

# 경주 지진발생('16.09.12) 전·후의 산사태 취약지역 현황조사 사례



김 만 일

산림조합중앙회  
산림공학연구소 책임연구원  
mikim@nlcf.or.kr



이 문 세

산림조합중앙회 산림공학  
연구소 소장  
landslides@daum.net



박 진 성

산림조합중앙회  
산림공학연구소 연구원  
doggeby@korea.com



박 명 진

산림조합중앙회  
산림공학연구소 연구원  
myjin1017@naver.com

## 1. 서론

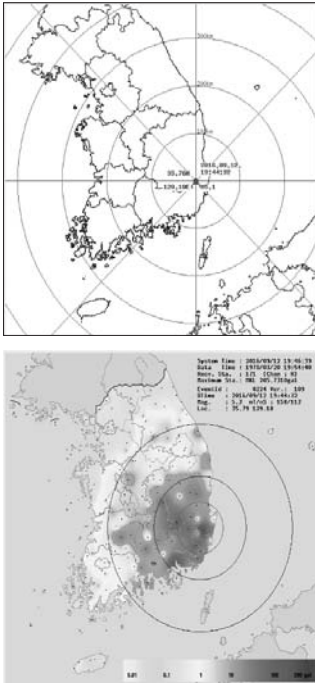
2016년 9월 12일 오후 8시 32분경, 한반도에서 197년 계기지진 관측 이래 최대 규모인 5.8 지진이 경북 경주시 남남서쪽 8km 지점에서 발생하였다. 본진(本震) 보다 48분 앞서 규모 5.1의 전진(前震)이 경주지역에서 발생하였다.

본진의 최대 진도는 경주, 대구지역에서 진도 6으로 감지되었으며, 부산, 울산, 창원에서는 진도 5가 감지되었다. 일반적으로 진도 6은 지역 모든 사람들이 느낄 수 있고 가옥이 심하게 흔들리며 무거운 물건이 움직일 정도의 중진에 해당한다.

육상에서 발생한 지진으로는 국내에서 1978년 충북 속리산에서 발생된 규모 5.2, 충남 홍성에서 발생한 규모 5.0의 지진이 발생된 이후 38년 만에 발생한 대형 지진이며, 한반도에서는 36년 만에 발생한 대형 육상지진에 속한다.

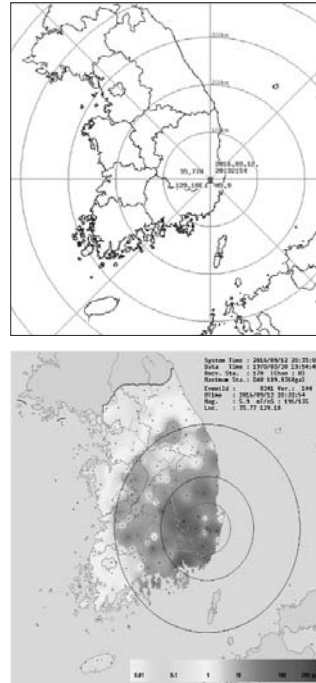
이번 경주지역의 지진은 2016년 7월 6일 울산 해역에서 발생한 규모 5.0의 지진과 경주 지진까지 한해에 규모 5.0대의 지진이 3차례나 발생한 건 전례가 없었던 일이며 추가 대형지진도 이례적이다. 본진이 발생된 이후에도 10월 중순까지 여진이 500여 차례가 넘게 일어나고 있어 지진의 진앙지에 대한 관심이 매우 높다.

〈전진〉



- 진앙 : 경북 경주시 남남서쪽 8.2km  
(35.76°N 129.19°E)
- 규모 : M 5.1
- 진도 : V(경주, 대구), M(부산, 울산, 창원 등)

〈본진〉



- 진앙 : 경북 경주시 남남서쪽 8.7km  
(35.77°N 129.18°E)
- 규모 : M 5.8
- 진도 : V(경주, 대구), V(부산, 울산, 창원 등)

그림 1. 경주 지진발생 현황(기상청, 국가지진종합정보시스템 참조)

여러 기관과 학계에서 경주 지진의 진앙지에 대한 연구내용이 보고되었으며, 대부분 양산단층의 활동에 의한 지진일 가능성이 높은 것으로 분석되었으나, 현재 양산단층 옆에 위치한 모량단층일 가능성도 있는 것으로 보고되어 있다.

금번 경주 지진으로 인해 23명 부상, 5,367건의 재산피해가 발생된 것으로 보고되었다. 인명피해는 지역별로 경북 13명, 울산 4명, 대구 2명, 부산, 충북, 전남, 경남에서 각각 1명씩 부상자가 발생하였다. 재산피해는 지붕파손이 2,333건으로 가장 많고, 건물 균열이 1,494건, 담장파손이 848건, 도로에 금이 간 경우가 21건으로 집계되었다. 또한 차량파손 70건, 수도배관 파열이 46건, 기타 재산피해도 555건이 발생되었다.

이에 경주 지진의 진앙지로 추정되는 양산단층은 부산에서부터 울진까지 길게 놓여져 있으며, 이 주변으로 동래단층 및 밀양단층 등이 함께 형성되어 있다. 이들 지역에 분포해 있는 산사태 취약지역에 대해 지진 발생 후의 변화 양상을 파악하고, 향후 관리방안 등을 모색하였다.

## 2. 조사지역

경주 지진이 발생된 이후 진앙지 주변의 산사태 취약지역에 대한 현황조사를 수행하였다. 기존 산사태 취약지역에 대한 자료와 지진 발생 이후 동일 지역 내에서 지진동으로 인한 산지 지반의 변형 여부를 파악하기 위하여 진앙지를 기준으로 양산단층 인접한 10km 이내에 위치한 3개소와 사방댐 4개소(1개소는 20km 이격)에 대해 실시하였다.

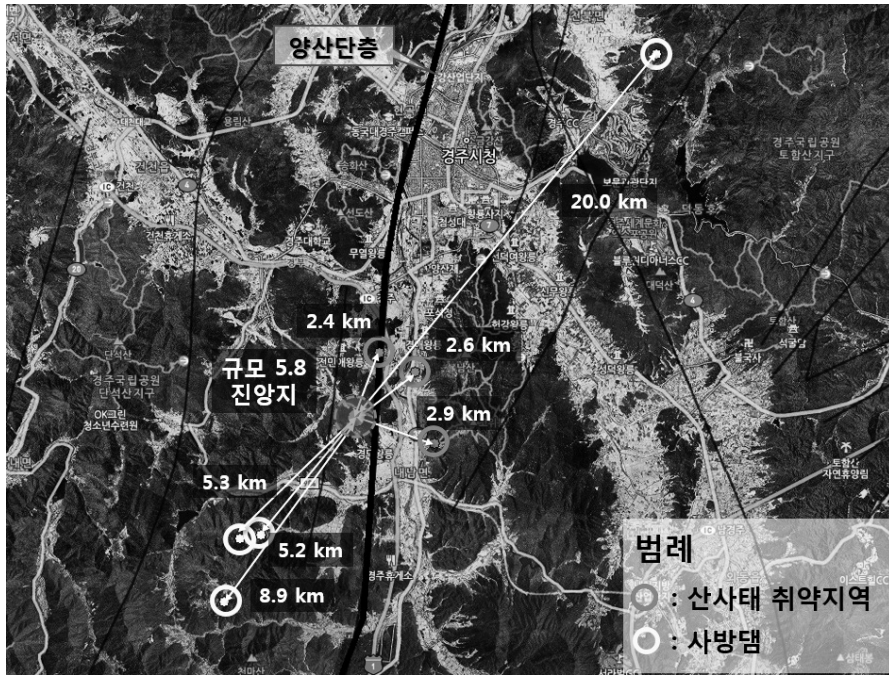


그림 2. 경주 지진 진앙지(양산단층) 주변 산사태 취약지역 현황조사 위치도

지진의 진앙지와 양산단층에 인접한 경북 경주시 내남면 일원을 중심으로 산사태 취약지역 3개소 및 사방시설 3개소에 대한 산지 지반 변형 및 사방시설 구조물 변형 등을 파악하기 위하여 점검을 실시하였다. 여기서는 기존 자료를 토대로 산사태 취약지역 3개소에 대한 현장점검 결과를 중심으로 기술하였다.

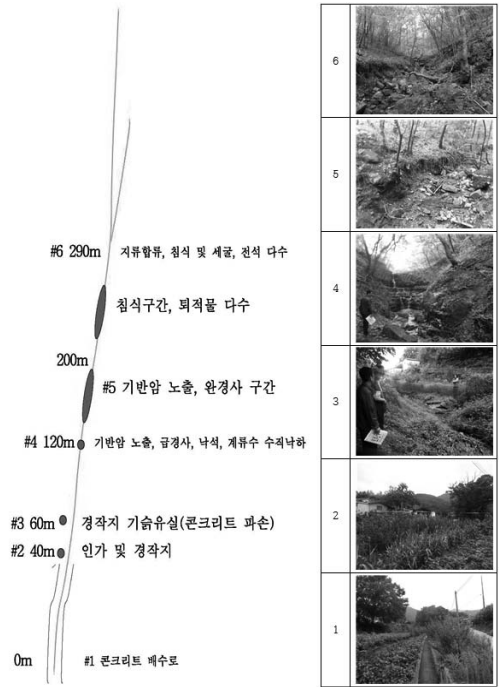
기존 산사태 취약지역 3개소는 산림청에서 2013년에 실태조사와 지정 심의가 완료된 지역이다. 현장 점검은 기존 2013년도에 실시된 산사태 취약지역 실태조사 결과를 토대로 금번 지진이 발생한 이후의 산지 지반 변화 정도를 현장에서 파악하였다.

또한, 기존 사방시설 구조물에 대해서는 과거 시공 및 점검 결과 자료를 토대로 현재의 구조적 변형 여부를 현장에서 확인하여 이상 유무를 판단하였다.

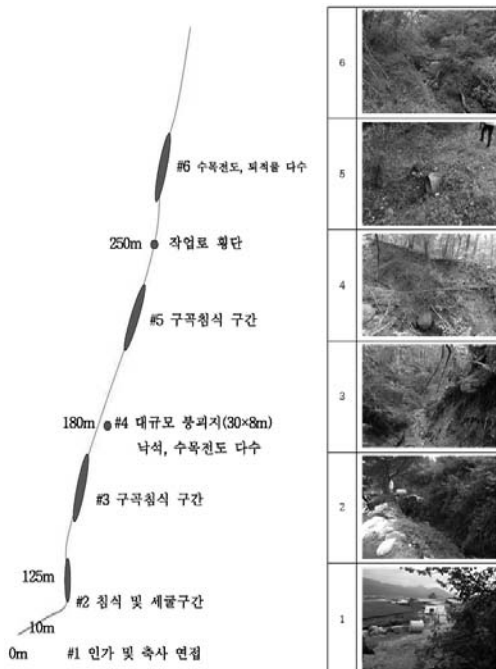


현장 점검 방법은 계류 하부에서 상부로 이동하면서 계류 양안사면 및 계류 하상의 변화, 주변 수목의 전도 유무를 파악하면서 현황도(face map)를 함께 작성하였다. 현황도 작성 시 계류 하상에 적치된 유실물의 흔적과 주변 계류 양안사면의 붕괴 내지 붕락 상태를 파악하였다. 특히 현재의 상태와 과거 2013년도 작성된 자료와 상호 비교하여 지진동에 의한 산지 지반의 변화 정도를 계류를 기준으로 하류에서 상부로 이동하면서 현장에서 확인하였다.

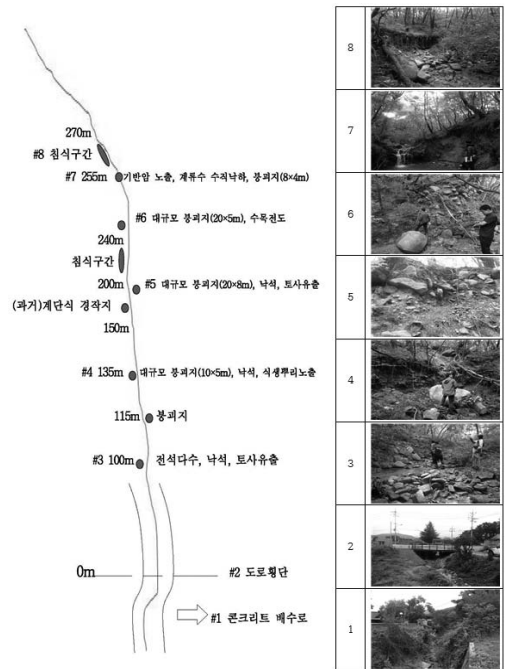
산사태 취약지역 3개소에 대해 파악된 조사결과는 2013년 조사결과와 비교해 현재의 상태는 계류 양안사면 내 붕적층 또는 풍화토층, 절리면이 다수 발달 풍화된 암반 노두에 국한하여 일부 소규모 사면붕괴 및 이완암의 낙석 발생이 인지



(a) Site 1



(b) Site 2



(c) Site 3

그림 4. 지진 진앙지 10km 이내 산사태 취약지역 현장 점검 현황도 결과

되었다. 또한, 계류 양안사면부에 분포하는 붕적층 및 풍화토층 구간에서는 토사유실로 인한 소규모 사면붕괴 형태가 다수 관찰되었다.

이러한 유실물들은 직하부의 계류 하상에 적치되어 있는 것으로 보아, 직접적인 지진에 의한 계류 사면 붕괴 내지 파괴가 발생하였는지 내지 지진 발생 이전에 자연적으로 유실물이 발생하였는지는 명확히 판단할 수 없으나 직·간접적인 영향은 분명히 존재할 것으로 사료된다.

하지만, 산사태 취약지역으로 관리가 이루어지고 있는 지역에서 산지 지반의 변형으로 인해 유실물이 계류 하상에 다수 적치가 이루어질 경우, 향후 집중호우 및 태풍에 의해 토석류와 같은 2차적 피해가 발생할 수 있는 가능성을 배제할 수 없다.

당초 양산단층 진앙지를 기준으로 10~20km 이내에 위치해 있는 사방시설물에 대한 점검도 과거 사방시설 점검결과를 토대로 현재의 상태 및 주변 상황의 변화를 파악하였으나, 외관상의 균열 및 누수의 흔적은 확인되지 않아 금번 경주 지진에 의한 피해는 없는 것으로 판단하였다.

#### 4. 결론

경주 지진이 발생한 이후 국한적으로 수행된 산사태 취약지역 현장점검에서 지진동으로 인한 계류 양안사면부에서 국부적인 사면붕괴의 흔적을 확인하였으며, 이들 유실물들이 직하부의 계류 하상에 적치된 것을 파악하였다. 따라서, 지진에 의한 산지 지반의 변형이 발생됨으로써 장기적 관점에서 지반 약화의 현상이 발생된 것으로 추정할 수 있다.

이렇게 지반의 약화는 향후 하절기 집중호우 및 태풍 등에 의해 사면붕괴 내지 산사태 및 토석류의 발생 가능성이 현저히 높아진 것은 사실이다. 이는 잠재적으로 산지 재해의 발생 가능성을 높이는 원인으로 작용하기 때문에 이에 대한 대응방안 마련이 필요한 시점이다.

따라서, 국내 단층대 주변부에 분포하는 산사태 취약지역에 대해서는 기존의 산사태 및 토석류에 대해서만 위험도와 피해도 개념의 관리방안 뿐만 아니라 잠재적 지진에 대응하기 위한 관리방안도 함께 포함되어야 할 것이다.

금번 경주 지진의 진앙지로 추정되는 양산단층을 포함하여 밀양단층 및 동래단층 주변부에 대한 산지 중심의 산사태 취약지역에 대한 점검이 필요할 것으로 판단된다. 하지만 현실적으로 진앙지를 중심으로 조사의 범위를 무한히 넓게 포함하는 것은 짧은 시간에 많은 노력이 필요하기 때문에 우선적으로 양산단층을 기준으로 양쪽의 단층대를 경계로 하여 현황조사가 필요하다.

즉, 밀양 및 동래단층의 경계를 기준으로 양산단층대 구간인 부산에서 울진까지의 범위에 포함되는 산사태 취약지역에 대한 전수조사를 실시하여 기존 조사자료와 현재의 상황을 비교하여 피해 발생지역의 현황을 파악할 수 있다. 이들 자료를 토대로 산지 지반의 안정성을 분석 및 평가하여 필요

시 산사태와 토석류의 잠재적 재해를 저감하기 위한 사방시설의 설치가 추가적으로 이루어져야 할 것이다.

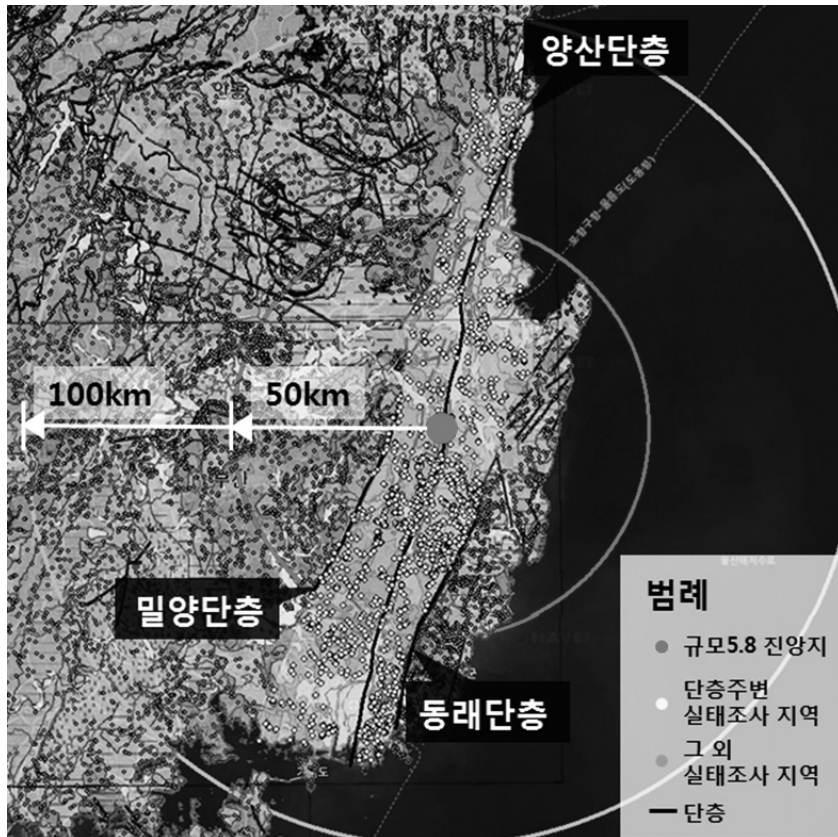


그림 5. 양산단층 주변의 기존 산사태 취약지역 실태조사 위치도(기상청, 지질도 참조)

## 참고문헌

- 기상청, <http://www.kma.go.kr>  
나무위키, 2016, 2016 경주 지진, <https://namu.wiki>  
산림청, 2013, 산사태취약지역 실태조사 보고서  
산사태정보시스템, <http://www.forest.go.kr>  
한국지질자원연구원, <http://www.kigam.re.kr>