



2020. 5. 26.(화) 18시((한국시간)부터 보도하여 주시기 바랍니다.

문의 : 담당자 연락처(02-880-8161)
포항지진정부조사연구단장/연구책임자 이강근 교수(02-880-8161) /공동저자
포항지진정부조사연구단/여인욱 교수(전남대)/제1저자

포항지진 정부조사연구단 여인욱(전남대)-이강근(서울대) 교수팀 촉발/유발지진 발생메카니즘 제시한 논문 출간

□ 내용 1

- 포항지진 정부조사연구단에 참여했던 주요 연구자들이 포항 Mw 5.5 지진 사례를 통해 물 주입에 따른 촉발/유발지진 발생 메카니즘을 제시한 “Causal mechanism of injection-induced earthquakes through the Mw 5.5 Pohang earthquake case study” 논문을 자연과학분야의 권위있는 국제학술지인 네이처 커뮤니케이션즈(Nature Communications) 5월 26일 (화)자에 게재하였다.
- 이 논문은 그동안 소량의 물 주입으로 포항지진과 같은 큰 지진이 촉발될 수 있느냐에 대한 의견들이 제시되었는데, 이번 연구는 포항지진 사례를 통해 그것이 충분히 가능하다는 것을 과학적으로 입증하였다. 포항지진정부조사연구단은 2019년 3월 포항지진의 원인에 관한 결론을 공식적으로 발표한 이후, 결론의 근거가 된 세부적인 분석 내용을 국제적으로 논문 게재를 통해 검증하면서 국제학계에 포항지진과 같은 유사 사례를 예방하기 위한 방안을 제안하는 노력을 전개하고 있다. 이번 논문은 포항지진정부조사연구단이 게재한 4번째 논문으로 이 논문과 이전의 3편의 논문(Science 게재 논문, Seismological Research Letters (SRL) 게재 논문, JGR-Solid Earth 게재 논문)을 합하면 포항지진의 원

인에 관한 주요 이슈들을 거의 다 다루었으며, 포항지진이 촉발지진이라는 결론에 이른 정부조사연구단의 분석 내용이 국제 학계의 논문 리뷰 시스템을 통해 검증되었다고 할 수 있다.

- 연구진들은 포항지열발전시설 인근에서 발생한 2017 Mw 5.5 포항지진의 사례연구를 통해 물 주입에 따른 촉발지진의 발생 메카니즘을 제시하였다. 공극압 변화와 쿨롱 응력전달 모델링을 통해 초기에 물 주입에 따른 공극압의 변화가 임계 응력상태에 있던 단층에 미소 지진들을 발생시켰다. 미소지진에 의한 응력의 이동을 통해 축적된 변형에너지가 순차적으로 다른 지진의 발생을 촉진하는 과정을 거치면서 지진의 상호작용에 의해 더 큰 지진을 초래(촉발)한다는 것을 보여주었다. 연구진은 이 연구결과를 통해 “공극압의 변화와 초기 지진들의 위치, 그리고 이러한 지진들로부터 야기되는 응력의 변화 과정을 실시간으로 평가하는 것이 큰 지진의 촉발 가능성을 판단하는데 매우 중요하다”고 제언하였다.

- 이 연구에는 포항지진 정부조사연구단 총괄단장으로 참여했던 서울대학교 이강근 교수, 해외조사위원장이던 미국 콜로라도 대학교 Shemin Ge 교수, 국내조사단장으로 참여했던 전남대학교 여인욱 교수(제1저자), 미국 노던일리노이 대학교 Megan Brown 교수가 참여했다.

[붙임] 1. 연구결과 2. 용어설명 3. 그림설명 4. 논문 초본(최종수정전)
5. 연구진 이력사항

연구결과

Causal mechanism of injection-induced earthquakes through the Mw 5.5 Pohang earthquake case study

by I. W. Yeo, M. R. M.Brown, S.Ge & K. K. Lee

포항지열발전시설 인근에서 발생한 2017 Mw 5.5 포항지진의 사례연구를 통해 물 주입에 따른 촉발지진의 발생 메카니즘을 제시하였다. 공극압 변화와 쿨롱 응력전달 모델링을 통해 초기에 물 주입에 따른 공극압의 변화가 임계 응력상태에 있던 단층에 미소 지진들을 발생시키고, 이런 미소지진들에 의한 응력이 단층의 다른 부분으로 전달되면서 순차적으로 다른 지진의 발생을 촉진하는 과정을 거친다. 지진의 상호작용이 계속되면서 더 큰 지진을 초래(촉발)한다는 것을 분석하였다.

용 어 설 명

1. 공극압 (pore pressure)

- 암석이나 토양사이의 틈을 공극이라고 하며, 공극압은 공극을 채우고 있는 유체의 압력을 말한다.

2. 쿨롱 응력전달 (Coulomb Stress Transfer)

- 지진이 발생하면 단층을 따라서 암석의 불연속적인 변형이 일어나고 이로 인하여 주변 암석에 응력의 변화를 초래하게 된다. 지진의 발생으로 이렇게 주변에 응력이 전달되는 것을 쿨롱 응력전달이라고 한다.

3. 유효 수직응력 (Effective Normal Stress)

- 단층면에 수직으로 작용하는 힘으로 이 힘이 강하면 단층면이 미끄러지기 어렵다. 단층면에 물이 들어가서 물의 압력이 증가(공극압 증가)하면 단층면에 수직으로 누르는 유효한 힘이 약해진다.

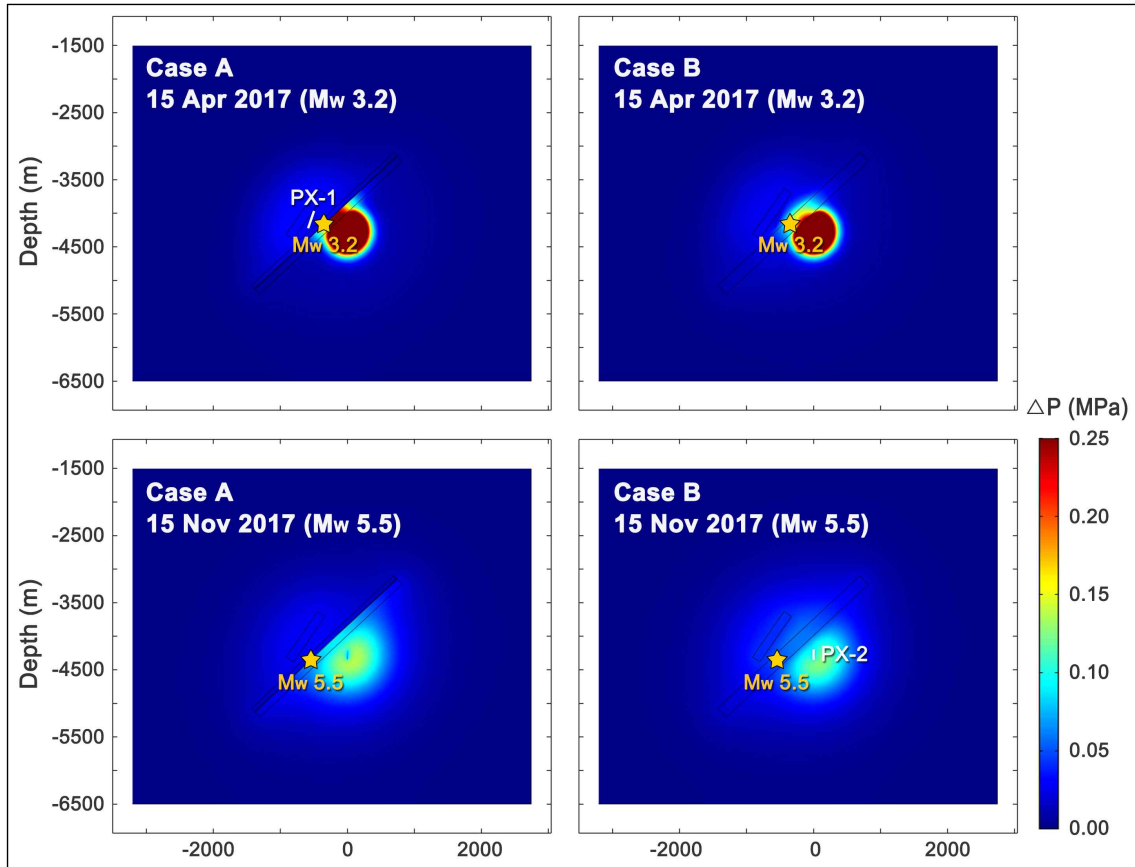
4. 전단응력 (Shear Stress)

- 단층면과 평행인 방향으로 작용하는 힘으로 이 힘이 강하면 단층면이 미끄러지면서 지진이 발생한다.

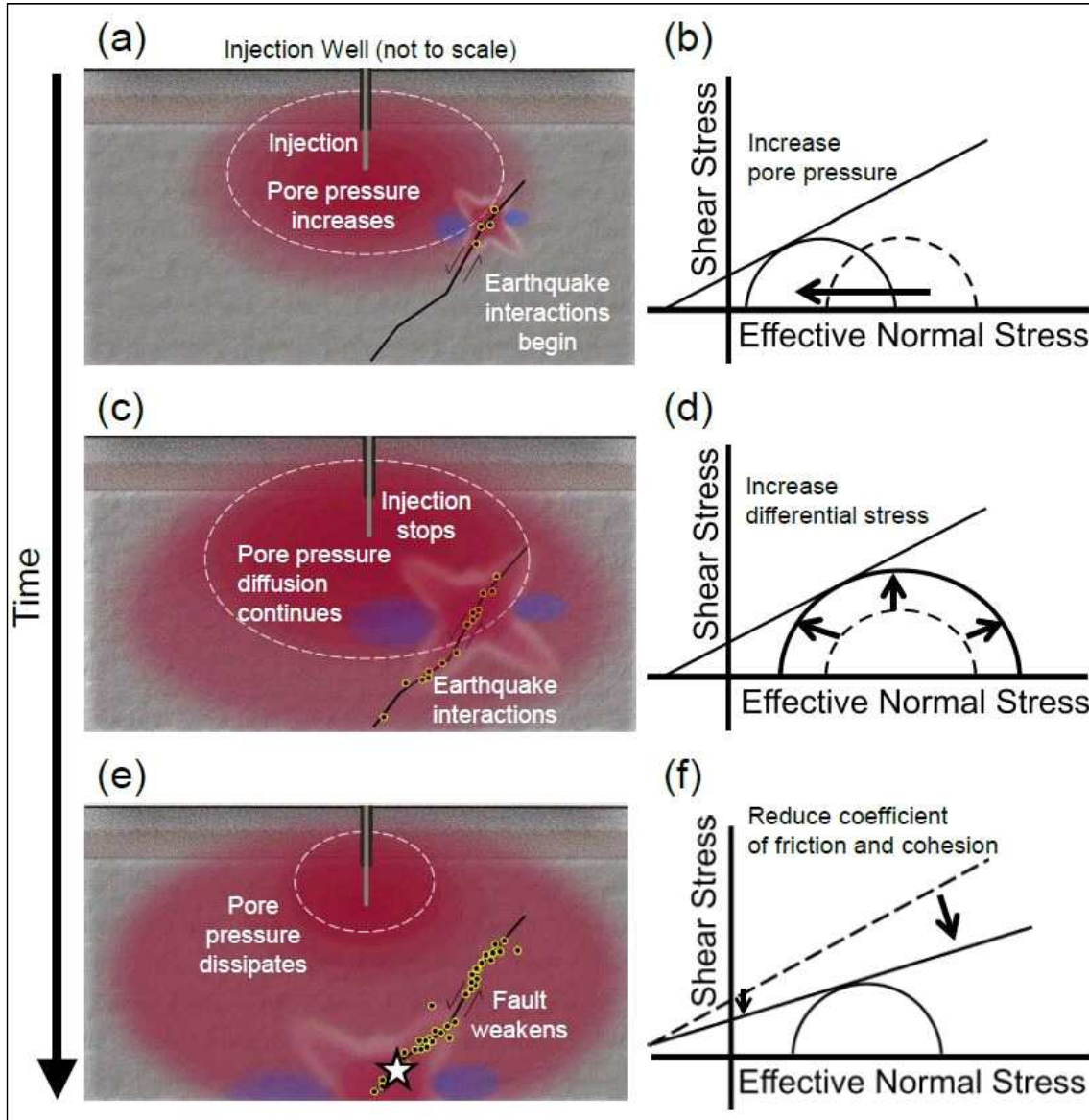
5. 단층비지 (Fault Gouge)

- 단층이 미끄러지면 암석이 분쇄되거나 마모되어 형성된 세립질의 점토이다.

그림 설명



단층비지가 존재하는 경우(Case A)와 아닌 경우(Case B)에 대해 공극압 분석 결과를 도시한 그림. 이 두 경우에 대해 2017년 4월 15일 규모 3.2의 지진과 2017년 11월 15일 규모 5.5의 포항지진이 발생할 당시 단층과 그 주변 지중에서의 공극압의 분포를 도시하였다. 단층에서의 공극압은 4월 15일경 가장 크게 나타나 규모 3.2의 지진은 물 주입에 의해 발생한 것으로 분석되었다. 2017년 9월 물 주입 종료 후 2017년 11월 15일의 공극압은 점진적으로 감소하였다. 하지만 쿨롱응력모델 결과, 이전 지진들에 의한 응력의 전이로 인해 2017년 11월 15일 포항지진의 진원에서 쿨롱응력의 변화가 공극압보다 더 크게 나타났다. 물 주입에 의해 발생한 지진들의 상호작용에 의해 큰 지진이 촉발된 것을 의미한다(쿨롱응력 그래프는 첨부하지 않음. 논문의 그림 6 참고).



물 주입에 의해 발생한 지진들의 상호작용에 의해 큰 규모의 지진이 촉발되는 메카니즘을 설명하는 모식도이다. 물 주입에 따라 공극압이 증가하면서 단층에서 작은 규모의 지진들이 발생한다. 물 주입 이후에도 지층의 공극압은 지속적으로 증가하며 지진들을 발생시킨다. 공극압의 증가가 감소하는 단계에서도 이러한 지진들의 상호작용에 의해 약해진 단층에서 더 큰 지진이 발생한다.

연구자 이력사항

1. 인적사항

- 성 명 : 이 강 근
- 소 속 : 서울대학교 지구환경과학부 교수
- 전 화 : 02-880-8161
- E-mail : kkleee@snu.ac.kr



2. 학력

- 1980 - 1984 서울대학교 학사
- 1984 - 1986 서울대학교 석사
- 1988 - 1992 미국 Purdue대학교 박사

3. 경력사항

- 2018 - 2019 대한지질학회 회장
- 2018 - 2019 포항지진정부조사연구단장
- 2016 - 현재 Editor-in-Chief (Geosciences Journal, Springer-Nature)

4. 기타 정보

- 서울대학교 학술연구상(2018년)
- 국가연구개발우수성과 100선(2011년, 2016년)