

대만의 토석류 재해 대응 방안



김 지 태 >>
국립방재교육연구원 방재연구소 연구관
jtkim77@nema.go.kr

1. 서론

대만은 태풍, 홍수, 산사태, 토석류, 지진 등의 자연재해가 빈번히 발생하고 있으며, 2005년 World Bank에서 발표한 'Natural Disaster Hotspots-A Global Risk Analysis'에서 자연재해 위험도가 세계에서 1위로 기록될 정도로 자연재해의 위험에 노출되어 있는 국가이다. 대만측의 발표에 의하면 자연재해의 72% 정도가 태풍에 의해 발생되고 있으며, 매년 평균 태풍에 의한 피해액이 우리 돈으로 약 600억 원에 이르고 있다고 한다.

이렇게 자연재해에 의한 심각한 피해에 직면하고 있는 대만에는 필자가 근무하는 방재연구소와 유사한 기관인 '國家災害防救科技中心'이 있다. 영어로는 NCDR(National science and technology Center

for Disaster Reduction)이라고 하는데 우리말로 해석하자면 '국립방재과학기술센터' 정도로 해석할 수 있겠다. NCDR은 2003년도에 설립되었으며, 10개의 division으로 구성되어(그림 1) 풀타임과 파트타임을 합쳐 전체 105명이 근무하고 있고, 이중 49%가 박사학위 소지자이다(그림 2). 이는 인력구성으로만 비교할 때 설립된지 10년째에 접어드는 우리 방재연구소와 비교할 때 약 3~4배에 해당하는 것으로, 대만 정부에서 방재 연구에 갖고 있는 관심이 높다는 것을 느끼게 된다.

NCDR에서는 국제교류·협력 업무의 일환으로 2005년부터 매년 'International Training Workshop on Typhoon and Flood Disaster

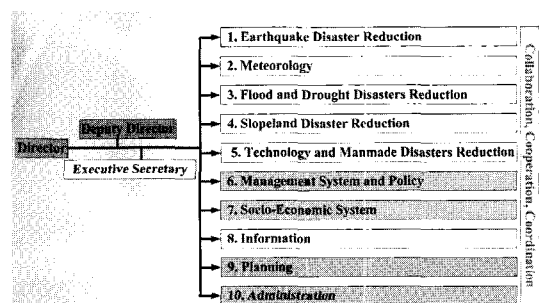


그림 1. NCDR 조직도

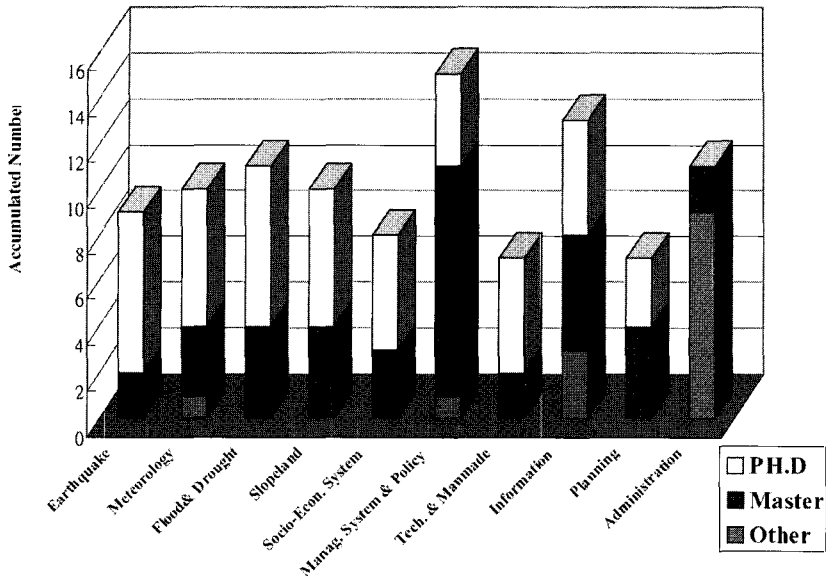


그림 2. NCDR 인력 구성도

Reduction'을 개최해오고 있으며, 금년은 제3회로서 5월 7일부터 11일까지 5일간 대만 타이페이시에 위치한 정부청사(건설, 교통, 방재 등의 부처가 입주해 있음) 15층 국제컨퍼런스홀에서 10개국 21명의 방재관련 전문가들과 대만측 관련 전문가들이 참가한 가운데 개최되었다.

워크샵은 강의, 참가자들의 주제발표 및 토론, 현장견학의 순으로 진행되었다. 대만은 특히 토석류에 의한 피해가 많아 국가적으로 토석류 재해에 대한 예방 및 대응에 많은 노력을 기울이고 있으며, 강의의 내용도 이에 관한 내용이 주를 이루었다. 본 원고에서는 워크샵에서 발표된 내용과 현지 전문가들과의 토론을 통해 알게된 대만의 토석류 재해 대응 방안에 관해 소개하고자 한다.

2. 토석류 재해 개요

대만은 산악지형이 많고 지반이 약해서 토석류에 의한 피해가 심각하며, 특히 1999년 9월 21일 발생한 진도 7.3의 치치(Chi-Chi)지진 이후 지반이 교란되

어 산사태 및 토석류 피해가 급증하고 있다고 한다. 치치지진은 우리나라에서도 구조대 등을 파견하여 신속한 이름으로 기억되는데, 이 지진으로 2,505명이 사망하고 11,305명의 부상자가 발생할 정도로 대규모의 지진이었다.

현지에서 만나본 대만의 중앙재난상황관리실 임원 중 한 명은 필자에게 자신이 지진 당시 구조활동에 참여했으며 그때 자신들을 도와준 대한민국 구조대원에게 감사한다는 말을 전했다.

토석류 재해에 관해서는 行政院農業委員會水土保持局(Soil and Water Conservation Bureau)의 Huei-Long Wu 국장이 대만정부의 토석류 재해 예방 및 저감을 위한 노력에 대해 제도, 정책 등을 중심으로 소개하였으며, National Central University의 Hsien-Ter Chou 교수, Naional Cheng Kung University의 Chyan-Deng Jan 교수, National Chung Hsing University의 Su-Chin Chen 교수 등이 토석류 재해위험도, 토석류 재해저감기법, 토석류 재해 대응방안 등에 대해 강의하고 토론하는 시간을 가졌다. 강의 내용 중 전반적인 대만의 토석류 재해 대처방안을 간략히 소개하면 다음과 같다.

2.1 토석류 재해의 원인

대만에서 분석하고 있는 토석류 재해의 주요 원인은 기후변화, 집중호우, 치치지진, 불안정한 지반, 무계획적인 산지 개발, 하천정비 미비 등이다. 대만은 연평균 강우량이 2,500mm에 이를 만큼 절대강우량이 많으며 2001년의 경우 3,007mm의 비가 내렸다. 또한, 많은 수의 태풍의 영향을 받고 있으며(2000년 이후 연평균 9회), 기후변화의 영향으로 집중호우가 증가하고 있다. 이와 같은 강우량의 증가가 토석류 재해의 가장 큰 원인이라 할 수 있다. 두 번째로는 불안정한 지반이다. 특히, 지진이 많이 발생하여 지반이 교란되고 있으며, 1999년 치치지진 이후로는 이러한 현상이 심해져서 토석류 재해 발생빈도가 증가하고 있다.

2.2 토석류재해 경보

태풍이 오는 경우 대만 기상청의 태풍예상경로가 발표되고 나면 Soil and Water Conservation Bureau에서 주요 지점에 설치된 강우자료를 점검하며 필요한 경우 토석류재해 경보를 발령하게 된다.

경보발령은 강우량을 기준으로 하며 각 지역의 특성에 맞추어 설정해 놓은 강우량을 기준으로 예상강우량이 기준강우량보다 많을 경우 황색경보를, 실제 강우가 기준강우량보다 많을 경우 적색경보를 발령하고 있다(그림 3)

강우량 이외에도 주요 지점에 설치해 놓은 각종 계측기기를 통해 실시간으로 정보를 수집하여 상황실로 전달함으로써 상황판단을 하는 시스템을 구축하고 있다(그림 4, 그림 5).

2.3 토석류 재해 예방 대책

토석류 재해를 위해 대만에서 추진하고 있는 정책은 지속적인 관측과 사방댐, 식생 등에 의한 적극적인 예방대책이다. 인공위성과 무인관측기기를 사용하여 주기적으로 유역단위의 촬영을 실시하여 그 정보를 분석하여, 토석류 위험 요인을 파악하고 있으며, 특히, 피해 후 재발 방지에 의해 관측자료가 유용하게 활용되고 있다.

또한, 피해가 발생한 지역 및 피해 위험 지역에는 지속적인 투자를 통해 사면보호공 및 사방댐 등 토석류 방지시설을 설치하고 있다.

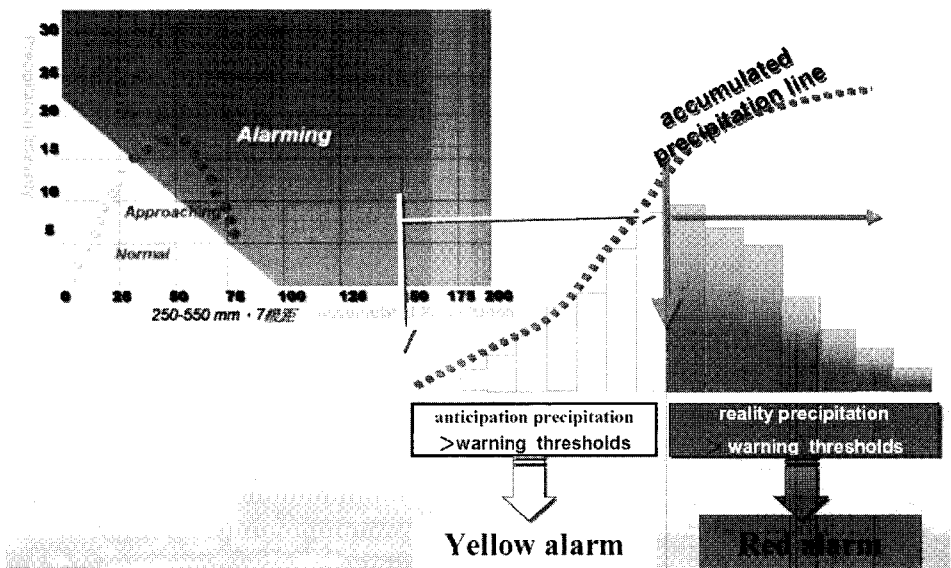


그림 3. 대만의 토석류재해 경보 발령기준

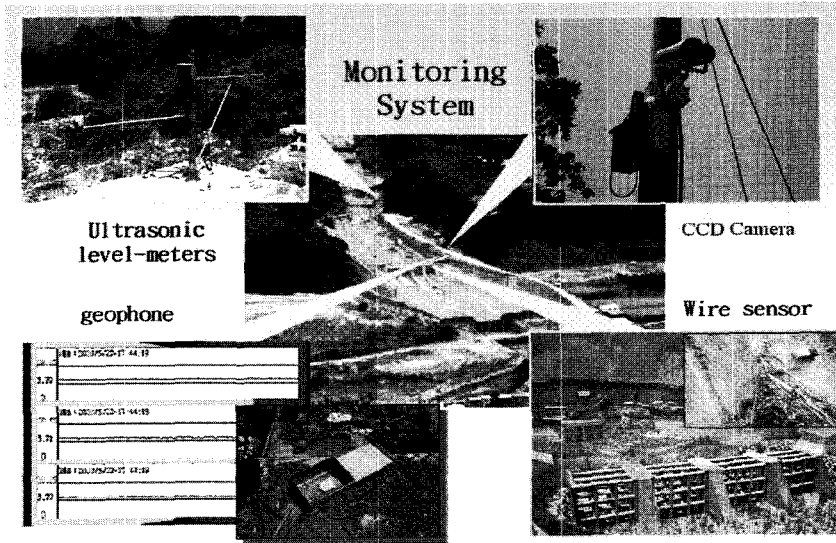


그림 4. 토석류 모니터링 시스템

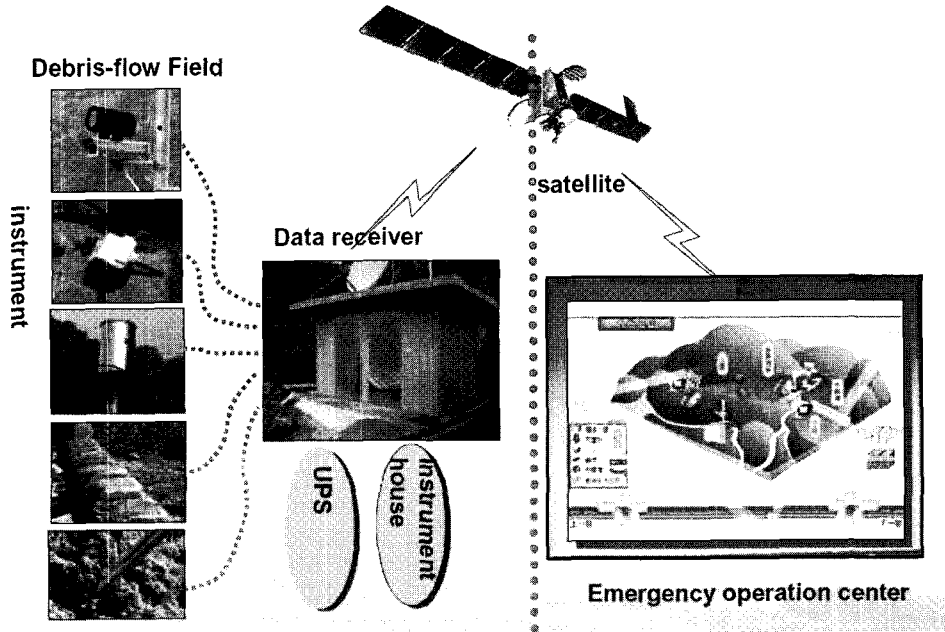


그림 5. 토석류 정보관리 체계

2.4 토석류 재해 대응

산사태 및 토석류 발생시 실제로 주민들이 대피해야 하는 경로 및 대피절차에 대하여 자세하게 계획하는 작업을 시행 중이었다. 단순히 인근 학교 등으로 대피를 유도하는 것이 아니라, 모델링 등 철저한 분

석을 통해 재해 발생시 안전한 지역을 선정하고, 대상지역을 구역화하여 대피처를 지정하고 이에 대한 교육을 철저히 시행하고 있었다. 이와 같이 하여 그림 5와 같이 해당 지역의 대피 계획을 수립하여 이를 공개하고 주민들을 대상으로 경보 발령시 해당 대피소로 즉시 대피하는 교육 및 훈련을 지속적으로 실시

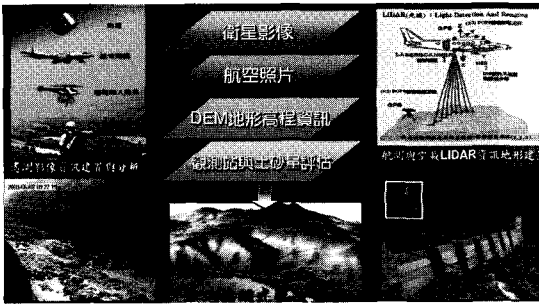


그림 6. 유역단위 관측시스템

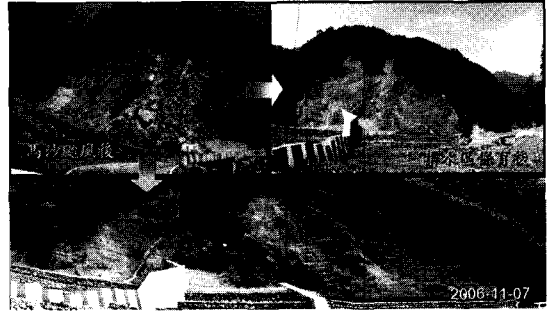


그림 7. 토석류 방지시설

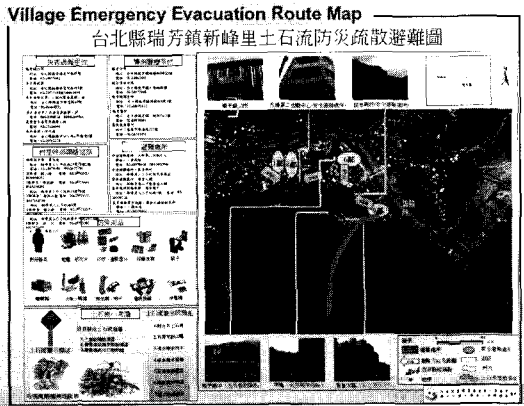


그림 8. 대만의 토석류 재해 대피계획도

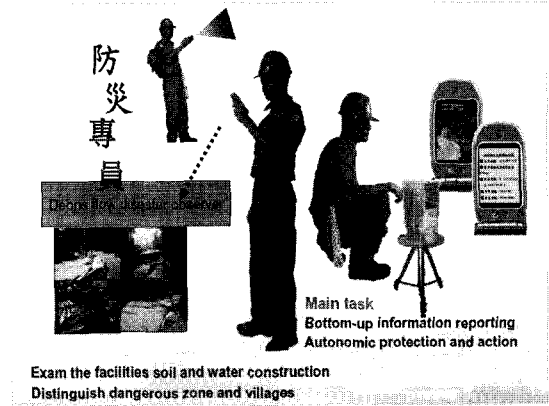


그림 9. 대만의 자원봉사 재해감시단

하고 있다.

또한, 자원봉사자로 구성된 재해감시단을 구성하여 자기 지역에서 발생할 수 있는 재해의 위험에 대해 모니터링하고 재해 발생시 응급 대응 및 구조활동을 수행하고 있다(그림 6). 현재 이들은 각 지역별로 전체 약 1000여명에 이르고 있으며, 매년 정기적으로 중앙교육기관에 모여 방재활동에 필요한 사항을 교육받고 있다고 한다.

이러한 다각적인 노력의 결과로 2004년 태풍 민들레 당시 토석류에 의해 대규모 인명피해가 발생할 수도 있었던 지역에서 고립되었던 1명의 사망자를 제외하고 1,080명의 주민이 무사히 대피할 수 있었던 사례가 있었다고 한다(그림 7). 계곡 상류부에 설치된 계측기기를 통해 경보가 발령되었고, 1,000명이 넘는 주민들이 침착하게 그림에서 부채꼴 모양의 피해 지역 사이에 있는 초등학교 및 사진 우측의 대피처로

대피하여 인명피해를 막을 수 있었다고 한다. 이 피해로 건물 60채가 파괴되었다. 토석류 발생시 안전지역을 정확히 예측하고 주민들에 대한 철저한 교육 및 훈련의 결과로 소중한 인명의 피해를 막을 수 있었던 좋은 사례라고 판단된다.

대만에서는 현재 전국적으로 토석류 및 산사태 위험지역 1,420개소를 지정하여 관리하고 있으며, 해당 지역의 대상 주민은 총 33,495명으로 파악하고 있다. 이 중 대피체계가 구축된 곳은 416개소에 이르고 있으며 지속적으로 확장해 나가고 있다.

3. 맺음말

대만에서 무엇보다 인상 깊었던 것은 관련 전문가 뿐 아니라 정부 및 주민들이 토석류의 위험에 대해

Debris Flow Disasters by Typhoon Mindulle, at SungHo, Taichung County, 2004.7.7 (松鶴)

- ▶ Evacuated 1080 residents,
- ▶ 60 houses destroyed & 1 person killed

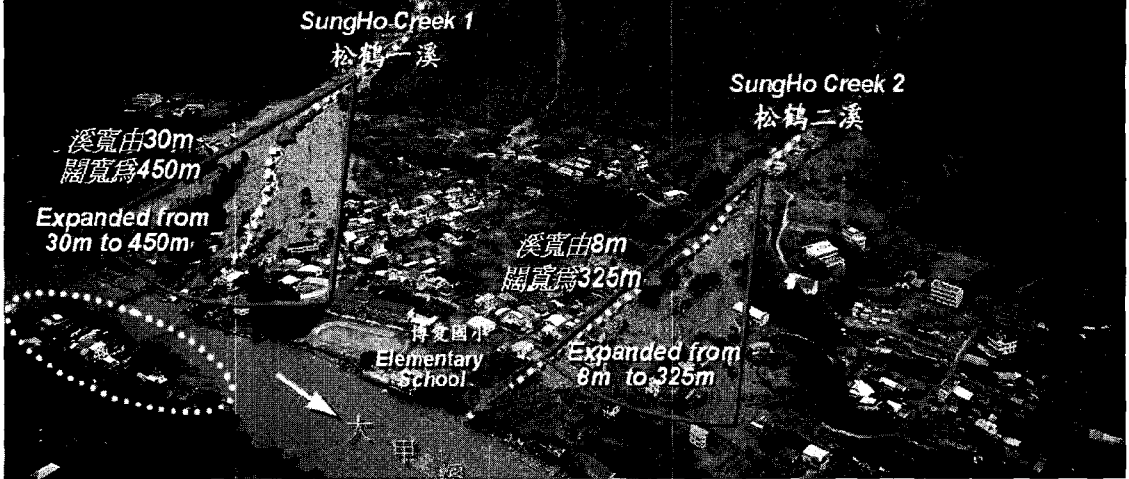


그림 10. 토석류 재해 대피사례

깊게 인식하고 있다는 점이였다. 또한, 피해원인 분석이 피해현장별로 심도 깊게 이루어지고 있고 관련 정보의 구축이 잘 되어 있었다. 물론 우리나라와 비교했을 때 전체 면적이 작으므로 가능한 일이기도 하겠지만, 토석류 재해를 막아보려는 집중력의 결과가 아닌가 한다.

대만 국민들은 재해에 익숙해 있다. 태풍이 자주 상륙하는 동부지역은 태풍이 일정 거리에 접근하면

은 도시가 조용해진다. 대부분의 학교 및 직장이 휴무에 들어가기 때문이다. 타이페이에서 만나본 사람들 중 대부분은 지진을 겪었으며, 지진이 오면 어떻게 해야 하는지 잘 알고 있었다. 재해는 그들 생활 깊숙이 들어와 있었다. 돌아오는 길에 우리는 재해를 나의 일상과는 별개의 일이라고 생각하고 있지 않나 하는 생각이 들었다.