

DEPREMLERİN KAYA ŞEVLERİNE ETKİSİ

Ömer Aydan

*Tokai University, Ocean Research Institute, Shizuoka, Japan
(aydan@scc.u-tokai.ac.jp)*

ÖZ

Son yıllarda meydana gelen 1999 Chi-chi depremi (Tayvan), 2004 Chuetsu and 2007 Iwate-Miyagi depremleri (Japonya), 2005 Kashmir depremi (Pakistan) ve 2007 Wenchuan (Tibet-Çin) depremi büyük ölçekli doğal yamaçlarda ve mühendislik kaya şevlerinde duraysızlıklara neden olmuştur. Bu şev duraysızlıkları, alt-üst yapı hasarlarının yanısıra yerleşim bölgelerinde büyük hasarlara neden olmuştur. Zeminlerdeki şev duraysızlıkları ile karşılaştırıldığında, kaya şevi duraysızlıklarının oluşturacağı etkiler oldukça büyüktür ve kaya şevlerinde duraysızlık türleri kayanın içerdiği yapısal jeolojik unsurlara bağlıdır. Kaya şevi duraysızlıklarında aktif yenilme biçimlerinin yanı sıra, pasif yenilme türleri de söz konusu olup, bu tür duraysızlıklar yer ivmesinin oldukça yüksek olduğu durumlarda gözlenmektedir.

Bu çalışmada yazar, ilk önce kaya şevlerine depremlerin sarsma ve faylanma etkilerini incelemek üzere laboratuvar koşullarında yaptığı model deneylerini sunmuştur. Faylanmanın etkisi için geliştirilen deney düzeneğinde fayın eğiminin değiştirilmesi mümkün olup, yerçekiminden yararlanılarak deneyler yapılmaktadır. Bu deney düzeneği ile deprem faylanmasının oluşturacağı yerdeğiştirme durumununun kaya şevleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Deney sırasında yerdeğiştirmeler ve yenilme sırasındaki ivmeler otomatik olarak ölçülmüştür. Laboratuvar ortamında kaya şevleri üzerinde sarsıntının etkisini incelemek üzere yatay düzlemde hareket eden tek yönlü sarsma masası kullanılmıştır. Kaya kütlelerini oluşturan malzemeler kırılabilir veya kırılmayan bloklar kullanılarak oluşturulmuştur. Bu model deneyleri kaya şevlerinde bilinen aktif duraysızlık türlerinin yanı sıra, pasif duraysızlık türlerinin varlığı ile oluşum koşullarını göstermiştir.

Yazar, yukarıda sözü edilen depremlerde meydana gelen kaya şev yenilmeleri ile özelliklerini inceleme olanağını bulmuştur. Bu çalışmada, deprem sonucu meydana gelen kaya şevi yenilmelerinin temel özelliklerini sunmakta ve kuramsal ve görgül yöntemler yardımıyla bu yenilmeleri değerlendirmiştir. Bunun yanı sıra, literatürde şevlerin yenilme olgusu için depremin büyüklüğü ve depremin dışmerkezinden olan uzaklığa göre önerilmiş görgül ilişkiler gözlemlerle karşılaştırılmaktadır. Birkaç büyük şev duraysızlığı seçilerek, heyelan malzemesinin ulaşabileceği uzaklıklar hesaplanmış ve gözlemlerle karşılaştırılmıştır. Bu çalışmadan aşağıda belirtilen sonuçlara ulaşılmıştır.

1. Büyük şev duraysızlıkları (heyelanlar) depremin meydana getirdiği sarsıntıların şiddetinin yanı sıra, şevi oluşturan kaya kütlelerinin jeolojik yapısına da bağlıdır. Özellikle, tabakalanma, şistozite ve fay düzlemlerinin şeve göre konumu ve makaslama özellikleri oldukça önemlidir. Dolayısıyla, doğal yamaçların ve mühendislik şevlerinin depreme karşı riski belirlenirken bu durumlar gözönüne alınmalıdır.

2. Depremden kaynaklanan sarsma ve faylanma koşulları altında yapılan model deneyleri şevlerin duraysızlık mekanizmalarının anlaşılmasında oldukça yararlı olup, aktif duraysızlık türlerinin yanı sıra pasif yenilme biçimlerinin olduğunu da göstermiştir.
3. Gözlemler, yenilen şevlerin sayısının ve büyüklüğünün fayın taban bloğundakilere nazaran tavan bloğunda daha fazla olduğunu göstermiştir. Bu gözlemsel bulguların temelinde tavan bloğundaki yüksek ivmeler ile kalıcı yerdeğiştirmelerin büyük rolü olduğu düşünülmektedir.
4. Deprem mühendisliğinde ve bölgesel deprem riskinin belirlenmesinde doğal şevlere çok az önem verilmektedir. Son yıllarda meydana gelen depremler; mühendislik şevlerindeki duraysızlıklarla karşılaştırıldığında, doğal şev duraysızlıklarının etkilerinin çok büyük olduğunu göstermiştir. Dolayısıyla, 1 no.lu sonuçta da belirtilen durum düşünülerek doğal şevlere daha fazla önem verilmesi gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Kaya şev duraysızlığı, deprem, aktif ve pasif duraysızlıklar, faylanma, sarsıntı

EFFECTS OF EARTHQUAKES ON ROCK SLOPES

Ömer Aydan

Tokai University, Ocean Research Institute, Shizuoka, Japan
(aydan@scc.u-tokai.ac.jp)

ABSTRACT

Many recent earthquakes such as 1999 Chi-chi earthquake (Taiwan), 2004 Chuetsu and 2007 Iwate-Miyagi Intraplate earthquakes (Japan), 2005 Kashmir earthquake (Pakistan) and 2007 Wenchuan earthquake (Tibet-China) caused many large scale rock slope failures, some of which are classified as landslides. These slope failures induced tremendous damage to infra-structures as well as residential areas. Compared to soil slope failures, the scale and the impact of rock slope failures are very large and the form of failure differs depending upon the geological structures of slopes. Furthermore, the failure of the rock slope failures may involve active and passive modes. The passive modes can only be observed when the ground shaking is of quite large.

First the author describes some model set-ups and experiments to investigate the effects of shaking or faulting due to earthquakes on rock slopes. An experimental device for investigating the effect of faulting under gravitational field is used and the orientation of faulting is adjusted as desired. This experimental device is used to investigate the effect of forced displacement field due to faulting on rock slopes. The displacement and accelerations were measured simultaneously. To investigate the effect of shaking on rock slopes, dynamic testing of the models were performed in the laboratory by means of a one-dimensional shaking table, which moves along horizontal plane. Rock mass models consisted of either breakable or non-breakable blocks. The experiments clearly showed that passive modes of slope failure occur in addition to active mode of failure of slopes.

The author had some chances to investigate the characteristics of the rock slope failures caused by the earthquakes mentioned above. The author describes the fundamental characteristics of the rock slope failures induced by the earthquakes mentioned above and evaluate their modes according to some empirical and theoretical models. Furthermore, the observations for slope failures in relation to earthquake magnitude and epicenter distance were compared with several empirical relations available in literature. Some of major rock slope failures induced by earthquakes are selected and the post-failure motions are simulated and compared with observations.

From this study, the following conclusions are drawn:

- 1. The major rock slope failures (landslides) are greatly influenced by the geological structure of rock mass as well as the shaking characteristics of earthquakes. Specifically, the orientation and shear strength properties of bedding planes, schistosity and existing*

faults are of great importance. Therefore, the stability assessment of natural and cut slopes must strictly consider this fact in the risk assessments of slope failures by earthquakes.

- 2. Model experiments under shaking or faulting conditions due to earthquakes clarified the main mechanism of slope failures and they showed that there are also passive modes in addition to the active modes known in rock slope engineering.*
- 3. The scale and number of slope failures are much larger on the hanging wall side of the earthquake fault as compared with those on the foot-wall side. Higher ground motions on the hanging wall side and the permanent ground movements are probably the major causes for this observational fact.*
- 4. The consideration of failures of natural rock slopes has received very little attention in earthquake engineering and regional seismic risk assessments. However, the recent earthquakes reported in this study showed clearly that the scale of natural slope failures is much larger than the cut-slopes. Therefore, much attention must be given to the possibility of natural rock slopes with the due considerations of facts indicated in item 1.*

Keywords: *Rock slope failure, earthquake, active and passive instabilities, faulting, shaking*