

# 포항지진이 지역 주택 가격에 미친 시·공간적 영향

: 아파트 실거래가격에 대한 이중차분법과 다층모형의 적용\*

An Investigation into the Temporal and Spatial Impacts of Pohang Earthquake on Housing Sales Price in Korea

: Application of Difference-in-Difference and Multilevel Model for Actual Transaction Price of Apartment Housing

신광문\*\* · 이삼수\*\*\* · 이재수\*\*\*\*

Shin, Gwang-Mun · Lee, Sam-Su · Lee, Jae-Su

## Abstract

This study sought to analyze the spatial and temporal effects of earthquakes on housing prices in apartments in Pohang City in Korea's housing market, where earthquake damage information was not disclosed. The researcher used the multilevel and difference-in-difference analysis models, and hierarchically analyzed the determination factor of housing prices with a multilevel model. Further, the clear differences of the effects of earthquakes on housing prices were analyzed using the difference-in-difference method. The researcher analyzed the spatial effect of housing prices due to the significant earthquake damage in Pohang. The results showed that the earthquake significantly affected the lower housing prices in zones at risk of an earthquake. The apartment prices in dangerous areas fell by 7.61% due to the Pohang earthquake. Additionally, apartment prices in dangerous areas fell by 0.01% per month in a nonlinear manner for approximately two years after the earthquake. Conversely, apartment prices in non-hazardous areas rose by 1.96%. The spatial impact range of apartments affected by the Pohang earthquake was found to be 10km. The range of physical damage caused by earthquakes and the extent of the impact on the housing market were different.

**주제어** 포항 지진, 주택가격, 헤도닉 가격모형, 다층모형, 이중차분법

**Keywords** Pohang Earthquake, Housing Price, Hedonic Price Model, Multilevel Modeling, Difference-In-Differences Analysis

## 1. 서론

### 1. 연구의 배경 및 목적

2016년 9월 12일 경상북도 경주시에서 우리나라 기상관측 이래 가장 큰 규모인 진도 5.8의 지진이 발생하였다. 경주지진 발생

1년 뒤인 2017년 11월 15일 경주시와 인접한 포항시에서 다시 진도 5.4의 지진이 발생하였다. 그동안 우리나라에서 발생한 지진은 해역에서 발생하여 지역에 큰 피해가 없었다. 하지만, 경주지진과 포항지진은 내륙에서 발생하여 지역 사회·경제 체계에 큰 피해가 발생하였다.

지진은 자연재해 유형 중 대형재난으로 한 번의 발생으로 건물

\* 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원(과제번호: 20TSRD-B151228-02)의 지원을 받아 수행되었음.

\*\* Senior Researcher, Korea Research Institute on Climate Change (First Author: taiger7878@gmail.com)

\*\*\* Senior Research Fellow, Land and Housing Institute (l3water@lh.or.kr)

\*\*\*\* Associate Professor, Kangwon National University (Corresponding Author: jslee25@kangwon.ac.kr)

및 도시기반시설의 붕괴, 인명 피해, 화재 등 지역에 치명적인 피해가 발생한다. 특히 지진은 다른 자연재해 유형보다 토지와 주택을 붕괴시켜 지역 주택시장에 큰 영향을 미친다(Skidmore and Toya, 2002). 토지와 주택의 훼손으로 지역의 주택 재고량이 감소하고 지진 위험을 회피하려는 주거 이동이 가중되어 지진 발생지역의 주택시장은 더욱 불안정해진다. 주택시장의 불안정 현상은 지진 발생지역만 아니라, 주변 지역까지 나타날 수 있다. 지진 발생 지역(위험지역)의 주택 수요자는 지진 위험이 다소 적거나 적을 것으로 판단되는 인근 지역(비 위험지역)으로 이동하며, 인근 지역 주택시장의 주택수요를 증가시킨다. 인근 비 위험 지역은 지역 내 주택수요와 지진 위험지역의 주택수요가 더해져 주택시장이 과열될 수 있다. 지진 발생지역과 인근 지역 주택시장의 불안정 현상은 주택공급의 비탄력성 때문에 발생한다. 주택공급의 비탄력성으로 수요의 변화가 발생하면, 바로 가격의 변화로 이어진다.

주택시장의 불안정은 주거 취약계층의 주거 수준을 악화시킬 수 있다. 상대적으로 가격 경쟁에 약한 주거 취약계층들은 주택가격의 변화에 대응하기 어렵다. 주거 취약계층이 주거 이동을 해야 하는 경우, 주거 선택의 폭이 좁고 어려울 수 있다. 하지만, 아직까지 지진이 주택시장에 미친 연구가 부족하고, 지진 복구계획 단계에서 물리적 피해 기준만을 고려하여 복구를 진행하고 있다. 지진의 물리적 피해만을 고려할 경우, 부동산 시장에서 발생할 수 있는 임대차 문제, 지역의 자산가치의 하락에 따른 문제 등을 고려하지 못한다. 결국 주택시장의 안정을 위한 복구 시기가 늦어질 수 있다. 또한, 우리나라 주택시장은 주택가격을 하락시키는 자연재해 정보의 꺼리기 때문에 자연재해의 불확실성이 쉽게 해소되지 못한다. 자연재해의 불확실성이 해소되지 못하면, 주택가격의 정상화 시기도 장기화될 가능성이 있다.

본 연구는 지진피해 정보가 공개되지 않은 우리나라 주택시장에서 포항시 아파트를 대상으로 지진이 주택가격에 미친 공간적 영향과 시간적 영향을 과학적으로 분석하고자 한다. 연구 결과는 주택시장의 지진 대응을 위한 예방대책과 자연재해 보험의 기초 자료로 활용할 수 있는 데 의의가 있다.

## 2. 연구범위와 방법

공간적 범위는 경상북도 포항시로 한정한다. 지진의 특성상 포항시의 행정구역을 넘는 광범위한 지역에 영향을 미쳤으나, 지역 주택시장의 이질성을 통제하기 위해 포항시로 한정한다. 포항시 주택 시장의 가격 영향을 분석하기 위해 아파트 자료를 활용한다. 주택 유형별 가격결정 모형이 다르기 때문에 거래량이 가장 많은 아파트 자료를 활용하였다. 아파트는 거래량이 많아 균질적 자료 확보가 가능하다. 분석기간 동안 포항시 전체 주택거래량 중 아파트 거래량은 80% 이상이였다(한국감정원 부동산통계정보시스템).

시간적 범위는 포항지진이 발생한 2017년 11월을 기점으로 전후 약 2년인 2015년 11월부터 2019년 9월까지이다.

지역별, 주택유형별 지진으로 인한 주택가격의 영향을 분석하기 위해 이론과 선행연구를 토대로 연구모형을 구축한다. 지진이 지역 주택가격에 미친 영향을 분석하기 위해 주택가격 결정요인에 지진 영향요인들을 포함하였다. 주택가격은 시장에서 거래되지 않는 속성들이 포함되므로 헤도닉 가격모형(hedonic price model)을 이용하였다. 헤도닉 가격모형은 시장에서 거래되지 않는 속성들이 상품에 포함되어 하나의 묶음으로 거래되는 것을 전제하기 때문에 주택가격 분석에 주로 활용된다. 헤도닉 가격모형에서 발생할 수 있는 공간적 자기상관(spatial autocorrelation)을 고려하기 위해 다층모형(multilevel modeling)을 이용한다.

지진에 의한 주택가격 차이를 분석하기 위해 지진 관련 공간과 시간변수를 추가하고 이중차분법(differences in differences analysis, DID)을 적용하였다.

지진에 의한 물리적 피해범위가 공개되지 않은 시점에서 이중차분법을 활용하여 분석하기 위해서는 위험지역과 비위험지역을 구분하는 것이 필요하다. 따라서 진앙과의 거리별 DID의 변화를 우선 고려하여 최종 헤도닉-다층모형 결과를 분석한다. 헤도닉-다층모형과 이중차분법을 분석하기 위해 Stata 14.0 소프트웨어를 사용하였으며, 추정방법은 제한최대우도추정법(RMLE)을 적용하였다.

## II. 지진과 주택시장 영향에 대한 이론 및 선행연구 고찰

### 1. 지진이 지역 주택시장에 미치는 영향

#### 1) 공간적 영향

주택시장 측면에서 지진은 건물이 붕괴되는 1차 피해와 주택의 가격 하락, 주거이동 등으로 지역 주택시장의 안정성이 훼손되는 피해가 발생한다. 지진에 의한 1차 피해는 명확하지만, 지진에 의한 순수한 주택시장의 영향은 보이지 않아 알기가 어렵다. 직접적으로 보이지 않지만 서로 간 영향을 주고 있는 것이다. 시간을 고려하지 않고 공간적 영향만을 볼 경우, 지진과 주택시장의 관계는 외부효과(external effect) 이론으로 설명할 수 있다. 외부효과란 어떤 활동에서 의도하지 않게 제3자에게 영향을 미치는 효과를 의미한다. 외부효과는 긍정적 효과와 부정적 효과로 구분되고, 외부효과의 대부분이 일방적 형태로 영향을 준다(박관민·김호철, 2009).

외부효과는 생활환경오염시설 또는 혐오시설이 주택시장에 미치는 영향을 분석하기 위해 많이 사용하였다(오민경, 2017). 외부효과는 영향을 주고받는 서로 간에 경제적 거래가 발생하지 않아 영향을 받은 가격을 밝혀낼 수 없는 비가격 효과이다(박관민·김

호철, 2009). 또한, 외부효과는 일반적으로 외부효과가 발생한 대상으로부터 거리가 멀어질수록 효과가 감소한다. 이를 거리체감(tapering) 현상이라 한다(박관민·김호철, 2009).

협오시설의 외부효과가 주택시장에 미치는 선행연구에서 주택은 협오시설과 가까울수록 가격이 하락하였다(오민경, 2017). 협오시설은 주택가격을 하락시키는 외부효과를 발생하였고, 거리체감 현상에 따라 일정거리 이후에는 영향을 미치지 못했다. 지진과 주택시장을 연구한 선행연구들에서도 주택은 지진의 진앙과 가까울수록 가격이 하락하였다(염재원·정주철, 2019). 또한, 지진으로 인해 주택가격이 하락하는 공간적 범위는 단기적으로 거주자가 지진을 경험하거나 지진으로 주택이 파손된 지역 등을 중심으로 설정된다. 이후 시간이 지나며 지진 위험지도 등을 통해 영향 범위가 명확해진다(Naoi et al., 2009).

## 2) 시간적 영향

지진의 외부효과로 인해 주택가격이 하락하면, 일정 기간 주택가격이 회복되지 못한다. 이런 시간적 영향은 지진이 발생한 지역에 낙인효과(stigma effect)가 나타나기 때문이다. 일반적으로 낙인은 결합이 있는 사람에게 각인되는 표시로 표시가 있는 사람은 정상인보다 낮은 취급을 받게 되는 것을 말한다(김철중, 2012).

부동산에서 사용되는 낙인효과는 사람들이 특정 지역 부동산에 대해 가지고 있는 부정적이고 무형적인 인식으로 영향의 정도를 계량화하기 어려운 가치 형성 요인으로 정의할 수 있다(김철중, 2012). 부동산 분야에서 낙인효과를 최초로 연구한 사람은 Patchin(1988)이다. Patchin(1988)은 오염된 부동산을 대상으로 일반인이 해당 부동산에 가지는 부정적 인식에 대한 가치평가인 낙인효과를 처음으로 설명하였다. Wilson(1994)은 환경적 위험의 존재 또는 존재한다는 인식에서 발생하는 불확실성이 주택가치에 영향을 미친다고 보았다.

본 연구에서의 낙인효과는 지진으로 인한 건강상 위험에 대한 공포, 지진이 언제 끝날지 알 수 없는 불확실성, 현재 기술로 알 수 없는 부차적 피해에 등 주택가치에 영향을 미치는 모든 무형의 요인이 포함된 의미로 해석된다. 낙인효과의 특성은 무형성(intangibility)과 가변성이다. 무형성은 지진으로 인해 발생하는 무형의 위험성을 통틀어 말한다. 무형 위험성은 자연재해 복구비용에 대한 두려움, 주택거래의 어려움, 담보 설정의 어려움으로 말할 수 있다(김철중, 2012). 낙인효과의 가변성은 시간에 따라 다르게 나타나는 것을 말한다. 자연재해가 발생한 공간, 언론 노출 여부와 횟수, 복구과정의 단계에 따라 다르게 나타난다.

## 2. 선행연구 고찰

지진과 주택가격의 관계를 밝히고자 하는 연구들은 주로 지진

발생이 많은 국외를 중심으로 진행되었다. 우리나라는 경주 지진 발생 이전 지진피해가 거의 없어 관련 연구가 없었다. 경주 지진 발생 이후에는 우리나라에서도 지진에 의한 주택가격 변화를 실증하고자 하는 연구들이 일부 진행되었다. 지진과 주택가격의 관계를 밝히고자 한 연구들은 자연재해와 주택가격의 관계를 밝히고자 한 연구들과 방법론 및 결과 등이 유사하다. 지진이 자연재해의 한 유형이기도 하지만, 주택시장 측면에서 홍수, 태풍, 지진 등의 자연재해는 주택시장에 일시적으로 강한 충격을 주는 이벤트 요인으로써 동일하게 인식될 수 있기 때문이다.

국내의 선행연구들을 조사한 결과, 지진은 주택가격에 부정적 영향을 미치는 것으로 나타났다. Beron et al.(1997)은 Loma Prieta 지진 발생 전후 San Francisco Bay의 주택가격을 비교·분석한 결과, 주택가격이 지진 발생 후 하락한 것을 밝혔다. Metz et al.(2017)은 미국 Oklahoma County의 16년 동안 거래된 주택매매 자료를 토대로 지진이 주택가격에 미치는 영향을 분석하였다. DID 방법을 적용한 결과, 지진이 발생하면서 주택가격이 3.1%에서 4.7%까지 하락하였다. 염재원·정주철(2019)은 경주 지진을 대상으로 주거용 부동산에 미치는 영향을 이중차분법과 다층모형을 통해 실증하였다. 분석 결과, 지진으로부터 위험한 아파트의 가격이 상대적으로 유의미하게 하락하는 것을 밝혔다.

일부 선행연구는 지진이 자주 발생하는 지역의 주택가격은 지진 위험성을 내재하고 있으나, 내재된 지진의 위험 가치가 과소평가 될 수 있음을 시사하였다. Naoi et al.(2009)은 정부의 주택가격 조사 자료를 이용하여 지진 위험지역 내 주택의 지진 발생 전·후의 변화를 분석하였다. 정부에서 제공하는 위험지도를 활용하여 주택가격 자료를 분석한 결과, 위험지역 내 주택이라도 진도 6 이상의 큰 규모의 지진이 발생한 지역은 지진 발생 후에는 주택가격이 추가로 하락하였다. 진도 6 이하 지역은 가격의 변화가 없었다. 지진 발생이 잦은 지역이나 지진 발생 위험성을 인지한 지역이라도 시간이 지나면 주택의 지진 위험 가치가 낮아지고 지진이 재발하면 다시 높아지는 경향이 나타난 것으로 추정한다. Beron et al.(1997)도 지진 발생지역의 정보가 알려지더라도 지진 발생 후에는 지진 위험이 재평가되어 주택가격을 추가로 하락시킬 수 있음을 시사하였다.

주택의 임대료는 지진 발생 후 오히려 상승하기도 한다. 지진으로 주택의 붕괴가 발생하면, 지역의 주택 총량이 감소하여 상대적으로 거주가 가능한 주택의 가격 및 임대료가 상승한다. 지진으로 인해 거주지 파손된 주민들은 임시로 거주할 수 있는 주택을 선호하기 때문에 임대료의 상승이 발생한다. Kawawaki and Ota(1996)는 1995년 1월 일본 고베와 오사카 지역에 발생한 지진이 지역의 월 임대료와 주택가격에 미치는 영향을 지진 발생 후 기간을 구분하여 분석하였다. 분석 결과, 지진 발생 후 월 임대료는 꾸준히 상승하였다. 발생 바로 직후인 2월의 월 임대료 상승은 내진설계가 비교적 잘된 주택의 원인으로 판단하였고, 일정 기간 후의 월 임대료 상승

은 임대 주택의 공급 부족 문제인 것으로 나타났다.

지역별 지진 규모에 따라 주택가격의 차이가 발생한다. Cheng and Mitomo(2018)은 미국 Oklahoma 주의 주택매매가격 자료를 이용하여 지진이 주택가격에 미치는 영향을 진도별로 분석하였다. 분석 결과, 진도 4에서 5로 측정된 지역의 주택가격은 3%에서 4%까지 하락하였고, 진도 6 이상으로 측정된 지역의 주택가격은 9%가 하락한 것을 밝혔다.

충수에 따라서도 주택의 가격 변화가 다르게 나타난다. 일반적으로 고층은 저층에 비해 경관 프리미엄이 발생한다. 하지만 지진 발생지역에서 고층 주택은 위험성이 과대평가되며, 가치가 하락한다. Deng et al.(2015)은 중국 Wenchuan 지진이 아파트 층수 선택에 미치는 영향을 분석하였다. 신규 아파트 거래 자료를 활용하여 실증 분석한 결과, 지진 발생 후 몇 개월 동안 저층 아파트의 가격이 상승하다가 일정 시점 뒤 다시 원래 가격으로 돌아왔다. 지진이 발생하면 고층의 경우, 안전지대까지 이동하는 과정의 위험성과 저층보다 상대적으로 강한 흔들림 때문에 공포심리가 강하게 작용한다. 이런 공포심리는 시간이 경과함에 따라 점차 사라지는 것으로 나타났다. 국내에서도 지진이 아파트 층수에 미치는 연구가 진행되었다. 김동일 외(2019)는 경주 지진이 아파트 거주 층수에 미치는 영향을 헤도닉 가격모형을 이용하여 실증 분석하였다. 분석 결과, 경주 지진 발생 이후 고층 거주에 대한 불안감으로 고층아파트의 선호도가 감소하였으나, 3개월에서 6개월 정도 지난 후에는 원래 수준으로 회복되는 것을 밝혔다.

지진 발생 후 선호하는 주택면적도 변화한다. 조안나·정창무(2019)는 특별재난지역으로 선정된 포항시의 주민들을 대상으로 주택 수요에 대한 설문조사를 시행하여 기존과 변화된 주거 선호도를 조사하였다. 조사 결과, 일반적으로 주택 수요는 경제적 측면을 고려하는 반면, 재해 피해 지역에서는 그렇지 않은 것으로 나타났다. 지진 피해 지역에서 주택 수요를 결정하는 주요 요인으로 주택 점유형태, 집수리 여부 등이고, 재해 지역주민들은 규모가 작은 주택을 선호한다는 결론에 도달했다.

지진과 주택가격의 관계를 밝히고자 하는 연구들은 주로 지진 발생이 많은 국외를 중심으로 연구가 진행되었다. 우리나라는 경주 지진 발생 이전에는 지진과 주택가격의 영향을 분석하고자 하는 연구가 없었다. 빈번한 자연재해인 홍수와 관련된 연구가 대부분이었다. 특히 우리나라는 자연재해 피해에 대한 정보공개를 꺼리기 때문에 주택시장의 자연재해 영향을 분석하는 데 한계가 있다. 따라서 자연재해를 가정한 취약성 평가나 위험지도를 작성하여 재해 위험성과 취약요인을 도출하려는 연구가 대부분이다. 이후 일부 기초지자체에서 침수위험지도를 공개하자 침수위험지도와 실제 영향을 분석하는 연구들이 등장하였다.

국의 지진과 부동산 관련 연구들과 국내 재해와 부동산 관련 연구는 지진 위험지도 등 재해위험지도를 기반으로 실제 영향의 차이를 구분하거나 위험지도의 가치를 재산정하는 형태로 진행되

었다. 경주 지진(2016.09)이 발생한 후부터는 지진과 주택시장의 관계를 밝히려는 연구들이 일부 등장하였다. 그러나 지진과 주택가격 영향을 밝히는 연구는 여전히 매우 부족하다.

본 연구는 지진과 주택가격의 관계를 밝히려는 연구가 거의 없는 시점에서 경주지진과 특성이 다른 포항지진을 대상으로 지진이 주택가격에 미친 영향을 분석하는 데 차별성이 있다. 염재원·정주철(2019)은 경주시의 아파트를 대상으로 지진이 아파트 가격에 미친 영향을 실증 분석하였다. 포항지진은 도시규모와 지진피해 특성이 경주지진과 다르나 아직까지 관련 연구는 매우 부족하다.

또한 지진이 주택시장에 미친 공간적 영향 범위를 검증하고 지역 간 차이를 분석하는 데 차별성이 있다. 경주지진과 아파트가격의 관계를 분석한 염재원·정주철(2019)은 지진 피해지역을 물리적 피해가 상대적으로 많았던 지역으로 가정하고 이중차분법을 활용하여 가격 차이를 분석하였다. 이중차분법을 활용하여 분석하는 경우, 피해 지역 범위를 잘못 설정하면, 연구의 타당성을 확보하기 어렵다. 지진의 구체적 피해 정보가 공개되지 않은 시점에서 피해 지역 범위에 대한 검증절차가 필요하다. 따라서 지진이 주택시장에 미친 공간범위를 규정하는 것은 학술적·정책적 의의가 있다.

### III. 분석의 틀

#### 1. 분석 모형

##### 1) 헤도닉-다층모형

본 연구는 헤도닉 가격모형을 기반으로 설명변수들을 구성하고 다층모형에 적용한 헤도닉-다층모형으로 분석한다. 헤도닉 가격모형은 주택가격 결정요인을 분석하기 위한 대부분 선행연구에서 이용한 모형이다. 헤도닉 가격모형을 이용한 주택가격 결정요인들은 어느 정도 규명되어 있다. 주택가격은 크게 개별 주택의 구조 및 물리적 요소를 포함하는 개별특성, 주택의 고정성에서 발생한 주변 지역의 근린환경 특성, 지역이 인프라 및 사회구조가 주는 지역 특성으로 구분된다(Won and Lee, 2018). 주택의 물리적 특성은 주택면적, 층수 등 물리적 구조이고, 근린환경 특성은 지하철과의 거리, 초등학교와의 거리, 공원과과의 거리 등 편의를 주는 시설과의 접근성이다. 지역 특성은 지역의 인구 구성, 고용자 수 등이다.

선행연구를 기반으로 주택가격 결정을 분석하기 위한 헤도닉 가격모형을 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$Y = \alpha + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_4 x_4 + \beta_5 x_5 + \epsilon$$

Y는 아파트 가격,  $x_1$ 는 지진특성,  $x_2$ 는 시간특성,  $x_3$ 는 아파트의 개별특성,  $x_4$ 는 단지특성,  $x_5$ 는 지역특성,  $\epsilon$ 는 오차항을 의미한다.

헤도닉 가격모형을 통해 주택가격을 추정하면 계수 추정의 왜곡이 발생할 수 있다(이용만, 2008). 주택가격을 구성하는 개별특성은 근린환경 특성에 포함되어 있고 근린환경 특성은 지역 특성에 포함되어 있다. 개별특성에 근린환경 특성 및 지역 특성이 내재되어(nested) 있다. 설명변수는 독립적이어야 하나, 내재된 특성으로 정확한 추정이 어려워진다. 설명변수의 내재된 특성을 고려하고 설명변수들이 아파트 가격에 미치는 영향을 보다 정확히 추정하기 위해 본 연구에서는 다층모형을 이용한다.

다층모형(multilevel model)은 분석 자료가 내재적 자료(nested data)일 때 주로 사용하는 모형이다(구형수·이희연, 2015). 다층모형은 위계적 선형모형(hierarchical linear model), 다수준 모형, 혼합모형(mixed model) 등 다양한 이름으로 불린다(손성철 외, 2013). 본 연구에서 상호작용항을 포함한 헤도닉-다층모형 분석모형의 최종 형태는 다음과 같다.

$$Y_{ij} = \gamma_{00} + \gamma_{p0}X_{pji} + \gamma_{0q}Z_{qj} + \gamma_{pq}X_{ij}Z_i + u_{pi}X_{pji} + u_{0j} + e_{ij}$$

$\gamma_{00}$ 는 상수항,  $X_{pji}$ 는 1수준 설명변수(아파트 개별 주택특성, 지진 특성, 시간특성),  $Z_{qj}$ 는 2수준 설명변수(단지 특성, 지역특성),  $X_{ij}Z_i$ 는 1수준 설명변수와 2수준 설명변수의 상호작용 변수,  $u_{0j}$ 는 2수준의 집단 간 평균의 차이,  $e_{ij}$ 는 1수준의 개체 간 차이를 말한다.

헤도닉-다층모형을 상향식 방법(bottom-up)으로 진행하며, 3단계 모형으로 분석한다. 다층모형의 1수준 설명변수는 개별 주택특성, 지진특성, 시간특성으로 구성하였다. 2수준 변수들은 아파트 단지 특성과 지역 특성으로 구성하였다.

## 2) 이중차분법

이중차분법은 정책의 효과를 분석하기 위해 사용되는 방법으로 처리집단과 통제집단의 평균적 차이를 통해 정책으로 인한 변화를 파악하는 데 활용한다. 순수한 정책 효과를 분석하는 것은 쉽지 않다. 정책 효과가 발생하지 않았을 미래를 추정해야 하기 때문이다. 만약의 환경을 추정하기 위해서는 집단의 특성과 시간적 특성을 고려해야 한다. 이중차분법은 빼기를 두 번 하는 과정에서 거시 경제적 추세변화와 각 두 집단 간의 특성 변화를 제거하고 순수하게 정책의 효과만을 추출할 수 있는 효율적인 방법이다(황관석·박철성, 2015). 거시경제적 상황이 처치구역과 통제구역의 평균적인 아파트 거래가격에 유사하게 작용하고, 두 지역 간의 평균적인 거래가격의 차이에 영향을 주는 지역적 특성의 차이가 고정적으로 변화하지 않는다면 이중차분법이 효과적으로 사용될 수 있다(Kim, 2018).

이중차분법은 집단 특성과 시간 특성에 대한 가정에 기반한다. 첫째, 지진이 발생하지 않았다면 위험지역과 비 위험지역은 같은 추세를 보였을 것을 가정한다. 둘째, 위험지역과 비 위험지역의 특성은 지진 발생 전·후 같을 것으로 가정한다(Table 1). 본 연구

Table 1. DID process

TW	W=0 (Non-hazardous area)	W=1 (Hazardous area)	Difference
T=0 (Before the earthquake)	TW00	TW10	TW00-TW10
T=1 (After the earthquake)	TW01	TW11	TW01-TW11
Difference	TW00-TW01	TW10-TW11	(TW00-TW10) -(TW01-TW11)

에서 헤도닉-다층모형과 이중차분법을 적용한 최종모형은 다음과 같다.

$$\ln(Y_{ij}) = \beta_0 + \beta_1 E_{ij} + \beta_2 W_{ij} + \beta_3 (E_{ij} \times W_{ij}) + \beta_4 T_{ij} + \beta_5 T2_{ij} + \beta_6 (T2_{ij}^2 \times W_{ij}) + \beta_7 X_{ij} + u_j + e_{ij}$$

고정효과는 상수항  $\beta_0$ , 지진 발생 전후 터미변수는  $E_{ij}$ , 지진 위험지역 여부는  $W_{ij}$ , 지진 발생 전후 총 4년 기간은  $T_{ij}$ , 지진 발생 후부터 2년 기간은  $T2_{ij}$  주택 특성 변수는  $X_{ij}$ 이다.  $(E_{ij} \times W_{ij})$ 와  $(T2_{ij}^2 \times W_{ij})$ 는 이중차분법을 적용한 상호작용 변수이다. 임의효과는 주택가격의 전체 평균과 각 단지별 차이를 나타내는 오차  $u_j$ 와 단지 오차  $e_{ij}$ 로 구분된다.

## 3) 변수와 자료

본 연구에서는 지진이 주택가격에 미치는 영향을 분석하기 위해 주택시장에서 가장 많이 거래되는 아파트의 가격 결정요인들을 설명변수로 구성하였다. 설명변수는 크게 재해 특성, 시간 특성, 주택의 개별 특성(주택의 구조 및 물리적 특성), 단지특성(근린환경 및 입지특성), 지역 특성으로 구분하였다(Table 2). 종속 변수인 아파트 매매가격은 국토교통부(<http://rt.molit.go.kr>)에서 제공하는 실거래가 자료를 활용한다. 지진 발생 시점 전후 약 2년 동안인 2015년 11월부터 2019년 9월까지 거래된 자료를 사용한다. 연구 기간별 주택 가격의 평균값을 구하기 위해 한국감정원에서 제공하는 월간 포항시 아파트 매매가격지수(2017.11 = 100)로 나누어 계산하였다.

재해 특성변수는 지진 발생 여부 변수(터미), 위험지역 포함 여부 변수(터미), 지진 발생 여부와 위험지역 포함 여부의 상호작용 항인 DID 변수로 구성하였다. 지진 발생 여부 변수는 지진 발생 시점(2017년 11월) 전·후를 알아보는 변수이다. 위험지역 포함 여부 변수는 주요 피해가 발생하여 주택매매의 주체들이 인지고 있는 위험지역에 포함된 주택 여부를 알아보기 위한 변수이다. 위험지역 포함 여부 변수는 지진의 영향을 크게 받는 지역을 구분하는 변수이다. 지진 진앙과의 거리를 중심으로 위험지역

Table 2. Variable

	Variable	Unit	Measurement	Data source
Dependent variable (종속변수)	Ln_Price (아파트 실거래가 매매가격)	Log	Natural log actual apartment price divided by sales price index	Actual transaction price discloser system by MOLIT
Hazard (지진 특성)	Earthquake (지진 발생 여부)	Dummy	After Pohang Earthquake (2017.11)=1; Before=0	-
	Within (위험지역 입지 여부)	Dummy	Hazardous area=1; Else=0	
	DID (지진발생*위험지역)	Dummy	Earthquake*Within interaction term	
Time (시간 특성)	Trend (추세변수)	-	November 2015=0; increase by 1 per month	-
	Trend2 (추세변수2)	-	November 2017=0; increase by 1 per month	
	DID2 (추세변수2 제곱*위험지역)	-	Trend2 <sup>2</sup> *Within interaction term	
Individual (개별 특성)	Ln_Net_Area (전용면적)	Log	Area of traded apartment	Actual transaction price discloser system by MOLIT
	Deal_Floor (거래 층수)	Floor	Floors of traded apartment	
	Con_Year (경과 연수)	Year	Sale year-Construction year+1	
Complex (단지 특성)	Ln_A_Total (건축 연면적)	Log	Total floor area (m <sup>2</sup> )	www.dais.or.kr
	Ln_CBD (CBD 접근성)	Log	Distance from the CBD (city hall) to complex	GIS data
	Ln_Open (공간시설 접근성)	Log	Distance from the openspace to complex	
	Ln_Indust (산업단지 접근성)	Log	Distance from the industrial complex to complex	
	Ln_Elemen (초등학교 접근성)	Log	Distance from the elementary school to complex	
	Ln_Univ (대학교 접근성)	Log	Distance from the university to complex	
	Ln_Park (공원 접근성)	Log	Distance from the park to complex	
	Ln_River (하천 접근성)	Log	Distance from the river to complex	
Region (지역 특성)	Ln_Po_Den (인구밀도)	Log	Population density by Dong	
	Ln_N_Emp (고용지수)	Log	Number of employees by Dong	

(Within) 범위를 5km씩 증가시키며 DID 값의 변화를 분석하여 합리적 범위를 선정한다. 지진 발생 후 위험지역에 입지한 주택의 차이를 보기 위한 DID 변수는 앞선 '지진 발생 여부 변수'와 '위험지역 포함 여부 변수'의 상호작용항으로 구성하였다. 이는 이중차분법을 활용하여 차이를 분석하는 원리와 같다.

시간 특성변수는 지진발생 후 주택매매가격의 변화를 분석하기 위해 설정하였다. 지진 발생 2년 전부터 매달 1씩 증가하는 추세변수와 지진발생 시점부터 매달 1씩 증가하는 추세변수 2, 위

험지역의 가격추세를 분석하기 위한 상호작용항(DID2)으로 구성하였다. DID2는 추세변수 2의 제곱과 위험지역 변수를 상호작용하여 산출한다. DID2에서 추세변수 2를 제공하는 이유는 지진 발생 후 지역의 회복력(resilience)에 따라 주택가격이 하락 후 다시 상승하는 비선형 형태일 것으로 추정했기 때문이다. 추세변수는 2015년 11월부터 매월 1씩 증가하고 추세변수 2는 2017년 11월부터 매월 1씩 증가한다. DID2는 앞서 언급한 바와 같이 위험지역 내 주택매매가격의 변화만을 분석하기 위해 '추세변수 2'의 제

곱과 '위험지역 입지 포함 여부' 변수를 상호작용하여 산출하였다. 이를 통해 지진 발생 후 시간에 따른 위험지역의 비선형적 가격 변화를 분석할 수 있다.

개별 특성변수는 주택의 구조 및 물리적 특성으로 전용면적, 층수, 건축연수로 구성하였다. 선행연구 결과에서 주택가격에 영향을 미치는 물리 및 구조적 특성들은 주택면적, 건축연수, 층수, 침실 수, 욕실 수, 주차장 수 등이 대표적이었다(Lee and Li, 2009; 신광문·이재수, 2019; Shin et. al., 2019). 본 연구는 선행연구에서 영향력이 높게 나타난 전용면적, 층수, 경과 연수를 주택 개별 특성의 설명변수로 포함하였다. 경과 연수는 주택 매매연도에서 건축년도를 빼고 0 값을 보정하기 위해 1씩 더하였다.

단지특성 변수는 근린환경 및 입지특성으로 단지 규모를 나타내는 주택의 건축연면적과 접근성 변수들인 CBD 접근성, 초등학교 접근성, 대학교 접근성, 공원 접근성, 하천 접근성, 공간시설 접근성, 산업단지 접근성으로 구성하였다. 공간시설 접근성은 지진 대피 공간에 대한 선호도를 알아보기 위해 포함하였다. 공간시설은 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 제2조에서 정의하는 광장·공원·녹지·유원지·공공공지를 말한다. 산업단지 접근성은 직장 접근성 및 공업도시인 포항시의 특성을 반영하기 위해 포함하였다. 단지 특성변수인 건축연면적은 세움터 건축행정시스템에서 제공받아 국토교통부의 실거래가 자료와 결합하여 활용하였다. 접근성 변수들은 지리정보데이터를 기반으로 ArcGIS에서 최단거리 분석을 통해 산출하였다. CBD는 포항시청의 주소를 좌표로 변환하여 계산하였고, 초등학교, 대학교, 공원, 하천은 국가공간정보포털(<http://www.nsdi.go.kr>) 자료를 활용하여 각 주택과의 최단거리를 GIS로 계산하였다.

지역특성 변수는 인구밀도와 고용자 수로 구성하였다. 인구밀도와 고용자 수는 지역 주택의 잠재 수요계층을 알 수 있다(신광문·이재수, 2019). 인구밀도와 고용자수 변수는 통계청(<https://kosis.kr>)에서 제공하는 동별 인구밀도와 동별 고용자 수를 활용하였다.

모형의 설명력이 높이기 위해 각각의 설명변수들의 정규분포 여부를 고려하고 자연로그를 취하였다. 로그 변환이 불가능하거나 정규성에 문제가 없는 변수는 그대로 활용하였다.

본 연구는 다중공선성을 완화하고 집단 내 효과에 초점을 맞추고자 전체 평균중심화와 '0'기반 중심화를 사용하였다. 추세변수(Trend), 추세변수2(Trend2), 상호작용항의 영향을 받는 2수준 설명변수들은 전체 평균중심화를 진행하였다. 더미변수인 지진 발생 여부(Earthquake)와 위험지역 입지 여부(Within)는 '0' 기반 중심화를 진행하였다.

## 2. 분석 결과

### 1) 공간적 영향 범위 분석

지진이 포항시 아파트 매매가격에 미친 공간적 영향 범위를 분

석하기 위해 진앙과의 거리를 중심으로 위험지역(Within) 범위를 5km씩 증가시키며 DID 계수 값의 변화를 분석하였다(Figure 1). 포항시 아파트의 분석 범위를 5km, 10km, 15km, 20km로 구분하였다. 5km부터 20km까지 설정한 이유는 분석 범위별 위험지역 아파트 수와 비 위험지역의 아파트 수를 고려했기 때문이다. 25km와 30km는 비 위험지역의 아파트 표본 수가 3개 이하이다.

지진이 포항시 아파트 가격에 미친 공간적 영향 범위의 선정은 지진 발생 후 위험지역의 가격 변화(DID) 변수를 기준으로 하였다. <Table 3>과 같이 DID 값이 연속적으로 하락하는 추세에서 가장 하락한 지점을 지진이 아파트 매매가격에 미친 공간적 영향 범위로 설정하였다.

분석 결과, 지진에 의한 포항시 아파트 가격의 공간적 영향 범위는 10km로 판단하였다. DID 변수 추정치의 변화를 살펴보면, 5km에서 10km까지는 DID 계수 값이 하락하였으나, 15km에서는 하락 폭이 줄었으며, 20km에서는 다시 커졌다. 20km에서 계수 값이 가장 낮았으나, 10km를 공간 범위로 선정한 이유는 지진이 주택에 미치는 공간적 특성과 도시의 지형적 원인 때문이다. 지진은 진앙으로부터 공간적으로 멀어질수록 영향이 감소한다. 따라서 진앙으로부터 하락 추세가 이어지는 10km 범위를 위험지역으로 설정하고, 하락 폭이 감소하는 15km는 비 위험지역으로 판단하였다.

토지는 연속성의 특성이 있어 지진의 외부효과를 완벽히 막는 차단물이 없으면 지진이 주택가격에 미치는 공간적 영향은 조금씩 감소한다. 지진에 의한 주택가격에 영향은 있지만, 가격 하락 폭이 상승하는 지역은 지진 위험이 상대적으로 안전하다고 인식

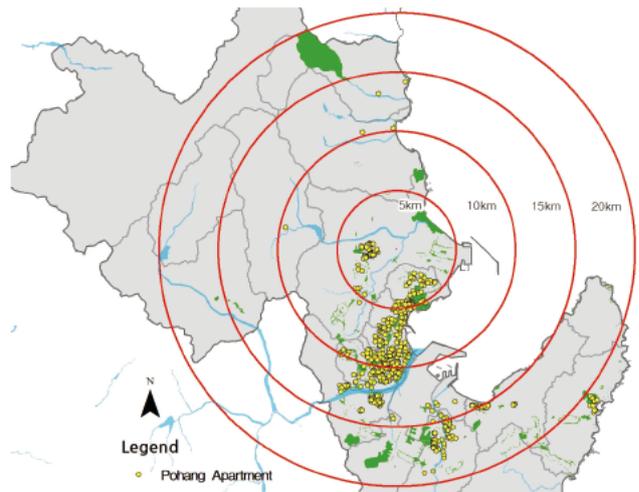


Figure 1. Housing location by distance

Table 3. DID analysis result by distance

Variable	5km	10km	15km	20km
DID	0.1237	-0.0761***	-0.0556***	-0.1275***

Note: significance level \*\*\* 1%, \*\* 5%, \* 10%

되는 비 위험지역으로 판단하였다. 진앙과 가까운 5km 범위 지역의 DID 변수 추정치가 통계적으로 유의하지 않고 10km부터 유의하다. 지진 영향의 공간적 범위를 크게 보면, 진앙이라는 지점을 중심으로 거리별 영향이 다르다. 구체적으로 보면 진앙은 점(point)이 아닌 여러 점의 집합이나 선형이다. 따라서 진앙과 인접한 지역은 지진의 충격 전파 방향이 불규칙하여 유의하지 않을 수 있다.

2) 헤도닉-다층모형 분석 결과

변수의 기초통계량은 <Table 4>와 같다. 지진 반경별 주택가격의 공간적 영향 범위를 10km로 설정하고 헤도닉-다층모형을 분석하였다(Table 5). 즉 위험지역(Within)을 진앙으로부터 10km 이내 지역으로 구분하고 분석하였다. 헤도닉-다층모형 분석은 무계약모형을 먼저 구하고, 무계약모형에 1수준 변수를 투입한 임의절편모형과 2수준 변수와 상호작용항을 넣은 임의절편모형을 추정하였다.

무계약모형은 설명변수를 포함하지 않고 1수준과 2수준의 오차항만을 포함하여 종속변수 총 분산과 집단 내 상관(ICC)을 계산할 수 있다. 분석 결과, ICC 값은  $90.6(=0.386/(0.040+0.386))$ 으로 나타났다. 전체 아파트 매매가격 변동에서 2수준(단지특성)으로 인한 변동은 90.6%로 설명된다. 이는 다층모형을 적용하는 것

이 필요함을 의미한다.

무계약모형에 아파트 가격에 영향을 미치는 1수준 변수를 투입하여 임의절편모형을 분석하였다. 1수준 변수는 지진 관련 공간 및 시간 변수와 아파트의 개별특성 변수이다. 임의절편모형은 무계약모형에 1수준 변수들을 투입하여 1수준 변수들이 종속변수 분산에 미치는 영향을 추정할 수 있다. 1수준과 2수준 잔차 분산의 변화도 분석할 수 있다. 1수준 변수만 투입한 임의절편모형의 잔차 분산은 약 0.0162로 무계약모형보다 감소하였다. 임의절편모형의 1수준 설명변수들은 모두 통계적으로 유의한 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 마지막으로 2수준 변수와 상호작용 변수까지 포함한 임의절편모형을 추정하였다. 최종 모형의 잔차 분산은 0.0160으로 1수준만 포함한 모형보다 감소하였다. 따라서 포항시 아파트 가격에 미치는 영향은 2수준과 상호작용 변수를 포함한 임의절편모형으로 분석하였다.

최종 모형의 수준별 결정계수( $R^2$ )는 0.889로 포항시 아파트 가격의 88.9%를 설명할 수 있는 것으로 나타났다. 지진 특성변수를 살펴보면, 지진 발생 후(Earthquake) 포항시 전체 아파트 가격은 약 2% 상승하였다. 지진 발생지역을 기피하려는 현상으로 주택가격이 하락할 것으로 예상했으나, 이와 다른 결과가 나타났다. 이 현상은 지역의 주택 총량 감소와 지역 거주자의 주택수요 때문으로 판단된다. 주택가격은 공급과 수요의 변곡점에서 결정

Table 4. Descriptive statistics of variable

Variable	Variable name	N	Mean	Std. Err	Min	Max
Dependent variable	Ln_Price	15,068	9.4040	0.6861	7.1004	11.4369
	Earthquake	15,068	0.4115	0.4921	0	1
Hazard	Within	15,068	0.6422	0.4794	0	1
	DID	15,068	0.2607	0.4390	0	1
	Trend	15,068	22.0040	13.3796	0	46
Time	Trend2	15,068	4.8379	7.1116	0	22
	DID2	15,068	48.3383	114.0929	0	484
Individual	Ln_Net_Area	15,068	4.2516	0.3263	2.8529	5.4941
	Deal_Floor	15,068	8.0801	6.2878	1	48
	Con_Year	15,068	16.7098	9.4367	1	42
Complex	Ln_A_Total	15,068	10.4309	1.5659	2.6137	12.7536
	Ln_CBD	15,068	8.3077	0.8242	5.4208	10.1068
	Ln_Open	15,068	4.7174	1.0902	0	8.6827
	Ln_Indust	15,068	8.1646	0.3845	7.0561	9.2543
	Ln_Elemen	15,068	5.9994	0.6155	3.7346	8.0855
	Ln_Univ	15,068	8.1259	0.7139	6.0493	10.0530
	Ln_Park	15,068	9.5945	0.2386	7.8824	9.9174
Region	Ln_River	15,068	7.0746	1.1530	2.9047	8.9546
	Ln_Po_Den	15,068	8.0922	1.4086	3.6109	9.6197
	Ln_N_Emp	15,068	8.9750	0.6811	6.3404	10.1860

**Table 5.** Analysis results

Variable	Unconditional model	Random intercept model (Add 1 level variables)	Random intercept model (Add 2 level variables)
Level 1, Fixed effects			
Intercept	9.1720 ***	6.2634 ***	6.3857 ***
Hazard	Earthquake	0.0141 ***	0.0196 ***
	Within	0.1787 ***	-0.0034
	DID	-0.0897 ***	-0.0761 ***
Time	Trend	0.0012 ***	0.0011 ***
	Trend2	0.0019 ***	0.0019 ***
	DID2	-0.0001 ***	-0.0001 **
Individual	Ln_Net_area	0.8396 ***	0.8392 ***
	Deal_Floor	0.0020 ***	0.0019 ***
	Con_Year	-0.0358 ***	-0.0334 ***
Level 2, Fixed effects			
Complex	Ln_A_Total		0.0758 ***
	Ln_CBD		-0.1117 ***
	Ln_Open		-0.0335 ***
	Ln_Indust		-0.0632 **
	Ln_Elemen		-0.0936 ***
	Ln_Univ		-0.0877 ***
	Ln_Park		0.2225 ***
	Ln_River		-0.0146
Region	Ln_Po_Den		0.0393 ***
	Ln_N_Emp		0.0387 **
Cross-level interaction	DID*Ln_A_Total		-0.0014
	DID*Ln_CBD		-0.0296 ***
	DID*Ln_Open		0.0098 ***
	DID*Ln_Indust		-0.1173 ***
	DID*Ln_Elemen		0.0264 ***
	DID*Ln_Univ		0.0623 ***
	DID*Ln_Park		0.0626
	DID*Ln_River		0.0076
	DID*Ln_Po_Den		-0.0056
	DID*Ln_N_Emp		0.0147 ***
Random effects			
Intercept1	0.3857 ***	0.0932 ***	0.0430 ***
Residual, $\sigma_0^2$	0.0399 ***	0.0162 ***	0.0160 ***
Bryk/Raudenbush (Multilevel adjusted R <sup>2</sup> ) Level 1		0.5940	0.5990
Bryk/Raudenbush (Multilevel adjusted R <sup>2</sup> ) Level 2		0.7584	0.8885

Note: significance level \*\*\* 1%, \*\* 5%, \* 10%

되는데, 지진으로 인한 파손으로 기존 주택공급량이 감소하여 나머지 주택의 가격 상승이 발생한 것으로 추정된다. Kawawaki and Ota(1996)도 지진으로 인해 지역의 주택이 훼손되면, 남아

있는 주택의 가격과 임대료가 상승한다고 분석하였다. 거주하던 주택이 훼손되면 붕괴위험의 공포감으로 안전한 주택으로 이동하려는 움직임이 강해지며, 훼손되지 않은 주택의 수요는 증가한

다. 지진 발생 이후에도 포항시 주택거래는 대부분 포항시민이었다. 한국감정원 부동산통계정보시스템(<https://www.r-one.co.kr>)을 통해 지진 발생 후 주택 매입자의 거주지를 분석하였다. 지진 발생 후인 2017년 12월부터 2018년 5월까지 전체 주택 거래량의 63.8%를 포항시 거주자들이 매입하였다. 지진 발생 전인 2017년 6월부터 2017년 11월까지의 매입비율(60.3%)보다 높았다. 지진이 발생하여도 포항시 거주민들은 지역을 벗어나지 않고 인근으로 이동하려는 성향이 강하며, 안전한 주택에 대한 수요가 증가하는 것으로 판단된다.

위험지역(Within)에 위치한 아파트는 비 위험지역의 아파트보다 가격이 낮은 것으로 나타났으나, 통계적으로 유의하지 않다. 다른 조건이 동일하다면, 지진 발생 전에는 위험지역에 있는 아파트와 비 위험지역에 있는 아파트의 가격 차이는 나타나지 않는다. 지진 발생 후 위험지역의 변화(DID)를 분석한 결과, 위험지역 아파트의 매매가격은 7.6% 하락하였다. 지진 발생 전에는 위험지역과 비 위험지역이 구분되지 않았으나, 지진 발생 후에는 명확한 가격 하락 차이가 나타났다. 포항 지진은 포항시 아파트 가격 하락에 유의미한 영향을 미친 것으로 나타나 선행연구의 주요 결과와 부합한다.

2015년 11월부터 2019년 9월까지 추세변수(Trend)를 살펴보면 포항시 아파트 매매가격은 매월 0.11%씩 상승한 것으로 나타났다. 포항 지진이 발생한 2017년 11월 후에는(Trend2) 아파트 가격의 상승 폭이 더욱 커졌다. 이는 지진으로 지역의 안전한 주택 재고는 부족해지고 거주자들의 수요는 증가하면서 나타나는 현상으로 추정된다. 위험지역의 지진 발생 후 월별 가격 변화(DID2)를 분석한 결과, 비선형 형태의 하락곡선이 나타났다. 포항시 전체 아파트는 지진 발생 후에 월별 상승하지만, 위험지역의 아파트는 월별 0.01%씩 하락하였다. 결국 포항시 위험지역에 있는 아파트는 지진의 영향에서 가격이 하락하고 추후 2년 동안 가격을 회복하지 못하였다. 이 결과는 경주지진과 아파트 가격변화를 분석한 연재원·정주철(2019)의 연구결과와 유사하다.

개별특성 변수들은 선행연구의 분석결과와 유사하다. 전용면적이 넓을수록, 층이 높을수록, 경과 연수가 작을수록 아파트 가격이 상승한다. 단지특성 변수들도 선행연구와 부합한다. 건축면적이 크고, CBD, 공간시설, 대학교 등과 가까울수록 아파트 가격이 상승한다. 공업도시인 포항시의 특성에 맞게 산업단지와 가까울수록 아파트 가격도 증가한다. 환경오염, 소음 등에 대한 거부감보다는 직주근접에 대한 선호도가 높은 것으로 판단된다. 자연공원과 거리가 멀수록 아파트 가격은 상승하였다. 자연공원이 주는 효용성을 높이지만, 포항시의 경우 자연공원이 도심 외곽에 위치하여 CBD와 멀어지는 현상이 발생한다. 포항시의 특성상 자연공원이 주는 효용보다는 서비스가 밀집된 도심의 선호도가 높은 것으로 판단된다. 하천 거리는 통계적으로 유의하지 않다.

지진 발생 후 위험지역에 있는 아파트의 가격은 CBD 접근성

이 더욱 중요해지는 것으로 분석되었다. 지진 발생 후 높은 편의성을 제공하는 CBD에 가까워지려는 욕구가 반영된 것으로 추정된다. 포항시의 산업 특성으로 인해 지진 발생 후 위험지역 내 산업단지 접근성이 아파트 가격에 미치는 영향은 증가하였다. 지진의 영향으로 도로 파손, 대중교통 혼란 등 출퇴근 과정에 불편함이 발생할 경우 고용 안정성에 대한 불안감이 발생할 수 있다. 따라서 포항시의 주택 수요자들은 지진으로 발생할 수 있는 출퇴근 과정의 위험성을 회피하기 위해 고용중심지와 인접한 지역을 선호하는 것으로 판단된다. 고용자 수가 많은 지역의 아파트 가격이 지진 발생 전보다 더욱 상승하였다. 고용자 수가 많은 지역은 산업단지와 가까운 지역으로 산업단지 접근성 결과와 연계된다.

#### IV. 결론 및 시사점

지진은 인류가 만든 사회·경제 시스템에 막대한 영향을 미친다. 지진은 인류가 통제할 수 없어 피해를 완벽히 예방할 수 없다. 지진은 물리적 피해와 함께 주택시장에도 영향을 미친다. 하지만, 국내에서는 경주 지진 이전에 지진에 대한 피해가 없어 관련 연구가 미흡하다. 2016년 경주 지진 발생 이후 지진과 주택가격 영향을 밝히려는 연구가 일부 진행되었다. 그러나 지진이 주택시장에 미친 영향 범위에 대한 분석이 미흡하고, 지진이 주택가격에 미친 영향을 일반화하기 어려웠다. 이 연구는 지진피해 정보가 공개되지 않은 우리나라 주택시장에서 포항시의 아파트를 대상으로 지진이 주택매매가격에 미친 공간적·시간적 영향을 분석하고자 하였다. 분석을 위해 이론과 선행연구를 토대로 분석모형을 구축하고 다층-헤도닉 모형과 이중차분법을 사용하였다. 다층-헤도닉 모형으로 주택의 가격 결정요인을 위계적으로 분석하고 이중차분법으로 지진이 주택가격에 미친 영향을 분석하였다.

분석 결과, 포항지진으로 위험지역에 있는 아파트 가격은 7.61% 하락하였다. 위험지역에 위치한 아파트의 매매가격은 지진 발생 후 약 2년간 매월 비선형적으로 0.01%씩 하락하였다. 반면 지진 발생 이후 포항시 전체 아파트 매매가격은 1.96% 상승하였다. 포항지진에 의한 아파트의 공간적 영향 범위는 10km인 것으로 분석되었다. 국민안전처(2017)와 행정안전부(2018)에서 조사한 물리적 피해 범위와 주택가격의 영향 범위는 차이가 있다.

연구의 시사점 다음과 같다. 첫째, 지진에 따른 주택시장의 영향을 분석할 때 공간적 영향 범위를 검증해야 한다. 연구 결과, 지진의 물리적 피해 범위와 주택시장에 미친 영향 범위가 다르게 나타났다. 선행연구는 지진 위험에 대한 공간 정보가 없어(정확히는 공개하지 않아) 물리적 피해 범위를 지진 위험 공간으로 활용하였다. 그러나 물리적 피해 범위와 주택시장의 공간적 영향 범위가 다를 수 있다. 따라서 지진에 의한 주택시장의 영향 범위를 분석할 필요가 있다.

둘째, 지진 피해 지역에 물리적 복구대책뿐만 아니라 중장기적

인 주거안정 대책 마련이 필요하다. 지진은 위험지역의 주택가격 하락에 유의미한 영향을 미친다. 주택 가격 하락은 임차인의 보증금과 대출금 관련 문제로 이어질 수 있다. 임차인이 거주하는 주택은 새로운 임차인을 구하기 어려워 기존 임차인의 보증금 반환이 어려워질 수 있다. 지진에 의해 주택이 파손되거나 위험지역의 주택은 대출을 받기도 어려워진다. 연구 결과, 지진에 의한 주택가격 하락이 2년 이상 지속되었다. 국토부와 주택도시보증공사에서는 임대인 대신 임차인에게 보증금을 반환하는 정책을 추진하고 있다. 하지만 임대인은 1년 안에 집수리와 새로운 임차인을 구해야 하는 문제도 있어 근본적인 주거안정 대책이 마련되어야 한다.

셋째, 임시거주지 입지는 지역의 사회·경제적 특성을 고려하여 선정할 필요가 있다. 포항시 내에서도 비 위험지역에 있는 주택은 오히려 가격이 상승하였다. 지진 발생 후의 비 위험지역의 주택 가격 상승은 주택 붕괴나 파손으로 지역의 주택 총량이 감소하며, 상대적으로 수요가 증가한 원인 때문으로 추정된다. 지진이 발생하여 주택 안전성이 훼손되면 거주자들은 지진 위험성이 있더라도 상대적으로 위험성이 낮은 인근 주택으로 이동하기 때문이다. 지역별 주택시장에서 주택의 주요 매입자가 같은 지역 거주자들인 것이 이를 뒷받침한다. 포항시는 지진 발생 후에 산업단지과 가까운 지역 주택의 수요가 증가하였다. 임시거주지는 이러한 지역 고유의 사회·경제적 특성에 고려하여 선정할 필요가 있다.

넷째, 지진 위험지역에서는 도시공원 등의 공간시설 확대가 필요하다. 도시공원은 평상시 주거환경의 쾌적성, 건강증진, 여가 등 다양한 효용을 제공한다. 지진이 발생하면 대피공간의 기능을 수행한다. 하지만 공간시설의 효용성은 지역의 주택 밀도 등에 따라 달라질 수 있어 지역별 적정한 공간시설 마련이 필요하다. 지진 발생 전 공간시설 접근성은 포항시 주택가격에 정의 영향을 미쳤으나, 지진 발생 후에는 공간시설 접근성이 부의 영향으로 변화하였다. 주택과 인구밀도가 높은 포항시는 안전공간까지 가는 과정에 위험성이 높아질 수 있다. 인구가 많을수록 개인당 안전공간(공간시설)의 활용면적이 작아져 위험에 노출될 가능성도 커진다. 따라서 지진 위험지역은 인구밀도와 주택 밀도를 고려한 적정 공간시설을 마련하여 지진에 대비해야 한다.

본 연구를 통해 지진이 지역 주택 가격에 미친 영향을 이해할 수 있다. 그러나 부동산 실거래가격을 이용함으로써 실제 파손 등 피해가 커 거래가 되지 않는 주택은 고려하지 못했다. 이는 표본선택에서 대표성 문제가 발생할 수 있다. 지진의 영향이 아파트 브랜드별 다를 수 있으나, 자료의 한계로 분석하지 못했다. 또한 지진이 주택시장에 미친 영향 범위와 물리적 피해 범위의 차이가 발생했지만, 구체적 이유를 밝히지 못했다. 마지막으로 지진 영향은 없지만, 지진 피해 지역의 주거이동 수요로 인해 발생한 주택시장 영향은 차별적으로 검증하지 못하였다. 향후 시장에서

거래되지 않는 주택을 고려한 분석과 지역의 사회·경제적 여건을 이해하고 지역이 갖는 회복력에 따른 차이를 분석하는 연구가 필요하다.

## 인용문헌 References

1. 구형수·이희연, 2015. “재해위험정보 노출이 주거용 부동산가격에 미치는 영향”, 『서울도시연구』, 16(1): 57-74.  
Koo, H.S. and Lee, H.Y., 2015. “The Effect of the Disaster Hazards Information on Residential Property Prices”, *Seoul Studies*, 16(1): 57-74.
2. 국민안전처, 2017. 「9.12지진 백서」, 세종.  
Ministry of Public Safety and Security, 2017. *9.12 Earthquake White Paper*, Sejong.
3. 김동일·박세운·정태운, 2019. “경주 지진이 아파트 거주층수 선호도에 미친 영향에 대한 연구”, 『주택연구』, 27(1): 53-82.  
Kim, D.I., Park, S.W., and Jeong, T.Y., 2019. “A Study on Influence of Gyeongju Earthquake on Reference of Apartment Height”, *Housing Studies*, 27(1): 53-82.
4. 김철중, 2012. “도시 비선호시설이 주변 지역 주택 가격에 미치는 낙인효과”, 단국대학교 대학원 박사학위 논문.  
Kim, C.J., 2012. “The Stigma Effect of Unwelcomed Facilities on the Housing Prices of Near by District: A Case Study of Sang-gye Jugong Apartment Complexes in Nowon-gu, Seoul”, Ph.D. Dissertation, Dankook University.
5. 박관민·김호철, 2009. “공공임대주택의 부정적 외부효과에 관한 연구 -용인동백지구 국민임대주택단지를 중심으로-”, 『부동산학연구』, 15(3): 127-147.  
Park, K.M. and Kim, H.C., 2009. “A Study on the Negative External Effect of Public Rental Apartment”, *Journal of the Korea Real Estate Analysts Association*, 15(3): 127-147.
6. 손성철·정범구·주지훈, 2013. “조직 연구에서 다층모형 적용에 관한 고찰 -위계적 선형모형(HLM) 활용을 중심으로-”, 『인적자원관리연구』, 20(3): 75-97.  
Son, S.C., Chung, B.K., and Joo, J.H., 2013. “A Study on Multi Level Model in Organization Research -Based on Hierarchical Linear Model-”, *Journal of Human Resource Management Research*, 20(3): 75-97.
7. 신광문·이재수, 2019. “공간 헤도닉 가격 모형을 적용한 소형주택의 임대료 결정 요인 -서울시 도시형생활주택-”, 『부동산분석』, 5(3): 49-66.  
Shin, G.M. and Lee, J.S., 2019. “An Inquiry into the Determinants of the Rents of Small Urban Houses Using Spatial Hedonic Price Modeling -Urban Residential Housing in Seoul-”, *Journal of Real Estate Analysis*, 5(3): 49-66.
8. 염재원·정주철, 2019. “지진 발생이 아파트 가격에 미치는 영향: 2016년 9월 12일 경주 지진 사례를 중심으로”, 『국토계획』, 54(1): 148-158.  
Yeom, J.W. and Jung, J.C., 2019. “The Impact of Earthquake on Apartment Price: Focused on Gyeongju Earthquake Case in

- South Korea”, *Journal of Korea Planning Association*, 54(1): 148-158.
9. 오민경, 2017. “협오시설이 부동산 가격에 미치는 영향에 관한 세 가지 에세이”, 건국대학교 대학원 박사학위 논문.  
Oh, M.K., 2017. “Three Essays on Property Impacts of Disamenities”, Ph.D. Dissertation, KonKuk University.
  10. 이용만, 2008. “연구노트: 헤도닉 가격 모형에 대한 소고”, 『부동산학연구』, 14(1): 81-87.  
Lee, Y.M., 2008. “A Review of the Hedonic Price Model”, *Journal of the Korea Real Estate Analysts Association*, 14(1): 81-87.
  11. 조안나·정창무, 2019. “주택 수요 및 선호에 따른 지진재해 지역 주거정책: 포항시 특별재난지역을 중심으로”, 『국토계획』, 54(3): 163-171.  
Jo, A.N. and Jung, C.M., 2019. “Housing Policy of Earthquake Disaster Area with Housing Needs and Preferences: Focused on a Special Disaster Area in Pohang, Korea”, *Journal of Korea Planning Association*, 54(3): 163-171.
  12. 행정안전부, 2018. 『2017 포항지진 백서』, 세종.  
Ministry of the Interior and Safety, 2018. *2017 Pohang Earthquake White Paper*, Sejong.
  13. 황관석·박철성, 2015. “이중차분법을 이용한 수도권 DTI 규제효과 분석”, 『주택연구』, 23(4): 157-180.  
Hwang, G.S. and Park, C.S., 2015. “An Analysis of DTI Regulation Effects in Seoul Metropolitan Area using Difference in Difference Method”, *Housing Studies*, 23(4): 157-180.
  14. Beron, K.J., Murdoch, J.C., Thayer, M.A., and Vijverberg, W.P.M., 1997. “An Analysis of the Housing Market before and after the 1989 Loma Prieta Earthquake”, *Land Economics*, 73(1): 101-113.
  15. Cheng, J.W. and Mitomo, H., 2018. “Effects of Media Information on Collective Resilience in a Disaster-A Case Study of the Crisis of Standard Commuters in Tokyo during the 2011 Great Japan Earthquake”, *Asian Journal of Social Psychology*, 21: 83-96.
  16. Deng, G., Gan, L., and Hernandez, M.A., 2015. “Do Natural Disasters Cause an Excessive Fear of Heights? Evidence from the Wenchuan Earthquake”, *Journal of Urban Economics*, 90: 79-89.
  17. Kawawaki, Y. and Ota, M., 1996. “The Influence of the Great Hanshin-Awaji Earthquake on the Local Housing Market”, *Review of Urban and Regional Development Studies*, 8: 220-233.
  18. Kim, C.I., 2018. “The Impact of Public Rental Housing Projects on Neighborhood Housing Market in Korea”, *Journal of Urban Policies*, 9(2): 59-74.
  19. Lee, J.S. and Li, M.H., 2009. “The Impact of Detention Basin Design on Residential Property Value: Case Studies Using GIS in the Hedonic Price Modeling”, *Landscape and Urban Planning*, 89(1-2): 7-16.
  20. Metz, N.E., Roach, T., and William, J.A., 2017. “The Costs of Induced Seismicity: A Hedonic Analysis”, *Economic Letter*, 160: 86-90.
  21. Naoi, M., Seko, M., and Sumita, K., 2009. “Earthquake Risk and Housing Prices in Japan: Evidence before and after Massive Earthquakes”, *Regional Science and Urban Economics*, 39(6): 658-669.
  22. Patchin, P.J., 1988. “Valuation of Contaminated Properties”, *The Appraisal Journal*, 56(1): 7-16.
  23. Shin, M.C., Shin, G.M., and Lee, J.S., 2019. “The Impacts of Locational and Neighborhood Environmental Factors on the Spatial Clustering Pattern of Small Urban Houses: A Case of Urban Residential Housing in Seoul”, *Sustainability*, 11(7): 1934.
  24. Skidmore, M. and Toya, H., 2002. “Do Natural Disasters Promote Long-run Growth?”, *Economic Inquiry*, 40(4): 664-687.
  25. Wilson, A.R., 1994. “The Environmental Opinion: Basis for an Impaired Value Opinion”, *The Appraisal Journal*, 62(3): 410-423.
  26. Won, J.W. and Lee, J.S., 2018. “Investigating How the Rents of Small Urban Houses Are Determined: Using Spatial Hedonic Modeling for Urban Residential Housing in Seoul”, *Sustainability*, 10(1): 31.

Date Received	2020-11-24
Reviewed(1 <sup>st</sup> )	2021-01-31
Date Revised	2021-02-25
Reviewed(2 <sup>nd</sup> )	2021-03-16
Date Accepted	2021-03-16
Final Received	2021-04-05