

지반 함몰에 따른 지하철 역사 및 터널의 GIS기반 위험도 분석 및 평가 프로그램 개발



박영곤
한국철도기술연구원
기술사업화센터 센터장
(ykpark@krri.re.kr)



이성진
한국철도기술연구원
궤도노반연구팀 팀원
(geolsj@krri.re.kr)



한상재
(주)지구환경전문가그룹
대표이사
(hansj@ege.co.kr)



정재현
(주)지구환경전문가그룹
건설환경사업부 상무
(cagito@ege.co.kr)

1. 서론

본 기술은 지반함몰에 따른 지하철 역사 및 터널의 GIS기반 위험도 분석 및 평가 프로그램 개발에 관한 글이다. 개발 프로그램은 그림 1과 같이 도시철도 지하구조물의 실시간 계측 데이터, 지하철 유입수 실시간 데이터, 정밀안전진단 결과, 주변지반의 조사·탐사·실시간 계측 자료 등을 이용하여 실시간 위험도를 분석·평가·표출한다.

본 프로그램은 그림 2와 같이 지하구조물 및 주변지반의 계측, 조사 및 탐사 자료를 D/B화하고 프로그램에 내장된 위험도 분석프로그램을 이용하여 위험도를 도출하고 평가결과를 GIS 지도에 표출한다. 위험도 분석 프로그램은 실시간 처리가 가능한 알고리즘을 탑재하여 정보 및 전파 처리 되도록 기능을 구현하였다.

II. 지반 함몰에 따른 지하철 역사 및 터널 위험도 분석

(1) 위험도 영향인자 분석

도시철도 역사 및 선로구조물 주변 지반함몰 위험도를 평가하기 위하여 표 1과 같이 구조물 등급, 구조물

반함몰수(50/100/200m), 굴착거리, 집수정 유입수량, 지반연약도, 지하수이용량, 침수면적 등 총 7가지 항목을 고려하도록 프로그래밍 하였다. 분석된 Basic SRI 평가요소에 효용이론(Utility theory)을 적용하여 영향인자별 등급점수 및 가중치를 프로그램에 적용하였다. 효용이론은 등급 간 전이의 상대적인 중요도를 이용하여 등급 점수를 부여할 수 있는 방법이다.

III. 위험도 평가 프로그램 개발

(1) 프로그램 설계

위험도는 계측기반, 탐사기반, 조사기반, Basic SRI로 산출된다. 특히 Basic SRI는 철도 시설물의 공동에 대한 위험도를 판단하는데 중요하다. Basic SRI는 기본적으로 가중치 계산 프로세스로 구성되기 때문에 이에 적합하도록 테이블 구조를 설계하였다. 최초 데이터베이스 설계가 시스템의 성능에 크게 좌우 한다는 사실을 주지하고 설계 시부터 철저하게 데이터베이스 설계 원칙에 의해 설계하고 충분한 테스트 통하여 현장에 적용하였다.

(2) 프로그램 구현

위험도 계산모듈은 데이터베이스 기반으로 Basic SRI GUI를 구현하였다. Basic SRI는 평가항목의 상관성 분석 및 평가요소 효용이론에 따른 등급점수에 따라 산정하였다. 프로그램은 상태평가 값을 입력하면 자동 계산하여 3단계 지수로 표현된다. Basic SRI 위험지수 높음, 보통, 낮음으로 표현 된다. 그림 5와 같이 Basic SRI는 입력 즉시 자동 계산이 된다.

위험도 검색은 대상 시설물의 조건(위치, 기간, STA, 위도, 경도, 위험등급, 검색어)에 따라 검색이 가능하다. 위험도 검색결과는 엑셀, 지도, Google(kml), 텍스트(xml포함)로 출력이 가능하다. Google(kml)의 경우 그림 4와 같이 나타난다.

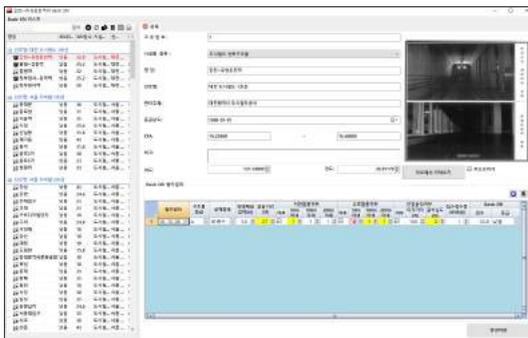


그림 3. Basic SRI 구동 화면



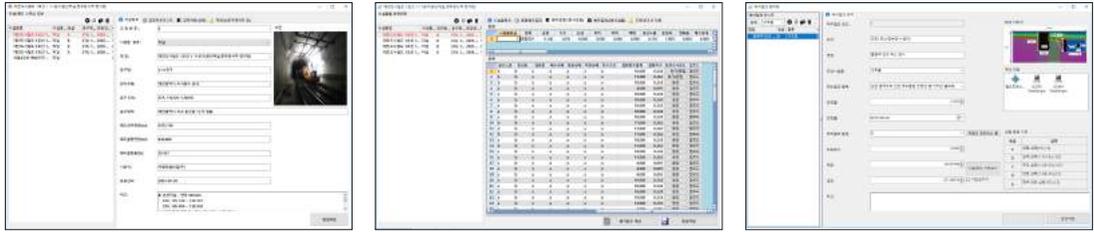
그림 4. 위험도 구글맵 출력화면



(3) 성능평가

개발 위험도 분석 및 평가 프로그램의 요구 성능에 대하여 정량적으로 측정하고 성능 만족여부를 평가하기 위해 성능평가를 실시하였다.

① 도시철도 구조물, 지반, 유입수별 개별위험도 산출 및 시스템 반영 여부

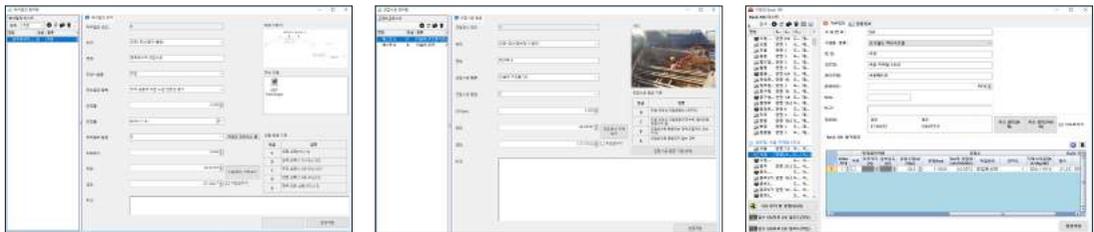


(a) 터널/구조도 스캔

(b) 안전진단

(c) 구조해석

그림 5. 구조물 개별 위험도



(a) 지반해석

(b) 근접시공

(c) 유입수

그림 6. 지반 및 유입수 개별 위험도

② 도시철도 선로망, 지반함물, 지질 및 지형자료, 유입수자료 개별위험도 표출 여부

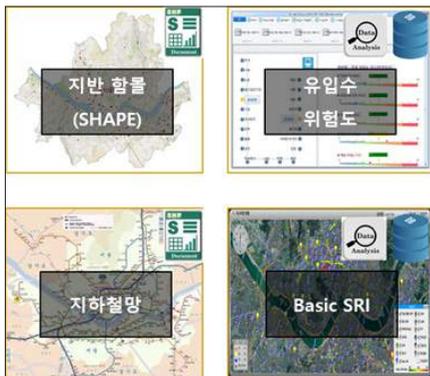
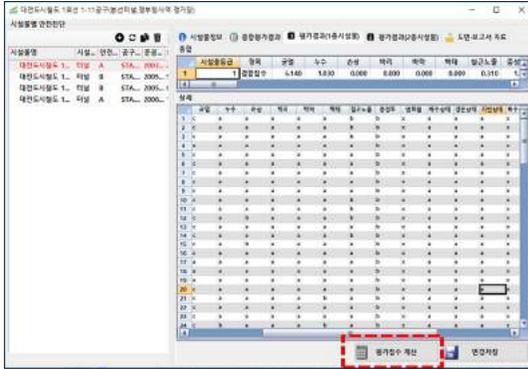


그림 7. 개별 위험도 입력 및 표출

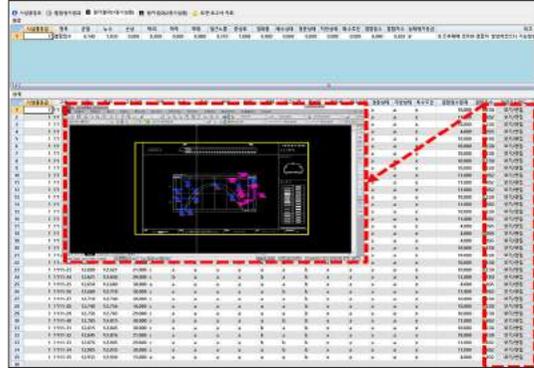


그림 8. GIS Map 개별 위험도 표출

③ 터널 분석결과를 활용한 안전진단 상태평가 입력 및 계산결과 표출 여부



(a) 상태평가 정리 및 자동계산 모듈



(b)외관조사사망도 입력/출력 모듈

그림 9. 터널 상태평가 입력 및 계산결과 표출

IV. 결론

GIS기반 위험도 분석 및 평가 프로그램을 개발하고 요구성능에 적합한 성능시험을 실시하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- ① 지반함몰에 따른 지하철 역사 및 터널의 위험도를 정적 및 동적 방법에 의해 계산하였다. 정적인 위험 (기본위험도)도 산출 방법은 Basic SRI(Subsidence Risk Index), 정밀안전진단 결과, 구조해석결과이다. 동적인 위험도(지점별 개별위험도) 산출 방법은 지하구조물의 실시간 계측 데이터, 지하철 유입수 실시간 데이터, 주변지반의 조사·탐사·실시간 계측 자료 등을 이용하여 위험도를 산출하였다.
- ② BASIC SRI는 공용기간 등 총 7가지의 상관성이 높은 영향요소에 의해 계산된다. 상관성 분석은 서울시 지하철 역구간 581개소에 대하여 적용하였다. 위험도 평가 결과 안전은 115개소, 관심은 397개소, 주의는 69개소로 분석되었다.
- ③ 정적 위험도는 GIS 지도상에 표출되도록 프로그램을 개발하였다. 정적위험도중 Basic SRI는 영향인자의 값이 변경될 경우 위험도가 변경 될 수 있기 때문에 입력 및 자동 계산이 가능하도록 관련 GUI를 구현하였다. 계산 과정 중 GIS이용한 공간계산(예) 함몰지점과 선로와의 거리 등)이 필요하기 때문에 관련 모듈이 함께 작동 하도록 프로그램 구성하였다. 동적 위험도는 실시간 계측데이터와 조사 및 탐사 데이터를 입력하여 실시간으로 표출할 수 있도록 하였다.



④ 개발 프로그램은 3가지 방법으로 성능평가를 실시하였다. 테스트베드 구간의 계측 데이터 입력 및 표출, 조사 및 탐사 결과의 입력 및 표출, 위험도 산출 및 표출 등에서 설계의도대로 작동함을 확인 하였다.

참고문헌

1. 김영근, 김도형 (2008), “터널 안정성 및 환경성을 고려한 위험도 평가기법의 적용”, 한국터널공학회논문집, Vol 10, No.1, pp.1-15
2. 김성호, 최찬용, 나희승 (2013), “AHP와 DEA를 활용한 철도선로구간 노후도 평가”, 한국철도학회논문집, Vol 16, No.2, pp. 117-121
3. 유충식, 전영우, 김재훈, 박영진, 유정훈(2004), “GIS기반의 터널 시공에 따른 위험도 평가 시스템 개발 및 적용”, 한국지반공학회논문집, Vol 20, No.1, pp. 49-59
4. 유충식, 김재훈, 박영진, 유정훈 (2002), “Internet 기반의 터널 시공 위험도 관리 시스템 개발”, 한국지반공학회 2002년도 봄 학술박람회 논문집, pp.679-686
5. 유지오, 신현준, 이동호 (2006), “도로터널 위험도 평가프로그램 개발에 관한 연구(1)”, 대한설비공학회 2006하계학술발표대회 논문집, pp. 460-467
6. 유종모, 신은철 (2014), “사회기반 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단결과 DB 구축방안 연구”, Vol 13, No.4, pp. 133-141
7. 강만구, Ximing Cai (2008), “수계의 지속가능한 홍수관리를 위한 적응형 홍수 위험도 관리 프레임 워크 개발”, 한국수자원학회 2008년도 학술발표회 논문집, pp. 1520-1524
8. 이일근, 김동현, “위험도 평가에 의한 고속도로 교량의 점검주기”, 한국구조물진단유지관리공학회, 19권 3호, pp. 64-72., 2015.