

## 수해시 피난행동에 관한 연구

이영우, 이강일, 고기봉, 남종훈, 정연수, 이상호  
삼척대학교 방재기술전문대학원

### A Study on the Refuge Activities During Flood

Young-Woo Lee, Kang-Il Lee, Gi-Bong Ko, Jong-Hoon Nam, Yeun-Su Jung, Sang-Ho Lee  
*The Professional Graduate School of Technology for Disaster Prevention,*  
*Samcheok National University*

#### 1. 서론

동해안의 일부 중소도시는 하천 하류부에 위치하여 인구 및 자산이 집중되어 있으며 이 중 강원 남부지역은 연중 크고 작은 태풍에 의한 집중호우 피해를 반복적으로 받고 있어 그 만큼 홍수에 대한 잠재적 피해 가능성이 높다고 하겠다. 따라서 이러한 지역에 있어서는 지형적인 특성을 고려한 면밀한 수방 대책이 수립되어야 한다.

하천 계획상에 있어서 홍수에 따른 피해를 경감하기 위한 종래의 대책으로서 배수망, 방수로를 정비하거나 하천선형 개수 및 하폭을 확장하는 등의 직접적인 치수대책이 진행되어 상류 지역 하천의 대규모 수해 위험은 감소하고 있으나 도시유역의 확대에 따른 하류 지역의 인구 및 자산의 집중은 오히려 홍수시의 피해 잠재력을 증가시키고 있다. 이러한 지역에 대하여 수방시설과 같은 구조적인 대책을 수립하는 것은 시간적, 경제적인 측면에서 적절하다고 보기 어려우며 피해의 발생을 완전히 억제하기에는 한계가 있다. 또한 2002년 태풍 루사 및 2003년 태풍 매미에 의해 강원도내 확인된 인명피해자 163명 중에서 하천 급류에 의해 희생된 사망자가 전체의 58%(95명)를 점하는 현실을 고려할 때 피난활동과 같은 비구조적인 대책 수립의 필요성은 명확해진다.<sup>1)</sup> 따라서 대규모 홍수에 따른 범람의 피해발생 또는 침수에 따른 인적, 재산상의 피해를 최소화하기 위해서는 수방 시설에 의한 치수대책과 함께 피난, 구제활동 등을 포함한 비구조적인 수방 대응능력을 충실하게 향상시키는 것이 최근의 강우형태를 고려해 볼 때 시급한 과제가 되고 있다.

비구조적인 수방대책 중에서 피난행동은 재해대응대책 중에서 인명피해 최소화의 관점에서 중요하다. 이와 같은 인식으로부터 최근 수해라든가 피난행동에 대한 의식조사가 이루어지는 한편, 피난행동에 영향을 미치는 홍수 범람의 상황, 침수위, 피난행동의 관계를 정량적으로 분석하고자하는 연구가 진행되고 있다.<sup>2)</sup> 수해시에 있어서 피난대상자가 피난을 하는가 또는 하지 않는가의 판단은 피난을 개시하기까지 인식하고 있는 동기가 중요하다고 할 수 있다. 피난대상자가 실제 피난행동을 하기까지 영향을 미칠 수 있는 주요인

자로서는 ① 적절한 피난명령 및 전 단계로서의 경계발령, ② 과거의 수해경험 및 생활양식, ③ 인근의 재해발생 상황, ④ 위험도를 수치화한 정보(각종 강우정보), ⑤ 위험도를 영상화한 정보(유역의 각종 지리정보, 위험지구도-Hazard map-) 등이 있다.

그러나 이와 같은 피난행동은 대부분 비교적 넓은 영역을 대상으로 평상시 주민이 피난지를 숙지하고 피난장소에 이르기까지의 행동이 침수위에 의해 받는 영향을 받는 것에 중점이 맞추어져 있다. 따라서 피난하는 대상으로서의 주민은 동일 정보에 대해서 같은 행동을 하는 균일한 집단으로 되어 있고 수해피난행동도 획일적으로 구성되어 있다. 그러나 수해피해지에 있어서 의식조사는 주민의 평상시 수해의식이든가 수해에 대한 관심의 정도에 의해 피해행동에 큰 차이가 있다는 사례가 종종 보고 되고 있다. 보다 현실적인 피난활동을 유도하기 위해서는 지역 주민의 수해에 대한 의식, 최종 피난행동을 하기까지의 경위에 대한 분석을 토대로 지역 단위의 피난 계획을 수립할 필요가 있다.

이와 같은 관점에서의 선행 연구로는 군집밀도를 고려한 피난행동<sup>3)</sup>과 GIS 네트워크 상에서의 피난모의 해석<sup>4)</sup> 등이 있다. 그러나 이러한 선행연구에서는 실제 피난주민의 의사결정과정이 충분하게 고려되지 않았다. 따라서 본 연구에서는 실제 2002년 태풍 루사 및 2003년 태풍 매미의 수해피해를 경험한 침수지역 주민의 설문조사를 통하여 주민의 방재 의식 및 피난행동에 영향을 미치고 있는 제반요소와 피난 주민의 실제 피난지를 고려한 피난 모의실험의 검증을 통하여 피난상의 제한요인, 피난 의사결정과정을 명확히 함으로써 향후 수방대책의 수립에 있어서 유익한 정보를 제공하고자 한다.

## 2. 수해대응 상황

### 2.1 연구지역의 침수피해 발생상황

연구대상지인 강원도 동해시 삼화동 지역은 1970년대 대규모 석회석 채취와 더불어 시가지가 형성되었다. 시가지는 그림 1과 같이 무릉천(유역면적 31.5km<sup>2</sup>, 유로장 7.5km, 평균 하도경사 0.015)과 신흥천(유역면적 52.4km<sup>2</sup>, 유로장 10.5km, 평균 하도경사 0.01)으로 둘러싸여 있어 집중강우에 따른 홍수발생의 잠재적 가능성이 높은 상황이다. 이 지역의 침수피해 원인은 신흥천 우변의 산사태로 인한 하천폐쇄와 신흥천 우안 제방의 붕괴, 주) 쌍용양회 부지내에 조성된 제방의 붕괴에 의한 유출 그리고 무릉천의 월류에 의해 침수심이 급격히 증가되었다.

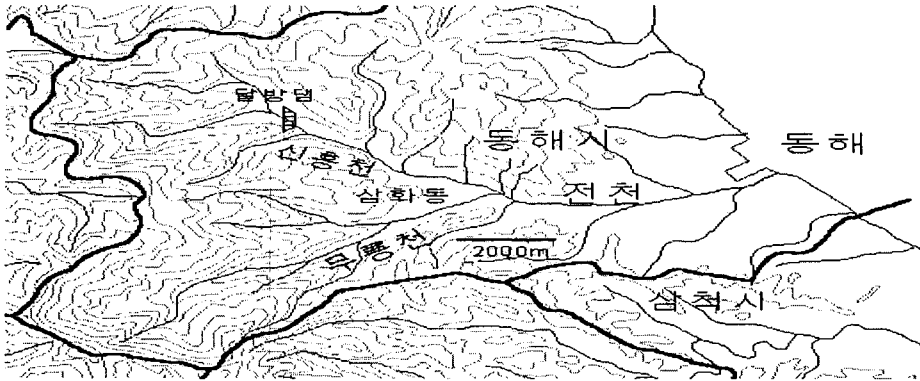
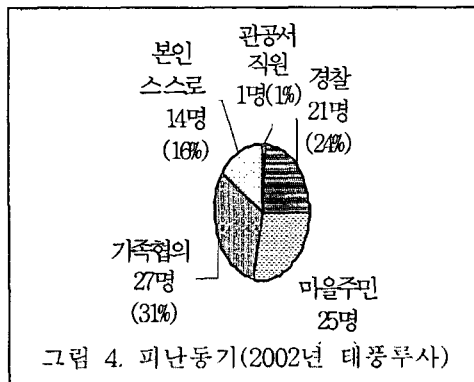
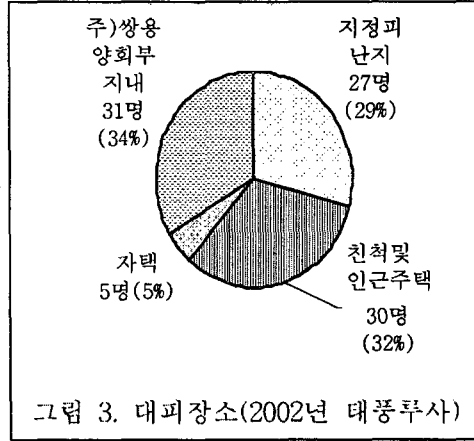
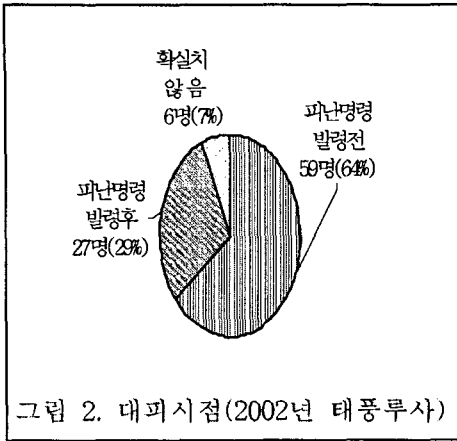


그림 1. 신흥천 및 무릉천 유역 현황

## 2.2 2002년 태풍루사에 대한 피난행동

2002년 태풍루사에 따른 수해피해는 조사 대상자 93명 중에서 1명을 제외한 나머지 전원이 피해를 입은 것으로 회답하였다. 피해의 내용은 대부분 주택침수(81명, 87%) 및 주택반파(10명, 11%)를 입은 것으로 나타났다. 피난 활동에 있어서 피난 시점은 그림 2와 같이 피난명령의 발령 전에 피난한 응답자가 59명(64%)로 가장 많았으며 나머지는 피난명령 발령 후(27명, 29%)라든가 정확히 기억하지 못하는 것(6명, 7%)로 조사되었다. 피난지로는 그림 3과 같이 인근의 쌍용양회 공장 부지내로 31명(34%), 친척 및 인근 주민의 2층주택으로 30명(32%), 지정 피난지인 삼화초등학교로 27명(29%), 그 밖에 자택의 2층이나 지붕으로 대피(5명, 5%)한 것으로 조사되었다. 또한 설문조사자 93명 중 대피한 88명에 있어서 실제 피난행동을 실행하는데 직접적인 동기에 대해서는 그림 4와 같이 가족간의 협의에 의한 피난이 27명(31%), 마을 주민의 권유에 의한 피난이 25명(28%), 경찰에 의한 강제적인 명령이 21명(24%) 그 밖에 본인 스스로의 판단에 의해 14명(16%) 등으로 나타났다.



### 2.3 방재정보전달 시스템의 비교

방재 담당기관에서 취합된 정보는 처리·가공하여 최종적으로 불특정 다수의 피난대상자에 전달할 필요가 있다. 단순히 광범위한 주민의 개인에게 정보를 전달할 목적이라면 대중매체가 발달한 오늘날에 있어서 그 방법의 선택은 큰 문제가 없지만, 태풍 루사에서 명확히 나타난 바와 같이 재해라는 특수상황이 발생하면 본래의 기능을 발휘하기가 쉽지 않다. 정보전달은 발신형태에 따라 표 1과 같이 크게 광역성과 지역성으로 나눌 수 있는데 재해에 대하여 효율적으로 정보를 전달하기 위해서는 상황에 적절한 전달 수단을 이용하여야 한다.

<표 1> 정보 전달시스템의 특성 비교 평가

		광역성	정보량	전달속도	전달범위	지역성	확실성	자동대응	육외대응	도로내파인괴성	회선내장인애성	정전대응	비용		
													초기	운용	개인
광역성	TV	◎	△	◎	◎	*	◎	△	*	◎	○	*	◎	◎	○
	휴대폰	◎	○	◎	◎	△	◎	○	◎	◎	○	◎	◎	△	△
	라디오	◎	○	◎	◎	△	◎	△	◎	◎	○	◎	◎	◎	○
지역성	스피커	△	○	◎	◎	◎	△	○	◎	◎	○	◎	*	△	◎
	호별수신기	*	○	◎	◎	◎	◎	○	△	◎	○	◎	*	△	*
	전화	△	△	△	◎	◎	◎	*	*	◎	*	◎	◎	◎	○
	전화응답통보	*	*	○	◎	○	○	◎	*	◎	*	◎	△	○	○
	사이렌	*	*	◎	△	○	△	◎	◎	◎	◎	△	△	○	◎
	회전등	△	△	◎	*	○	*	◎	◎	◎	◎	△	△	○	◎
	광고차	*	○	△	△	◎	△	*	◎	*	◎	◎	△	*	◎
	개인무선	*	△	△	○	○	*	*	○	◎	○	△	◎	◎	△
	구두연락	*	△	*	*	◎	△	*	○	△	◎	◎	◎	◎	◎

주) 각 항목은 상대적 평가임. ◎가장 효과적임, 다음으로 ○, △, \* 순서임

### 3. 피난 모의실험

#### 3.1 대피행동 분석

호우에 따른 수해발생시 피난행동의 분석은 인명피해의 최소화 차원에서 중요한 요소이다. 피난행동의 보행속도는 주변환경, 육체적 조건, 침수상황 및 개개인의 소지품 휴대상태 그리고 집단적인 상황 등 여러 가지 요인에 의해 지배받지만 여기서는 西原(1983)의 방법을 참고로 하여 본 연구대상지의 피난활동에 대하여 검토한다.

#### 3.2 대피의 모형화

西原(1983)는 군집활동에 의한 보행속도의 저하를 다음과 같이 밀도에 대한 제한 요소로 하여 평가하였다. 즉, 어느 시각 t에 있어서 경로 n상의 군집밀도를 단위 m<sup>2</sup>당 ρ<sub>n</sub><sup>t</sup>인 (명)이라 하면, 보행속도 U<sub>n</sub><sup>t</sup>는 다음과 같이 정의 된다.

$$U_n^t = U_i - C\rho_n^t (\rho_n^t < \rho_{max}) \quad (1)$$

또는,

$$U_n^t = U_{\min} (\rho_n^t \geq \rho_{\max}) \quad (2)$$

여기서,  $U_i$ 는 초기 평균 보행속도이며 성인일 경우는 1.42m/sec, 노인 단독일 경우는 0.948m/sec, 노인의 그룹이면 0.751m/sec, 어린이가 포함되면 1.02m/sec로 한다.

단 가족 중에 노약자라든가 어린이가 포함되어 있는 경우 보행속도는 보행속도가 가장 느린 사람의 보행속도에 의존한다.  $U_{\min}$ 은 군집 중 가장 느린 경우의 평균 속도이며 실험 값으로 0.49m/sec로 주어진다.  $\rho_n^t$ 은 경로 n의 확폭  $B_n$ , 길이  $L_n$ 인 경우, 그 경로상의 군집의 수를  $M_n^t$ 으로 했을 때 다음과 같이 주어진다.

$$\rho_n^t = M_n^t / (B_n L_n) \quad (3)$$

$C$ 는 그룹인 경우 보행속도의 저하를 나타내는 계수를 의미하며,

$$C = U_i - U_{\min} / \rho_{\max} \quad (4)$$

가 된다.  $\rho_{\max}$ 는 허용 최대 군집밀도이며  $\rho_{\max} = 3.85(\text{인}/\text{m}^2)$ 이다. 예를 들어 성인인 경우  $C = (1.5 - 0.49) / 3.85 = 0.24$ 가 된다. 보행속도는 보행시간이 길면 저하하여 보행시작으로부터  $t$ 시간이 경과한 다음의 감소율  $T^t$ 는 다음과 같이 주어진다.

$$T^t = 1.0 / \{0.98 + \exp(1.12t - (0.3 - 4.0))\} \quad (5)$$

따라서, 어느 시각  $t$ 에 있어서 경로  $n$ 상의 보행속도  $V_n^t$ 는,

$$V_n^t = T^t \cdot U_n^t \quad (6)$$

로 주어진다.

### 3.3 피난시간의 계산결과 및 고찰

피난시간의 계산은 3개 구역으로 나누어 실시하였다. 1구역주민의 피난지는 일부 주민을 제외하면 인근의 삼화초교가 침수될 것을 우려하여 주)쌍용양회 공장의 부지 내로 피난하였다. 피난자의 주거 위치에 따라서 가장 먼 거리는 약 800m이며 인근의 삼화초등학교로 피난한 경우는 50-100m 정도 이격되어 있다. 2구역은 인근의 삼화초등학교로 피난하였거나 중앙 도로의 침수로 인하여 주)쌍용양회부지 내로 피난한 경우이며 이격 거리는 약 50-150m이다. 또한 3구역은 가까운 주)쌍용양회 공장의 부지 내로 피난하였거나 인

근의 2층 주택으로 피난한 경우이며 피난거리는 약 50m이다. 이와 같은 상황 하에서 계산된 결과는 표 2와 같다. 주거지로부터 이격거리가 800m떨어진 1구역에 대한 성인의 피난시간은 21분으로 계산되었으나 노인이나 어린이를 동반하는 경우는 현저히 피난 속도가 저하되는 것으로 나타났다. 실제 설문조사에 의한 평균 이동시간은 32.1분으로 나타났으며 계산 값과 차이가 나는 것은 침수에 따른 보행시간의 저하에 기인한다. 그러나 이격거리가 유사한 2, 3구역은 성인이 7분, 노인 11분, 어린이를 동반한 경우가 10분으로 계산되었고 실제 피난에 소요된 평균 이동시간을 17분으로 나타났으며 거리에 따른 지체속도의 영향은 크지 않은 것으로 계산되었다.

표 2. 각 구역별 피난시간

구분	1구역		2구역		3구역	
	단독	그룹	단독	그룹	단독	그룹
성인[sec(min)]	1266(21)	1266(21)	423(7)	423(7)	409(7)	409(7)
노인[sec(min)]	1896(32)	2393(40)	633(11)	798(13)	611(10)	770(13)
성인+어린이 [sec(min)]		1762(29)		588(10)		572(10)

#### 4. 결론

본 연구에서는 2002년 태풍 루사에 의한 수해피해 주민의 경험적인 피난행동양식 조사에 기초하여 실제 피난에 이르기까지의 의사결정 요인을 분석하였으며 피난 모의실험을 통하여 피난시간을 유추하고자 하였다. 본 연구를 통하여 얻어진 내용 및 기대효과를 정리하면 다음과 같다.

- 1) 2002년 태풍 루사 당시 해당 지역의 동사무소로부터 피난을 알리는 사이렌이 발령되었으나 대부분의 주민들은 호우로 인하여 듣지 못하였거나 사이렌의 의미를 모르고 있었던 것으로 조사되었다. 또한 양 태풍의 경험이후에도 70%(65명)의 주민이 지정피난지를 모르는 것으로 나타났으며 피난시점에 있어서도 과반수(64%)이상이 피난명령 발령 전에 피난한 것으로 분석되었다. 따라서 효과적인 인명피해 대응으로는 상황에 적절한 통신 수단을 이용함과 아울러 하천수위를 실시간으로 전달하는 방안과 아울러 평상시 지정피난지의 숙지, 가족구성원을 고려한 피난시간 숙지 등을 통하여 효과적인 피난활동이 되도록 하여야 한다.
- 2) 초기보행속도 및 군집상황을 고려한 구역별 피난시간의 모의실험 결과 1구역인 경우 성인 피난시간은 21분, 노인 단독피난시간은 32분, 어린이를 동반한 피난시간은 29분으로 각각 나타났으며 설문 조사에 의한 평균 피난시간은 32.1분으로 조사되었다. 2, 3구역인 경우는 성인이 7분, 노인이 11분, 어린이를 동반한 피난 시간은 10분으로 각각 계산되었으며 설문조사에 의한 피난시간은 17분으로 나타났다. 실제 피난

활동에 소요된 시간의 차이는 침수에 따른 보행의 장애에 의한 것이며, 피난지로의 이동 시간은 피난거리와 피난자의 구성에 크게 제한받는 것으로 나타났다. 또한, 설문회답자의 44%가 60대 이상 인구로 구성되어 있는 것을 고려해 볼 때 효과적인 피난활동을 위해서 고령자에 대한 피난대책이 수립되어야 하는 것으로 나타났다. 본 연구에서는 초기 보행속도와 군집상황을 고려한 피난모의 실험을 수행하였으나 앞으로는 침수상황을 고려한 피난 모의실험의 개발이 필요할 것이다.

## 참고문헌

1. 강원도, 강원 수해백서, (2003).
2. 井上和也ら, 洪水ハザードマップの作成についての一考察, 京都大學防災研究所報, 第39号, B-2, pp. 459-481, (1996).
3. 中川 一ら, GISを用いた避難行動の解析, 京都大學防災研究所年報 第40号 B-2, pp.397-407 (1997).
4. 西原 巧, 氾濫解析に基づく避難システムの河川工學的研究, 京都大學學位論文, (1983).