



# 아파트 단지 보행로의 효율성 평가\*

## Assessing Efficiency in Physical Layouts of Pedestrian Paths in Apartment Complexes

양동우\*\* · 유상균\*\*\*

Yang, Dongwoo · Yu, Sanggyun

### Abstract

The study quantitatively investigates the manner in which physical layouts of apartment complexes (ACs) contribute to efficiency in walking trips of residents in ACs and its neighboring areas. We measure and compare average walking distances for existing and potentially enhanced pedestrian networks in ACs. We estimate potential pedestrian paths based on building footprints and existing networks in ACs. The efficiency of walking trips from apartment buildings to transit stops is measured by comparing the average shortest distance on the existing network with that on the enhanced network. External and internal efficiencies are estimated as 85.9% and 78.7%, respectively. Given the current network layouts in ACs, residents unnecessarily walk an extra distance of 61.6 m on an average. Additionally, existing network design in ACs leads to longer walking trips by neighbors in adjacent areas by 42.4 m. The efficiency tends to further decrease because an AC was recently constructed. The findings of the study indicate that issues related to lower efficiency result from planning practices proposed by government as opposed to lack of altruism from developers and residents.

**주제어** 아파트 단지, 보행접근성, 보행효율성, 네트워크분석, 델로네 삼각분할

**Keywords** Apartment Complex, Pedestrian Accessibility, Pedestrian Efficiency, Network Analysis, Delaunay Triangulation

## 1. 서론

### 1. 연구의 배경

본 연구는 아파트 단지(Apartment Complex, AC)가 1970년대 초부터<sup>1)</sup> 인기 있는 주택유형으로 인식된 이후 지금까지 해결되지 않은 AC 입주민과 외부 거주민(이하 '이웃주민'으로 칭함) 간 재산권과 보행권 갈등으로부터 시작된다. AC는 주택 대량공급과 낙후된 주거환경 개선을 목적으로 정부 주도로 등장한 공동주택 군집단위이다. AC 설계가 주택 공급확대를 목적으로 정부와

주택 공급자들이 선택한 주택유형일지라도, 정권이 수차례 바뀐 현재까지 AC 입주민과 이웃주민 간 보행권 갈등이 해결되지 않은 것은 이해하기 어렵다. 더욱이 20세기 후반 뉴어바니즘(new urbanism)과 신-전통주의 계획이론(neo-traditional planning)의 바람을 타고 다수의 국내·외 도시설계 전문가들이 페리의 근린주구 이론의 한계와 함께 AC의 폐쇄성을 비판하였지만, 해당 갈등은 반복적으로 대중매체에 등장한다.

보행권 갈등이 해결되지 않은 근본 이유는 1) 법률·행정적 한계, 2) 보행로에 대한 합리적 평가 부재, 그리고 3) 보행권 갈등에 대한 단순한 이해 등으로 요약된다. 우선, 법률·행정적 한계를 살

\* 이 논문은 2017년 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단(NRF-2017S1A5B8059731)의 지원을 받아 수행된 연구임

\*\* Research Professor, Center for Regional Development, Chonnam National University (First Author: dongwooyang@outlook.com)

\*\*\* Associate Professor, Department of Urban Planning and Real Estate Engineering, Daejin University (Corresponding Author: plan2009@daejin.ac.kr)

해보면 현행 법률 체계에서 AC 내 공공보행통로를 강제하거나 임의적 폐쇄를 규제하기는 어렵다. 이는 규제대상 범위의 한계와 의무자의 범위규정이 불명확하기 때문으로 확인된다(이주경, 2016; 허현, 2014). 다음으로 보행로에 대한 합리적 평가 부재는 Crane(1996)의 지적과 같이 설계 방법에 대한 과학적 평가가 드물게 이루어졌다는 문제의식에서 기인한다. Crane(1996)의 문제의식을 본 연구와 연결하면, 해당 갈등의 발생은 승인권자인 정부가 AC 입주민과 이웃주민에게 AC 건설로 인해 각자의 보행활동이 어떻게 변화되는지 이해시키지 못하여 발생된 불필요한 오해 때문으로 해석된다. 여기서 '오해'란 AC 입주민은 현행 AC 보행로가 효율적이고, 보행로를 이웃주민과 공유할 시 지금의 보행활동이 불편해질 것이라는 선입견이다. 따라서 AC 입주민과 이웃주민이 마을만들기를 통해 공공보행통로의 효과를 주민들 각자가 평가하고 해당 갈등을 해결한 박은별 외(2015)는 시사하는 바가 크다. 마지막으로 보행권 갈등에 대한 단순한 이해는 해당 갈등을 AC 입주민이 AC 주민자치기구에 대한 민원을 통해 쉽게 해결할 수 있다고 이해한다는 것이다. 하지만, 해당 문제 해결방식이 AC 입주민에게는 효과적일지라도, 이웃주민이 겪는 보행활동 변화는 관심대상이 아니다. 본 연구는 갈등 해결을 어렵게 한 세 가지 이유 중 법률·행정적 한계를 제외한 나머지 두 가지에 주목한다.

## 2. 연구의 목적과 범위

본 연구의 목적은 보행로 이용자 측면에서 현행 AC 보행로의 효율성과 AC 입지가 가져온 보행활동의 변화를 분석하는 것이다. 전자는 AC 입주민이 분석대상이고, 후자는 이웃주민이 주요 분석대상이 된다. 본 연구는 도시가구들에게 주택유형 중 선호도가 가장 높은 AC를 대상으로 AC 선호의 일부분을 구성하는 AC 내 보행로를 공간적 분석대상으로 삼는다. 이러한 분석은 AC 보행로의 효율성 또는 폐쇄성이 AC 입주민의 AC 선호에 얼마나 부합하였고, 이웃주민에게 어떤 외부효과를 미쳤는지 가늠하게 해 줄 것이다.

### 1) 아파트 단지의 선호

국토교통부가 조사한 2018년 주거실태조사에서 이사계획이 있는 가구의 희망 주택유형 1순위는 아파트(64.3%)이고, 해당 비율은 2014년 동일조사 수치와 비교하여 상승하였다. 더욱이 아파트에서 아파트로 이사한 비율은 90.9%이지만, 아파트에서 단독주택으로 이사한 비율은 5.7%에 불과하다. 이렇듯 아파트는 평균적인 도시민들에게 가장 선호도 높은 주택유형이다. 가구의 소득수준과 거주 주택유형을 비교하면 고소득가구 중 74.5%가 아파트에 거주하는 것으로 확인된다. 이와 반대로 저소득가구는 아파트 이외 주택유형에서 70.5%가 거주한다. 요약하면 아파트의 주거선

호도와 아파트 입주민 소득은 다른 주택유형의 그것들과 비교하여 높고 많다.<sup>2)</sup>

박철수(2013)와 남근우(2015)는 아파트 선호도가 높은 이유는 아파트는 가구가 거주하는 주호(unit)와 함께 옥외 주거서비스를 동시에 제공하는 단지(complex)로 개발되기 때문이라 풀이한다. 따라서 우리가 흔히 지칭하는 '아파트'란 주호와 입주민 전용 옥외 주거공간이 묶음으로 구성된 '아파트 단지'를 지칭하는 것이라고 이해하는 것이 더욱 정확하다.

AC에 대한 소비자 선호(preference)를 지불가능 금액으로 등치시켜 풀이하면 선호 원인에 대한 해석이 더욱 명확해진다. AC의 선호, 곧 AC의 가치는 설계적 가치와 경제적 가치로 구성된다. 전자는 실 입주자가 평가하는 아파트 본연의 활용목적인 거주공간으로서의 가치와 단지 내 옥외공간이 제공하는 주거서비스 가치로 구성된다. 후자는 부동산 투자자가 평가하는 AC가 내재한 안정적 투자자산 또는 자본 증식 대상으로서의 가치이다. 전자와 후자는 가치 평가주체, 평가기준, 거래형태 등이 각각 다르지만, 후자 역시 AC가 갖는 표준화된 설계형태를 기반으로 하는바 양쪽 가치는 상호 독립적이지는 않다. 이러한 AC의 설계적 특징으로 인해 AC 공급자는 AC 크기를 증가시켜 단위 토지당 비용을 절감시킬 수 있어 입주자만큼이나 AC개발을 선호한다.

### 2) 아파트 단지와 보행접근성

AC 설계적 가치 중 거주공간의 가치는 주호의 구조물, 난방 및 단열, 채광, 방음 등을 통해 평가되고, 옥외 주거서비스 가치는 특정시설까지의 접근성, 대중교통 접근성, 교육환경, 주차시설 등의 요소가 고려되어 평가된다. 본 연구는 옥외 주거서비스 가치를 구성하는 요소 중 접근성에 집중한다. 2018년 주거실태조사는 주거환경서비스 만족도를 14가지 요소로 구분하고 있는데, 이 중 대중교통 접근용이성을 비롯한 총 6가지가 접근성과 관련된 문항이다. 해당 조사에서 이사계획 이유로서 '접근성이 좋은 곳으로'(49.6%) 항목이 '주거시설이나 설비가 양호한 집으로 이사하려고'(49.6%) 항목과 동일하게 가장 큰 이유로 조사되었다.<sup>3)</sup> 해당 비율은 '교육환경'(9.8%) 또는 '비싼 집값'(9.2%) 항목과 비교하여 2배 이상 높다.

AC가 발현하는 가치 중 옥외 주거서비스 가치를 구성하는 대표적 속성인 접근성은 AC 고유의 위치적 특성으로 인해 부여된 입지 접근성과 AC 연계 교통시스템에 의해 부여된 교통 접근성으로 구분된다. 서울대도시권에서 통행거리는 증가했지만, 통행시간은 오히려 감소하거나 유지되는 현상은 AC 본연의 입지 접근성과 비교하여 교통접근성이 가치평가에 더욱 큰 영향을 미치고 있음을 보여준다. 접근성은 특정 통행수단을 전제로 통행자가 선택한 통행수단에 의해 소비되는 통행시간 또는 통행거리를 측정하여 산정된다. 수도권 교통본부 외(2018)는 통행수단을 도보 포함하여 총 8가지로 구분하고 있다. 수도권 교통본부 외

(2018)에서는 서울시 주수단분담률<sup>4)</sup>은 대중교통이 29.5%로 가장 높고, 다음으로 도보가 25.0%를 차지하는 것으로 집계하고 있다. 하지만, 대중교통 통행수단 역시 보행행위를 통해 주동으로부터 연계되는 바, 보행행위와 관련된 주수단분담률은 실제 54.5%라고 할 수 있다. 지금까지 서술된 AC 선호도와 만족도 조사를 활용하면, 보행접근성이 AC 선호에 직·간접적으로 미치는 영향은 대략 계산으로 13.5% 정도( $\approx 49.6\% \div 2070\%^{5)} \times 54.5\%$ )를 차지할 정도로 중요하다.

### 3) 연구의 범위와 구성

본 연구는 대중들에게 선호도가 높은 AC를 대상으로, AC 보행로가 가진 장소성을 누리는 이용자가 아닌, 목적통행을 위해 보행로를 활용하는 이용자에 주목한다. 그리고 보행로 이용자가 접근하려는 대중교통시설(버스정류장과 지하철역)까지의 보행접근성을 측정하고, 현행 보행로가 접근성 측면에서 얼마나 효과적이었는지 평가한다.

본 연구는 현재 AC 내 주동의 위치와 형태는 변경하지 않고 다수의 대안적 AC 보행로들을 구현한다. 그리고 이들 중 대중교통시설까지 보행접근성이 가장 우수한 보행로를 선정한다. 본 연구에서는 이렇게 선정된 보행로를 '보완된 보행로'<sup>6)</sup>라고 칭한다. 다수의 대안적 보행로 중에서 선정되어 보완된 보행로는 현행 AC 보행로의 효율성 크기를 판단하는 상대적 기준이 된다. 본 연구는 AC 공급자가 주동 배치와 주변 여건을 고려하여 설치한 현행 AC 보행로보다 보행접근성 측면에서 효과적인 AC 보행로를 제안하고, 현행 보행로의 상대적 효율성을 측정한다.

본 연구는 크게 세 개의 부분으로 구성된다. 첫 번째 부분에서는 선행연구 검토와 함께 AC 보행로 평가의 필요성과 접근성 측면의 보행로 평가 방법을 살펴본다. 두 번째 부분에서는 실험대상의 자료구축 방법과 분석방법을 기술하고, 보완된 보행로 구축 과정을 설명한다. 마지막 부분은 실험결과 해석단계로 보행접근성을 측정하고 이것을 활용하여 보행효율성(pedestrian efficiency, PE)을 계산한다.

## II. 이론적 고찰

### 1. 선행연구 검토

AC를 관찰하는 연구들은 정치·사회적 측면에서 AC 도입 이유와 그로 인한 사회적 문제를 다룬 연구들 그리고 설계·기술적 측면에서 AC 설계의 특징과 한계를 다룬 연구들로 구분된다. 전자는 대부분 AC 등장 당시 정치·사회적 배경을 바탕으로 AC 도입의 당위성 설명을 시작으로 수행된다. 그리고 AC 설계가 훼손시킨 토지의 공공성을 비판한다(발레리 줄레조, 2007; 박철수, 2013; 남근우, 2015; 임동우, 2018). 이들의 구체적 비판 대상은

AC 폐쇄성이고, 연구자들은 폐쇄성이 지역 내 공간적 맥락 단절과 함께 AC 주택가격 상승을 촉발해 주택유형 간, 소득계층 간 또는 지역 간 갈등을 가져온 대표적 원인으로 지목한다. 후자는 AC 설계의 특징들(건폐율, 용적률, 층고, 공간구조 등)을 유형화하고, 경직된 AC 설계가 사회적 요구에 맞추어 변화될 수 있음을 보여준다(박인석·강인호, 2001; 봉인식·신수임, 2009; 최재필 외, 2010; 변나향·김민석, 2015; 이기석, 2017).

AC 보행로를 관찰대상으로 한 연구들은 AC 내부가로를 유형화(최재필 외, 2010; 변나향·김민석, 2015; 이기석, 2017)하거나 내부가로의 보행만족도(문하늬·이유미, 2011; 김철수·김효준, 2011)를 관찰한다. 이 외에도 AC 폐쇄성에 대한 AC 입주민 만족도를 측정한 김지은·최막중(2012), AC 소득계층 간 만족도를 측정한 김희석·이영성(2018) 그리고 AC 입주민 대상 AC 보행로의 효율성을 측정한 양동우·유상균(2018) 등이 있다. 또한 AC 보행로만이 아닌 관찰대상을 보행활동과 커뮤니티 환경까지 확장한 연구로는 성현곤(2012), Sung et al.(2013), 성현곤 외(2014) 등 다수가 존재한다. 이들은 연구의 공간적 범위가 서울시 전역이고, 내용적 범위가 보행활동과 근린환경(주택유형, 주거입지환경, 물리적 환경 등)과의 연관성을 관심 대상으로 한다. 본 연구는 이들과 다르게 AC 보행로 자체를 관심 대상으로 하며, AC 입주민 및 이웃주민 거주지로부터 대중교통시설(버스정류장과 지하철역)까지의 보행로가 갖는 연결성을 관찰하는 작은 단위의 실증연구이다. 선행연구 중에서 분석의 공간적 크기가 유사한 연구는 양동우·유상균(2018)이다.

상기의 연구들은 주요 관찰대상이 AC로 한정됨에 따라 대부분 국내 연구자들에 의하여 수행되었다. 하지만 이들 연구의 근저에는 근린주구(또는 슈퍼블럭) 활성화를 위한 보행성 강화와 함께 AC 설계의 기원인 페리의 근린주구 이론에 대한 비판을 공통적으로 내재한다. 이들은 Jacobs(1961)의 활기찬 도시공간의 구성요소와 Duany et al.(2004)의 스마트 성장 방법이 현실세계에 효과적으로 적용되었는지 평가하거나 적용의 필요성을 보여주는 것들이다.

### 2. 보행로와 대중교통시설의 연계

도시에서 보행이 개입된 목적통행의 비중은 절반 가까이 된다(한국교통연구원, 2018). 도시민의 일상에서 보행 또는 보행과 연계된 대중교통수단의 의존도가 높음에 따라, 모든 활동 장소(activity place)에서 대중교통시설까지의 보행접근성 향상은 항상 계획의 핵심목표로 설정됐다. 최초 출발지점에서 대중교통 정류장으로의 접근과 대중교통 정류장에서부터 마지막 목적지까지의 접근, 즉 'First/Last Mile'로 일컬어지는 접근성 개념은 일상의 활동을 온전히 영위하는 데 있어 최초의 중·단거리 보행의 중요성을 강조한다(〈Figure 1〉 참고). First/Last Mile의 크기는 출발지

점에서 대중 교통정류장까지의 보행접근성이 대중교통을 주요한 통행수단으로 선택하는데 결정적인 동기부여 요인이다. 특히, 대중교통 의존도가 높은 계층에게 이것의 크기는 전체 목적통행의 서비스 수준에 큰 영향을 준다(Boarnet et al., 2017; Tilahun et al., 2016).

북미지역 도시들은 First/Last Mile 단축을 위해 TOD(Transit Oriented Development), 이동성 증진(mobility enhancement), 완성형 가로망(complete streets) 등 세 가지 전략을 사용하고 있다(Figure 1) 참고). 이들 전략은 기존 도시구조와 대중교통노선에 큰 변화를 주지 않고 보완적으로 개입하는 방식이다. 이 세 가지 대응 전략 중, TOD는 대중교통시설 주변에 주택 단지 또는 비주거용 건물을 건설하는 것으로, First/Last Mile 문제를 원천적으로 차단하는 적극적인 대응 전략이다. 그러나 TOD로 조성된 주택이나 건물들의 가격이 비싸다는 문제를 수반한다(Duncan, 2011). 신규 개발을 기반으로 하는 TOD와 달리, 이동성 강화나 완성형 가로 전략은 기존 주거지와 대중교통시설 간 물리적 관계를 크게 조정하지 않는 대응 방식이다. 이들 두 가지 전략들은 대중교통시설의 밀도는 높지만 불합리한 도시구조로 보행접근성이 낮은 지역에 적합한 전략으로 채택된다. 특히 완성형가로(complete streets)는 기존 가로와 가구(block)에 최소의 설계적 개입으로 불필요한 우회통행을 극적으로 줄이는 방법으로 주목받고 있다.

교통수단 접근성 강화를 목적으로 하는 완성형가로는 가로망의 연속성과 일관성을 유지하는 보완적 설계를 통해 구현된다. 구체적으로 보행로, 인도, 교통섬의 추가 및 보완, 자전거 도로, 쾌적한 보행환경 조성, 차도와 인도의 적정폭 유지 등을 세부기법으로 활용한다. Brown et al.(2015)은 완성형가로는 대중교통 정류장의 실질 서비스영역(catchment area)을 증가시켰고, 이로 인해 대중교통 이용자 증가라는 주목할 만한 효과를 가져왔다고

설명한다.

### 3. 보행로의 연결성 변화 효과

Crane(1996)은 뉴어바니즘과 신진통주의 계획이론에 대한 계획가들이 가지고 있는 낙관적 선입견에 문제를 제기한다. Crane(1996)은 해당 이론들이 표방하는 긍정적 효과는 구호적 성격이 강하여 이들 효과를 분해하고 분석적으로 평가되어야 함을 제안한다. 본절에서는 Crane(1996)이 제안한 분석적 방법을 응용하여 보행로의 연결성(connectivity)이 변화됨으로 인한 효과를 풀이해 보도록 한다.

통행자는 일정기간 동안  $WMT$ (meter)만큼 보행통행을 한다. 통행자의 총 보행거리  $WMT = w m_w$ 이다. 여기서  $w$ 와  $m_w$ 는 각각 보행통행횟수와 보행거리(meter)이다. 경로 연결성을  $\gamma$ 라 칭하고,  $\gamma$  증가(연결성 강화)로 인한  $WMT$ 변화, 식 (1)은 보행거리 변화(우변 첫 번째 항)와 보행횟수(우변 두 번째 항) 변화의 합으로 구성된다. 비효율적 경로 설계로 인한 연결성 감소( $\gamma$  감소)는 보행자가 우회통행 또는 추가된 경로를 견도록 강제하는 바( $m_w$ 의 증가) 우변 첫 번째 항은 항상 (-)가 된다. 따라서  $\gamma$  감소로 인한  $WMT$ 의 방향성과 크기는 두 번째 항으로 결정된다.

$$\frac{d(WMT)}{d\gamma} = w \frac{dm_w}{d\gamma} + m_w \frac{dw}{d\gamma} \quad (1)$$

(-)

$\frac{dw}{d\gamma}$  을 전미분하고 이것을 정리하면,  $\frac{d(WMT)}{d\gamma}$  은 보행 통행 수요의 가격탄력성  $\epsilon_{w p_w} = \frac{\partial w}{w} / \frac{\partial p_w}{p_w} < 0$  을 포함하는 식 (2)로 정

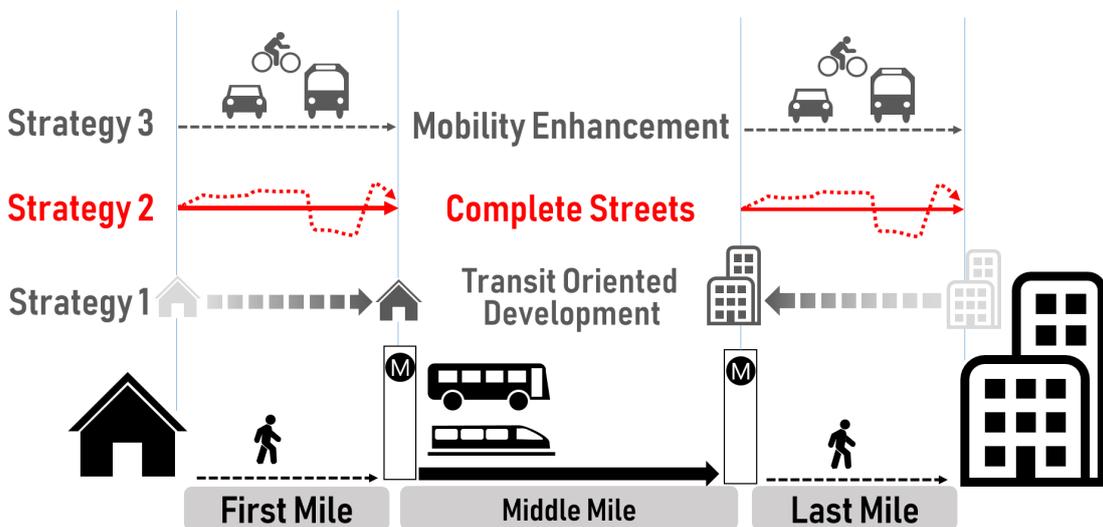


Figure 1. The concept of the First/Last Mile problem and strategies

리된다(Crane, 1996의 식 (3) 참고). 식 (2) 우변 첫 번째 항  $t_w$ 는 보행통행의 속도이고, 두 번째 항 대체효과는 연결성 감소로 인해 보행 이외의 통행수단(승용차 또는 대중교통)의 통행거리 증가로 인한 보행통행 횟수의 변화이다.  $\gamma$  감소로 인한 보행 이외의 교통수단의 통행거리는 중·장거리 통행임에 따라 보행통행과 비교하여 상대적으로 미세하게 변화된다. 따라서 첫 번째 항의 변화가  $WMT$  증감의 대부분을 차지한다. 이에 식 (2) 전체의 부호는 우변 첫 번째 항  $dm_w/d\gamma < 0$  이기 때문에, 괄호 속  $\epsilon_{wp_w} < 0$ 의 크기에 의해 결정된다. 즉  $\epsilon_{wp_w} > -1/t_w$ 은 경우,  $\gamma$  감소는  $WMT$ 를 증가시키지만,  $\epsilon_{wp_w} < -1/t_w$ 은 경우,  $\gamma$  감소는  $WMT$ 를 감소시킨다.

$$\frac{d(WMT)}{d\gamma} = (1 + t_w \epsilon_{wp_w}) w \frac{dm_w}{d\gamma} + \text{대체효과} \quad (2)$$

Crane(1996)은 통행수단별 수요의 가격탄력성 크기에 따라 총 통행거리가 변화될 수 있다고 해석하고 있다. 따라서 신·전통주의가 표방하는 소규모 블록 또는 격자형 가로 설계로 인한  $WMT$  변화는 확증할 수 없다고 결론짓는다. 하지만 식 (2)의 상반된 결과를 소득계층별로 구분해보면 시사점 있는 해석이 가능하다. 저소득계층은 대체교통 수단의 활용이 어려워 통행비용 증가에 둔감함에 따라  $\epsilon_{wp_w} > -1/t_w$ , 충분히 비탄력적인 경우에 속한다. 결국 경로 연결성 감소는 저소득계층의 총 보행거리를 증가시킨다. 하지만 고소득계층은  $\epsilon_{wp_w} < -1/t_w$ , 상대적으로 더 탄력적임에 따라 연결성 감소는 오히려 고소득계층의 총 보행거리를 감소시킨다. 따라서 저소득층이 경로 연결성 변화가 가져올 부정적 영향에 더욱 취약한 바, 경로의 연결성은 소득계층 간 갈등을 축소하기 위해서라도 신중하게 검토되어야 한다. 이러한 고민은 저소득층이 네트워크 변화로 인한 부정적 효과에 취약하다는 Blair et al.(2013)의 실증연구와 맥락을 같이 한다. 그 역시 네트워크 변화가 가져올 수 있는 의도하지 않은 결과를 정책시행 전에 예측해야 함을 지적한다.

#### 4. 보행로의 효율성 측정

AC 보행로를 관찰한 국내 연구들이 채택한 방법은 크게 설문조사(문하늬·이유미, 2011; 김철수·김효준, 2011; 김희석·이영성, 2018), 패턴분석(이지은·박소현, 2017; 이윤석 외, 2011) 그리고 공간구문론(최재필 외, 2010; 이기석, 2017) 등이다. 그리고 네트워크 분석이 드물게 활용된다(양동우·유상균, 2018). 국외 연구들의 경우, 보행 연결성은 구역 크기, 구역경계 길이, 구역 밀도, 교차로 밀도(= 교차로/구역 면적), 가로밀도(= 가로길이/구역 면적), 가로 대비 교차로 비율(= 가로길이/교차로), 보행경로 최단거리 비율(= 시점과 종점 사이 직선거리/네트워크 거리) 등을

지표화하여 다양한 각도에서 평가된다(Stangl and Guinn, 2011).

통행 측면에서 사회적 배제(social excursion) 또는 계층 간 단절을 관찰하는 방법은 크게 정량적 측정법과 정성적 측정법으로 분류된다(Blair et al., 2013). 정량적 측정법은 모델링 방법(4단계 통행수요 접근법)과 사회공간분석으로 구분된다. 정성적 측정법은 설문조사 또는 인터뷰 조사가 있다(김지은·최막중, 2012; 김희석·이영성, 2018). 정성적 측정법은 사회적 배제에 대한 실제적 경험을 관찰 및 파악할 수 있다는 장점이 있으나, 분석결과와 타당성 보장이 어렵다는 단점을 내재한다(Preston and Raje, 2007). 정량적 측정법에 속하는 모델링 방법은 통행 자체와 연계 활동의 수량과 특징에 집중한다. 구체적으로 해당 방법에서 사회적 배제의 강도는 접근성의 크기로 측정되는데, 이것의 측정은 공간분석 방법 중 GIS(Geographic Information System)를 활용한 네트워크 분석이 가장 효과적이다(Blair et al., 2013).

본 연구와 연구주제 및 방법론 측면에서 가장 유사한 연구는 Randall and Baetz(2001)과 양동우·유상균(2018)이다. Randall and Baetz(2001)은 관찰대상으로 단일 근린주구를, 양동우·유상균(2018)은 다수의 AC들을 채택하고 있다. Randall and Baetz(2001)과 양동우·유상균(2018)은 각각 근린주구 속 컬데삭(cul-de-sac)과 AC 보행로의 효율성을 측정하기 위해 네트워크 분석을 활용하고 있다.

본 연구는 이들 연구와 보행로 이용자의 선정, 건조환경(built environment)을 다루는 법, 보행로 구축방법, 보행경로의 시점과 종점의 설정 등이 다르다. 우선, 이들 연구 속 보행로 이용자는 근린주구 거주민 또는 AC 입주민이다. 본 연구 속의 보행로 이용자는 AC 입주민뿐 아니라 이웃주민도 포함된다. 두 번째 이들 연구는 건조환경을 다루는 것이 비현실적이다. 현행 보행로의 효율성 평가를 위해 새롭게 구현한 Randall and Baetz(2001)의 대안적 보행로와 양동우·유상균(2018)의 이론적 보행로는 모두 주변 건조환경의 재조정을 수반한다. Randall and Baetz(2001)는 연구자의 경험치 기반으로 판단된 새로운 보행로를 설정하고 이를 대안적 보행로라고 칭한다. 양동우·유상균(2018)은 신전통주의 계획이론 기반 소규모 블록 속 격자형 가로를 설정한 후 다수의 대안적 보행로 중 최단거리를 갖는 보행로를 채택하고 이를 이론적 보행로라고 칭한다. 양동우·유상균(2018)의 이론적 보행로는 AC 주동이 없는 상태에서 만들어진 주동 배치의 설계적 논리가 간과된 보행접근성만이 고려된 가상의 보행로이다. 본 연구는 Randall and Baetz(2001)와 양동우·유상균(2018)이 갖는 비현실성이라는 한계를 극복하기 위해 AC 내 현행 주동 배치와 외곽 보행로는 고정된 것으로 간주한다. 이는 AC 설계자의 AC 주동 배치의 기술적 논리를 훼손시키지 않으며, AC 공급자의 추가적 개입을 최소화하기 위함이다.

세 번째, 현행 건조환경 불변이라는 전제조건을 충족하고, 연구

자의 주관적 간섭 없이 다수의 대안적 보행로를 구축하기 위해 들로네 삼각분할법(Delaunay triangulation)을 사용한다. 현행 건조환경의 공간속성을 기반으로 내부 연결망을 자동으로 형성시킬 수 있는 GIS 기술이다(Yu, 2017). 들로네 삼각분할법을 활용한 도로 구축방법은 정확하며(Tang et al., 2017), 인공위성 자료에서 도로망을 추출<sup>5)</sup> 및 구축하는 데 효과적이다(Wang et al., 2018). 중국 선전시 보행네트워크의 연결성 평가를 목적으로 하는 Yu(2017)는 들로네 삼각분할법을 활용하여 중국 선전시 보행로 네트워크 자료를 구축하고 이것을 분석자료로 활용하고 있다.

마지막으로 Randall and Baetz(2001)와 양동우·유상균(2018)은 단일 근린주구 또는 AC 보행로와 주변 보행로까지의 연결성에 주목한다. 본 연구는 이들 연구가 주목하는 내부와 외부 보행로 간 연결성뿐만 아니라, 보행 목적통행이 갖는 시점으로부터 종점까지의 방향성을 고려한 경로 연결성에 주목한다. 이를 위해 본 연구는 보행통행의 최종 목적지 또는 대중교통 연계통행의 연계 결절점인 대중교통시설(버스정류소와 지하철역)이 위치한 곳을 종점으로 한다.

### III. 아파트 단지 보행효율성 분석

본 연구에서 보행효율성은 내부(internal)와 외부(external) 보행효율성으로 구분되고, 보행효율성 측정에 사용되는 AC 보행로는 현행(existing), 대안적(alternative), 보완된(enhanced) 보행로 등으로 구분된다. 본 절에서는 보행효율성 측정법, 보행로 구축방법, 분석과정 그리고 분석자료에 관해 설명한다.

#### 1. 보행효율성 측정

보행효율성(PE) 측정은 이용자 관점에서 크게 세 가지 전제조건을 기반으로 한다. 첫 번째, 이용자는 목적통행을 위해 보행로를 이용한다. 두 번째, 이용자는 통행비용 최소화를 목적으로 한다. 세 번째, 이용자는 AC 주변에 분포한 복수의 도착지들까지 일정 기간 동안 고르게 방문한다. 본 실험에서 보행로 이용자는 일정 기간 동안 최단 보행경로를 통해 AC 주변 대중교통시설들까지 접근함으로써 다양한 목적을 달성한다. 본 실험 속 AC 입주민과 이웃주민으로 구분되는 보행로 이용자 그룹 각각은 출발지는 다르지만, 목적지인 대중교통시설(AC 주변 50m 이내에 위치한 버스정류소 또는 지하철역)까지 최단거리 통행을 달성하고자 보행경로를 선택한다는 동일한 목적을 갖는다.

본 실험에서 현행 AC보행로는 현재 AC에 이미 설치된 보행로이고, 보완된 보행로는 AC 주동 위치와 주변 보행로를 고려하여 새롭게 만들어진 다수의 대안적 보행로들 중 이용자의 최단거리 통행을 보장하는 탐색된 보행로이다. 본 실험에서 이용자는 두 가지 그룹으로 분류되지만, 이용자의 출발지인 AC 주동이 다

양하고, 목적지인 대중교통시설이 AC 주변에 복수로 위치한다. 따라서 AC 최단거리는 AC에서 발생가능한 모든 최단거리를 요약한 이용자 관점 평균 최단거리이다. 예를 들어 AC 내 주동이 3개이고 AC 주변 50m 이내 대중교통시설이 3개이면 출발지인 주동과 도착지인 대중교통시설 간 총 9개(=3×3)의 최단거리가 만들어지고, 이것들을 평균한 것이 AC 최단거리이다. 결국, 본 실험에서 최단거리는 AC 현행 보행로 기반 최단거리와 보완된 보행로 기반 최단거리가 측정 및 비교된다. 본 연구의 보행효율성은 이들을 활용하여 AC 현행 보행로가 보완된 보행로와 비교하여 보행접근성 측면에서 얼마나 효과적으로 설계되었는지 가늠하는 평가지표가 된다.

#### 1) 내부 보행효율성

내부 보행효율성의 관찰대상은 AC 입주민이다. AC 입주민 각각은 그들이 거주하는 주동 출입구로부터 AC 주변 50m 이내 위치한 대중교통시설까지 최단거리 보행통행을 한다. 그리고 각각의 주동 출입구로부터 다수의 대중교통시설까지 측정된 최단거리들의 평균은 AC 최단거리로 요약된다. AC 현행 보행로와 보완된 보행로가 발현하는 최단거리(meter)는 각각  $SD_0^{int}$ 와  $SD_1^{int}$ 으로 표기한다. 아래첨자 0과 1은 각각 AC 현행 보행로와 보완된 보행로를 지칭한다. 위첨자 *int*와 *ext*는 내부와 외부를 의미하는바, 내부 보행효율성은  $PE^{int}$ 로 표기된다.  $SD_1^{int}$ 는 AC 현행 보행로를 보완하여 연결성이 강화된 달성가능한 보완된 보행로의 최단거리이다. 따라서  $SD_0^{int}$ 는  $SD_1^{int}$ 에 비하여 길거나 같다( $SD_0 \geq SD_1$ ),  $PE^{int}$ 는 식 (3)으로 계산된다.

$$PE^{int}(\%) = \begin{cases} \left(1 + \frac{SD_1^{int} - SD_0^{int}}{SD_0^{int}}\right) \times 100 > 0 \\ \leq 0 \end{cases} \quad (3)$$

식 (3)의 우변 괄호 속 최단거리 변화율 계산항은  $SD_0 \geq SD_1$ 으로, 0보다 작거나 같다( $\leq 0$ ). 즉, 해당 항의 절대값 크기는 AC 현행 보행로를 보완하여 향상시킬 수 있는 보행접근성 측면의 효율성 크기이다. AC 현행 보행로가 보완된 보행로에 비하여 최단거리가 길면,  $PE^{int} < 100\%$ 이다.  $PE^{int} = 100\%$ 이면, AC 현행 보행로는 이상적인 보행로로 인정된다.

$PE^{int}$  산정을 위해 측정되는 AC 최단거리( $SD^{int}$ )의 출발지는 AC 주동 출입구이다. AC 최단거리 측정에 있어 출발지는 AC 내 모든 주동의 1층 출입구  $b_k$ 이고, 도착지는 대중교통정류시설이 위치한 지점  $t_j$ 이다. 아래첨자 *j*와 *k*는 각각 주동과 대중교통시설들을 나타내는 일련번호이다. 측정대상 AC에 *p*개의 주동이 존재하고 주변에 *m*개의 대중교통시설이 위치할 경우, 최단경로(*sd*)의 개수는 ( $p \times m$ )이다. AC 현행 보행로와 보완된 보행로 기준 최단거리는 식 (4)와 식 (5)로 각각 계산된다.

$$SD_0^{int} = \frac{\sum_k^n \sum_j^m sd(b_k, t_j)}{p \times m} \quad (4)$$

$$SD_1^{int} = \frac{\sum_k^n \sum_j^m sd(b_k, t_j)}{p \times m} \quad (5)$$

$b_k$ : AC 주동 1층 출입구(출발지)

$t_j$ : AC 주변 50m 이내 위치한 특정 대중교통정류장(도착지)

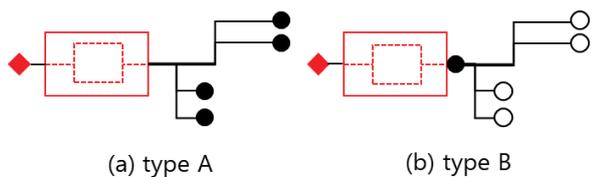
## 2) 외부 보행효율성 측정

외부 보행효율성( $PE^{ext}$ )의 관찰대상은 AC 이웃주민이다. 이웃 주민 역시 AC 입주민과 동일하게 그들이 거주하는 주택 출입구로부터 AC 주변 50m 이내 위치한 대중교통시설들까지 최단거리 보행통행을 한다. 하지만 이웃주민이 AC에 거주하지 않을 경우, 이웃주민의 거주지, 곧 출발지는 현행 가로체계를 따라 평면적으로 분산 입지한다. 본 실험에서는  $SD_0^{ext}$ 와  $SD_1^{ext}$  측정을 위해 이웃주민이 활용하는 보행경로 결절점을 탐색하고 그곳을 출발지로 선정한다. 도착지는 대중교통시설이 위치한 지점이다.  $PE^{ext}$  평가에 있어 이웃주민의 출발지 선정을 제외하고  $PE^{int}$ 와 모든 부분이 동일하다.  $PE^{int}$ 는 식 (3) 위첨자  $int$ 가  $ext$ 로 변경된 식 (6)으로 계산된다.

$$PE^{ext}(\%) = \left( 1 + \frac{SD_1^{ext} - SD_0^{ext}}{SD_0^{ext}} \right) \times 100 > 0 \quad (6)$$

$$\leq 0$$

이웃주민이 활용하는 보행경로 결절점은 AC 외곽 특징지점에 위치하는데, 해당 지점은 이웃주민들이 공통으로 경유해야 하는 현실세계의 보행 출발지가 된다. 보행경로 결절점을 출발지로 선정하지 않고 이웃주민 거주지 각각을 출발지로 설정하는 경우, AC와 이웃주민 거주지와와의 이격거리가 길어져  $PE^{ext}$  계산에 왜곡이 발생한다. 본 실험은 <Figure 2>의 (b)를 선택한다. 예를 들어, 모든 조건이 동일한 경우 AC 가까운 곳에 거주하는 이웃주민



- starting points (neighbors)
- entrances of the house (neighbors)
- - - pedestrian paths in AC
- pedestrian paths outside AC
- ◆ transit stop (end point)
- boundary of AC

Figure 2. The selection of starting points

에 비하여 먼 곳에서 거주하는 이웃주민이 평가하는  $PE^{ext}$ 은 높게 측정된다. AC와 멀리 떨어진 곳에 거주하는 경우, 식 (6) 우변 괄호 속 최단거리 변화율 계산항의 분모가 커지고, 분자의 절대값 역시 작아지기 때문에  $PE^{ext}$ 은 높게 측정된다.

또한 본 실험에서 특정 출발지를 단일 또는 특정 방향에만 배치시킬 경우 왜곡이 발생할 수 있다. 이에, AC를 장변 중심을 잇는 단변 축과 단변 중심을 잇는 장변 축으로 4분할하고 각 축이 AC 외곽경계면과 만나는 지점 주변에 위치한 보행경로 결절점을 출발지로 설정한다. 대체로 AC는 직사각형이나 사다리꼴 형태를 띠고 있지만, 5개 또는 그 이상의 형태의 다각형 형태를 보이는 AC는 주변 보행로의 연결성을 고려하여 출발지가 배치된다. 이것은 공간DB만을 활용하여 실험함에 따른 발생가능한 오류를 최소화시키기 위한 조치들이다. 해당 조치는 본 실험과정에서 유일하게 연구자의 주관적 판단이 개입된 부분이다.

$PE^{ext}$  산정을 위한 AC 최단거리( $SD^{ext}$ )의 출발지는  $n$ 개의 AC 외곽 특정 출발지점이고, 도착지는  $m$ 개의 대중교통정류장이다. 출발지는 이웃주민 거주지, AC 형태(장변과 단변), 주변 보행가로 등을 고려하여 주로  $n=4$ 개<sup>9)</sup>이며, 도착지는 실제 대중교통정류시설이 위치한 곳임에 따라 다수이다(<Figure 3> 참고). 따라서 측정되는 최단경로( $sd$ )의 개수는  $(n \times m)$ 이고, AC 현행 보행로의 최단거리( $SD_0^{ext}$ )와 보완된 보행로의 최단거리( $SD_1^{ext}$ )는 식 (7)과 식 (8)로 각각 계산된다.

$$SD_0^{ext} = \frac{\sum_l^n \sum_j^m sd(e_l, t_j)}{n \times m} \quad (7)$$

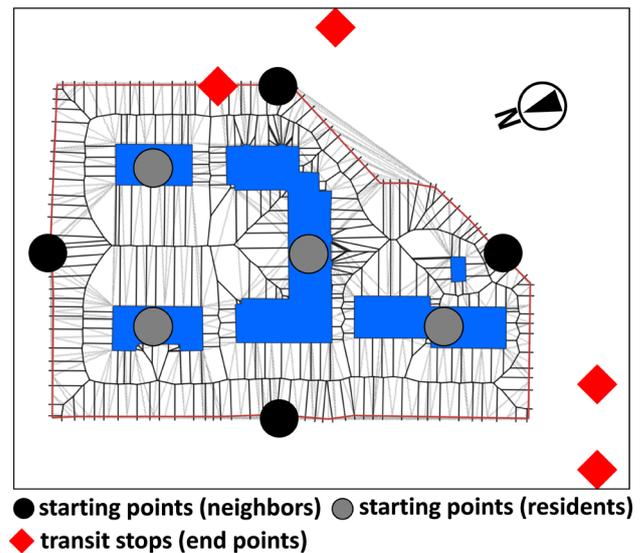


Figure 3. An example of the application of Delaunay triangulation for an apartment complex in Seoul, Korea (Daedong Apartment)

$$SD_1^{ext} = \frac{\sum_i^n \sum_j^m sd(e_i, t_j)}{n \times m} \quad (8)$$

$e_i$ : AC 외곽에 위치한 특정지점(출발지)

$t_j$ : AC 주변 50m 이내 위치한 특정 대중교통정류장(도착지)

## 2. 보행로 구축

본 실험에서는 AC 현행 보행로, 대안적 보행로, 보완된 보행로 등을 관찰한다. AC 현행 보행로는 관찰대상 AC에 이미 설치된 현실세계의 보행로이다. 보완된 보행로는 다수의 대안적 보행로 중에서 탐색된 출발지로부터 도착지까지 최단경로 보행통행을 발현시키는 보행로이다. 대안적 보행로는 AC 주동들을 포함하는 건축물과 주변 보행가로의 공간적 배치를 고려하여 새롭게 구축된 보행로이다.

인간이 이동할 수 있는 최소 규모의 공간이 확보되면, 인간은 고정된 건축물 및 구조물을 제외한 나머지 공간(사이공간; gap space)에서 보행으로 이동할 수 있다. 이러한 이유로 사이공간은 잠재적으로 보행로가 설치될 수 있는 '보행로 자원'으로 간주될 수 있다. 본 실험은 분석자의 주관적 개입 없이 사이공간을 활용한 대안적 보행로들을 구축하기 위해 들로네 삼각분할법을 활용한다. 보행로 자원 탐색을 위해 활용된 들로네 삼각분할은 2차원 공간상에서 주어진 여러 개의 점(points)을 활용하여 다수의 삼각형을 그리는 방식 중의 하나이다. 들로네 삼각분할은 주어진 점에서 삼각형을 그릴 수 있는 모든 경우에 대하여, 내각의 최솟값이 다른 모든 경우와 비교할 때 가장 큰 값이 되도록 삼각형을 그리는 방법이다(Preparata and Shamos, 2012). 다시 말해, 길고 뾰족한 삼각형의 비중을 최소화하도록 작도하는 방식이다.

〈Figure 4〉는 들로네 삼각분할법을 활용하여 AC 내 사이공간을 기하학적으로 모형화하고, 이를 관통하는 중심선을 찾는 방법의 예이다. 첫째, 보행에 장애물로 여겨지는 건물 평면 선분(segment) 상에 여러 개의 꼭짓점(vertex)을 부여한다. 꼭짓점 사이의 간격이 넓게 배치되면 삼각형으로 표현되는 사이공간의 정밀도가 떨어짐에 따라 선분 상 꼭짓점들 사이의 간격은 5m 이하로 유지토록 하였다. 둘째, 삼각분할로 형성된 사이공간을 모형화한 삼각형 면을 등간격으로 분할하는 점을 찾고, 각 분할 지점에서 해당 면과 직교하는 선을 추가하여 연결한다. 이렇게 생성된 선은 각 삼각형 내부를 관통하는 중심선으로 간주할 수 있고, 이는 AC 내 사이공간의 중심골격(skeleton), 잠재적 보행로(〈Figure 4〉의 파선)가 된다. 이렇게 추출된 잠재적 보행로, 보행로 자원들은 대안적 보행로들을 형성하는 구성요소로 활용된다. 곧 대안적 보행로는 들로네 삼각분할법으로 만들어진 보행로 자원들의 집합이다.

최근, 도시계획 및 설계 연구에서 들로네 삼각분할법을 건물

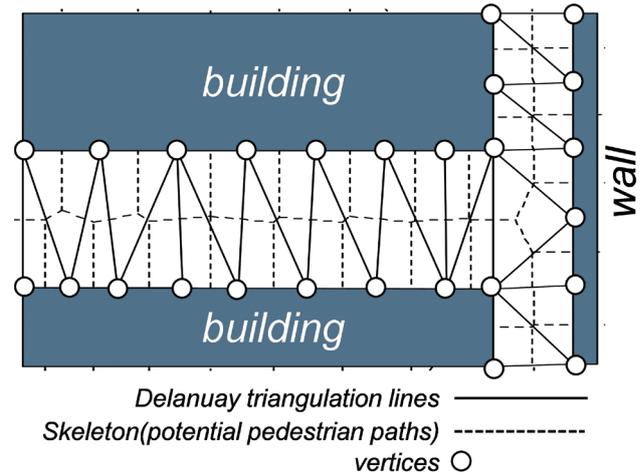


Figure 4. Delaunay triangulation to extract potential pedestrian paths

사이의 유희공간을 기하학적으로 모형화하는 데 활용하고 있다 (Jones et al., 1995; Yu, 2015, 2017). Yu(2017)는 2016년 중국정부 가 공표한 도시설계 권고안인 소위 '마을개방정책'(Community Opening Policy)이 대규모 AC의 물리적 폐쇄성에 어떤 영향을 줄 것인지를 선전시(深圳)를 대상으로 관찰한다. 마을개방 정책은 담장과 소수의 출입구로 AC 내부를 봉쇄한 중국의 AC에 AC외곽 일부를 외부와 연결하도록 권고하고 있다(Yu, 2017). Yu(2017)는 AC 내부의 차량 및 보행로가 주변지역과 연결될 경우 도시전체의 통행 패턴이 어떻게 변화되는지 네트워크 분석을 통해 측정한다. 중국은 네트워크 자료가 구축되어 있지 않은 바, Yu(2017)는 들로네 삼각분할을 통해 가상의 네트워크 자료를 구축하고, 이것을 현실세계의 네트워크로 인정하고 분석에 활용하고 있다.

## 3. 보행효율성 측정 과정

본 실험에서 보행효율성 측정은 〈Figure 5〉에 따라 순차적으로 진행된다. 실험을 위해 각각의 출발지와 도착지인 대중교통정류시설까지 최단거리가 우선 측정된다. 출발지에서 대중교통정류시설까지의 최단거리를 측정하기 위해 네트워크 분석 기능 중의 하나인 'shortest path' 방법을 활용한다. 개별 출발-도착 지점 사이의 최단거리(sd)를 측정하기 위해서는 보행로(network), 출발지(starting point), 도착지(destination) 도면층(layer)이 입력 자료로 사용된다(〈Figure 5〉 참조). 출발지의 위치 특성(AC 내부; internal 또는 외부; external)과 보행로의 개선여부(현행 보행로; existing network 또는 대안적 보행로; alternative network)에 따라 총 네 가지 종류의 평균 최단경로 값이 각각 측정된다(〈Figure 5〉 참조). 그리고 다수의 대안적 보행로 중 최단 경로를 발현하는 보행로는 보완된 보행로가 된다. 외부 보행효율

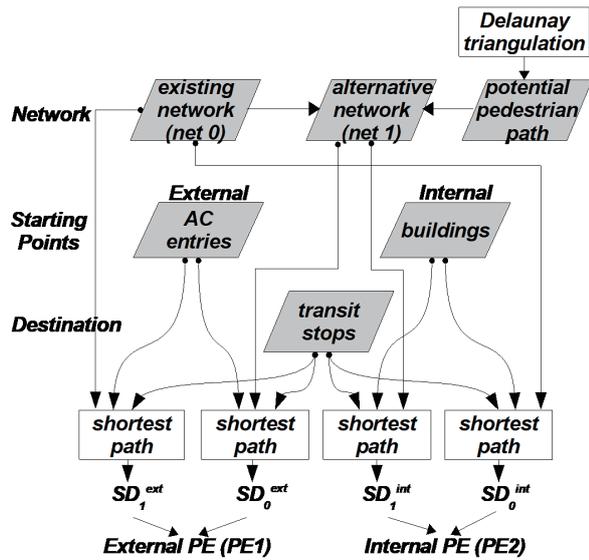


Figure 5. An algorithm for calculating pedestrian efficiency

성(PE1)은 앞서 계산된 현행 보행로와 보완된 보행로 기준 최단 거리( $SD_0^{ext}$ ,  $SD_1^{ext}$ )를 활용하여 계산된다. 내부 보행효율성 (PE2)도 현행 보행로와 보완된 보행로 기준 최단거리( $SD_0^{int}$ ,  $SD_1^{int}$ ) 정보를 통해 계산된다. 이러한 일련의 과정은 AC별로 반복해서 수행된다.<sup>10)</sup>

#### 4. 분석자료

##### 1) 아파트 단지의 선정

본 실험은 의무관리대상 공동주택 기준을 충족하는 AC 중 주동이 2개 이상인 AC를 관찰대상으로 한다.<sup>11)</sup> 그리고, 서울시 대중교통이용자의 60% 정도가 대중교통정류장까지 걸어가는데 사용하는 시간이 10분 이하임(한국교통연구원, 2018)을 감안하여, 보행거리 500m 이하(토지면적 250,000m<sup>2</sup> 이하)인 AC들을 관찰 대상으로 설정한다. 서울시에서 제공하는 ‘공동주택 통합정보마당’ 자료<sup>12)</sup>에 의하면, 위의 조건에 해당하는 AC는 총 1,973개소이다. 이 중 25개구별로 3-4개소의 AC를 무작위 추출하여, 총 79개소 AC를 1차 선정하였다.

2차 선정과정에서는 1차 선정된 79개 AC 중 주변지역이 산, 하천, 고속도로와 같이 자연 및 인공구조물과 인접한 AC는 배제시켰다. 2차 선정과정에서 배제된 AC는 입지적으로 고립되어 있거나 AC와 인접하여 이웃주민이 거주하지 않는 곳으로 외부 보행 효율성 측정이 무의미한 곳이다. 마지막 선정과정에서는 보행통행 목적지를 특정하기 어려운 AC들로서, AC 주변 50m 이내에 대중교통정류장이 없는 AC 역시 배제시켰다. 최종 57개 AC가 선정되었고, 본 실험은 이들을 대상으로 시행된다(〈Figure 6〉, 〈APPENDIX〉 참조).

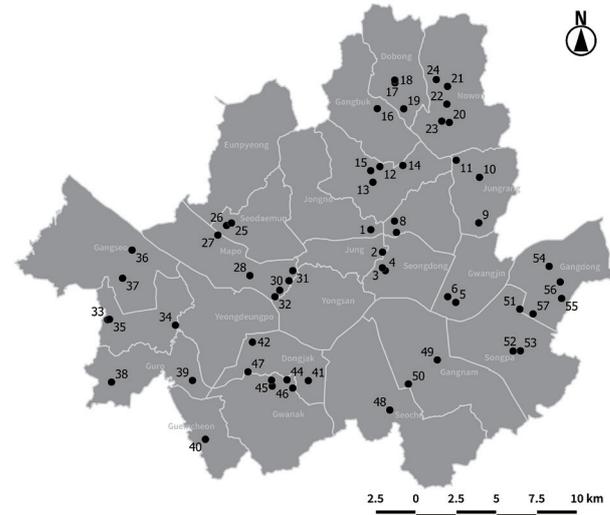


Figure 6. Location of apartment complexes

##### 2) 공간자료의 수집과 구축

내부 보행효율성 측정에 활용된 AC 주동은 행정안전부의 ‘도로명주소DB’의 ‘건물DB’ 자료이다. 이들 폴리곤 자료를 대상으로 QGIS 3.4를 작동하여 주동 1층 출입구를 대표할 수 있는 주동 중심점을 추출하고, 추출된 주동 중심점을 AC 입주민의 보행 출발 지점으로 활용하였다.<sup>13)</sup> 외부 보행효율성 측정에 활용되는 AC 외곽 출발지는 AC를 4분할하는 중축 및 횡축과 만나는 AC 경계 지점에 분석자가 점(point)을 직접 추가시켜 위치시켰다(〈Figure 3〉 참조). AC 외곽 출발지 생성은 본 실험에서 유일하게 분석자가 자료구축 시 개입한 부분이다. 출발지는 단순히 AC를 동서남북 4분할을 한 후 생성한 것이 아닌 AC와 이웃주민 거주지의 공간적 관계, AC 형태, 주변 보행가로 및 지장물 등을 고려하여 구축되었다.

네트워크 분석에서 도착지로 활용되는 대중교통시설 위치정보는 서울열린데이터광장에서 제공하는 ‘서울시 버스정류장 위치정보’<sup>14)</sup>와 서울교통공사가 ‘수도권 지하철역 위치정보’를 활용하였다. 본 실험에서는 서울시 전체 대중교통정류시설 중에서 실험대상 AC 주변 50m 이내 위치한 대중교통정류시설을 추출하여 보행 목적으로 특정하고 있다. 본 실험은 다수 네트워크 분석을 시행하여 출발지와 목적지 간 최단 보행거리를 측정하는 바 도로망 자료(보행로 포함)는 필수적이다. 본 실험에서 활용한 도로망 자료는 행정안전부의 ‘도로명주소DB’<sup>15)</sup> 속 네트워크 자료와 서울시 보행자용 상세 도로망도를 중첩하여 활용하였다. 특히 서울시 보행자용 상세도로망도는 AC 내부 보행로를 구현한 최선의 자료이다. 하지만, 해당 자료의 최신 갱신년도가 2013년임에 따라 N사, D사, G사가 제공하는 온라인 지도를 배경지도로 활용하여 보행자도로, 주출입구, 부출입구 그리고 보조출입구 위치를 보완하였고, 2013년 이후 준공된 AC들은 신규로 디지털이정하여 자료를 구축하였다.

## IV. 보행효율성 결과

### 1. 대상지 개요

실험대상 AC들의 평균 공급세대는 866세대이며, 노원구의 주공 7단지(2,634세대)가 가장 많다. 이에 반해 57개 AC 중 중랑구에 있는 ‘동구힐스테이트’가 163세대로 가장 적다(〈Table 1〉, 〈APPENDIX〉 참조).

실험대상 AC의 평균 토지면적은 34,763m<sup>2</sup>이다. AC의 평균 규모를 정사각형으로 가정하면, 가로 및 세로의 길이는 약 186m로, 보행 가능 범위 이내의 규모를 갖는 것을 알 수 있다. 강서구에 있는 ‘강서힐스테이트’의 토지면적은 138,484m<sup>2</sup>로 57개 AC 중 가장 큰 규모이다. 반면 중랑구에 있는 ‘동구햇살아파트’는 7,743m<sup>2</sup>로 가장 작다. 정사각형 기준으로 한 변의 길이가 약 88m로 100m에도 못 미치는 규모이다(〈Table 1〉, 〈APPENDIX〉 참조).

준공연도를 살펴보면, 가장 오래된 AC는 금천구의 ‘무지개아파트’로 준공연도가 1980년이다. 그리고 가장 최근에 건설된 AC는 2016년에 준공된 강동구의 ‘한양수자인’이다. 57개 AC의 평균 준공연도는 1998년이다(〈Table 1〉, 〈APPENDIX〉 참조).

### 2. 보행효율성 측정 결과

#### 1) 외부 보행효율성

AC 현행 보행로에 사이공간에서 추출된 보행로 자원을 추가하여 보완하면, 이웃주민이 활용하는 보행결절점인 AC 외곽 특정 지점에서 주변 대중교통정류장까지 걸어야 하는 평균 보행거리는 294.9m에서 252.5m로 약 42.5m 정도 줄어드는 것으로 측정된다(14.1% 감소). 이러한 이유는 현행 AC의 주출입구가 제한적으로 설치되어 있고, 담장이나 조경과 같은 인공 장애물 설치를 통해 AC를 부분적으로 개방함으로써 이웃주민이 AC를 우회하여 목적지로 접근하도록 강제하기 때문이다(〈Table 2〉, 〈APPENDIX〉 참조). AC의 부분적 개방 역시 외부가로와의 연결성은 고려하고 있지 않다.

소수의 AC는 현행 AC 보행로의 가로체계에서 보행자는 충분한 효율을 누리지만, 대부분의 AC에서는 그렇지 않음을 확인할 수 있다. 심지어 일부 AC의 현재 보행효율은 보완된 보행로로 기대되는 그것에 비해 현저히 낮다. 보행로 자원의 추가가 필요하지 않을 정도로 현행 보행로가 충분히 효율적인 AC는 양천구의

Table 1. AC profiles

	# ACs	Mean	Min.	Max.
Complete year	57	1998	1980	2016
Land size	57	34,763	7,743	138,484
# Total units	57	866.4	163	2,904

Table 2. Descriptive statistics for pedestrian efficiency

		# ACs	Mean	Min.	Max.
External	<i>SD<sub>0</sub></i> (m)	57	294.9	146.2	809.0
	<i>SD<sub>1</sub></i> (m)	57	252.5	139.5	799.5
	<i>PE1</i> (%)	57	85.9	66.6	99.6
Internal	<i>SD<sub>0</sub></i> (m)	57	259.2	136.9	545.5
	<i>SD<sub>1</sub></i> (m)	57	198.1	111.9	369.0
	<i>PE2</i> (%)	57	78.7	38.4	100.0

*SD<sub>0</sub>*: avg. shortest distance based on existing network  
*SD<sub>1</sub>*: avg. shortest distance based on enhanced network  
*PE1*: External pedestrian efficiency  
*PE2*: Internal pedestrian efficiency  
*PE1\_min*: Hanshin-Dogok Apt., Gangnam-gu (66.6%)  
*PE1\_max*: Shinan Park Apt., Yangcheon-gu (99.6%)  
*PE2\_min*: LotteCastle Rich Apt., Dongdaemun-gu (38.4%)  
*PE2\_max*: Hanyang 2,3,4 Apt., Dobong-gu (100.0%)

‘신안아파트’로, 외부 보행효율성은 99.96%로 가장 높다. 반면, 보완된 보행로 대비 현행 보행로의 효율이 가장 낮은 AC는 강남구의 ‘도곡한신아파트’로, 이웃주민의 대중교통 접근성이 보완된 보행로 도입으로 예상되는 그것에 비해 66.4% 수준이다(〈Table 2〉, 〈APPENDIX〉 참조). 따라서 해당 AC는 실험대상 AC 중 이웃주민에게 가장 불편함을 주는 AC가 된다.

#### 2) 내부 보행효율성

현행 AC 보행로에서 기대되는 AC 입주민의 대중교통 접근성은 보완된 보행로에서 기대되는 그것에 비해 평균 78.8% 수준인 것으로 측정된다. AC 주동 1층 출입구에서 출발하여 AC 주변 대중교통정류장까지 걸어야 하는 평균 보행거리는 현행 보행로 기준 259.2m, 보완된 보행로 기준 198.1m이다. 따라서 AC 입주민이 AC 현행 보행로를 보완할 시 61m 정도를 덜 걷게 된다(〈Table 2〉 참조). 보행로 보완으로 기대되는 대중교통 접근성 대비 AC 현행 보행로 기준 그것, 즉 보행효율성은 평균적으로 AC 이웃주민보다 AC 입주민들에게서 더욱 낮은 것으로 확인된다(AC외부 기준 85.9%, AC내부 기준 78.7%).

내부 보행효율성은 외부 보행효율성에 비하여 AC별 큰 차이를 보인다. 57개 AC 중 소수의 AC는 현행 보행로에 보행자원을 추가하여 보완할 필요가 없을 정도로 보행효율이 100%에 근사하는 반면, 일부 AC의 보행효율은 보완된 보행로 대비 40% 수준에 머문다. 1988년에 준공된 도봉구의 한양 2,3,4차의 경우, AC 내 아파트 주동에서 주변 대중교통정류장까지의 최단 보행거리는 기존 보행로 기준 214.5m, 개선된 보행로 기준 214.5m로 보행로 개선이 불필요할 정도로 현행 보행로가 충분히 효과적으로 설계된 것으로 분석된다(보행효율성 100%). 반면, 2015년에 준공한 동대문구 ‘롯데캐슬리치’의 경우, 기존 보행로 기준 337.4m, 보완된 보행로 기준 129.4m로 측정된다. 해당 AC는 현행 AC 보행로의 대중

교통 접근성은 보완된 보행로로 기대되는 그것과 비교하여 38.4% 수준이다(〈Table 2〉, 〈APPENDIX〉 참조). 따라서 내부 보행효율성의 편차(61.6%p = 100.0%-38.4%)는 외부 보행효율성의 편차(33.0%p = 99.6%-66.6%)에 비하여 더욱 크다. 이것은 보행접근성 측면에서 내부 보행효율성을 더욱 향상시킬 수 있는 보행로 보완 방법이 있고, AC 입주민과 이웃주민 간 갈등의 시발점이 AC 폐쇄성 단일 문제로부터 발현된 것은 아니라고 이해할 수 있다. 일부의 경우, AC 입주민 역시 이웃주민 만큼이나 효율적이지 못한 보행로를 이용한다.

AC 보행효율성을 결정하고 AC 간 효율성에 차이가 발생하는 이유는 AC 주동의 1층 형태와 연결성에 있다. AC 주동이 없는 이상적인 조건에서 내부 보행효율성을 측정할 양동우·유상균(2018)은 AC가 소규모 블록으로 나누어지고 주동이 저층 필로티로 설계되는 경우 향상된다고 요약한다. Randall and Baetz(2001) 역시 연결성 강화를 위해 컬데삭 형태의 가로에 연계가도가 추가되어야함을 설명한다. 본 연구의 실험결과, AC 보행로는 주동 배치의 설계적 논리를 훼손하지 않은 상태에서 주동과 AC 외부가로 간 연결성을 고려하여 설계되고 개방되어야함을 강조한다.

예를 들어 AC 보행로의 폐쇄적 운영으로 인한 우회통행 문제는 보조출입구를 많이 늘리는 경우 개선된다고 이해될 수 있다. 하지만, 외부 보행효율성이 가장 높은 양천구의 '신안아파트'는 주출입구(정문과 후문)만을 가지고 있다. 즉 보행효율성 증진을 위해서는 AC 보행로는 AC 건조환경과 함께 외부환경(외부가로, 이웃주민 거주지, 보행 목적지의 위치 등)이 종합적으로 고려된 상태에서 설치되어야 한다.

### 3) 보행효율성에 영향을 주는 외부요인

본 절에서는 AC의 준공시기와 함께 토지면적 및 총세대수와 같은 규모요인이 보행효율성에 영향을 주고 있는지 살펴본다. 상기 요인들이 보행효율성에 영향을 주고 있다면, 특정 준공연도, 토지면적, 세대수를 기준으로 두 개 그룹 간 통계적 차이를 나타낼 것이다.

우리는 가능한 모든 준공연도를 기준년도로 설정하고, 각각의 준공연도를 기준으로 57개 AC를 오래된, 그리고 신규 AC로 구분하고 두 집단 간 보행효율성 차이를 검정하였다. 1989년부터 2006년까지 18개년도<sup>16)</sup> 구간에서 각각의 준공연도를 기준으로 *t*-검정을 18회 실시한다. 18회에 걸쳐 실시된 *t*-검정 중 2005년을 기준으로 보행효율성을 이전과 이후로 비교한 것이 통계적으로 차이가 있는 것으로 확인된다.

토지면적을 기준으로 대규모 그리고 중소규모 AC로 구분할 경우, 37개 AC의 토지면적(15,978-51,325m<sup>2</sup>)을 기준으로<sup>17)</sup> *t*-검정을 총 37회 실시한다. 이중 통계적으로 가장 유의한 토지면적 기준은 32,400m<sup>2</sup>다. 총세대수 기준으로 대규모와 중소규모 AC로 구분하는 경우, 36개 AC의 세대수(378세대-1,285세대)를 기준값

으로 설정하고 *t*-검정을 36회 실시한다.<sup>18)</sup> 이 중 850세대가 가장 통계적으로 유의한 결과를 보여주는 기준으로 확인된다. 잠재적 기준 중에서 최적의 기준점을 바탕으로 두 그룹 간 보행효율성 차이의 자세한 내용은 아래와 같다.

#### (1) 준공연도

준공연도 2005년 기준, 오래된 AC집단과 신규 AC집단의 평균 외부 보행효율성은 각각 87.5%, 79.9%로 오래된 AC집단의 외부 보행효율성이 신규 AC집단의 그것보다 7.6%p 높은 것을 알 수 있다. 이러한 차이는 통계적으로도 유의함에 따라(*t*=3.1624, *p*=0.005), 최근 AC일수록 폐쇄적임을 유추할 수 있다.

내부 보행효율성의 경우(〈Table 3〉 참조), 오래된 AC집단의 평균 내부 보행효율성은 80.3%로 신규 AC집단의 그것보다 7.7%p 정도 높으나, 이러한 차이는 통계적으로 유의하지는 않다(*t*=1.453, *p*=0.166).

#### (2) 토지면적

〈Table 4〉는 토지면적별 대규모 AC집단과 중소규모 AC집단의 외부 보행효율성 차이를 *t*-검정한 결과이다. 외부 보행효율성과 토지면적 간의 관계에서는 토지면적이 32,400m<sup>2</sup>보다 작은 중소규모 AC집단이 대규모 AC 집단보다 외부 보행효율성이 높다(*t*<0;  $PE_{small}^{ext} > PE_{big}^{ext}$ ). 이는 실험대상 중 중소규모 AC집단이 대규모 AC집단보다 대중교통 접근성이 양호하기 때문으로 확인된다. 토지면적 32,400m<sup>2</sup> 이하의 중소규모 AC집단의 외부 보행효율성은 평균 88.0%로 32,400m<sup>2</sup> 이상의 AC집단의 82.9%보다 5.1%p

Table 3. *t*-test results comparing older and newer ACs on pedestrian efficiency

Level		n	Mean (%)	t	df	p
PE1	Before 2005	46	87.5	3.162	19.7	0.005
	After 2005	11	79.9			
PE2	Before 2005	46	80.3	1.453	14.3	0.166
	After 2005	11	72.6			

PE1: External pedestrian efficiency

PE2: Internal pedestrian efficiency

Table 4. *t*-test results comparing bigger and smaller ACs by land size on pedestrian efficiency

Level		n	Mean (%)	t	df	p
PE1	Bigger ACs	23	88.0	2.203	43.1	0.033
	Smaller ACs	34	82.9			
PE2	Bigger ACs	23	78.7	-0.004	48.8	0.997
	Smaller ACs	34	78.7			

PE1: External pedestrian efficiency

PE2: Internal pedestrian efficiency

**Table 5.** *t*-test results comparing bigger and smaller ACs by units on pedestrian efficiency

Level		n	Mean (%)	t	df	p
PE1	Bigger ACs	21	87.2	1.448	40.4	0.155
	Smaller ACs	35	83.8			
PE2	Bigger ACs	21	78.3	0.282	51.3	0.779
	Smaller ACs	35	79.3			

PE1: External pedestrian efficiency  
PE2: Internal pedestrian efficiency

정도 높다( $t=2.2037, p=0.033$ ). 즉 중소규모 AC가 대규모 AC보다 우회통행으로 인한 불편함을 완화시키고 있다.

내부 보행효율성(〈Table 4〉 참조)의 경우, 중소규모 그리고 대규모 AC의 평균 내부 보행효율성은 각각 78.7%로 차이가 거의 없는 것으로 분석된다( $t=-0.004, p=0.997$ ).

(3) 세대수

외부 보행효율성과 총세대수 간 비교를 통해 총세대수가 85세대보다 작은 중소규모 AC집단이 대규모 AC집단보다 외부 보행효율성이 높다( $t<0; PE_{small}^{ext} > PE_{big}^{ext}$ ). 세대수 85세대 미만의 중소규모 AC집단의 외부 보행효율성은 평균 87.2%로 85세대 이상의 AC집단의 83.8%보다 3.4%p 정도 높다. 하지만 해당 차이는 통계적으로 유의하지 않다( $t=1.4482, p=0.155$ ).

내부 보행효율성(〈Table 5〉 참조)의 경우, 중소규모 그리고 대규모 AC집단의 내부 보행효율성 평균은 각각 78.3%, 79.3%로 차이가 없는 것으로 확인된다( $t=-0.282, p=0.779$ ).

**V. 결론 및 시사점**

본 연구는 보행접근성 측면에서 현행 AC 보행로의 효율성을 탐구한다. 본 연구는 AC 공급자의 AC 공급 이유와 설계자의 AC 설계의 기술적(技術的) 논리를 훼손하지 않고, 본 연구의 제목적 달성을 위해 AC 내·외부 건조환경은 변형시키지 않는다. 이러한 전제조건 아래, 본 연구는 대중교통시설까지의 최단경로 보행통행을 목적으로 하는 이용자들이 활용하는 보행로를 분석대상으로 한다. 본 연구 속 보행로 이용자는 AC 입주민과 이웃주민으로 분류되고, AC 입주민 관점의 보행효율성은 내부 보행효율성으로, 이웃주민 관점의 보행효율성은 외부 보행효율성으로 다르게 평가된다.

분석결과, 내부와 외부 보행효율성은 각각 78.7%와 85.9%로 계산된다.<sup>19)</sup> 해당 수치는 보행연결성이 향상된 보완된 보행로를 이용하면 AC 입주민과 이웃주민은 각각 약 61.1m와 약 42.4m를 단축해서 걸을 수 있음을 의미한다.

특히, AC의 준공연도, 토지면적, 세대수와 같은 AC의 특성들

이 AC 외부 보행효율성과 연관됨을 알 수 있다. 준공연도의 경우, 2005년 이전에 건설된 AC의 외부 보행효율성 평균은 87.5%로 2005년 이후에 건설된 신규 AC의 그것에 비해 7.6%p 높은 것으로 계산된다. 더하여, 중소규모 AC의 외부 보행효율성 평균(88.0%)은 대규모 AC의 외부 보행효율성 평균(78.7%)에 비하여 높게 계산된다. 반면, AC 간 내부 보행효율성 차이는 준공연도 또는 물리적 규모와 관련이 없는 것으로 확인된다. 이는 AC가 최근에 준공되었거나 AC의 단지 규모가 클 경우에, 현행 AC 보행로 보완을 통한 보행거리 단축효과는 AC 이웃주민들에게 더욱 큰 것으로 해석할 수 있다.

본 연구는 보행접근성이 대부분의 계획 및 설계에서 중요한 고려요소로 채택되지만, 그것의 평가가 중요성에 비하여 지나칠 정도로 간소하게 다루어짐을 지적한다. 서울특별시 지구단위계획 수립지침(2017.07.13.), 서울특별시 보행권 확보와 보행환경 개선에 관한 기본 조례(2018.03.22.), 공공주택 업무처리지침(2018.09.06.) 등을 비롯한 다수의 지침과 심의기준에서는 안전하고 효율적인 보행로 설치, 대중교통시설과의 보행로 연계성 강화, 지구의 개방성 강화 등을 신규 주택사업과 정비사업에 적용할 것을 규정하고 있다. 하지만, 이들 모두는 그들의 목적 달성 수준을 확인할 수 있는 객관적 평가기준이 부족하고, 더욱이 출발지와 도착지를 고려한 경로접근성 기반 평가는 이루어지지 않고 있다. 2019년 3월 발표된 서울시 도시·건축혁신 방안은 보행거리를 고려한 중소규모 격자형 블록(150m×100m) 설치, 생활공유가로 조성, 대중교통 중심 복합개발 유도 등을 지역맥락 분야의 가이드라인으로 제시하고 있다. 본 혁신방안은 Jacobs(1961)의 도시공간 활성화 또는 신·전통주의 계획이론과 맥락을 같이 하며, 구체적으로는 바르셀로나의 지구(113m×113m) 설계를 성공 모델로 삼고 있다.<sup>20)</sup> 하지만 본 혁신방안 역시 Crane(1996)의 지적과 같이 격자형 블록 또는 그것을 둘러싼 보행로가 발전시킬 국지적 도시환경 변화에 대하여 평가할 객관적 도구는 준비되어 있지 않은 듯하다. 이러한 문제가 혁신방안이 적용된 시범대상지들이 ‘경관은 살리고 주거환경은 위축’<sup>21)</sup>시켰다고 오해받는 원인 중 하나일 것이다. 경관은 변형될 경관에 대한 가치평가가 정교하지 않을지라도, 적어도 경관시뮬레이션을 통해 개발 전·후 경관을 비교하는 객관화 과정을 거친다.

본 연구는 First/Last Mile 단축의 중요성과 현행 보행경로 또는 신규 공급될 주거단지 내 설치될 보행로의 객관적 평가의 필요성을 강조한다. 본 연구 속 실험은 분석자의 주관적 개입을 최소화하면서 정량적 측정방법에 따라 AC 현행 보행로의 보행효율성을 평가하고 있다. 그럼에도 불구하고 본 연구는 작은 단위 연구가 갖는 실험환경 통제와 실험결과의 일반화 문제를 내재한다. 예를 들어, AC 입주민들이 특이성 선호에 따라 일정기간 동안 특정 대중교통시설만 이용하거나, 이웃주민 역시 AC 주변이 아닌 AC 반대편 대중교통시설만을 이용한다면 보행효율성 평가 자체

가 어렵거나 평가결과에 대한 일반화가가 곤란해진다. 더욱이 AC 등장으로 인해 보행통행이 불편해진 이웃주민의 민원으로 대중교통정류장이 만들어졌다면 이 역시 AC가 이웃주민 보행통행에 미친 영향을 측정하는 것은 어렵다.

본 연구는 AC 선정과정을 통해 AC 규모와 입지환경의 특이성으로 인한 문제를 최소화하기 위해 조치하고 있다. 하지만 이러한 한계를 적극적으로 극복하기 위해서는 AC 입주민과 이웃주민의 대중교통시설까지 보행접근 시 사용하는 현행 보행경로, 개별 대중교통시설까지의 보행통행량, 그리고 대중교통시설 설치시기 등을 확인하고 이것을 네트워크 데이터와 연계시켜야 한다. 또한 보행로가 경사지에 따라 발생하는 보행자 불편함과 보행연결성 단절 역시 고려되어야 한다. 본 연구는 이러한 한계들을 극복하기 위한 풀이과정과 그로 인한 분석결과는 향후 연구과제로 남겨두도록 한다. 그리고 본 연구의 분석대상을 확장하여 보행로의 쓰임새를 장소성 측면에서 정량적으로 평가하는 후속연구도 필요하다.

- 주1. 국내 아파트의 효시는 1958년 대한주택영단이 서울시 성북구 종암동에 세운 중앙아파트 3개동이고, 아파트 단지의 효시는 1961-64년 대한주택공사가 서울시 마포구 도화동에 건설한 마포아파트 10개동이다(남근우, 2015). 당시 아파트는 대중으로부터 인기가 없었고, 더욱이 1970년 4월 8일 마포구 창전동 와우아파트 붕괴로 인해 아파트에 대한 부정적 인식은 확대된다. 대한주택공사는 1970-71년 중산층 중심의 동부이촌동 한강맨션아파트를 공급하였으나 와우아파트 붕괴로 인한 불신 때문에 초기 분양률은 저조했다고 한다. 하지만 대대적 홍보와 분양전략이 동원되어 성공하였으며, 이는 아파트에 대한 부정적 이미지를 바뀌게 하는 시작점이 된다(발레리 줄레조, 2007). 이후 대한주택공사는 강남 개발에 맞추어 1972-73년 반포아파트를 개발했고, 반포아파트는 아파트가 고급스러운 주택유형이라는 인식을 심어줌으로써 대중이 아파트단지를 선호하는 데 일조한다(발레리 줄레조, 2007; 전남일 외, 2008).
- 주2. 한국사회의 아파트 주거 확산에 대한 실태와 전망은 전상인(2015)에서 자세히 살펴볼 수 있다.
- 주3. 2018년 주거실태조사는 이사계획 이유를 총 13개 요인으로 분류하며, 복수응답으로 조사되어 총 비율은 200%가 된다.
- 주4. 기존 서울시 수단분담률은 주수단분담률과 구분된다. 주수단 통행이란 하나의 통행 목적을 수행하기 위해 이용한 모든 교통수단을 하나의 대표수단으로 표현한 것이다. 본 문단에서는 독립된 수단으로서 목적통행자의 수단선택 행태를 반영하기 위해 주수단분담률을 제시한다. 참고로 2017년 기준 서울시 수단분담률은 53.1%이다.
- 주5. 주 3와 동일하게 49.6%는 복수응답조사 중 '접근성 때문에 이사하는 비율'로서 단수응답조사로 변환하기 위하여 200%로 나눈 것이다.
- 주6. 다수의 대안적 보행로 중 보행접근성이 가장 우수하여 선정된 보완된 보행로는 '최선의 보행로'가 가진 보행접근성과 비교하여 유사하거나 낫다. 이렇게 선정된 보행로는 '차선의 보행로'로 규정하는 것이 옳바르다.
- 주7. Crane(1996)에서  $\gamma$ 는 소규모 블록 설계로 인한 격자형 보행로 도입의 증가를 의미한다. Crane(1996)에서  $\gamma$ 는 보행거리 감소를 가져오는 원인이자 된다.
- 주8. 인공위성 자료는 건조환경의 공간속성 구현(vectorizing)을 목적으로 사용된다. 본 연구는 도로명 주소시스템에서 제공하는 공간DB를 사용하는 바,

해당 작업은 삭제되며 공간속성 구현으로 발생가능한 오차를 줄일 수 있다.

- 주9. AC 주변이 자연지형 또는 지장물 등으로 인해 막혀 있는 경우, 출발지는 삭제되기 때문에 4개보다 적을 수 있다.
- 주10. 본 실험은 총 57개 AC를 대상으로 하는 바, 57번의 분석이 이루어진다. 따라서 총 네트워크 분석 횟수=57개 단지×(외부 최단거리  $n \times m$  + 내부 최단거리  $p \times m$ )
- 주11. 주택법 시행령 제48조 기준, 의무관리대상 공동주택은 승강기 설치 시 150세대 이상이다. 본 실험은 주동 옥의 보행로를 관찰대상으로 하는 바 2개 이상 주동으로 구성된 AC가 실험목적에 부합하다.
- 주12. <http://openapt.seoul.go.kr/cop/bbs/selectBoardArticle.do>
- 주13. 실험 초기, 주동 1층 출입구를 보행출발지로 활용하였으나 분석의 편리를 위해 주동 중심점을 보행출발지로 사용하였다. 일부 AC에서 시행된 주동 1층 출입구를 출발지로 활용한 측정결과와 주동 중심점을 출발지로 활용한 측정결과 간 미세한 차이가 존재하는 것으로 확인되었다.
- 주14. <http://data.seoul.go.kr/dataList/datasetView.do?infId=OA-15067&srvtYpe=S&serviceKind=1&currentPageNo=1>
- 주15. <http://www.juso.go.kr/addrlink/addressBuildDevNew.do?menu=mainJusoDb>
- 주16. 1980년에서 1988년에 준공된 AC와 2007년에서 2016년 사이에 준공된 AC들의 개수는  $t$ -검정에 유효한 표본수에 미치지 못하여 1988년 이전과 2016년 이후년도는 두 그룹을 구분하는 기준년도로 활용하지 않았다.
- 주17. 총 토지면적이 15,978m<sup>2</sup> 미만이거나 51,325m<sup>2</sup> 초과하는 AC들의 표본수가 유효한  $t$ -검정을 담보하기 어려워 이 구간의 토지면적은 두 그룹을 나누는 기준점으로 활용하지 않았다.
- 주18. 378세대 미만이거나 1,285세대 초과하는 AC의 표본수는 적은 관계로 두 개 그룹을 나누는 기준값으로 활용하지 않았다.
- 주19. 이론적 격자형 도로망을 기준으로 삼고 있는 양동우·유상균(2018)의 내부 보행효율성은 74%(=1-26%) 수준이다. 해당 연구들은 건조환경의 재조정을 허용하는 바, 본 연구의 결과는 이들보다 높아야 한다. 이는 보완된 보행로가 이들보다 현실적이기 때문이다.
- 주20. 2019년 3월 12일, 서울시 행정2부시장은 서울시 도시·건축혁신방안 발표 시 바르셀로나를 선진모델로 거론한다.
- 주21. 건설경제(2019.09.05.)를 비롯한 신문기사에서 도시건축 혁신방안 시범사업 대상지들(2019년 5월 선정)의 주거환경이 악화될 것이라고 예측하고 있다.

## 인용문헌 References

1. 김지은·최막중, 2012. "아파트 단지의 물리적 폐쇄성과 사회경제적 효과에 관한 실증분석", 『한국주거학회논문집』, 23(5): 103-111.  
Kim, J.E. and Choi, M.J., 2012. "Empirical Analyses of Physical Exclusiveness of Multi-family Housing Estates in Seoul and Its Socioeconomic Effects", *Journal of the Korean Housing Association*, 23(5): 103-111.
2. 김철수·김효준, 2011. "공동주택단지 보행공간의 주민만족도 분석", 『한국주거학회논문집』, 22(2): 83-90.  
Kim, C.S. and Kim, H.J., 2011. "Analysis of Residents' Satisfaction for the Pedestrian Space of Multi-family Housing", *Journal of the Korean Housing Association*, 22(2): 83-90.
3. 김희석·이영성, 2018. "서울의 폐쇄적 주거단지가 근린의 사회적

- 지속가능성에 미치는 평가”, 2018, 대한국토·도시계획학회 추계 학술대회, 서울시: 중앙대학교.
- Kim, H.S. and Lee, Y.S., 2018, “The Effect of the Closed Housing Complexs on the Sustainability of Neighborhoods In Seoul”, Paper presented at the Spring Conference of Korea Planning Association, Seoul: Chung-ang University.
4. 남근우, 2015. “서울 고층집합주택의 전개와 아파트 살림살이”, 『일상과 문화』, 1: 255-263.  
Nam, G.W., 2015. “In Seoul, the Development of High-Rise Apartment and Living in Apartment”, *Life and Culture*, 1: 255-263.
  5. 문하늬·이유미, 2011. “공동주택단지 생활가로의 이용자 만족도에 관한 연구”, 『대한건축학회 논문집 계획계』, 27(5): 155-164.  
Moon, H.N. and Lee, Y.M., 2011. “A Study on the User Satisfaction of Neighborhood Street of the Multi-family Housing”, *Journal of the Architectural Institute of Korea, Planning and Design Section*, 27(5): 155-164.
  6. 박은별·김현·정수경·고진수, 2015. “아파트 공공보행통로 갈등 해결을 위한 마을만들기 적용”, 『한국도시설계학회지』, 16(1): 45-60.  
Park, E.B., Kim, H., Jeong, S.K., and Ko, J.S., 2015. “Application for “Town Development” to Resolve the Conflict over Public Pedestrian Passage in an Apartment Building”, *Journal of the Urban Design Institute of Korea Urban Design*, 16(1): 45-60.
  7. 박인석·강인호, 2001. “한국 주거단지와 서양 주거단지의 밀도 및 계획기법 비교연구”, 『대한건축학회 논문집 계획계』, 17(5): 141-152.  
Park, I.S. and Kang, I.H., 2001. “A Comparative Study on the Density and the Design Characteristics of Multi-Family Housing between Korea and Western Countries”, *Journal of the Architectural Institute of Korea, Planning and Design Section*, 17(5): 141-152.
  8. 박철수, 2013. 『아파트: 공적 냉소와 사적 정열이 지배하는 사회』, 서울: 마티.  
Park, C.S., 2013. *Republic of Apartment*, Seoul: Mati.
  9. 발레리 줄레조, 2007. 『아파트 공화국』, 김혜연 역, 서울: 후마니타스.  
Gelézeau, V., 2007. *Séoul, Ville Géante, Cités Radieuses*, Translated by Gil, H.Y., Seoul: Humanitas.
  10. 변나향·김민석, 2015. “공간분석을 이용한 아파트 단지의 유형화 방안에 관한 연구”, 『대한건축학회 논문집 계획계』, 31(4): 61-68.  
Byun, N. and Kim, M., 2015. “A Study on Classification of Apartment Complexes Using Spatial Analysis Technique”, *Journal of the Architectural Institute of Korea, Planning and Design Section*, 31(4): 61-68.
  11. 봉인식·신수임, 2009. “주택유형과 밀도의 상관관계에 대한 실증적 접근: 경기도와 일드프랑스 지방의 사례비교”, 『대한건축학회 논문집 계획계』, 25(9): 77-85.  
Pong, I.S. and Shin, S.L., 2009. “A Study on the Relationship between Housing Type and Density in Gyeonggi Province and Ile-de-France”, *Journal of the Architectural Institute of Korea, Planning and Design Section*, 25(9): 77-85.
  12. 성현곤, 2012. “주거입지선택에서의 대중교통 접근성과 직주균형의 구조적 관계가 가구수준의 통행행태에 미치는 영향”, 『국토계획』, 47(4): 265-282.  
Sung, H.G., 2012. “Impacts of the Structural Relationship for Transit Accessibility and Jobs-Housing Balance in Residential Location Choice on Travel Behavior at the Household Level”, *Journal of Korea Planning Association*, 47(4): 265-282.
  13. 성현곤·이수기·천상현, 2014. “주택유형과 대중교통 접근성의 불균등 요인이 통행목적별 보행활동에 미치는 영향분석”, 『국토계획』, 49(10): 65-82.  
Sung, H.G., Lee, S.G., and Cheon, S.H., 2014. “Empirical Analysis on the Inequality Factors of Housing Type and Transit Accessibility Influencing Walking Activity by Travel Purpose”, *Journal of Korea Planning Association*, 49(10): 65-82.
  14. 수도권 교통본부·서울특별시·인천광역시·경기도, 2018. 「2018년도 수도권 여객기·중점통행량(O/D) 현황화 공동사업」. Metropolitan Transportation Authority, Seoul, Incheon, Gyeonggi, 2018. In 2018, *The Joint Project for Updating Passenger Traffic(OD) in Seoul Metropolitan Area*.
  15. 양동우·유상균, 2018. “아파트 단지의 보행효율성에 관한 연구”, 『대한건축학회 논문집 계획계』, 34(11): 85-94.  
Yang, D.W. and Yu, S.G., 2018. “An Study of Pedestrian Efficiency in Apartment Complexes”, *Journal of the Architectural Institute of Korea, Planning and Design Section*, 34(11): 85-94.
  16. 이기석, 2017. “공간구문을 활용한 천안시 아파트 단지 외부공간의 시기별 접근성 변화 분석”, 『한국산학기술학회논문지』, 18(12): 32-41.  
Lee, K.S., 2017. “Chronological Analysis on the Accessibility Change of Outdoor Space in Apartment Complexes in Cheonan City Using Space Syntax”, *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, 18(12): 32-41.
  17. 이윤석·송치형·김세용, 2011. “서울시 공동주택단지의 옥외공간 변화에 대한 연구 - 내부가로의 변화를 중심으로 -”, 『대한건축학회 논문집 계획계』, 27(1): 149-156.  
Lee, Y.S., Song, C.H., and Kim, S.Y., 2011. “A Study on the Changes of Outdoor Space in Multi-Housing Complex in Seoul - Focused on the Changes of the Street in Housing Complex -”, *Journal of the Architectural Institute of Korea, Planning and Design Section*, 27(1): 149-156.
  18. 이주경, 2016. “공공보행통로의 법적 쟁점과 행정중심복합도시 사례 연구”, 『도시행정학보』, 29(4): 243-264.  
Lee, J.K., 2016. “A Study on the Legal Issues of Public Pedestrian Passage in the Case of the Multi-functional Administrative City”, *Journal of the Korean Urban Management Association*, 29(4): 243-264.
  19. 이지은·박소현, 2017. “대규모 공동주택 개발계획의 보행로 조성 특성에 관한 연구 - 개별 아파트단지의 가구 보행축에서 동별 소로까지 설계방식을 중심으로 -”, 『대한건축학회 논문집 계획계』, 33(2): 89-100.  
Lee, J.E. and Park, S.H., 2017. “Exploring Spatial Layouts of the Pedestrian Paths in Apartment Complexes within Large-scale Residential Developments - From Pedestrian Block Axis to Alley Streets -”, *Journal of the Architectural Institute of Korea, Planning and Design Section*, 33(2): 89-100.
  20. 임동우, 2018. 『도시화 이후의 도시』, 서울: 트리체어스.  
Lim, D.W., 2018. *Urban after Urbanization*, Seoul: ThreeChairs.
  21. 전남일·손세관·양세화·홍형욱, 2008. 『한국 주거의 사회사』, 서울: 경기:돌베개.  
Jun, N.I., Son, S.G., Yang, S.H., and Hong, H.O., 2008. *The Social History of Housing in Korea*, Gyeonggi: Dolbegae.
  22. 최재필·변나향·김민석, 2010. “공간구문을 활용한 아파트단지 외부공간의 시기별 접근성 변화분석”, 『한국주거학회논문집』, 21(4): 1-9.  
Choi, J., Byun, N., and Kim, M., 2010. “Chronological Analysis of

- the Accessibility Change of Outdoor Space in Apartment Complexes Using Space Analysis Method”, *Journal of the Korean Housing Association*, 21(4): 1-9.
23. 한국교통연구원, 2018. 「여객 통행실태 INDEX BOOK」, 세종. The Korea Transport Institute, 2018. *Passenger Traffic Status INDEX BOOK*, Sejong.
  24. 허현, 2014. “공공보행통로의 규율에 관한 주택법 시행령 제47조 제1항의 정비 필요성”, 「법조」, 63(8): 33-73.  
Heo, H., 2014. “The Necessity for Amendment of Article 47 Clause 1 of Housing Act Enforcement Decree about the Regulation of Pedestrian Roads”, *Legal Service*, 63(8): 33-73.
  25. Blair, N., Hine, J., and Bukhari, S.M.A., 2013. “Analysing the Impact of Network Change on Transport Disadvantage”, *Journal of Transport Geography*, 31: 192-200.
  26. Boarnet, M.G., Giuliano, G., Hou, Y., and Shin, E.J., 2017. “First/last Mile Transit Access as an Equity Planning Issue”, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 103: 296-310.
  27. Brown, B.B., Werner, C.M., Tribby, C.P., Miller, H.J., and Smith, K.R., 2015. “Transit Use, Physical Activity, and Body Mass Index Changes: Objective Measures Associated with Complete Street Light-rail Construction”, *American Journal of Public Health*, 105(7): 1468-1474.
  28. Crane, R., 1996. “On Form versus Function: Will the New Urbanism Reduce Traffic, or Increase It?”, *Journal of Planning Education and Research*, 15: 117-116.
  29. Duany, A., Speck, J., and Lydon, M., 2004. *The Smart Growth Manual*, New York: McGraw-Hill.
  30. Duncan, M., 2011. “The Impact of Transit-oriented Development on Housing Prices in San Diego, CA”, *Urban Studies*, 48(1): 101-127.
  32. Jacobs, J., 1961. *Death and Life of Great American Cities*, New York: Vintage Books.
  32. Jones, C.B., Bundy, G.L., and Ware, M.J., 1995. “Map Generalization with a Triangulated Data Structure”, *Cartography and Geographic Information Systems*, 22(4): 317-331.
  33. Preparata, F.P. and Shamos, M.I., 2012. *Computational Geometry: An Introduction*, New York: Springer Science & Business Media.
  34. Preston, J. and Raje, F., 2007. “Accessibility, Mobility and Transport-related Social Exclusion”, *Journal of Transport Geography*, 15(3): 151-160.
  35. Randall, T.A. and Baetz, B.W., 2001. “Evaluating Pedestrian Connectivity for Suburban Sustainability”, *Journal of Urban Planning and Development*, 127(1): 1-15.
  36. Stangl, P. and Guinn, J.M., 2011. “Neighborhood Design, Connectivity Assessment and Obstruction”, *Urban Design International*, 16(4): 285-296.
  37. Sung, H.G., Go, D.H., and Choi, C.G., 2013. “Evidence of Jacobs’s Street Life in the Great Seoul City: Identifying the Association of Physical Environment with Walking Activity on Streets”, *Cities*, 35: 164-173.
  38. Tilahun, N., Thakuria, P.V., Li, M., and Keita, Y., 2016. “Transit Use and the Work Commute: Analyzing the Role of Last Mile Issues”, *Journal of Transport Geography*, 54: 359-368.
  39. Tang, L., Ren, C., Liu, Z., and Li, Q., 2017. “A Road Map Refinement Method Using Delaunay Triangulation for Big Trace Data”, *International Journal of Geo-Information*, 6(2): 1-13 (Article No. 45).
  40. Yu, W., 2017. “Assessing the Implications of the Recent Community Opening Policy on the Street Centrality in China”, *Applied Geography*, 89: 61-76.
  41. Wang, Z., Liu, X., Liu, L., and Shi, J., 2018. “A Method of Road Extraction from High Resolution Remote Image Based on Delaunay Algorithms”, Paper presented at 2018 International Conference on Robots & Intelligent System, Changsha, China.

## 부 록 Appendix

**Table** Pedestrian efficiencies of apartment complexes

Id	Gu	Ac_name	Year	Units	Land size (m <sup>2</sup> )	External (Edges → Transit)			Internal (Apt → Transit)		
						avg. shortest dist. (m)		PE1	avg. shortest dist. (m)		PE2
						Existing	Enhanced		Existing	Enhanced	
1	Jongno	Doosan	1999	529	15,988	206.7	183.6	11.1%	184.4	161.3	87.5%
2	Jung	Raemian Highbereu	2011	945	47,129	404.9	317.9	78.5%	309.4	235.9	76.2%
3	Seongdong	Xi 1 - Guemho	2012	401	19,040	229.8	193.5	84.2%	154.3	151.3	98.1%
4	Seongdong	Raemian Highriver	2012	847	39,275	344.5	230.8	67.0%	390.2	207.3	53.1%
5	Gwangjin	Wooseong 2	1989	405	16,212	221.9	206.4	93.0%	169.0	156.0	92.3%
6	Gwangjin	Daedong	1999	314	10,578	219.6	197.6	90.0%	230.7	168.6	73.1%
7	Dongdaemun	Shin-DongAh	1994	825	26,779	272.0	243.7	89.6%	234.4	196.0	83.6%
8	Dongdaemun	LotteCastle Rich	2015	311	15,440	210.1	160.1	76.2%	337.4	129.4	38.4%
9	Jungrang	Daewon Cantavil	2003	256	10,306	241.7	211.0	87.3%	222.0	188.8	85.1%
10	Jungrang	LG Ssangyong	1996	858	14,429	188.9	162.3	86.0%	168.6	125.7	74.5%
11	Jungrang	Donggu HaetSal	2004	163	7,743	150.7	139.5	92.6%	136.9	120.1	87.7%
12	Seongbuk	Raemian - Gilleum 5	2006	650	28,649	288.9	237.0	82.0%	231.3	164.7	71.2%
13	Seongbuk	Wooseong	2000	823	27,427	251.2	231.9	92.3%	180.9	144.1	79.7%
14	Seongbuk	Raemian - Wolgok	2006	1,372	63,561	484.8	344.4	71.1%	394.5	270.2	68.5%
15	Seongbuk	PureunmaeulDongAh	2003	529	23,885	289.7	253.2	87.4%	234.3	195.8	83.5%
16	Gangbuk	Byuksan 1 - Suyoo	1993	1,454	74,422	423.0	334.2	79.0%	545.5	295.9	54.2%
17	Dobong	Hanyang 2,3,4	1988	1,635	45,895	301.4	268.1	89.0%	214.5	214.5	100.0%
18	Dobong	Hyundae 1	1990	783	29,037	288.3	240.6	83.5%	192.7	173.9	90.2%
19	Dobong	Daewoo-Changdong	1995	952	32,682	317.0	248.4	78.4%	225.6	201.7	89.4%
20	Nowon	Miseong	1989	685	34,586	342.0	284.3	83.1%	388.4	248.4	63.9%
21	Nowon	Joongang Heights	1998	795	22,406	253.8	205.7	81.0%	239.5	163.0	68.1%
22	Nowon	Joongang Heights	2008	219	12,829	167.0	141.9	85.0%	151.4	143.2	94.5%
23	Nowon	Keukdong Geonyong	1988	1,980	68,088	343.2	303.0	88.3%	293.9	267.2	90.9%
24	Nowon	Jugong 7th Danji	1988	2,634	84,866	432.7	406.0	93.8%	411.2	344.7	83.8%
25	Seodaemun	Samsung1-Namgajwa	2000	1,114	51,632	386.1	342.3	88.7%	316.0	232.0	73.4%
26	Seodaemun	Samho-Bukgajwa	1996	616	27,804	255.4	246.0	96.3%	202.9	196.0	96.6%
27	Mapo	Hyundae 1	2001	477	15,174	175.6	154.2	87.8%	144.9	124.3	85.8%
28	Mapo	Ssangyong Yega	2007	635	26,893	218.5	162.1	74.2%	187.5	156.6	83.5%
29	Mapo	Raemian 3 -Shin Gongduk	2003	366	15,398	206.3	171.5	83.1%	241.2	154.3	64.0%
30	Mapo	Samsung	1997	982	43,098	329.1	319.2	97.0%	283.1	274.6	97.0%
31	Mapo	Reamian2-Gongduck	2004	683	31,622	196.7	187.2	95.2%	146.3	141.5	96.7%
32	Mapo	Wooseong	1991	1,222	15,978	404.2	351.6	87.0%	368.6	321.3	87.2%
33	Yangcheon	Shinan Park	1987	485	22,406	256.8	255.8	99.6%	222.5	198.6	89.3%

다음 페이지에 계속(Continued on next page)

Id	Gu	Ac_name	Year	Units	Land size (m <sup>2</sup> )	External (Edges → Transit)			Internal (Apt → Transit)		
						avg. shortest dist. (m)		PE1	avg. shortest dist. (m)		PE2
						Existing	Enhanced		Existing	Enhanced	
34	Yangcheon	Hyundae-Mokdong	1997	972	42,240	351.2	271.5	77.3%	344.8	222.4	64.5%
35	Yangcheon	Gilhoon	1987	290	12,411	146.2	145.0	99.2%	175.8	137.7	78.3%
36	Gangseo	Daelim-Deungchon	1995	680	37,870	268.4	247.4	92.2%	214.2	197.3	92.1%
37	Gangseo	Hillstate-Gangseo	2014	2,603	138,484	535.1	495.4	92.6%	416.3	369.0	88.6%
38	Guro	Guemgang Sumokwon	2003	620	58,275	312.2	283.2	90.7%	290.5	254.6	87.6%
39	Guro	Doosan-Guro	1998	239	32,399	302.3	276.0	91.3%	298.6	214.3	71.8%
40	Guemcheon	Mujigae	1980	639	28,606	301.5	235.3	78.1%	191.5	181.4	94.7%
41	Dongjak	Raemian-Dongjak	2003	896	35,137	250.3	204.3	81.6%	208.6	173.1	83.0%
42	Dongjak	Hyundae2-Daebang	1999	278	12,144	173.8	146.4	84.2%	216.4	111.9	51.7%
43	Gwanak	Wooseong-Bongcheon	2000	1,597	55,240	352.5	257.7	73.1%	303.2	236.3	77.9%
44	Gwanak	DongAh-Seonghyun	2000	1,261	47,723	315.4	211.7	67.1%	208.4	188.1	90.3%
45	Gwanak	Byuksan Blooming1	2005	2,904	67,390	545.6	429.1	78.7%	467.0	335.2	71.8%
46	Gwanak	Doosan2 Danji	2000		26,212	255.6	253.9	99.3%	302.2	211.8	70.1%
47	Gwanak	Samsung-Boramae	1996	710	26,666	251.3	234.3	93.2%	260.4	170.3	65.4%
48	Seocho	Kolon	1994	300	21,778	155.3	152.1	97.9%	141.8	131.6	92.8%
49	Gangnam	Hyundae-Daechi	1999	630	22,814	809.0	799.5	98.8%	212.1	147.2	69.4%
50	Gangnam	Hanshin-Dogok	1988	421	19,970	325.6	216.9	66.6%	330.0	195.3	59.2%
51	Songpa	Hyundae-Poongnap	1995	708	30,583	254.2	242.1	95.3%	240.7	216.2	89.8%
52	Songpa	Hanyang1	1983	576	51,325	323.4	310.2	95.5%	304.4	279.7	91.9%
53	Songpa	Miseong Mansion	1985	378	33,563	215.1	177.7	82.6%	288.5	170.1	59.0%
54	Gangdong	Prierpalace	2007	1,622	73,771	321.3	276.8	86.1%	316.2	212.3	67.1%
55	Gangdong	Plaza	1984	354	25,117	217.5	175.6	80.7%	225.0	139.4	62.0%
56	Gangdong	SamikPark Mansion	1982	264	38,973	309.6	233.0	75.3%	218.9	187.6	85.7%
57	Gangdong	Hanyang SuJain	2016	482	21,529	216.9	181.7	83.8%	242.5	144.8	59.7%
<b>Mean</b>			<b>1998</b>	<b>828</b>	<b>34,763</b>	<b>294.9</b>	<b>252.5</b>	<b>85.9%</b>	<b>259.2</b>	<b>198.1</b>	<b>78.7%</b>

Date Received 2019-08-16  
Reviewed(1<sup>st</sup>) 2019-10-21  
Date Revised 2019-12-10  
Reviewed(2<sup>nd</sup>) 2019-12-26  
Date Accepted 2019-12-26  
Final Received 2020-01-15