

도로네트워크 기능 및 연결성을 고려한 긴급대피교통로 선정

Determination of Emergency Evacuation Roads Considering Road Network Function and Connectivity

노윤승*
(Noh, Yunseung)
(Hanbat National University)

도명식**
(Do, Myungsik)
(Hanbat National University)

· Corresponding author : Do, Myungsik(Hanbat National University), E-mail : msdo@hanbat.ac.kr

요 약

본 연구에서는 교통방재대책 수립을 위한 기초 연구로써 세종특별자치시를 대상으로 도로네트워크의 기능 및 네트워크 연결성을 고려한 긴급대피교통로 선정방법을 제시하는 것을 목적으로 한다. 먼저 대상지역의 GIS자료를 이용한 연결정도 중심성 및 근접 중심성 지표를 통해 도로네트워크의 기능적 측면에서 분석 하였다. 그리고 TranCAD 프로그램을 활용하여 재난 발생 시 통행배정단계에서의 도로 이용자 패턴 및 통행시간 변화를 분석하여 네트워크의 연결성이 저하될 경우 각 도로가 전체 네트워크에 미치는 영향력을 분석하였다.

최종 긴급대피교통로 선정을 위해 각 지표에 대한 군집분석을 수행하였으며 군집별 특성에 따라 1차, 2차 긴급대피교통로가 최종적으로 선정되었다. 본 연구의 결과는 예측 불가능한 재난이 발생하였을 경우 2차 피해를 줄일 수 있는 의사결정에 도움이 될 것으로 기대된다.

핵심어 : 긴급대피교통로, 네트워크 분석, 통행배정, TransCAD, 군집분석

ABSTRACT

This study is a fundamental research to determine the emergency evacuation roads considering road network function and connectivity. First of all, the functional aspects of the road networks are analyzed in the target area, Sejong city, by using degree centrality(DC) and closeness centrality(CC) from GIS based database. Secondly, how network connectivity makes a change in user's travel pattern and travel time and how it affects the whole network are analyzed using TransCAD simulation program.

Finally, after performing cluster analysis of index, first and second emergency evacuation roads are determined by judging the characteristics of clusters. The results of this research will be helpful for making a decision to diminish secondary damages when confronting unexpected disasters.

Key words : Emergency evacuation road, Network analysis, Trip assignment, TransCAD, Cluster analysis

† 본 논문은 국토교통부 건설교통기술 지역특성화사업 연구개발(13RDRP-B066173) 지원에 의해 수행 되었습니다.

* 주저자 : 한밭대학교 대학원 석사과정

** 공저자 및 교신저자 : 한밭대학교 도시공학과 교수

† Received 8 December 2014; reviewed 18 December 2014; Accepted 19 December 2014

I. 서론

최근 안전 및 방재기능을 관리하기 위한 목적으로 국민안전처가 출범하는 등 국내에서도 재난관리에 대한 관심과 필요성이 증가하고 있다. 특히 국민의 생활에 필수적인 서비스를 제공하는 상·하수도, 전기, 가스, 교통망 등과 같은 라이프라인 네트워크(Lifeline Network)는 재난발생으로 인해 손실되어 본래의 기능을 하지 못할 경우 시설물의 1차 피해로만 그치는 것이 아니라 국가전체기능을 마비시켜 큰 피해를 발생시키므로 이러한 라이프라인 네트워크에 대해서는 사전적(ex ante) 방재대책수립이 필요하다.

2011년 3월 일본에서 발생한 대지진과 쓰나미로 인한 대규모 재난과 2012년 9월 구미 산업단지 불산 누출사고는 도시지역 교통부문 재난 대비의 중요성을 부각시키는 계기가 되었다. 실제 재난 발생 시 단·장기적인 측면에서 도시 내 교통시스템은 응급대피와 구출·구조 및 복구 등에 사용되므로 재난 상황에서 교통시스템이 유지될 수 있도록 주요도로를 선정하고 관리할 필요가 있다[1].

선진국의 경우, 각 지자체 혹은 주정부 단위로 방재조직을 구성하고 태풍, 홍수, 지진, 화재, 테러, 원자력 사고 등의 다양한 재난에 대비한 교통로를 조사·선정 및 관리하여 실질적인 수송계획 및 대응 계획을 수립하고 있다.

자연재해가 빈번한 일본은 2011년 재해에 대한 완벽한 방재는 불가능하다고 보고 재난 대응 전략을 기존의 “방재(防災)”개념에서 “감재(減災)”개념으로 일부 수정하였으며 교통방재 측면에서 방재도로를 크게 긴급교통로와 긴급수송도로로 분리하여 운영함으로써 재난에 대응하고 있다[2].

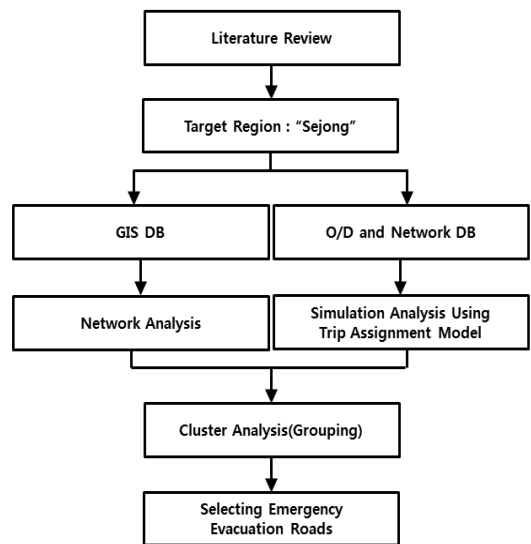
미국 또한 연방재난관리청(FEMA)이나 연방도로청(FHWA)을 중심으로 국가와 주정부 차원에서 재난에 대응하고 있다. 교통 분야에서의 방재관련 연구는 2005년 남부지역을 강타한 태풍 Katrina 이후 활발히 진행되어 왔다. 특히 교통 시뮬레이션을 이용한 분석이 주를 이루었는데 재난 발생 시 도로상의 교통흐름변화를 분석하여 주요 도로를 중심으로

한 방재대책을 수립하고 있으며[3][4] 나아가 신속한 대피를 위한 경로 산정에 관한 연구도 활발히 진행되고 있다[5].

한편 국내 방재대책은 태풍·설해 등의 사전 예측 가능한 재난에 대한 정보제공[6]이나 위험도 분석[7]에 관한 연구가 대부분이며, 방재도로 선정 관련 연구 또한 단순히 재난 시 긴급차량(소방차 및 경찰, 구조차량)이 이용하는 도로로 한정하여 연구를 수행하였으며, 도로네트워크의 기능이나 대상지역의 교통량을 고려한 사전 방재대책 수립에 관한 연구는 미흡한 실정이다[8][9].

외국의 사례로 보았을 때 방재도로는 실제 재난 발생 하에서 교통시스템의 기능을 지속적으로 유지하고, 대규모 혼란 속에서도 신속한 대피와 구조·복구를 위하여 지정·관리되는 도로로 보다 넓은 의미로 정의 할 수 있다[10].

따라서 본 연구에서는 도로네트워크의 기능 및 특성을 고려한 네트워크 분석과 재난으로 인해 네트워크 연결성이 저하 될 경우 도로 이용자의 통행 패턴 변화를 고려하여 긴급대피교통로(방재도로) 선정방안을 제시하고자 한다. 연구흐름은 그림1과 같다.



〈그림 1〉 연구흐름도
〈Fig. 1〉 Flow-chart for Study

II. 연구방법 및 자료구축

1. 대상지역 선정

본 연구에서는 세종특별자치시(세종시)를 대상으로 분석하였다. 세종시는 국가균형발전을 위한 목적으로 2012년 7월 1일 출범하였으며, 현재 행정구역은 1읍9면2동으로 도시 내 연기면·도담동·한솔동·연동면·금남면 일부는 ‘행정복합중심도시(행복도시)’라는 이름으로 현재 국가 주요 행정기관과 연구기관들이 위치하고 있다.



〈그림 2〉 대상지역
〈Fig. 2〉 Targeted Region

앞으로도 추가적인 주요기관 이전과 더불어 인구 유입이 지속될 전망이며 최종적으로 36개의 중앙행정기관과 16개의 국책연구기관이 행복도시 내 위치 할 예정이어서 국가행정기능의 중심지역이라 할 수 있다.

또한 행정도시 외곽 지역에는 조치원산업단지(연기면) 등 여러 업종의 산업단지가 위치해 있어 다

양한 종류의 잠재적인 도시형 재난발생 위험을 가지고 있다. 따라서 사전 방재대책이 세워지지 않는다면 재난 발생 시 인적피해와 더불어 국가업무가 마비되는 등 사회적으로 피해가 큰 지역이 될 것으로 예상된다.

2. 네트워크 분석

긴급대피교통로 선정에 앞서 도로망 네트워크에 대한 정량적 분석을 수행하였다. 분석지표로는 네트워크 분석에서 널리 사용되는 연결정도 중심성(degree centrality)과 근접 중심성(closeness centrality) 지표를 활용하여 주요 연결점(node)들에 대한 네트워크상에서의 분포 형태와 영향력이 큰 노드들을 살펴보았다.

분석을 위한 기초 네트워크자료는 국가교통DB센터(KTDB)의 교통주제도 GIS자료를 활용하였으며, 도로가 교차되거나 도로속성이 바뀌게 되는 지점들을 노드로 선정하였고 도로종류에 따른 링크 속성 자료를 구축하였다.

노드의 연결성을 나타내는 가장 기본적인 지표인 연결정도 중심성은 노드들이 얼마나 많은 연결을 가지고 있는지를 측정하는 것으로 노드에 직접 연결된 링크들의 수를 나타낸다. 단순히 해당노드에 직접적으로 연결된 연결선의 개수를 연결정도로 보는 이진 네트워크(binary network)와 달리 가중 네트워크(weighted network)에서는 링크의 상대적 비교를 통해 노드 간 관계를 나타내는 연결강도(strength)를 가중치로 하여 연결정도를 계산한다.

따라서 본 연구에서는 한 노드에 연결된 차로 수(α_{ij})를 연결정도로 보고 링크의 특성을 나타내는 각 차로의 용량(n_{ij})을 가중치로 하여 해당 노드의 연결정도 지표를 산정하였다.

$$D_i = \sum_{j=1}^n \alpha_{ij} \cdot n_{ij} \quad (1)$$

여기서, D_i : 노드 i의 연결정도 중심성

α_{ij} : 노드 i, j 간의 차로 수

n_{ij} : 노드 i, j 간의 차로 당 도로용량

도로의 용량은 차로 수와 속도 등에 따라 달라지는데 본 연구에서는 한국교통연구원 『교통수요 분석 기초자료 배포 설명자료(2014)』를 바탕으로 한 도로네트워크의 도로위계별 용량을 적용하였다.

반면 근접 중심성은 네트워크 내에서 노드들과의 근접도를 평가하는 것으로 해당 노드가 얼마나 네트워크의 중앙에 있는지를 나타낸다. 즉 한 노드가 직·간접적으로 연결되어있는 다른 노드들과 얼마만큼 가까이 있는가를 보여주는 것으로 두 노드 사이의 거리(or시간) 함수로 측정한다.

$$C_i = \frac{1}{\sum_{j=1}^n d_{ij}} \quad (2)$$

여기서, C_i : 노드 i의 근접 중심성
 d_{ij} : 노드 i, j간의 이동거리(시간)

3. 시뮬레이션을 활용한 통행배정

재난 발생으로 인해 해당 경로 상의 일부 도로가 단절 될 경우 기존 O/D상의 운전자들은 새로운 경로를 선택하게 된다. 즉 재난 발생 도로가 네트워크 내에서 연결성이 큰 링크일 경우 이동성과 접근성이 크게 저하되며 전체 네트워크에 부정적인 영향을 미치게 된다. 따라서 재난 발생으로 인해 네트워크 내 링크가 손실되거나 단절될 경우 통행배정과정에서의 교통시스템의 변화로 인한 도로운전자의 통행패턴 및 통행시간변화를 살펴보고 나아가 사회적 비용을 추정함으로써 긴급대피교통로 선정에 있어 도로단절이 전체 네트워크에 미치는 피해의 크기를 비교하여 상대적으로 중요한 링크를 선정하였다.

이를 위해 교통계획 소프트웨어인 TransCAD프로그램을 활용하여 분석을 수행하였으며 통행배정은 이용자 균형(User Equilibrium)모형을 기반으로 하였다.

본 연구에서의 통행비용은 교통 분야에서 주로 사용하는 BPR(Bureau of Public Roads)함수를 통한 통행시간비용과 구간통행료(유료도로의 경우)를 합하여 산출하였다.

$$TC_i = t_0 [1 + \alpha (\frac{V}{C})^\beta] VC + EC_i \quad (3)$$

여기서, TC_i : 링크 i의 통행비용

t_0 : 링크 i의 자유속도 일 때 통행시간

V : 링크 통행량, C : 링크용량

α, β : BPR함수 파라미터(Parameter)

VC : 도로이용자의 시간가치 비용(원/시)

EC_i : 링크 i의 통행료(통행료가 없는 구간 0)

시뮬레이션 분석을 위한 자료는 국가교통DB센터(KTDB)의 교통 분석용 네트워크 및 O/D자료를 이용하였다. KTDB에서는 전국 및 광역권 별로 교통 분석용 자료를 제공하는데 분석대상지인 세종시의 경우 대전광역권에 포함되어 있으므로 본 연구에서는 대전광역권 네트워크 및 O/D(여객 및 화물포함) 자료를 기초로 분석을 수행하였다.

이때 분석대상지역의 도로망 네트워크가 상세히 반영되지 않은 경우에는 GIS데이터, 위성지도를 활용하여 수정·보완하였으며, 화물O/D의 경우 전국 지역 간 통행O/D로 되어 있어 사회경제지표(중사자수)자료비용을 기준으로 존을 세분화 하여 여객O/D자료와 일치 시켰다. 최종적으로 분석대상지역을 포함한 인근을 내부존(209개)으로, 그 밖의 지역을 외부존(235개)으로 구분하여 자료를 구축하였다.

구축된 자료를 바탕으로 시뮬레이션 상의 통행배정이 실제 도로의 교통패턴을 반영하도록 정산(calibration)과정을 수행하였다. 최종 정산된 네트워크를 현재의 도로 상황을 기준으로 재난 발생으로 인한 도로단절 전·후를 비교함으로써 각 링크가 전체 네트워크에 미치는 영향력(피해 정도)을 파악하여 네트워크 내 상대적으로 중요한 링크를 선정하였다.

III. 긴급대피교통로 선정방안

1. 연결정도 중심성 및 근접 중심성

연결정도 중심성 및 근접중심성 값의 분포형태를 통해 네트워크의 구조적 특성을 파악하였다.

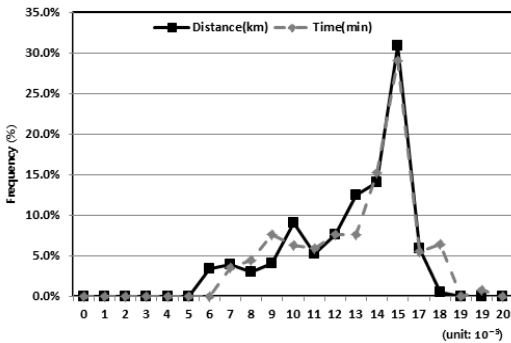
먼저 근접 중심성 지표는 네트워크상에서 노드

의 공간적 분포와 중심노드를 확인하는데 사용된다. 그림 3은 근접 중심성 값의 분포를 나타내는데 분포 형태가 고르지 않고 일부 편중되어 나타나 네트워크 내 노드들의 분포가 일정하지 않으며 상대적으로 고립된 노드들이 존재함을 알 수 있었다.

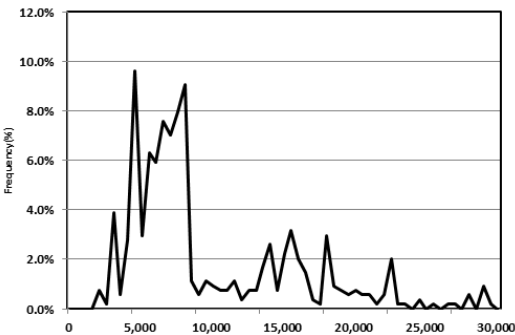
또한 연결정도 중심성 값의 분포(그림 4)를 살펴보면 멱함수 곡선 모양의 분포형태를 띠는 것을 알 수 있는데 이러한 분포형태를 갖는 네트워크를 무척도 네트워크라 한다. 무척도 네트워크에서는 대부분의 노드들이 소수의 링크만을 가지며 이러한 노드들은 큰 연결정도 값을 가지는 극소수의 허브노드(hub node)와 연결되어 있음을 의미하는 것으로 대상지역의 경우 상대적으로 영향력이 큰 허브(hub)노드가 존재함을 알 수 있었다. 이러한 노드들이 위치한 도로는 최대 수용 가능한 교통량이 크기 때문에 구조 효과(rescue effect)를 통해 주변 지역으로

교통량을 분산·처리할 수 있으므로 긴급대피교통로 선정에 있어 도로의 기능적 역할이 큰 구간이라 할 수 있다.

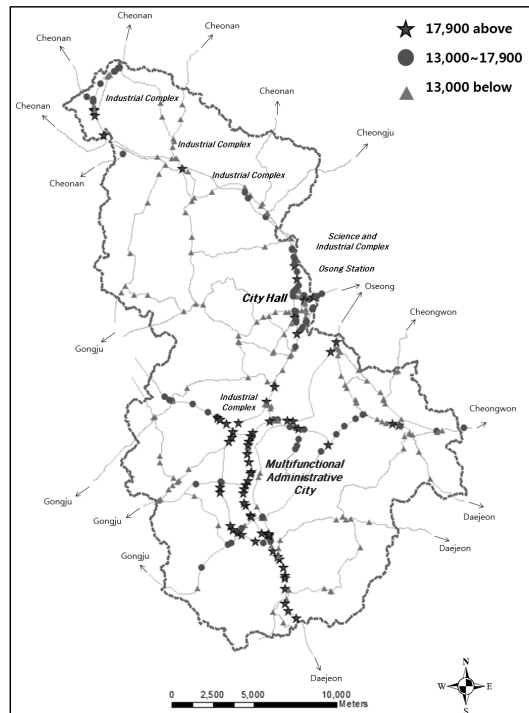
그림 5는 연결정도 중심성 값을 나타낸 것으로 행정중심복합도시 및 시청 주위(조치원) 도로상 노드들에서 중심성 값이 큰 것을 확인 할 수 있었다. 또한 인근 지역(공주, 대전, 오송, 천안)과의 접근도로 기능을 하는 일반국도 및 지방도 상에서도 상대적으로 큰 값을 가지는 노드들이 존재함을 알 수 있었다.



〈그림 3〉 근접 중심성 값 분포
〈Fig. 3〉 Distribution of Closeness Centrality



〈그림 4〉 연결정도 중심성 값 분포
〈Fig. 4〉 Distribution of Degree Centrality



〈그림 5〉 연결정도 중심성
〈Fig. 5〉 Closeness Centrality

2. 도로 단절로 인한 통행패턴 및 통행시간 변화

재난발생시 도로의 기능 손실로 인해 네트워크 내 링크의 연결성이 저하 될 경우 도로 이용자의 통행패턴 및 통행시간 변화를 분석하였다. 이때 차종 별 시간 가치(2013년 기준)를 반영하여 재난 발생 시 가장 큰 피해가 예상되는 침두시간 O/D(1일 통행량의 7%)를 기준으로 통행배정을 수행하였다.

사용된 통행시간 가치 및 침투시간O/D 비율은 국토교통부 『교통시설투자평가지침(5차개정)』(2013)에서 제시된 산출방식[11]을 적용하였으며, 사용자균형의 수리모형을 이용한 해당 링크의 통행량과 통행시간은 식(4)에 근거하여 산정하였다.

$$\begin{aligned}
 \text{Min } Z(X) &= \text{Min} \sum_a \int_0^{x_a} t_a(\omega) d\omega \\
 \text{s.t. } \sum_k f_k^{rs} &= q_{rs}, \quad f_k^{rs} \geq 0 \quad \forall k, r, s \quad (4) \\
 x_a &= \sum_r \sum_s \sum_k f_k^{rs} \delta_{ak}^{rs} \quad \forall a
 \end{aligned}$$

여기서,

x_a : 링크 a의 통행량

t_a : 링크 a의 통행시간

f_k^{rs} : 출발지 r과 목적지 s간의 통행경로 k의 통행량

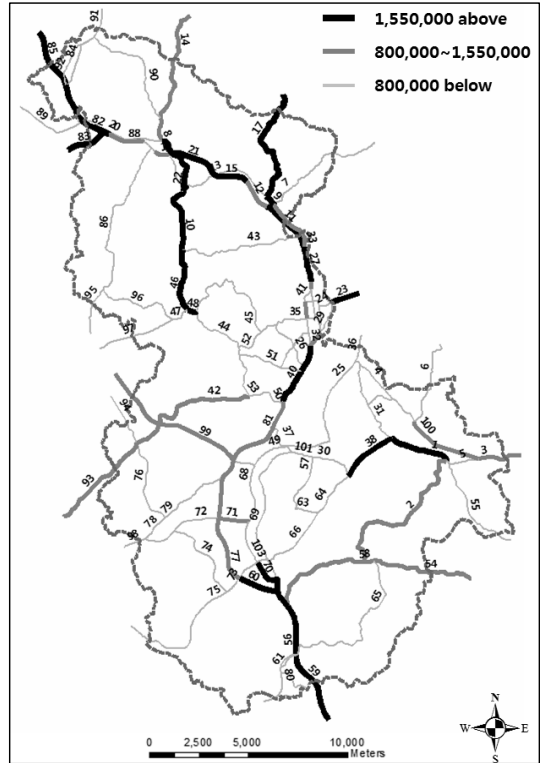
q_{rs} : 노드 i, j 간의 차로 당 도로용량

δ_{ak}^{rs} : 만약 링크 a가 출발지 r과 목적지 s간의 통행 경로 k상에 있으면 1, 그렇지 않으면 0

표 1에서와 같이 대체적으로 교통량이 많은 도로에서 재난 발생 시 사회적 비용이 큰 것을 알 수 있었다. 이는 재난으로 인해 도로가 단절 될 경우 해당 경로를 이용하는 운전자들은 다른 경로를 이용하게 되는데, 이때 한정된 용량의 우회도로상에 추가되는 교통량이 많아질 경우 지체 등으로 인해 전

체 네트워크의 기능이 크게 저하되어 발생하는 사회적 비용의 증가에 기인한다.

또한 교량, 터널, 지하차도가 위치한 도로와 외곽 지역과의 유출입을 위한 도로와 같이 우회도로가 존재하지 않거나 먼 경우 재난 발생으로 인해 전체



〈그림 6〉 재난발생 시 통행시간비용 분석
 〈Fig. 6〉 Travel Time Cost by Disaster on Road

〈표 1〉 통행시간 및 통행시간비용 변화결과

〈Table 1〉 Result of Travel Time and Travel Time Cost Change

Rank	ID	Traffic Volume(per hour)	Road Type	Travel Time(h)	Travel Time Cost(won)
1	27	2,921	National Road	657	10,808,898
2	23	2,573	National Road	652	10,510,803
3	60	2,933	National Road	581	9,743,120
4	85	1,764	National Road	362	6,068,318
5	82	1,574	National Road	235	3,937,426
6	17	1,470	Provincial Road	236	3,934,128
7	39	3,214	National Road	226	3,751,087
8	70	2,359	Provincial Road	192	3,290,997
103	67	122	National Road	2	34,528
104	51	265	Provincial Road	0.33	5,122

네트워크에 미치는 파급효과가 크게 나타났으며, 그림 6에는 재난발생을 가정한 통행시간비용의 영향을 나타내었다.

이러한 도로들은 재난 시 네트워크 연결성을 크게 저하시키며 고립 될 위험이 높아 심각한 사고로 이어질 수 있어 도로의 기능을 항상 유지하도록 관리되어야 할 주요 대상 도로로 판단된다.

3. 긴급대피교통로 선정

본 절에서는 도시지역 도로네트워크의 기능과 연결성을 고려한 긴급대피교통로의 선정을 위해 노드와 링크의 특성(중요도)을 동시에 고려하는 방안을 제시하고자 한다.

연결정도 중심성 값이 높은 노드들은 도로의 용량이 큰 링크들과 서로 연결되어 있는 것으로, 네트워크 내에서의 도로의 구조적 기능을 나타내는 반면, 링크 단절로 인해 도로망에서 추가적으로 발생하는 통행시간 비용은 네트워크의 연결성이 저하될 경우 크게 나타났는데 이는 네트워크에서의 링크의 연결성과 재난 발생 시 단절로 인한 해당도로의 심각도를 나타낸다고 할 수 있다.

최종 긴급대피교통로 선정을 위해 각 노드와 링크에 대한 군집분석(cluster analysis)을 수행하여 우선순위 대상 도로를 선정하였다.

군집분석은 유사성 높은 개별 객체들을 그룹화하는 것으로 유사성은 주로 거리척도(distance measure)로 측정된다. 본 연구에서는 계층적 군집화(hierarchical clustering)방법으로 주로 사용되는 Ward법을 이용하여 대상 그룹을 군집화 하였다. Ward법은 두 군집간의 거리를 군집에 속한 모든 객체들의 측정치의 분산을 기준으로 산정하여 군집 내 오차제곱합(error sum of square)이 최소제곱을 가지게 되도록 그룹화 하는 방법이다. Ward법의 군집간 거리계산은 식(5)와 같다.

$$W = \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \quad (5)$$

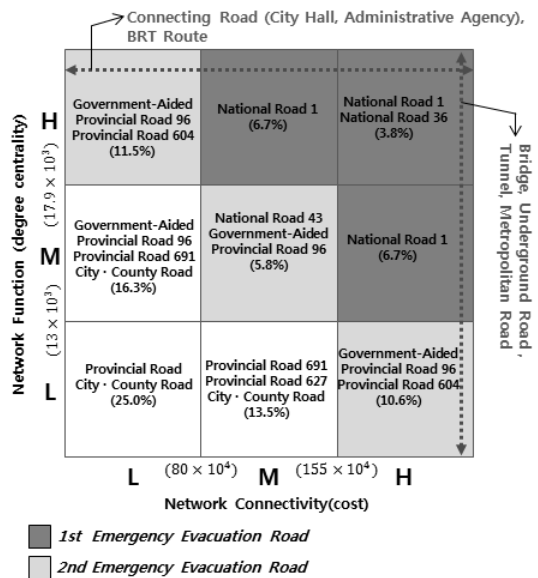
여기서, W : 군집간의 거리

X_i : 각 군집의 i 번째 대상의 속성치

\bar{X} : 각 군집을 구성하는 대상들의 평균치

n : 각 군집을 구성하는 대상들의 수

군집분석 결과, 그림 7과 같이 각 노드와 링크 모두 3개 그룹(상, 중, 하)으로 분류 되었다. 연결정도 중심성 값이 높은 그룹은 세종시 주요 지역(행복도시)이나 기관(시청, 역 등)을 지나는 도로에서 높게 나왔으며, 재난 발생 시 발생하는 사회적 비용은 교량이나 터널 등이 위치한 도로와 인근 지역과의 연결도로들이 가장 높은 그룹으로 분류 되었다.

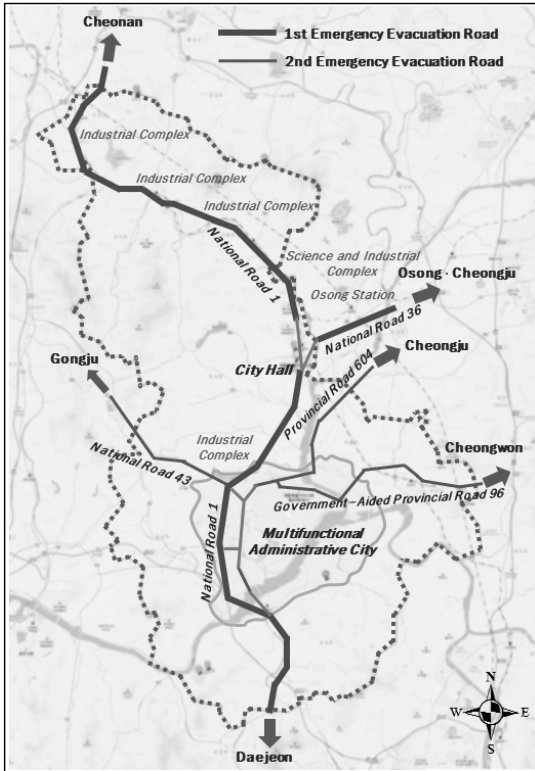


〈그림 7〉 군집분석 결과
 〈Fig. 7〉 Result of Cluster Analysis

그림 8에는 최종 선정된 긴급대피교통로를 나타낸 것이다. 군집별 특성에 따라 상위 3개 그룹은 1차 긴급대피교통로, 다음 3개 그룹 내 주요도로는 2차 긴급대피교통로로 선정하였다. 본 연구에서는 도로의 연결성과 기능에 대한 중요도(가중치)를 같게 하여 긴급대피교통로를 선정하였지만 향후 도시 지역 특성과 의사결정자에 따라 가중치를 달리 적용하여 선정할 수 있을 것이다.

1차 긴급대피교통로는 도시의 주 골격을 이루는 노선으로 도시의 주요 거점지역(시청, 산업단지, 행

복도시)을 중심으로 외부와 연결된 도로이다. 이는 재난 발생 시 외부로 대피하는데 있어 주요 축이 될 것으로 판단된다. 한편 2차 긴급대피교통로는 1차 긴급대피교통로와 내부 주요방재 거점(연구기관, 역, 공공기관 등)을 연결하는 특징을 지니며 지역 내 긴급수송을 담당하는 기능을 지니는 도로들로 구성된 것을 볼 수 있다.



〈그림 8〉 선정된 긴급대피교통로
 〈Fig. 8〉 Emergency Evacuation Roads

IV. 결론 및 향후과제

재난 시 도로망 네트워크는 지역 주민들의 대피뿐만 아니라 구조·복구 등에 있어 중요한 역할을 하므로 교통시스템에 대한 방재대책수립이 시급한 실정이다. 이를 위해선 사전 긴급대피교통로를 지정하고 관리하여 재난 발생 시 도로의 기능이 유지될 수 있도록 하여야 한다.

본 연구에서는 교통방재대책 수립을 위한 기초

연구로써 도시지역 도로네트워크의 기능 및 특성, 교통량 등을 고려하여 긴급대피교통로 선정방법을 제시하였다.

먼저, GIS자료를 활용한 네트워크 분석(Network Analysis)을 통해 도로망 네트워크 내 노드(node)에 대한 정량적 분석을 수행 하였으며, 전통적 수요추정과정 중 통행배정(trip assignment) 모형을 이용한 시뮬레이션 분석을 통해 재난 시 도로 이용자의 통행패턴의 변화와 통행시간 비용을 분석하여 도로의 기능 손실이 네트워크에 미치는 영향력이 큰 링크를 파악하였다.

네트워크 분석과 시뮬레이션 분석을 통해 도출된 링크와 노드에 대한 지표에 대해 군집분석을 수행하여 그룹화 하고 도로의 중요도에 따라 최종 긴급대피교통로를 선정하였다. 본 연구를 통해 도시 지역 방재계획 및 재난 대응 방안을 위한 의사결정 시 기초자료로 사용될 수 있을 것이라 판단된다.

향후 네트워크 규모가 큰 광역권 단위로 범위를 확장하여 분석이 수행될 필요가 있으며, 선정된 긴급대피교통로를 중심으로 차량 및 보행자의 대피와 긴급차량의 교통로 확보 방안을 마련할 수 있는 교통방재 측면에서의 구체적인 방재대책 매뉴얼 수립이 필요할 것으로 판단된다. 또한 긴급대피교통로 선정과정에서 SOC시설물의 자산적 가치와 인근 지자체 등과의 연계방안을 고려할 수 있는 추가 연구가 필요할 것으로 판단된다.

REFERENCES

[1] M. S. Do, "Estimation of Vehicles Evacuation Time by using Lane-based Routing Method", *J. of the Korea Institute of Intelligent Transport Systems*, Vol. 12, No. 6, pp.29~36, December 2013.

[2] J. Lee, "A Study on the Disaster Prevention Road Network System through the Japan case", *International J. of Highway Engineering*, Vol. 15, No. 4, pp.5~8, December 2013.

[3] J. Duanmu, M. Chowdhury, and K. Taaffe, "A

- Simulation Modeling Framework for Community-wide Evacuation Planning”, *J. of Transportation Security*, Vol. 4, Issue 1, pp.1~18, March 2011.
- [4] G. Shen, and S. G. Aydin, “Highway Freight Transportation Disruptions under an Extreme Environmental Event : the case of Hurricane Katrina”, *International J. of Environmental Science and Technology*, Vol. 11, Issue 11, pp.2387~2402, November 2014
- [5] T. J. Cova and J. P. Johnson, “A network flow model for lane-based evacuation routing”, *J. of Transportation Research Part A : Policy and Practice*, Vol. 37, Issue 7, pp.579~604, August 2003.
- [6] M. H. Lee, “Basic Design of a Disaster Information System Introducing Smart Devices - Focusing on Storm and Flood”, Master Degree Thesis, Hanyang University, February 2012.
- [7] Y. S. Koo, S. H. Lee, and J. Jung, “Selecting and Assessing Vulnerable Zones of Snow Damage in Urban Areas - the case of City of Busan”, *J. of the Korean Society of Civil Engineers*, Vol. 33, No. 3, pp.1077~1086, May 2013.
- [8] Y. C. Jo, S. I. Shin, and C. J. Lee, “Predefined Access Routes for Quick Response to Disaster Areas”, *J. of Korean Society of Transportation*, Vol. 25, No. 6, pp.43~53, December 2007.
- [9] Y. T. Son, “Developing and Utilizing Transportation Disaster Prevention System Considering Regional Characteristics” *International J. of Highway Engineering*, Vol. 11, No. 1, pp.217~231, March 2009.
- [10] The Korea Transport Institute, A Preliminary Study on National Road Transportation Disaster Prevention System, p.95, 2012.
- [11] Ministry of Land, Infrastructure, and Transport. Traffic facility investment evaluation guideline 5th revision. Ministry of Land, Infrastructure, and Transport, p.171~176, 2013.

저자소개



노 윤 승 (Noh, Yunseung)

2013년 : 영남대학교 학사 졸업(건설시스템공학전공)

2013년 ~ 현재 : 한밭대학교 석사 과정(도시공학과)

e-mail : nys0713@naver.com

연락처 : 042-821-1663



도 명 식 (Do, Myungsik)

2000년 : 교토(Kyoto)대학교 토목공학과 교통계획 전공 졸업(박사)

2000년 ~ 2002년 : 한국건설기술연구원 토목연구부 선임연구원 근무

2009년 ~ 2010년 : Univ. of Iowa (visiting scholar)

2002년 ~ 현재 : 한밭대학교 도시공학과 교수

e-mail : msdo@hanbat.ac.kr

연락처 : 042-821-1192