

## 풍수해보험요율 산정을 위한 전국단위 내수침수해석 방안

# Nationwide Inundation Analysis method for Flood and Storm Disaster Insurance Rate

Jaehwan Yoo<sup>a,1</sup>, Juil Song<sup>b,\*</sup>, Moonyup Jang<sup>c,2</sup>, Hantaek Kim<sup>d,3</sup>

<sup>a</sup> Korea Disaster Prevention Association, 63-8 Mapo-daero, Mapo-gu, Seoul 121-745, Republic of Korea

<sup>b</sup> Korea Disaster Prevention Association, 63-8 Mapo-daero, Mapo-gu, Seoul 121-745, Republic of Korea

<sup>c</sup> Korea Disaster Prevention Association, 63-8 Mapo-daero, Mapo-gu, Seoul 121-745, Republic of Korea

<sup>d</sup> Korea Disaster Prevention Association, 63-8 Mapo-daero, Mapo-gu, Seoul 121-745, Republic of Korea

### ABSTRACT

This study suggested Nationwide Inundation Analysis method for Storm and Flood Damage Insurance Rate. Suggested modified Level-Pool method considers Zoning of urban plan to reflect real inundated area and limit inundation-boundary. Inundated area, as results of modified Level-Pool method, compared with inundation risk area on "storm and flood damage mitigation total plan". Simulated inundated area by modified Level-Pool method was more matched than results of traditional method. Therefore, modified Level-Pool method could be useful to analyze nationwide inundated area.

### KEYWORDS

Storm and Flood Damage Insurance  
Inundation Analysis  
Level-Pool Method

본 연구에서는 풍수해보험요율 산정을 위한 전국단위의 내수침수해석 방안을 제시하였다. 제시된 수정 Level-Pool침수해석은 실제 침수피해지역을 반영하고 내수침수 발생 범위를 한정하기 위해 도시계획 용도지역을 고려하였다. 수정 Level-Pool침수해석에 의한 내수침수지역과 풍수해저감종합계획의 내수재해위험지구와 비교를 통해 적용성을 검토한 결과 기존 Level-Pool침수해석과 비교하여 내수침수지역이 내수재해위험지구를 더 정확하게 재현하는 것으로 나타났다. 따라서 전국단위의 내수침수위험지역을 해석함에 있어서는 본 연구에서 제안한 수정 Level-Pool침수해석이 활용 가능할 것으로 판단된다.

풍수해보험  
내수침수해석  
Level-Pool 침수해석

© 2015 Korea Society of Disaster Information All rights reserved

\* Corresponding author. Tel. 82-70-7880-4640. Fax. 82-3472-8064.  
Email. jisong@kodipa.or.kr

1 Tel. 82-70-7880-4629. Email. jhyoo@kodipa.or.kr  
2 Tel. 82-70-7880-4658. Email. myjang@kodipa.or.kr  
3 Tel. 82-70-7880-4634. Email. htkim@kodipa.or.kr

### ARTICLE HISTORY

Received Feb. 11, 2015  
Revised Mar. 06, 2015  
Accepted Mar. 24, 2015

## 1. 서론

우리나라는 자연재해에 의한 피해 대응을 위해 2008년 4월부터 풍수해보험을 시행하고 있다. 풍수해보험은 국민안전처가 관장하고 민영보험사가 운영하는 정책보험이다. 국민이 예기치 못한 풍수해 피해에 대처할 수 있도록 보험료의 일부를 국가 및 지방자치단체에서 보조해 주는 제도이다. 풍수해보험은 '자연재해대책법' 제2조 제3항에 따라 태풍, 홍수, 호우, 강풍, 풍랑, 해일, 대설, 지진을 대상재해로 분류하고 있다. 풍수해보험은 선진국형 재난관리제도이나 현재 과거의 피해이력만을 근거로 보험요율을 산정하고, 동일 시·군·구내에서는 피해 특성에 관계없이 동일한 보험요율을 적용하는 문제점이 있다. 현행 불합리한 보험요율 체계의 문제점을 보완하기 위해 향후 피해발생위험을 고려하고 피해 특성에 따라 지역적으로 차등화된 보험요율을 적용하는 방안이 필요하다. 따라서, 본 연구에서는 풍수해보험요율 산정을 위해 풍수해보험 대상재해 중 내수침수에 대한 전국단위의 분석 방안을 제시하고자 한다. 내수침수 분석 결과를 침수수에 따라 등급화하고 이를 위험등급으로 구분하여 풍수해보험요율 산정을 기초자료로 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

## 2. 전국단위 내수침수해석방안

### 2.1 내수침수해석방법 검토

내수침수는 강우로 유역내 강우유출이 발생하고 지표면으로 침투되거나 저류되지 않은 유출량이 하천에 흘러들어가 는 과정에서 인위적으로 설계한 하수도에서 설계기준을 초과한 강우 및 각종 관련 시설물의 문제로 원활한 배수가 되지 않을 때 지상공간이 침수가 되는 현상이다. 이러한 내수침수를 해석하는 방법은 침수혼적도 이용, 시나리오별 강우-유출 범람해석, Level-Pool 침수해석, DEM기반 침수해석, TIN기반 침수해석, 비정형격자기반 침수해석으로 구분된다 (Woo-jung Choi, Jae-woong Cho, 2010).

#### (1) 침수혼적도 이용

침수혼적도를 이용하여 침수발생시 침수범위 및 침수심 등을 조사하는 방법이다. 실제 침수피해를 반영할 수 있는 장점이 있지만 피해당시보다 큰 규모의 호우 발생시 피해예측이 어려우며 전체 침수지역에 대한 조사 DB가 없는 문제점이 존재한다.

#### (2) 시나리오별 강우-유출 범람해석

시나리오에 따른 강우-유출 범람해석을 통해 내수침수 및 배수를 반영하는 방법이다. 침수지역에 대한 정확한 결과와 시간의 경과에 따른 침수범위를 예측할 수 있다. 그러나 분석시간과 비용이 많이 소요되며 분석자가 사용하는 매개변수 등의 값에 따라 상이한 결과가 도출될 우려가 있다.

#### (3) Level-Pool 침수해석

Level-Pool 침수해석은 무차원 침수해석 방법으로 유통체적을 통해 침수범위를 산정하는 방법이다. 최대 침수범위를 알고자 할 경우 간단하게 이용이 가능하나 고도가 침수범위에 직접적인 영향을 미치므로 실제 침수양상과 전혀 다른 침수지점이 나타나는 문제가 발생할 수 있다.

#### (4) DEM기반 침수해석

DEM기반 침수해석은 2차원 침수해석의 대표적인 방법이다. 침수 예상구역의 물리적 특성을 정확하게 반영 할 수 있는 장점이 있지만 건물로의 홍수 유입, 밀집도, 방향성 등에 대한 고려여부에 많은 가정이 요구된다.

#### (5) TIN기반 침수해석

TIN기반 침수해석은 건물지점과 침수유량의 전과 경로를 나타낼 수 있는 삼각망을 구성하는 방법으로 정교한 침수해석이 가능하다. 그러나 도시지역의 경우 건물이 매우 밀집해 있고 복잡하게 배치되어 매우 작은 삼각망으로 구성된다. 이로 인해 많은 삼각망을 계산하게 되어 결과 도출에 많은 시간이 소요된다.

#### (6) 비정형격자기반 침수해석

비정형격자기반 침수해석은 수작업으로 격자를 구성하는 방법으로 비교적 작은 소규모 지역에 대한 침수해석이 용이하다. 그러나 넓은 지역의 침수해석시 격자 구성에 많은 시간과 노력을 요구하게 된다.

이와 같은 내수침수해석방법 특성 조사를 통해 Table 1과 같이 내수침수해석방법별 장단점을 비교하였다. 본 연구의 경우, 전국단위의 내수침수해석이 필요하므로 신속성, 간편성, 정확성 등을 고려하여 Level-Pool 침수해석을 활용하는 것이 가장 합리적일 것으로 판단하였다.

Table 1. Inundation Analysis methods

내수침수해석방법	장점	단점
침수흔적도 이용	- 침수범위 및 침수심 조사를 통해 실제 침수피해 반영	- 과거 보다 큰 규모의 호우 발생시 예측 불가 - 저감대책수립지역 고려 어려움
시나리오별 강우-유출 범람해석	- 기 개발된 해석 모형이 많음 - 침수지역 모의결과가 정확함	- 분석 시간과 비용이 많이 소요 - 매개변수에 따라 상이한 결과 도출
Level-Pool 침수해석	- 최대 침수범위 산정시 간단하게 이용 가능	- 고도가 직접적인 영향을 미치므로 지형자료의 신중한 활용 필요
DEM기반 침수해석	- 입력자료 구축이 용이 - 침수 예상구역의 물리적 특성 정확히 반영	- 도시지역의 복잡한 상황 모의를 위한 많은 가정 요구
TIN기반 침수해석	- 건물을 포함한 정밀한 해석 가능	- 입력자료 구축 어려움 - 결과도출에 장시간 소요
비정형격자기반 침수해석	- 소규모지역 분석시 용이	- 입력자료 구축 어려움 - 넓은지역 분석시 시간이 많이 소요

## 2.2 전국단위 내수침수해석방안 제시

내수침수해석방법 검토를 통해 선정된 Level-Pool 침수해석은 침수심에 따른 월류체적을 산정하여 침수범위를 도출하는 방법으로써, 최대 침수범위를 알고자 할 경우 간단하게 이용 가능한 방법이다. 그러나 Level-Pool 침수해석은 고도가 직접적인 영향을 미치기 때문에 표고가 낮은 지역부터 순차적으로 침수를 발생시켜 실제 침수지역과 다른 지역이 나타나는 문제가 발생할 우려가 있다. 또한, 내수침수분석에 적용할 경우 내수침수 대상범위를 한정하기 위해 임야 및 하천 등의 지역을 제외시킬 필요가 있다. 이러한 문제점을 보완하고 내수침수 범위를 한정하기 위한 방안으로 도시계획 용도지역을 고려하였다. 도시계획 용도지역은 ‘국토의 계획 및 이용에 관한 법률’에 의한 지역구분으로 도시지역, 관리지역, 농림지역, 자연환경보전지역으로 대분류 된다. 내수침수는 대부분 도시지역에서 발생하므로 도시계획 용도지역 중 도시지역을 분석범위로 하였다. 그리고 도시지역내 주거·상업·공업·녹지지역 중 녹지지역의 하천은 외수침수에 해당하므로 분석범위에서 제외하였다. 따라서, 본 연구에서는 전국단위 내수침수분석을 위해 Level-Pool 침수해석을 선정하였고 방법상의 문제점을 보완하기 위해 도시계획 용도지역과 지역의 방재성능목표강우량을 고려한 수정 Level-Pool 침수해석을 Fig. 1과 같이 제시하였다.

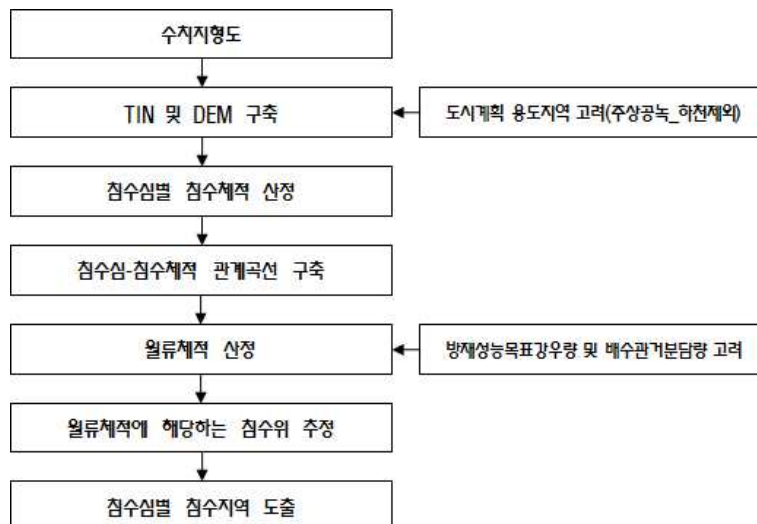


Fig. 1. Flowchart of modified Level-Pool method

### 3. 수정 Level-Pool 침수해석의 적용성 검증

#### 3.1 내수침수분석 적용

전절에서 제시한 도시계획 용도지역을 고려한 수정 Level-Pool 침수해석의 적용성을 검증하기 위해 경상북도 김천시를 대상으로 내수침수분석을 실시하였다. 경상북도 김천시는 현재 풍수해저감종합계획이 수립 완료되어 과거 침수피해 지역 및 내수재해위험지구 지정 현황을 통해 실제 침수피해지역을 비교·검토 할 수 있으므로 분석대상으로 선정하였다. 분석의 과정은 다음과 같다.

##### (1) 도시계획 용도지역을 고려한 내수침수분석지역 TIN 구축

김천시 1:5,000 수치지형도의 수치 point 및 등고수치 layer, 행정구역 경계선을 이용하여 김천시 전체 TIN(삼각불규칙 망)을 구축하였다. 다음으로 김천시 도시계획 용도지역 중 하천을 제외한 도시지역을 범위로 하는 내수침수분석지역을 도출하고, ArcGIS 툴을 활용하여 내수침수분석지역 TIN을 Fig. 2와 같이 구축하였다. 내수침수분석지역의 면적은 60km<sup>2</sup>로 김천시 전체면적 1,009km<sup>2</sup>의 약 5.9%를 차지하였다.

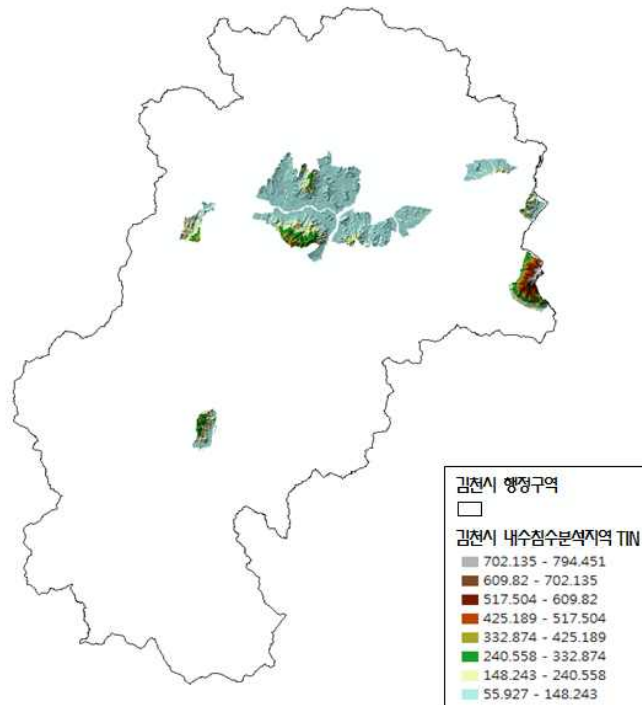


Fig. 2. Inundation Analysis Area TIN of Gimcheon-si

##### (2) 침수심별 침수체적 산정

김천시 내수침수분석지역 TIN을 이용하여 수정 Level-Pool 침수해석을 통해 침수심에 따른 침수체적을 산정하였다. 침수심별 누적침수체적 결과는 Table 2와 같다. 침수심이 증가할수록 침수지역의 범위가 확대되므로 누적침수체적이 증가하고, 침수심 2m와 5m 상승시 누적침수체적 증가 비율이 높게 나타났다.

Table 2. Inundation Depth and Volume of Gimcheon-si

침수심 (m)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
누적침수체적 (천m <sup>3</sup> )	4	34	111	280	798	1,565	2,581	3,933	5,957	9,807

(3) 월류체적 산정

김천시 내수침수분석지역의 침수심-체적 관계곡선을 구축한 후, 방재성능목표강우량과 우수배수시스템의 분담량(10년 빈도 확률강우량)을 고려하여 월류체적 및 최대 침수심을 산정하였다. 우선 침수심-체적 관계곡선은 침수심에 따른 침수 체적을 그래프로 표현하였다. 그리고 방재성능목표강우량 및 확률강우량은 '지역별 방재성능목표 설정 기준(소방방재청, 2012)' 자료를 활용하였다. 산정 결과 월류체적은 725천m<sup>3</sup>이고 이에 따른 최대 침수심은 약 4.7m로 나타났다.

Table 3. Calculation of Inundation Volume of Gimcheon-si

내수침수분석지역면적(천m <sup>2</sup> )	방재성능목표강우량(m/h)	10년빈도 확률강우량(m/h)	월류체적(천m <sup>3</sup> )
60,397	60	48	725

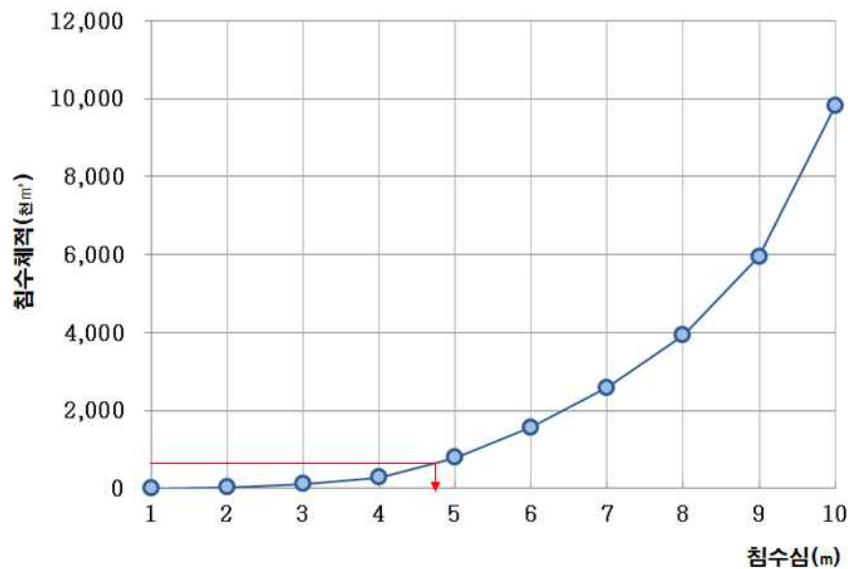


Fig. 3. Relationship between Inundation Depth and Volume of Gimcheon-si

(4) 수정 Level-Pool 침수해석 결과

기존 Level-Pool 침수해석의 방법상 문제점을 보완하고 실제 내수침수지역을 반영하기 위해 도시계획 용도지역 중 하천을 제외한 도시지역을 대상으로 하는 수정 Level-Pool 침수해석을 제시하고 김천시를 대상으로 분석을 실시하였다. 김천시 도시계획 용도지역을 고려한 내수침수분석지역 TIN, 침수심별 침수체적, 방재성능목표강우량 및 확률강우량을 고려한 월류체적을 통해 내수침수구역을 도출하고, ArcGIS 툴을 활용하여 Fig. 4와 같이 내수침수구역을 지도로 나타냈다. 분석결과 김천시는 도시지역 중 직지천과 감천 주변의 평화동과 신음동 일대 저지대 지역을 따라 내수침수가 나타났다. 이들 지역은 주로 주거지와 농경지가 위치하고 있어 침수발생시 인명 및 재산피해 가능성이 매우 높다.

기존의 Level-Pool 침수해석이 월류체적을 통해 침수범위를 산정할 수 있는 간단한 방법임에도 그 정확성에 대한 문제는 끊임없이 제기되어 왔다. 따라서 본 연구에서는 기존 Level-Pool 침수해석의 단점을 보완하고 실제 내수침수 양상을 반영하기 위해 도시계획 용도지역 구분 중 도시지역(주거·상업·공업·녹지지역)의 범위를 활용하여 수정 Level-Pool 침수해석을 제안하였다. 그러나 수정 Level-Pool 침수해석의 적용성에 대한 검토가 필요하다.

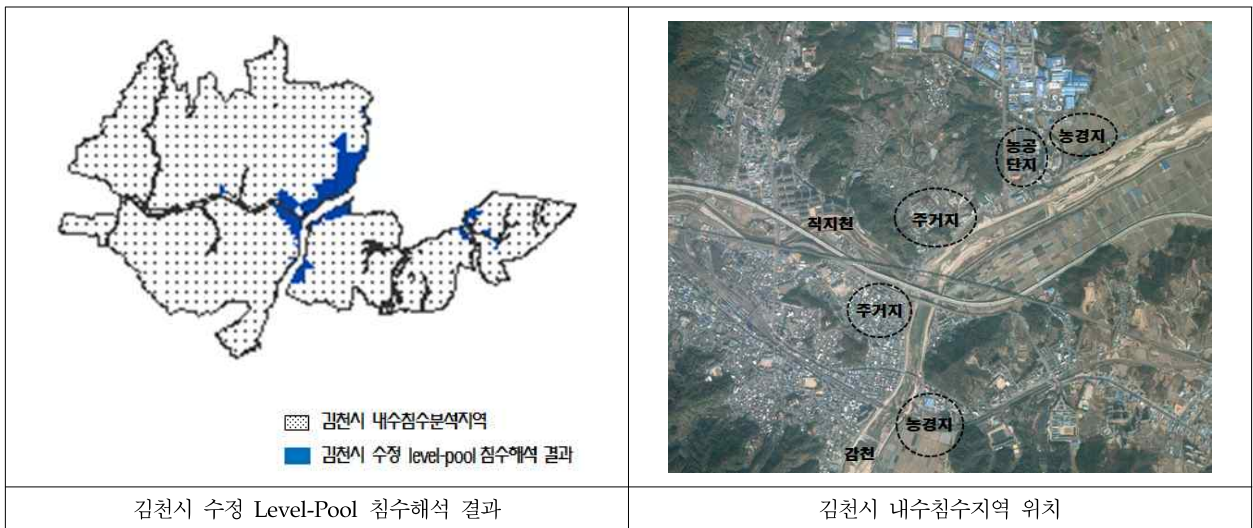


Fig. 4. Inundation Area Map of Gimcheon-si

### 3.2 내수침수분석 적용성 검토

#### (1) 기존 Level-Pool 침수해석과 비교

수정 Level-Pool 침수해석의 적용성 검토를 위해 기존 Level-Pool 침수해석을 김천시에 적용하여 내수침수구역을 비교하였다. 김천시 수정 Level-Pool 침수해석 결과는 Fig. 5에서 확인할 수 있듯이 도시지역을 중심으로 농경지를 포함한 주거지 일대가 침수범위로 나타났다. 그러나 기존 Level-Pool 침수해석 결과는 비도시지역(농림지역)을 중심으로 농경지와 하천 일대를 침수범위로 나타냈다.

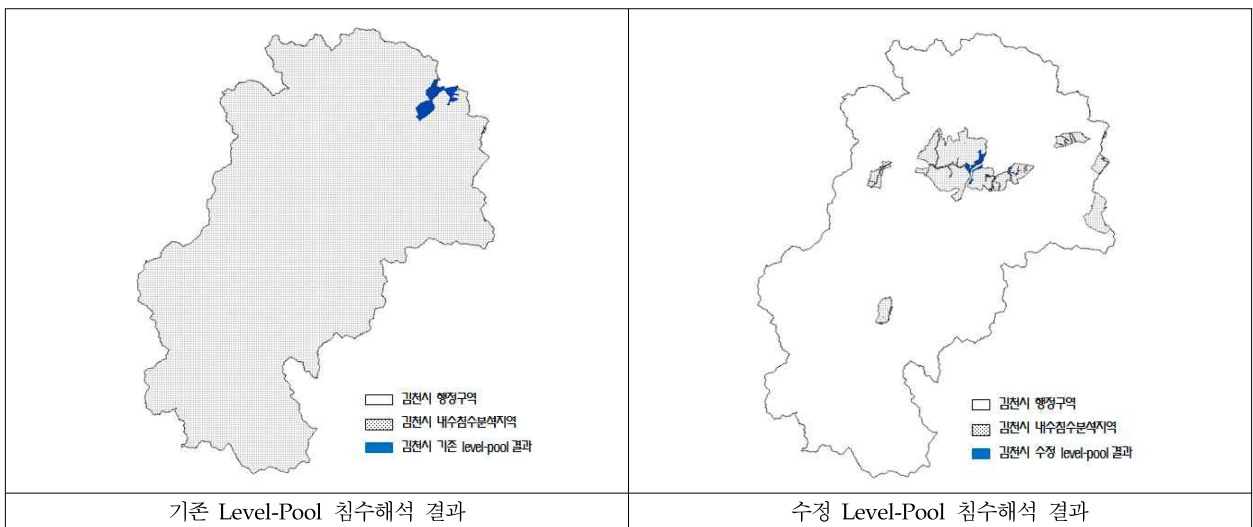


Fig. 5. Comparison of Level-Pool method(Gimcheon-si)

김천시와 더불어 대구시의 분석도 실시하여 수정 Level-Pool 침수해석을 검토하였다. 김천시는 도시지역이 차지하는 면적이 작게 나타나므로 이와 대별되어 도시지역의 면적이 넓은 대구시를 대상으로 수정 Level-Pool 침수해석을 실시하여 기존 Level-Pool 침수해석과 결과를 비교해 보았다. 대구시 수정 Level-Pool 침수해석 결과는 Fig. 6과 같이 도시지역을 중심으로 주거지 일대를 침수범위로 나타냈다. 그러나 기존 Level-Pool 침수해석 결과는 낙동강 일대 하천지역을 침



수범위로 나타냈다. 기존 Level-Pool 침수해석은 내수침수의 범위를 한정하지 않고, 표고가 가장 낮은 지역을 침수지역으로 도출하므로 결과가 상이하게 나타났다. 김천시와 대구시의 검토를 통해 수정 Level-Pool 침수해석이 기존보다 수용 가능할 정도의 정확도를 나타내는 것으로 판단하였다.

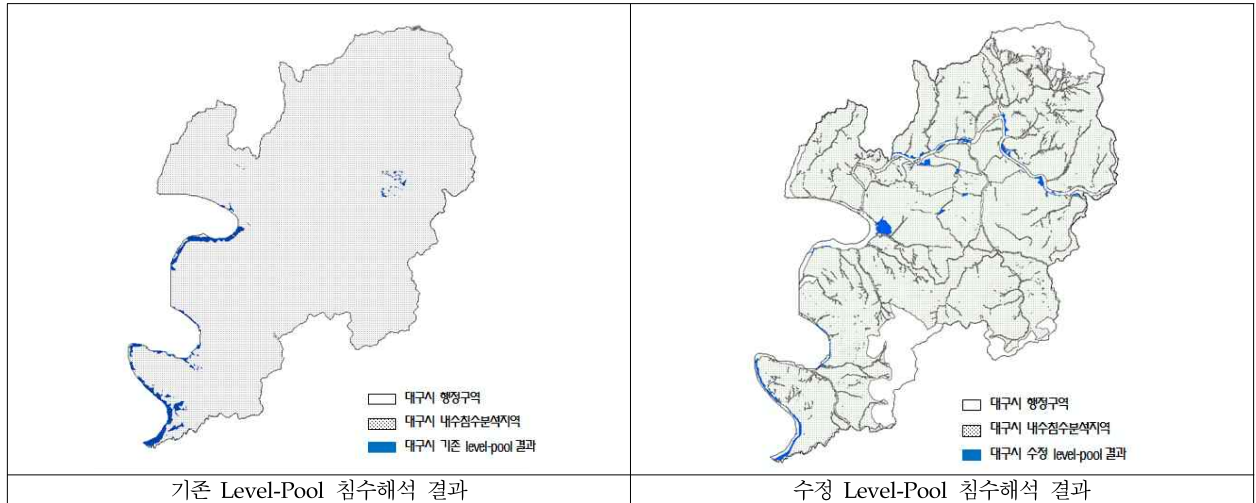


Fig. 6. Comparison of Level-Pool method(Daegu)

(2) 풍수해저감종합계획과 비교

수정 Level-Pool 침수해석이 실제 침수지역을 반영하는지 검토하기 위해 풍수해저감종합계획의 내수재해위험지구와 비교를 실시하였다. 김천시 수정 Level-Pool 침수해석에 의한 침수지역을 풍수해저감종합계획의 내수재해위험지구와 비교한 것은 Fig. 7과 같다. 김천시 내수침수분석지역 내 내수재해위험 지구는 대신지구와 지좌지구가 포함되어 있다. 대신 지구와 지좌지구 모두 주거지와 농경지 일대로 하천 주변 저지대에 위치하여 집중호우 시 큰 피해 발생이 예상되어 위험지구로 지정되었다. 수정 Level-Pool 침수해석에 의한 내수침수 범위는 Fig. 7에서 확인할 수 있듯이 내수재해위험지구를 대부분 포함하여 실제 침수피해지역을 반영하는 결과를 보였다. 따라서 본 연구에서 제시한 수정 Level-Pool 침수해석은 기존 Level-Pool 침수해석의 문제점을 보완함으로써 정확도가 월등히 향상되었고, 내수침수지역을 수용 가능 할 정도의 정확도로 도출하였다. 따라서 도시지역을 중심으로 내수침수지역을 도출하는데 본 연구에서 제안한 방법의 활용이 가능하고 특히, 적용이 간단하여 전국단위 해석에서는 매우 유용할 것으로 판단된다.

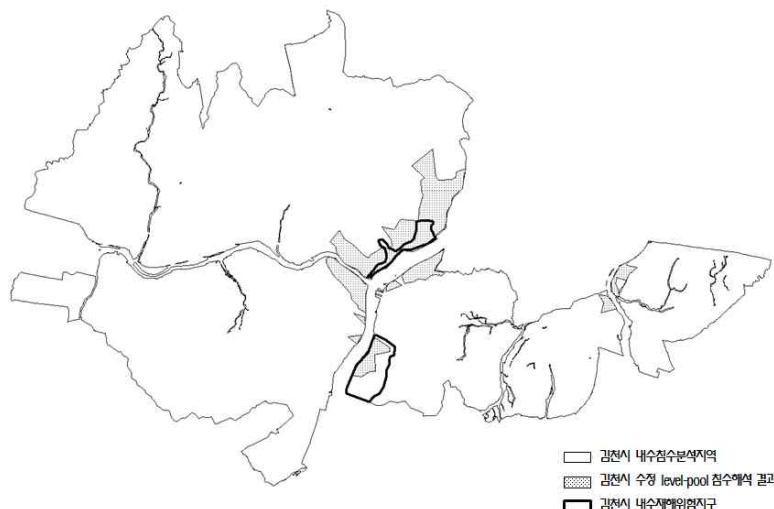


Fig. 7. Comparison of Inundation Risk Area

#### 4. 결론

본 연구에서는 풍수해보험요율 산정을 위한 전국단위 내수침수해석방안을 제시하고 적용성을 검토하였다. 분석 결과를 토대로 본 연구를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 다양한 내수침수해석방법들을 검토한 결과 전국단위 내수침수해석에는 Level-Pool 침수해석을 활용하는 것이 현실적이고 합리적이었다. 기존 Level-Pool 침수해석이 갖고 있는 문제점을 보완하기 위해 내수침수해석 범위를 실제 내수침수가 발생할 수 있는 지역으로 한정할 수 있도록 도시계획 용도지역을 고려하는 수정 Level-Pool 침수해석을 제시하였다.
- (2) 수정 Level-Pool 침수해석에 의한 침수지역 도출 결과 기존 Level-Pool 침수해석과 비교하여 그 정확도가 높았으며, 대상지역의 내수재해위험지구를 포함하는 결과를 보였다. 따라서 본 연구에서 제시한 수정 Level-Pool 침수해석은 기존 Level-Pool 침수해석과 비교하여 결과가 더 정확하였고, 수용가능한 범위의 결과를 도출하였다. 따라서 내수침수해석 방법으로 활용가능하고, 특히, 전국단위의 해석이 필요한 경우에는 더욱 유용할 것으로 판단된다.

현재 풍수해보험에서는 내수와 외수를 구분하여 보험요율을 적용하지는 않는다. 따라서 내수에 의한 침수해석과 더불어 외수에 의한 침수해석을 통해 침수심에 따른 수해위험도를 도출하여 풍수해보험요율을 산정할 필요가 있다. 또한 본 연구에서는 김천시만을 대상으로 적용성을 검토하였다. 지역특성을 고려하여 해안지역 등 보다 다양한 지역에 대한 검증은 추가적으로 수행할 필요가 있다. 마지막으로 여전히 Level-Pool 침수해석이 갖는 한계점을 극복하기 위해서는 풍수해저감종합계획의 내수재해위험지구 뿐만아니라 위험지구 선정시의 후보지역들에 대해서도 충분한 비교·검토가 이루어져야 할 것으로 판단된다. 본 연구에서는 향후 외수침수구역과의 중첩문제와 수정 Level-Pool 침수해석의 정확도를 더 향상시킬 수 있는 방법에 대해 지속적으로 연구를 수행할 계획이다.

#### 감사의 글

본 연구는 국민안전처 자연재해저감기술개발사업단(자연피해예측 및 저감연구개발사업)의 지원으로 수행한 '풍수해 위험도가 반영된 개별 보험요율산정 및 지도개발'[NEMA-자연-2013-62] 과제의 성과입니다.

#### References

- Kukryul Oh, Shinbum Hwang, Changhee Lee, Hantae Kim, Byunghwa Kang, Sunhee Park. (2014). A study on the Application of Storm and Flood Disaster Insurance Map Using Urban Inundation Risk Analysis, Korean Society of Hazard Mitigation.
- Kukryul Oh. (2013). Analysis of Problems on Operating and Management System of Storm and Flood Risk Sections, National Institute for Disaster Prevention.
- National Emergency Management. (2012). 지역별 방재성능목표 설정 기준
- Woo-jung Choi, Jae-woong Cho. (2010). A Study on Disaster Management Application of Inundation Analysis Methods in Inland Area, National Institute for Disaster Prevention.
- Hyunsuk Shin. (2010). A study of Assessment for Internal Inundation Vulnerability in Urban Area using SWMM, Korean Society of Hazard Mitigation, Vol.10, pp.105-117.