

[Research Paper]

## 침수피해지역의 응급이송서비스 취약성 분석

이윤하 · 홍원화<sup>\*†</sup> · 이지수<sup>\*\*</sup> · 최준호<sup>\*\*\*</sup>

경북대학교 건설환경에너지공학부 대학원생, \*경북대학교 건설환경에너지공학부 교수

\*\*경일대학교 소방방재학과 교수, \*\*\*부경대학교 소방공학과 교수

## Analysis of Vulnerability of Emergency Transport Service for Flooded Area

Yoon-Ha Lee · Won-Hwa Hong<sup>\*†</sup> · Ji-Soo Lee<sup>\*\*</sup> · Jun-Ho Choi<sup>\*\*\*</sup>

Graduate student, Dept. of School of Architectural, Civil, Environmental and Energy Eng. Kyungpook National University

\*Professor, Dept. of School of Architectural, Civil, Environmental and Energy Eng. Kyungpook National University

\*\*Professor, Dept. of Fire Safety, Kyungil University, \*\*\*Professor, Dept. of Fire Protection Engineering, Pukyong National University

(Received June 20, 2018; Revised July 24, 2018; Accepted July 26, 2018)

### 요 약

최근 도시화 및 인구의 밀집화는 전 세계적인 기후변화의 영향과 더불어 재난의 대형화 및 복합화를 유발하고 있다. 그러나 국내의 경우, 재난발생에 대하여 예방, 구조, 복구에 중점을 두고 있으며, 재난 시 생명유지에 절대적으로 필요한 재난의료는 외면되고 있는 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 침수피해가 빈번하며, 지하주택이 밀집되어 피해가능성이 크다고 판단되는 서울시를 대상으로, 침수이력지역의 지하주택을 응급환자 발생지로 가정하고 이송거리 및 이송시간을 분석하였다. 본 연구는 응급의료시설과 재난발생지로의 접근성과, 구급대로부터 재난발생지로의 접근성을 함께 고려하여 응급의료서비스 개선의 기초자료로써 의의가 있다고 판단된다.

### ABSTRACT

Recent urbanization, population densification, and the impact of global climate change are causing disasters to become larger and more complex. Meanwhile, in Korea, there is an emphasis on preventing, restoring, and recovering from disasters. However, disaster medical care, which is absolutely necessary to maintain life in a disaster, is being ignored. Therefore, in this study, we selected Seoul as the study area where flood damage is frequent and underground housing is densely populated. Assuming underground housing in the immersion history area as the emergency patient site, transfer distance and transfer time were analyzed. This study considered both accessibility to emergency medical facilities and disaster sites and accessibility from emergency services to disaster sites. Therefore, it seems to be meaningful as basic data for the improvement of emergency medical services.

**Keywords** : Emergency medical service, Emergency transfer time, Jurisdiction area, Flood

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

기후변화의 가장 주요한 효과들 중 하나는 극심한 자연 재해의 증가이며, 세계 인구가 증가하고 있다는 것은 자명한 사실이다<sup>(1)</sup>. 도시화 및 인구의 밀집화는 전 세계적인 기후변화의 영향과 더불어 재난의 대형화 및 복합화를 유발하고 있다. 침수현상은 기후변화로 인한 극심한 강수 현상

으로 인해 빈도와 강도가 증가할 것으로 예상된다<sup>(2-4)</sup>.

한편, EM-DAT에 따르면 지난 삼십년 동안에 걸쳐서 평균적으로 매년 1억 명 이상의 사람들이 홍수 피해를 입고 있다<sup>(5)</sup>. 이에 따라 인명보전을 위한 응급의료서비스의 중요성이 높아지고 있지만, 국내의 경우, 재난발생에 대하여 예방, 구조, 복구에 중점을 두고 있으며, 재난 시 생명유지에 절대적으로 필요한 재난의료는 외면되고 있는 실정이다<sup>(6)</sup>.

응급의료서비스는 일반 외래 환자에 비해 생존 및 예후

<sup>†</sup> Corresponding Author, E-Mail: [hongwh@knu.ac.kr](mailto:hongwh@knu.ac.kr), TEL: +82-53-950-5597, FAX: +82-53-950-6590

© 2018 Korean Institute of Fire Science & Engineering. All right reserved.

가 발생 초기의 신속한 응급처치에 따라 생존율에 크게 영향을 받으므로, 서비스의 질과 양적인 측면에서 고강도의 서비스가 요구되며, 환자의 이송시간은 환자의 생존 여부에 큰 영향을 미치기 때문에 환자발생지와 의료기관과의 접근성이 매우 중요한 요소로 작용한다<sup>(7,8)</sup>. 또한 골든타임 내 응급처치가 환자의 생사를 가를 수 있다는 사실이 강조되면서 구급대의 출동시점부터 이송까지의 시간적 낭비를 최소화하기 위한 많은 노력을 기울이고 있다. 더불어 응급환자의 119 이송 비율이 점차 상승되고 있다는 점<sup>(9)</sup>은 응급의료서비스의 권역 및 취약지 분석에 응급의료시설과 구급대의 환자발생지로부터 접근성이 중요한 요소임을 방증한다.

그러나 기존 응급의료서비스의 권역 및 취약지 분석 관련 연구<sup>(8, 10-13)</sup>는 응급의료시설과 환자발생지로의 접근성과 구급대와 환자발생지로의 접근성이 함께 고려되지 못하여 실질적인 응급의료서비스 개선의 자료로써 부족하다.

따라서 본 연구는 응급의료서비스의 범위를 환자발생에 따른 구급대 출동, 구급대 이송 후 응급의료시설 도착의 두 단계를 모두 고려하여 취약지를 분석하고자 하였다. 또한 빈번히 발생하는 침수현상을 고려하여 지하주택 침수에 따른 응급환자 발생 상황을 가정하고, 대상지의 지하주택 중 침수흔적도를 바탕으로 침수발생을 고려한 응급환자 발생지를 도출하였다.

**1.2 연구의 방법 및 범위**

급류 및 침수심에 의한 익사 또는 염좌, 열상, 타박상, 찰과상 등 홍수 관련 부상과 수인성 등 물 관련 질환은 홍수 발생 직후부터 복구 및 재건과정에서 발생할 수 있으나, 이러한 부상 및 질병은 적절하게 모니터링 되지 않기 때문에 홍수사상으로 인하여 발생한 질병을 수치화하기가 어렵다<sup>(5,14)</sup>. 또한 사망, 부상 및 질환에 따른 응급환자의 발생지역을 명확히 제시하기 어렵다.

따라서 본 연구에서는 수해발생이력이 있는 지역을 응급환자 발생 지역으로 설정하고, 홍수 피해에 의해 응급환자가 발생한 상황을 가정하여 연구를 진행하였다.

연구의 대상지는 2010~2013년 집중호우로 인한 큰 침수피해를 입었던 서울시로 선정하였다. 「의료법」 제3조에 따라 응급의료서비스가 가능한 병원으로 지정된 서울시의 52개 의료기관과 116개의 119안전센터의 위치정보와 속성 정보를 바탕으로 GIS network 분석을 실시하였다.

응급환자 수송차량의 속력은 도로 상황이나 신호체계 등 복잡한 관계 속에서 결정되게 되지만, 본 연구에서는 통상적인 서울의 제한속도인 60 km/h)을 이상적인 이송속도로 가정하고 연구를 진행하였다. 또한 출동거리 및 이송시간에 관한 선행연구<sup>(15-19)</sup>를 토대로 수송차량의 속도를 가정하고 이상적인 이송속도와 현실을 반영한 속도 결과를 비교하였다.

Table 1. Basic Data for Analysis

Data	Source
Building	www.juso.go.kr
119 Safety Center	www.data.go.kr
Emergency Medical Center	www.e-gen.or.kr
Road	www.nsd.co.kr
Inundation Trace Map	safety.seoul.go.kr

**2. 도시 침수와 응급의료서비스**

**2.1 도시 침수와 인명피해 발생**

가장 일반적으로 보고되는 홍수 관련 부상은 염좌, 열상, 타박상 그리고 찰과상 등이다. 사람들은 급류에 휩쓸린 물건 또는 붕괴하는 건물이나 구조물 등을 피해 달아나려고 하다가 부상을 입게 된다<sup>(20)</sup>. 홍수 발생 후의 부상은 사람들이 복구 및 재건 과정에 착수하면서 발생한다<sup>(4,5,14,21)</sup>.

선행연구<sup>(23)</sup>에 따르면 국내의 경우 외수범람보다는 내수 침수가 빈번히 발생하고 있으며, 하천의 중류나 상류는 대부분 산지로 되어 있어 경사가 급하여 집중호우 발생 시 매우 짧은 시간 유출의 발생으로 빈번한 홍수 피해가 증가하고 있는 추세이다. 또한 불투수면의 증가로 인해 홍수유출량이 증가하고 도달시간도 단축되어 대규모 홍수피해가 발생할 위험이 커지게 되었다.

한편, 도시화와 인구밀집화는 더 많은 사람들이 수재해에 노출 될 것을 의미한다<sup>(4,5,20)</sup>. 우리나라는 1960년대부터 산업화에 따른 수도권 인구집중과 더불어 주택부족 현상이 대두됨에 따라, 민간부문에서 자생적으로 대응한 주택 형태로 일반 주거지역에서 ‘반지하’가 확산되었다<sup>(24)</sup>. 반지하 주거는 2014년 기준으로 서울을 중심으로 하여 수도권(98%)에 집중적으로 분포되어 있어, 수도권 주거문제라고 할 수 있다<sup>(25)</sup>. 2016년도 주거실태조사에 따르면, 전체 가구 중 반지하 및 지하 주택에서 생활하는 가구는 총 576,725가구로 3.02%를 차지하며, 피난 취약 가구(1인 가구, 고령자가 있는 가구, 장애인이 있는 가구 포함) 중 반지하 및 지하 주택에서 생활 하는 가구는 3.88%로 나타났다.

2017년 7월 23일 인천시 남동구 지하주택에서 95세 노인이 사망한 사건<sup>2)</sup>, 2017년 9월 11일 이탈리아 중부 투스카니의 다가구 지하주택에서 아동 및 노인 포함 4인이 사망한 사건<sup>3)</sup> 등 폭우로 인한 침수는 반지하 및 지하 주택에 큰 위협이 되고 있다.

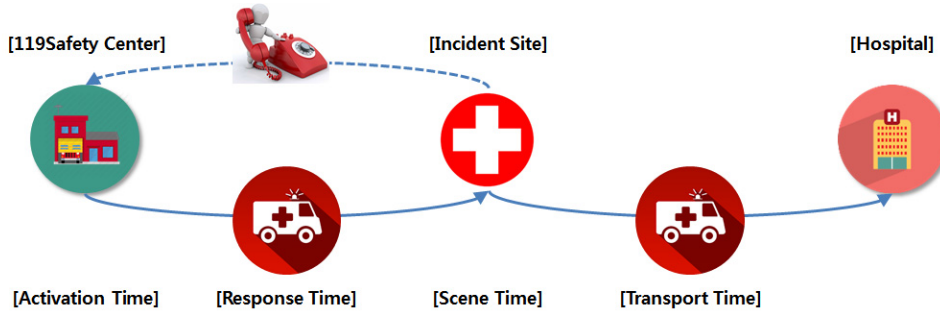
**2.2 응급의료서비스의 역할 및 소요시간**

응급의료체계는 응급통신망, 환자이송체계 등이 유기적으로 연결되어 응급환자에게 효과적으로 응급처치를 제공

1) 서울 시내 일반도로의 제한속도는 시속 60 km 이하이다. (자동차전용도로 제외)  
 2) <http://www.yonhapnews.co.kr/bulletin/2017/07/23/0200000000AKR20170723033600065.HTML>  
 3) <https://www.voakorea.com/a/4023744.html>

**Table 2.** Status of Housing<sup>(33)</sup>

Classification	Location of Housing				
	On the Ground	Half Underground	Underground	Rooftop	Total
Whole Country	18,514,137	5335,133	41,592	20,168	19,111,030
Single-person Household	4,921,980	252,639	19,244	9,333	5,203,196
Households with the Elderly	4,794,885	115,972	8,181	4,796	4,923,834
Households with the Handicapped	1,223,342	43,565	2,405	3,082	1,272,394



**Figure 1.** Classification of time required for emergency medical services.

하기 위한 신속한 구급출동체계를 갖추어야 하며 이를 위해서는 구급차량 및 인력의 적절한 배치와 급속반응체계의 구축이 필요하다<sup>(26)</sup>.

미국의 경우 1973년 EMS System Act를 제정한 것을 기초로 응급의료전달체계가 발전하여 왔으며, 현재까지도 응급의료서비스의 효율성을 높이기 위해 반응시간을 줄이기 위한 노력이 진행 중이다<sup>(19)</sup>. 국내에서도 반응시간 및 총 이송시간을 줄이기 위해 사고별 골든타임 도출, 구급차량 길터주기 등 많은 노력을 기울이고 있다.

한편, 응급의료서비스의 소요시간은 도입시간(신고 접수 후부터 구급차의 출동까지의 시간), 반응시간(구급차 출동부터 현장 도착까지의 시간), 현장시간(현장 도착부터 처치 후 현장출발까지의 시간), 이송시간(현장 출발 후 병원까지의 시간), 총 이송시간(신고 접수 후 병원 도착까지의 시간)과 같은 시간 모형으로 세분화할 수 있다.

본 연구에서는 출동거리 및 이송시간에 관한 선행연구<sup>(16-19)</sup>를 토대로 다음 Table 3과 같이 단계별 소요시간을 구분하였다.

### 3. 응급의료서비스의 이송거리 및 취약지 분석

#### 3.1 대상지 현황

국내의 경우 수해는 자연재해에 의한 피해의 대부분(피해액: 태풍 28.13%, 호우 65.34% / 인명피해: 태풍 18.18%, 호우 81.82%)을 차지하고 있다<sup>(27)</sup>. Lee et al. (2017)<sup>(27)</sup>에 따르면 최근 10년간의 연평균 침수건물과 침수면적을 각 시도별로 분석한 결과, 연평균 전국 건물 중 1.38%가 침수피

**Table 3.** Previous Study about Time Required for Emergency Medical Services<sup>(16-19)</sup>

Classification	Time (min)
Activation Time	0.1~1.68
Response Time	3.7~6.2
Scene Time	6.9~8.0
Transport Time	8.3~14.6
Total Transportation Time	19.0~27.5

해를 입고, 0.07%의 국토가 침수되는 것으로 나타났다. 그 중 서울이 연평균 0.57%의 건물이 침수되고 1.84%의 면적이 침수되어 가장 피해가 큰 것으로 나타났다.

서울시 침수이력 조사현황과 건축물대장을 바탕으로 지하 침수주택을 조사한 선행연구<sup>(24)</sup>에 따르면, 2010~2013년 침수된 지하주택은 총 12,034동으로 조사되었으며, 구별 현황은 다음 Figure 2와 같다.

한편, 서울 통계정보 시스템에 따르면 2017년 3/4분기 기준 주민등록인구는 10,158,411명이며, 총 52개의 응급의료기관이 운영 중이다. 또한 유사시 재난현장에 출동하는 119안전센터는 총 116개소가 운영 중이다.

#### 3.2 침수발생 시 한자발생 가능지역 분석

본 연구에서는 침수 시 위험성이 큰 지하주택을 응급환자 발생 가능지역으로 설정하고 응급환자 발생의 공간정보를 생성하기 위하여 2010, 2011년 침수흔적도를 활용하였다. 서울시의 아파트를 제외한 주거용 건축물 중 지하 1층이 있는 주택을 지하주택으로 설정하고 침수흔적도와 중첩시켜 환

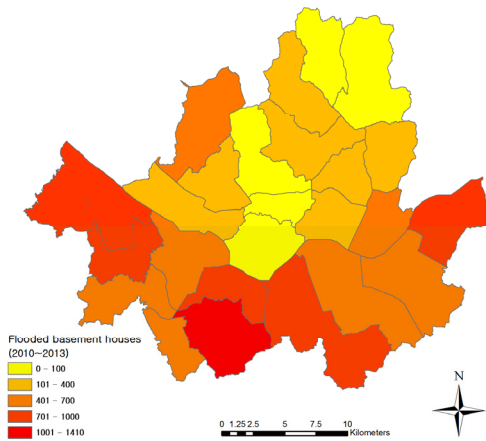


Figure 2. Distribution of underground flooded houses in 2010-2013<sup>(24)</sup>.

자 발생 가능지역을 추출하였다. 중첩결과 총 17,316동이 2010, 2011년 침수흔적도 내에 포함되는 것으로 나타났다. 서울시 침수이력 조서와 건축물대장을 기반으로 2010~

2013년 침수된 지하주택을 도출한 선행연구<sup>(24)</sup>에서는 12,034동으로 분석된 것에 비해 본 연구의 결과는 45%가량 증가한 수치이다. 본 연구에서 사용한 건축물 DB는 도로명주소 DB로, 지하주택을 추출하기 위하여 속성정보 중 지하층수를 의미하는 UND\_FLO\_CO를 기준으로 추출한 것이기에 실제 주거 용도의 층수인지는 불분명하다. 또한 침수흔적도가 2010, 2011년 자료인 것에 비해 서울시 건축물 DB는 2018년 1월 기준인 것도 하나의 원인으로 추측된다. 그러나 방재계획 수립을 위해서는 재난발생 이력 뿐 만 아니라 발생가능성도 고려하는 것이 중요하다고 판단되며, 본 연구에서는 침수발생 가능지역을 중심으로 이송거리를 분석하였다.

선행연구와 본연구의 자치구별 침수주택 분석결과는 다음 Table 4와 같다.

### 3.3 응급의료서비스의 이송거리 및 이송시간 분석

#### 3.3.1 최단거리 분석

응급의료서비스의 이송거리 및 이송시간을 분석하기 위해 GIS network analyst를 이용하였으며, 119안전센터에서 환자

Table 4. Expected Results of Underground Flooded Houses

Classification	Seoul (2014) <sup>(24)</sup>			This study		
	NO.	Ratio (%)	Rank	NO.	Ratio (%)	Rank
Total	12,034	100.00	-	17,316	100.00	-
Jongno	23	0.19	22	128	0.74	16
Jung	12	0.10	23	1	0.01	21
Yongsan	94	0.78	21	165	0.95	15
Seongdong	120	1.00	20	59	0.34	18
Gwangjin	753	6.26	8	1,622	9.37	4
Dongdaemun	170	1.41	19	0	0.00	23
Jungnang	195	1.62	17	118	0.68	17
Seongbuk	180	1.50	18	18	0.10	19
Gangbuk	271	2.25	16	0	0.00	23
Dobong	5	0.04	25	0	0.00	23
Nowon	7	0.06	24	1	0.01	21
Eunpyeong	489	4.06	11	726	4.19	9
Seodaemun	273	2.27	15	337	1.95	13
Mapo	375	3.12	14	437	2.52	12
Yangcheon	1,191	9.90	2	1,593	9.20	6
Gangseo	1,120	9.31	3	3,243	18.73	1
Guro	756	6.28	7	580	3.35	10
Geumcheon	468	3.89	13	899	5.19	8
Yeongdeungpo	562	4.67	9	457	2.64	11
Dongjak	930	7.73	4	1,615	9.33	5
Gwanak	1,410	11.72	1	1,803	10.41	2
Seocho	820	6.81	6	1,748	10.09	3
Gangnam	504	4.19	10	251	1.45	14
Songpa	472	3.92	12	18	0.10	20
Gangdong	834	6.93	5	1,497	8.65	7

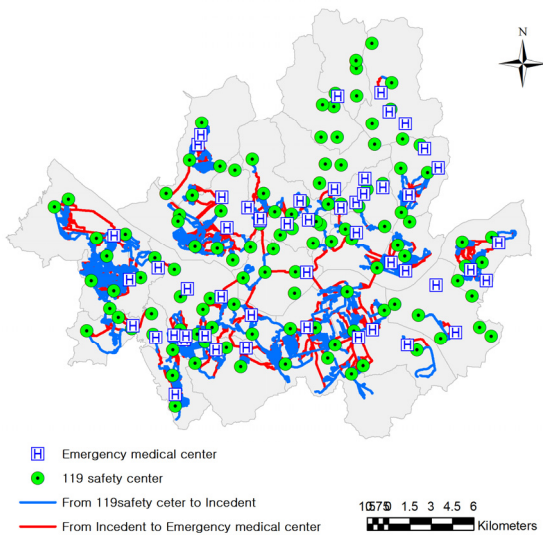


Figure 3. Total transfer distance analysis.

Table 5. Previous Studies on Emergency Patient Transfer Speed

Classification	Speed (km/h)	
	Response	Transport
Hong et al. 2008*	12.9~16.2 km/h	21.6~49.4 km/h
Jung et al. 1996*	Average Time : 6.0 min Average Distance : 2.3 km 23.0 km/h	
Lee et al. 2016*	Average Time : 5 min 40 s Average Distance : 2.13 km 22.6 km/h	
NECA, 1997	Average Time : 5.0 min Average Distance : 3.2 km (All Transport Vehicle) 38.4 km/h	
Seoul, 2017	Average Passenger Speed of cars in Seoul (2005~2016) : 22.9~26.4 km/h	

발생지로의 출동(Response), 환자수송 후 응급의료시설까지의 이송(Transport) 과정을 최단거리 기준으로 분석하였다.

본 연구는 이송시간을 예측하기 위해 이상적인 이송속력과 현실을 반영한 속력을 적용하였다.

이상적인 이송속도로는 서울시 일반도로의 제한속도인 60 km/h를 적용하였고, 현실을 반영한 속력을 적용하기 위하여 관련 선행연구 결과를 적용하였다. 국내의 응급환자 이송차량의 실제 이동거리와 시간에 관한 선행연구가 많지 않지만, Table 5와 같이 선행연구 결과를 바탕으로 이송속력을 도출하였다. 그 중 서울시를 대상으로 진행된 선행연구<sup>(16,26)</sup>를 살펴보면, 평균 이송속력은 22.6~23.0 km/h로 나타났다. 또한 2016 서울특별시 차량통행속도 보고서에 따르면 2005~2016년 서울시 승용차 평균통행속도는 22.9~26.4 km/h로 조사되었으며, 상기 자료들을 바탕으로 산술평균 값인 25.2 km/h를

Table 6. Results of Step-by-step Distance and Time Analysis

Classification		Distance (m)	Time (min)	
			60 km/h	25.2 km/h
Response	Min	0.8	0.0	0.0
	Max	4,046.9	4.0	9.6
	Mean	1,099.5	1.1	2.6
Transport	Min	1.48	0.0	0.0
	Max	5,467.3	5.5	13.0
	Mean	1,836.2	1.8	4.4
Response + Transport	Min	623.8	0.6	1.5
	Max	9,216.9	9.2	21.9
	Mean	2,935.8	2.9	7.0

Table 7. Results of Total Transportation Time

Total Transportation Time	Time (min)	
	60 km/h	25.2 km/h
Minimum	7.6~8.0	8.5~8.9
Maximum	16.2~16.6	28.9~29.3
Mean	9.9~10.3	14.0~14.4

이송속력으로 가정하여 이송시간을 산정하였다.

분석 결과, 119안전센터에서 환자발생지로의 출동(Response) 거리는 평균 1,099.5 m로 분석되었고, 최대 4,046.9 m의 거리를 이동해야 하는 것으로 나타났다. 환자수송 후 응급의료시설까지의 이송(Transport) 거리는 평균 1,836.2 m로 분석되었고, 최대 5,467.3 m의 거리를 이동해야 하는 것으로 나타났다. 총 이송거리는 최소 623.8 m, 최대 9,216.9 m, 평균 2,935.8 m로 분석되었다.

총 이송시간에서 현장시간(현장 도착부터 처치 후 현장출발까지의 시간)을 고려하지 않는다면, 이상적인 이송속력의 경우 평균 2.9분, 최대 9.2분이 소요되는 것으로 나타났다. 반면 25.2 km/h로 가정할 경우, 평균 7.0분, 최대 21.9분이 소요될 것으로 분석되었다.

Figure 1과 같이 도입시간(신고 접수 후부터 구급차의 출동까지의 시간)과 현장시간(현장 도착부터 처치 후 현장출발까지의 시간)을 총 이송시간에 포함시킬 경우 Table 7과 같이, 이상적인 이송시간은 평균 9.9~10.3분, 최대 16.2~16.6분으로 나타났다.

하지만 현실적인 속력을 반영할 경우, 평균 14.0~14.4분, 최대 28.9~29.3분으로 나타나 실제 위급한 환자의 경우, 건강결과(Health outcome)에 심각한 영향을 줄 수 있을 것으로 판단된다. 보건복지부는 응급환자의 경우 최대 30분 이내에 응급의료기관에 도착할 것을 권고하고 있지만, 심폐소생술 및 뇌 손상 등의 경우, 각각 5분 및 10분을 응급의료기관이 가능한 시간으로 정의하고 있다<sup>(29)</sup>. 따라서 본 연구는 이송속력에 따른 취약지 도출을 위해 총 이송시간(도입시간, 반응시간, 현장시간, 이송시간의 합계) 10분, 15분,

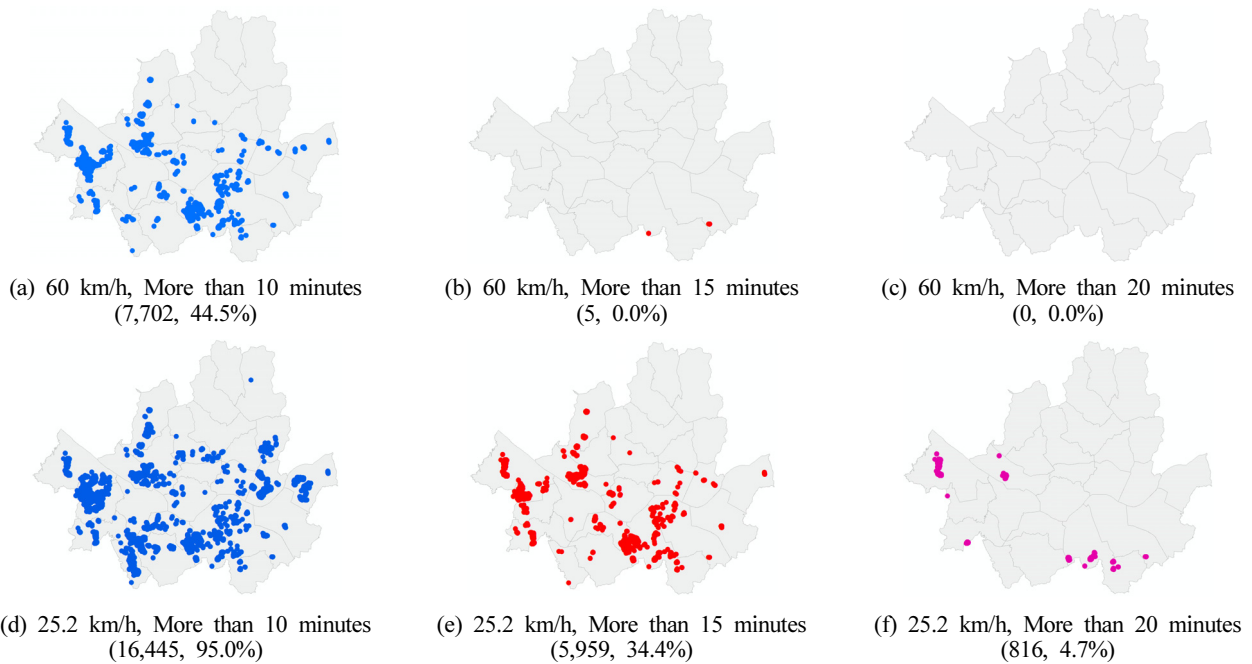


Figure 4. Vulnerable area of emergency medical service according to transport speed.

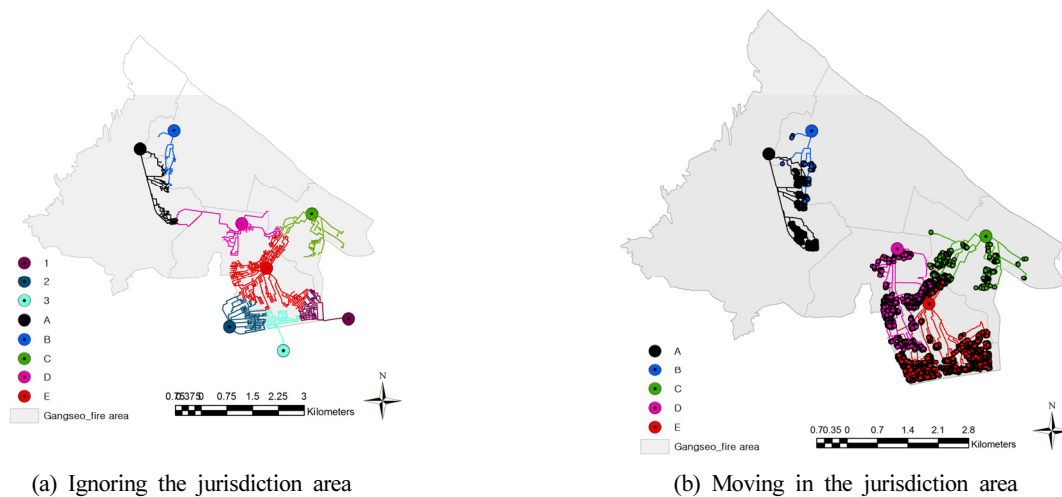


Figure 5. Analysis of respond distance according to the jurisdiction area.

20분을 기준으로 각 기준시간을 초과하는 응급환자 발생지를 추출하였으며, 그 결과는 Figure 4와 같다. 이상적인 속력을 적용할 경우, 총 이송시간이 15분을 초과하는 발생지는 17,316동 가운데 5동에 불과하였다. 그러나 현실적인 속력을 반영할 경우, 15분 초과는 5,959동으로 34.4%에 달했으며, 20분을 초과하는 발생지는 816동(4.7%)으로 분석되었다.

### 3.3.2 소방권역 내 출동

소방서는 원래 인구밀도와 도시의 규모 등을 고려하여 설치하게 되나, 소방권역의 경우 통상적으로 행정구역경계의 집합으로 이루어져 있다<sup>(30)</sup>.

따라서 이렇게 설정된 권역의 경우 지형지물과 도로 네

트워크 등 접근성에 대한 고찰이 결여되어 있다<sup>(8)</sup>. 대형재난이나 특별한 경우 출동구역 밖으로 출동하도록 법에서 명시하고 있다. 그러나 어디까지나 설정된 권역을 기반으로 소방력이 운영된다는 원칙이 있어 최대의 효율을 확보할 수 있는 권역의 조정과 소방력의 확보는 도시계획과 관리 과정에서 논의되어야 하는 문제이다<sup>(31)</sup>.

본 연구는 설정된 권역을 기반으로 이송거리를 분석하여 최단거리 기반 이송거리와 비교하였다. 침수 발생가능지가 가장 많은 곳으로 나타난 강서구를 대상으로 분석하였으며, 그 결과는 Figure 5, Table 8과 같다. 권역 내 출동을 기반으로 안전센터를 운영한다면 5개의 안전센터가 출동하게 되지만, 최단거리 이송으로 출동할 경우 총 8개의 안

**Table 8.** Results of Response Distance Analysis According to the Jurisdiction Area

Classification	(a) Ignoring the Jurisdiction Area Distance from 119 Safety Center to Flooded Underground Houses				(b) Moving in the Jurisdiction Area Distance from 119 Safety Center to Flooded Underground Houses			
	Demand	Min (m)	Max (m)	Mean (m)	Demand	Min (m)	Max (m)	Mean (m)
A	189.0	233.0	2,132.9	1,260.3	333.0	908.7	2,795.6	1,998.9
B	1,386.0	180.7	1,863.6	998.2	95.0	584.2	2,035.3	1,445.2
C	166.0	62.4	2,781.0	792.8	376.0	233.0	1,929.6	1,438.5
D	101.0	584.2	1,811.6	1,289.5	937.0	62.4	2,857.1	1,649.4
E	323.0	551.7	2,778.4	2,023.6	1,503.0	180.7	2,460.4	1,751.0
Average	433.0	322.4	2,273.5	1,272.9	648.8	393.8	2,415.6	1,656.6

전센터에서 출동하게 된다. 권역으로 구분할 경우 출동(response)거리는 평균 1,656.6 m로 분석되었으며 이는 최단거리 기반 출동에 비해 약 30% 가량 증가한 수치이다. 특히 C센터에서 출동하는 평균 출동거리는 권역 내 출동을 원칙으로 할 경우, 최단거리 기반 출동에 비해 약 81% 가량 증가하는 것으로 나타났다.

#### 4. 결 론

재난의 대형화 및 복잡화, 탈지역화 등의 특성은 재난의 예측을 어렵게 하고 있다. 특히 국내의 경우, 폭우 및 태풍에 의한 침수재해는 매해 큰 피해를 입히고 있다. 선행연구<sup>(32)</sup>에 따르면 홍수 사상사로 인한 직접적인 사망자 수의 2/3는 익사에 의한 것이며 1/3은 신체적인 외상, 심장발작, 감전사, 일산화탄소 중독 또는 화재에 의한 것이다. 따라서 인명피해를 줄이기 위해 침수지역 내 응급환자는 신속한 이송 후 치료를 필요로 한다.

본 연구는 침수피해가 빈번하며, 지하주택이 밀집되어 피해가능성이 크다고 판단되는 서울시를 대상으로, 침수이력지역의 지하주택을 응급환자 발생지로 가정하고 이송거리 및 이송시간을 분석하였다.

본 연구를 통해 얻은 결론은 다음과 같다.

- 1) 2010년, 2011년 서울시 침수흔적도를 바탕으로 침수 발생 가능 지하주택을 추출한 결과, 총 17,316동이 침수흔적도 내에 위치하는 것으로 나타났다.
- 2) 최단거리를 기준으로 총 이송거리는 최소 623.8 m, 최대 9,216.9 m, 평균 2,935.8 m로 분석되었다.
- 3) 이상적인 속도(60 km/h)를 적용할 경우, 총 이송시간(도입시간, 현장시간 포함)은 평균 9.9~10.3분, 최대 16.2~16.6분으로 나타났지만, 현실적인 속도(25.2 km/h)를 적용할 경우 평균 14.0~14.4분, 최대 28.9~29.3분으로 나타나 실제 위급한 환자의 경우, 건강결과(Health outcome)에 심각한 영향을 줄 수 있을 것으로 판단된다.
- 4) 기 설정된 권역을 기반으로 1개 구의 출동(Response)

거리를 분석한 결과, 평균 출동거리는 최단거리에 비해 약 30~81% 가량 증가하는 것으로 나타나 대형재난을 대비한 응급이송의 개선안이 필요하다고 판단된다.

본 연구는 응급의료시설과 재난발생지로의 접근성과 구급대와 재난발생지로의 접근성을 함께 고려하여 응급의료서비스 개선의 기초자료로써 의의가 있다고 판단된다.

그러나 재난의 다양성 및 재난의료의 특징(다수의 환자 발생) 등을 고려하지 않고 이송거리 및 이송시간 만을 분석한 것으로 추후 119구급대 및 응급의료시설의 용량 및 환자의 중증도 분류, 환자의 분산 등을 고려한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

또한 실제 이송차량의 이송거리와 속력에 대한 자료 및 연구가 미비하여 실질적인 응급의료서비스의 권역 분석이 어려운 실정이다. 따라서 관련 데이터의 축적 및 분석이 필요할 것으로 판단된다.

#### 후 기

본 연구는 국토교통부 물관리연구사업의 연구비지원(18AWMP-B079625-05)에 의해 수행되었습니다.

#### References

1. K. L. Michael, S. P. Carla and W. P. Ronald, "Fundamentals of Emergency Management" (2006).
2. IPCC. "Climate Change. Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change", Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Intergovernmental Panel on Climate Change (2007).
3. B. M. Ramin and A. J. McMichael, "A Climate Change and Health in Sub-Saharan Africa: A Case-Based Perspective", EcoHealth, Vol. 6, No. 1, pp. 52-57 (2009).
4. Alderman, Katarzyna, Turner, Lyle, Tong and Shilu. "Floods and Human Health : A Systematic Review. Environment

- International”, Vol. 47, pp. 37-47 (2012).
5. K. J. Abhas, B. Robin and L. Jessica, “Cities and Flooding : A Guide to Integrated Urban Flood Risk Management for the 21st Century” (2012).
  6. S. J. Wang, “Emergency Medicine in Disasters, Hanyang Medical Reviews” (2015).
  7. K. H. Shin and T. S. Lee, “Priority Assignment for Emergency Medical Service Provision in Disaster by Considering Resource Limitation”, Journal of Korean Society of Hazard Mitigation, Vol. 14, No. 2, pp. 159-168 (2014).
  8. P. Kwon, Y. M. Lee, Y. Huh and K. Y. Yu, “Rearranging Emergency Medical Service Region Using GIS Network Analysis - Daejeon Metropolitan City Case Study”, Journal of the Korean Society for Geospatial Information Science, Vol. 23, No. 3, pp. 11-21 (2015).
  9. S. Y. Jung, H. A. Bae and E. K. Eo, “The Use and the Effect of AEDs by EMTs in Prehospital Cardiac Arrest”, The Ewha Medical Journal, Vol. 32, No. 1, pp. 35-41 (2009).
  10. J. H. Im and J. H. Park, “Spatial Distribution of Underserved Emergency Medical Service Areas and Their Residents’ Attributes”, Journal of Korea Planning Association, Vol. 51, No. 1, pp. 63-75 (2016).
  11. J. H. Hwang, J. Y. Lee, S. W. Park, D. W. Lee, B. W. Lee and B. J. Na, “The Analysis of Underserved Emergency Medical Services Areas in Daejeon Metropolitan City Using a Geographic Information System”, Journal of Agricultural Medicine & Community Health, Vol. 37, No. 2, pp. 76-83 (2012).
  12. S. M. Joo, K. H. Lee and J. H. Choi, “To Identify the Vulnerable Areas of Emergency Medical Services for Daegu City in 2012”, Journal of Daegu Gyeongbuk Development Institute, Vol. 11, No. 11, pp. 1-9 (2012).
  13. H. Y. Lee and M. T. Park, “Analysis of the Emergency Medical Service Area Using GIS: the Case of Seoul”, The Journal of Geographic Information System Association of Korea, Vol. 12, No. 12, pp. 193-209 (2004).
  14. R. Few, M. Ahern, F. Matthies and S. Kovats, “Floods, Health and Climatic Change, a Strategic Review”, Tyndall Centre for Climate Change Research Working Paper 63, Tyndall Centre for Climate Change, Norwich (2004).
  15. Y. K. Kim, J. H. Ryoo, W. S. Moon, B. J. Chun, T. Heo and Y. I. Min, “An Analysis on the Patient Transported via 119 System”, Journal of the Korean Society of Emergency Medicine, Vol. 11, No. 2, pp. 190-195 (2000).
  16. K. Y. Lee, J. D. Moon and E. S. Choi, “The Regional Characteristics of 119 Ambulance Dispatch, the Distance and Response Time to the Scene”, Journal of the Korea Contents Association, Vol. 16, No. 1, pp. 482-492 (2016).
  17. K. H. Jang, K. H. Kang, Y. H. Jang and K. D. Hahn, “Analysis of the Time Intervals in 119 Ambulance Services”, Fire Science and Engineering, Vol. 30, No. 4, pp. 128-134 (2016).
  18. G. J. Suh, S. H. Lee, I. J. Jo, W. Y. Kwon, H. G. Song, J. E. Rhee and Y. K. Youn, “Prehospital Trauma Care System in Seoul by 119 Rescue Services”, Journal of the Korean Society of Emergency Medicine, Vol. 12, No. 2, pp. 160-169 (2001).
  19. K. H. Hong, K. J. Lee, J. T. Kim and D. H. Lee, “Severity-Based Analysis of Prehospital Transportation Time Using the Geographic Information System (GIS)”, Journal of the Korean Society of Emergency, Vol. 19 No. 2, pp. 153-160 (2008).
  20. W. Du, G. Fitzgerald, M. Clark and X. Hou, “Health Impacts of Floods”, Prehospital and Disaster Medicine, Vol. 25, pp. 265-72 (2010).
  21. World Health Organization (WHO), “Reducing Risks Promoting Healthy life”, World Health Report, WHO, Geneva (2002).
  22. M. Ahern, and S. Kovats, “Flood Hazards and Health: Responding to Present and Future Risks”, ed. Few, R. and Matthies, F. London: Earthscan (2006).
  23. W. H. Cho, K. Y. Han, H. S. Kim and J. S. Kim, “A Study on Inundation Analysis Considering Inland and River Flood”, Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies, Vol. 18, No. 1, pp. 74-89 (2015).
  24. Seoul Government, “Improvement of Residential Environment of Underground and Underground Housing for Permanent Settlement of Flooded House and Secured Rental Housing” (2014).
  25. D. U. Park, “Examination of Improvement Plan of Underground Housing” (2015).
  26. K. Y. Jung and S. H. Lee, “The Ambulance Response Time: the Present Status and the Shortening Plans”, Journal of the Korean Society of Emergency, Vol. 7, No. 3, pp. 337-344 (1996).
  27. Y. H. Lee, J. S. Lee and W. H. Hong, “Analysis on Occurrence Status of Flood Damage Waste in Korea and Appropriateness Assessment of Temporary Debris Management Site Placement”, SET2017. Bologna (2017).
  28. Ministry of Public Safety and Security, “Research and Development of Modeling and Simulating the Rescues, the Transfer, and the Treatment of Disaster Victims” (2015).
  29. S. Y. Kim, “Emergency Medicine” (2005).
  30. S. Koo and H. H. Yoo, “An Analysis of Fire Area in Jinju



- City Based on Fire Mobilization Time”, Journal of the Korean Society for Geo-spatial Information System, Vol. 20, No. 4, pp. 127-134 (2012).
31. G. D. Jung, W. H. Hong, J. H. Choi, G. S. Kim and J. S. Lee, “A Study on Reorganization of Rescue Team by using Analysis of Accessibility on Fire Station Area in Daegu City”, Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design, Vol. 28, No. 9, pp. 277-286 (2012).
32. S. N. Jonkman and I. Kelman, “An Analysis of the Causes and Circumstances of Flood Disaster Deaths”, Disaster, Vol. 29, No. 1, pp. 75-97 (2005).
33. Ministry of Land, Infrastructure and Transport, “2016 Korea Housing survey report” (2016).