

주성분분석방법을 이용한 폐탄광지역의 지반침하 요인 고찰

최종국¹⁾* · 김기동²⁾

1. 서론

최근 폐광지역에서 발생하는 광해 및 이의 방지에 관한 사회적 관심의 증가로 폐광 지역의 광해발생을 정량적으로 예측하고자 하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 이에 본 연구는 다변량 통계분석 방법인 주성분분석(Principle Component Analysis : PCA) 방법을 지리정보시스템 (Geographic Information System : GIS) 분석기법과 함께 이용하여 폐탄광지역에서 발생하는 광해 중 그 문제가 가장 심각한 지반침하 발생에 영향을 주는 요인들에 대해 알아보고자 하였다.

폐탄광지역에서 지반침하 발생과 관련된 연구로는, 폐탄광 지역의 지반침하 발생과 각 관련 요인들 간의 상관관계에 대한 연구(최종국 등, 2006), 확률 및 통계기법을 지리정보시스템과 함께 적용한 지반침하 위험지역의 예측(김기동, 2006) 등이 있다.

연구대상 지역은 강원도 삼척시 도계읍 심포리로서, 위도 37° 11' 03" ~ 37° 11' 21"N, 경도 129° 01' 50" ~ 129° 02' 15"E에 위치하며, 1956년부터 1991년까지 채탄활동이 이루어졌던 구 한양탄광 주변이다. 심포리 지역의 지질은 고생대 평안누층군의 만항층, 금천층, 장성층 및 함백산층과 신라층군의 적각리층 및 맥암으로 구성되어 있으며, 탄층은 금천층과 장성층 내에 5~6매가 발달되고 삼척탄전 중 비교적 빈광이어서 평균 탄폭은 1.0m 내외이다. 이 지역에서는 1991년 폐광된 이후 28개소의 지반침하 발생이 관측되었다(석탄산업합리화사업단, 1997). 그림1은 연구대상지역을 나타낸다.



그림1. 연구대상지역

주요어 : 지반침하, 주요인, 폐탄광, 주성분분석, 지리정보시스템

1) 연세대학교 지구시스템학과 (jongugi@yonsei.ac.kr)

2) 세종대학교 지구정보공학과 지질재해정보연구소

2. 연구방법

주성분분석을 위해 연구지역의 토지이용, 경사도, 지표에서 지하 갱도까지 심도, 갱도의 지표상 위치로부터 수평거리, 지표에서 석탄 채굴적까지 심도, 채굴적의 상하폭, RMR(Rock Mass Rating), RQD(Rock Quality Designation), 지하수심도, 투수계수 등 10개 요인을 분석 대상으로 선정하였다. 각 요인 자료 추출을 위해 1/5,000 수치지형도, 1/5,000 토지특성도, 1/1,200 수치갱내도 및 시추공 자료 등을 벡터형식의 공간자료로 구축하고 이로부터 추출된 각 요인들이 연구지역 전체에 걸쳐 분포하도록 지리정보시스템의 공간분석 기법인 표면분석(Surface Analysis), 버퍼링기법(Buffering) 및 내삽법(Interpolation)을 이용하여 각 분석대상별로 래스터 데이터베이스를 구축하였다. 1/50,000 수치지질도 역시 공간자료로 구축하고 이로부터 연구지역의 지질자료를 추출하였으나, 연구지역의 지질은 평안계 홍점통과 사동통, 단 두 종류로 구분되고 상대적으로 넓은 지역에 분포하는 평안계 사동통내에서 모든 침하가 관측되므로 주성분분석 대상에서 제외하였다.

주성분분석 방법을 적용하기 위하여, 연구지역에서 기 관측된 지반침하 발생 범위를 각 요인자료들과 동일한 형태의 래스터 데이터베이스로 구축하고, 각 요인 자료들과의 래스터 연산(Map Calculator)을 수행하여 지반침하 발생 범위 내에 속하는 분석대상 요인자료들만 추출하여 데이터베이스를 재구축하였다. 재구축된 각 요인별 래스터 자료를 Ascii 파일로 변환한 후, 통계처리 프로그램인 SPSS에서 사용 가능하도록 엑셀 파일로 변환하였다.

본 연구에서의 분석대상인 지반침하 요인과 같이, 다변량 변수들의 측정단위가 서로 다른 경우에 효과적인 주성분분석 방법인 ‘상관행렬로부터 출발하는 주성분분석’ 방법을 이용하였다. 이를 위해 각 요인별 자료 값으로부터 평균을 빼고 표준편차로 나누어 표준화한 후, SPSS 프로그램의 입력 값으로 사용하여 주성분분석을 실시하였다. 표준화된 데이터는 평균 0, 표준편차 1이 되며, 변수마다 데이터를 표준화함으로써 변수 간 단위의 상이를 소거할 수 있다(노형진, 2005). 표1은 주성분분석 결과 추출된 각 주성분의 고유치(Eigen value)와 기여율 및 누적 기여율이며, 표2는 각 주성분 별 분석대상 요인의 적재값(factor loading)이다.

고유치는 주성분분석 결과 각 주성분이 가지는 정보량을 나타내며, 각 주성분의 고유치의 합은 분석대상 요인의 수와 같다. 또한, 높은 양의 적재값을 보이는 변수들이 각 주성분의 특성을 나타내는 공통성을 가지는 변수들이므로 볼 수 있다(노형진, 2005).

표1. 주성분분석 결과 고유치 및 기여율

성분	고유치	기여율	누적기여율
1	2.774	27.742	27.742
2	1.765	17.649	45.390
3	1.244	12.436	57.826
4	1.090	10.898	68.724
5	0.903	9.031	77.755
6	0.829	8.288	86.042
7	0.610	6.101	92.143
8	0.394	3.936	96.079
9	0.243	2.431	98.510
10	0.149	1.490	100.000

표2. 각 요인의 주성분별 적재값

	PC1	PC2	PC3	PC4
RQD	0.522	0.516	-0.146	0.002
갱심도	0.198	-0.172	0.639	0.117
RMR	-0.761	0.017	0.357	-0.023
투수계수	0.654	0.313	0.256	0.359
토지이용	0.567	-0.620	-0.114	0.193
지하수심도	0.638	0.511	0.234	0.004
갱거리	0.139	-0.473	0.628	0.101
경사도	0.388	-0.551	-0.396	0.403
채굴심도	0.677	0.027	0.040	-0.503
채굴고	-0.314	0.444	-0.030	0.696

3. 결과 및 토의

상관행렬의 주성분분석인 경우 고유치가 1 이상이면 주성분으로 채택될 수 있다(노형진, 2005). 따라서 주성분분석결과 추출된 10개의 성분 중에서 초기 4개가 주성분으로 채택 가능하며, 이들은 전체 분산의 68.724%를 설명하였다(표1).

주성분1(PC1)은 고유치가 2.774이고, 전체 분산의 27.742%를 설명함으로써 다른 주성분들의 기여율에 비해 월등히 높은 값을 보이고 있다. 이는 주성분1이 연구지역 지반침하발생의 많은 부분을 설명할 수 있다는 것을 의미한다. 주성분1에서는 채굴적의 심도, 지하수심도, 투수계수 등이 높은 양의 적재값을 보이고 있으며, 이를 통해 주성분1은 채굴공동, 지하수 분포와 이에 따른 투수율의 증가로 인한 상부지반의 약화와 관련이 있는 요인으로 해석될 수 있다. 채굴적 자료 구축 결과 연구지역 내 침하발생 지역의 채굴심도는 평균 3.6m로 지표에서 매우 가까운 곳에 분포해 있으며, 김기동(2006)에 의하면 본 연구지역에서는 지하수심도가 상대적으로 낮은 4~22m에서 대부분의 침하가 발생하였다. 이를 통해 주성분1이 연구지역의 특성을 매우 잘 나타내고 있음을 알 수 있다. 즉, 주성분분석을 통해 폐탄광 지역에서의 지반침하를 일으키는 주요인을 추출하는 것이 가능하다고 할 수 있다.

주성분2(PC2)의 고유치는 1.765, 기여율은 17.649이며, RQD와 지하수심도가 높은 양의 적재값을 보인다. 이 또한, 지하수분포와 이에 따른 상부지반의 암질 저하와 관련된 요인으로 해석될 수 있다. 주성분3(PC3)은 갱심도와 갱거리가 높은 적재값을 보이는 바 지하갱도의 분포와 관련된 요인으로 분석된다.

연구결과, 주성분분석에 의해 폐탄광 지역 지반침하 발생에 영향을 주는 주요인을 추출하는 것이 가능하였으며, 본 연구에서 고려되지 않은 추가적인 요인들을 포함한 분석이 필요하다고 판단된다. 또한, 이를 타 폐탄광 지역에도 적용하여 비교분석함으로써 공통 요인을 찾고 이를 활용한 정량적인 침하예측 방법 연구 등이 수행되어야 할 것이다.

4. 참고 문헌

- 김기동, 2006, 지리정보시스템(GIS)을 이용한 폐탄광지역의 지반침하 예측 및 검증, 연세대학교 박사학위 논문.
- 노형진, 2005, Excel 및 SPSS를 활용한 다변량분석 이론과 실제, 형설출판사, p. 410-449.
- 석탄산업합리화사업단, 1997, 심포리지역 지반안정성 기본조사. 97-08, pp. 1-33.
- 석탄산업합리화사업단, 1999, 심포리지역 지반안정성 정밀조사. 99-04, pp. 1-249.
- 최중국, 김기동, 이사로, 원중선, 2006, 폐탄광 지역의 지반침하와 관련 요인 간의 상관관계 연구, 대한자원환경지질학회 춘계학술발표회, pp. 691-693.