

TÜRKİYE MADENCİLİK BİLİMSEL
VE TEKNİK 5.KONGRESİ
14-18/2/1977. dsî salonu/ankara

ÇÖKMENİN
YAPILARA
ETKİSİ

TMMOB
MADEN MÜHENDİSLERİ ODASI

ÇÖKMENİN YAPILARA ETKİSİ

A Günhan PAŞAMEHMETOĞLU *

Özet :

Uzun ayak düzeni ile çalışan kömür ocaklarının işletilmesi sırasında yerüstündeki binalarda meydana gelecek hasarın derecesi, çökme sonucu arazide oluşan eğim değişmelerinin ve birim deformasyonların değerlerine yapıların uzun ayağa göre konumlarına, boyutlarına, yapım biçimlerine ve malzemesine bağlıdır.

Yapılarda oluşacak hasarı azaltmak veya önlemek için yeraltında ve yerüstünde uygulanabilecek birçok yöntem vardır. Bu bildiride yeraltında işletilen bir kömür damarının tümü ile alınması sonucu yerüstünde oluşan çökme eğim değişmeleri ve birim deformasyonların belirli bir bina topluluğuna olan etkilerini azaltmak için, bu bina topluluğunda ve çevresinde alınan hasar azaltıcı önlemler açıklanarak elde edilen sonuçlar sunulmuştur.

Abstract :

Mining subsidence damage to structures depends on the magnitude of ground tilt and strain caused by subsidence, the orientation of the structure relative to the underground working, the size and shape of the structure, the methods of construction and quality of materials used.

There are many underground and surface methods to prevent or decrease the subsidence damage. In this paper,

(*) Dr., Öğretim Üyesi, ODTÜ.

the preventive works carried out in and around buildings that are completely undermined are described and conclusions are drawn.

1. Giriş:

Uzun ayak düzeni ile çalışan kömür ocaklarında yerüstünde görülen çökmeler zeminde eğim değişimleri ile basma ve çekme birimdeformasyonlarını oluşturur. Bu eğim değişimleri ile basma ve çekme birimdeformasyonları ocağın etki sahası içinde kalan binalarda, gaz ve su kanallarında, köprülerde ve diğer yapılarda hasarlara yol açar. Üretimden dolayı meydana gelecek hasarlar, eğim değişimleri ile çekme ve basma birimdeformasyonlarının değerlerine, yapıların uzun ayağa göre konumlarına, yapıların uzunluğuna, yüksekliğine, yapı biçimine ve malzemesine bağlıdır. Eğim değişimleri ile çekme ve basma birimdeformasyon değerleri ise işlenen kömür damarının kalınlığına, ayağın yüzeyden derinliğine, uzunluğuna, pano boyuna, ayak gerisinin göçürülmesine veya doldurulmasına bağlıdır (¹).

Yerleşme bölgeleri altında kalan kömür damarlarının işletilmesinde çökmelerin yüzeyde bulunan binalara ve benzeri yapılara etkisini azaltıcı bazı önlemlerin alınması gerekmektedir. Bu önlemler üç ana grupta toplanabilir :

- a) Yeraltı işletme önlemleri, örneğin : kısmi üretim, uyumlu üretim, çok önemli yapıların altında topuk bırakılması, dolgu sisteminin uygulanması (¹⁻¹⁴).
- b) Kömür madeni havzasında yapılacak yapılarda hasarı azaltıcı yapı tekniklerinin uygulanması (¹²), örneğin: binaların küçük üniteler halinde yapılması ve esnek kısımlarla birleştirilmesi, zeminle bina temeli arasında sürtünmenin azaltılması, su ve kanalizasyon borularının esnek bağlantılarla birleştirilmesi.
- c) Mevcut yapılarda ve etrafında üretimden önce hasarı azaltıcı tekniklerin uygulanması (¹⁻²), örneğin : yapıların etrafında hendeklerin açılması, su, kalorifer ve kanalizasyon borularının esnek bağlantılarla birleştirilmesi.

rilmesi, büyük boyutlu binaları olabildiğince uygun yerlerinden bölünmesi.

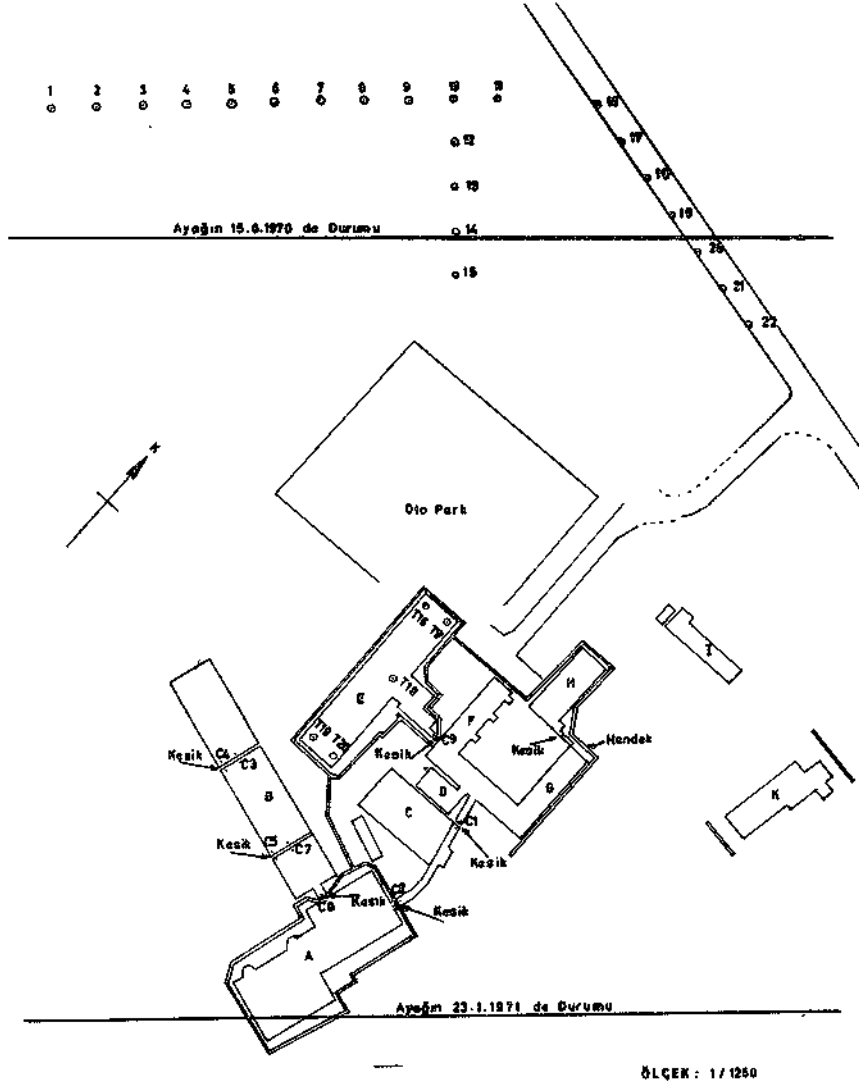
Bu bildiriye, göçertmeli uzun ayak düzeni ile çalışan bir kömür damarındaki üretimden dolayı yüzeyde oluşacak çökmelerin ve deformasyonların yapılara etkisi ile yapılarda ve etrafında alman hasar azaltıcı önlemler incelenecektir.

2. Ön Bilgiler :

Şekil - 1 uzun ayağı (Blackshale damarı, PyeHill Kömür Madeni, İngiltere) ve binaların uzun ayağa göre konumlarını göstermektedir. Ayak uzunluğu önce 197 metre'dir. Sonra ilgili binaların altından geçerken 247 metreye çıkarılmıştır. Kömür damarının işletilen kalınlığı 1,67 m ve ortalama derinliği 260 m'dir. İki vardiyeye kömür üretilen ayak göçertmeli olarak çalışmakta ve ortalama 12 m'lik bir hızla ilerlemektedir.

Tabakaların 1:10 eğimle kuzeydoğu yönüne yatımlı olduğu bölgede 1,1 m ve 1,2 m kalınlığında, 163 ve 176 m derinlikte iki kömür damarı 19. yüzyıl sonlarında çalışılmıştır. 2,0 m kalınlığında ve yüzeye çok yakın olan bir damarda eski çalışmalardan ötürü boşluklar bulunma tehlikesi olabileceği tahmin edilmektedir.

Binaların bulunduğu ve ayağın kısa olduğu sahalarda adı geçen ayaktaki üretimden dolayı beklenen maksimum çökme, eğim, basma ve çekme birimdeformasyon değerleri (*) Çizelge - 1 de ayrı ayrı verilmiştir. Ancak yukarıda belirtilen 2,0 m kalınlığında olan ve yüzeye çok yakın bulunan kömür damarında, eski çalışmalardan ötürü boşluklar bulunması olasılığı ve bölgenin faylı olması nedeni ile, beklenen bu normal değerlerden daha farklı ve yüksek değerler elde etmek olasılığının ve tehlikesinin var olduğu düşünülmüştür (¹⁵). Bu nedenle denetim amacı ile, uzun ayağın kısa olduğu bölgede olmakla birlikte, önceden bir fikir edinebilmek ve önlem alabilmek için ölçme istasyonları kurularak çökme ve birimdeformasyonların ölçülmesine karar verilmiştir (Şekil - 1).



Şekil-1. Binaların Uzun Ayağa Göre Konumu

/e 1 — Beklenen Maksimum Çökme, Eğim, Basma ve Çekme Birimdeformasyon Değerleri

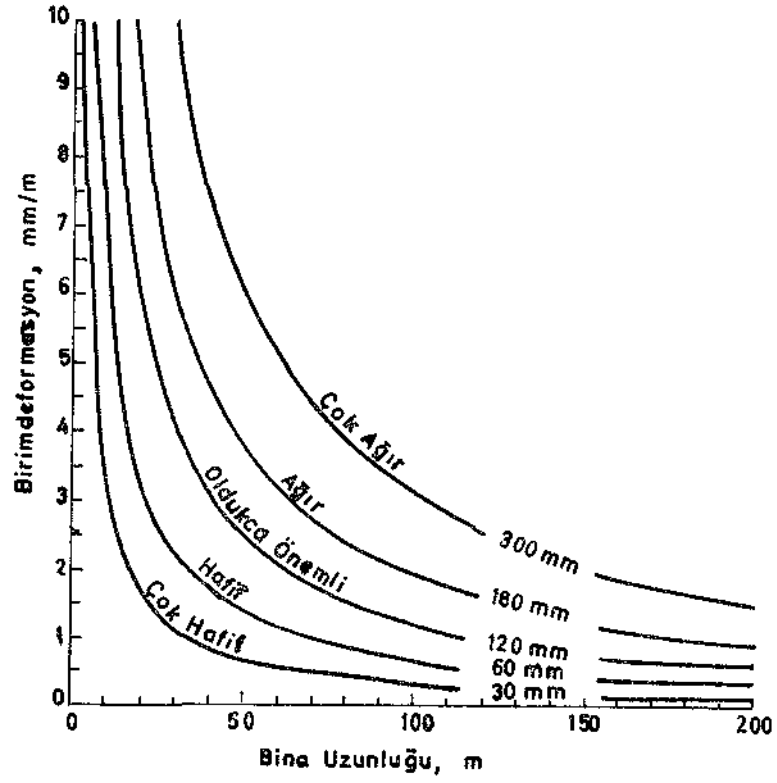
ayak uzunluğu	197 m	247 m
ayak uzunluğu/Ayak Derinliği	0,77	0,05
Çökme	1,20 m	1,42 m
Basma Birimdeformasyonu	3,5 mm/m	3,3 mm/m
Çekme Birimdeformasyonu	3,0 mm/m	3,5 mm/m
Eğim	13 mm/m	15 mm/m

3. Binalarda ve Etrafında Alınan Önlemler :

Şekil - 1 de görüldüğü gibi binalar birbirlerine koridorlarla bağlı yekpare bir özelliktedir. A binası 19. yüzyıl başlarında yapılmış olup tarihi ve mimari değerinden dolayı büyük önem taşımaktadır. İki katlı olan binanın bir kubbesi vardır ve tavanı değerli alçı kabarmaları ile donatılmıştır. İki katlı olan E binası yeni bir yapıdır, ve tuğladan yapılmıştır, B binası ise 75 metre uzunluğunda tek katlı prefabrike bir binadır ve beton temel üzerine oturtulmuştur.

Beklenen maksimum basma ve çekme birimdeformasyonları ve binaların boyutları göz önüne alındığında İngiltere'de kullandırı sınıflamaya (1) göre binalarda oluşacak hasar derecesi çok ağırdır (Şekil - 2). Bir yandan işyeri olarak kullanılan ve ağır hasara uğraması beklenen bu binalarda tehlikenin dolayı çalışan personelin geçici olarak başka bir yere taşınması gerekebileceğinden, öte yandan A binasının tarihi ve mimari değerinden dolayı parasal olarak hasar tespiti ve maliyet hesabı yapmak zordu (15).

Yapılan ön çalışmalar sonucu ekonomik olarak uygulanacak bir yeraltı önleme yönteminin olmadığı saptanmıştır (15). Bu nedenle, binalarda ve civarında hasarı azaltıcı önlemler alınmasına karar verilmiştir. Ancak, ayak uzunluğu artırılarak binaların arazide oluşacak kalıcı maksimum eğim bölgesinin dışında kalmasına ve böylece binalarda kalıcı eğimin azaltılması yoluna gidilmiştir.



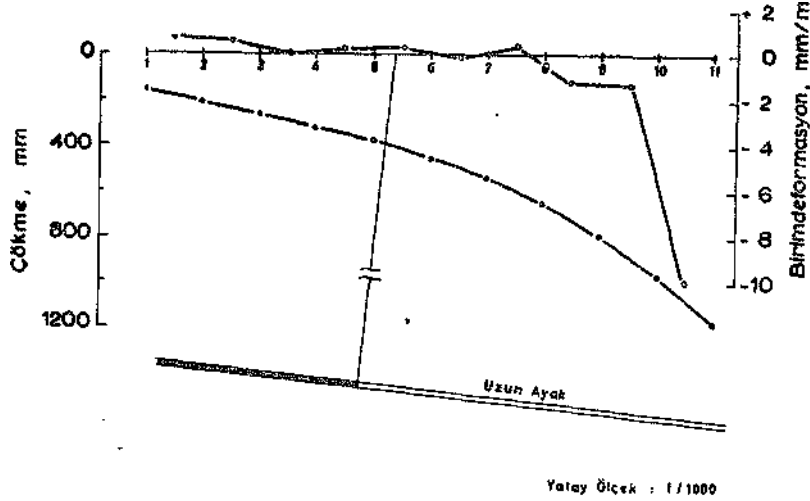
§«Ssi-2: N.C.B. Hasar Smtflandırması⁽¹⁾

Binalarda ve etrafında yapılan incelemelerden sonra, hasarı azaltmak için şu önlemler alınmıştır :

- Arazide oluşacak toplam çekme ve basma deformasyonlarının etkisini azaltmak için binalar uygun yerlerinden, özellikle koridorlarla birleştikleri yerlerden ayrılmıştır.
- Uzun prefabrike B binasının üçe bölünmüş ve bölüm yerleri, içerde çalışan personelin hava koşullarından etkilenmemesi için esnek malzeme ile iyice kapanarak izole edilmiştir.
- Birimdeformasyonların ve eğim değişimlerinin binalara ve temellere etkisinin binalar etrafında açılacak

hendeklerle azaltılabileceği düşünölmüş ve binalarda açılan kesikler hendeklerin alt düzeyine kadar derinleştirilerek hendeklerle birleştirilmiştir. Hendekler, ucuz deforme olabilir kalorifer kazanlarında arta kalan kül ile doldurulmuş üzerleri asfaltlanmıştır.

- d) Su, kalorifer ve kanalizasyon boruları duvarlardan ve tabandan geçtiği yerlerde esnek bağlantılarla donatılmış ve geçtikleri bu yerler genişletilerek boru ile duvar arasındaki temas kesilmiştir.
- e) (d) deki işlem elektrik kablolarına da uygulanmış ve çıkabilecek bir yangın tehlikesi için alarm tertibatı geliştirilmiştir.
- f) Gerekli yerler ve özellikle A binasının alçı tavanı, alçı parçalarının çalışan personelin üzerine düşmesini önlemek için özel telli çerçevelerle kaplanmıştır.
- g) Camlar, basma birimdeformasyonlarının etkisi ile aniden kırılarak etrafa fırlaması için cello-tape ile çapraz bir biçimde bantlanmıştır.



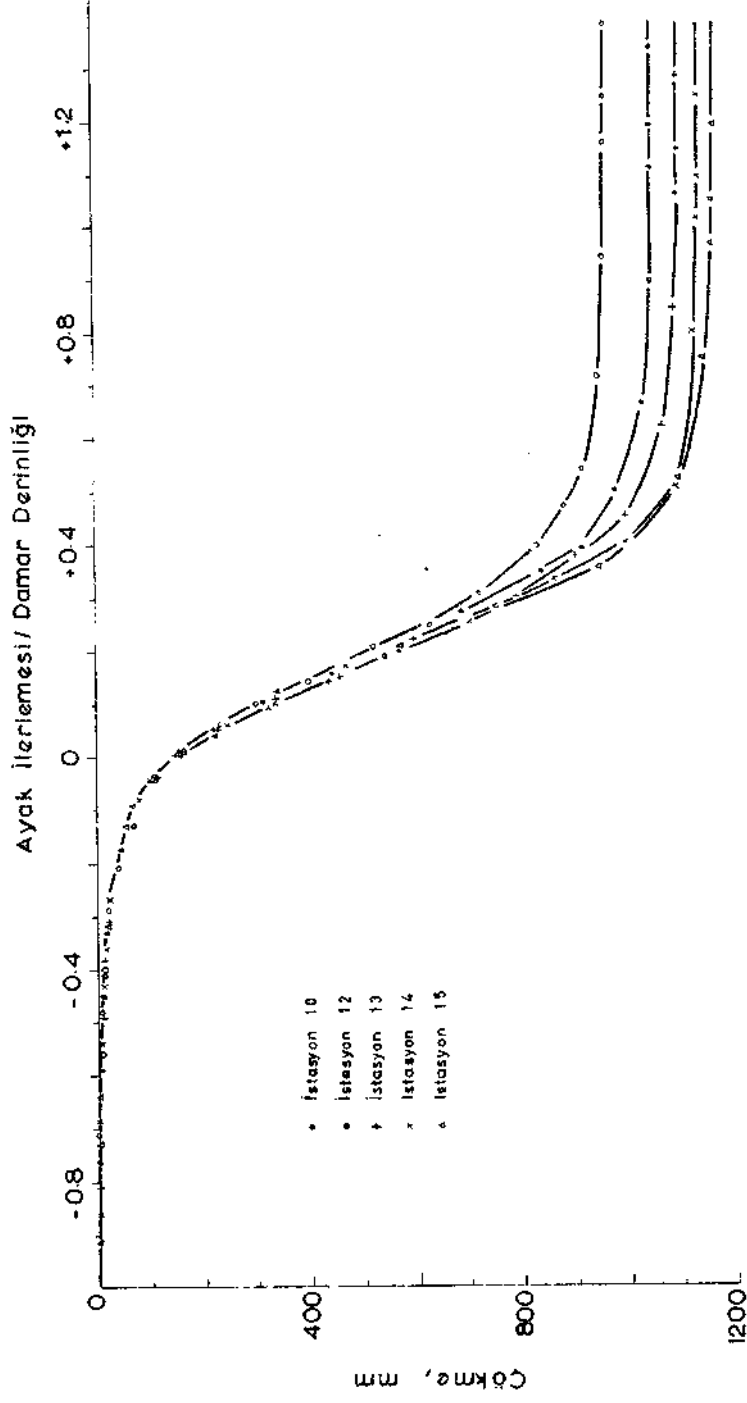
Sekil- 3 . Kalıcı ÇÖKms ve Birimdeformasyon

4. Ölçmeler ve Tartışma :

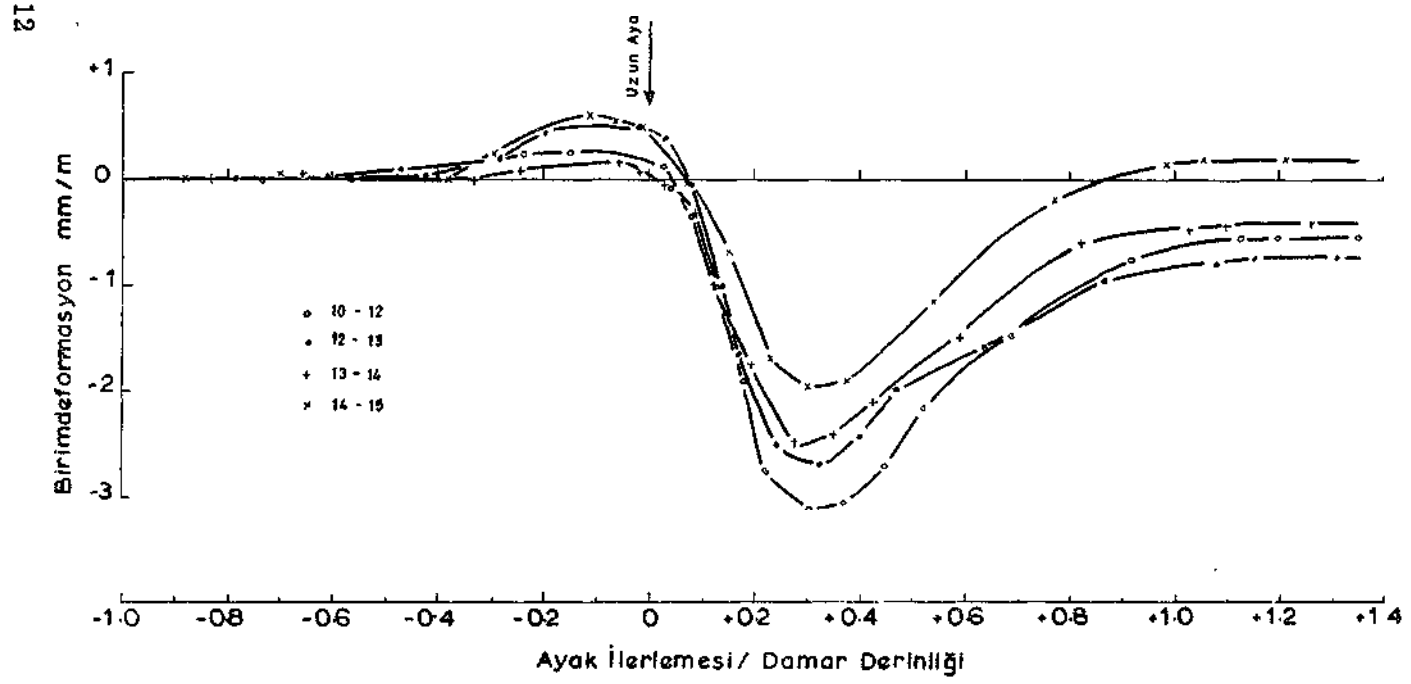
Şekil - 3 arazide ölçülen kalıcı çökme ve birimdeformasyonları, Şekil - 4 ve 5 sırası ile çökme ve birimdeformasyonların ayağın ilerlemesine bağlı olarak gelişimini göstermektedir. Çökmeler duyarlı jeodetik nivo, birimdeformasyonlar ise özel bir teknikle gerdirilmiş olan çelik metre ile ölçülmüştür. Yer darlığı nedeniyle, kurulan istasyonların özellikleri ve ölçme teknikleri ve duyarlılıkları burada tartışılmayacaktır. Bu konu hakkında ayrıntılı bilgi ilgili literatürde gösterilmiştir (¹⁶⁻¹⁹).

Şekil - 4 ve 5 den de anlaşılacağı üzere, gelişen çökme ve basma birimdeformasyon değerleri beklenen değerlere yakın olmuştur. Ancak, çekme birimdeformasyon değerleri (+ ile gösterilir) beklenenden çok daha düşüktür. Şekil - 3 de de kalıcı çekme birimdeformasyonların az olduğu görülmektedir. 10-11 no.lu istasyonlar arasında oluşan 10 mm/m ye yakın basma birimdeformasyonu çok büyüktür. Bunun nedeni bu istasyonlar arasında yerel bir arıza veya boşluk bulunması olasılığıdır.

Arazide başka amaç için geliştirilen ve kurulan eğim ölçme istasyonlarının (²⁰) yanısıra, E binasının düz çatısına bu binanın çatısında oluşacak eğim değişimleri hakkında bir fikir edinebilmek amacı ile, beş tane eğim ölçme istasyonu yerleştirilmiştir (T16-T20), Şekil - 1. Çizelge - 2, bu istasyonlarda ölçülen kalıcı çökme ve eğim değerlerini göstermektedir. Kalıcı eğim beklendiği gibi ayağın ortasına doğru ve binanın küçük eksenine paralel yöndedir. Görüleceği gibi binada kalıcı ortalama eğim yaklaşık olarak, T18 istasyonunda elde edilen 12,10 mm/m lik değer dışında, 3-4 mm/m dir. Ölçülen 12,10 mm/m lik eğim nedeninin, binanın T18 civarında bir koridora bağlı olmasından veya yerel koşullardan ötürü olduğu sanılmaktadır. Nitekim yerde kurulan ve bu istasyona yakın olan diğer bir eğim ölçme istasyonunda da önemli derecede yüksek eğim değişiklikleri elde edilmiştir, (18,80 mm/m).



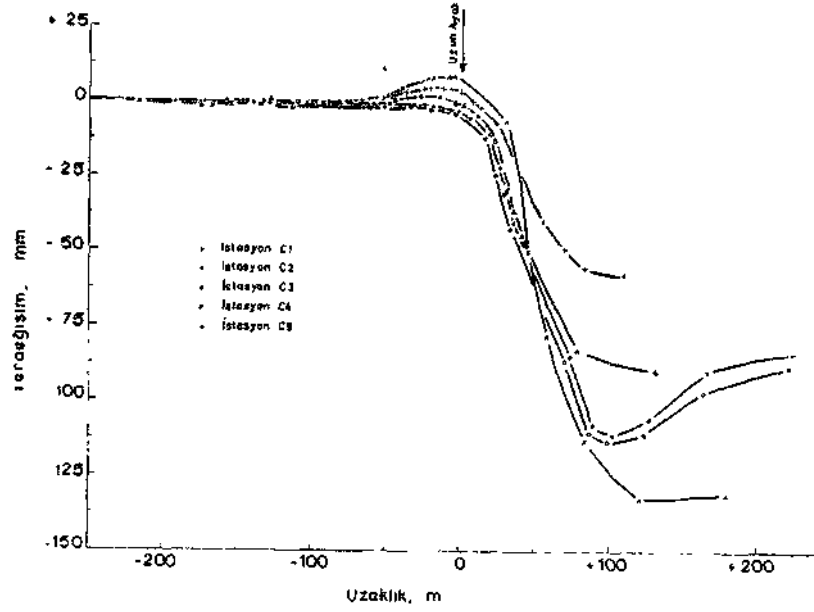
Şekil- 4 : Çökmenin Ayak İlerlemesine Göre Gelişimi



Şekil- 6 BiHmdeformasyonun Ayağın Hgrlemssine Göre Gelişimi

Çizelge 2 — E Binasının Çatısında Kalıcı Çökmeye ve Eğimi Değerleri

İstasyon	Çökme mm	Eğim/m
T16	— 1172	4,08
T17	— 1205	3,10
T18	— 1135	12,10
T19	— 1015	2,65
T20	— 1050	4,65



Şekil- 6 : Kesiklerde Yertieğışimln Ayağın ilerlemesine Göre Gelişimi

Bu değerler, istasyonlarda doğrudan ölçülen eğim değerleri ile karşılaştırıldığında sonuçların birbirine yakınlığı görülür. Çizelge - 3 den de görüleceği üzere maksimum kalıcı çökme farkı T18 ve T19 nolu istasyonlar arasında olup 120 mm dir. Çökme değerlerinden hesaplanan binanın uğradığı ortalama gelişen maksimum eğim de 10 mm/m dir.

Şekil - 6 da ise binaları bölmek ve birbirinden ayırmak için açılan kesiklerde oluşan yerdeğişimlerin ayağın ilerlemesine bağlı olarak gelişmesi görülmektedir. Çizelge - 4 de bu kesiklerde oluşan maksimum açılma ve kapanma değerleri verilmiştir. Kesiklerde açılma çok az olmuştur. Bunun nedeni arazide de çekme birimdeformasyonlarının az olması ve hendeklerin etkisi olabilir. Kapanma değeri ise 135 mm ye ulaşmıştır (C2). Bu nedenle bazı kesiklerin birkaç kez genişletilmesi zorunluğu doğmuştur.

Çizelge 3 — E Binasının Çatısında Kalıcı Çökme Farkları ve Hesaplanan Eğim, Değerleri

istasyon	Uzunluk m	Çökme Farkı manı	Epmı mmı/nm
T16 - T17	7,9073	+ 33	+ 4,17
T18 - T16	23,5919	+ 37	+ 1,57
T18-T17	22,3796	+ 70	+ 3,12
T18 - T19	29,4671	— 120	— 4,07
T18 - T20	28,8754	— 85	— 2,94
T19 - T20	8,4707	+ 35	+ 4,12

B binasında açılan üç kesikte oluşan toplam kapanma 195 mm dir. Bu değer binaları bölen bu kesiklerin hareketleri söndürme ve binalardaki hasarı azaltma açısından ne kadar etkili olduğunu göstermektedir. Eęer kesikler olmasaydı toplam 195 mm lik yerdeğişim binada oluşacak ve hasar çok daha fazla olacaktı (Şekil - 2).

Çizelge 4 — Kesiklerde Açılma ve Kapanma

İstasyon	Açılma (mm)	Kapanma (mm)
C1	4,5	59,0
C2	8,2	134,7
C3	0	112,7
C4	0	115,4
C5	0,4	4,8
C7	0	8,1
C8	0,6	74,4
C9	2,0	91,5

Yeni bina (E binası), çökme ve eğim farkından dolayı makaslama düzlemi gibi beton temeli üzerinde az miktarda kaymış ve pencerelerinin bazılarını çerçeve ile desteklemek gerekmiştir. Dış duvarlarda çekme çatlakları oluşmuş ve birkaç cam kırılmıştır.

Diğer binalarda küçük çatlaklar ve sıva düşmelerinden başka bir hasar olmamıştır. Çatlaklar H ve A binalarında, genellikle, pencerelerin kenarından başlayarak gelişmiştir. A binasının alçı kabarmalı tavanındaki çatlaklar ise köşelerde oluşmuştur. Kubbeye hiçbir zarar gelmemiştir.

Sonuç olarak, binalarda beklenen "çok ağır" hasar derecesi, önlemler sonucu önemli derecede azaltılmıştır ("hafif" - "oldukça önemli" ye).

5. Sonuç ;

- 1) Uzun ayak düzeni ile çalışan kömür ocaklarının işletilmesi sırasında yerüstündeki binalarda oluşacak hasarın derecesi, eğim değişmelerinin ve birimdeformasyonların değerlerine, yapıların uzunluklarına, yüksekliklerine, yapıım biçimlerine, kullanılan malzemenin türüne ve uzun ayağa göre konumlarına bağlıdır.

Hasar derecesini azaltıcı önlemler alınırken bu etkelerin tümünün gözönüne alınması gerekmektedir.

- 2) Birbirlerine koridorlarla bağlı bir üniteden oluşan bina topluluklarında, duvarların kesilerek binaların birbirlerinden ayrılmasının özellikle basma birimdeformasyonun etkisini azaltıcı bir yöntem olduğu görülmektedir. Bu ayırma işleminin etkinliği, açılan "kesik" in koridorla binanın birleştiği yere olan yakınlığı ile orantılı olup, kesik binalara yaklaştıkça artar. Binalar etrafında hendekler açıldığında, duvar kesiklerinin hendeklerle birleştirilmesi gerekmektedir.
- 3) Yerüstü yapılarının altından geçen uzun ayaktaki üretimden dolayı oluşan çökme ve birimdeformasyonların etkisini azaltmak için kullanılan önlemlerden hendek açmak ve duvar kesmek yöntemleri büyük boyutlu binalarda oluşacak hasarların derecesini azaltmakta ve ekonomik yönden kazanç sağlamaktadır.
- 4) Büyük binalarda oluşacak hasarın tehlikesinden dolayı personelin başka yere taşınma gereksinimi bu önlemler sonucu ortadan kaldırılabilir.
- 5) Bildiride belirtilen uygulamada görüleceği üzere, büyük binalarda oluşabilecek çok ağır düzeydeki hasarı "hafif" - "oldukça önemli" ye indirme olanağı vardır.
- 6) Ülkemizde de yerleşme bölgelerinde bulunan havzalarda işletme düzeninden dolayı yerüstünde oluşacak çökme ve birimdeformasyonların ölçülmesi, havzanın özelliğinin saptanması, havzada kullanılan yapı biçimlerinin ve bu yapılarda oluşan hasarın istatistiksel olarak değerlendirilmesi yapılarak bir hasar kriterinin çıkarılması gereklidir. Havzanın elde edilecek çökme özelliği ve çıkarılacak hasar kriteri, hasar derecesinin önceden saptanması, yeraltı ve yerüstü önlemlerin ekonomik bir biçimde alınması olanağını sağlar. Bunun yamsıra, bu çalışmalar yeni yapılacak binalarda yapım tekniklerinin geliştirilmesine de ışık tutar.

Kaynaklar:

- 1—,——: N.C.B. Subsidence Engineers Handbook, Londra, 1966
- 2 — KING, HJ., ORCHARD, R.J. : Ground Movement in the Exploitation of Coal Seams, Colliery Guardian, Vol. 198, 1959, pp. 471-477, 503-508
- 3 — WARDELL(K. : Ground Subsidence and Control, Mining Congress Journal, 1969, pp. 36-42
- 4—,——: Principles of Subsidence Engineering, N. C. B. Information Bulletin No. 63/240, 1963
- 5 — THOMAS, L.J. : An Introduction to Mining, Hick Smith and Sons, 1973, 436 p.
- 6 — BUYURGAN, S. : Maden İşletmesinden Doğan Zemin Hareketleri, E.K.İ., Eğitim Müdürlüğü Yayını No: 23, 1967
- 7 — WOODRUFF, S.D. : Methods of Working Coal and Metal Mines, Vol. 2., Pergamön Press Inc., 1966
- 8 — MARR, J.E. : The Effects on Surface Property by a Modified Mining Method, The Chartered Surveyor, Vol. 97, 1965, pp. 369-376
- 9 — ORHARD, R.J. : Underground Stowing, Colliery Guardian, 1961, pp. 258-263
- 10 — ORCHARD, R.5. : Partial Extraction and Subsidence, The Mining Engineer, 1963-64, pp. 417-430
- 11 — ORCHARD, R.J. : Surface subsidence Resulting From Alternative Treatments of Colliery Goaf, Colliery Engineering, Vol. 41, 1964, pp. 428-435
- 12 — ORCHARD, R.J. : Longwall Partial Extraction Systems, The Mining Engineer, 1969-1970, pp. 523-535
- 13—,——: Partial Extraction as a Means of Reducing Subsidence Damage, N.C.B. Information Bulletin No. 61/231, 1961
- 14 — SING, T,N., GUPTA, R.N. : Influence of Parameters of Packing on Surface Protection, Journal of Mines, Metals and Fuels, Vol. 16, 1968, pp. 37-44, 52
- 15 — SHADBOLT, C.H. : Report on Sherwood Hall, Given to N.C.B., 1970
- 16 — PRIEST, A.V., ORCHARD, R.J. : Recent Subsidence Research in the Nottinghamshire and Derbyshire Coal field, The Mining Engineer, ovl. 117, 1957-1958, pp. 499-515
- 17—,——: Investigation of Mining Subsidence, Phonomena, N.C.B. Information Bulletin No. 52/78, 1952

- 18 — MARR, J.E., WARD, J.F. : Some Practical Aspects of Precise Subsidence Surveying, Transactions of the Institute of Mining Surveyors, Vol. 32, 1952, pp. 147-163
- 19 — WARDELL, K. : The Surveying Observations Required for the Determination of Ground Movements Caused by Mining, Transactions of the Institute of Mining Surveyors, Vol. 32, 1952, pp. 12 - 37
- 20 — PAŞAMBHMETOĞLU, A.G.: An Investigation Into Time Dependent Aspects of Mining Subsidence, Ph. D. Thesis, Nottingham University, 1972.

TEŞEKKÜR

Yazar, bu çalışma sırasında değerli katkılarından ötürü, hocaları Nottingham Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü Başkanı Prof. H. J. King ve Öğretim Üyesi Dr. B. N. Whittaker'e, arazide ölçmelerin yapılmasına izin veren ve yardımcı olan N.C.B. East Midlands Bölge Mühendisi Mr. C. H. Shadbolt, Topoğraf Mr. A. Avans ve Mr. R. Kyme'e teşekkür etmeyi bir borç bilir.