

확률기법과 민감도 분석을 이용한 폐탄광지역의 지반침하 관련요인 고찰

안승찬, 김기동*

120-749 서울특별시 서대문구 신촌동 134

연세대학교 지구시스템학과

E-mail : kidong@yonsei.ac.kr

Study on the principle factors related to ground subsidence at Abandoned Underground Coal Mine Area using probability and sensitivity analysis

Seung-Chan Ahn and Ki-Dong Kim*

본 연구에서는 강원도 정선지역 및 삼척지역의 폐탄광 지역에서 관측된 지반침하지역의 공간자료와 각종 지반침하 관련요인을 분석하여, 지질학적구조와 지역적 특성이 상이한 지역에서 지반침하에 직접적인 영향을 주는 공통요인을 찾아내고자 하였다.

연구지역의 지반침하 관련요인들에 대해 GIS(Geographic Information System)를 이용하여 래스터 데이터베이스를 구축하고, 모든 요인을 이용하여 분석한 위험지역과 하나의 요인씩 제거하며 분석한 위험지역을 비교하는 민감도 분석(Sensitivity analysis)을 통해 지반침하와 연관성이 높은 요인을 추출하였다. 민감도 분석은 서로 다른 두 지역에 대해 수행하여 그 결과를 비교하였으며, 갱으로부터의 수평거리, RMR(Rock Mass Rating), 지하수 심도가 지반침하에 영향을 주는 공통요인으로 분석되었다. 본 연구결과, 폐탄광지역의 지반침하에 공통적으로 영향을 끼치는 주 요인을 구할 수 있었으며, 타 지역에서 지반침하 예측시 기존 연구에서 사용한 요인들의 데이터를 전부 구하지 못하는 경우에도 최소한의 필요한 요인을 정할 수 있으며 지반침하 예측의 효율성을 높일 수 있을 것이라 기대된다.

1. 개요

폐탄광 주변의 지반침하는 인명, 가옥, 시설물 등의 피해를 초래하는 인적 재해

로써 이를 분석하고 예측하여 피해를 줄이기 위한 연구가 최근 활발하게 이루어지고 있으나 공통적으로 영향을 미치는 주요인에 대한 연구는 미흡한 실정이다.

지반침하 요인을 선정하고 이를 GIS를 이용하여 지반침하 예측 및 검증을 수행한 논문이 발표되었으나(김기동, 2006) 지반침하를 일으키는 주 요인을 찾는 연구는 포함되지 않았으며 본 연구에서는 지반침하에 영향을 주는 주 요인을 분석하고자 하였다. 강원도 정선지역과 강원도 삼척지역의 두 지역에서 일어난 지반 침하 데이터와 갯으로부터의 거리, 지하수심도, 갯심도, 지형경사도, 투수계수, 토지특성, 지질구조, 상부암반의 특성의 여덟 가지의 지반침하 요인 데이터를 이용하여 폐광주변의 지반침하 관련요인을 분석하였다. 분석방법으로 민감도 분석(Sensitivity Analysis)을 사용하였으며 두 지역에서 각각 지반침하에 결정적인 역할을 하는 요인의 순서를 정하고 두 지역간에 공통적인 주 요인을 찾아내고자 하였다.

2. 연구지역

2.1. 고한읍

첫 번째 연구지역은 강원도 정선군 고한읍 일대이며, 지리좌표상 북위 37° 12' ~ 37° 13', 동경 128° 53' 10" ~ 128° 54' 10" 에 위치한다. 연구지역을 통과하는 38국도는 구간별로 확·포장공사가 활발하게 진행되고 있다. 연구지역의 지형은 남서측에는 백운산, 동남측에는 함백산이 위치하며 이 두 고봉을 연결하는 동서방향으로 주능선이 발달한다. 채굴적 분포심도는 지표로부터 평균 440m정도 깊이에 분포하고 있으며 세원탄광의 경우 지표에서도 채굴흔적이 확인되었다(석탄산업합리화사업단, 2005).

2.2. 심포리

두 번째 연구지역은 강원도 심포리 일대이며, 북위 37° 11' 10" ~ 37° 11' 20" 동경129° 1' 45" ~ 129° 2' 13" 에 위치한다. 주변에는 연화산, 백병산, 오봉산 등의 1000m 내외의 고산들이 발달되어 있다. 조사지역의 동부에는 조사지역으로부터 삼척시를 거쳐 동해로 흐르는 오십천이 남북방향으로 발달해 있다. 영동선이 가로지르고 있으며 1991년 폐광된 한양탄광이 위치하고 있다. 상, 본, 하층 3개층의 석탄층 채굴이 이루어졌으며 본층의 채굴적 분포심도는 45m로 첫 번째 연구지역에 비해 천부에 위치해 있다(석탄산업합리화사업단, 1999).

3. 연구자료

본 연구에서 수행하고자 하는 지반침하 위험지역 예측 및 검증을 위해서 먼저 채탄 갯도 및 채굴적에 의해 지반침하가 관측된 지역의 지반침하와 관련된 공간 데이터베이스의 설계 및 구축이 이루어졌다. 이를 위해 연구지역의 지반침하 관측자료, 지질도, 토지특성도, 갯내도, 수치지형도, 시추공 자료 및 시추시 현장시험 자료 및 시추공 RMR자료 등을 수집하였다.(표 3-1.)

표 3-1. Data layers

분류	요인	자료형	축척	비고
Geology	Geology	Polygon	1: 50,000	
Topography	Slope	GRID	1: 5,000	DEM에서 추출
갯내도	깊이	Polyline	1: 1,200	
	거리	Polygon	1: 1,200	
시추공	RMR	Point	1: 5,000	IDW

	지하수위	Point		보간법
	투수계수	Point		
토지이용	토지이용	Polygon	1: 5,000	
침하지	침하지	Polygon	1: 5,000	

4. 연구방법

4.1 민감도 분석(sensitivity analysis)

어떤 종류의 의사결정 모델을 이용하여 해답을 끌어내는 경우 parameter나 data의 변동이 해답이나 결과에 얼마나 영향을 미치는가를 보기 위해 수행하는 분석 방법이다(주완호, 2005). 본 연구에서는 여러 가지 지반관련 data가 지반침하에 영향을 미칠 때 각 data의 변화가 결과에 어느정도의 영향을 미치는지 알아보는 데 목적을 두었다. 또한 지반침하가 어떤 factor에 더 sensitive한지 순서를 도출해 내는 데 사용되었다.

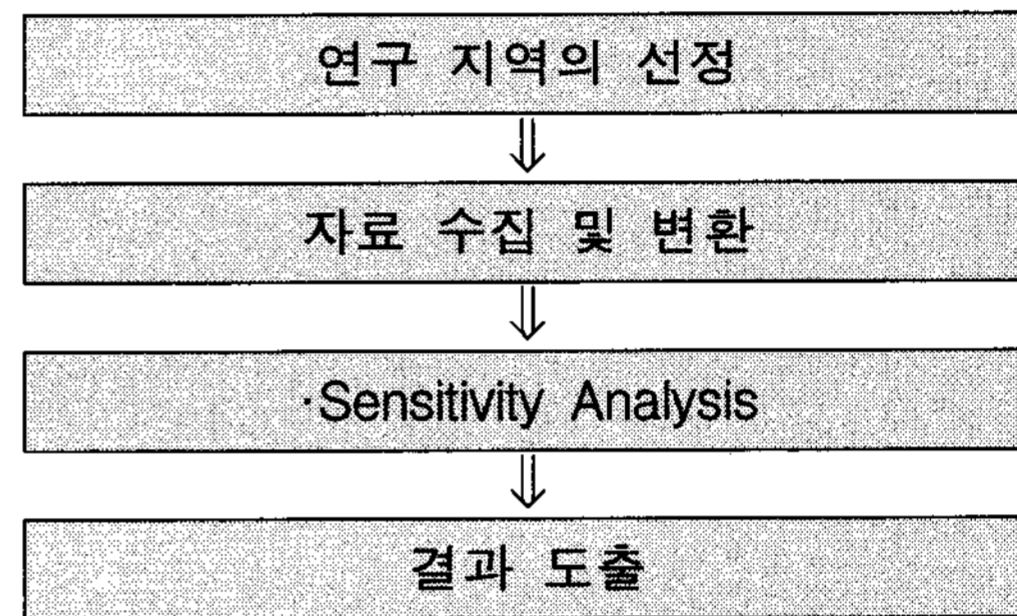
4.2 적용

연구지역을 선정한 후 factor가 되는 자료들을 수집하였다. ArcGIS Desktop, 3D analysis extention, Spatial analysis extention 등의 GIS 툴을 사용하여 자료 구축 및 연구를 수행하였다. 수집된 여덟 개의 레이어들을 각각 확률 계산이 가능한 형태의 ArcGIS GRID 형태로 변환한 후 sensitivity analysis를 실시하였다. 먼저 모든 factor들을 각각 1m x 1m 셀 크기의 GRID 레이어로 변환한 후 등도수(quantile)로 재분류(reclassify)하였다. 하나의 요인씩을 제외한 나머지 일곱 요인들의 레이어들을 중첩시키는 방법으로 여덟 가지 요인에 대해 총 여덟 개의 지반침하 위험 예측도를 작성하였다.

각각의 지반침하 위험 예측도는 셀별로 지반침하 점수를 가지고 있으며 침하지와 겹치는 셀들의 점수의 총합을 비교함으로써 어떤 factor의 GRID 레이어가 지반침하에 가장 큰 영향을 미치는 주 요인인지를 찾아내었다.

Sensitivity analysis의 결과를 바탕으로 결과를 도출하였으며 전체 연구 순서도는 표 4.1에 도시하였다.

표 4.1 순서도



5. 연구결과

5.1. 고한읍

고한읍 각 data들의 sensitivity를 산출한 결과 지질, 갭 수평거리, RMR 요인에 지반침하가 가장 민감한 것으로 판단된다. 그림 5.1은 왼쪽위로부터 오른쪽 아래로 갭 심도, 갭 수평거리, 지하수위, 투수계수, RMR, 경사도, 토지이용, 지질의 factor를 제외한 중첩결과이다.

또한 각 factor에 대한 민감도는 표5.2에 표시되었으며 침하점수합계 값이 작을수록 민감도가 크다. 그 이유는 한 요인을 제거했을 때 지반침하에 미치는 영향이 가장 크다면 그 요인을 제외한 나머지 요인들의 점수의 합이 가장 작을 것이기 때

문이다.

표5.2 각 factor에 대한 민감도(고한읍)

factor	침하점수합계	순위
갱 심도	137580	8
갱 수평거리	116402	2
지하수위	122865	4
투수계수	123543	5
RMR	121209	3
경사도	125191	7
토지이용도	123543	6
지질	108743	1

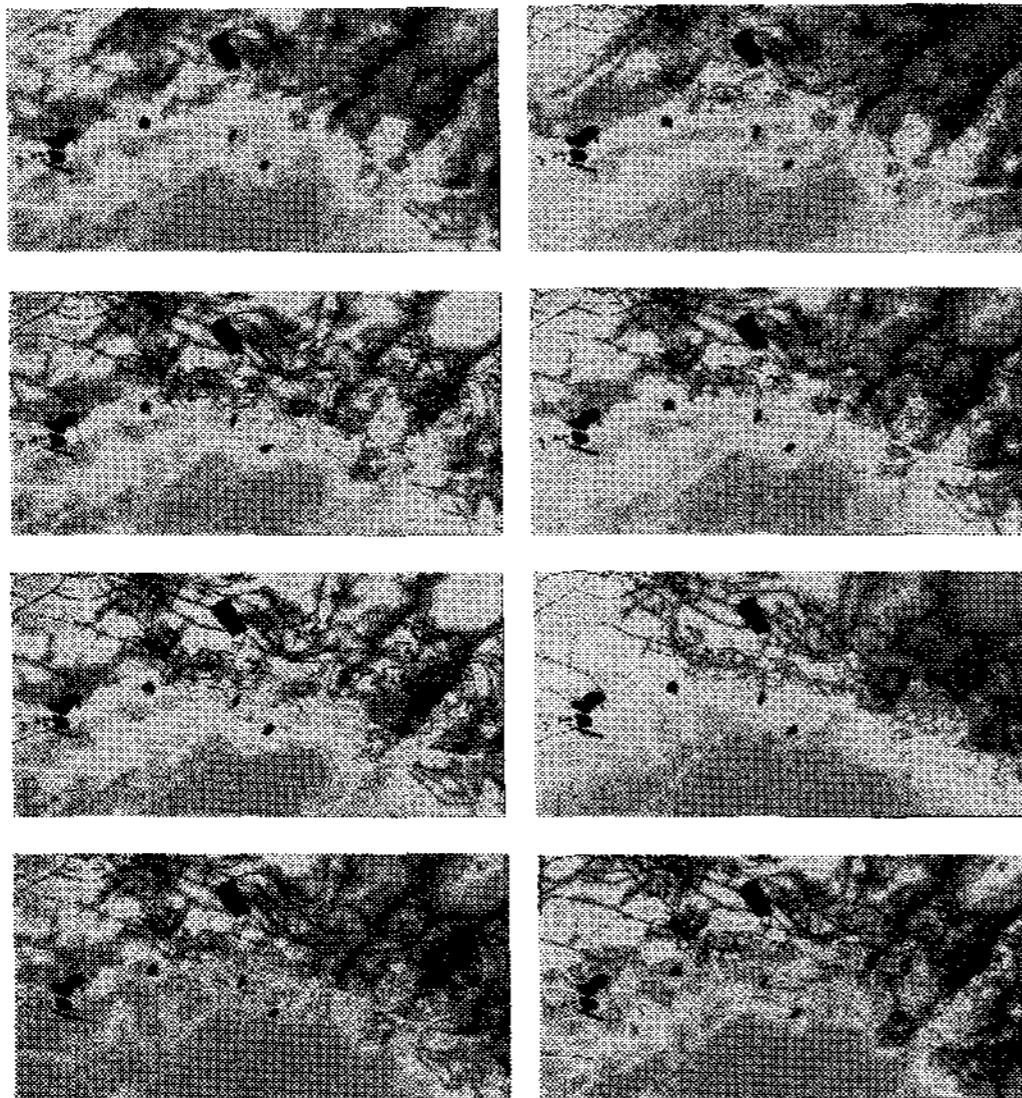


그림5.1 민감도 분석을 위해 1개 factor씩 제외하며 중첩한 결과(고한읍)

5.2. 심포리

심포리의 각 data들의 sensitivity를 산출한 결과 갱 수평거리, RMR, 경사도의 요인에 지반침하가 민감한 것으로 판단된다.

그림 5.2는 왼쪽 위로부터 오른쪽 아래로 갱 심도, 갱 수평거리, 지하수위, 투수계수, RMR, 경사도, 토지이용, 지질의 factor를 제외한 중첩결과이다.

표5.3 각 factor에 대한 민감도(심포리)

factor	침하점수합계	순위
갱 심도	101440	8
갱 수평거리	79455	1
지하수위	90989	5
투수계수	88981	4
RMR	82365	2
경사도	83563	3
토지이용도	91006	6
지질	95979	7

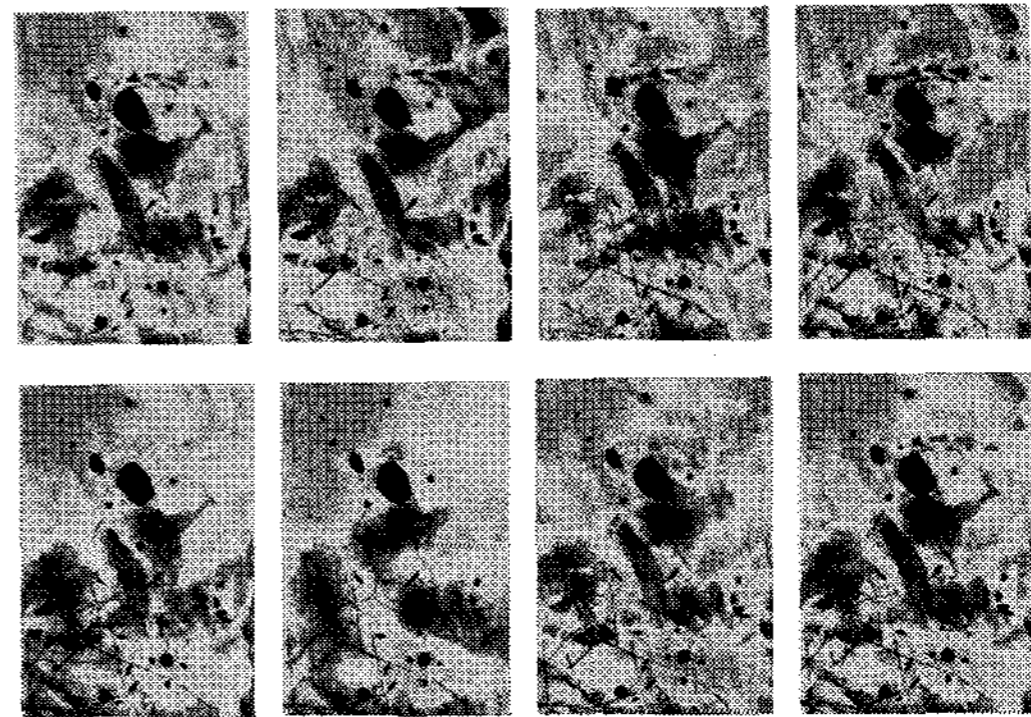


그림5.2 민감도 분석을 위해 1개 factor씩 제외하며 중첩한 결과(심포리)

6. 결론

서로 다른 두 지역에 대해 같은 방법으로 민감도 분석을 수행한 결과 갱으로부터의 수평거리, 지질, RMR, 지하수 심도가 지반침하에 영향을 주는 주 요인으로 분석되었다.

갱 심도 요인은 두 지역에서 전부 가장 낮은 점수합계를 보여 지반침하와 상관관계가 적은 것으로 나타났다. 그 이유는 갱 심도 요인의 GRID레이어에 값이 가진 셀의 개수가 전체 레이어 셀 전체 개수에

비해 가장 작기 때문인 것으로 판단되며 이를 보완하기 위해서 갱 심도 요인에 적절한 가중치의 부여가 필요할 것으로 판단된다.

지질 요인은 심포리의 경우 연구지역이 대부분 장성층에 속해있어 단일지질이었으나 지질이 복잡한 타지역에서 분석할 경우를 생각하여 GRID에 일정값을 할당하여 계산하였으며 연구지역 내에서의 지질 요인에 의한 영향은 없었다. 그러나 고한지역에서는 연구지역에 타 지질이 함께 분포하여 지질요인이 지반침하에 주 요인이 된 것으로 판단된다.

연구결과, 폐탄광지역의 지반침하에 공통적으로 영향을 끼치는 요인을 구할 수 있었으며, 이를 이용하여 타 지역에서의 지반침하 예측을 위한 주 요인도 유추할 수 있고 이 연구결과가 지반침하의 예측 방법의 하나로 쓰일 수 있을 것이라 기대된다.

참고문헌

김기동, 2006, 지리정보시스템(GIS)을 이용한 폐탄광지역의 지반침하 예측 및 검증, 연세대학교 박사학위 논문.

석탄산업합리화사업단, 1999, 심포리지역 지반안정성 정밀조사 보고서, 기술총서 99-04, p. 1-333.

석탄산업합리화사업단, 2005, 정암지역 지반안정성 정밀조사, 기술총서 2005-10, p. 1-107.

주완호, 1999, 매립장의 복토재와 폐기물 수리특성에 대한 침출수위의 민감도 분석, Journal of the Korean Society of Groundwater Environment, Vol 5, No 2, p. 110-115.