

앙케이트 조사에 기초한 침수지역 주민의 피난행동과 피난 모의실험에 관한 연구

Study on the Refuge Behavior in Flooded Area and its Simulation Based on the Questionnaire Survey

강 상 혁*

Kang, Sang Hyeok

Abstract

In order to reduce flood damage, it is necessary to build up comprehensive flood control, including structural and non-structural countermeasures. In this paper, the decision making factors of individual refuge activities which are major non-structural activities to save peoples, lives against flood have been estimated based on questionnaire survey. Furthermore, in order to effective flood countermeasures, the refuge place and its distance are analyzed by questionnaire survey in the flooded area caused by typhoon RUSA and MEAMI. The refuge running time was assessed by its simulation. As a result of the simulation, it was found that the refuge running time is effected by refuge distance and the family numbers for refuge.

Keywords : questionnaire survey for flood, refuge simulation, countermeasure for flood disaster

요 지

수해발생에 따른 피해를 줄이기 위해서는 구조적인 대책뿐만 아니라 비구조적인 대책수립을 포함한 종합적인 수해 대응대책이 중요하다. 본 연구에서는 비구조적인 대응대책 중 인명보호의 차원에서 중요한 피난활동을 중심으로 실제 피난행동을 하기까지의 영향요인을 설문조사를 토대로 분석하였다. 또한 향후 효과적인 수해대응을 위하여 태풍 루사 및 매미에 따른 침수지역주민을 대상으로 설문조사를 통하여 피난 장소, 피난 거리 등을 분석하였다. 피난모의 실험을 통하여 피난에 소요된 시간을 평가하였으며 그 결과, 피난에 소요되는 시간은 피난거리, 피난자의 가족 수에 크게 영향을 받는 것으로 나타났다.

핵심용어 : 수해 설문조사, 피난 모의실험, 수해대응

* 국립 삼척대학교 방재기술대학원 강사
Lecturer, Graduate School of Technology for Disaster Prevention
(E-mail : kang7231@hanmail.net)

1. 서론

동해안의 일부 중소도시는 하천 하류부에 위치하여 인구 및 자산이 집중되어 있으며 이 중 강원 남부지역은 연 중 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 치수 대책이 진행되어 상류 지역 하천의 대규모 수해 위험은 감소하고 있으나 도시유역의 확대에 따른 하류 지역의 인구 및 자산의 집중은 오히려 홍수시의 피해 잠재력을 증가시키고 있다 (井上, 1996; 野口, 2000). 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(강원도, 2003). 따라서, 대규모 홍수에 따른 범람의 피해발생 또는 침수에 따른 인적,

재산상의 피해를 최소화하기 위해서는 수방시설에 의한 치수대책과 함께 피난, 구제활동 등을 포함한 비구조적인 수방 대응능력을 충실하게 향상시키는 것이 최근의 강우형태를 고려해 볼 때 시급한 과제가 되고 있다.

이에 대한 선행 연구로는 西原(1983)의 군집밀도를 고려한 피난행동과 中川(1997) 등의 GIS 네트워크 상에서의 피난모의 해석, 그리고 강 상혁(2003)의 유동상 개수로 상에서의 피난에 필요한 적정 피난수심의 도출 등이 있다. 그러나 이러한 선행연구에서는 실제 피난주민의 의사결정과정 등이 충분히 고려되지 않았다. 따라서 본 연구에서는 실제 2002년 태풍 루사 및 2003년 태풍 매미의 수해피해를 경험한 침수지역 주민의 설문조사를 통하여 주민의 방재의식 및 피난행동에 영향을 미치고 있는 제반요소와 피난 주민의 실제 피난지를 고려한 피난 모의실험의 검증 등을 통하여 피난상의 제한요인을 명확히 하고자 한다.

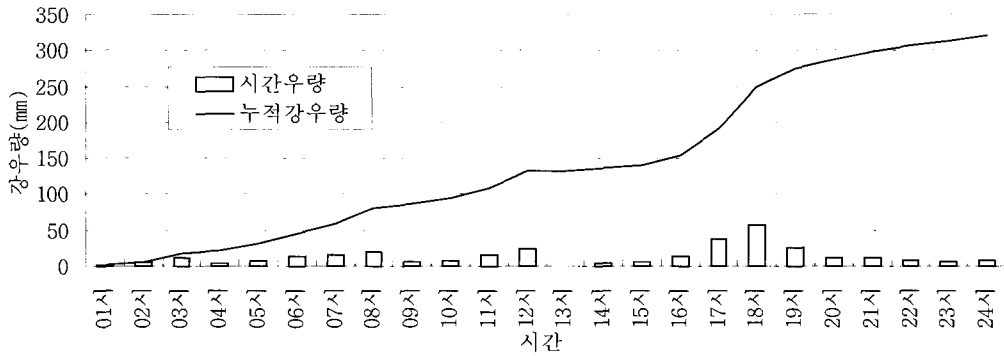
2. 연구지역의 침수피해 발생상황

2.1 유역현황

연구대상지인 강원도 동해시 삼화동 지역은 1970년대 대규모 석회석 채취와 더불어 시가지가 형성되었다. 시가지는 그림 1과 같이 무릉천(유역면적 31.5km², 유로장 7.5km, 평균 하도경사 0.015)과 신흥천(유역면적 52.4km², 유로장 10.5km, 평균 하도경사 0.01)으로 둘러싸여 있어 집중강우에 따른 홍수발생의 잠재적 가능성



그림 1. 신흥천 및 무릉천 유역 현황



07:30 태풍 경보발령
 12:00 삼화동 일대 정전
 14:00 일부주민 피난개시
 18:00 대부분 주민 피난 완료
 18:00 피난사이렌 발령(관공서)
 18:55 삼척MBC, 동해유선방송 주민대피 자막방송(정전으로 연락두절 됨)
 19:15 하천범람으로 인명 피해발생(4명)
 19:20 삼화동 지역 통신망 점검

그림 2. 강우상황 및 시간별 수해 대응상황

이 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.

2.2 피난 대응상황

수해시 삼화동 지역의 지정피난지는 삼화초등학교로 되어 있으나 삼화초등학교 주변지역의 침수로 인하여 대부분의 주민은 200-800m정도 떨어진 주)쌍용양회 시멘트 공장의 부지내로 피난하였고 나머지는 인근의 2층이나 자택의 지붕으로 피난하였다. 이 지역은 그림 2에 나타난 바와 같이 8월 31일 18:00경 동사무소로부터 피난을 알리는 사이렌이 발령되었으나 대부분의 주민들은 호우로 인하여 듣지 못하였거나 사이렌의 의미를 모르고 있었던 것으로 나타났다. 또한 18시 55분경 지역 MBC방송국으로부터 피난 권고를 알리는 자막방송이 있었으나 이미 일부지역은 동일 12시경에 정전이 되어 피난 활동이 효과적으로 전달되지 못하였으며 19시 15분경 주택으로부터 피난을 하지 못한 마을 주민 4명이 급류로 행방불명되었다.

3. 침수지역 주민의 방재의식

3.1 조사의 개요

본 지역은 양 하천이 합류하는 지역으로 호우에 대

한 수해의 잠재적 피해가능성이 높은 지역임에도 불구하고 이에 대한 평상시 대응책이 수립되지 않은 상황이다. 따라서 호우 발생시 피해경감을 위한 주민의식의 고양 및 원만한 대피행동을 진행하기 위해서는 주민의 행동양식을 검토할 필요가 있다. 이를 위하여 2002년 태풍루사 및 2003년 태풍 매미의 피해 지역 주민을 대상으로 수해위기의식의 설문 조사를 실시하였으며 조사 방법으로는 수해발생 지역에 걸쳐 조사원이 직접회답을 얻는 방법을 이용하였다.

3.2 설문조사 대상자의 특징

태풍 루사 및 매미에 따른 수해 위기의식조사는 피난자의 피난지현황을 고려하여 그림 3과 같이 3개 지역으로 구분하여 실시하였으며 설문분석은 통계프로그램인 Stata7.0을 이용하였다. 설문에 응한 회답자의 속성을 보면, 그림 4와 같이 전체93명 중에서 남성 62명(67%) 여성 31명(31%)이며 연령별로는 그림 5와 같이 30세 이하가 9명(10%), 30대가 13명(14%), 40대가 11명(12%), 50대가 19명(20%), 60대 이상이 41명(44%)으로 나타났다. 그러나 현재 거주지에 대한 생활기간에 대한 설문에서는 그림 6과 같이 10년 미만이 28명(30%), 10-20년이 24명(26%), 21-30년이 23명(25%), 31년-40년이 9명(10%), 40년 이상이 9명(10%)로 나타나 이 지역에서 출생하여 정착한 인구보다는 외부로부터 유입된 인구가 많음을 알 수 있었다.

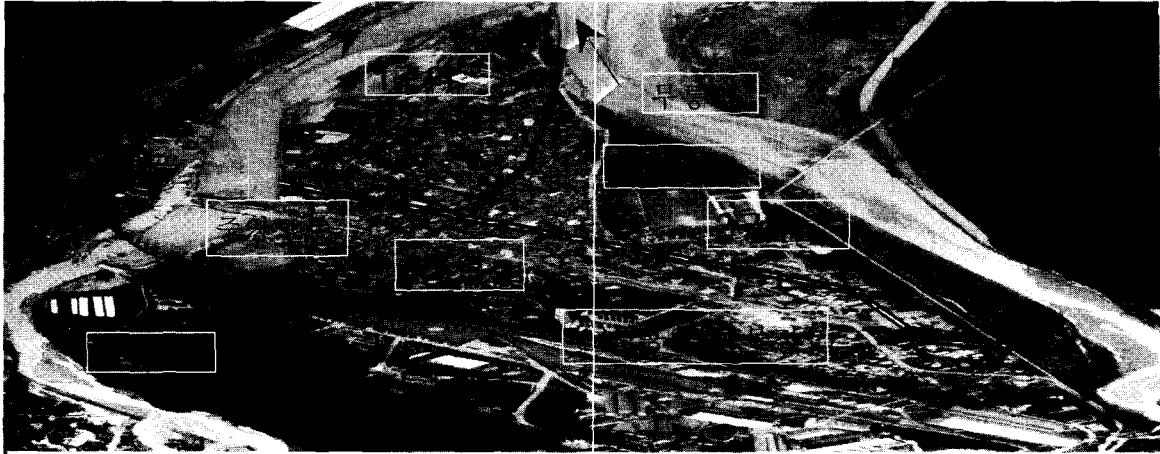


그림 3. 연구대상지인 동해시 삼화동의 구역현황(→ :유하방향)

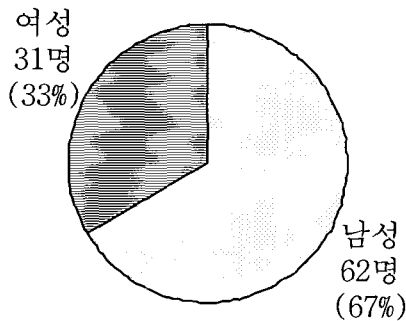


그림 4. 응답자의 남, 여 비율

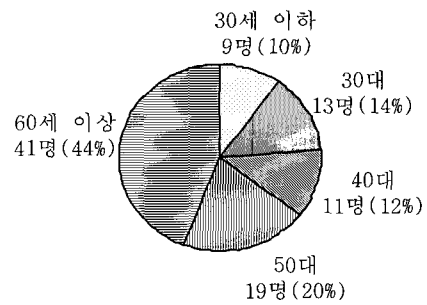


그림 5. 응답자의 연령구성

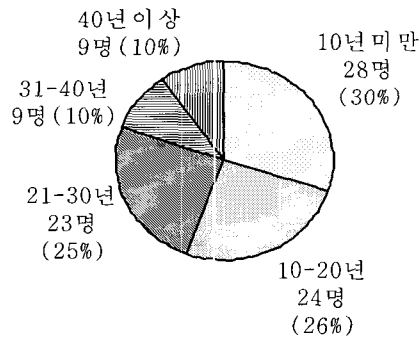


그림 6. 응답자의 주거 년수

3.2.1 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 7과 같이 피난명령의 발령 전에 피난한 응답자가 59명(64%)로 가장 많

았으며 나머지는 피난명령 발령 후(27명, 29%)라든가 정확히 기억하지 못하는 것(6명, 7%)로 조사되었다. 피난지로는 그림 8과 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 9와 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.

이는 관공서, 소방서 및 경찰과 같은 방재관련 기관에 의해 외적인 정보에 의한 피난이 아니라, 피난자 그 자신이 주변의 침수상황이라든가 주민의 피난행동 체험과 같은 내적인 판단요소에 의해 극단적인 상황에 도달하여 피난한 것으로 보인다.

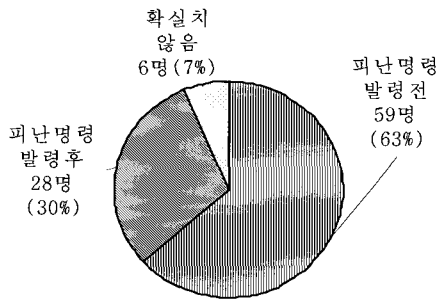


그림 7. 대피시점(2002년 태풍루사)

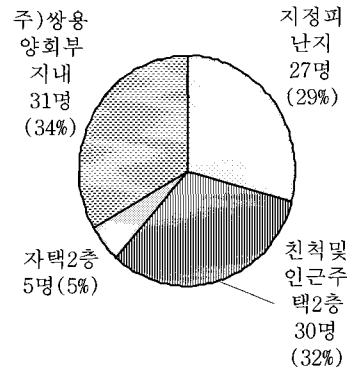


그림 8. 대피장소(2002년 태풍루사)

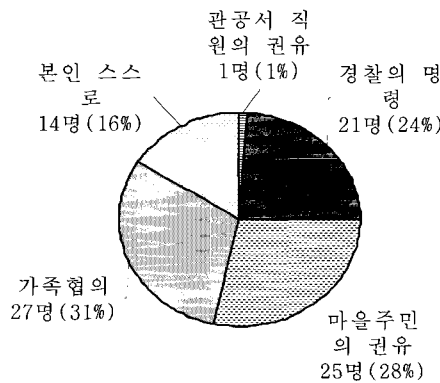


그림 9. 피난동기(2002년 태풍루사)

3.2.2 2003년 태풍매미에 대한 대피행동 및 수해인식

2003년 태풍매미에 있어서는 전체 응답자 중에서 87명(94%)이 침수피해가 없었다고 응답하였으나 응답자의 30명(32%)이 피난한 것으로 나타났다. 피난자의 피난시점은 그림 10에 나타난 바와 같이 관공서로부터 피난명령이 발령하기 전(25명, 84%)에 대부분 피난한 것으로 나타났으며 피난한 직접적인 동기는 그림 11과 같이 본인 스스로(21명, 70%) 또는 가족협의(6명, 20%)로 피난한 것으로 조사되어 2002년 태풍 루사의 수해 경험이 학습된 내적요인에 의해 피난한 것으로 나타났다.

또한 그림 12에 나타난 바와 같이 2003년 태풍 매미에 따른 대피자 30명의 대피장소는 주)쌍용양회 부지내(12명, 40%), 친척 및 인근의 2층(11명, 37%)으로 대피한 것으로 조사되었다.

앞으로 수해에 의한 침수 가능성에 대한 설문에서는 72명(77%)이 가능성이 있다고 답하였으며 가능성이 없다는 응답자는 21명(23%)으로 나타났다. 피난 장소의 인지에 대해서는 알고 있다는 응답자가 28명(30%), 모른다는 응답자가 65명(70%)로 조사되어 앞으로 피난체계에 대한 지속적인 개선책이 시급한 것으로 나타났다. 또한 평상시 수해와 관련하여 주목하는 항목에 대해서

는 그림 13와 같이 응답자의 대부분이 일기예보에 의한 기상상황(42%)과 주택의 침수상황(40%)에 대하여 주의를 기울이고 있는 것으로 나타났다. 지역별 침수상황 및 피난상황을 나타내는 침수실적도에 대해서는 들은 바가 없으나(89명, 96%), 대부분 앞으로 침수 실적도의 작성 및 배포가 필요하다고(92명, 99%) 응답하였다. 또한, 호우에 따른 수해가 발생할 경우 가장 우려되는

사항에 대해서는 그림 12에 나타난 바와 같이 큰 비가 올 경우 일기예보에 관심을 가지고 있다는 응답자가 39명(42%), 주택의 침수상황에 관심을 기울인다는 응답자는 37명(40%), 하천수위에 관심을 가진다는 응답자는 12명(13%), 그 밖에 피난활동, 방재용품에 유의하는 것으로 나타났다.

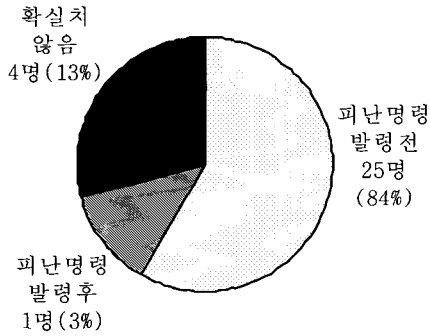


그림 10. 피난시기(2003년 태풍매미)

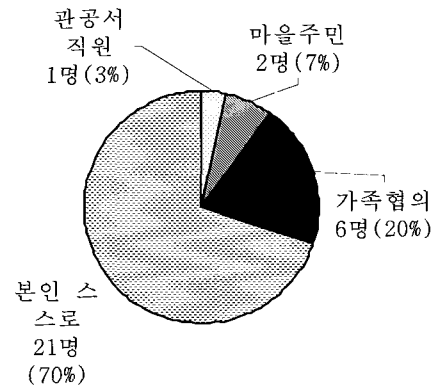


그림 11. 피난동기(2003년 태풍매미)

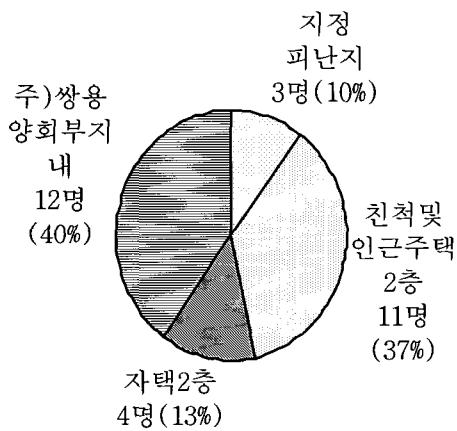


그림 12. 피난장소(2003년 태풍매미)

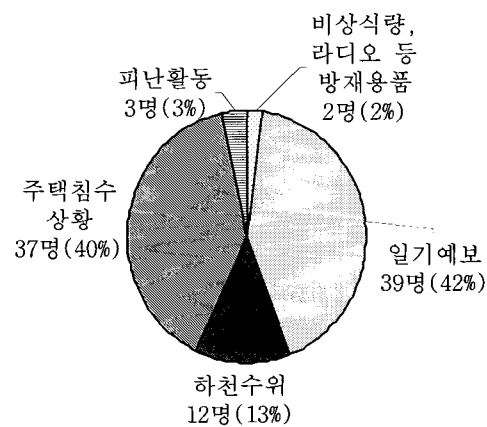


그림 13. 평상시 수해와 관련하여 관심을 가지는 항목

4. 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.

4.1 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 m²당 ρ_n^t(명) 이라 하면, 보행속도 U_n^t는 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_n 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 실험값으로 0.49m/sec로 주어진다. ρ_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.

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

C는 그룹인 경우 보행속도의 저하를 나타내는 계수를 의미하며,

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

가 된다. ρ_{\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 t시간이 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 t에 있어서 경로n상의 보행속도 V_n^t 는,

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

로 주어진다.

4.2 피난시간의 계산결과 및 고찰

피난시간의 계산은 그림 3에 나타난 바와 같이 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 50-100m정도 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 인근의 2층 주택으로 피난한 경우이며 피난거리는 약 50m이다. 이와 같은 상황 하에서 계산된 결과는 표 1과 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 나타냈으며 거리에 따른 지체속도의 영향은 크지 않은 것으로 계산되었다.

5. 결 론

본 연구에서는 2002년 태풍 루사 및 2003년 태풍 미에 의한 수해피해 주민의 경험적인 피난행동양식 조사를 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

표 1. 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)

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 하천수위를 실시간으로 전달하는 방안과 아울러 평상시 지정피난지의 숙지, 가족구성원을 고려한 피난시간 숙지 등을 통하여 효과적인 피난활동이 되도록 하여야 한다.

- (2) 2003년 태풍매미에 있어서는 전체 응답자 중에서 94%가 침수피해가 없었다고 응답하였으나 응답자의 32%가 피난한 것으로 나타났으며 대부분의 판단에 의해(90%) 피난명령이 발령하기 전(84%)에 피난한 것으로 나타나 이는 2002년 태풍 루사의 수해 경험이 학습되어 피난한 것으로 사료되며 이와 같은 학습효과를 높이기 위해서는 과거 침수실적도의 공표 등을 통하여 자주적인 피난활동이 이루어지도록 유도하여야 한다.
- (3) 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 피난활동에 소요된 시간

의 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.

참 고 문 헌

- 강원도(2003). 강원 수해백서.
- 강상혁(2003). 저지대 침수주민의 피난행동과 걱정 피난수심에 관한 연구, **대한 토목학회 논문집**, 제23권 제6B호, pp.561-565.
- 西原 巧(1983). 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.
- 井上和也ら(1996). 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.
- 中川 一ら(1997). 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.
- 野口正人(2000). 豪雨災害の軽減を目指した情報の整備と利用, 京都大學防災研究所年報 第 43号 B-2, pp.325-331.

(논문번호:04-05/접수:2003.11.19/심사완료:2004.02.29)