

피해설문조사 기반의 도시지역의 침수심별 피해 추정함수 개발 -건물피해를 중심으로-

Development of Depth-Damage Function by Investigating Flooded Area with Focusing on Building Damage

김 상 호* / 김 병 식** / 이 창 희*** / 정 재 학****

Kim, Sang Ho / Kim, Byung Sik / Lee, Chang Hee / Chung, Jae Hak

Abstract

In this study, we developed a depth-damage function based on flood damage survey with focusing on building damage in urban area. We designed items for the questionnaire survey to develop a depth-damage function which estimates the amount of damage based on inundation depth targeting Dongducheon, Korea, which has experienced severe inundation damage due to significant flooding in July 2011. Based on the survey of the area, we developed a depth-damage function and used this to estimate the real amount of damage on buildings in the inundation area. To assess the damage on buildings, we categorized buildings into two groups; namely residential buildings and commercial buildings. Also, in order to calculate the real amount of damage caused by flooding, properties and detailed damaged items were sub-divided into two groups for the survey; facilities loss (wall paper, floor paper, painting, electrical facilities, and boilers) and furnishing loss (furniture, electronic products, and daily necessities). We expect this study on the process for developing depth-damage function and on the investigation research for flooded area to help in the efficient implementation of all kinds of disaster management policies and the attainment of a society safe from disaster.

keywords : building damage, depth-damage function, inundation, survey

요 지

본 연구에서는 피해설문조사 기반의 침수심별 피해 추정함수 개발에 관한 연구를 수행하였으며 특히 도시지역의 건물피해를 중심으로 이루어졌다. 실제 2011년 큰 피해가 발생한 동두천지역을 대상으로 설문조사를 통해 피해설문조사 기반의 피해 추정함수를 개발하였다. 건물에 대한 피해는 주거용 건물과 영업용 건물로 구분하였고, 피해 당시 실제 피해액을 도출하기 위해 도배, 장판, 도색, 전기수리, 보일러 수리 등 부차물/설비시설에 대한 피해항목과, 가구류, 전자 제품류, 생필품 등 내장물을 세분화 하여 조사하였다. 본 연구에 수행된 피해설문조사 기반의 침수심별 피해 추정함수 개발을 통해 향후 과학적 재난관리의 튼튼한 기초를 마련하고, 모든 방재정책의 효율적 추진과 재난으로부터 안전한 사회를 구현할 것으로 기대된다.

핵심용어 : 건물피해, 침수심별 피해 추정함수, 침수, 설문조사

* 상지대학교 건설시스템공학과 교수 (e-mail: kimsh@sangji.ac.kr)

Professor, Department of Civil Engineering, Sangji University, Gangwon, Korea.

** 국립강원대학교 소방방재학부 & 방재전문대학원 도시환경방재공학전공 조교수 (e-mail: hydrokbs@kangwon.ac.kr)

Assistant Professor, Department of Urban & Environmental Disaster Prevention Engineering, Kangwon National University, Kangwon, Korea.

*** 교신저자, 중원대학교 방재안전공학과 조교수 (e-mail: Ich75039@hanmail.net, Tel: 82-43-830-8685)

Corresponding Author, Assistant Professor, Department of Disaster Management & Safety Engineering, Jungwon University, Chungbuk, Korea.

**** 국립재난안전연구원 안전연구실 연구관 (e-mail: blueboat@korea.kr)

Senior Researcher, Safety Research Division, National Disaster Management Institute, Seoul, Korea.

1. 서 론

전 세계적으로 기후변화로 인한 이상기후에 대한 관심이 높아지고 있다. 가속화되고 있는 지구온난화가 미래기후를 어떻게 변화시키고 이러한 변화로부터 받게 될 영향에 대한 우려가 증가되고 있으며, 실제로 현재기후에서도 전 세계 곳곳에서 이상기후로 인한 피해가 확인되고 있다. 우리나라도 지구온난화에 따른 기후변화에 의한 집중호우로 인하여 많은 재산 및 인명피해가 발생하고 있고, 홍수피해액은 산업화, 도시화에 의한 자산증가로 최근 들어 천문학적 수치를 나타내고 있으며 향후에도 지속적인 경제성장으로 잠재적 피해액은 꾸준히 증가할 것으로 예상된다. 이미 선진국들에서는 이러한 재난에 효과적으로 대응하기 위한 재난 피해 추정시스템을 개발해 운영하고 있다(Munich Re, 1997; FLOODsite, 2007; USACE, 2008). 특히, 미국의 연방재난관리청(FEMA: Federal Emergency Management Agency)에서는 GIS기반의 HAZUS-MH 시스템을 개발하여 재해의 발생으로 인한 피해 및 손실 규모를 효과적으로 추정하고, 이로부터 재해의 예방, 대응, 복구 등의 계획 수립을 효과적으로 지원하고 있다(FEMA, 2011; FAMA, 2012). 그러므로 우리나라도 구조적 방재인프라 구축 뿐 아니라 과학적 홍수피해 추정을 통해 피해예방, 대응, 복구태세를 사전 확립함으로써, 홍수에 강한 사회기반 시스템을 구축할 필요가 있다.

국내에서 홍수피해 추정과 관련한 기존방법으로 간편법, 개선법, 다차원법이 많이 이용된다. 이중 다차원홍수피해산정법은 현재 하천설계기준 및 예비타당성조사지침에서 제시하고 있는 방법론으로서 이전의 원단위나 회귀식을 이용한 산정방법들에 비해 자산조사, GIS를 활용한 자산 및 피해지역의 공간적 분포 고려, 침수심별 손상함수의 도입 등 개념적으로 발전된 면을 보여주고 있다(Choi et al., 2006a; Choi et al., 2006b; Yi et al., 2010). 그러나 일반자산 피해액에 통계적으로 도출된 비율계수를 적용하여 일괄 계산하므로 정밀도에 문제가 있으며 이마저도 일본의 피해산정 기준에서 제시된 계수를 사용하고 있어, 일본과 우리나라의 유사성을 감안하더라도 국내 실정을 완벽히 반영했다고 보기 어렵다. 이에 따라 최근 이를 개선하기 위한 몇몇 연구가 시도된 바 있다. 도시홍수사업단에서는 재해연보를 바탕으로 국내의 공공시설물 비율계수를 새롭게 제시한 바 있으며(Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, 2008a), Kim(2013)은 침수심 예민 공공시설물과 비예민 공공시설물로 분류한 후 각각 피해액을 직접 산정하는 방안을 제시한 바 있다.

그러나 신뢰할 만한 자료에 기반하여 만들어진 손상함수 없이는 이러한 노력들에도 불구하고 정확한 홍수 피해액 추정에는 한계가 있을 수밖에 없다. 우리나라의 사후 홍수피해조사는 소방방재청이 매년 발간하는 자연재난조사 및 복구계획수립 지침에 의거하여 대규모 피해시설은 중앙재난안전대책본부 중앙합동조사단이, 소규모 및 사유시설은 시·도지사 소속 하의 지방합동조사단이 실시하고 있다(National Emergency Management Agency, 2013). 홍수피해가 발생했을 때 피해조사는 최하위 리·동의 장에 의한 직접조사로 이루어지고, 최종적으로 중앙재난안전대책본부에 의하여 집계·분류된다. 정부관리시설물의 경우는 시·군 관계자에 의하여 직접 중앙재난안전대책본부에 보고된다. 피해액 산정기준은 중앙재난안전대책본부에 의하여 이루어지며, 각 부처의 소관업무에 따라 각종 피해대상의 시세나 물가동향에 따라 정해진다. 그러나 피해조사를 위한 전문인력이 부족하고, 하위조직의 피해조사 보고시간이 법으로 규정되어 있어서 세부적이고 정확한 조사가 힘들다. 이러한 이유로 각종 산업의 생산물 피해 및 재고품(반제품)의 피해가 조사되지 않고 있어 조사피해규모가 실질적인 피해규모에 비해 매우 적게 추정되고 있는 실정이다. 특히 개인생활과 직접 관련되는 가재도구 및 가전제품들이 피해조사 대상에 포함되어 있지 않으며 비거주용 건물 부분에 대한 피해액 산정시 상가, 공장 등에 대한 피해액 산정시 제품피해액은 제외되고 있기 때문에 문제점은 더욱 가중되고 있다.

이에 본 연구에서는 실제 침수 피해가 발생한 도시지역을 대상으로 침수심별 피해내용과 해당 피해액을 조사하여 침수 발생시 국내 지역특성을 반영하면서, 풍수해 외력의 규모에 따른 피해액을 추정할 수 있는 피해추정함수를 개발하였다. 이를 위해 실제 침수 피해가 발생한 지역을 대상으로 현장 설문조사를 통해 침수심별 피해상황을 조사하였는데, 도시지역의 경우 홍수로 인해 건물파괴로 인한 피해보다는 대부분 침수에 대한 피해이므로 피해조사는 침수심에 따른 건물 및 건물내용물에 대해 수행하였다. 조사결과를 바탕으로 침수심별 손상정도와 피해액을 도출하였고, 국내에서 홍수피해 추정에 이용되고 있는 다차원법과 비교분석을 수행하였다. Fig. 1은 본 연구의 전체 수행 절차이다.

2. 피해 추정 설문조사

2.1 피해 추정함수 개발을 위한 설문조사 항목 설계

현행 피해액 집계시 건물의 도배, 장판, 도색, 보일러,

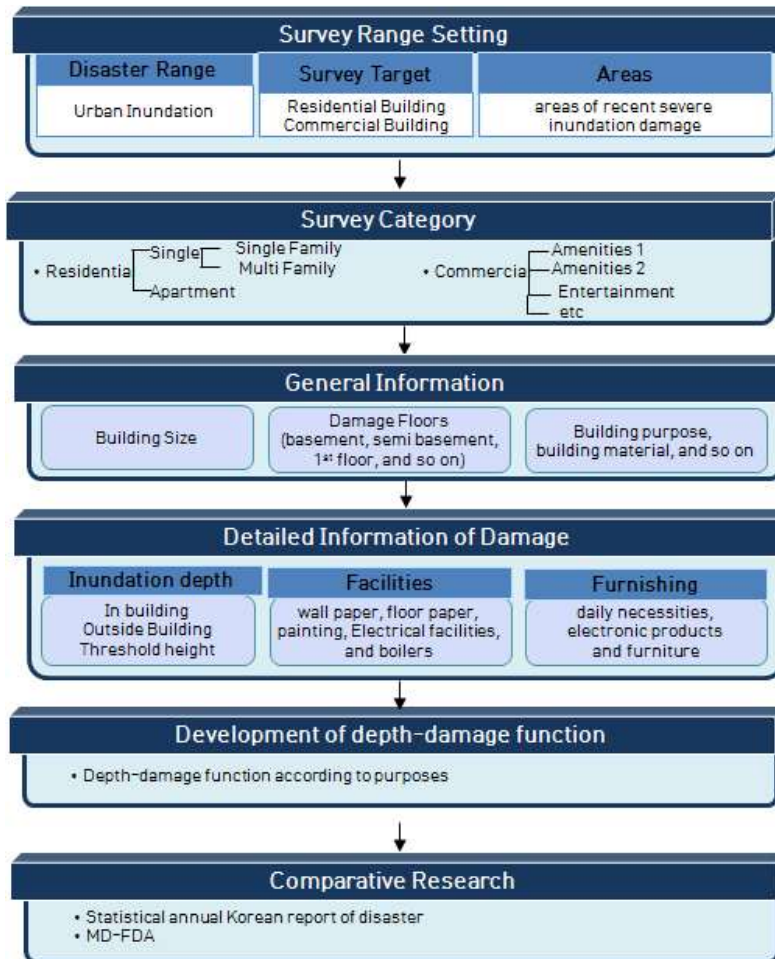


Fig. 1. Framework of this Research

전기시설 등 건물 부착물/설비시설에 대한 피해와 가구류, 가전제품, 주방용품, 의류, 생활용품, 영업제품 등 내장물에 대한 피해가 고려되지 않으며, 건물면적에 관계없이 획일적으로 동별 혹은 세대당 피해액으로 추정됨으로써, 사유재산에 대한 손실 추정시 실제 피해액과 차이가 발생하고 있는 실정이다. 또한 풍수해 외력(예를 들면 홍수에 있어서 침수범위 및 침수심 등)의 정도에 따라 예상되는 피해손실 추정에 있어서 간편법, 개선법, 다차원법이 적용되고 있으나, 국내의 실제 피해 조사자료를 바탕으로 개발된 기법 및 인자가 아니므로 추정된 피해액이 국내 지역특성을 충분히 반영하지 못한다는데 한계가 있다. 이에 본 연구에서는 실제 침수 피해가 발생한 지역을 대상으로 침수심별 피해내용과 해당 피해액에 대해서 설문조사를 수행하였고, 이 결과를 이용해 피해 추정함수를 개발하였다.

건물 피해추정시 건물분류와 관련한 사례로는 국내 피해추정에 많이 이용되는 다차원법의 경우 건물을 단독주

택, 아파트, 연립주택으로 구분하며(Choi et al., 2006a; Choi et al., 2006b), 미국의 피해추정 프로그램인 HAZUS-MH (FEMA, 2011; FEMA, 2012)에서는 주거용 건물을 단독주택, 조립식건물, 복층아파트, 공동주택, 임시숙박, 기숙사, 양로원로 상업시설은 소매점, 도매점, 서비스센터, 병원, 주차장 등으로 구분하여 피해추정을 수행한다. 그러나 현재 국내에는 건축법의 건축물 용도 구분 기준에 맞춰 건물의 각종 정보가 기록되고 있는 실정을 고려할 필요가 있다. 이에 본 연구에서는 건축법의 건축물 용도 구분 기준에 맞춰 건물에 대한 피해는 주거용 건물과 영업용 건물로 구분하였고, 주거용 건물은 다시 단독주택(단독, 다가구)과 공동주택(다세대, 아파트)으로 영업용 건물은 1종근린생활시설, 2종근린생활시설, 문화 및 집회시설, 판매 및 영업시설, 의료시설, 위락시설 등으로 구분하였다. 침수심별 피해항목을 조사할 수 있도록 구성하고, 피해 당시 보유 항목 및 세부 피해 항목을 도배, 장판, 도색, 전기수리, 보일러수리 등 부착물/설비시설에 대한 피해항목

과, 장롱, 침대 및 쇼파와 같은 가구류, TV, 냉장고 및 세탁기와 같은 전자제품류 등 설문조사 대상자의 입장에서 당시의 침수심에 대한 정보를 자세히 제공할 수 있도록 내장물을 세분화하였다. 피해조사와 관련한 설문 항목의 개략도는 Fig. 2와 같다.

2.2 피해지역에 대한 설문조사

Fig. 2에 나타난 항목에 동두천시의 범람피해 지역(보산동, 중앙동, 생연1동, 생연2동, 상패동 일대) 피해주민을 대상으로 개별 면담 조사에 의한 설문조사를 수행하였다.

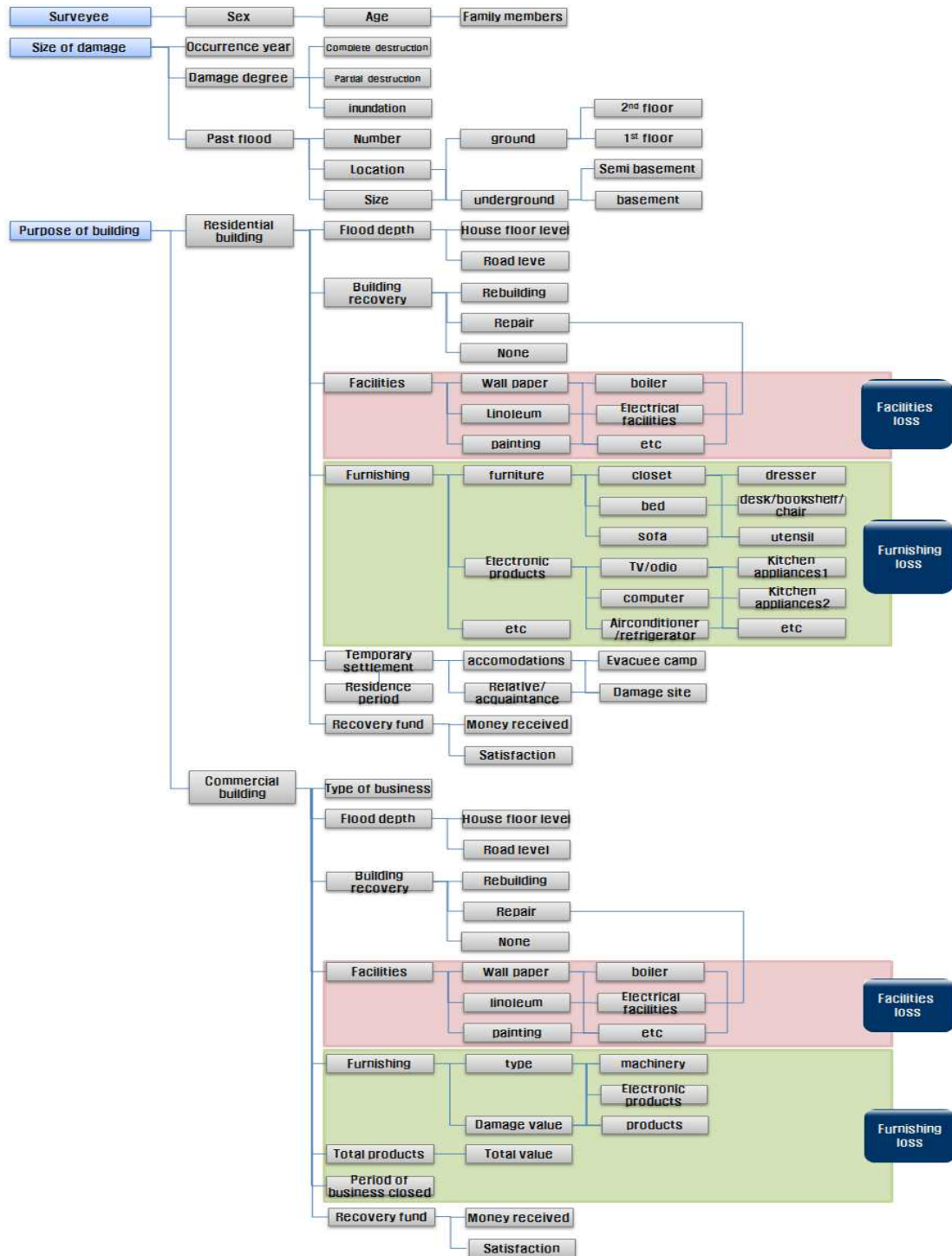


Fig. 2. Items for the Questionnaire Survey to Develop a Depth Damage Function

대상지역인 동두천시는 2011년 7월 26일부터 사흘간 내린 집중호우로 인해 동두천시를 관통하는 한강 제 3지류 신천이 범람하여 도로, 하천, 소하천 등 공공시설 피해와 주택 파손, 침수 등 사유재산에 대한 막대한 피해가 발생하였다. 이때 일최대 강수량은 관측이례 최대인 449.5mm를 기록하였고, 총 강수량은 약 700mm에 달하였다. 이 기간 동안 동두천시에서 발생한 피해현황을 재해연보(National Emergency Management Agency, 2012) 자료로부터 정리하면 Table 1과 같고, 피해복구를 위한 지원복구비, 자체복구비를 합산한 총 복구비는 총 606억원이 투입되었다. 이때의 침수구역은 Fig. 3과 같이 신천범람에 따라 하도구간을 따라 형성하고 있으며, 전체 침수면적은 0.67km², 상류측에서 발생한 최대 침수심은 일반 성인 키를 초과하는 1.91m로 나타났다(Korea Cadastral Survey Corp., 2013).

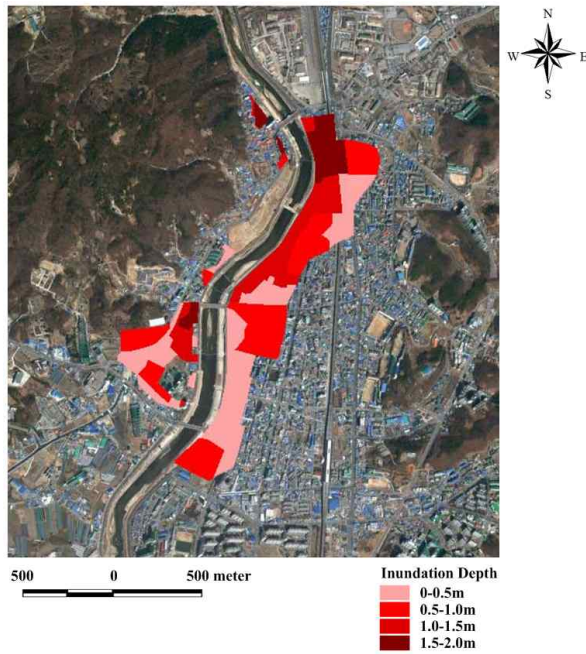


Fig. 3. 2011 Flood Trace Map in Dongducheon

피해발생 지역 내에는 총 5개의 법정동이 포함되는데, 여기에는 신천 좌안에 위치하는 보산동, 중앙동, 생연1동, 생연2동, 신천 우안에 위치하는 상패동이 위치하고 있다.

설문조사는 개별면담조사를 이용하였다. 개별면담조사는 이메일조사, 전화조사에 비해 비용과 인력이 많이 소요되지만 설문해야 할 분량이 많고, 복잡할 경우 가장 높은 응답을 받을 수 있다. 또한 응답자로부터 답변을 바로 확인할 수 있고, 응답자에게 질문 내용을 명료하게 설명할 수 있으며, 답변 역시 모든 항목별로 받을 수 있는 장점이 있다(USACE, 1985; 1991; 1992; 1996). 조사한 기간은 2013년 10월~11월에 걸쳐 2개월 동안 진행되었으며, 설문에 대한 응답은 총 303곳(주거: 119, 영업: 184)에 대해서 받을 수 있었다.

3. 피해설문조사 기반의 손실함수 개발

3.1 일반건물(주거) 손실함수 개발

건물 중 주거건물에 대한 설문조사는 모두 119곳에 대해 조사가 되었다. 여기서 건물은 주거, 영업용으로 구분하였으며, 그 가운데 주거건물은 단독주택, 다가구주택, 아파트, 연립주택으로 구분하였다. 부착물 및 설비시설의 경우는 설문을 통해 조사한 도배, 장판, 보일러 등에 대한 실제 복구비용을 이용하여 평당 침수심별 피해액을 추정하였으며, 이를 전체 피해가구의 평수와 침수심에 일괄 적용하여 피해액을 추정하였다. Fig. 4는 조사된 단독주택에 대한 침수심별 피해추정함수 곡선과 이에 대한 표준오차를 나타내고 있다. Fig. 4에서 보는 바와 같이 침수심에 따른 피해단가가 약 0.5m까지 급격하게 상승하다가 0.89m인 약 486만원까지는 완만한 기울기를 나타내고 있었으며, 이후부터는 피해액이 급격하게 증가하여 1.95m에서는 피해액이 약 1,273만원에 이르는 것으로 나타났다.

다가구주택과 다세대주택에 대한 설문결과를 이용한 침수심별 피해추정함수 곡선은 Figs. 5 and 6과 같다. 다가구

Table 1. List of 2011 Flood Loss in Dongducheon City

Category	Loss
Evacuee	4,095 (1,846 family)
Casualty	5
Building	damage building number : 1,783 loss price : 1,833,600(10 ³ won)
Crops	damage area : 39.1ha, loss price : 440,000(10 ³ won)
Public facilities	loss price : 17,602,881(10 ³ won)
Other individual facilities	loss price : 340,597(10 ³ won)

주택의 경우 침수심이 2.0m인 가구가 많지 않은 관계로 Fig. 5에서 보는 바와 같이 표준오차의 범위가 매우 크게 나타나고 있었다. 침수심별 평균 피해단가는 0.08m에서 약 136만원의 피해금액이 0.42m에서는 564만원으로 급격히 상승한 후 2.0m에서는 1,052만원으로 일정하게 증가하는 것으로 나타났다. 다세대주택의 경우 침수심이 0.08m와 0.42m에서는 각각 1가구만 조사가 되어 통계분석에서는 두 침수심에 대한 분석결과를 제외하였고, Fig. 6과 같이 일부 침수심 구간에 대해서만 손실곡선을 얻을 수 있었다.

여러 가지 일반건물군 중 단독주택의 범주에 속하는 단독주택과 다가구주택에 대한 결과를 통합하여 침수심별 피해추정함수 곡선을 Fig. 7과 같이 나타내었다. Fig. 7에서 보는 바와 같이 그림 4에 대한 침수심별 피해추정함수와 매우 유사하게 나타나는 것을 알 수 있으며, 침수심

0.89m에서 평균 피해단가는 약 486만원으로 일정부분 수렴하는 경향을 보이다가 그 이상의 침수심에서는 급격하게 증가하여 1.96m에서는 약 1,218만원까지 피해액이 증가하는 것으로 나타났다.

Fig. 8은 단독주택, 다가구, 단독/다가구, 다세대에 대한 설문결과를 이용한 침수심별 피해추정함수 곡선을 모두 모은 그림이다. Fig. 8에서 다가구주택의 경우 약 1.0m 이하의 침수심에서는 단독주택보다 피해액이 더 높게 나타났지만, 그 이상의 침수심에서는 단독주택의 피해액이 더 높게 나타났다. 다세대주택의 경우 전반적으로 단독주택이나 다가구주택보다 낮게 나타났는데, 이는 연립주택이나 아파트의 출입구가 일반적으로 지반고보다 조금 더 높게 설계되는 점을 고려할 경우 비교적 타당한 결과인 것으로 판단된다.

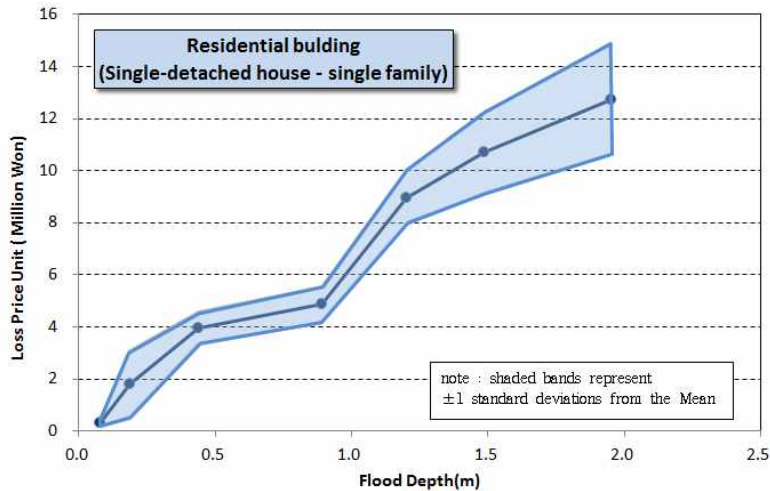


Fig. 4. Depth-Damage Function Curve for Single Family House

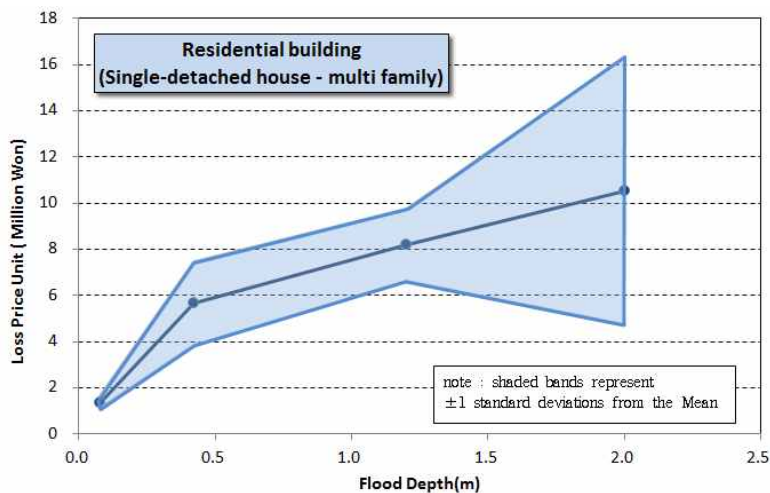


Fig. 5. Depth-Damage Function Curve for Multi Family House

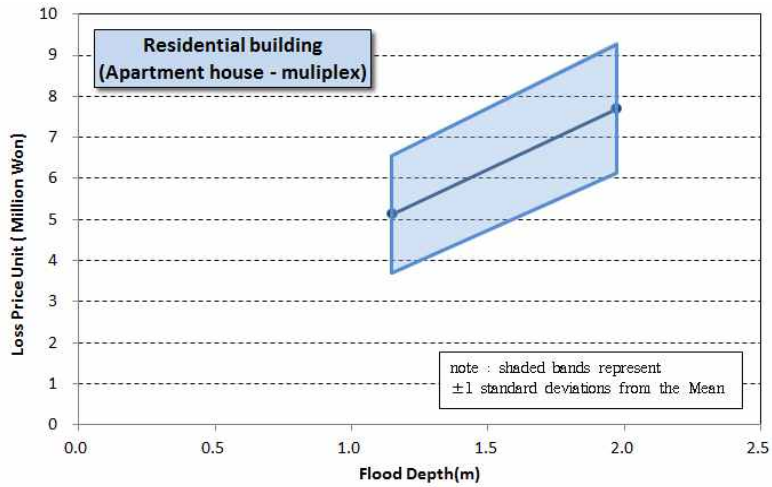


Fig. 6. Depth-Damage Function Curve for Apartment House

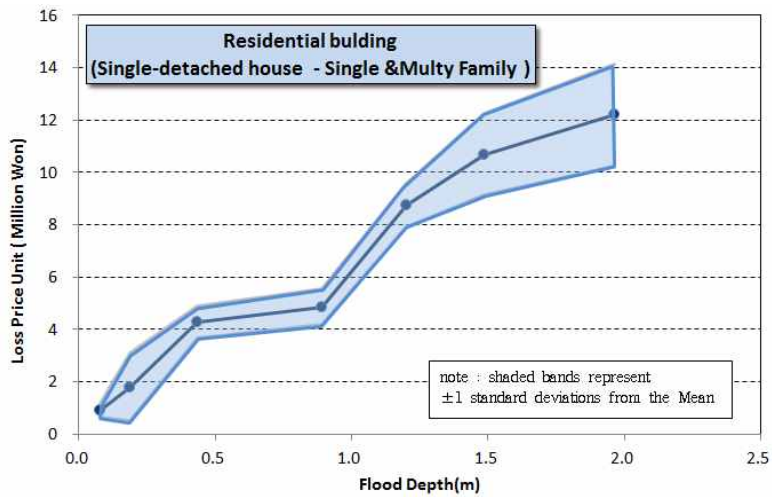


Fig. 7. Depth-Damage Function Curve for Single-detached House

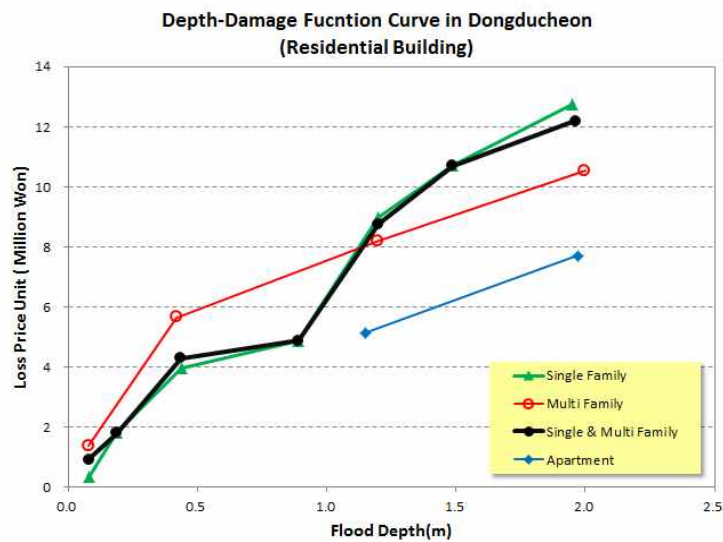


Fig. 8. Depth-Damage Function Curve for Residential Building

3.2 일반건물(영업) 손실함수 개발

일반건물 중 영업용 건물은 1종근린생활시설, 2종근린생활시설, 문화 및 집회시설, 판매 및 영업시설, 의료시설, 위락시설 등 용도에 따라 매우 다양하게 구분된다. 여기서 1종근린생활시설은 슈퍼마켓과 일용품(식품, 잡화, 의료, 완구 등) 등의 소매점으로서 동일한 건축물 안에서 당해 용도에 사용되는 바닥면적의 합계가 1,000㎡ 미만이거나 휴게음식점으로서 동일한 건축물 안에서 당해 용도로 사용되는 바닥면적이 300㎡ 미만일 경우를 의미하며, 주로 소매점, 휴게음식점, 이(미)용원, 일반목욕장, 세탁소, 의원, 체육장 등이 있다. 2종근린생활시설은 각종 일상생활과 밀접한 시설 중 1종근린생활시설보다 큰 규모의 생활시설을 의미하며, 비교적 큰 규모의 음식점을 비롯하여 서점, 제조업소, 수리점 등이 있다.

건물 중 영업건물에 대한 설문조사는 모두 184개 영업장에 대해 조사가 되었다. 업종별로는 1종 및 2종 근린생활시설과 위락시설에 대해 설문조사가 이루어졌으며, 이에 대한 하천범람으로 인한 침수 피해액 추정을 위해 주거건물과 동일하게 영업을 위해 필요한 내부의 시설물인 내장물과 건물 내부의 도배, 장판, 보일러 시설 등과 같은 기타 시설물을 부착물 및 설비시설에 대한 피해액을 산출하였다. 영업건물에 대한 피해액은 주거건물과는 달리 대부분 영업을 위해 건물내부에 마련된 구성물품에 대한 피해가 많았으며, 도배나 장판, 기타 시설물과 같은 부착물에 대한 보수비는 상대적으로 적게 추정되었다. 따라서 영업건물에 대한 피해액 추정을 위해 내장물은 실제 조사

된 피해액을 피해 영업장의 평당 침수심별 단위 피해액으로 환산하여 이를 피해 영업장의 평수와 침수심에 일괄 적용하여 피해액을 추정하였으며, 부착물 및 설비시설은 침수 피해발생 후 도배나 장판 등과 같은 보수 수리를 실시하지 않은 영업장이 많고 또 이에 대한 비용이 크지 않아 비용이 발생한 영업장의 피해액만 적용하였다.

1종근린생활시설에 대한 설문결과를 이용한 침수심별 피해추정함수 곡선은 Fig. 9와 같으며, Fig. 9에서 보는 바와 같이 전체 수심에 대해 비교적 고른 표준오차를 나타낸다. 침수심별 피해액을 살펴보면, 전체적으로 일정한 기울기를 가지며 피해액이 증가하는 것으로 나타났고 0.59m에서 약 821만원의 피해액이 발생한 것으로 나타났으며, 1.22m에서 약 2,392만원으로 비교적 일정한 증가 추세를 보이다가 이후부터는 완만한 기울기로 피해액이 증가하여 최고 침수심인 1.83m에서 약 2,704만원의 피해액이 발생한 것으로 나타났다.

2종근린생활시설에 대한 설문결과를 이용한 침수심별 피해추정함수 곡선은 Fig. 10과 같다. Fig. 10에서 보는 바와 같이 2종근린생활시설에 대한 침수심 범위는 0.25~1.63m인 것으로 나타났으며, 각 침수심별로 전반적으로 고른 설문이 이루어졌다. 전체적으로 일정한 기울기를 가지며 피해액이 증가하는 것으로 나타났고, 침수심 1.2m에서는 피해액이 3,019만원으로 나타났으며, 1.63m에서는 3,412만원으로 비교적 피해액이 크게 발생한 것으로 나타났다.

위락시설에 대한 설문조사는 설문결과를 이용한 침수심별 피해추정함수 곡선은 Fig. 11과 같다.

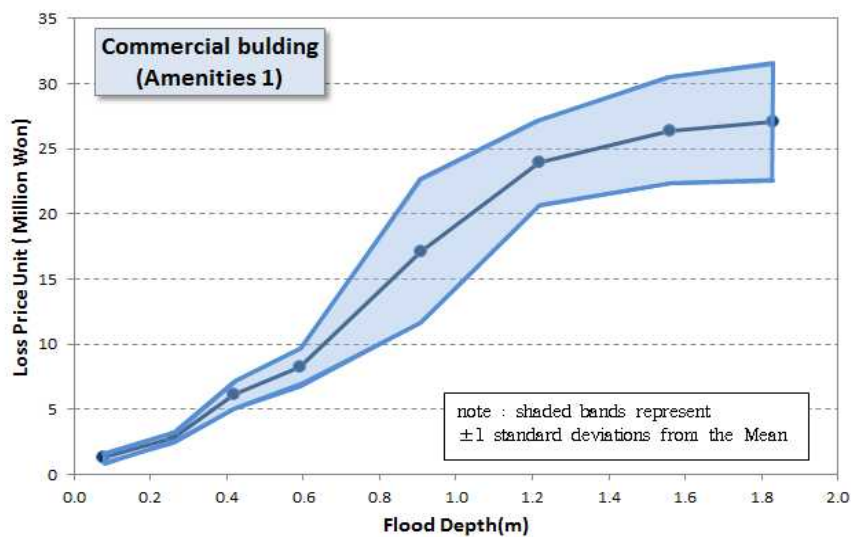


Fig. 9. Depth-Damage Function Curve for Amenities 1

0.08m와 1.7m에서는 1개 영업장만 조사되었고, 대부분 1.2m의 침수심이 발생했던 것으로 조사되었고, Fig. 11에서 보는 바와 같이 침수심 1.2m에서 약 3,062만원의 피해액이 발생하였다.

Fig. 12에는 상업용 건물인 1종근린생활시설, 2종근린생활시설 그리고 위락시설에 대한 침수심별 피해추정함수 곡선을 나타내고 있다. Fig. 12에서 보는 바와 같이 1종근린생활시설보다는 2종근린생활시설의 피해액이 전반적으로 더 크게 나타나고 있었는데, 이는 일반적으로 영업장의 면적이 1종보다 2종근린생활시설이 더 큰 것을 고려하면 적절한 결과인 것으로 판단된다. 1종과 2종의 피해액의 차이는 침수심이 깊어질수록 더 증가하고 있었는데, 약 0.55m의 침수심에서는 피해액이 약 217만원 차이

나는 것으로 나타났으며, 침수심 1.6m 부근에서는 피해액이 약 771만원 증가하는 것으로 나타났다. 위락시설의 경우 전반적인 추세는 2종근린생활시설과 유사한 경향을 나타내고 있었다.

3.3 침수심별 피해추정함수를 이용한 피해액 추정

개발된 주거건물과 영업건물에 대해 침수심별 피해추정함수를 이용하여 2011년 7월 동두천시에서 발생한 전체 범람지역에 대한 실제 피해액을 추정하였다. 이를 위해 침수흔적도(Fig. 3)를 이용하여 실제 침수된 가구를 수치 지도로부터 추출하였다. Figs. 13 and 14에는 주거건물과 영업건물 종류별 침수피해가 발생한 침수심별 가구수와 피해액이 건물의 종류별로 추정되었다. Fig. 13에서 보는

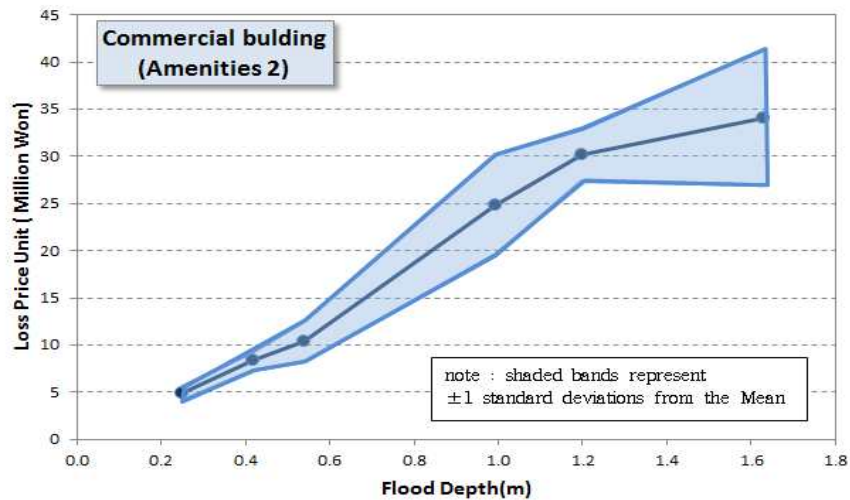


Fig. 10. Depth-Damage Function Curve for Amenities 2

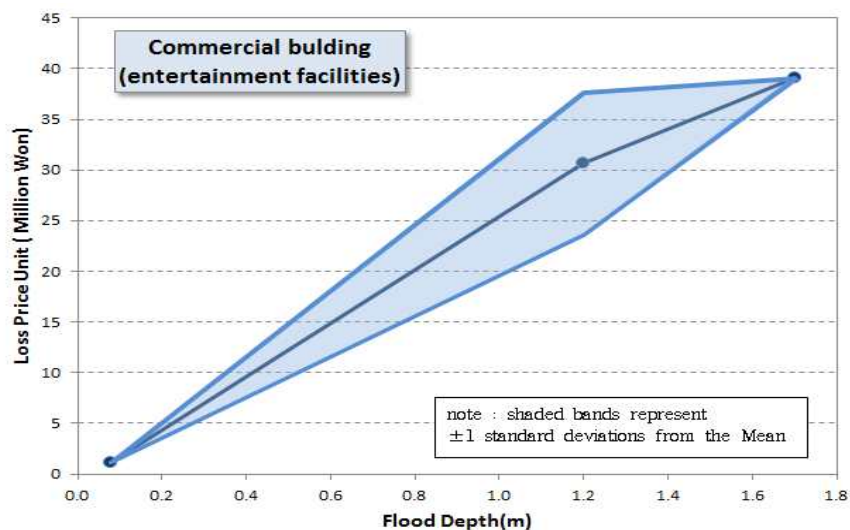


Fig. 11. Depth-Damage Function Curve for Entertainment Facilities

바와 같이 주거건물의 경우 단독주택에 대한 총 피해액이 약 47.58억원으로 추정되어 주거건물 중에서는 가장 피해액이 높게 나타났으며, 1종근린생활시설의 경우 총 피해액은 약 19.81억원으로 추정되었고, 2종근린생활시설은 약 240.37억원으로 추정되었다. 결국 2011년 7월 홍수로 인해 동두천에서 발생한 하천범람 피해는 최고 1.9m의 침수심에 총 308.77억원의 피해가 발생한 것으로 추산되었다.

3.4 기존 추정 기법과의 비교

본 연구에서 개발된 함수를 이용하여 추정된 피해액을 소방방재청 재해연보(National Emergency Management

Agency, 2012) 피해액자료와 홍수피해 추정과 관련하여 기존 추정 기법 중 많이 이용되는 다차원법(MD-FDA)과 비교하였고, 그 결과는 Table 2와 같다. 재해연보는 영업 피해액에 대해서 반영 되지 않고, 다차원법 역시 영업용 건물 피해에 대해서 별도로 산정하지 않으므로, 주거용 건물에 대해서만 비교하였다. 다차원법의 기본적인 분석과정은 현 하천설계기준·댐설계기준(KWRA, 2011a; KWRA, 2011b)의 절차와 동일하며, 이때 사용되는 기초자료 및 각종 원단위는 2008년에 수행된 “수자원사업의 타당성분석 개선방안 연구”(Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, 2008b)에서 제시된 값을 사용하였다. 일반건물(주거용 건

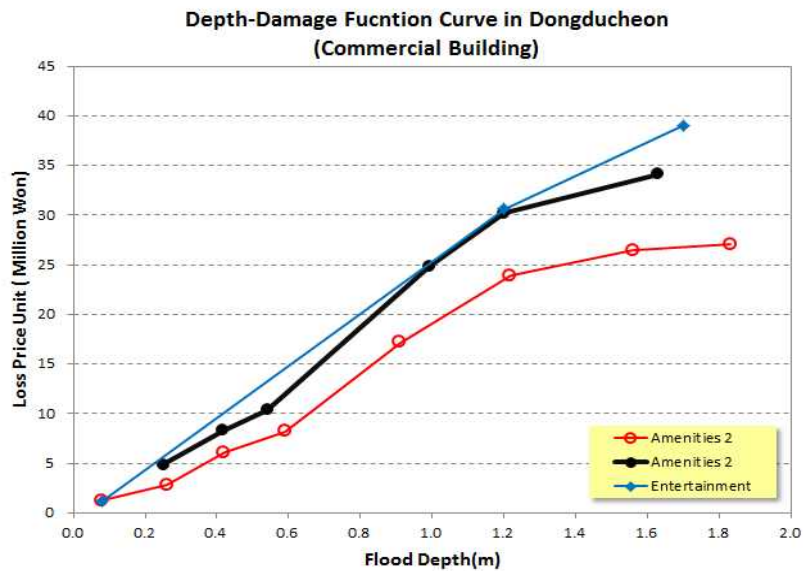


Fig. 12. Depth-Damage Function Curve for Commercial Building

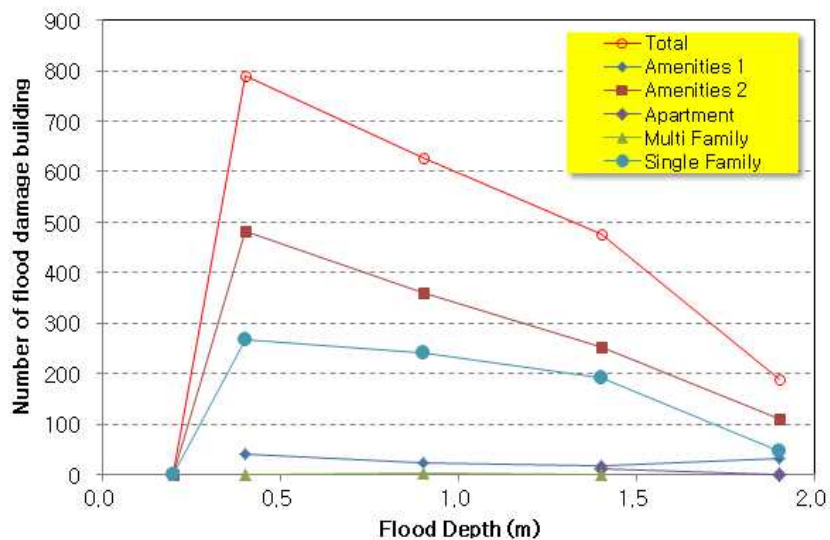


Fig. 13. Number of Flood Damage Building Derived from Flood Trace Map in Dongducheon

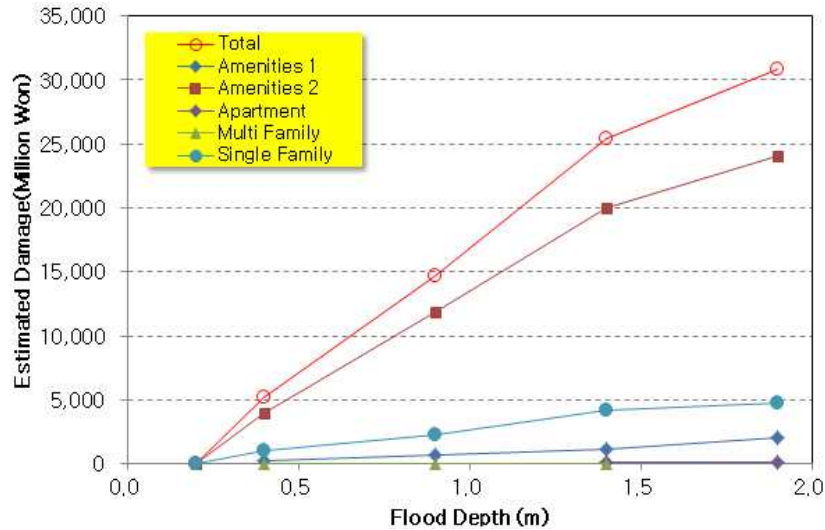


Fig. 14. Estimated Damage by using Developed Depth-Damage Function in Dongducheon

Table 2. Comparative Research

	Estimated Damage (Million Won)		Total (Million Won)
	Single detached Building	Apartment	
Statistical annual report of disaster	-	-	1,833
MD-FDA	1,794	750	2,544
Depth-Damage Function	4,830	28	4,858

물)피해액을 건물형태에 따라 비교하였을 때, 단독주택 건물에 대한 피해율이 높게 반영됨에 따라 피해액 또한 기존 방법에 의한 결과보다 높게 평가되었다. 이러한 결과가 나타나는 이유는 재해연보는 건물의 부착물/설비시설에 대한 피해와 내장물에 대한 피해 종류 및 건물면적에 관계없이 획일적으로 동별 혹은 세대당 피해액으로 추정되기 때문인 것으로 판단되며, 다차원법의 경우 통계적으로 도출된 비율계수를 적용하여 일괄 계산되며, 이마저도 일본의 피해산정 기준에서 제시된 계수를 사용하기 때문인 것으로 판단된다. 그러므로 국내 실정에 맞는 침수심별 피해추정을 위해서는 지역특성을 고려한 조사와 그에 따른 피해추정함수 개발이 꾸준히 이루어져야 가능하다.

4. 결 론

본 연구의 목적은 홍수 피해예측 및 피해결과 분석을 수행하기 위해 피해설문조사 기반의 침수심별 피해 추정함수 개발을 수행하는 것으로 본 연구결과를 정리하면 다음과 같다.

1) 실제 침수 피해가 발생한 동두천시를 대상으로 침수

심별 건물에 대한 피해액 추정을 통해 침수심별 손실함수 개발을 위한 설문항목을 구성하였다. 건물에 대한 피해는 주거용 건물과 영업용 건물로 구분하였고, 주거용 건물은 다시 단독주택(단독, 다가구)과 공동주택(다세대, 아파트)으로 영업용 건물은 1종근린생활시설, 2종근린생활시설, 문화 및 집회시설, 판매 및 영업시설, 의료시설, 위락시설 등 용도에 따라 매우 다양하게 구분하였다.

2) 2011년 7월 동두천에서 발생한 하천범람으로 인한 홍수피해와 관련하여 주거용 건물과 영업용 건물에 대해 개발된 침수심별 피해추정함수를 이용하여 실제 피해액을 추정하였다.

3) 기존의 추정 기법과 본 연구에서 개발한 추정 기법과 비교, 검토하였다. 기존 추정 기법은 실제 피해 조사 자료를 바탕으로 개발된 기법 및 인자가 아니므로 추정된 피해액이 국내 지역특성을 충분히 반영하지 못한다는데 한계가 있는 것으로 판단되며, 국내 실정에 맞는 침수심별 피해추정을 위해서는 지역특성을 고려한 조사와 그에 따른 피해추정함수 개발이 꾸준히 이루어져야 가능하다.

4) 본 연구에서 제시한 과정은 향후 지역별 피해 추정함수 개발에 활용될 수 있으며, 이를 통해 피해예측 및 피해결과 분석을 신속히 수행할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 향후 과학적 재난관리의 튼튼한 기초를 마련하고, 모든 방재정책의 효율적 추진을 위한 도구로 이용될 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 국립재난안전연구원의 재난손실 추정시스템 세부설계 및 재난지역 조사·분석(NDMI-주요-2013-02-02)의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다. 이에 감사드립니다.

References

Choi, S.A., Yi, C.S., Shim, M.P., and Kim, H.S. (2006a). "Multi-Dimensional Flood Damage Analysis (I): Principle and Procedure." *Journal of Korea Water Resources Association*, Vol. 39, No. 1, pp. 1-9.

Choi, S.A., Yi, C.S., Shim, M.P., and Kim, H.S. (2006b). "Multi-Dimensional Flood Damage Analysis (II): Application." *Journal of Korea Water Resources Association*, Vol. 39, No. 1, pp. 11-22.

FEMA. (2011). *HAZUS-MH Technical Manual*.

FEMA. (2012). *GETTING STARTED WITH HAZUS-MH 2.1*.

FLOODsite (2007). *Evaluating flood damages: guidance and recommendations on principles and methods*, T9-06-1, <http://www.floodsite.net>.

Kim, G.H. (2013). *A Study on Estimation of Flood Damage and Development of Flood Damage Index on Public Facilities*. Ph. D. dissertation, University of Inha, Incheon, Korea, pp. 161-170.

Korea Cadastral Survey Corp. (2013). *2012 General Report of Flood Trace map*, Korea.

Korea Water Resources Association (2011a). *Commentary on Dam Design Criteria*, Korea.

Korea Water Resources Association (2011b). *Commentary on River Design Criteria*, Korea.

Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs (2008a). *Report of Urban Flood Hazard Management Research*, Korea.

Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs (2008b). *Improving Measures of Feasibility Study for Water Resources Projects*, Korea.

Munich-Re (1997). *Flooding and insurance*, No. 302-00751, Munich Re- insurance Co. München, Germany, pp. 11-17.

National Emergency Management Agency (2013). *Guidelines for natural disaster survey and recovery planning*, Korea.

National Emergency Management Agency (2012). *2011 Statistical annual report of disaster*, Korea.

USACE. (1985). *Business Depth-Damage Analysis Procedures*. U.S. Army Corps of Engineers, Water Resources Support Center. Engineer Institute for Water Resources.

USACE. (1991). *National economic development procedures manual-Urban Flood Damage*, Volume II, 91-R-10. Virginia: U.S. Army Corps of Engineers, Water Resources Support Center.

USACE. (1992). *Catalog of Residential Depth-Damage Functions Used by Army Corps of Engineers in Flood Damage Estimation*, IWR Report 92-R-3, Fort Belvoir, Virginia: U.S. Army Corps of Engineers, Water Resources Support Center.

USACE. (1996). *Analysis of Nonresidential Content Value & Depth-Damage Data for Flood Damage Reduction Studies*, IWR Report 96-R-12.

USACE. (2008). *HEC-FDA Flood Damage Reduction Analysis User's Manual*.

Yi, C.S., Lee, J.H., and Shim, M.P. (2010). "GIS-based distributed technique for assessing economic loss from flood damage: pre-feasibility study for the Anyang Stream Basin in Korea." *Nat Hazards*, Vol. 55, No. 2, pp. 251-272.

논문번호: 14-045	접수: 2014.06.09
수정일자: 2014.07.07/07.24	심사완료: 2014.07.24