

Esnek Çok Basamaklı Bariyerler Kullanarak Moloz Akması Afetinin Başarı İle Önlenmesi

Dr. İnş. Y. Müh. Corinna Wendeler, İnş.Y. Müh. Hakkı Eratlı

Geobrugg AG Geohazard Solutions, Aachstrasse 11, 8590 Romanshorn, Switzerland.

Tel: 41 71 466 81 55 info@geobrugg.com , hakki.eratli@geobrugg.com

Özet:

Ağustos 2005 te Hasliberg ve Meiringen köyleri (İsviçre) alışılmışın dışında büyük bir yağış sonucunda sel ve moloz akması olaylarından etkilendi.

Bu yerleşimlerin maruz kaldıkları tehlike ve olabilecek hasar potansiyeline göre tedbir almak gerekiyordu. Su sızdığı zaman çok düşük sürtünme katsayısı olan ve kayganlaşan alenien şist malzeme ile havza içersindeki zor doğal koşullar nedeniyle geleneksel sabit yapılar, temel problemleri yüzünden kullanılamıyordu. Umut verici yeni bir çözüm olarak 13 adet, halka elamanlardan oluşan ağlardan yapılan, toplam kapasitesi 12000 m³ olan esnek bariyerler kullanıldı. Bu tür koruma önlemleri hakkında çok az deneyim olduğu için, numerik simülasyonları ve detaylı laboratuvar deneyleri içeren, sağlam temelli araştırmalar gerçekleştirmek gerekiyordu. Bu analizler mühendis ve yetkililere, önlemlerin en az risk ile yeterli koruma sağlayacağını gösterdi. Çalışmalar sürecinde WSL (İsviçre Orman Kar ve Peyzaj Araştırma Enstitüsü)'ün bilimsel ekibi, sanayi ortağı, ve kanton yetkilileri arasındaki yakın işbirliği tutarlı ve makul bir çözüme ulaşılmasını sağladı.

10 Ekim 2011 de Hasliberg bölgesinde Federal Çevre Ofisinin (FOEN) bildirdiğine göre 100 yılda bir oluşabilecek sele yolaçan bir fırtına oldu. Berner Alplerine yağın yağmur 12 saatte 80 mm ye ulaştı ve buna kar yağışından depolanan 70 cm su eklenince dağdaki nehirlerin taşmasına, şev göçmelerine ve heyelanlara neden oldu. Haliberg havzasında sığ heyelanlar, taşkın içersine akarak yaklaşık 2000 m³ malzeme hareketlendi. Bir bariyer tamamen ve diğer 2 si yarıya kadar doldu. 2008 de kurulan yeni koruma önlemi havzadaki mevcut malzemeyi de durduracak şekilde, daha büyük moloz akmaları öngörülerek ve Ağustos 2005 te ırmağın kaynağına doğru meydana gelmiş erozyonu önleyecek şekilde tasarlanarak monte edildi.

Bu bildiride, taşkın ve heyelandan korunma yöntemlerine bir örnek olarak esnek bariyerlerin kullanıldığı bir vaka sunulacak. Esnek bariyerlerin geliştirilmesi için üzerinde yapılan laboratuvar ve arazi deneylerine değinilecek ve tasarımda/yerleştirmede dikkat edilmesi gereken hususlar ele alınacaktır.

Anahtar kelimeler: Moloz akması önleme, çok basamaklı esnek bariyerler, sığ heyelanlar, taşkın

Successful Debris Flow Hazard Prevention Using Flexible Multi-Level Barriers

Abstract

The villages Hasliberg Reuti and Meiringen were affected by flood and debris flow events resulting from unusually large rainfall in August 2005. The endangerment of these

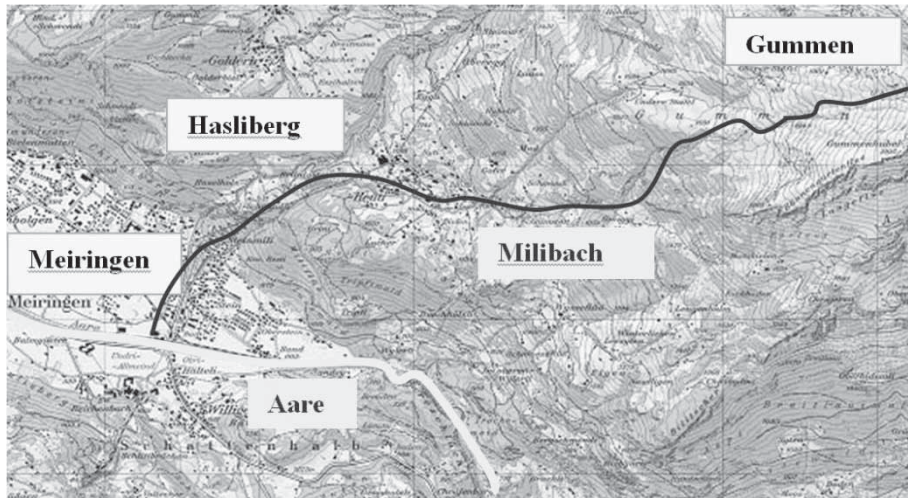
settlements was not consistent with the existing damage potential and thus the need for action was very large. Due to the difficult natural basic conditions in the catchment area with permanent sliding alénien schist material with very low friction coefficient if water is infiltrated, conventional preventive stiff measures could not be used there because of foundation problems. A promising new solution was selected with 13 flexible ringnet barriers providing a total retention capacity of 12'000 m³. Because of few experience with this new type of protection measure in dimensioning, well-founded investigations with extensive laboratory tests and numerical simulations had to be accomplished. These analyses gave the maximally possible certainty to engineers and authorities that these measures will afford adequate protection and keep the residual risk as small as possible. Close co-operation between the scientific team of the WSL, the industrial partner and the cantonal authority during the dimensioning process let to a consistent and technically plausible solution.

On 10th October 2011, again a big storm occurred at Hasliberg area with a 100 year flood declared from Federal Office for the Environment FOEN. The rainfall in the Berner Alps summarized within 12 hours up to 80 mm plus the stored water by the snow fall of up to 70 cm resulted in flooding of mountain rivers, slope failures and landslides. Around 2'000 m³ of material got mobilized in the catchment area of Haliberg by a shallow landslide flowing into the torrent. One barrier got filled completely and two others half. The new protection measure installed in 2008 predict a bigger debris flow event by stopping already the material in the catchment area and avoid further erosion of the flow process river upstream which happened in August 2005.

Key words: debris flow prevention, multilevel ringnet barriers, shallow landslides

Giriş

Milibach ırmağı Gummen bölgesinde Oberhasli ve Obwalden kantonları arasından doğar. Hasliberg yerleşiminin doğusundan batısına doğru akar ve derin bir kanyondan sonra Aare nehrine akar. Şekil 1 de bölge görülebilir.



Şekil 1: Milibach durumu, LK1:25000, sayı 1209 Innertkirchen den alınmıştır.

Gummen vadisi eğime paralel kilden zengin alénien şist (Alenienschiefer) oluşmuştur. Bazı yerlerde aralarda kumtaşı da vardır. Şeve paralel şist ayrışmaya duyarlı ve akıklüd [1] gibi etki gösterir.



Şekil 2 : Gummen bölgesinde Milibach nehri havzası (solda), alenien şist malzeme (sağda)

Bu formasyon ayrılmış, birkaç metre kalınlığında moloz ile kaplanmıştı. Bu malzeme akan molozun orijini oluşturur ve üst kısımdaki orta juranın (dogger) ayrılmış kısımlarından oluşur. Moloz içinde seyrek olarak moren parçaları vardır. Moloz çok killi, siltli ve kumlu malzeme ile birlikte büyük taşlar, kayalardan oluşuyordu. Malzeme kuru olduğunda içsel sürtünme açısı ϕ' 25-28° arasında ve kohezyon $c'=0-3$ kN/m² idi. Malzeme suya doygun olduğunda bu değerler hemen aşağıya iniyor, içsel sürtünme açısı 15°'ye düşer. Çok yağış alan ıslak dönemlerden sonra bu granüler zemin içeren paketler sıg toprak kaymaları gibi hareketlenir ve molozu ırmağa getirir. Malzemenin düşük plastisitesi de tipik bir özelliktir. Kilin ve siltin miktarı 15-20 % dir. Bu özellik moloz yapılarının için büyük problem olur çünkü çok düz ve kuvvetli istinad duvarları yapılmak zorunda kalmabilir. [2].

Olay 2005

Agustos 2005 te yağmurlar sırasında Hasliberg Reuti ve Meiringen 'i sel bastı. Yapılarda ana hasara Gummen havzasında başlayan moloz akışı yol açtı (şekil 3).



Şekil 3 : Meiringen köyünde (mor) birikmiş moloz altyapı ve evlere zarar verdi

Yaklaşık 13.000 m³ ayrılmış şist malzeme havzada yoğun yağış ile hareketlenip 3 dalga halinde kanaldan aşağı geldi. Yolu boyunca 25.000 m³ daha erozyon ile toplandı ve toplam akış 40.000m³ e çıktı.

Bu olayın akış hızı yaklaşık 7 den 9 m/s ye kadar belirlenebilir. Hızlar, akış yükseklikleri ve akış deşarjları Cheyz ya da Strickler den sonra Newton türbülent akış rejimi olarak hesaplanabilir.

Bu moloz akışları çamurlu akımlar olduğundan marjinal kesme kuvveti, olaylardan sonra yaklaşım yapılarak 600 / 1100 N/m² alınabilir. Akımın su içeriği yaklaşık 50%. Akışın yoğunluğu ise 18 – 20 kN/m³ arasında [2].

Gummen havzasında esnek halka ağ bariyerler ile önerilen koruma önlemi

2005 teki gibi Hasliberg ve Meiringen köylerindeki hasarları önlemek için alınabilecek önlemlerden biri, moloz akışını kanala akıp erozyon potansiyelini başlatmadan, daha çok malzeme toplamadan durdurmak için Gummen havzasına 13 çok seviyeli esnek bariyer yerleştirmektir. Sürekli sürünen ve oynayan alenien şist malzemesinden dolayı bu yeryüzü yapısında, ağlardan oluşan esnek yapılar en iyi çözüm olacaktır. Sabit ve katı koruma önlemleri örneğin beton ıslah setleri çatlaklar ve erozyona uğrayabilecek temeller yüzünden birçok bakım işi çıkarabilecekti.

Esnek halka ağı bariyerlerin dizayn parametreleri 2005 teki eski olaydan yola çıkarak belirlenmiş ve tablo 1 de [3] gösterilmiştir.

Tab 1 : Moloz akması dizayn değerleri [6], [7], [8]

Parametre	Dizayn değeri	Aşırı yükleme durumu
Kanal Eğimi	30 %	-
Moloz akması tipi	Çamur akışı, viskoz akış	-
Toplam hacim	10.000 - 15.000 m ³	-
Dalga hacmi	5.000 m ³	-
Akış yığın yoğunluğu	18 - 20 kN/m ³	18 - 22 kN/m ³
Max. deşarj	60 m ³ /s	100 - 150 m ³ /s
Akış yüksekliği	1.5 - 2 m	-
Akış hızı	6 - 12 m/s	up to 18 m/s

Esnek halka ağ bariyerlerin boyutlandırılması FARO [4] sonlu elemanlar yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Kaya düşmesi simülasyonları için yapılmış olan bu yazılım Illgraben [5][9] test sahasındaki sonuçlar kullanılarak moloz akması yükleme durumuna adapte edilmiştir. Kaya düşmeleri ile karşılaştırılınca moloz akması durumunda noktasal ve anlık yük yerine yayılı yük, daha uzun kırılma süresi, daha düşük sapma ve birçok dalganın ağa gelmesi gibi farklar vardır.

Gummen projesinde 13 adet halka ağ bariyerin boyutlandırılmasında aşağıdaki yük durumları gözönüne alınmıştır.:

Viskoz moloz akışı

Çamurlu moloz akışı

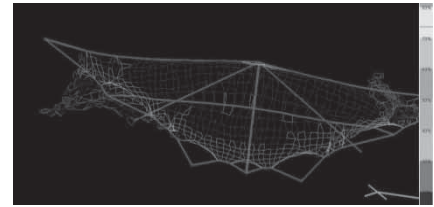
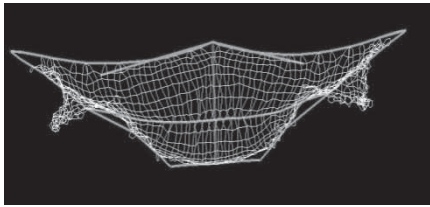
Dolmuş ağlar için statik yük (aktif toprak itki değerleri)

Kar yükü (kayma ve çığ etkisi)

Yük aşımı durumu

1 numaralı bariyer (yukarıdan ilk) “moloz akışı kırıcı” olarak adlandırıldı. En büyük moloz akım basıncı bu bariyer için simule edildi. Bu bariyerin aşırı yüklenmeden başarısız olması halinde tutulan hacim kaybedilecek fakat enerji ön kısımdaki moloz akışının kendisi tarafından emilmiş olacaktı.

2 numaralı bariyere ek olarak 10 derecelik bir çarpma açısı alınarak çığ yükü de eklenerek çözüldü, çünkü ırmağın sağ tarafında yukarı doğru bir çığ bölgesi vardı. Çığın bariyer üzerine olabilecek tüm basıncından kaçınmak için bariyer çığ akış yönüne dik olarak yerleştirilmedi. Ayrıca, simulasyon sonuçları gösterdi ki, alınan kar yükünde karın kayması sonucu halatlara gelecek olan kuvvetler fren elemanlarını aktive edecek yüke erişmiyor, böylece kış için özel olarak emniyete alınmasına gerek yoktu.[6]



Şekil 4: FARO yazılımı kullanarak Gummen projesinde bariyerin simulasyonu

Verilen ağır gereksinimler için hesaplar gösterdi ki, bu proje için sadece yüksek direçli halka ağlar kullanılabilir. Böylece, ağ bileşenleri yani, halka ağlar, halatlar ve fren halkaları şu anda mevcut olan en kuvvetli elemanlar olarak seçildi.

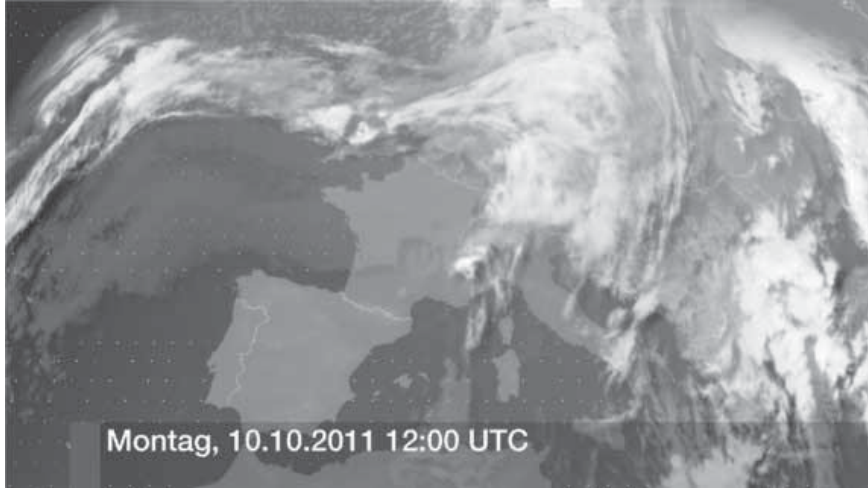
Bern Kantonu diğer koruma önlemlerini gözönüne almadan sadece halka ağ bariyerlere odaklanarak bir maliyet-fayda analizi yaptı. Bu analize göre bir 100 yıl taşkınyından korunmak için yıllık maliyet 1.3 milyon CHF den fazla olmayacaktı. Halka ağlar ile ve komple bakım konsepti ile 20 yıllık ömür gözönüne alındığında bariyerlerin yıllık maliyeti 177'000 CHF ve böylece 7 kat daha düşük maliyeti oluyordu. Ek bir bilgi olarak ta , sadece koruma ağları ile Hasliberg ve Meiringen köylerindeki hasarların bir 30 yıl moloz akmasında 65 milyondan 10 milyon CHF ye azaltıldığını ve 100 yıl olayında ise 69 milyondan 65 milyon CHF ye azaltıldığını söyleyebiliriz. [5]

Gummen Hasliberg 10 Ekim 2011 olayı

Bu sele yol açan problem Berner Alplerine fırtınadan önce yağın 70 cm lik bir kar yapışı idi. Bir sonraki gün fırtına İsviçre Alplerine batı yönden şiddetli bir yağmur getirdi (şekil 5 e bakınız). Pazartesi öğle saatlerine kadar Berner Alplerine düşen yağış son 12 saatte 80 mm ye ulaşmıştı. Yeni gelen suya kar yağışı ile biriken su eklenince dağ nehirlerinin sele dönüşmesine, şev göçmelerine ve heyelanlara yol açtı. Berner Alplerinde federal çevre enstitüsü BAFU bu fırtınanın bir 100 yıl seli olduğunu söyledi.

10 Ekim de Gummen havzasında yaklaşık 2'000 m3 malzeme hareketlendi, bunların çoğu da 2 numaralı bariyere yakın bir heyelan ile getirildi (bakınız şekil 6)

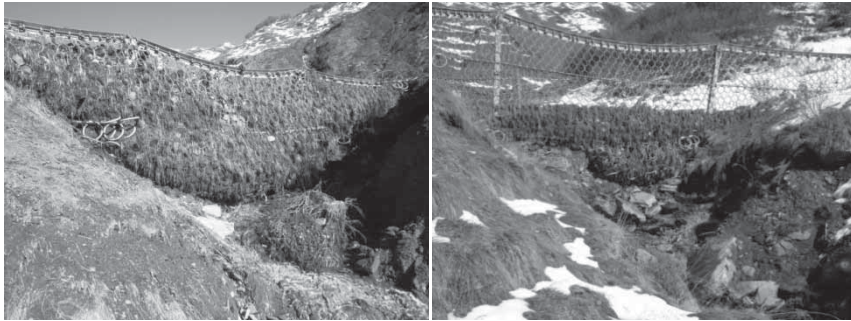
Esnek halkalardan oluşan ağ bariyer No 2 maximum seviyeye kadar doldu ve esnek halka ağ bariyer No5 is yarıya kadar doldu (bakınız şekil 7). Aradaki ağlar alt kısımdaki alt destek halatı ile nehir yatağı arasındaki açıklık yüzünden dolmadı.



Şekil 5: Fırtınanın Ekim 10 da Kuzey İsviçre Alplerini geçerken gösteren uydu fotoğrafı (Kaynak: SF meteo sitesi).



Şekil 6: 2 numaralı bariyere yakın bir heyelan bu bariyerin dolmasına yol açtı



Şekil 7 : Bariyer 2 ve bariyer No5 arkasında durdurulan malzeme

Sonuç

Müşteri, Hasliberg ve Meiringen köyleri ve bu çok seviyeli koruma konseptinin tasarımcısı 2011 fırtınasından sonraki sonuçtan tatmin olmuşlardı, çünkü eğer bariyerler olmasa idi, 100 yıl taşkınının 2000 m³ malzemesi kanal boyunca daha çok malzemeyi erozyona uğratarak çok daha büyük hasarlara yol açacaktı.

Müşteri ve proje ile ilgili jeolog, bir sonraki taşkın için sağda ırmağın yukarısına doğru olan şevde oluşabilecek sığ heyelanın topuğunu stabilize etmek için bariyer No 2 yi dolu olarak

bırakmaya karar verdiler (bakınız şekil 6). Bariyer No 2 nin tutma kapasitesi olmadan çözümün toplam hacmi bir miktar azalacak fakat bu sayede erozyona uğramış şev kendisini doğal çimlenme ile stabilize edebilecekti. Bariyer No 5 doğal su akışı ile temizlenecekti, bu bariyerin aşınan ankrajlarında bir miktar bakım gerekiyordu. Alenien şist gibi su sızmaları ile kolaylıkla aşınabilen gevşek malzemede bu bakım kaçınılmazdı.

Bu olay ile bariyerlerin boyutlandırılması için geliştirilen bu tasarım konsepti de kanıtlanmış oldu. Direk olarak çarpılan bariyer no 2 de bile sığ heyelan 2000 m3 hacim birden getirmesine rağmen bir göçme olmadı. Bariyerin arkasında tutulan malzemenin tahmini özgül ağırlığı 2000 kg/m³ tü. Kaymanın çarpma kuvvetlerini tekrar hesaplamakta hız çok önemli bir rol oynuyor. Bu durumda, yaklaşık 30o eğimli şevde max. 10 m/s olarak tahmin edilebilir. Akış yüksekliği tahmini daha zor ve kesin olarak belirlenemiyor böylece bariyer no2 deki çarpma basıncı kesin olarak tekrar hesaplanamıyor.

Referanslar

- [1] Wenger, M. (2006): Zielsetzung, geologische Disposition, Schutzkonzept. B-I-G Büro für Ingenieurgeologie, Gümlingen. Vortrag anlässlich des Herbstkurses FAN Fachleute Naturgefahren Schweiz vom 21. / 22. September 2006 Meiringen.
- [2] Wendeler, C., Volkwein, A., Roth, A., Herzog, B., Hählen, N., and Wenger, M., (2008): Hazard prevention using flexible multi-level debris flow barriers. In Proc. of Int. Symp. Interpraevent, dornbirn, Austria, Band 1, pp. 547-554.
- [3] Herzog Ingenieure ETH/SIA (2006): Lokale lösungsorientierte Ereignisanalyse LLE Hasliberg / Meiringen. Bericht Laborversuche Murgangrückhalt Gummen, WSL, Wendeler, C., Birmensdorf, 11. August 2006.
- [4] Volkwein A. (2005): Numerical Simulation of flexible rockfall protection systems, Proc. Computing in Civil Engineering. Cancun: ASCE.
- [5] Wendeler C. (2008): Murgangrückhalt in Wildbächen – Grundlagen zu Planung und Berechnung von flexiblen Barrieren, Dissertation ETHZ, Zürich.
- [6] Technischer Bericht und Bemessung, Milibach Meiringen, Murgangrückhalt Louwenenbach, Flexible Murgangrückhaltesysteme, Fatzer AG, Roth, A., Denk, M., Zünd, T., Romanshorn, August 2006.
- [7] Gutachten "Milibach Meiringen, Murgangrückhalt Louwenenbach", Basler&Hofmann, Dr. M. Schatzmann, Zürich, 25. Januar 2006.
- [8] Zimmermann, M., Geschiebeverhältnisse im Milibach. Thun 2005, Schweiz.
- [9] McArdell, B. W., Wendeler, C., Roth, A., Kalejta, J., Rorem, E. (2007): Field observations of the interaction of debris flows with flexible barriers, First North American Landslide Conference, Vail.