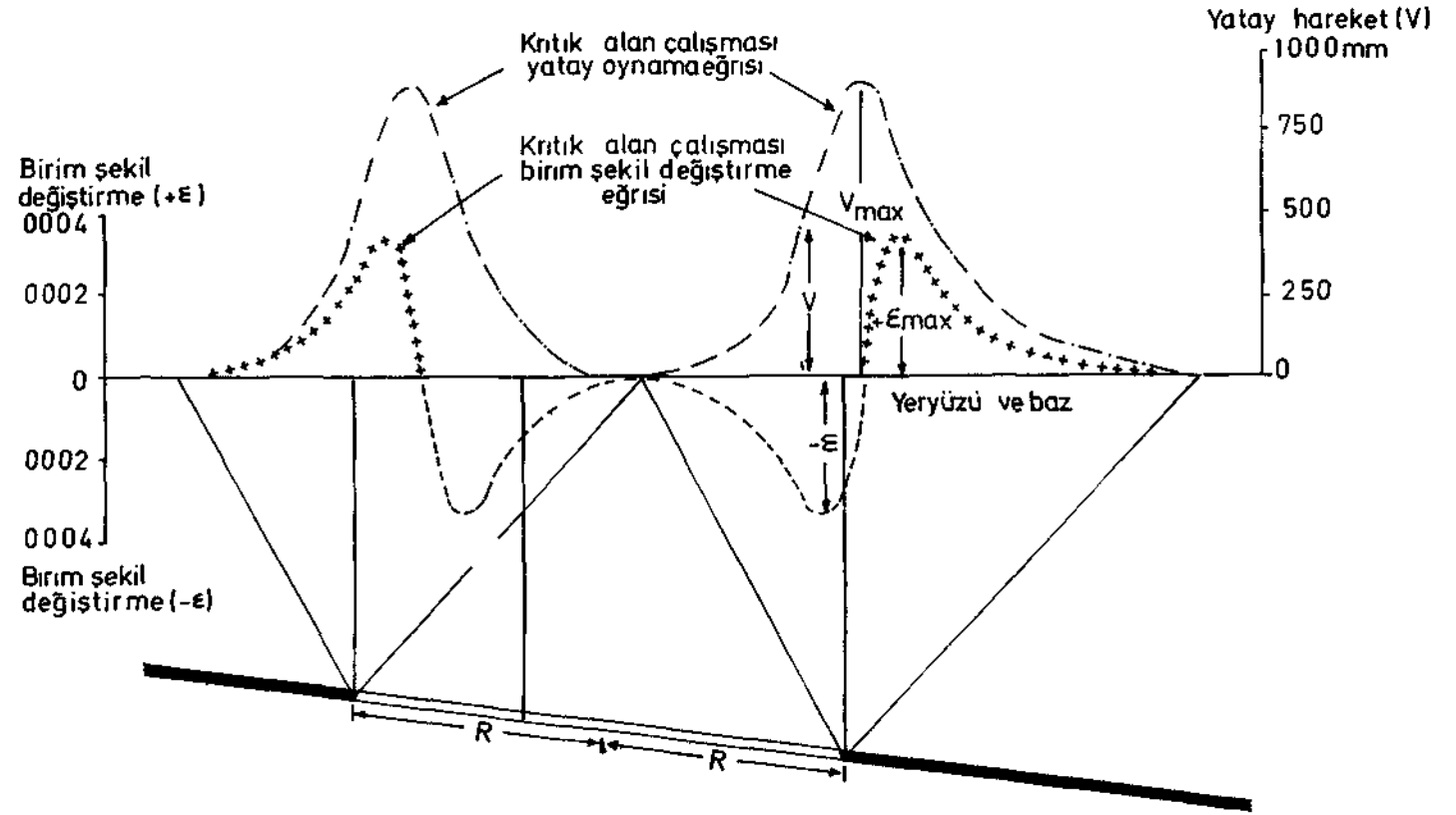
Yapılar, kendini hareket ettiren zeminle birlikte konumları değişmekte, çökmekte, yatay olarak hareket etmekte ve eğilmekteyler (Şekil 3). Zemin hareketlerinde tasman (S), birim şekil değiştirme ($\pm \epsilon$), eğim (g) ve eğrilik yarıçapı (r_2) yapı hasarlarından önemli dış etkenlerdir. Bu dış etkenlerin büyüklüğü yapılarda meydana gelecek olan hasar miktarlarında önemli rol oynarlar. Tasmana dayanıklı yapılacak yapılarda da bu etkilere karşı önlem alınır.

Zemin mekaniğinde bu dış etkilerin yapılarda meydana getireceği kesit tesirleri incelenmiş ve belirli formüllerle ifade edilmiştir. Çözüm metodlarında yeter derecede emniyet te gözönünde bulundurulmuştur. Zemindeki yatay hareket temel tabanında sürtünme kuvveti ile temel çevre kırımlarında aktif veya pasif toprak basıncı meydana getirmektedir.

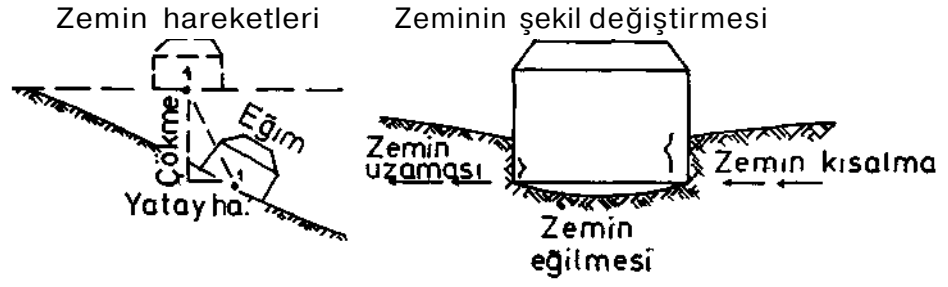
Temel tabanında meydana gelen sürtünme kuvvetinin değeri (N), yapı ağırlığı (G) ile zeminle temel arasındaki sürtünme katsayısına (M) bağlıdır.

$$N = \mu \cdot G$$

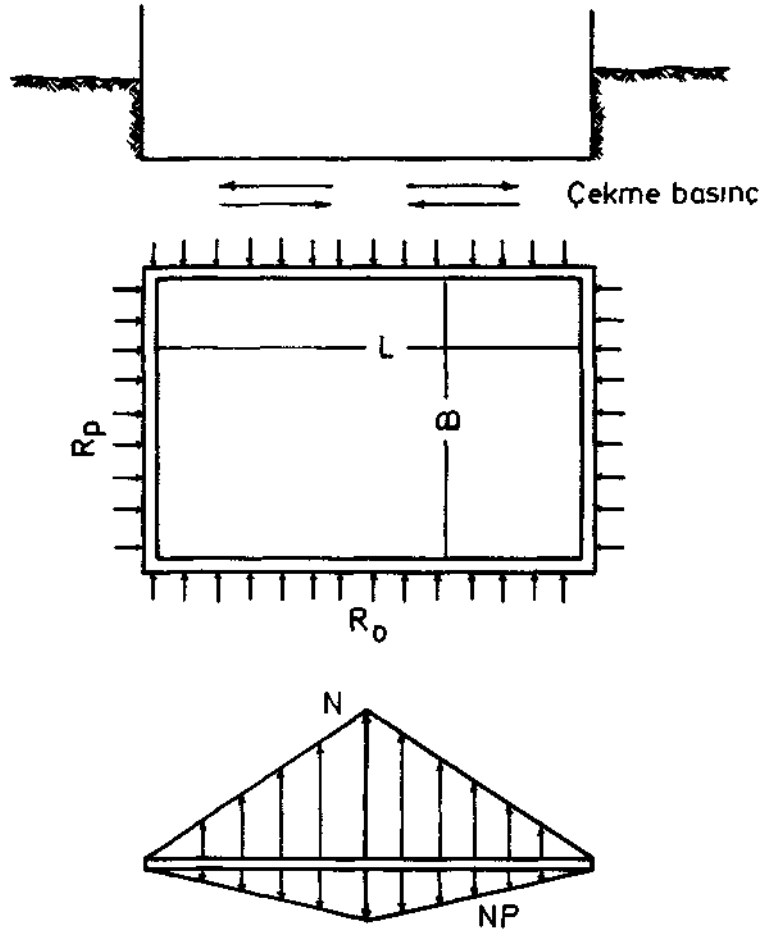
Sürtünme katsayısı zemin cinsine bağlı olarak değişmekte olup tasman alanları için $\beta = 0.66$ alınmaktadır. Sürtünme kuvveti yapının kenarında sıfır olmakta ve yapı merkezinde maksimuma ulaşmaktadır. Çekme bölgesinde sürtünme kuvveti yapı merkezinden uzaklaşmakta, basınç bölgesinde ise merkeze yönelmektedir (Şekil 4). Yapılarda derin temel veya bodrum kat olduğundan bunlarda pasif toprak basıncı meydana gelmekte ve değeri statik toprak basıncının 8 ile 10 katı olmaktadır.



Şekil 2. Birim şekil değiştirme ile yatay hareket sembollerini gösteren çalışma sahasını içine alan tipik kesit.



Şekil 3. İşletme tesirindeki zemin ve yapının hareket ve şekil değişimleri.



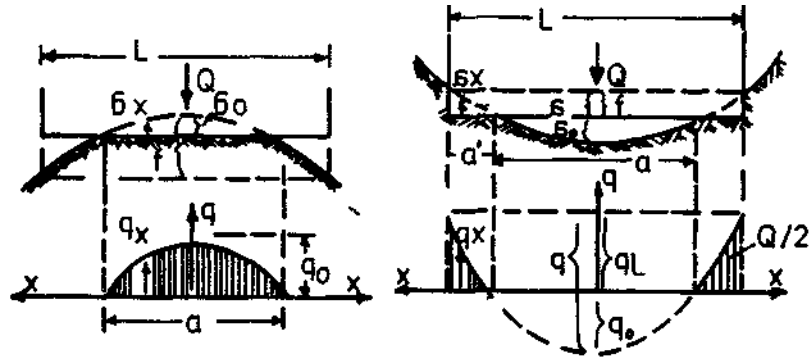
Şekil 4. Yatay zemin hareketinde bir yapıya etkiyen kuvvetler.

Zemindeki eğimin etkisi de yapılarda ilave yatay kuvvetler meydana getirmektedir. Meydana gelecek olan yatay kuvvetin değeri (G_y) yapı ağırlığıyla eğime bağlıdır.

$$G_y = G.g$$

Zeminde meydana gelecek ortalama eğim genel olarak $g = 0.01$ mertebesindedir. Eğim genellikle yüksek yapılarda etkili olmakta olup yapının hem kullanımını hem de estetiğini bozmaktadır.

Zemin eğilmesi temel gerilme yayılışı üzerinde etkili olup statik halde üniforma yakın olan gerilme yayılışını tamamen değiştirmektedir (Şekil 5). Değişen bu gerilme yayılışı temel elemanlarında ilave kesit tesirleri meydana getirmektedir. Gerilme yayılışının değişiminde en büyük rolü eğrilik yarıçapı oynamakta ve eğrilik yarıçapı büyüdükçe gerilme yayılışı üniforma yakın olmakta, eğrilik yarıçapı küçüldükçe gerilme yayılışı çok fazla değişmektedir. Yapılan araştırmalarda eğrilik yarıçapının $f_z > 500 L$ olduğu takdirde yapılara etkisinin ihmal edilebilecek kadar az olduğu ispatlanmıştır.



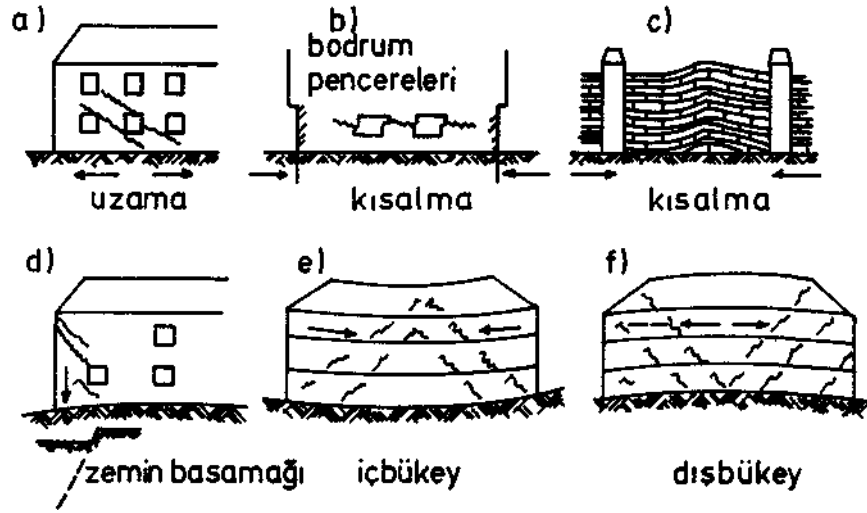
Şekil 5. Zeminin içbükey ve dışbükey eğilmesinde temelde meydana gelen gerilme yayılışı.

Zemin eğilmesinden temelde meydana gelen gerilme yayılışının tayini iki metodla hesaplanmaktadır. Birinci metotta çökme (ds) ile zemin basıncının (q) lineer orantılı olduğu $ds = \frac{q}{cb}$ kabul edilmektedir. (Cb : yatak katsayısı), ikinci metotta ise çökme ile zemin basıncının ikinci dereceden orantılı olduğu kabulü yapılmaktadır.

4. YAPI HASARLARI

Zemin hareketleri yeryüzündeki konutlarda, sanayi tesislerinde, karayolu ve demiryollarında, su ve kanalizasyon şebekelerinde tarım alanlarında farklı hasarlar meydana getirir. Hasarda zemindeki eğim, eğilme ve birim şekil değiştirmenin biri veya birkaçı etkili olabilir. Konutlarda üçü birten, tren yollarında çökme ve birim şekil değiştirme, boru şebekelerinde birim şekil değiştirme etkili olmaktadır.

Zemin hareketleri temelde başlar. Temel yeter mukavemete sahip değilse çatlama ve kırılmalar meydana gelir. Bu çatlama ve kırılmalar bodrum ve zemin katta yoğunlaşır. Kat döşemelerinin rijitlikleri fazla olduğu için çatlama ve kırılmanın diğer katlara intikali zorlaşır. Yapılarda zemin hareketlerinin meydana getirdiği karakteristik hasar tipleri Şekil 6'da gösterilmiştir. Uzama hasarları yatayla $60^\circ - 70^\circ$ açı yapmakta olup kılma çatlakları ise yataya yakın olmaktadır. Zeminin içbükey eğilme durumunda çatlaklar çan şeklinde olmasına karşılık dışbükey eğilmede (V) şeklinde olmaktadır.



Şekil 6. Yapılarda uzama, kılma ve eğilme hasarları.

Yapılarda meydana gelecek hasarda en büyük payın birim şekil değiştirme olduğu gözlenmiştir. Zemindeki birim şekil değiştirmenin $E_s = 1,5 - 2$ mm/m den az olması durumunda çok az hasar meydana geleceği, $E_s = 6$ mm/m yi aştığı takdirde de yapılarda büyük bozulmalar olacağı gözlemlerle saptanmıştır.

5. ÖNLEMLER

Zemin hareketlerinden kaynaklanan hasarların kısmen veya tamamen önlenmesi için belirli önlemlerin alınması gerekir. Alınacak her önlemin belirli maliyeti olacağı için belirli prensipler dahilinde yapılması gerekir. Aksi takdirde alınan önlemlerin faydası yerine zararı olmaktadır. Alınacak önlemler iki gruba ayrılabilir.

- Üretim planlaması çok iyi yapılarak yeryüzünde meydana gelecek olan zemin hareketlerini yapılara zarar vermeyecek şekilde belirli sınırlar arasında tutmak.
- Zemin hareketlerinin etkilerini tamamen veya kısmen önleyecek yapıların yapılması.

5.1. Üretim Planlaması

Yoğun yerleşim alanlarında tasman hasarlarının fazla olması nedeniyle bu sahalar altında yapılacak üretim yeteri kadar topuk bırakılarak kısmi uzun ayak çalışmalarıyla yapılır. Bu şekilde yapılacak üretim sayesinde yeryüzünde meydana gelecek zemin hareketleri belirli limitlerde tutularak yapılarda meydana gelecek hasarlar minimuma indirilir. Dünyada yapılan uygulamalarında kömürün % 70 civarı alınabilmektedir. Yeryüzünde meydana gelecek olan tasman miktarı W/h a bağlı olmaktadır. W/h oran ne kadar küçük tutulursa yeryüzündeki tasman miktarı o kadar az olmaktadır. Bu oran üzerinde çok fazla miktarda araştırma yapılmış ve $W/h = 1/4$ alınması tavsiye edilmiştir.

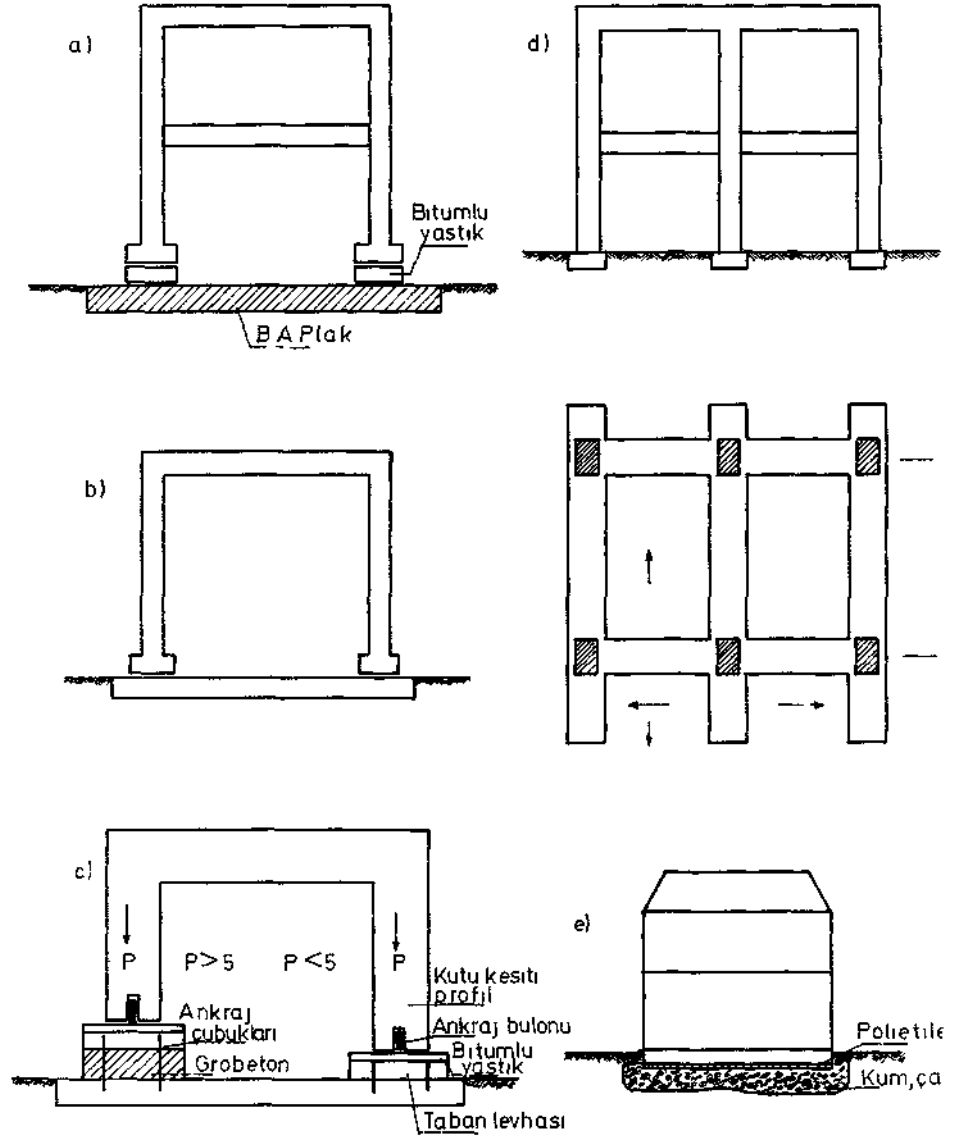
5.2. Yapılardaki Önlemler

Mevcut yapılarda zemin hareketlerinden meydana gelecek hasarın önlenmesindeki amaç hasar miktarını azaltmaktır. Mevcut yapılarda hasarı tamamen önlemek için temel sistemin değiştirilmesi gerekir ki bu da imkansız olmaktadır. Alınan önlemlerde genel olarak birim şekil değiştirme etkisi bertaraf edilir. Yapı çevresine komple bir hendek açılarak sıkışabilen bir malzeme ile doldurularak iki zemin arasındaki ilişki kesilir. Uzun yapılar belirli mesafelerden kesilerek sıkışma derzi yapılır. Şayet tasman fazla olursa yapı komple iskeleye alınmalıdır.

Maden sahalarına yapılacak yeni yapıların zemin hareketlerinden kısmen veya tamamen önlenmesi için belirli metodlar geliştirilmiştir. Kullanılan metodlar da genel prensip etkinin, yapının zeminle ilişkili kısmında tesir yaratacağı ve tedbirinde bu kısımlarda alınması şeklindedir. Zemin hareketlerinin etkilerinin tamamen önlenmesi, yapı temellerinin mukavemeti zeminden kaynaklanan etkileri karşılayacak değerde olmasıyla sağlanır. Hasarın kısmi olarak önlenmesi ise yapıların duruşu estetiği ve kullanımında küçük arızaların meydana gelmesini sağlayacak düzeyde önlemlerin alınmasıyla olur. Yalnız zemin yüzeyinde meydana gelecek olan eğimin başlangıçta önlenmesi mümkün olmadığı için belirli yapılardaki (yol, trenyolu, kanalizasyon gibi) eğimin sınır değerlerinde % 1 toleransın gözönünde tutulması gerekir.

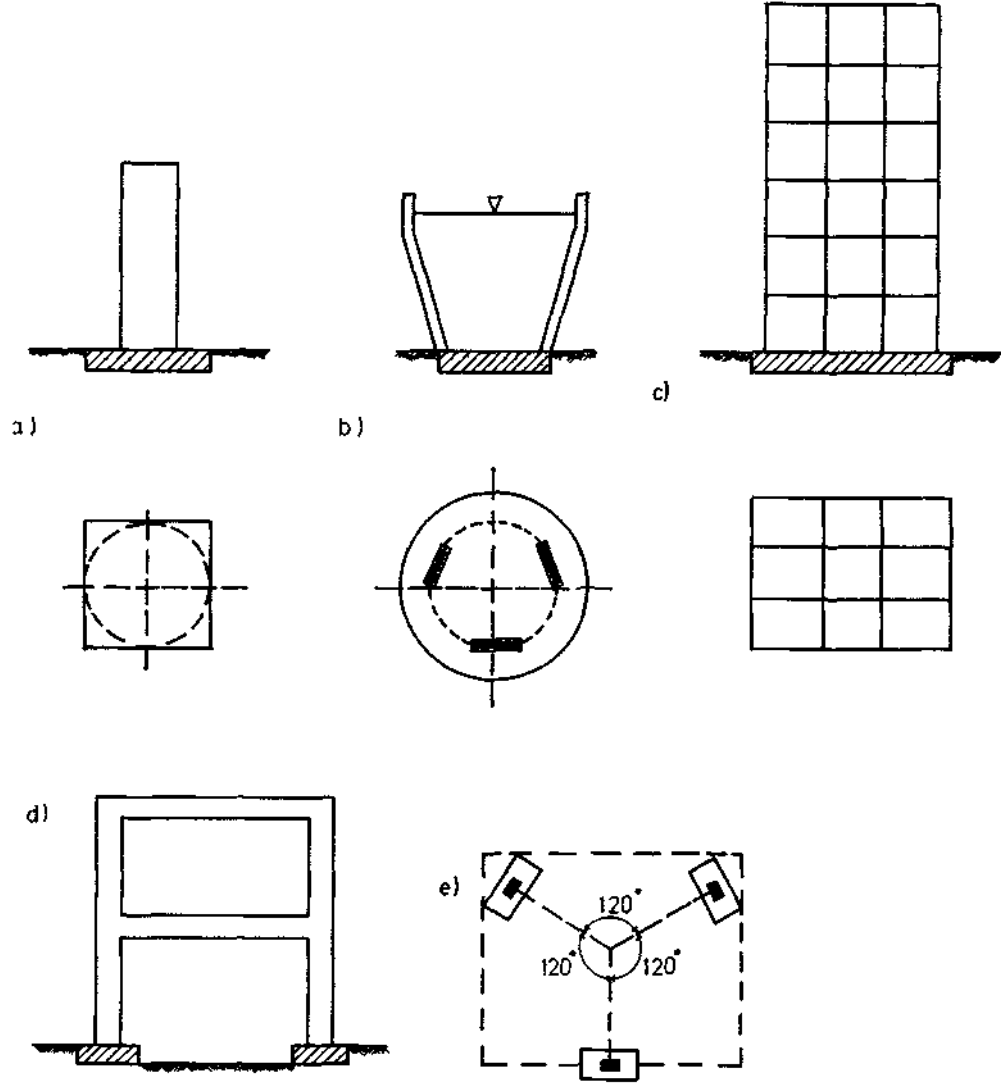
Hasarın kısmi olarak önlenmesi için zemin hareketlerinden birim şekil değiştirmenin etkisi tam olarak, eğim ve eğilmenin etkisi kısmen alınarak çözüm yapılır (Şekil 7). Yapılarda yatay hareket temelde sürtünme kuvveti meydana getireceği için bu etki 12,5 - 25 cm kalınlığında betonarme plak vasıtasıyla alınır. Eğilmenin etkisinin bir kısmında bodrum kolonlarında mafsal yardımıyla alınabilir. Bu çözümler üç kata kadar olan konutlarda ekonomik olmaktadır. Nedeni de birim şekil değiştirme çatlaklarını tamamen önlemesidir. Betonarme yapılarda mafsal yapılması zor olacağından kolon altlarına bitümlü yastık konulması yeterli olmaktadır. Temel zemini önce sıkıştırılır sonra üzerine 10-15 cm kalınlığında kum çakıl veya granüül bir malzeme serilerek tekrar sıkıştırılır. Bu tabaka üzerine polietilen tabaka serilir.

Rijit yapılarda zemin hareketlerinin etkileri temel elemanlarınca karşılanır. Burada çözüm kalın radyejeneral temel, bir veya iki doğrultuda mütemadi temel veya

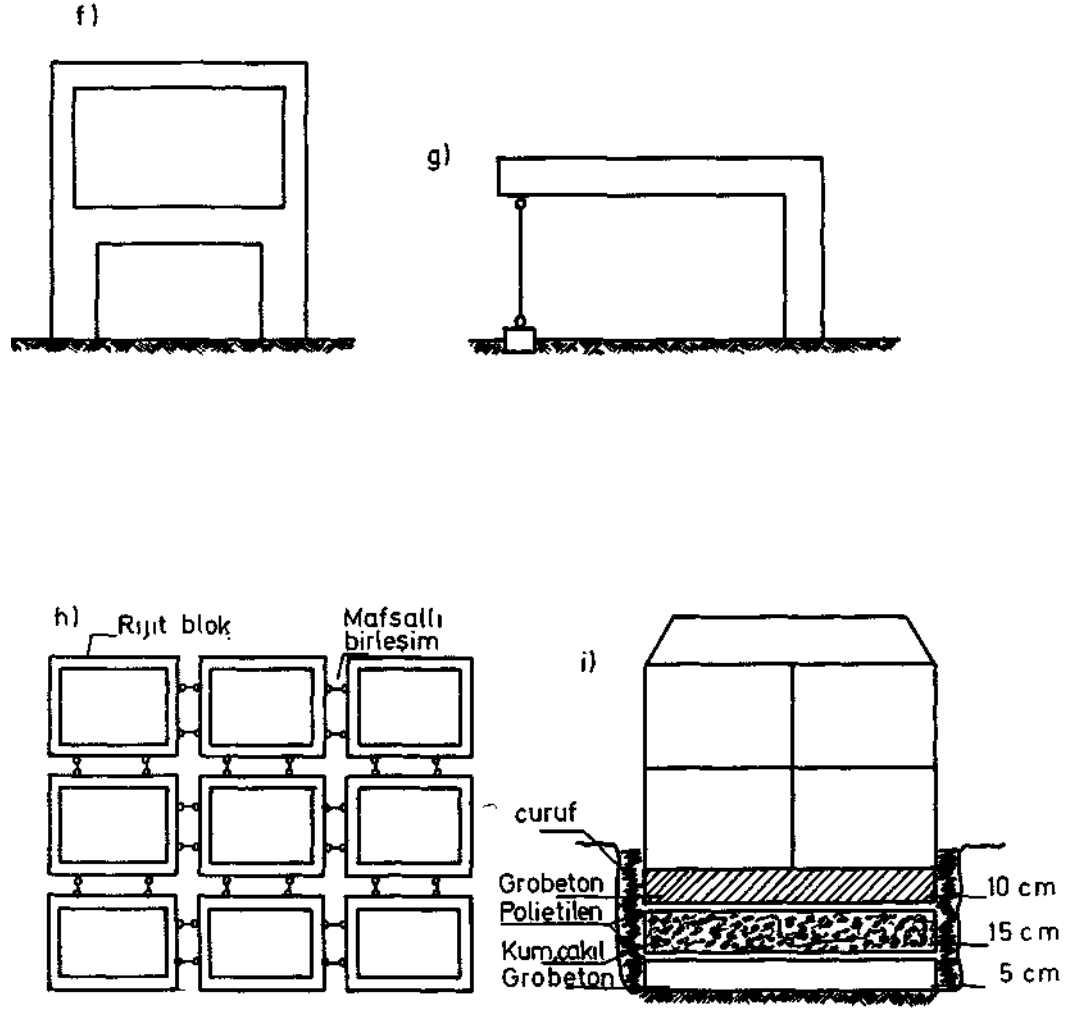


ŞekE 7. uç kata kadar konutlarda temel (a.b), çelik çerçeve yapıdaki temel (c), etkilerin ızgara şeklindeki kirişlere alınması (d), bu yapılar için hazırlanacak olan temel zemini (e).

bodrum kat kolon ve kirişlerinin boyutları büyük tutularak yapılır. Burada diğer bir çözüm yolu da yapıda hem rijitlik hem de mafsallar uygulanmasıdır. Uygulamadaki örnekler Şekil 8'de gösterilmiştir. Bu tip çözüm, pahalı olup, ekonomik değeri yüksek yapılarda kullanılır.



Şekil 8. Radyajeneral temel (a.b), iki doğrultuda mütemadi temel (c), bir doğrultuda mütemadi temel (d), üç nokta temel (e), bodrum kat kolon ve kirişlerin yeter mukavemette (f), hem rijit hem de mafsallı sistemin müşterek kullanılması (g>h), şematik temel görünümü (i).



Şekil 8. Devamı - Bodrum kat kolon ve kirişlerin yeter mukavemette (f), hem rijit hemde mafsallı sistemin müşterek kullanılması (g.h), şematik temel görünümü (i).

Bilhassa İngiltere'de tasman sahalarında 13 İle 15 katlı apartmanlar rijit temeller üzerine inşa edilmişlerdir. Rijit temellerde en büyük etki, eğilmeden kaynaklanmakta, eğrilik yarıçapında değişiklik de maliyeti değiştirmektedir.

6. SONUÇ

Yeraltı maden işletmeciliğinin olduğu sahalarda tasman hasarlarının olması doğaldır. Mevcut yapılarda tasman hasarını önlemek teknik olarak çok zor ve pahalıdır. Yeni yapılacak yapılarda alınacak önlemler de minimum eğrilik yarıçapının önemi çok fazladır. Bu şartlar altında amaç kömür maliyetine etki eden tasman hasar masraflarını optimum seviyede tutmaktır. Yani üretimle hasarı belirli bir dengede tutmak gerekir.

Zonguldak sahil şeridinde 55.000 civarında konut (daire olarak), altyapı tesisleri, yol, trenyolu, liman, T.T.K tesislerinin bugünkü ekonomik değerleri gözönünde tutulursa tasman hasarlarının önemi ortaya çıkar. Bu şartlar altında yapılacak üretimde bilinçli hareket ederek üretim ve hasarı dengelemelidir. Bunun için şu üç önlemin alınması gereklidir.

- Üretim planlamasının yapılması,
- Mevcut yapılarda hasarı önleyici önlemlerin alınması,
- Yeni yapılacak yapılarda hasarı kısmen veya tamamen önleyici önlemlerin alınması.

KAYNAKLAR

1. N.C.B. Subsidence Engineers Handbook
2. KRATZSCH H., Bergschadenkunde
3. BOSCARDIN M.O., CORDING E.J., ROURKE T.D.O., Case Studies of Building Behavior in Response to Adjacent Excavation
4. BREEDS CD., A Study of mining subsidence effects on surface Structures with special reference to factors
5. N.B.A. Agreement Board National Building Agency Certificate
6. Institution of Civil Engineers London 1977, Ground Subsidence
7. AKALIN ARDAT.S., Arda Betonarme Yapı Elemanları
8. Zonguldak Metropolitan Alanı Belediyeler Birliği Planlama örgütü I Baş Uzmanlığı.Yapı Sistemleri
9. KUŞÇU Ş., Zonguldak Kömür Havzasında Yeraltı Maden üretiminden Doğan Hareketlerin ölçülmesi ve incelenmesi
10. **BUYURGAN S., Maden işletmesinden Doğan Zemin Hareketleri (Tasmanlar).**

