

# 원자력 시설물 안전을 위한 지반함몰 위험성 평가 기초연구

임명혁<sup>1\*</sup>, 박진영<sup>2</sup>, 장유진<sup>1</sup>

<sup>1</sup>대전대학교, 대전광역시 동구 대학로 62

<sup>2</sup>한국석유공사, 울산광역시 중구 종가로 305

\*mhihm61@dju.kr

## 1. 서론

원자력 시설물이 위치하는 곳은 안전성, 경제성, 시공성 및 편의성 등의 이유로 한국의 경우는 대부분 연안지반 상이다. 원자력 발전소와 방사성 폐기물처분장처럼 중요한 시설물은 지내력이 충분한 암반 내에 기초를 두거나 대심도 결정질 암반 속에 건설한다. 하지만 중요 시설물에 수반한 부속 시설물과 플랜트들은 암반과 토사층의 복합지반상에 존재하는 경우가 많다. 최근 한국의 도심지 내 대형 구조물과 교통인프라 시설물의 시공 중 혹은 완공 단계에서 지반의 급작스런 함몰(Sink-hole)이나 지속적인 침하(Subsidence)가 다수 발생하여 국가적인 문제가 되었다. 따라서 연안의 복합지반상에 기초를 둔 원자력 시설물 또한 돌발적이든 지속적이든 지반함몰 위험성이 없다고 말할 수 없는 형편이다. 이에 본 연구는 한국의 지질특성에 따른 지반함몰 위험성을 사전에 예측 및 평가 할 수 있는 도구를 개발하고자 지반함몰 위험성에 영향을 미치는 중요한 요소 인자를 도출하여 지반함몰 위험성을 등급화 및 정량화한 지반함몰 위험산정 시트 (Ground Subsidence Risk Ratings: GSR) 개발의 기초연구이다.

## 2. 본론

### 2.1 연구 동향

지반함몰 위험성 예측과 평가 기술 개발을 위해 지반굴착의 유형, 굴착 심도와 지질구조 및 굴착 공법을 고려한 지반거동분석 기법 연구가 여러 기관에서 수행 중에 있다. 국내 지반특성을 고려한 토사 대수층과 암반 대수층의 변화를 3차원 모델링 프로그램 기술로 개발하기 위해 기초연구에 착수한 연구팀도 있으며, 지반함몰의 중요 원인 중 하나인 지하수위 급변과 단기적 지반변형을 연계 해석하는 기법도 연구 중에 있다. 더불어 지반 굴착을 위한 설계단계에서 사전에 지반함몰 위험성을 평가할 수 있는 도구 개발 연구 및 지반굴착 시공 단계에서 지반함몰 위험도를 평가하는 기술도 연구

를 시작한 상태이다. 또한 국내 지반특성에 맞도록 원심모형과 축소모형실험을 이용한 지반함몰 유형별 평가 기법을 개발 중에 있으며, 지반함몰 예방을 위한 지반굴착 매뉴얼과 정책 개발도 연구를 시작하였다. 그리고 국내 지반특성별 지반굴착의 설계 가이드라인과 시공 가이드라인 개발도 연구 중에 있다.

### 2.2 문헌 사례 연구

국내외 지반함몰 관련 연구 사례가 최근 십여년 동안 수십건 학회지에 보고되고 있어 그 핵심 내용을 정리하면 Table 1과 같다.

Table 1. Case study for ground subsidence/sink-hole risk

	Type- I	Type- II	Type-III
region	Busan, Korea	Oleans, France	Son Mahanadi Master, India
soil	clay+sand+pebble	sand+clay	sandy alluvium
rock	volcanics	limestone+marl	sandstone
ground type	soil	soil+rock	sandy soil+rock
major factors	<ul style="list-style-type: none"> <li>• discontinuity between soil and rock : depth, strike/dip</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•rock : fracture density, lithology</li> <li>•soil : thickness, permeability</li> <li>•groundwater: fluctuations</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• shallow depth</li> <li>• overburden : thick, saturation, weakness</li> <li>• geological discontinuities : RQD</li> </ul>
conclusions	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ground subsidence on the discontinuity between soil and rock</li> <li>• information for ground structure is very important</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•geological mapping → decision of possible geological factors → susceptibility map</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• thickness of rock overburden is important</li> <li>• fault played an important role in the formation of the pot-hole</li> <li>• risk of subsidence can be predicted in pot-hole potential ratings</li> </ul>

### 3. 결론

지반함몰 관련 연구동향 분석과 국내외 문헌 사례 연구 등을 통해 지반함몰 위험성을 예측·평가할 수 있는 중요한 기초자료로 지반함몰에 중요한 영향을 미치는 인자 요소를 도출 하여 실내시험 및 현장시험의 입력인자로 사용해야 하며, 국내 지반 특성에 맞는 지반함몰 위험성 평가를 객관화·등급화 하여 정량적으로 산출해야 한다. 현재까지의 기초연구를 통해 개략적으로 도출한 지반함몰에 크게 영향을 미치는 주요인자는 크게 5개 범주로 요약할 수 있다.

- 1) overburden(토사 혹은 암반 혹은 토사+암반)  
특성 : 심도, 두께
- 2) 지반(토사층과 암반) 경계면 특성 : 심도, 배향(주향/경사), 경사각의 변화
- 3) 토사 특성 : 토질 종류, 물성
- 4) 암반 특성 : 암석 종류, 단열(fracture) 밀도, 주단열(단층대)과 거리, soft rock/hard rock의 비율
- 5) 수리 특성 : 강수량, 강수 일시, 지표수 유입량, 하천과 거리, 지하수위변동(fluctuations)

### 4. 감사의 글

본 연구는 국토교통부 국토교통과학기술진흥원의 건설기술연구사업(지반함몰 발생 및 피해저감을 위한 지반 안정성 평가 및 굴착·보강 기술개발, 15SCIP-B108153-01)의 지원으로 수행되었으며 이에 깊은 감사를 드립니다.

### 5. 참고문헌

- [1] 김중열, 장현삼, 김유성, 한혜자, 김기석, "구포기차 전복사고 지역의 지반상태 파악을 위한 탄성파토모그래피 응용", 지질공학, 5(1), 1-20 (1995).
- [2] 박인준, "싱크홀 현황과 그 대책", 한국방재협회 방재저널, 17, 2-63(2015).
- [3] 조성하, 이경수, "도심지에서의 지반침하 발생 원인과 사례분석 그리고 대응방안(해외사례를 중심으로)", 한국방재협회 방재저널, 16, 3-60 (2014).
- [4] A.P.S. Selvadurai, Jueun Kim, "Ground subsidence due to uniform fluid extraction over a circular region within an aquifer", Advances in Water Resources, 78, 50-59(2015).
- [5] Ilse Kleinmans, J.Louis Van Rooy, "Guidelines for sinkhole and subsidence rehabilitation based on genetic geological models of a dolomite environment on the East Rand, South Africa", Journal of African Earth Sciences, 117, 86-101(2016).
- [6] Irwan Gumilar, Hasanuddin Z. Abidin, Lambok M. Hutasoit, Dudung M. Hakim, Teguh P. Sidig, Heri Andreas, "Land subsidence in Bandung Basin and its possible caused factors", Procedia Earth and Planetary Science, 12, 47-62(2015).
- [7] J. Perrin, C. Cartannaz, G. Noury, E. Vanoudheusden, "A multicriteria approach to karst subsidence hazard mapping supported by weights-of-evidence analysis", Engineering Geology, 197, 296-305(2015).
- [8] K.B. Singh, "Pot-hole subsidence in Son-Mahanadi Master Coal Basin", Engineering Geology, 89, 88-97(2007).
- [9] Takashi Sasaoka, Hiroshi Takamoto, Hideki Shimada, Jiro Oya, Akihiro Hamanaka, "Surface subsidence due to underground mining operation under weak geological condition in Indonesia", Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering, 7, 337-344, (2015).
- [10] Thinh Hong Phi, Ludmila Aleksandrva Strokova, "Prediction maps of land subsidence caused by groundwater exploitation in Hanoi, Vietnam", Resource - Efficient Technologies, 1, 80-89(2015).
- [11] T.T. Thoang, P.H. Giao, "Subsurface characterization and prediction of land subsidence for HCM city, Vietnam", Engineering Geology, 199, 107-124(2015).