

도시지역 대규모 재난발생 리스크에 대비한 지역방재계획

Regional Disaster Prevention Planning Against Catastrophe Risk in Urban Areas



도명식



노윤승

서론

유엔(UN) 인구국에서 발표한 ‘도시화 전망보고서’에 따르면 2008년부터 지구상에 살고 있는 인구 가운데 절반 이상이 도시지역에 살기 시작한 것으로 조사되었다. 전 세계적으로 도시화가 빠르게 진행되고 있으며 우리나라의 경우에는 2014년 현재 도시화율이 80%를 넘고 있다(UN, 2014). 도시화율의 진행은 자원, 에너지, 교통, 교육, 보건 등 다양한 분야에서 효율적인 측면도 많이 있지만 자연재해(태풍, 지진 등) 및 예측 불가능한 사고(화재, 가스폭발, 테러 등)가 발생하였을 때 철저한 준비가 되어있지 않은 경우 막대한 재산적 혹은 인적 피해를 입을 수 있다.

이렇게 발생의 가능성은 상대적으로 적지만 한 번 발생하면 대규모의 피해를 주는 것을 Catastrophe risk라 한다. 2014년 소방방재청(현재 국민안전처로 개편)에 의하면 2013년 기준 자연재난으로 인한 재산피해액과 복구비가 약 5,587억 원에 이

르는 것으로 조사되었으며 통계자료에 포함되지 않은 사회·인적 재산피해액까지 합치면 더 클 것으로 판단된다.

이처럼 기후 변화 등으로 인한 집중호우나, 태풍, 지진 등과 같은 자연재해 뿐만 아니라 산업단지 내 가스 누출·폭발 사고, 방사능 누출사고 등의 크고 작은 사회·인적재난의 피해와 빈도가 점차 증가함에 따라 재난관리에 대한 관심과 필요성이 증가하고 있다.

국내에서도 세월호 참사 이후 2014년 11월 18일부터 안전관리 및 방재기능을 국가적 체계로 운영하기 위한 목적으로 국가적 재난 컨트롤 타워인 국민안전처가 출범하는 등 국가와 지자체 모두 재난 및 안전관리 체계를 확립하여 재난예방 및 관리를 강화하고자 노력하고 있다.

하지만 아직까지는 국내 방재대책 대부분이 홍수나 태풍·해일 등의 사전 예측 가능한 재난에 대한 정보제공 수준으로 각종 재난에 대한 체계적이고 세부적인 관리 대응책이 마련되어 있지 않으며

도명식 : 한밭대학교 도시공학과, msdo@hanbat.ac.kr, Phone: 042-821-1192, Fax: 042-821-1185

노윤승 : 한밭대학교 도시공학과 석사과정, nys0713@naver.com, Phone: 042-821-1663, Fax: 042-821-1185

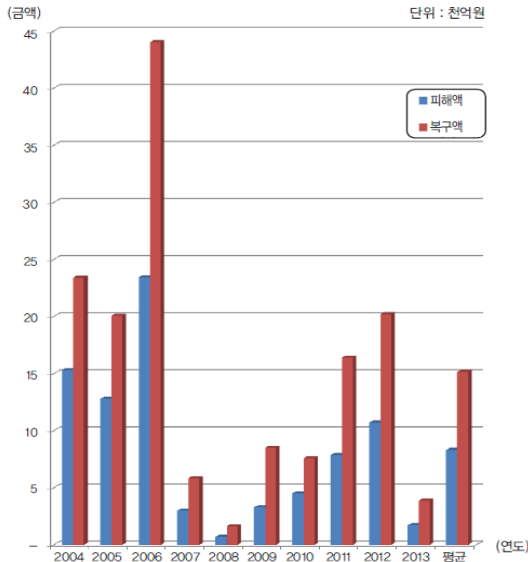


그림 1. 최근 10년 간 자연재해로 인한 피해·복구액 현황

자료: 소방방재청, 「2013 재해연보」, 2014

주) 2013년 환산 가격을 기준으로 함

특히 예측 불가능한 사고를 대비한 대피·대응 매뉴얼 수립은 미흡한 현실이다.

교통재난을 대비한 도시 방재계획

1. 교통방재체계 구축의 필요성

국가의 필수적인 서비스를 제공하는 전기, 가스, 상·수도, 교통망 등과 같은 라이프라인 네트워크(Lifeline Network)는 연결성이 강한 사회기반 시설 네트워크로 재난으로 인해 단절되거나 손실되어 본래의 기능을 하지 못할 경우, 시설물의 1차 피해에만 그치는 것이 아니라 그 피해가 주위로 확

산되어 전체적인 네트워크의 기능손실을 가져오게 된다.

교통재난이라 함은 자연·인적·사회적 재난이 라이프라인 네트워크 중 하나인 교통망에 부정적인 영향을 주어 교통시스템의 기능을 저하시키는 것을 말한다. 도로 네트워크상에서의 재난은 교통시스템 특성상 시스템의 자체적 문제에만 그치는 것이 아니라 지체·고립 등으로 인해 2차적 피해가 더 크게 발생 할 수 있다.

2011년 3월 11일 일본에서 발생된 대지진과 쓰나미로 인한 원자력발전소의 방사능누출사고는 교통부문 재난 대비의 중요성을 전 세계적으로 부각 시킨 사건으로 실제 재난 발생 시 단·장기적인 측면에서 도시 내 교통시스템은 응급대피와 구출·구조 및 복구 등을 위한 중요한 역할을 한다.

외국의 경우, 지진과 태풍 등의 자연재해가 빈번한 일본에서는 국가나 지방자치단체 단위에서 재난 발생 시 피해를 최소화할 수 있도록 대피로 계획, 도로를 이용한 수송계획 및 복구 매뉴얼까지 상세히 수립하고 있으며 나아가 도로차체의 내진 설계 뿐만 아니라 네트워크 단절을 막기 위해 도로 주변에 위치한 건축물에 대해서도 내진화를 추진하는 등 지속적인 연구가 이루어지고 있다. 또한 허리케인이나 테러 등을 경험한 미국에서도 국가나 주정부 차원에서 각종 재난에 대비한 교통방재계획을 수립하고 있다.

그러나 우리나라는 일반적인 개념의 방재체계는 구축되어 운영되고 있지만 교통재난을 전담하여 종합적으로 대응하는 관리 기관이나 위원회가 없어 사실상 교통방재체계는 존재하지 않는다. 대부

표 1. 교통재난의 구분 및 특징

구분	피해유형
1차적 교통재난	교통 이용자 혹은 교통수단 자체의 문제 발생 교통 시설 및 시스템의 문제 발생 교통사고, 교통관련 시설물 붕괴, 터널 화재, 도로 유실, 교통정체, 도로 점거 등
외부 환경에 의한 간접적 원인	교통 이용자, 교통수단, 교통 시설 및 시스템의 문제 발생 눈, 안개, 폭우, 화재, 지진, 폭풍 및 태풍, 테러 등 외부 충격에 의한 교통시스템의 서비스 기능 저하
2차적 교통재난	1차적 재난의 공간적 확산 접근성 및 이동성 결여로 인한 인명피해 확산 등 2차적 재난

자료: 정연식 외, 국가도로교통방재체계 구축방안, 2012, 11-13.

분의 관련 연구 또한 홍수나 태풍, 설해 등과 같이 빈번히 발생하는 사고에 대한 위험도 예측 연구나 시설개선에 대한 연구에 집중되어 왔다.

재난으로 인해 도시지역에 긴급 상황이 발생했을 경우 비상계획구역의 범위 선정과 대피시간의 추정은 계획의 첫 단계이며, 재난의 규모에 따른 대피로의 선정과 관리, 적절한 대피정보의 제공과 유도는 공공기관의 의무이다(강창모, 2013).

도로 네트워크의 경우 예기치 못한 긴급상황이 발생할 경우 도로의 용량, 신호체계 등 제약조건으로 인해 신호연동이나 공공기관의 대피 정보만으로 처리해야 할 교통수요에 대응하여 운영하기에는 한계가 있어, 교통시스템 측면에서 사고발생 이전에 지자체별 도로 네트워크 및 피해 상황 등을 고려한 교통방재체계구축이 필요하다(도명식, 2013).

즉 교통시스템 측면에서의 방재계획을 수립하기 위해서는 사전 방재도로 선정이나 대피방법 · 효과 등과 같은 연구가 선행 되어야 하며 이를 통해 재난 발생 전 구체적인 방재체계구축이 필요 하지만 국내 지자체별 매뉴얼을 보면 이에 대한 실질적인 세부 계획을 포함하지 못하고 있으며 도로 네트워크 대상의 재난대응책 관련 연구 또한 미비한 실정이다.

2. 외국의 교통방재체계

일본이나 미국과 같은 재난사고가 빈번한 외국의 경우 일찍이 태풍, 홍수, 지진, 화재, 테러, 원자력 사고 등의 다양한 재난에 대한 사전대책 및

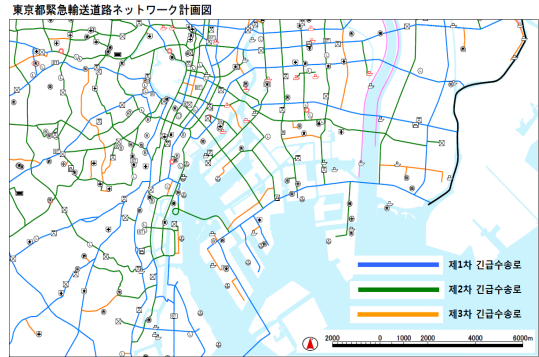


그림 2. 동경도 긴급수송도로 지정 현황

자료 : 동경도건설국, <http://www.kensetsu.metro.tokyo.jp/>

대피 · 대응과 관련된 연구가 수행되어 왔다.

지진이나 태풍 등 자연재해가 빈번한 일본의 경우 총무성과 국토교통성을 중심으로 중앙정부에서부터 각지자체 단위로 방재조직을 구성하여 재난에 대응하고 있으며, 2011년 대지진 이후 재해에 대한 완벽한 방재는 불가능하다고 보고 재난 대응 전략을 기존의 “방재(防災)” 개념에서 “감재(減災)” 개념으로 일부 수정하여 재난 발생 시 피해를 최소화할 수 있는 있도록 사전 대책을 수립하고 있다.

교통방재 측면에서는 방재도로를 크게 긴급교통로와 긴급수송도로로 분리하여 운영하고 있으며,公安위원회(公安委員會)와 도로관리자가 재난 발생 이전에 방재도로를 조사 · 선정하고 관리하여 실질적인 수송계획 및 대응 계획을 수립하고 있다(이준, 2013).

나아가 일본에서는 재난 시 전보전달의 중요성을 인식하고 정보전달 방안과 효과에 대한 연구를

표 2. 일본의 긴급수송로 및 선정기준(총무성)

명칭	고려사항	노선수
동경도	1차 긴급수송로 도본청사, 지방중심도시 및 항만, 공항 등을 연결하는 도로	108
	2차 긴급수송로 제1차 긴급수송도로와 주요 방재거점(행정기관, 공공기관, 역, 항만 등)을 연결하는 도로	243
	3차 긴급수송로 기타의 도로	182
카나가와현	1차 긴급수송로 일반국도 등 주요 간선도로로 광역적 네트워크 및 항만 등을 연결하는 노선	145
	2차 긴급수송로 제1차 긴급수송로를 보완하며, 지역적 네트워크를 형성하는 노선 및 청사 등에 연결하는 도로	168
야마나시현	1차 긴급수송로 고속도로, 일반국도, 주요 지방도부터 응급요원 및 의약품 등을 운송하기 위한 도로	19
	2차 긴급수송로 일반국도, 주요지방도, 일반현도, 시/읍/면으로부터 지정된 긴급운송을 위한 도로	70
나가노현	1차 긴급수송로 고속도로, 일반국도, 주요지방로, 일반현도로부터 지정된 긴급운송을 위한 도로	48
	2차 긴급수송로 일반국도, 주요지방도, 일반현도, 시/읍/면으로부터 지정된 긴급운송을 위한 도로	80

자료 : 이준, 일본방재시스템 분석을 통한 한국의 방재도로 네트워크 구축방안, 2013, 5-8.

통해 대피유도의 효율성을 높이기 위한 연구들도 활발히 진행 중이다.

반면, 미국에서는 연방재난관리청(FEMA)이나 연방도로청(FHWA)을 중심으로 국가와 주정부 차원에서 재난관리 체계를 구축하고 있다.

교통 분야에서의 방재관련 연구는 2005년 남부 지역을 강타한 태풍 Katrina 이후 활발히 진행되어 왔다. 특히 예측 불가능한 재난(unexpected disaster)에 대비한 대피 및 소개 계획 구축에 관한 연구가 활발히 진행되어 왔으며, 차로기반 경로 유도(lane based routing)방식 등과 같은 방식을 대피모형에 적용시킴으로써 효율적인 방재계획 수립을 위한 다양한 노력을 기울이고 있다(Cova et al., 2003).

3. 교통방재체계 구축방안

세종시는 국가 균형발전을 위해 2012년 출범한 계획도시(행정구역은 1읍9면2동)로 도시 내 연기면·도담동·한솔동·연동면·금남면 일부는 '행정복합중심도시(행복도시)'라는 이름으로 현재 국가 주요 행정기관과 연구기관들이 위치하고 있다. 최종적으로 36개의 중앙행정기관과 16개의 국책연구기관이 위치 할 예정이어서 향후 국가행정기능을 담당할 국가적으로 매우 중요한 지역이라 할 수 있다(그림 3 참조).

또한 행정중심복합도시 외곽 지역에는 조치원산

업단지(연기면)·전의산업단지(전의면)·노장산업단지(전동면)·소정산업단지(소정면)등 여러 업종의 산업단지가 위치해 있어 다양한 종류의 잠재적인 사고 위험을 가지고 있다. 앞으로도 추가적인 주요기관 이전이 계획되어 있고 인구 유입 또한 지속적으로 늘어나게 될 전망이어서 사전 방재대책이 세워지지 않는다면 재난 발생 시 인적피해와 더불어 국가업무가 마비되는 등 사회적 손실이 큰 지역이라 할 수 있다.

도로망 네트워크는 크게 도로(링크)와 노드(교차로)로 구성되어 있는데 교통방재시스템 구축 시 우선 이러한 링크와 노드의 기능과 역할 및 교통수요 등을 고려한 네트워크 연결망에 대한 정량적 분석이 필요하다. 또한 링크와 노드는 수용할 수 있는 용량이 한정되어 있어 교통재난 발생 시 교통혼잡, 2차사고 등의 2차 재난으로 피해는 더욱 증가하게 된다.

따라서 재난 발생으로 인해 발생하게 되는 사회적 비용(시간)이나 통행패턴의 변화 등을 파악하여 네트워크 내 영향력이 큰 도로를 중심으로 방재도로 선정하고 사전관리 방안 및 사고 발생 시 대



그림 3. 세종시 행정구역

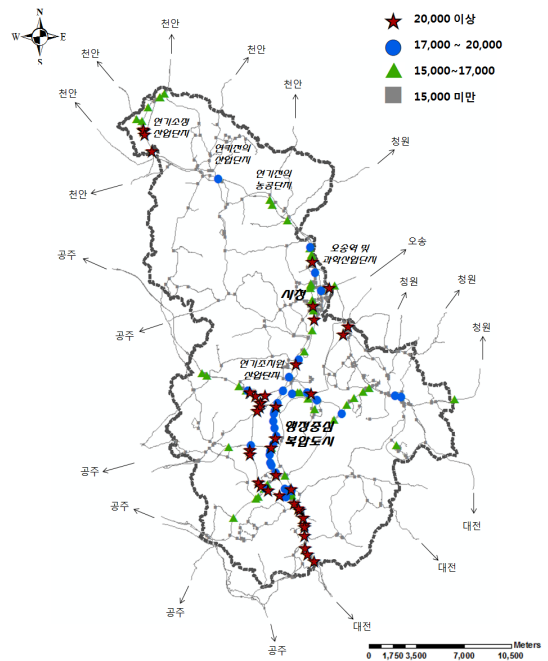


그림 4. 세종시 도로망을 대상으로 한 연결정도 중심성 분석

피방법 · 효과 등을 분석할 필요가 있다.

그림 4에는 세종시 도로망을 대상으로 연결정도 중심성 분석을 한 결과를 나타내고 있다. 여기서 연결정도 중심성 지표는 한 노드에 연결된 차로수를 연결정도로 보고 링크의 특성을 나타내는 각 차선의 용량을 가중치로 사용하는 것으로 연결정도 중심성 값이 큰 노드들은 대피경로 선정에 있어 우선순위가 높다고 해석할 수 있다.

나아가 예측 불가능한 재난 발생으로 인한 네트워크 내 링크가 기능을 다하지 못하거나 단절 될 경우 교통시스템의 변화로 인해 발생하게 될 사회적 비용을 분석하여 도로망 내 영향력이 큰 도로를 중심으로 대피경로를 선정할 수 있으며, 이를 바탕으로 공공기관의 대피정보의 효과를 산정할 수 있을 것이다. 이때 긴급차량의 이동과 대피정보의 제공 등 관련기관과의 협조체계 또한 지역방재 전략에서 매우 중요한 선결과제라 할 수 있다.

결론

도시화가 진행되고 복잡해짐에 따라 재난의 유형 또한 다양해지고 있으며, 이에 따른 도시지역에서의 자연재해 및 예측 불가능한 사고(교통사고, 화재, 가스폭발, 테러 등)의 위험성 또한 커지고 있어 시민들의 피해를 줄이기 위한 지역방재전략 수립이 필요하다.

도시민에게 필수적인 이동 서비스를 제공하는 교통망 네트워크는 재난 발생 시 교통지체, 고립 등을 유발시켜 네트워크 전체를 마비시킬 수 있다. 따라서 신속한 대피·복구 등에 필요한 긴급 교통로 등의 지정과 관리, 관계기관 협조체계 등 사전 방재대책 수립이 시급한 실정이다.

선진국(미국과 일본 등)의 경우 일찍이 재해대책기본법 등을 제정하여 국가와 지자체별로 이러한 교통시스템에 대한 철저한 방재계획을 수립하여 재난에 대비하고 있다.

하지만 국내에서는 발생 가능한 재난에 대비한 방재체계 개념은 있지만 아직까지 구체적인 대응 매뉴얼은 없는 실정이다.

특히 교통시스템 측면에서의 방재체계 구축을 위해서는 재해발생 이전 시민(혹은 이재민)의 피난 및 긴급차량의 교통로 확보 등을 통해 2차 피해를 줄일 수 있는 방재도로의 선정이 우선적으로 선행되어야 한다.

또한 방재도로 선정과 관리 단계에서 SOC시설물의 자산적 가치와 교통네트워크 상에서의 중요성을 산정하고, 인근 지자체 등과 연계하여 방재정보의 제공, 교통통제, 피난자 유도, 긴급차량의 지원 등의 지역단위의 방재전략 수립 및 관리방안 구축이 수립되어야 할 것이다.

참고문헌

강창모 (2013), 교통시물레이션을 이용한 재난 대피모형 개발에 관한 연구, 영남대학교대학원 박사학위논문.

도명식 (2013), 차로기반 경로유도방식을 이용한 차량의 소개시간 추정, 한국ITS학회논문집, 12(6), 22-36.

동경도건설국, <http://www.kensetsu.metro.tokyo.jp/>

소방방재청 (2014), 2013 재해연보.

이준 (2013), 일본 방재시스템 분석을 통한 한국의 방재도로 네트워크 구축방안, 한국도로학회논문집, 15(4), 5-8.

정연식, 원민수, 설재훈, 임재경 (2012), 국가 도로교통방재체계 구축방안, 한국교통연구원.

Cova T. J., Johnson J. P.(2003), A Network Flow Model for Lane-based Evacuation Routing, J. of Transportation Research Part A : Policy and Practice, 37(7), 579-604.

UN (2014), World Urbanization Prospects.