대피시간에 따른 재해대피소의 적정 위치선정 방안 연구 - 홍성군 연안지역을 중심으로

Proper Location of Disaster Shelters according to Evacuation Time - Focused on Coastal Areas in Hongseong Gun

장정근* · 김성길**

Chang, Jeong Keun*, Kim, Sung Gil**

Abstract

The purpose of this study is to analyse effective plan for proper location selection of disaster shelter by using 'Time Distance' algorithm. In consideration of population characteristic and terrain elements of coastal areas in Hongseong Gun was analysed movable range of evacuation by walk and automobile. Three proper positions of disaster shelter were determined in the study area split into three spheres in order that all the residents can take shelter. In consideration of safety from large-scale disaster, such as tsunami were analysed the suitability of two secondary disaster shelters in according to evacuation time. By regarding not only primary but secondary shelter in determining of disaster shelter location in coastal areas is to deal with crisis in according to type and scale of disasters. The result of this study considered moving by walk as well as by automobile can contribute to a fundamental information for realistic route plan without congestion on road.

Key words : Disaster shelter, Selecting location, Time Distance algorithm, GIS spatial analysis

요 지

본 논문의 목적은 'Time Distance' 알고리즘을 이용하여 재해대피소의 적정 위치를 선정하는 방안을 제시하는데 있다. 홍성군 일부 연안지역을 대상으로 하여 모든 가구의 대피시간이 최소가 되는 대피소의 위치를 분석하였다. 대상지의 지형적 요소, 인구특성을 고려하여 보행과 차량으로 이동 가능한 범위를 분석하였다. 모든 주민들이 대피소에 이동하는 것을 목표로 대상지를 3권역으로 분할하여 최단의 이동이 가능한 적정위치를 선정하였다. 해일과 같은 큰 재해에 대해 보다 안전적 대피를 위하여 2차 대피소를 고려하였고 그 적정위치를 분석하여 대피시간에 따른 효과를 분석하였다. 그리고 1차, 2차 재해대피소로 가는 경로에 보행과 차량이 상충될 가능성을 분석하였다. 본 연구결과를 통해 연안지역의 재해대피시설의 위치를 선정할 때, 주어진 대피시간의 여부에 따라 1차 대피만 생각하는 것이 아니라 2차 대피까지 고려함으로써 재해의 규모와 긴급성에 따라 융통성 있게 대처할 수 있는 효과가 있음을 알 수 있다. 그리고 보행뿐만 아니라 차량이동도 고려하여 결정하고 또한 보행과 차량이 상충되지 않고 대피할 수 있는 계획에 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 생각된다.

핵심용어 : 재해대피소, 위치선정, Time Distance 알고리즘, GIS 공간분석

1. 서 론

1.1 연구의 배경과 목적

2011년 일본에서 대지진과 강진으로 발생한 초대형 쓰나미는 약 35만명의 피해자를 발생시키며 자연 재해의 사전적 대

비 필요성을 재인식 하는 계기가 되었다. 우리나라에도 지난 10년간 태풍 및 호우로 인한 사망자가 평균 60명 이상 발생했고,¹⁾ 최근 2013년 4월 전남 신안군 흑산면 북서쪽 101 km 해역에서 규모 4.9 지진이 일어났으며 5월 인천 백령도 남쪽 31 km 해역에서 규모 4.5 지진이 일어나면서 재해 방지 및 안

*정회원. 공주대학교 도시·교통공학과 석사과정(E-mail: A20120174@kongju.ac.kr)

Member, Masters Candidate, Department of Urban and Traffic Engineering, Kongju National University

**교신저자. 정회원. 공주대학교 건설환경공학부 교수, 미래도시융복합연구소(Tel: +82-41-521-9319, Fax: +82-41-568-0287, E-mail: sgkim@kongju.ac.kr)

Corresponding Author: Member, Professor, Department of Civil and Environment Engineering, Kongju National University

1) 재해구호계획 수립 지침, 2011, 소방방재청

전에 대한 관심이 급증하고 있다.

현재, 충청남도 서해안의 연안지역에서는 대부분의 대피소가 민방위 목적으로 지정되어 있고 대체로 공공건물·아파트의 지하주차장으로 한정되어 있어 태풍, 해일 등의 재해에 취약한 상황이다. 또한 자연재해에 관해 가구별 재해·재난 대처에 대한 정보를 제공하고는 있으나 세부적인 대피계획이 마련되지 않아 체계적인 재해 대피계획이 필요한 상황이다. 이는 서해안 지역주민의 안전에 대한 불안요소가 되고 있다.

따라서 재해대피소의 증설 및 시설의 위치 수정이 필요한 서해안 연안지역에 그 지역특성에 맞는 재해대피소의 적정 위치에 대한 연구가 필요하다.

본 논문의 목적은 ‘Time Distance’ 알고리즘을 이용하여 재해대피소의 적정위치를 선정하는 방안을 제시하는데 있다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 서해안 연안지역인 충청남도 홍성군 서부면을 연구범위로 선정하였고 실제 연안지역에 가장 근접하여 주민들이 거주하는 궁리, 상황리, 거차리, 어사리, 남당리 지역을 연구의 대상으로 설정하였다.

연구의 방법은 ARC-GIS의 ‘Time Distance’ 알고리즘을 이용하여 재해 발생 시 안전하게 대피할 수 있는 재해대피소의 적정위치를 선정하기 위하여 다음과 같은 순서로 분석을 진행하였다.

첫째, 대상지의 위치, 지형 현황을 파악하였다. 둘째, 대상지의 대피 시 차로와 보행로를 통한 이동을 함께 분석하기 위하여 수치지형도의 건물과 도로 및 보행로에 대한 Layer를 추출하였다. 보행과 자동차로 이동 가능한 범위를 분석하였다. 셋째, 정해진 시간 안에 대상지의 모든 가구들이 대피할 수 있는 지역을 권역별로 분할하였다. 넷째, 분할된 권역별내의 최단시간 대피를 위한 대피소의 적정위치를 찾아내기 위하여 ‘Time Distance’ 알고리즘을 사용하여 적정지점을 분석, 도출하였다. 다섯째, 해일과 같은 큰 재해에 대해 안전적 대피를 위하여 2차 대피소를 고려하였고 그 적정위치를 분석하여 대피시간에 따른 효과를 분석하였다. 그리고 1차, 2차 재해대피소로 가는 경로에 보행과 차량이 상충될 가능성을 분석하였다.

2. 본 론

2.1 선행연구

재해대피소의 입지선정에 관한 선행연구는 유완(2005)이 도시지역의 재해 대피소의 적지선정을 선형계획기법을 통해 제시하였으며, 유환희(2012)는 진주시의 홍수재해용 대피소의 적합성을 GIS분석을 통하여 평가를 하였다. 최종호(2012)는 AHP와 GIS 분석을 이용하여 지진해일 대피소 선정을 제안하였고, 박재국(2012)은 네트워크 분석을 이용하여 보행속

도별 대피소의 서비스 영역을 제시하였다. 박동현은 네트워크 분석을 이용한 재해 시 재난 대피소의 선택을 분석하였으며, 정용재(2013)는 재난 및 재해에 대비한 대피소들의 공간 현황을 조사, 연구하였다.

상위 선행연구들은 의사결정법인 AHP 분석과 GIS의 공간 분석을 통한 입지 및 적지 선정에 관한 연구들이다. 기존 선행연구의 입지선정에 관한 기준은 법적 근거나 설문문을 통한 요소, AHP 분석 과정에서 분석된 요소들을 입지선정에 도입하여 공간 분석을 하였다.

지진·해일의 특성상 가장 중요한 요소인 대피시간에 관한 분석을 타 연구에서는 네트워크 분석을 실시하였으며 이는 노드의 경로에 따라 움직이기에 방향에 대한 설정을 할 수 없다. 이에 본 연구에서는 방향성을 가진 ‘Time Distance’ 분석을 통하여 재해대피소의 적정위치를 선정하는 효과적 방안을 연구하고자 한다.

2.2 이론고찰

2.2.1 재해대피소의 개요

재해란 태풍, 홍수, 호우, 폭풍, 해일 또는 지진 기타 이에 준하는 자연현상으로 발생하는 피해라고 정의할 수 있다.(방재집행계획, 행정자치부 2004) 이러한 재해에 대한 피해를 모면하거나 최소화하는 시설로서 재해대피소는 긴급대피소와 단기간 숙박이 가능한 일반대피소로 나뉘질 수 있다. 최종호(2012)에 의하면, 긴급대피소의 선정기준으로서 연안지역일 경우 기준파고 보다 최소 2m 이상 여유고를 가지는 지역으로 가급적 해안고도 10m 이상의 공터를 원칙으로 하고 있다. 대피가능시간은 10분이내이며 해안가에서 600m 이내 있어야 한다. 지형적으로 불가피할 경우 옥상이 있는 3층이상 내진설계가 되어있는 건축물이면서 해안가 전면이 아닌 2열 이후에 있는 건물도 가능하다. 공공시설이 우선 대상이고 사유시설인 민간 집합시설, 호텔, 여관, 연수시설, 체육관, 사원 시숙시설 등이 대상이 될 수 있다. 긴급대피시설은 긴급히 인명피해를 최소화하는 차원에서 계획된 시설이라면 일반 대피시설은 안정성과 더불어 편의성을 보다 더 갖춘 시설이라고 볼 수 있다. 일반 대피시설에 갖추어야 할 사항으로 최소 15일분의 비상식량 등을 저장할 수 있는 식품저장고 및 수용인원의 취사 가능한 조리시설은 설치되어 있어야 한다. 대피소시설의 부대시설로는 화장실, 세면장, 욕실, 취사장 등 위생시설과 냉난방시설, 전기·급수시설, 방송통신시설 및 기타 소화기 등이 완비되어야 한다.²⁾

본 연구에서는 긴급대피시설을 1차 대피시설로 설정하고 일반대피시설을 2차 대피시설로 설정하였다. 연구 대상지에서 해안 전면에 있는 건물들은 재해대피소 검토에서 제외되었다.

2) 민방위 시설·장비관리지침, 2001, 행정자치부

2.1.2 보행속도 및 E-30 대피계획

보행속도는 Studenski *et al.*(2011)은 65세 이상의 노인의 경우 평균보행속도를 0.92 m/s로 정의하였고, Bohannon(1997)은 20대에서 70대 사이의 성인남녀의 보통걸음은 1.27~1.46 m/s, 빠른 걸음은 1.75~2.53 m/s로 조사되었다. 박명환(2008)은 비상 화재 시 보행속도는 느린 사람은 1 m/s, 빠른 사람은 2 m/s, 표준은 1.33 m/s로 정의하였고, 윤호주 외 3인(2012)은 초고층빌딩의 피난실험을 통하여 고령자 하향이동 최대속도는 1.387 m/s, 고령자 상향이동 최대속도는 0.78 m/s로 조사되었다.

소방방재청은 재난 유형에 관계없이 재난 위험 발생시 30분 내에 대피하여야 한다는 대피 개념으로 E-30계획을 정립하였다. E-30 대피계획은 경보발령 5분을 제외한 25분 안에 대피를 완료하여야 한다(손세련 외, 2012). 30분 대피지구는 재해위험지역 등 인명피해가 우려되는 599개소를 지정·관리하도록 되어있다. 또한 E-30 대피계획 및 주민대피계획 수립 지침 등, 지진해일 및 자연재난에 대한 대피계획을 2006년에 고시하고 재난 및 안전관리 기본법 제26조에 의거하여 각 지자체별로 자연재해 대피방안에 대해서 수립하도록 하고 있다.³⁾

본 연구에서는 1차 대피소를 긴급대피소로 분류하고 보행으로 대피할 수 있도록 하기 위해 대피기준 시간인 10분과 경보발령 5분과 차량수단 제외에 의한 보행만으로 대피할 수 있도록 하기 위해 5분을 반영하여 총20분을 대피시간으로 설정하였고 2차 대피소는 E-30의 대피기준시간인 30분을 상한으로 하여 20분과 25분 30분의 대피시간을 각각 분석하여 효율적인 대피시간을 도출하고자 한다.

2.1.3 'Time Distance' 공간분석

이동비용을 고려한 알고리즘은 Bellman-Ford, Floyd, Dijkstra 등의 네트워크의 노드(node)의 최소이동경로를 분석하기 위한 알고리즘 등이 있다. 그러나 본 연구의 재해 특성상 이동경로상의 해일의 침수에 의한 대피방향의 제한이 이루어지므로 네트워크 형식의 알고리즘이 아닌 래스터(Raster)

Fig. 1. Distance Calculation Method of Raster Data (Authorship : ArcGIS Resource Center).

3) 지진해일 및 자연재난에 대한 대피계획, 2006, 소방방재청

자료로 방향성 분석이 가능한 Arc-GIS의 'Time Distance' 알고리즘을 이용하였는데, 다음의 식을 갖는다.

이동비용의 값은 래스터자료의 셀 이동의 합이 되며 그 비용을 도출하기 위해 출발지점과 도착지점의 비용 산출은 식 (1), (2)와 같다.

$$A_1 = \frac{(Cost_1 + Cost_2)}{2} \quad (1)$$

A_1 : cell₁과 cell₂의 링크의 총 비용

$Cost_1$: cell₁의 이동시간 비용

$Cost_2$: cell₂의 이동시간 비용

본 연구의 분석에 적용되는 래스터 자료의 이동거리 비용을 구하는 식을 정리하면 식 (3)과 같다.

$$\sum_{a=1}^b Cost = A_a + A_{a+1} + A_{a+2} \dots A_b \quad (3)$$

$\sum Cost$: 이동시간 비용의 합

$$A_b = K \left(\frac{Cost_a + Cost_{a+1}}{2} \right)$$

b : 시간비용의 최대값(20 min)

K : 이동방향의 보정계수

(직선이동 1, 대각선이동 1.414214)

비용값을 이동의 소요시간으로 설정하고 래스터의 셀 이동에 따른 비용은 래스터의 셀에 데이터 값으로 적용한다. 이후 시간 비용을 정하고 대각선 이동에 대하여는 보정계수 1.414214값으로 보정한 후에 이동거리 값을 산출한다.

이와 같은 방법으로 기존의 네트워크 분석의 최단경로 분석에서는 가질 수 없는 방향성을 부여할 수 있고 경로 간에 이동이 불가능한 방해물을 인식하여 분석할 수 있다.

3. 연구 분석

3.1 대상지 기본현황

본 연구의 대상지인 홍성군 서부면 궁리, 상황리, 거치리, 어사리, 남당리는 서측의 해안에서 500~1,000 m 폭으로 된 연안지역으로 동측으로는 완만한 경사의 구릉지로 동고서저의 지형으로 형성되어있다(Fig. 2).

홍성군 서부면의 남녀성비는 남성이 48% 여성이 52%로 여성의 비율이 조금 높고 65세 이상의 고령자가 서부면 전체 인구의 30%를 차지하고 있다. 또한 서부면은 농업종사자 비율이 90%가 넘는 농업지역이다.

홍성군의 대피소 현황은 총 23개소로 주기적인 민방위 훈련 및 점검으로 양호한 환경을 보이나 대피소가 민방위 목적으로 지정되어 대체로 공공건물·아파트의 지하주차장으로 한정되어 있어 태풍, 해일 등의 재해에 취약한 실정이다.

Fig. 2. Distribution of Households in Site.

Fig. 3. Districts Division for Evacuation.

가구 분포를 분석하기 위해서 홍성군 서부면 궁리와 상황리, 거차리, 어사리, 남당리 일대의 도엽번호 3660064, 축척 1:25000의 수치지형도를 이용하였다. 건물 Layer를 추출하여 각 가구의 건물현황을 파악하고 1차적 피해 우선지역인 연안 1,000m내에 있는 지역의 건물을 추출하였다. 대상지역 안에 있는 가구 및 건물의 총수는 293개로 연안을 따라 길게 늘어 서 있다.

3.2 보행속도와 대피거리 고려한 대피권역 분할

대상지에서 대피소 위치의 효율성을 E-30 대피계획을 기준으로 하여 대피소의 도달시간을 구분하여 분석하였다. 재해 발생 시 대피소까지 대피하기 위한 공간적 범위를 설정하기 위해 지리적 특성을 고려하여 대피시간을 20분으로 설정하였다. 보행속도 산정에 고려 요인으로 고령자의 보행속도와 경사지 이동을 고려하여 보행속도를 0.8 m/s로 정하였다. 또한 차량의 이동속도는 주요 간선로의 설계속도는 80 km/h이나 비포장 및 집산도로의 이동속도를 함께 고려하기 위해 현실적 이동속도인 30 km/h로 정하였다. 전체 대상지의 주민들이 분석의 최소 도피시간인 20분 내로 대피하기 위하여 거리분석을 통한 대피권역 분할은 수직선 거리에 대한 분할을 하였다. 대상지를 분할하기 위한 공식은 식 (4)와 같다.

$$\begin{aligned} c(\text{대피권역}) &= m(\text{보행속도}) \times h(\text{시간}) \\ &= 0.8 \text{ m/s} \times 20 \text{ min} \\ &= 720 \text{ m} \end{aligned} \quad (4)$$

대상지역 대피권역 분할 시 모든 권역은 재해 발생시 20분 내 대피할 수 있는 범위로 원호의 반지름 720 m안에 권역별로 모든 가구 객체가 포함되는 지역을 도출하여 권역을 분할 하였다.

대피권역 분할로 1권역 건물 수는 81가구, 2권역 건물 수는 54가구, 3권역 건물 수는 48가구로 1권역 건물의 수가 가장 많은 것으로 나타났다.

3.3 알고리즘을 통한 권역별 대피소 선정

3.3.1 대피소 선정 프로세스

침수에 의한 재해특성으로 기본적인 주민들의 대피방향은 낮은 지형에서 높은 지형으로 이루어진다. 본 대상지는 동고 서저의 지형으로 침수 예상방향과 주민의 대피 이동경로는 Fig. 4와 같다.

권역별 대피소 선정하기 위해 주민들이 차로 및 도보로 대피시간 내 이동이 가능한 범위를 설정하기 위해 ARC-GIS프로그램을 이용하여 다음과 같은 과정을 진행하였다.

대피권역별로 북쪽과 남쪽에 위치해 있는 건물의 대피시간 동안 이동가능 범위를 분석하여 두 구간의 범위에 공유되는 공간의 건물들 중 해안의 우선 침수 범위에 해당되지 않고 지형의 높이가 가장 높은 곳의 건물을 중앙의 건물로 지정하여 대피소로 선정하였다.

3.3.2 대피소 선정을 위한 분석모형 정립

다음의 과정을 분석하기 위하여 공간분석 이론에 따른 GIS의 분석에 관한 수식은 식 (5)와 같다.

$$MinQ(z) = Max \sum P_i \cdot [H_i - Z_i]^2 \quad (5)$$

P_i 는 분석공간의 가구의 수, H_i 는 분석지역의 가구의 위치, Z_i 는 분석지역의 대피소의 위치를 나타낸다. 공간의 효율성은 대피소와 모든 가구와의 총 통행거리의 합을 최소화하는 지

Fig. 4. Flooding Direction and Evacuation Routes.

Fig. 5. 'Time Distance' Process.

점을 찾는데 이용된다. 본 연구의 분석방법인 GIS의 'Time Distance' 분석을 실시하기 위해 대피소 선정을 위한 식을 식 (6)과 같이 정리하였다.

$$MinQ(z) = \sum Hi \cdot [Ci \cdot S] \quad (6)$$

Hi 는 분석공간의 래스터 셀별 가구의 수, C 는 대피소의 누적통행시간, S 는 이동수단에 따른 시간 보정(차도 30 km/h, 보도 0.8 m/s)이다. 또한 대피소 선정의 조건을 수식으로 나타내면 식 (7)과 같다.

$$Q(z) \neq Ri \quad (7)$$

$$SELECT MaxQ(z)i$$

$Q(z)$ 는 대피소 건물의 지형적 위치, Ri 는 침수예상 지역의 위치이다. 대피소 선정은 침수예상의 지역으로서 지형적 위치상 가장 높은 지역을 고르도록 설정하였다.

3.3.3 권역별 대피소 및 2차 대피소 선정 방법

도로의 차량과 보도의 이동에 대한 통행속도가 높으면 통행시간이 적게 소요되고 통행속도가 낮으면 통행시간이 많이 소요되므로 권역별 대피소의 위치를 도출하기 위해 권역의 가장 북쪽과 남쪽에 위치한 건물의 'Time Distance' 분석을 하였다. 이를 통하여 권역의 북쪽과 남쪽에 위치한 건물들에서 시간 내로 모두 대피할 수 있는 공간을 도출하였다. 공간 내의 건물들 중 재해특성을 고려하여 가장 높은 위치에 있는 건물을 그 권역의 대피소로 지정하기위해 ARC-GIS를 통한 분석은 Fig. 6과 같으며 이를 설명하면 다음과 같다.

첫째, 분석된 북쪽 건물과 남쪽 건물의 이동 가능 범위 설정 (Extract mask)을 통한 북쪽 건물과 남쪽 건물의 중첩되는 공간을 도출하고, 재해 발생 시 침수되기 쉬운 낮은 지형을 고려하기 위해 지형영역(폴리곤)이 구성되었다. 둘째, 중첩된 공간과 낮은 지형을 고려한 폴리곤을 형성(Intersect)하여 중첩된 지형에 낮은 지형을 제외한 공간을 도출하였다. 셋째, 도출된 공간의 건물을 추출하여 공간의 건물들 중 합리적인 대피소를 지정하기 위해 지형적으로 높고 해안에서 가장 떨어져 있는 건물을 대피소로 지정하였다. 넷째, 도출된 건물에 대해 'Time Distance' 분석을 하여 권역내의 건물들이 대피시간동안

Fig. 6. Process of Analysis for Selection of Primary Shelter.

Fig. 7. Influence Range of 1st Shelters. Fig. 8. Influence Range of 2nd Shelters. Fig. 9. Influence Range of All Shelters.

안 이동이 가능한지 확인하고 대피가 불가능한 가구가 존재할 시 재분석을 실시하여 대피시간 동안 이동이 가능한 건물들을 대피소로 지정하였다.

본 연구의 대피시간 중 최소값인 20분을 기준으로 권역별로 1차 대피소의 위치를 분석한 결과 Fig. 7과 같이 나타났다. 1권역의 위치는 서부면 궁리 556-1번지 일대, 2권역의 위치는 서부면 남당리 664번지 일대, 3권역의 위치는 천북면 장은리 981-1번지 일대로 나타났다. Fig. 8과 같이 2차 1대피소의 위치는 서부면 거치리 283일대, 2차 2대피소의 위치는 서부면 신리 403일대로 나타났다. Fig. 9는 전체 대피소 영향권역을 가시화하였다.

3.3.4 대피시간에 따른 2차 대피소의 효과분석

대피시간에 따른 2차 대피소의 효과를 알아보기 위해 'Time Distance'로 분석된 대피범위를 기준으로 대피시간을 20분 25분 30분으로 구분하였다. 2차 대피소는 모든 사람이 대피해야 하는 것은 아니므로 보행만의 이동과 차량활용의 조직된 이동에 따라 Table 1에서 보는 바와 같이 그 위치가 다르게 나타난다. 다양한 이동수단의 활용계획에 따라 보다 이동시간을 기준으로 영향권내 가구수는 Table 2와 같다.

2차 1대피소는 20분 이내 대피할 수 있는 가구가 총 116가구로 나타났으며 2차 2대피소는 총 59가구로 나타났다. 또한 2차 대피소의 영향권 분석결과 2개소의 영향권 내의 건물수는 지역 내 전체 건물수에 3/5이상 차지하고 있어 2차대피소로 바로 대피가 가능한 가구로 파악된다. 25분내 대피할 수 있는 가구들 중에는 1차 대피소의 권역에 포함되어 있으나 직접 2차 대피소로 대피할 수 있는 가구들이 1, 2 대피소 각각

22가구와 26가구가 된다. 차량을 이용하는 가구들은 1차 대피소에서 다시 2차 대피소로 대피할 수 있는 시간여유를 가진다. 30분내 대피시간이 주어졌을 경우, 1, 2 대피소 각각 28가구와 23가구가 더 포함된다. 이 가구들은 1차 대피소에서 보행으로 다시 2차 대피소로 대피할 수 있다. 이와 같이 2차 대피소가 있음으로 인해 주민들이 여러 대피소로 적절히 분산되는 효과가 기본적으로 있고 큰 재해발생시 좀 더 많은 주민이 안전하고 편의가 제공되는 곳으로 대피할 수 있다는 장점이 있다. 재해로부터 대피할 수 있는 시간에 대한 정보가 정확히 제공되진 않을 경우에 우선 긴급히 1차 대피소로 대피한 후 상황추이를 보고 2차 대피소로 이동할 수 있는 융통성 있는 대처가 가능하다.

3.3.5 대피경로의 상충구간 분석

대피수단을 보행과 차량을 함께 고려하였을 경우 대피 경로가 차량과 보행이 함께 움직이는 경로에서 대피 이동속도가 낮아지게 되는 상충지역이 발생할 수 있다. 상충 가능구간은 Fig. 10과 같이 분석되었다.

대피소로 대피 시 보행과 차량의 이동이 상충가능 구간은 도로상에서 많은 부분을 차지하고 있지 않았으며 총 도로 중에 상충지역인 도로는 1.2%로 나타났다.

상충구간 분석 결과 대상지의 대부분이 논, 밭 등의 평지로 이루어져 있어 보행 경로가 도시와 같이 밀집된 건물로 인해 제한되지 않기 때문에 상충구간이 많이 존재하지 않는 것으로

Table 1. Selected 1st and 2nd Disaster Shelter Location

Analysis	Division	Location	Distance to the Cost	Height of the Terrain (m)
Walking and Vehicle	Primary No.1 Shelter	566, Gungri	549m	10.1
Walking and Vehicle	Primary No.2 Shelter	664, Namdangri	604m	10.5
Walking and Vehicle	Primary No.3 Shelter	981, Jangeunri	592m	10.0
Walking	Secondary No.1 Shelter	469, Sanghwang-ri	763m	12.1
	Secondary No.2 Shelter	577, Shin-ri	712m	12.3
Walking and Vehicle	Secondary No.1 Shelter	283, Goechi-ri	1.5km	15.0
	Secondary No.2 Shelter	403, Shin-ri	1.2km	15.2

Table 2. Number of Households in 2nd Shelter according to Evacuation Time

Division	Evacuation Time 20 minute		Evacuation Time 25 minute		Evacuation Time 30 minute	
	2-1	2-2	2-1	2-2	2-1	2-2
5 min	12	9	12	9	29	1
10 min	36	22	36	22	36	22
15 min	47	11	47	11	47	11
20 min	21	17	21	17	21	27
25 min	-	-	22	26	22	26
30 min	-	-	-	-	28	23
Total	116	59	138	85	183	110

Fig. 10. Analysis of Conflict Routes.

나타났다. 상충이 예상되는 구간은 관련 기관에 의해서 상충을 완화시킬 수 있는 대피계획 수립이 이루어져야 할 것이다.

상충가능 구간이 1차 대피소와 2차 대피소 사이에 나타나는 경우, 1차 대피소에서 조직적으로 보행으로 이동해 온 주민들을 차량에 탑승시켜 2차 대피소로 이동시키는 체계가 갖추어질 필요가 있다.

4. 결 론

본 논문의 목적은 ‘Time Distance’ 알고리즘을 이용하여 재해대피소의 적정위치를 선정하는 방안을 제시하는데 있다.

홍성군 서부면 일부 연안지역을 대상으로 하여 모든 가구의 대피시간이 최소가 되는 대피소의 위치를 분석하여 도출하였다. 권역별로 대피소의 위치를 분석한 결과, 1권역의 위치는 서부면 궁리 556-1번지 일대, 2권역의 위치는 서부면 남당리 664번지 일대, 3권역의 위치는 천북면 장은리 981-1번지 일대로 나타났다.

대피시간에 따른 2차 대피소의 효과성을 알아보기 위해 ‘Time Distance’로 분석된 대피범위를 기준으로 대피시간을 20분 25분 30분으로 구분하였다.

2차 1대피소는 20분 이내 대피할 수 있는 가구가 총 116가구로, 2대피소는 총 59가구로 나타났다. 2차대피소로 바로 대

피가 가능한 가구로 파악된다. 25분내 대피할 수 있는 가구들이 1, 2 대피소 각각 22가구와 26가구가 더 포함되었다. 차량을 이용하는 가구들은 1차 대피소에서 다시 2차 대피소로 대피할 수 있는 시간적 여유를 가진다고 볼 수 있다. 30분내 대피시간이 주어졌을 경우, 1, 2 대피소 각각 28가구와 23가구가 더 포함되었다. 이 가구들은 1차 대피소에서 보행으로 다시 2차 대피소로 대피할 수 있다. 이와 같이 2차 대피소가 있음으로 인해 주민들이 여러 대피소로 적절히 분산되는 효과가 기본적으로 나타나고 큰 재해발생시 좀 더 많은 주민이 안전하고 편의가 제공되는 곳으로 대피할 수 있다. 즉, 재해 발생 시 대피시간에 따른 지역 주민들의 대피소 선택여부와 안정성이 증가한다.

대피수단을 보행과 차량을 함께 고려하였을 경우 대피경로가 차량과 보행이 함께 움직이는 구간에서 대피 이동속도가 낮아지게 되는 상충지역이 발생할 수 있다. 상충이 예상되는 구간은 지자체의 상충을 완화시킬 수 있는 대피계획 수립이 이루어져야 할 것이다. 상충가능 구간이 1차 대피소와 2차 대피소 사이에 나타나는 경우, 1차 대피소에서 조직적으로 보행으로 이동해 온 주민들을 차량에 탑승시켜 2차 대피소로 이동시키는 체계가 갖추어질 필요가 있다.

본 연구의 한계로는 대상지역의 이동시간을 보도와 차도로 분리하였지만 세부적으로 지형의 경사에 따른 이동시간의 차이를 반영하지 못했다. 차후 연구 진행을 통하여 경사에 따른 세분화된 이동속도를 고려한다면 대피소의 선정에 좀 더 합리적인 방안이 이루어질 것으로 예상된다.

본 연구를 통하여 홍성군 서부면 일대에 대피소 위치선정에 있어 보다 합리적이고 안정적인 대피소의 위치선정을 할 수 있을 것으로 기대되며, 이는 연안지역 거주민의 재해에 대한 불안감 해소와 더불어 안전한 연안농촌마을의 방재정책을 위한 기초자료가 될 수 있을 것으로 기대된다.

References

- ArcGis Resource Center, How the Time Distance Tools Work, 14. January. 2014, <http://resources.arcgis.com>
- Bohannon, R.W. (1997) Comfortable and Maximum Walking Speed of Adults Aged 20-79 Years, *Age Ageing*, Vol. 26, pp. 15-19.
- Choi, J.H., Kang, I.J., and Kim, S.S. (2012) Study on the Selection of the Tsunami Shelter Using AHP and GIS Analysis, *Journal of the Korean Society of Surveying Geodesy Photogrammetry and Cartography*, Vol. 30, No. 6, pp. 503-509.
- Jung, Y.J. and Lee, J.H. (2013) Research on the Present Condition of the Shelter Spaces in Prepatation against Natural and Other Disasters, *Journal of the Architectural Institute of Korea*, Vol. 33, No. 1, pp. 7-8.
- Park, J.K. and Kim, D.M. (2012) Analysis of Shelter Service Areas According to Walking Speed Using Network Analysis, *Journal of the Korean Society for Geospatial Information Sys-*

- tem, Vol. 20, No. 4, pp. 37-44.
- Park, M.H. (2008) Conditions of Human Walking Speed, Risktech, <http://www.risktech.co.kr>.
- Studenski, S., Perera, S., Patel, K., Rosano, C., Faulkner, K., Inzitari, M. *et al.* (2011) Gait speed and survival in older adults, *Journal of America Medical Association, Journal of the American Medical Association*, Vol. 305, No. 1, pp. 50-58.
- Yoo, H.H. and Son, S.R. (2012) Suitability Assessment for Disaster Shelters of Jinju City, *Journal of the Korean Society for Geospatial Information System*, Vol. 20, No. 3, pp. 91-99.
- Yoon, H.J., Hwang, E.Y., Kim, J.H., and Kim, W.H. (2012) Experiments on Egress of the Elderly in High-rise Building, *Journal of the Korean Institute of Fire Science and Engineering*, Spring Conference, pp. 365-368.
- Yu, W., Kim, Y.C., and Kim, T.H. (2005) Selection of Appropriate Location for the Disaster Relief Shelter in the City, *Journal of the Korea Planners Association*, Autumn Conference, pp. 17-25.

Received ■ December 31, 2013

Revised ■ January 3, 2014

Accepted ■ January 20, 2014