



HALAT TİPİ KAYA SAPLAMALARI VE MADENCİLİKTEKİ UYGULAMALARI

Ö. UYSAL* & A. DEMİRCİ** & Y. S. DURUTÜRK***

Özet

Diğer üretim faaliyetlerinde olduğu gibi yeraltı maden işletmeciliğinde de işçi ve işyeri emniyetinin sağlanması en önemli ve vazgeçilmez koşuldur. Bu kapsamda tahkimat, hem emniyetin sağlanması hem de faaliyetlere mekan hazırlanması bakımından belirgin bir önem kazanmaktadır.

Bu çalışmada, yeraltı maden işletmeleri tahkimat işlerinde, yaygın bir şekilde kullanılmakta olan halat tipi kaya saptamaları hakkında yapılmış olan bir literatür araştırmasının sonuçları sunulmakta ve yazarlar tarafından geliştirilmiş olan bir halat-tespit yönteminin (Patlatma esaslı halat tipi kaya saptaması) bu konuya katkılarını işaret edilmektedir. Çalışmada, halat tipi kaya saptamaları hakkında genel bilgi verildikten sonra, yerleştirilme yöntemleri, çalışma prensipleri ve kullanım alanları anlatılmaktadır. Ayrıca halat tipi kaya saptamalarının uygulandığı maden ocaklarından çeşitli örnekler verilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Halat Tipi Kaya Saptaması, Patlatma Esaslı Halat Tipi Kaya Saptaması, Tahkimat, Yeraltı Maden İşletmesi

I. Giriş

Yeraltı maden işletmeciliğinde meydana gelen kazaların büyük bölümü, göçük, taş düşmesi vs. gibi, tahkimata dayalı hususlarla yakından ilişkilidir. Diğer yandan günümüz yeraltı madenciliğinde kullanılan, yatırım tutarı oldukça yüksek olan makine-ekipmanlar, genellikle tahkimatların korunması altında çalışmakta ve tahkimat yüzünden meydana gelebilecek olumsuz bir durum, işletmede ağır maddi

* Dumlupınar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Kütahya, Türkiye, uysal@dumlupinar.edu.tr

** Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Sivas, Türkiye, demirci@cumhuriyet.edu.tr

*** Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Sivas, Türkiye, duruturk@cumhuriyet.edu.tr

zararlar oluşturmaktadır. Bütün bunların yanında, tahkimattaki bir aksaklık, zaman zaman üretim faaliyetlerinin durmasına neden olabilmektedir.

Yukarıda sayılan nedenler göz önüne alındığında tahkimat, yeraltı madenciliğinde önem verilmesi gereken bir unsur olarak ortaya çıkmaktadır.

Günümüz yeraltı madencilik faaliyetlerinde yaygın ve yoğun olarak kullanılan en önemli tahkimat türleri ahşap tahkimat, çelik tahkimat, püskürtme beton ve kaya saplamlarıdır. Bu türler içerisindeki ahşap tahkimat, teknolojik gelişmelere bağlı olarak önemini oldukça yitirmiştir. Buna karşın teknolojik gelişmelere bağlı olarak kullanımı her geçen gün artan tahkimat türü ise kaya saplamlarıdır. Kaya saplamlarının tahkimat olarak kullanımının yaygınlaşmasında en önemli nedenler, aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Düşük maliyet,
- Kabul edilebilir emniyet,
- Kolay üretim ve kolay yerleştirme,
- Değişken koşullarda kullanılabilmesi ve
- İlave açıklık gerektirmemesi.

Kaya saplama türleri içerisinde, halat tipi kaya saplamları (cablebolts), boy sınırlamasının olmaması, esnek olması, ucuz olması ve yüksek yük taşıma kapasitesine sahip olmaları nedeni ile dikkat çekmektedir. Halat tipi kaya saplama, basit olarak bir veya daha fazla halatın özel olarak delinmiş deliğe yerleştirilmesi, çimento harcı ile doldurulması ve bu sayede kaya kütlesi içinde bir kolon oluşturulması şeklinde tanımlanabilir.

Bu saplamlar, ilk olarak 1963 yılında Kanada ve 1964 yılında Güney Afrika'da kullanılmış ve günümüze kadar kullanımlarında gittikçe artan bir seyir izlenmiştir [1, 2]. Günümüz madencilik endüstrisinde halat tipi kaya saplamları, tavan arınlı kazı yöntemi (kes ve doldur, cut and fill), arakatlı kazı yöntemi (sublevel stoping), arakatlı göçertme yöntemi (sublevel caving), ambarlı üretim yöntemi (shrinkage stoping) ve oda yöntemleri yanında galeri yapımında tahkimat olarak ve açık ocak şev duraylılığının sağlanmasında yaygın olarak kullanılmaktadır.

2. HALAT TİPİ KAYA SAPLAMALARININ KULLANILMA NEDENLERİ

Halat tipi kaya saplamlarının yeraltı madenlerinde kullanılma amaçları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Çalışma güvenliğini sağlamak,
- Kaya kütlelerinin duraylılığını artırmak,
- Kazı yüzeyinden kaya parçalarının düşerek cevhere karışmasını önlemek (seyrelmeyi önlemek) ve
- Yeraltında tavana yük asılmasını sağlamak.

Madencilik ve inşaat projelerinde güvenlik en önemli ölçüttür. Küçük galeri ve tünellerde, işçi emniyetini sağlamak amacıyla, tavandan veya yan yüzeylerden

blok veya taş düşmesini önlemek için, mekanik kaya saplamaları, püskürtme beton (shotcrete) veya dolgulu kaya saplamaları kullanılmaktadır. Kavşak noktaları, büyük yeraltı açıklıkları veya aktif çalışma sahalarında, artırılabilir saplama uzunluğu ve yüksek yük taşıma kapasitesine bağlı olarak, halat tipi kaya saplamaları tercih edilir bir tahkimat sistemi olmaktadır. Büyük boşluklarda, büyük serbest blokların veya yerinden kopan blokların düşmesi ihtimali büyüktür. Bu husus, yeterli güvenliği elde etmek için halat tipi kaya saplamaları tarafından etkin olarak sağlanabilen tahkimat sisteminin kapasitesindeki bir artışı gerektirir.

Halat tipi kaya saplamaları, kaya kütlelerinin içlerine kadar uzanarak, kırık ve çatlaklar gibi zayıflık düzlemleri boyunca ayrılmaları önleyerek kaya kütlelerini sağlamlaştırır. Kaya kütlelerinin içinde onun doğal bir parçasıymış gibi hareket ederek kaya kütlelerinin dayanımını artırır. İlave olarak boşluk yüzeyindeki blokların tahkim edilmesiyle kaya kütlesi gevşeme ve zayıflamaya karşı korunmuş olur. Böylece halat tipi kaya saplamaları, kaya kütlelerindeki duraysızlığın ve yenilmelerin tehlikeli ve pahalı etkilerini azaltırlar.

Halat tipi kaya saplamaları, günümüzün büyük hacimli madencilik yöntemlerinde, ulaşılması zor kısımlarda tahkimatı sağlamak için uzun deliklere, uzaktan kumanda ile yerleştirilirler. Halatlar, yukarıda anlatıldığı şekliyle güvenliğin yanı sıra, seyrelme kontrolü bakımından da en etkin tahkimat yöntemlerinden biridir.

Seyrelme (steril karışım), madenciliğin maliyetlerinde doğrudan ve büyük bir etkiye sahiptir. Seyrelmenin maliyeti oldukça yüksektir; küçük boyutlu ve ekonomik olmayan yan kayacın cevherle birlikte taşınması, ocak dışına çıkartılması, kırılması, öğütülmesi ve atık sahasında depolanması ek maliyet unsurlarıdır. Seyrelme neticesinde, büyük boyutlu parçalar ortaya çıkmakta ve bunların ocak dışına çıkarılması gerekliliğinden dolayı beklenmeyen gecikmeler meydana gelmekte ve dolayısıyla planlanan maliyetlerde ve planlanan sürelerde artışlar meydana gelmektedir. Bu konuda pek çok çalışma yapılmış, seyrelmenin nedenleri ve etkileri araştırıldıktan sonra, halat tipi kaya saplaması ile yapılan tahkimat sistemleri yardımıyla madencilik çalışmalarında seyrelmenin olumsuz etkileri en alt düzeye indirilmiştir. Yukarıda sayılan kullanım nedenlerine ilave olarak, halat tipi kaya saplamaları ile yapılan tahkimat sisteminin diğer tahkimat sistemlerine göre üstünlük ve zayıflıkları şu şekilde sıralanabilir;

Üstünlükleri:

- Ucuz bir sistemdir.
- Uygun şekilde yerleştirildiğinde, tek başına yeterli ve dayanıklı bir sistemdir.
- Sert kayaç koşullarında, yüksek yük taşıma kapasitesi sağlar.
- Süreksizlik yüzeyleri boyunca oluşan makaslama hareketlerine karşı dayanımları, diğer kaya saplamalarından daha yüksektir.
- Boy sınırlaması yoktur, her uzunlukta yerleştirilebilir.
- Yerleştirme işlemi kolaydır.

Zayıflıkları:

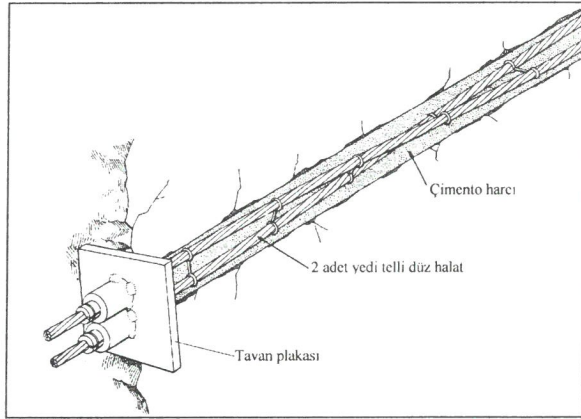
- Standart çimento kullanıldığında, çimento harcının donması için birkaç gün geçmesi gerekir.
- Çimento harcının kalitesini kontrol etmek zordur.
- Sulu deliklerde kullanılması sorunludur (çimento harcı doldurma işleminin zorluğundan dolayı).

3. HALAT TİPİ KAYA SAPLAMASININ ELAMANLARI

Halat tipi kaya saplaması sistemini oluşturan elemanlar şunlardır:

- Çelik halat,
- Çimento harcı,
- Tavan plakası,
- Kovan-kama sistemi,
- Halat-kayaç tespit sistemi.

Şekil 3.1’de delik içine yerleştirilmiş ve çimento harcı ile doldurulmuş bir halat tipi kaya saplaması görülmektedir. Bu saplamayı oluşturan elemanlarla ilgili hususlar takip eden bölümlerde incelenmektedir.



Şekil 3.1. Delik içine yerleştirilmiş halat tipi kaya saplaması [3].

3.1. Halat

Halat, isteğe bağlı olarak belirli sayıda tellerin belirli bir düzene göre bir araya getirilmesi ile oluşur. Teller, ısıtılarak çekime uygun hale getirilen yüksek karbon içerikli (% 0,4-0,5) çelik çubuklardan soğuk çekme yapılarak üretilirler. Çelik, % 0,060’dan fazla sülfür ve % 0,060’dan daha fazla fosfor içermez.

Kaya saplaması olarak kullanılan klasik halatlar merkezi bir telin etrafına 6 adet telin sarılması ile oluşur [4]. Sarılan tellerin çapı, ortadaki telin çapından biraz daha fazladır (1,02-1,03 kat daha fazla). Teller, düz olabildiği gibi dışı pürüzlü de

olabilir. Bu pürüzler halatın, çimento harcı içindeki tutunma kapasitesini artırmak için düşünülmüştür. Halat sarıldıktan sonra, ısıtılarak geçirilerek, üzerindeki gerilme alınır. Bu işlem halatın sarılı şeklini korumasını sağlar. Halat, nakledilmesi ve satılması için kangal şeklinde sarılır. Söz konusu halatların madenlerde test edilebilen bazı önemli özellikleri, önem sırasıyla aşağıda sıralanmıştır:

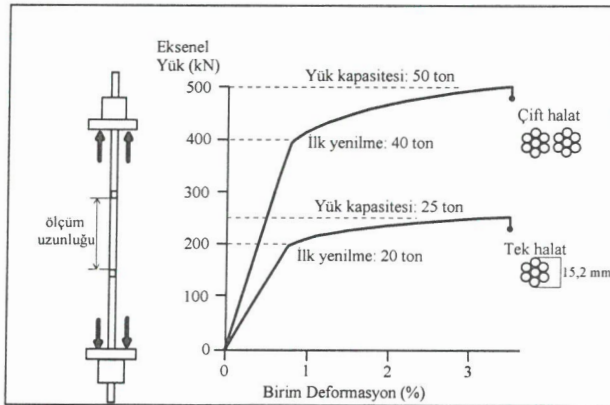
- Halat üzerinde veya tellerinin arasında, yağ, pas veya çimento harcı ile sürtünmesini ve yapışmasını önleyici maddeler bulundurmamalıdır.
- Halat kesilirken, teller açılma eğiliminde olmamalıdır.
- Halat çapı düzenli olmalı (± 0.4 mm), standart adım mesafesine sahip olmalı ve dolaşmamış olmalıdır. Ortadaki tel sıkışık durmalı ve dağınık bir görüntü vermemelidir.
- Dış telleri yassılaştıran halatlar kullanılmamalıdır.
- Halat boyu kaynak yapılmaksızın en az 50 m olmalıdır. Tellerde, kırık, çatlak gibi kusurlar olmamalıdır.

Eğer bu ölçütlerden herhangi birisiyle karşılaşırsa, standartlardan sapma var demektir. Bu tür standart dışı durumlar, çekme performansında ve çelik dayanımında azalmalara neden olmaktadır.

Kaya saplaması olarak kullanılan 7 telli düz halatlar ile ilgili olarak aşağıdaki standartlar mevcuttur [5].

Kuzey Amerika (ASTM) A416-80
Avustralya (Australian Standards) AS1311-1987

Her ne kadar bu standartlar betonarme yapılar için geliştirilmiş olsa da, madencilik uygulamalarında da halatlardan en uygun performansı elde etmek için gerekli olan yapı özelliklerini belirlerler. Şekil 3.2'de kaya saplaması olarak kullanılan halatların laboratuvar ortamında gerçekleştirilen çekme testleri sonucu belirlenen performans özellikleri görülmektedir.

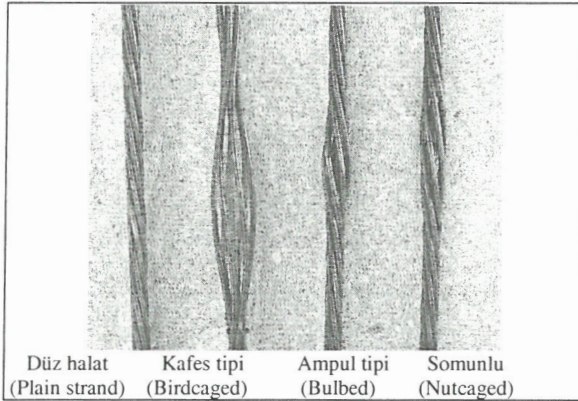


Şekil 3.2. Kaya saplaması olarak kullanılan halatların performans özellikleri [5].

Günümüzdeki madencilik uygulamalarında kaya saplama olarak yaygın şekilde kullanılan halatlar, Şekil 3.1'de görülen 7 telli düz halatlardır. Ancak, bu halatlar üzerinde yapılan şekilsel değişikliklerle oluşturulan farklı görünümdeki halat türlerinin kullanımı da gün geçtikçe artmaktadır. Bu şekilsel değişikliklerin amacı, harç ve halat arasındaki sürtünmeyi artırmak ve bu sayede halatın yük taşıma kapasitesini yükseltmektir. Şekil 3.3'de bu halatlardan bazıları görülmektedir [6]. Bu halatların şekilleri arasındaki farklılıklar genellikle üretici firmadan kaynaklanmaktadır. Değiştirilmiş halatların performansları ile ilgili olarak Kanada madenlerinde yapılan çalışmaların sonuçları Nelson vd. (2000) tarafından ayrıntılı olarak verilmiştir [7].

3.2. Çimento Harcı

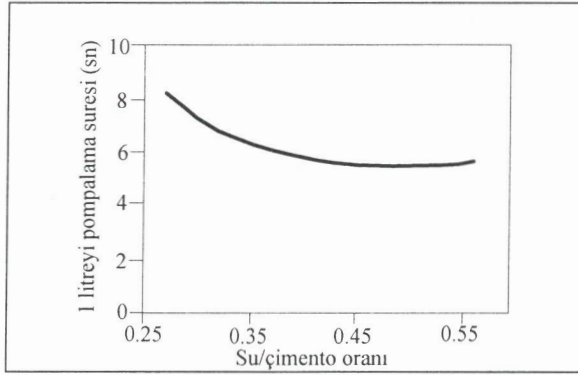
Çimento harcı, halat tipi kaya saplama sisteminin en önemli unsurlarından biridir. Bu harç, halat ile kaya kütlesi arasındaki bağlantıyı sağlar ve bu iki unsur arasındaki yük transferini gerçekleştirir. Kullanılan halat ne kadar sağlam ve kaliteli olursa olsun, çimento harcı üzerine düşen görevi yerine getiremediği takdirde halat kullanımının hiçbir anlamı yoktur (ankrajlı halatlar hariç). Çimento harcı kalitesi, yeraltı yapılarının tahkiminde daima önemli bir ölçüt olmuştur. Çimento harcı esas olarak % 90 portland çimentodan oluşmuş çimento ve suyun karıştırılması sonucunda elde edilir. Yapılan çalışmalar, bu iki maddenin karışım oranının (su/çimento) ağırlıkça 0,3-0,7 aralığında olabileceğini göstermiştir. Bu araştırmalar neticesinde maksimum performans ve kapasite için en uygun su/çimento oranının 0,3-0,4 aralığında olduğu tespit edilmiştir [8]. Daha düşük su/çimento oranlarında çekme testi sonuçları daha iyi olmaktadır. Ancak su/çimento oranı azaldığında karışım oldukça kalın olmakta ve viskozitesi yükselmektedir. Buna bağlı olarak karışımın karıştırılması ve deliğe pompalanması güçleşmekte, pompalama ekipmanları yetersiz kalabilmektedir. Bu hususlar dikkate alındığında en uygun karışım oranının 0,35-0,40 aralığında olduğu sonucuna işaret edilmektedir [8]. Farklı su/çimento oranlarındaki harcın karakteristikleri Çizelge 3.1'de verilmiştir [9]. Şekil 3.4, Şekil 3.5 ve Şekil 3.6'da su/çimento oranına bağlı olarak pompalama hızı, deformasyon modülü, tek eksenli basınç dayanımı, normal ve makaslama gerilmeleri gibi parametrelerin nasıl değiştiği verilmiştir.



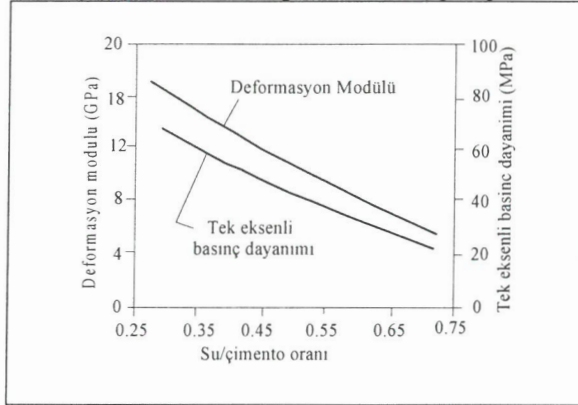
Şekil 3.3. Değiştirilmiş halatlar [6].

Çizelge 3.1. Farklı Su/Çimento Oranlarında Harcın Özellikleri [9].

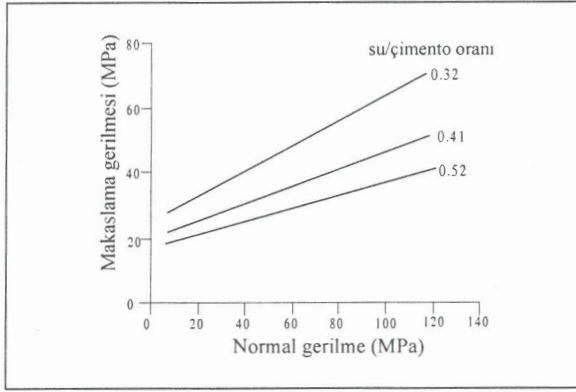
<i>Su/çimento oranı</i>	<i>Hortumun ucundaki çimento harcı karakteristikleri</i>	<i>Delğe boşaldıktan sonraki özellikleri</i>
< 0,30	Kuru, sert sucuk yapısında	Kıvrıldığına sucuk yapısında, çok kuru ele yapışır.
0,30	Nemli sucuk yapısında	Tamamen esnektir, ele yapışır, kolaylıkla ıslak, yumuşak top haline gelebilir.
0,35	Islak sucuk yapısında	Ele kolayca yapışır, ters çevrildiğinde elden sallanır.
0,40	Sucuksu yapı derhal kaybolur, kendi ağırlığıyla akacak viskozluktur.	Ele yapışır, fakat sert olarak sallanır
0,50	Kendiliğinden kolayca akar ve yere bırakıldığında su sıçratır.	Ele yapışmaz, kolayca akar.



Şekil 3.4. Su/çimento oranına bağlı olarak harç pompalama hızı [10].



Şekil 3.5. Deformasyon modülü ve tek eksenli basınç dayanımının su/çimento oranına bağlı değişimi [10].



Şekil 3.6. 28 günlük test sonucu farklı su/çimento oranlarına göre Mohr zarfı değerleri [10].

3.3. Tavan Plakası

Plakalar, yüzey tahkimatını sağlayan, tel hasır gibi yüzey tutucu elemanları halat sistemine bağlayan çelikten imal edilen malzemelerdir. Plakalar, kullanılan yere ve kullanım amacına göre değişik geometrik şekillerde üretilmektedir (kare, daire, dikdörtgen vs.). Açıklık yüzeyinin çatlaklı olduğu durumlarda kullanılan plakanın kalınlığı artırılmaktadır. Çizelge 3.2'de kaya saplamasının çalışma yüklerine göre kullanılan plaka boyutları verilmiştir.

Çizelge 3.2. Yüzey Plakalarının Kapasite ve Boyutları [6].

Kaya saplamasının çalışma yükü (kN)	Plaka boyutu (uzunluk veya çap) (mm)	Kalınlık (mm)
80	125-150	7
150	150-200	10
300	200-250	12

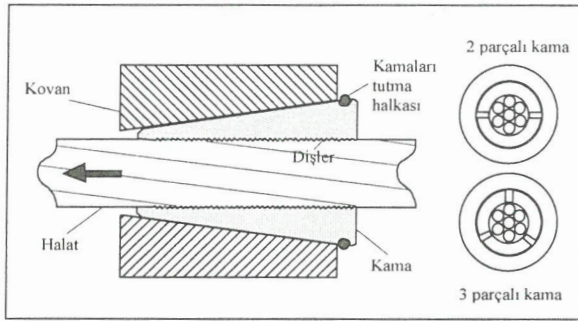
3.4. Kovan ve Kama

Halat tipi kaya saplamalarının yüzeydeki ankrajını sağlamak için, diğer tür kaya saplamalarında olduğu gibi somun kullanılamaz. Bazı üretici firmalar, plakanın veya kayışın halata bağlanması için halatın uç kısmına, presle veya kaynakla monte edilebilen parçalar üretmektedirler. Ancak, yaygın olarak kullanılan yöntem; özel bir hidrolik krikoy ile çelik halata tutturulan, halatın gerdirilmesini ve yüzeydeki ankrajını sağlayan kovan ve kama sistemi (barrel and wedge anchor) yöntemidir. Şekil 3.7'de tipik bir kovan-kama sistemi, Şekil 3.8'de ise halatın gerdirilmesi ve plaka yerleştirilmesi görülmektedir.

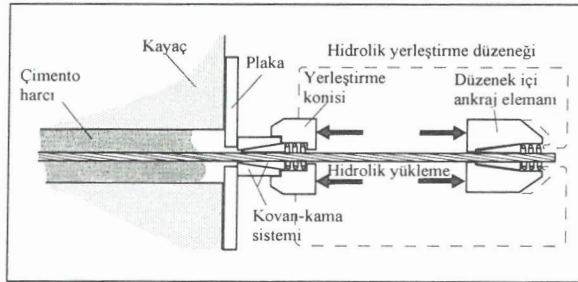
Kamalar iki ya da üç adet olabilir (Şekil 3.7). Bunlar çelik veya lastik bir halka sayesinde bir araya getirilirler. Kamaların iç yüzeyleri, halatı kavraması için testere şeklinde dişlidir. Halat gerdirilirken, kamalar krika tarafından kovanın içine doğru bastırılır. Halat yeterince gerildikten sonra gerdirme yükü üzerinden kaldırıldığında üzerindeki dişler sayesinde halatı tutan kamalar, halat tarafından kovanın içine doğru çekilir. Kovanın iç yüzeyi ve kamaların dış yüzeyi konik olduğundan, halat tarafından içeri doğru çekilen kamalar kovanın içine iyice sıkışır. Bu şekilde halatın delik ağzındaki ankraji sağlanmış olur.

3.5. Halat-kayaç Tespit Sistemleri

Halatın deliğe yerleştirilmesinden çimento harcının donmasına kadar geçen süre içinde, halatın delik içinde çok iyi sabitlenmesi gerekir (özellikle yukarı yönlü deliklerde). Bu, gerek halatın delikten düşerek hasara yol açmasına engel olmak, gerekse halatın delik içinde gergin durmasını sağlamak açısından önemlidir.



Şekil 3.7. Kovan-kama sisteminin elemanları [11].

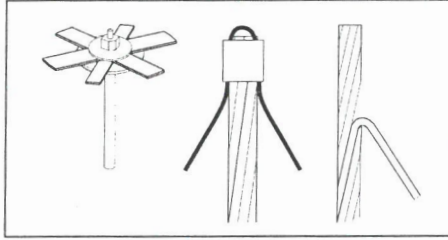


Şekil 3.8. Halatın gerdirilmesi ve plaka yerleştirilmesi [11].

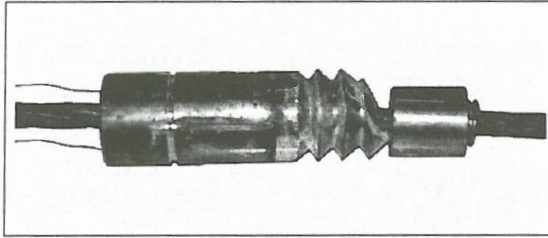
Delik dibinde halatın tutturulmasında kullanılan değişik yöntemler vardır. Bunlar, ya delik ağzında halatın bir kama yardımıyla tutulması şeklinde ya da halatın ucuna monte edilen bir çengel yardımıyla delik dibinde halatın tutulması şeklindedir.

Şekil 3.9'da bu çengellerden bazıları görülmektedir. Şekilde görüldüğü gibi bu çengeller, halatın bir telinin geri doğru kıvrılmasıyla veya bir tele ya da halata ek bir elemanın monte edilmesiyle oluşturulabilir. Bu çengeller seçilirken, çengelin maliyeti ve kullanım kolaylığı, delik çapı, halatın deliğe sokulma yöntemi, çimento harcının pompalanma şekli, halata ve hortuma zarar vermeme gibi unsurlar göz önüne alınır. Örneğin, çok uzun halatlar için sert çengellerin kullanılması uygun olacaktır.

Yukarıda sayılan yöntemler, sadece halatın ağırlığını taşımak amacıyla uygulanmaktadır. Halata bir öngerilme uygulanması söz konusu değildir. Bunların dışında yazarlar tarafından geliştirilen bir yöntem mevcuttur. Bu yöntemde amaç, halatın delik dibine tespitini sağlamanın yanı sıra, halata bir öngerilme uygulayabilmektir. Bunun için halatın ucuna, içerisine patlayıcı madde yerleştirilmiş bir kapsül monte edilir (Şekil 3.10). Halat, kapsül ile birlikte delik içerisine sokulur ve delik dibine ulaştıktan sonra patlayıcı madde patlatılır. Patlamanın etkisi ile şişen kapsül delik cidarına sıkışır ve bu sayede halatın delik içerisindeki ankrajı sağlamış olur. Yapılan çalışmalara göre kapsül içerisine yerleştirilen 7,5 grama kadar patlayıcı madde miktarı minimum 10 ton mertebesine varan ankraj sağlamaktadır.



Şekil 3.9. Halatın delik dibine tutturulmasını sağlayan çengeller [5].



Şekil 3.10. Patlayıcı madde kullanılarak halatın delik dibine tespitini sağlayan kapsül [12].

4. HALAT TİPİ KAYA SAPLAMALARINI YERLEŞTİRME YÖNTEMLERİ

Halat tipi kaya saplamasının önceden hazırlanmış deliklere yerleştirilmesi şu aşamalardan oluşur;

- a) halatın delik içerisine sokulması,
- b) halatın uç kısmının delik dibine ankraji,
- c) deliğin çimento harcı ile doldurulması.

Halatın deliğe sokulması, basit mekanik bir işlem olup, halatın çok uzun olmaması koşuluyla kol gücü ile gerçekleştirilir.

Halatın delik dibine ankraji, belirli koşullarda söz konusu olmaktadır. Bu işlem; mekanik bazlı ankraj ve patlatma esaslı ankraj olarak iki farklı şekilde gerçekleştirilmektedir [12]. Bu işlemler ile ilgili ayrıntılı bilgi Bölüm 3.5'te verilmiştir.

Halat tipi kaya saplamları deliğe sokulduktan sonra çimento harcı ile deliğin doldurulması gerekir. Bu işlemler için kullanılan farklı yöntemler mevcuttur. Delik yönüne, halat tipine, harcın akış karakteristiklerine ve mevcut ekipmanlara bağlı olarak en uygun yöntem seçilir. Bu yöntemlerden önemli olanlar yukarıya doğru eğimli hazırlanan deliklerde uygulama alanı bulanlardır. Bu yöntemler aşağıda verilmiştir:

- Hava hortumlu yöntem (Breather tube method)
- Harç hortumlu yöntem (Grout tube method)

Deliklerin aşağı doğru eğimli olması durumunda, yukarıdaki yöntemlere ek olarak, harcın yerçekimi etkisiyle deliğe doldurulması da söz konusudur. Ancak bu durumda su/çimento oranını 0,6'nın üzerine çıkarma zorunluluğu vardır.

4.1. Hava Hortumlu Yöntem

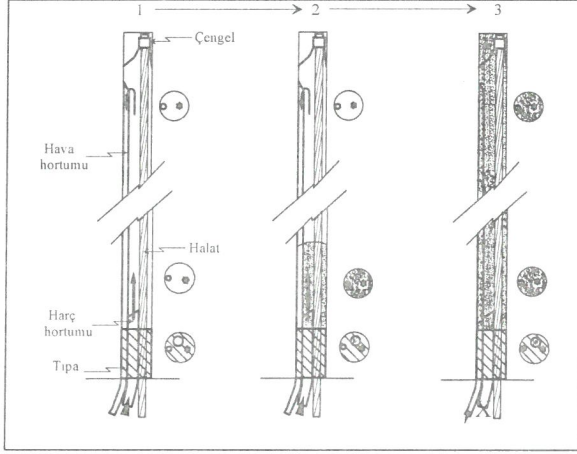
Bu yöntemde, delik yönü yukarı doğru olmalıdır. Biri uzun ve delik dibine kadar ulaşan, delik içindeki havanın boşaltıldığı hava hortumu (9 mm), diğeri kısa ve deliğin içine az miktar giren, çimento harcının pompalandığı harç hortumu olmak üzere iki adet hortum kullanılır (19 mm). Hava hortumu, halata bağlanır ve halat ile birlikte deliğe sokulur (Şekil 4.1). Harcın dışarı dökülmesini önlemek için halat ve hortumlar sokulduktan sonra deliğin ağız bir tıpa ile kapatılır. Çimento harcı, harç hortumundan pompalanır. Harç yukarıya doğru delik içini doldurarak çıkar. Hortumdan hava gelmesi durduğunda deliğin dolduğuna karar verilir ve pompalama işlemi durdurulur. Ancak çimentonun delik içindeki çatlaklara kaçması durumunda bu yanıtıcı olabilir. Bu nedenle genellikle hava hortumundan harç gelinceye kadar pompalama işlemine devam edilir. Aynı zamanda bu şekilde, delik boyunca hava hortumunun kapladığı hacim kadar bir boşluk kalması engellenmiş olur. Bu yöntemde, delik içinde hava kabarcığı kalma ihtimali düşüktür. Ancak çok çatlaklı formasyonlarda, harcın bu çatlaklara kaçma ihtimali vardır.

4.2. Harç Hortumlu Yöntem

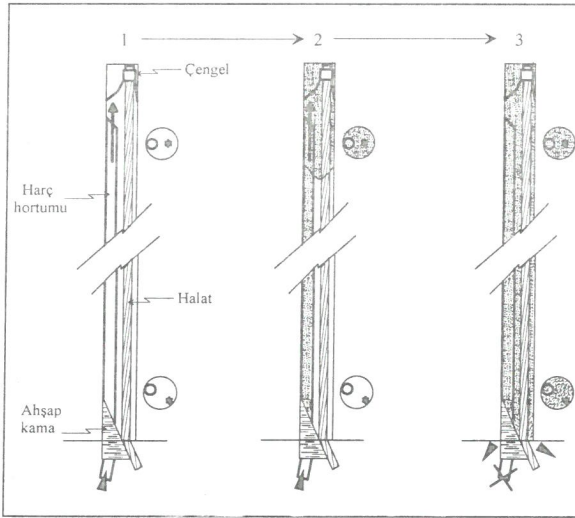
Bu yöntemde, sadece harç hortumu mevcuttur (19 mm). Delik yönü önemli değildir, aşağı veya yukarı yöndeki deliklerde uygulanabilir. Hortum halata bağlanır ve halat ile birlikte delik içine sokulur. Yukarı yönlü deliklerde tertibatın aşağı düşmesini önlemek için delik ağzında bir tıpa ile tutturulur (Şekil 4.2). Su/çimento oranı, aşağı yönlü deliklerde 0,30-0,45 aralığında, yukarı yönlü deliklerde 0,35 olmalıdır. Hortumdan pompalanan çimento, delik içinde yerçekiminin etkisiyle

deliği doldurarak aşağı doğru ilerler (yukarı yönlü delik). Su/çimento oranının çok iyi ayarlanması gerekir. Aksi takdirde, harç tutunamaz ve düşer, dolayısıyla delik içinde hava kabarcığı kalma riski ortaya çıkar. Bu hassasiyetinin yanında, diğer yönetime göre olan üstünlükleri ise şu şekilde sıralanabilir:

- Deliğin harç ile dolduğu açık olarak belli olur,
- Az sayıda ekipman mevcuttur,
- Uygulanması daha kolaydır,
- Kullanılan harç, kaya içinde çatlaklara kaçamayacak kadar kalındır.



Şekil 4.1. Çimento harcı doldurma yöntemi (Hava hortumlu yöntem) [5].



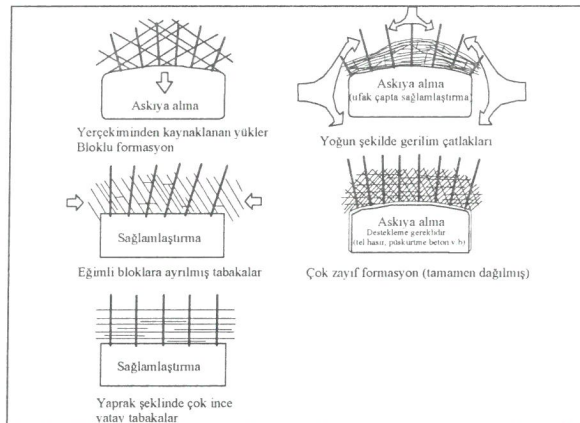
Şekil 4.2. Çimento harcı doldurma yöntemi (Harç hortumlu yöntem) [5].

Bu yöntemin başka bir uygulanış şekli ise; hortumdan harç pompalanırken, hortumun yavaş yavaş dışarı çekilmesi şeklindedir. Bu şekilde, işlem tamamlandığında delik içinde hortum kalmaz. Bu uygulamada da hava kabarcığı kalmasını engellemek için hortumun, çimentonun akış hızından daha hızlı çekilmemesi gerekmektedir.

5. HALAT TİPİ KAYA SAPLAMALARININ ÇALIŞMA İLKESİ

Halat tipi kaya saplama sistemi, askıya alma (suspension) ve sağlamlaştırma (reinforcement) işlevlerinin bir birleşimi olarak görev yapar. Sağlamlaştırma özelliğinde halatlar, kaya kütlesi içindeki zayıflık düzlemleri tarafından ayrılan tabakaların kaymasını ve ayrılmasını önler. Pürüzlü eklemeler ve yüzey çatlaklarının ayrılması önlenemezse, bu süreksizliklerin etkisi en az seviyede tutulabilir. Bir kaya kütlesi bir süreksizlikten daha sert olduğu için, kaya saplama, süreksizliklerle ayrılmış olan kaya kütlelerinin tek bir kütle gibi davranmasını sağlar. Bununla beraber, kaya kütlelerinin kırılma dayanımını artıramazlar ve dolayısıyla yüksek gerilme altında, sert bir kaya kütlelerinin kırılmalarından korunması olası değildir. Eğer kaya kütlelerinin doğal dayanımı gerilmelerin neden olduğu etkilere karşı koymaya yeterli değilse veya süreksizlikler serbest haldeki ve hareket edebilir blokları istenmeyen bir şekilde yönlendiriyorsa, halat tipi kaya saplama göçen kaya parçalarını veya serbest kaya bloklarını yerinde sağlamlaştırıcı bir görev yapabilir.

Halat tipi kaya saplama sisteminin, zayıf kaya kütlelerinde açıklık yüzeyinden düşen küçük parçaların (kavlak) tutulmasında etkili olabilmesi için tel hasır, püskürtme beton, vb. gibi yüzey elemanları ile birlikte kullanılması gerekmektedir. Eğer kazı yüzeyindeki kayalar diğer yüzey tutucu elemanların yardımıyla tutulursa, bu yüzey elemanlarını tutan halatlar, etkin bir destekleme kapasitesi sağlarlar. Kaya saplama sisteminin değişik koşullar altındaki tahkimat işlevleri Şekil 5.1'de görülmektedir.



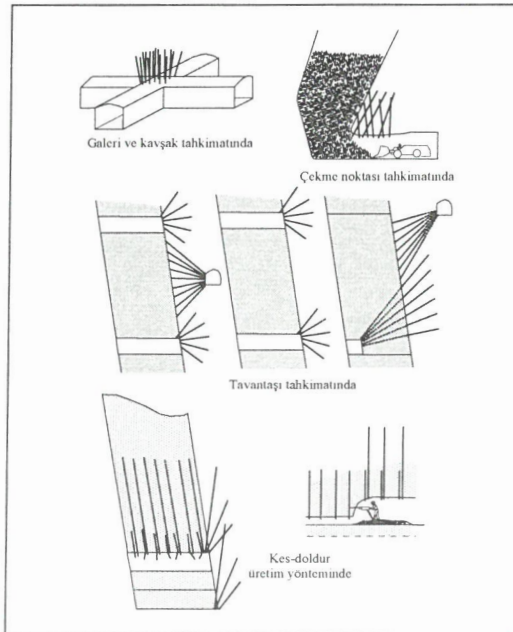
Şekil 5.1. Halat tipi kaya saplama sisteminin değişik koşullardaki tahkimat işlevleri [5].

6. HALAT TİPİ KAYA SAPLAMALARININ KULLANIM ALANLARI

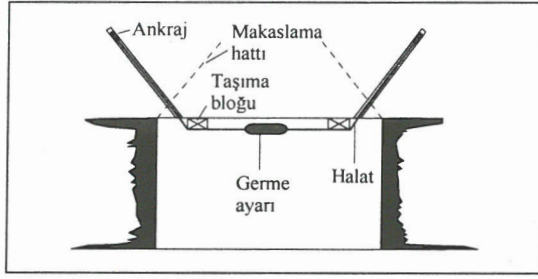
Halat tipi kaya saplamları, yaygın olarak aşağıda sayılan alanlarda kullanılırlar (Şekil 6.1, 6.2 ve 6.3):

- Galeri ve kavşaklarda,
- Tavan arınlı kazı (cut and fill) üretim yönteminde,
- Cevher çekme noktalarında,
- Oda yöntemlerinde,
- Ambarlı üretim yöntemlerinde,
- Arakatlı kazı yönteminde,
- Kır kuyuların sürülmesinde,
- Uzun ömürlü kalıcı açıklıklarda,
- Açık işletme şevlerinde ve
- Heyelan bölgelerinde.

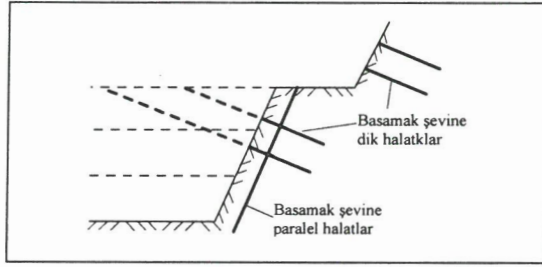
Seçilecek halat türü, yerleştirilecek yere ve tasarlanan işlevlerine bağlı olacaktır. Yeraltı işletmelerinde halat tipi kaya saplamları genellikle galerilerden yerleştirilirler. Bu amaçla açılan galerilerden dolayı maliyet artarken, bu galerilerden kaya saplamlarının daha etkin yerleştirilebilmesi nedeniyle kazı açıklığı civarındaki göçükler, dolayısıyla seyrelme azalacaktır. Farklı koşullar ve uygulama şekilleri için halat tipi kaya saplama uygulama örnekleri Şekil 6.4'de gösterilmiştir. Bu uygulamalar ayrı ayrı kullanılabilirdiği gibi daha etkin bir tahkimat sağlamak amacıyla beraberinde kullanılabilirler.



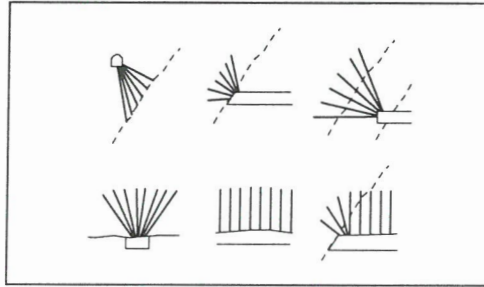
Şekil 6.1. Halat tipi kaya saplamlarının kullanım alanlarına örnekler [5].



Şekil 6.2. Galerinin iki köşesine yerleştirilen halatlarla bir kiriş oluşturulması [13].



Şekil 6.3. Açık ocak şevlerinde halat tipi kaya saptamasının kullanımı [14].



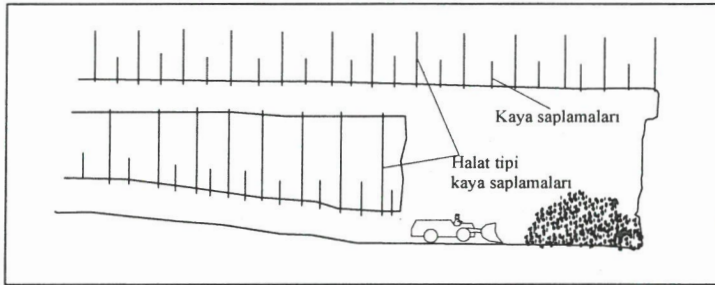
Şekil 6.4. Farklı yeraltı koşullarında halat tipi kaya saptaması uygulamaları [5].

7. HALAT TİPİ KAYA SAPLAMALARININ YERALTI AÇIKLIKLARINDA KULLANIMINA ÖRNEKLER

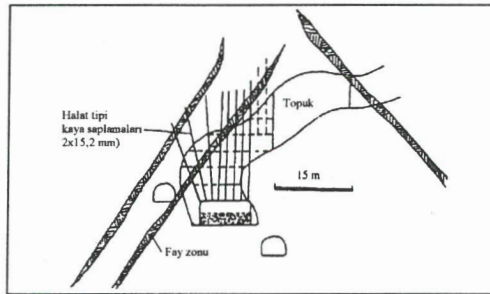
Halat tipi kaya saptamaları, madencilik endüstrisinde özellikle tavan arınlı kazı (cut and fill), arakatlı kazı (sublevel stoping), arakatlı göçertme (sublevel caving) ve ambarlı üretim yöntemi (shrinkage stoping), oda-topuk yöntemi (room and pillar) gibi uzun mesafelerin tutturulması gerektiği yöntemlerde sıkça kullanılmaktadır. Dünyada yaygın olarak kullanılmasına rağmen bu tahkimat sistemi ülkemizde sadece Çayeli Bakır İşletmesi'nde ve bazı karayolu inşaatlarında şev duraylılığının sağlanmasında kullanılmaktadır. Çayeli Bakır İşletmesi'nde 15,2 mm

çapında 7 telli düz halatlar kullanılmaktadır. Uygulama iki kat arasında cevherin duraylılığını sağlamak için yapılmaktadır. Alt kat galerisinden tavana delinen 9 m uzunluğundaki deliklere halatlar yerleştirilmekte ve çimentolanmaktadır.

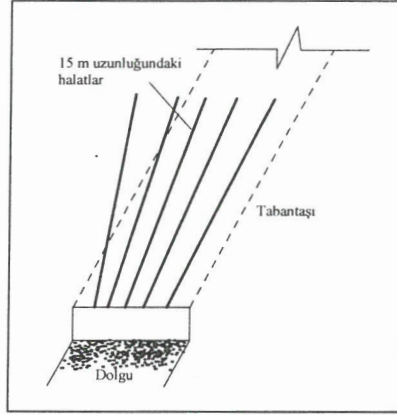
Tavan arınlı kazı yönteminde halat tipi kaya saplamlarının kullanımına örnek olarak, Şekil 7.1'de, Finlandiya'da Kotalahti madenindeki, Şekil 7.2'de Slovenya'da Zirovski Vrh Uranyum madenindeki ve Şekil 7.3'de de Kanada'da Campbell madenindeki uygulamalar verilmiştir [13]. Şekil 7.4'de galeri veya kazı arınından yerleştirilen halat tipi kaya saplamları ile tavantaşının sağlamlaştırılma örnekleri görülmektedir. Şekil 7.5'de ise Finlandiya'da Kotalahti yeraltı işletmesinde arakatlı kazı yönteminde, galerilerden yerleştirilen halat tipi kaya saplamları ile tavantaşı ve tabantaşının tahkim edilmesi görülmektedir.



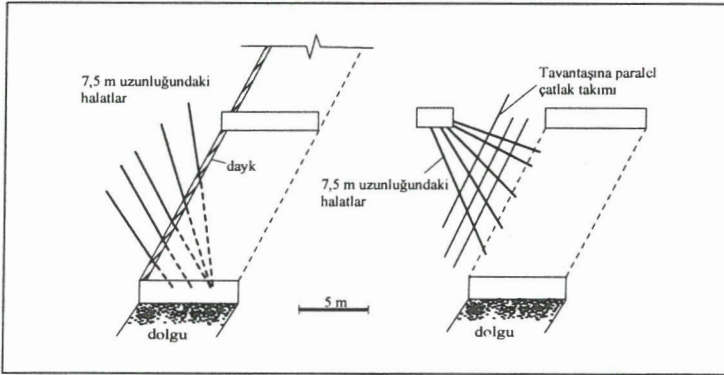
Şekil 7.1. Halat tipi kaya saplamlarının Finlandiya Kotalahti yeraltı işletmesinde tavan arınlı kazı yönteminde kullanılışı [15].



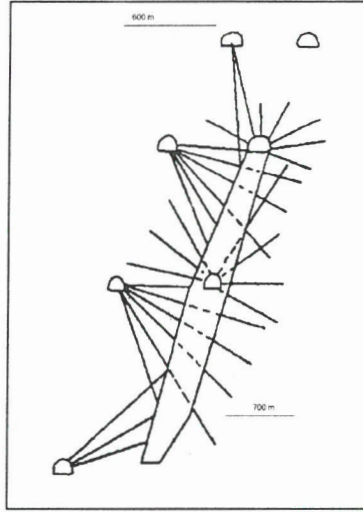
Şekil 7.2. Halat tipi kaya saplamlarının Slovenya Zirovski Uranyum işletmesinde tavan arınlı kazı yönteminde kullanılışı [16].



Şekil 7.3. Halat tipi kaya saplamalarının Kanada Campbell yeraltı işletmesinde tavan arınlı kazı yönteminde kullanılışı [17].



Şekil 7.4. Campbell yeraltı işletmesinde kazı arınından ve bir galeriden yerleştirilen halat tipi kaya saplamaları ile tavan taşının kontrol edilmesi [17].



Şekil 7.5. Finlandiya Kotalahti yeraltı işletmesinde arakatlı kazı yönteminde halat tipi kaya saptlamalarının kullanımı [15].

8. SONUÇLAR

Yeraltı maden ocaklarında tahkimat, en fazla önem verilmesi gereken işlemlerin başında gelmektedir. Bunun nedeni, tahkimatın hem çalışma emniyetini hem de üretim maliyetlerini direkt olarak etkilemesidir. Bu bağlamda yukarıdaki bölümlerde ayrıntılı bir şekilde anlatılan halat tipi kaya saptlaması, günümüz madencilik faaliyetlerinde kullanımı her geçen gün artan bir tahkimat unsuru olarak karşımıza çıkmaktadır. Yüksek yük taşıma kapasitesi, boy sınırlamasının olmaması, diğer tahkimat sistemlerine göre düşük maliyetli olması, uygulama kolaylığı ve yüksek çalışma emniyeti sağlaması gibi üstünlükleri bu tahkimat sistemini, özel durumlarda, tercih edilir bir duruma getirmektedir. Özellikle patlatmalı ankrajın uygulanması durumunda bu tercih edilebilirlik daha fazla artacaktır.

Halat tipi kaya saptlamaları, dünya madencilik ve inşaat sektöründe yaygın olarak kullanılmasına rağmen ülkemizde kullanımı sınırlı kalmıştır. Modern madenciliğin vazgeçilmez bir parçası haline gelen bu sistemin ülkemiz maden işletmelerinde kullanımının yaygınlaştırılması madenciliğimizin geleceği açısından son derece önemlidir.

KAYNAKLAR

- [1] D. Marshall, *Hangingwall Control at Willroy*, Canadian Mining and Metallurgy Bulletin, No:56 (1963), 327-331.
- [2] L. J. Thorn, ve D. S. Muller, *Prestressed Roof Support in Underground Engine Chambers at Free State Geduld Mines Ltd.*, Trans. Assn Mine Mngrs S. Afr., (1964), 411-428.
- [3] B. Stillborg, *Professional Users Handbook For Rock Bolting*, Trans Tech Publications (1994), p: 145.
- [4] D. J. Hutchinson, ve V. Falmagne, *Observational Design of Underground Cablebolt Support Systems Utilizing Instrumentation*, Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 58 (3), (April 2000), p: 227-241.
- [5] D. J. Hutchinson, ve M. S. Diederichs, *Cablebolting in Underground Mines*, BiTech Publishers Ltd., Richmond, British Columbia, Canada, (1996), p: 406.
- [6] D. J. Hutchinson, ve S. Nickson, *Auditing Cablebolt Installations for Underground Mines*, Trans. SME., (2001), Vol. 301.
- [7] D. A. Nelson, A. J. Hyett ve S. Dennison, *Cable Bolt Performance in the 1854E Hanginwall at Campbell Mine*, CIM AGM, Toronto, Canada (2000).
- [8] R. D. Reichert, W. F. Bawden ve A. J. Hyett, *Evaluation of Design Bond Strength for Fully Grouted Cable Bolts*, The Canadian Mining and Metallurgical Bulletin, (1992), Vol. 85, p:110-118.
- [9] A. J. Hyett, W. F. Bawden ve A. L. Coulson, *Physical and Mechanical Properties of Normal Portland Cement Pertaining to Fully Grouted Cable Bolts*, Rock Support in Mining and Underground Construction, Balkema, Rotterdam , (1992), p:341-348.
- [10] A. J. Hyett, W. F. Bawden ve D. Reichert, *The Effect of Rock Mass Confinement on the Bond Strength of Fully Grouted Cable Bolts*, Int. J. Rock. Mech. Min. Sci & Geomech. Abstr. Vol. 29, No.5, (1992), p:503-524.
- [11] A. G. Thompson, *Tensioning Reinforcing Cables*, Rock Support in Mining and Underground Construction, Balkema, Rotterdam, (1992), p:285-291.
- [12] Ö. Uysal, *Patlatma Esaslı Halat Tipi (Kablo Tipi) Kaya Saplamaları Tasarımı, Üretimi ve Uygulamaları*, Doktora Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas, (2001), p: 188.
- [13] C. Birön ve E. Arıoğlu, *Madenlerde Tahkimat İşleri ve Tasarımı*, Birsen Yayınevi, İstanbul. (1992), s:360.

- [14] C. R. Windsor, *Invited Lecture: Cable Bolting for Underground and Surface Excavations*, Rock Support in Mining and Underground Construction, Balkema, Rotterdam, (1992), p:349-366.
- [15] P. Lappalainen, J. Pulkkinen and J. Kuparinen, *Use of Steel Strands in Cable Bolting and Rock Bolting*, In *Rock Bolting: Theory and Application in Mining and Underground Construction*, Rotterdam, Balkema, (1984), p:557-562,
- [16] U. Bajzelj, J. Likar, F. Zigman, A. Subelj and S. Spek, *Geotechnical Analyses of the Mining Method Using Long Cable Bolts*, In *Rock Support in Mining and Underground Construction. Proc. Int. Symp. on Rock Support*, Rotterdam, Balkema, (1992), p:393-402.
- [17] F. Bouchier, E. Dib ve M. O'Flaherty, *Practical Improvements to Installation of Cable Bolts: Progress at Campbell*, Rock Support in Mining and Underground Construction, Balkema, Rotterdam, (1992), p: 311-318.