

## 재난 대피경로 분석을 위한 공간정보데이터 개선 및 활용 연구\*

### A Study on the Improvement and Utilization of Spatial Information for the Disaster Safety Network Analysis

최현석\*\* · 원상연\*\*\* · 박하진\*\*\*\* · 이준혁\*\*\*\*\* · 최진무\*\*\*\*\*

Choi, Hyun Seok · Won, Sang Yeon · Park, Ha Jin · Lee, Jun Hyuk · Choi, Jin Mu

#### 요 약

본 연구에서는 재난 대피경로 분석에 이용하기 위한 공간정보를 다루면서 발생한 문제점들과 이러한 문제점들을 해결하기 위한 방법을 분석하였다. 국가에서 제공하는 데이터인 ‘국가 공간정보 포털’에서 공간정보를 획득하였고 이 중 대피경로 분석에 중요한 데이터인 수치 지도의 도로중심선을 중심으로 분석 및 검토를 진행하였다. 이 과정에서 발생한 국가데이터 활용의 어려움에 대하여 고찰하고 이를 개선하기 위한 방법에 대하여 연구하였다. 이 연구를 바탕으로 개선된 공간정보 데이터는 향후 재난 안전사업과 국가 공공사업 분야에 광범위하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

주요어 : 기본공간정보, 국가공간정보포털, 공공데이터포털, 공간정보화, 재난 안전사업

#### ABSTRACT

In this study, various problems arising from dealing with spatial information for use in the disaster safety network analysis and various methods to supplement them were considered. In order to utilize the data provided by the nation, various spatial information was obtained by accessing the National Spatial Information Portal, and among them, numerical maps were acquired and analyzed to examine the possibility of utilization, and data was used based on this. The inappropriateness of using the national data that occurred in this process was considered, and a plan to use it after improvement and update was studied.

Based on this study, it is expected that improved spatial information data will be widely used not only in disaster safety projects but also in the field of national public works in the future.

**Keywords :** Basic Spatial Information, National Spatial Data Infrastructure Portal, Public Data Portal, Spatial Informatization, Disaster Safety Project Utilization

---

\* 본 과제는 행정안전부 재난안전 부처협력 기술개발사업의 지원을 받아 수행된 연구임(20009742).

\*\* 주저자, (주)지오엔 기업부설연구소 선임연구원(E-mail: ggumikni@geonspace.com)

\*\*\* 정회원·(주)지오엔 기업부설연구소 연구소장(E-mail: wonjangkun@geonspace.com)

\*\*\*\* 정회원·(주)지오엔 기업부설연구소 책임연구원(E-mail: saifree@geonspace.com)

\*\*\*\*\* (주)지오엔 국가R&D팀 이사(E-mail: geo8487@geonspace.com)

\*\*\*\*\* 교신저자, 경희대학교 지리학과/GIS 교수(E-mail: cjm89@khu.ac.kr)

## 1. 서론 및 연구분석

### 1.1 서론

최근 전 세계에서 발생한 기상이변, 자연재해와 같은 예측하기 어려운 재난 발생은 발생 빈도 및 피해 규모가 증가하여 우리에게 더욱 큰 위협으로 다가오고 있다. 우리나라 역시 마찬가지로 최근 10년간의 자연 재난으로 인한 피해는 계속 증가하는 모습을 보였고, 기존의 발생했던 재난의 시기나 규모를 뛰어넘은 경우가 다수 있었다. 예를 들어 올해 발생하였던 서울, 경기지역의 집중호우로 인하여 다세대 주택에서 다수의 인명피해가 발생하였고 지하 주차장이나 지하차도 침수로 인하여 안타까운 피해가 발생하였다.

이러한 재난·재해로 인하여 도로와 각종 시설 등으로 구성된 도시 시스템의 붕괴는 막대한 인적·물적 피해를 발생하게 된다. 다양한 재난위험 요소로부터 국민이 안심할 수 있는 ‘국민안전 기본권’을 확보하기 위해 국가는 다양한 방재 시스템을 구축하고 있다. 방재 시스템은 지리정보시스템(GIS, Geographic Information System) 활용하여 위치기반 재난 발생 정보 표출과 상황관리 등에 활용하며 재난 상황을 관리하는 공공기관에서는 GIS 기반 상황관리시스템을 구축하여 운영하고 있다.

현재 재난관리 및 효율적인 대처에 이용하기 위해서 국가적인 차원에서 지리정보 데이터가 제작 및 제공되고 있으며 민간에서도 연구가 활발히 진행되고 있다. 최근에는 컴퓨팅 기술과 개인 모바일 기기의 급속한 보급, 소셜네트워크 서비스(SNS) 사용의 증가로 대규모 데이터가 생산되고 이를 데이터베이스로 제작한 빅데이터를 활용하려는 연구가 다양한 분야에서 진행되고 있다.

본 연구에서는 이러한 다양한 데이터 중에서 재난 안전 분야에 사용할 수 있는 자료들을 구분하고 선택하여 재난 안전 시뮬레이션 프로그램을 돌려서 재난 발생 전 취약지점에 대한 분석을 진행하고 재난이 발생할 예상지점이나 재난 발생에 따른 대응, 대처, 대피에 관한 정보를 도출함으로써 2차 피해를 예방하고자 한다. 각각의 재난 상황에 따른 최적의 대피경로를 분석하는 과정에서 관련된 공간 데이터를 수집·분석하고, 수집한 공간정보에 대한 진단과 이때 발생하는 문제점, 이를 해결하기 수정·정제 방법 및 개선방향에 대하여 연구하였다. 더불어 국가 공간 데이터 활용의 어려움을 고찰하고 이를 개선 및 활용하는 방안을 연구하였다.

### 1.2 선행연구 분석

국내 연구 동향을 살펴보면 그동안의 연구는 크게 재난의 분류와 재난 안전의 시스템화, 그리고 시스템화에 따르는 기계적, 기술적 요소에 관련된 연구가 진행되고 있다. 이창열과 김태환<sup>1)</sup>은 사회 재난 및 안전사고 발생에 따른 재난 유형별을 조사·분석하여 각각에 대한 데이터 구조를 설계하였다. 이러한 데이터를 운영하여 사회재난 사고 정보에 대한 통합적 데이터 표준체계 정보를 제시하고 있다. 김경훈, 김석<sup>2)</sup>은 기존에 발생한 자연재해를 기반으로 설정된 홍수 시나리오에 따라 침수되는 도로에 대한 네트워크 분석을 실시하여 도로의 침수 경로를 찾고 대피 및 구조가 수행될 수 있는 대피경로 탐색을 연구하였다.

최근에는 실시간으로 정보를 수집하여 재난 분야에 적용하고자 하는 연구가 활발히 진행 중이며, 관련 연구로는 실시간 기상 빅데이터를 활용한 홍수재난 안전 시스템 설계 및 구현 등과 같은 연구

1) 이창열·김태환, “사회재난 및 안전사고 데이터 분석을 위한 표준 구조 연구”, 『한국재난정보학회 논문집』, 제17권 4호, 한국재난정보학회, 2021, pp.817-828.

2) 김경훈·김석, “홍수범람에 따른 도로침수 네트워크 분석에 관한 연구”, 『2016년 춘계학술발표대회 논문집』, 제16권 제1호, 한국건축시공학회, 2016, pp.241-242.

가 있다.

Anderson, A. and Ezekoye<sup>3)</sup>에서 미국 산불재난 대응 연구를 살펴보면 미국 소방청의 국가화재 사고보고 시스템(National Fire Incident Reporting System, NFIRS)은 소방서에서 제공하는 화재 정보, 응급의료서비스, 악천후 및 자연재해에 이르기까지 다양한 활동을 표준시스템을 사용하여 통합 관리하고 있다. 국가화재 사고보고 시스템(NFIRS)을 사용한 결과 2016년에 비해 2017년 화재는 4% 감소했다고 한다.

국내의 GIS 기반 상황관리시스템으로는 전국단위 종합정보시스템으로 국가재난 관리정보 시스템(National disaster Management System, NDMS)이 있고, 유관기관은 소관 업무별로 자체 정보시스템을 운영하며, NDMS를 주축으로 모든 재난관리 업무에 대하여 업무별 시설, 자원 현황, 피해 상황 및 조치결과 등을 입력·관리하고 재난정보를 상호 연계 및 활용하고 있다.

지자체나 국가기관에서 구축한 공간정보 DB 데이터와 재난 관련 다양한 공간정보 데이터들은 국가공간정보포털(National Spatial Data Infrastructure Portal, NSDI Portal)을 활용하고 있는데 지적정보와 관련된 여러 가지 자료들이 기본공간정보로 구축되어있고, 공간정보 데이터는 다운로드 및 OPEN API를 이용하여 사용할 수 있다.

### 1.3 연구 방법 및 범위

본 연구는 국가에서 생산된 공간정보를 활용하여 재난 대피경로 분석 시 효과적으로 활용할 수 있는지 분석하는 연구로 재난 대피경로와 관련된 국가 공간정보를 수집 활용하였다. 이 중 대피경로 분석을 위해 도로 선형정보 위주로 정보를 분류하고 정보 활용 시 발생할 수 있는 오류를 도출하고 최적의 재난 안전 데이터로 활용하기 위해 개선 및 업데이트하는 방법을 제안하였다. 더불어

수집한 공간정보(x, y)의 3차원화(x, y, z) 구축방법과 그에 따른 효과를 고찰하였다.

재난 안전 연구를 위한 데이터 수집은 전국을 대상으로 진행되었으며 도로 중심선의 오류 검수 및 수정작업은 산불 및 지진 재해가 발생하였던 경북지역과 강원지역을 중심으로 진행되었다. 도로 선형의 3차원화를 위한 실험의 경우 경북 울진의 도로중심선과 그 지역 일대에서 진행한 MMS 데이터를 가지고 실험을 진행하였다.

## 2 재난 안전 데이터 분석

### 2.1 국가 제공 데이터 및 활용성

현재 우리나라 국가재난관리시스템(NDMS) 데이터는 일반인들의 접근은 어려운 실정이며 ‘국가공간정보포털’, ‘공공데이터포털’, 각 지자체 운영 데이터 포털은 대국민에 공개되어 있고 재난 모니터링 데이터를 포함하고 있어 이를 활용할 수 있다. ‘국가공간정보포털(NSDI Portal)’은 국토교통부에서 운영하는 포털이며, 중앙부처, 지자체, 공공기관 등 220개 기관이 보유하고 있는 공간정보를 개방하고 있고, NSDI Portal의 오픈마켓에서 별도의 데이터 가공 없이 사용할 수 있는 GIS 데이터들을 개방하고 있다. ‘공공데이터포털’은 행정안전부에서 운영하는 공공데이터 통합제공 시스템으로 csv, xlsx, Open API 형태로 제공하고 있으며, 데이터 활용을 위해서는 공간 정보화를 별도로 수행하여야 한다. 산림청, 한국수자원공사 등 관련 기관 포털의 제공 데이터를 추가로 수집·가공하여 재난 모니터링 데이터로 활용할 수 있다.

국가데이터에서 수집한 데이터는 크게 점형, 선형, 면형 데이터로 분류되는데 이 중 대부분은 점형 데이터로 관공서의 위치, 대피소, 건물정보 등과 같이 하나의 점 데이터로 관리되고 있는 것들

3) Anderson, A. and Ezekoye, O.A., Exploration of NFIRS protected populations using geocoded fire incidents., *Fire Safety Journal*, Vol.95, 2018, pp.122-134.

이다. 그리고 선형데이터로는 도로중심선, 행정경계 등이 있고 면형 데이터는 수치표고 모델, 수계, 토지피복도 등이 있다. 이 중 점형 데이터의 경우 좌표의 유무에 따라 직접 활용을 하거나 구주소, 신주소와 같은 주소정보를 활용하여 지오코딩 방법을 사용하면 좌표값을 만들어서 활용할 수도 있다. 활용 불가능한 자료는 대부분 행정단위가 일치하지 않거나 주소정보가 없어서 위치 정보를 확인할 수 없는 자료들이 대부분이었다.

원상연, 권찬오<sup>4)</sup>는 국가데이터를 이용한 최적의 재난 모니터링 기본데이터 생성 프로세스 개발에서 재난 모니터링 분류 목록 64종 중 재난 관련 데이터의 유무 확인과 이에 대한 활용 가능성을 검토하여 공간 정보화 활용이 가능한 공공데이터 38종을 수집하였고 일부 데이터는 별도의 데이터 가공 프로세스를 거쳐 재난 안전 연구에 활용 가능한 정제 데이터를 만들었다.

본 연구에서 사용한 데이터는 대부분 점형 데이터와 선형데이터로 이루어져 있는데 점형 데이터의 경우 선행연구에서 사용하였던 정제된 데이터를 활용하였고 대피경로 안내를 위한 선형데이터는 도로중심선 데이터를 수집·분석하여 사용하였다. 이 도로중심선 데이터는 재난 안전 데이터 시뮬레이션 프로그램을 안정적으로 돌리기 위하여 사전 정제작업을 진행하였다.

## 2.2 데이터 분석

이번 연구에서는 재해 대피경로 안내를 위한 데이터의 활용에 중점을 두었기에 도로중심선 데이터에 비중을 두고 연구를 진행하였다. 이 도로중심선 데이터에는 아래 <표 1>과 같은 데이터를 포함하고 있다. 이러한 데이터를 이용하면 도로 네트워크의 경로 안내 분석이 가능하여 대피경로 안내에 사용할 수 있다.

〈표 1〉 도로중심선 데이터베이스 설계서

지형지물 정의						
분류그룹		교통	명칭		도로중심선	
구성 레이어						
1/1,000			1/5,000		1/25,000	
N1L_A0020000			N3L_A0020000		N4L_A0020000	
연번	항목ID	항목 명	데이터타입	KEY	Not Null	비고
1	UFID	UFID	VARCHAR2(34)	PK	NN	
2	RDNU	도로번호	VARCHAR2(30)			
3	NAME	명칭	VARCHAR2(100)			
4	RDDV	도로구분	VARCHAR2(6)		NN	참조
5	STPT	시점	VARCHAR2(100)			
6	EDPT	중점	VARCHAR2(100)			
7	PVQT	포장재질	VARCHAR2(6)		NN	참조
8	DVYN	분리대 유·무	VARCHAR2(6)		NN	참조
9	RDLN	차로수	NUMBER(2)			
10	RWWD	도로폭	NUMBER(5,2)			
11	ONSD	일방통행	VARCHAR2(6)		NN	참조
12	REST	기타	VARCHAR2(50)			
13	RDNM	도로명	VARCHAR2(30)			
14	SCLS	통합코드	VARCHAR2(8)		NN	참조
15	FMTA	제작정보	VARCHAR2(9)		NN	참조

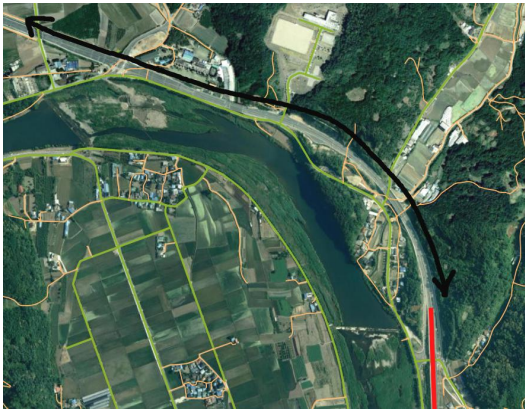
이러한 도로중심선 데이터의 분석과 정제과정 중 나타난 데이터 오류 및 수정, 그리고 대피경로 시뮬레이션을 기술하고자 한다.

### 2.2.1 데이터 오류

수집한 도로중심선 데이터 중 일부 데이터에서는 노드가 빠져 있거나, 두 선형데이터 사이에 틈이 발생하는 등의 토폴로지 문제가 다수 발견되었는데 아래에 그 대표적인 오류를 나열해 보았다.

첫째, 기존 도로 선형이 구축되어있지 않은 경우가 많았다. 경로 분석을 위한 도로 선형 자료로 활용하기 위하여 수집한 도로중심선에서는 기존에 존재하는 도로 선형이 존재하지 않거나 선형이 끊겨 있는 현상을 다수 발견하였다. 아래 [그림 1]에서 경북 문경 인근 국도 5호선과 같은 주요 도로가 연결되지 않고 끊어져 있는 부분이 있었고 지방도 및 기타 도로의 경우 생성되지 않거나 끊어져 있는 것을 쉽게 찾을 수 있었다.

4) 원상연·권찬오·정현우·최진무, “공간정보기반 재난 모니터링을 위한 공공데이터 개선방안 연구”, 『한국지적학회지』, 제37권 제3호, 2021, pp.19-29.



[그림 1] 도로 선형이 구축되지 않은 경우

둘째, 도로 선형정보 이외의 데이터가 존재하기도 하였다. 수집된 도로중심선 데이터에 도로와 관련되어 있지 않은 다수의 데이터가 포함되어 있었는데 아래 [그림 2]에서는 경북 청송군 청소년수련관 건물 인근의 도로중심선 데이터에 건물의 외곽선 정보나 기타 물체에 대한 선형이 다수 포함되어 있다. 이러한 오류들로 인하여 수많은 독립링크 에러 및 경로 안내 오류가 발생하게 되므로 반드시 정제하고 사용하여야 한다.



[그림 2] 건물 외곽선 및 기타조형물 정보

셋째, 독립링크가 존재하는 경우이다. 다른 링크와 연결하지 않아서 발생하는 것이 독립링크인데 편집자의 실수로 인하여 도로 선형을 미세하게 연결하지 않아서 발생할 수도 있고 실제로 독립링크가 존재하기도 한다. 이는 확대하지 않은 상태에

서 보면 연결된 것처럼 보이나 실제 연결되지 않았기 때문에 해당 방향으로 안내를 진행하지 못하게 되어 정확한 안내를 할 수 없게 된다. 아래 [그림 3]에서는 도로가 수계에 의하여 연결되지 못하고 수계를 건너서 존재하기 때문에 독립링크가 발생하는데 실제 존재하지만, 재난 안전과 관련되어서는 재난지역 외곽으로 안전한 안내가 불가능하므로 특정 속성을 가진 가상의 선형을 이용하여 연결해야 한다.



[그림 3] 독립링크 존재

넷째, 도로가 새로 만들어지거나 변경된 경우이다. 도로중심선 데이터가 만들어진 당시와 현재의 도로와는 시간적인 차이가 발생하여 실제와 다른 정보를 나타내는 경우가 있다. 도로가 정비되어 변형이 발생하게 되었다면 새로운 도로중심선이 만들어지기 전까지는 자료상의 도로는 잘못된 정보를 전달할 수밖에 없다. 아래의 [그림 4]에서 울진읍 온양리 인근 국도 36호선은 2020년 완전개통되어 노선이 완성되었지만, 도로중심선 데이터는 그 반영을 하지 않아 해당 도로의 데이터는 존재하지 않는 과거의 정보를 보여주고 있다. 이러한 오류들은 단순한 선형의 변화에 해당하는 위치 정보의 변화 외에도 다른 도로와의 연결 정보 및 접속 방법 등의 정보 등 수많은 정보의 오류가 발생하게 된다.





(그림 4) 도로의 현재성 결여

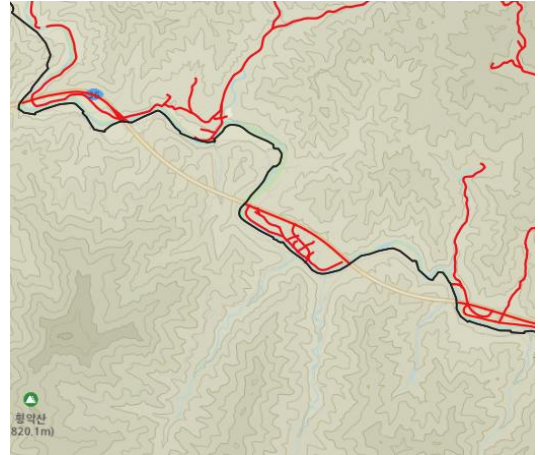
다섯째, 도로의 연결성이 잘못된 경우이다. 현재의 모든 도로는 3차원으로 연결되어 있다. 하지만 도로중심선의 경우 3차원 연결을 무시하고 2차원으로 연결하여 실제 도로의 연결성과 전혀 다른 정보를 제공하고 있다. 이는 도로에서 회전에 대한 정보도 포함되므로 안전한 경로 안내가 불가능하게 될 수도 있다. [그림 5]에서 해당 도로는 입체교차로일 뿐만 아니라 물리적으로 도로가 연결되어 있지 않은데 중심선은 2차원 상태에서 연결된 것처럼 표현하였다.



(그림 5) 도로 연결성 오류

여섯째, 행정 구역에 의한 단절이 발생한다. 도로와 행정경계선은 서로 평행하게 만들어지지 않기 때문에 서로 교차하게 되는데 행정구역에 의해

하나의 도로가 끊어져 표현된다면 실제 안내되어야 하는 경로가 단절로 인하여 안내되지 못하는 상황이 발생하게 된다. [그림 6]에서 검은 실선으로 표현된 행정경계로 구분하면 빨간 선으로 표현된 도로 선형의 많은 부분이 끊어진 것을 확인할 수 있다.



(그림 6) 행정 경계에 의한 단절

## 2.2.2 데이터 정제 및 수정

이러한 오류들을 수정하기 위하여 선형을 추가하거나 실제 도로와 맞게 데이터를 수정해야 하는데 전국 데이터 처리를 위하여 기존 상업프로그램의 dangle 기능을 활용하여 정상데이터와 이상 데이터를 분류하였다. dangle 기능은 선형데이터에서 다른 선형데이터와 연결되지 않은 끝 선을 선별하는 기능으로 이 기능을 이용하여 정상데이터와 이상 데이터를 선별하고 이상 데이터 중에서 실제 수정해야 하는 도로 선형만을 골라서 수정작업을 진행하였다. 도로정보 이외의 데이터가 포함된 경우는 도로중심선 데이터 이외의 정보를 삭제하여 도로중심선 정보만 이용할 수 있도록 수정하였는데 도로 속성으로 구분이 가능한 것과 속성 자체가 도로와 구분되지 않는 것들이 있었기 때문에 속성에 의한 수정을 진행 후 그렇지 않은 것들은 일일이 수정작업을 수동으로 진행하였다.

[그림 7]은 [그림 2]에서 볼 수 있었던 도로가 아닌 정보는 모두 삭제하여 도로 정보만 남겨 두었고, [그림 8]은 [그림 4]에서 완공된 도로가 표현되지 않은 것과 같이 도로가 새로 만들어지거나 변형된 경우 현재성을 고려하여 수정을 진행하였다.



(그림 7) 도로 이외의 정보는 모두 삭제



(그림 8) 완공된 국도 36호선을 연결

심선의 원본과 수정작업을 거쳐 실제 존재하는 도로 선형만을 나타낸 도로중심선 결과물을 나타내었다. 왼쪽의 도로중심선 원본을 보면 독립링크가 존재하기도 하고 실제 도로는 연결되어 있으나 중심선을 끊어져 있는 경우, 도로가 실제로 연결되지 않은 경우 등 많은 오류를 포함하고 있다.



(그림 9) 도로 선형의 수정작업 예시

이렇게 오류가 포함된 데이터를 사용하여 도로 선형 분석을 진행하면 대피경로 분석에서 도로 단절로 인한 고립지역이 발생하거나 시뮬레이션 프로그램이 돌아가지 않는 등의 문제점이 발생하기 때문에 기존의 독립링크나 불필요한 도로는 삭제하고 연결성이나 현재성에 문제가 있는 선형에 대해서는 선형을 연결하거나 새로 생성하여 현재성을 모두 반영하였다. 이렇게 수정된 도로 선형을 이용하여 대피 분석 시뮬레이션을 실행하기 위하여 먼저 건물정보가 들어있는 데이터, 대피 장소인 소방서 데이터, 수정작업을 마친 도로중심선 데이터를 이용하였는데 그 결과가 [그림 10]처럼 나왔다. 각각의 건물에서 재난 상황에서 최적의 대피경로를 찾기 위한 분석을 진행하여 분석 결과 각 건물마다 대피경로가 정상적으로 표시되는 것을 확인할 수 있었고 건물과 경로의 정보 손실이 없는 것도 확인되었다.

### 2.2.3 데이터 시뮬레이션 결과

도로중심선 데이터를 수정 정제한 후 대피분석 시뮬레이션을 실행하여 나온 결과물을 살펴보면, [그림 9]는 경북 울진군 울진소방서 인근의 도로중



(그림 10) 각 건물에서 소방서까지 대피경로 안내

### 3. 공간정보 데이터의 개선과 활용성

#### 3.1 데이터의 3차원화

여러 가지 재난 상황이 발생했을 때 고려해야 하는 요소는 고도, 바람의 방향, 수위, 날씨 등등 수많은 것들이 있는데 이는 모두 현실에서 발생하는 3차원 적인 요소들이다. 이러한 자연적인 요소들과 인위적인 공공데이터를 혼합하여 데이터를 만들어야 하는데 현재의 공공데이터는 대부분 2차원 자료들이다. 재난 상황에 최적의 재난 안전 프로세스의 결과물을 도출하기 위해서는 실제 환경과 부합하는 3차원적 데이터를 이용해야 최적의 결과값을 도출할 수 있다. 예를 들어 산불의 경우 요구조자의 위치에서 가장 가까운 대피소를 찾기 위해 고려해야 할 상황이 바람의 방향 외에도 요구자의 높이 위치를 고려하여 산불보다 낮은 위치로 대피경로를 안내해야 한다. 또한 홍수 상황에서는 김경훈, 김석<sup>5)</sup>의 연구에서 알 수 있듯이 도로의 침수로 인하여 원활한 경로안내가 불가능하므로 도로 자체에 높이 값을 고려하여 경로안내를 진행해야 하지만 데이터가 2차원 값만을 가지고

있으면 최적의 안내가 불가능하다. 이에 공공데이터에 대한 3차원화에 대해서 몇 가지 고려해 보았다.

먼저 점형 데이터에 대해서 살펴보면 모든 데이터가 x, y값만 가지고 있고 이는 2차원 공간에 위치 좌표만을 가지고 있다. 이를 3차원화를 진행하기 위해서는 각각의 좌표에 고도값을 반영하여 이용하면 되는데 기존에 정제된 데이터인 DEM (Digital Elevation Model : 수치표고모델)을 이용하여 2차원 좌표에 3차원 표고값을 추가하는 방식으로 변환하여 값을 얻어낼 수 있다. 이석배, 김진수, 김철영<sup>6)</sup>에서 지오이드 결정과 같은 측지학적 분야에서는 기존의 소축척 지도의 격자별 고도자료에 의한 DEM자료와 위성에 의해 관측된 미국 NASA의 고도자료가 주로 이용되었다. 그러나 최근 높은 수직 정확도를 갖는 항공 LiDAR(Light Detection And Ranging)측량과 같은 기술로 인해 고밀도 위치 정보뿐만 아니라 높은 수직 정확도를 만족하는 정보의 취득이 가능하게 되어 이를 이용한 DEM 자료를 사용하게 된다면 보다 정확한 고도값을 얻어낼 수 있다.

대부분의 재난 상황에서 대피경로를 제공해야 하는데 도로 선형 정보를 사용한다. 현재의 도로 중심선을 이용한 도로 선형정보는 2차원 정보로 경로 계산에서 고도차를 사용하고 있지 않다. 이로 인하여 앞서 설명하였던 침수지역, 산불과 같은 자연재해에 잘못된 안내를 하게 되는 경우도 발생할 수 있는 것과 같은 많은 문제가 발생하기 때문에 도로중심선을 3차원화 하는 방법을 고찰하였다. 앞서 설명하였던 점형 데이터의 경우 2차원 데이터에서 3차원 데이터로의 변환은 비교적 어렵지 않은데 선형데이터인 도로중심선의 경우 다른 양상을 보인다. 단순히 DEM과 결합하여 고도값을 부여하는 방법은 지표면 위에 밀착된 도로의 경우 큰 오차 없이 고도값을 표현할 수 있지만, 고

5) 김경훈·김석, 전계논문, pp.241-242.

6) 이석배·김진수·김철영, "LiDAR DEM 및 여러 가지 수치표고모델의 정확도 분석", 「한국GIS학회 2008년도 공동 춘계학술대회」, 2008, pp.254-259.



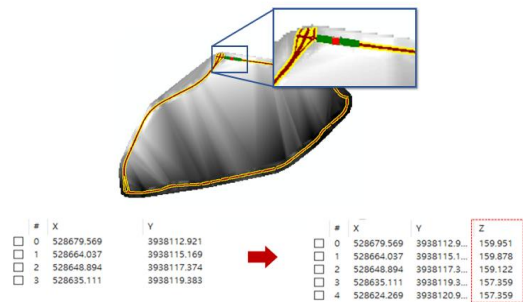
가도로, 터널, 고도차가 있는 교차하는 도로, 지하도 등과 같은 많은 도로형태에서는 이에 대한 고도값이 적절하지 못하다는 것을 알 수 있다. 이에 MMS데이터나 LiDAR를 이용한 직접측량 방식에 대해 고려해 보았다.

Hong, S.<sup>7)</sup>에서 최근 3차원 공간정보에 대한 수요가 증가하고 있으며, 이러한 공간정보가 실생활과 연계됨에 따라 실제 공간상의 변화를 반영할 수 있는 신속하고 정확한 데이터 구축의 중요성이 증대되어 이동 수단에 내비게이션 센서를 포함한 다중 센서를 탑재하여 데이터를 취득하는 MMS (Mobile Mapping System)의 활용성이 증가하는 추세에 있다고 한다. 이 MMS 데이터를 이용하여 측정된 값을 이용하여 각각의 도로중심선 데이터와 연계하여 높이값을 부여할 수 있다. 또 국토지리정보원에서는 차량에 고성능 LiDAR 센서와 GPS 장비를 장착하여 도로를 직접 측량하는 방법으로 정밀 도로지도를 제작하고 있는데 이를 이용하여 2차원 적인 도로대장 정보를 3차원으로 업데이트를 진행해 볼 수 있을 것이다. 측정된 정밀 도로지도 데이터는 데이터 자체에 고도값을 포함하고 있으므로 이 값을 도로중심선 데이터에 동기화하여 사용하면 도로 선형의 3차원화를 진행할 수 있다.

하지만 이러한 작업은 모든 도로에 완료된 상태가 아닌 현재 진행 중인 상태이며 고속도로와 국도의 일부 구간만 진행되어 있다. 따라서 이러한 LiDAR 작업이 진행되지 못한 지방도로와 기타 도로에 대해서는 이와 다른 3차원화 작업이 필요하다. 고려해 볼 수 있는 해결 방법으로 점형 데이터에서 사용하였던 DEM 자료를 이용해 보고자 한다. 물론 앞서 언급하였던 것처럼 도로가 겹치거나 입체교차로 같은 경우까지 해결해 주지는 못하지만 이에 대해서는 우선 조사순위를 두어 개별측량이나 별도 LiDAR 조사를 진행하여 추후조사를 진행하여 보완하면 해결 가능할 것으로 생각된다.

이와 같은 임시적인 3차원화 작업 방법은 모든 데이터에 완벽한 결과물을 얻지 못하기 때문에 데이터로서는 부족한 점이 있을 수 있지만, 재난 안전에 사용되는 데이터로의 효율성은 충분할 것으로 생각된다.

앞서 고려해 보았던 도로 선형의 3차원화에 대해서 간단한 실험 작업을 진행하여 그 효용성에 대해서 고찰해 보았다. 울산광역시 중구 지역의 2D 상태인 도로 선형데이터에 LiDAR값을 이용하여 3차원화를 진행하였는데 기존 상업프로그램의 전용 유틸리티를 활용하여 XY좌표만 존재하는 2D 객체에 Z좌표 항목을 추가한 뒤 LiDAR 측정의 Z값을 추가하면 아래의 [그림 11]과 같은 결과값을 얻을 수 있다.



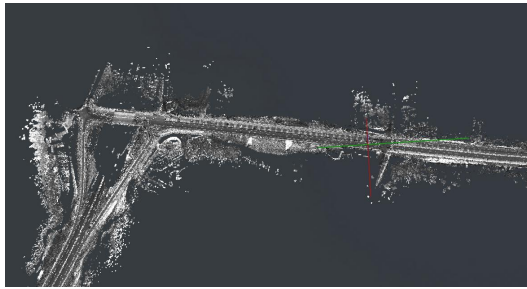
[그림 11] 2차원 도로선형의 3차원화

결과값을 살펴보면 2차원 자료인 도로 선형이 3차원 데이터로 변환되었으며 높이값이 입력된 것을 볼 수 있다.

아래 [그림 12]는 위에서 실시한 울산광역시 중구 지역에 대한 실제 도로의 고도값을 측정하여 보았다. 울산 북부 지역의 MMS 촬영데이터를 이용하여 도로 및 도로 주변 시설물에 대한 3차원 점군 데이터인 LAS데이터를 제작하고 이를 이용하여 측정의 고도값을 측정한 결과, 앞선 실험에서는 지점 정보가 157.359m가 나왔고 LAS 데이터는 157.579m로 측정되어 0.22m의 오차가 있기는

7) Hong, S., Park, I., Lee, J., Lim, K., Choi, Y. and Sohn, H.G., Utilization of a terrestrial laser scanner for the calibration of mobile mapping systems, Sensors, Vol.17, No.3, 2017, p.474.

하지만 재난대피에 사용하기 위한 데이터로는 큰 오차가 발생하지 않아 의미 있는 값이라는 결론을 얻을 수 있었다.



(그림 12) MMS데이터의 고도값 측정

### 3.2 재난관련 데이터의 표준화

김병식, 이동섭<sup>8)</sup>은 지금까지 연구된 재난 안전 정보 표준화 기술을 활용하여 재난 안전정보의 통일성과 일관성을 갖추고 표준화된 코드로 변환 분류하여 재난 안전정보의 종류 및 규칙에 대한 표준을 정하여 관리하는 표준화가 필요하다고 하였다.

현재 국토지리정보원의 표준화에 대한 현황을 살펴보면 2014년 표준기반 마련을 위한 계획 수립 및 지침제정을 시작으로 2016년 표준적용 및 활성화, 2018년 고도화, 2021년 혁신적 변화까지 표준화 활동은 계속되고 있다. 데이터 내용 표준으로는 구역경계, 교통시설, 건축구조물, 지형, 수계, 식생, 관심 지점, 인덱스, 국가기본도 등의 표준이 마련되고 있다. 여기에 재난 및 안전관리 기본법 제3조1항에서 제시하는 자연재난 14개와 사회재난의 총 22개 재난을 대상으로 하여 재난 안전정보와 재난 안전데이터에 대한 표준화 및 코드화를 연구하여 국가표준으로 마련하면 이후 재난 상황관리 업무에 효율적으로 활용할 수 있을 것이다.

국내외 재난 안전정보 및 공동 활용 사례를 분석하여 보면 공공데이터 개방을 통해 국가 차원의

데이터 정책을 수립하고 추진하며 이러한 양질의 데이터를 사용자가 활용하는 것은 국내외 모두 진행되고 있다. 하지만 이번 연구를 통하여 데이터의 양적인 면이나 품질면에서 아직 우리나라는 많이 부족한 상태라는 것을 알 수 있었다.

미국의 FEMA에서는 OpenFEMA를 통해 재난 정보를 제공하고 미 연방정부의 개방형 데이터에 대한 공개 가능한 정책과 표준을 제공하고 있고, 호주 재난관리국(EMA)은 재난 발생 시 위기정보 청을 통해 국민에게 전달하는 역할을 하고 행동요령 등이 31개국 언어로 번역 전달하는 역할을 하는데 해외의 사례처럼 통일된 정책과 표준을 제시하면 일관된 데이터의 제작과 유지관리에 적합하므로 재난의 정보전달에 신속함과 정확함을 모두 얻을 수 있을 것이다.

이처럼 재난관리를 위한 정보수집 및 분석, 계획이 수립되기 위해서는 각 기관의 정보를 공유하여 활용할 수 있어야 하는데 이를 위해서는 정보의 표준화가 필수로 요구되고 이를 통하여 업무의 연속성과 효율성을 얻을 수 있을 것이다. 현재 재난정보를 추적하고 관리하기 위한 체계를 마련하기 위한 재난 안전데이터 코드의 개발이 추진되고 있는데 국가의 표준데이터가 구축될 때 추가적으로 재난 안전데이터 코드를 부여한다면 추적관찰은 물론 현재의 재난 상황에서 시간적·물적 손실 없이 바로 활용할 수 있을 것이다.

## 4. 결 론

본 연구에서는 국가에서 제공하는 ‘국가공간정보포털’과 ‘공공데이터포털’, 그 외 유관기관 포털의 데이터를 이용하여 재난 관련 데이터를 수집하고 최적의 재난 모니터링 기본데이터 생성과정에서 발생하는 오류 및 활용에 대한 한계성을 연구하였으며 향후 보완되어야 할 개선 방향에 대하여

8) 김병식·이동섭, “재난정보 관리를 위한 재난 안전데이터 표준화 기술 개발”, 『물과미래:한국수자원학회지』, Vol.52 No.1, 2019, pp.40-51.

정리하였다.

첫째, 국가데이터에서 발생하는 오류가 많이 발견되어 사용하지 못하는 사례가 있었고 이를 사용하기 위해서 정제·수정하는 과정에서 많은 시간과 자원이 낭비되고 있었다. 국가공간정보 포털에서 구할 수 있었던 데이터를 분석해 본 결과 다음과 같은 오류를 발견할 수 있었다. 초기에 만들어진 데이터를 수정 없이 계속 사용하여 현재 데이터와 차이가 많이 발생하였고 데이터 자체가 사용할 수 없는 경우도 있었다. 도로중심선 데이터의 경우 도로선형이 구축되지 않아서 국도가 단절되어 있는 경우도 있고, 도로 데이터 이외의 사용 할 수 없는 데이터가 포함되어 경로 분석을 진행할 수 없는 경우도 있었으며, 도로 연결성이 잘못되거나 독립링크가 존재하는 등 많은 오류가 포함되어 있었다. 이와 같은 오류들은 초기 데이터 생성과정에서 통일된 데이터로 만들어지고 검수가 좀 더 철저히 진행된다면 충분히 줄일 수 있는 것들이며 재난 상황에 필요한 시간적 물적 자원의 최소화로 인한 최적의 결과를 만들기 위해서는 반드시 필요한 작업이다.

둘째, 기존의 데이터는 2차원 데이터로 이를 3차원 데이터로 만들어 사용하면 데이터의 활용성이 나아질 것이다. 예를 들어 점형 데이터의 경우 국가데이터에서 얻어진 데이터에 고정밀 DEM 정보를 융합하는 방법으로 3차원 데이터로 변환할 수 있고, 도로 선형데이터의 경우 자체적으로 고도값을 갖도록 정밀 도로지도나 고정밀 DEM자료를 활용하여 3차원화를 진행하여 입체지도로 제작하면 단순한 정보제공이 아닌 보다 활용성과 효용성이 높은 최적의 재난 대비 자료를 제공할 수 있을 것이다.

셋째, 재난 안전과 관련된 데이터는 국가에서 제공하는 데이터는 물론, 국가 이외의 상업적 데이터도 재난 안전 관련 표준안을 만들어 재난 관련 표준화 및 코드화를 구축하면 재난 상황 발생 시 시간적·자원적 낭비를 최소한으로 줄이게 되어 재난 안전 분야에 최적의 정보를 제공할 것이다.

이번 연구에서 사용되었던 재난 안전에 사용하는 데이터는 모두 2차원에 머물러 있으며 이는 입체적 공간이 아닌 평면 정보에 이므로 현실 세계에서 활용하는 데는 한계가 존재하였고 기초적인 정보만 제공하는 실정이었다. 본 연구에서 제안한 재난 안전 데이터의 3차원화가 진행되고, 데이터 생성 당시의 과거 정보를 포함하고 있는 기초정보 제공뿐만 아니라 표준화 및 코드화로 인하여 최근의 업데이트 된 상태를 반영하게 된다면 현재와 같이 2차원 자료의 특성으로 인한 재난 안전 이용에 한계가 발생하였던 점을 극복할 수 있고, 각각의 데이터를 수집·정제하는 과정에서 발생하는 시간적인 차이가 현저하게 줄어들어 데이터의 현재성이 많이 개선된 결과가 반영될 것이고 재난정보의 추적관찰 체계가 마련되어 시간적·물적 손실을 최소화하며 재난 상황에서 바로 이용할 수 있는 최적의 정보를 제공하게 될 것으로 사료 된다.

## 〈참고문헌〉

1. 국민안전처, 국가안전관리 기본계획(2015-2020), 2014.
2. 김정훈·김석, “홍수범람에 따른 도로침수 네트워크 분석에 관한 연구”, 『2016년 춘계학술발표대회논문집』, 한국건축시공학회, 2016.
3. 김병식·이동섭, “재난정보 관리를 위한 재난 안전데이터 표준화 기술 개발”, 『물과미래:한국수자원학회지』, 제52권 제1호, 2019.
4. 김연우·김병훈·고건식·최민웅·송희섭·김기훈·유승훈·임종태·복경수·유재수, “실시간 기상 빅데이터를 활용한 홍수 재난 안전 시스템 설계 및 구현”, 『한국콘텐츠학회 논문지』, 제17권 제1호, 2017.
5. 한국과학기술정보연구원, 『재난 안전정보 공유 플랫폼 기술개발 완료보고서』, 2020, pp.38-44.
6. 양동민·김원현, “학습형 상황관리의 시작, 재난 안전 데이터 코드 체계 구축”, 『방재저널』, 제

- 19권 제5호, 2017.
7. 원상연·권찬오 정현우·최진무, “공간정보기반 재난 모니터링을 위한 공공데이터 개선방안 연구”, 『한국지적학회지』, 제37권 제3호, 2021.
  8. 이석배·김진수 김철영, “LiDAR DEM 및 여러 가지 수치표고모델의 정확도 분석”, 한국GIS 학회 2008년도 공동춘계학술대회, 2008.
  9. 이창열·김태환, “사회재난 및 안전사고 데이터 분석을 위한 표준 구조 연구”, 『한국재난정보 학회 논문집』, 제17권 4호, 2021.
  10. 정인수, “재난안전 데이터의 체계적인 축적 활용을 위한 코드체계 개발”, 『한국산학기술학회 논문지』, 제19권 제10호, 2018.
  11. FEMA, NEMIS HMGP User Manual, 2015
  12. Hong, S.·Park, I. Lee, J. Lim, K.·Choi, Y. and Sohn, H.G., Utilization of a terrestrial laser scanner for the calibration of mobile mapping systems, Sensors, Vol.17, No.3, 2017.
  13. Anderson, A. and Ezekoye, O.A., "Exploration of NFIRS protected populations using geocoded fire incidents., Fire Safety Journal, Vol.95, 2018.
- (접수일 2022.11.10., 심사일 2022.11.18., 심사완료일 2022.12.05.)