

도심지 유형별 공동구 설치 타당성 평가시스템 개발에 관한 기초 연구

이성원¹ · 심영종² · 나귀태^{3*}

¹정회원, 한국건설기술연구원 지반연구소 연구위원

²정회원, 한국토지주택공사 토지주택연구원 건설기술연구실 수석연구원

³정회원, (주)한국종합기술 구조부 연구원

A fundamental study on the development of feasibility assessment system for utility tunnel by urban patterns

Seong-Won Lee¹ · Young-Jong Sim² · Gwi-Tae Na^{3*}

¹Geotechnical Engineering Research Institute, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, Senior Research Fellow

²Land and Housing Institute, Korea Land and Housing Corporation, Research Fellow

³Korea Engineering Consultant Corporation, Research Fellow

*Corresponding Author: Gwi-Tae Na, nagwitae@naver.com

Abstract

The road network system of major domestic urban areas such as city of Seoul was rapidly developed and regionally expanded. In addition, many kinds of life-lines such as electrical cables, telephone cables, water&sewerage lines, heat&cold conduits and gas lines were needed in order for urban residents to live comfortably. Therefore, most of the life-lines were individually buried in underground and individually managed. The utility tunnel is defined as the urban planning facilities for commonly installing life-lines in the National Land Planning Act. Expectation effectiveness of urban utility tunnels is reducing repeated excavation of roads, improvement of urban landscape; road pavement durability; driving performance and traffic flow. It can also be expected that ensuring disaster safety for earthquakes and sinkholes, smart-grind and electric vehicle supply, rapid response to changes in future living environment and etc. Therefore, necessity of urban utility tunnels has recently increased. However, all of the constructed utility tunnels are cut-and-cover tunnels domestically, which is included in development of new-town areas. Since urban areas can not accommodate all buried life-lines, it is necessary to study the feasibility assessment system for utility tunnel by urban patterns and capacity optimization for urban utility tunnels. In this study, we break away from the new-town utility tunnels and suggest a quantitative assessment model based on the evaluation index for urban areas. In addition, we also develop a program that can implement a quantitative evaluation system by subdividing the feasibility assessment system of urban patterns. Ultimately, this study can contribute to be activated the urban utility tunnel.

OPEN ACCESS

Journal of Korean Tunnelling and
Underground Space Association
19(1)11-27(2017)
<https://doi.org/10.9711/KTAJ.2017.19.1.011>

eISSN: 2287-4747

pISSN: 2233-8292

Received January 2, 2017

Revised January 11, 2017

Accepted January 16, 2017



This is an Open Access article
distributed under the terms of the
Creative Commons Attribution

Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Copyright © 2017, Korean Tunnelling and Underground
Space Association

Keywords: Common utility tunnel, Feasibility assessment system, Capacity optimization, Urban pattern

초 록

서울시 등의 국내 주요 도시는 지역적 팽창에 따라 도로망 체계가 급격하게 발전하였고 도시민이 안락하고 풍요로운 생활을 영위하도록 전력, 통신, 상수도, 하수도, 냉·난방관로, 가스관 등이 무분별하게 개별 매설되었으며 비효율적으로 개별 관리되고 있다. 국토계획법에서는 Life-Line을 공동 수용함으로써 도로의 반복 굴착을 줄이고 도시 미관의 개선, 포장 내구성 향상에 따른 주행성능 향상 그리고 원활한 교통소통 등을 기대하는 도시계획 시설물로 공동구를 정의하고 있다. 최근 기존 도심지의 재정비 측면에서 쾌적한 도시공간 조성, 지하공간 이용 효율과 도로관리 효율 향상, 지진 및 도로함몰에 대한 재난안전성, 스마트 그리드와 전기자동차 보급과 같은 미래 생활환경 변화에 대한 신속한 대응 등을 기대할 수 있는 기존 도심지의 공동구 설치 필요성이 증가하고 있으나 국내에 설치된 모든 공동구는 신도시 개발에 따라 계획된 Life-Line을 모두 수용하도록 설치한 개착식 공동구 형태이다. 기존 도심지에서는 현재 가동중인 모든 Life-line을 모두 수용할 수 없으므로 도심지 유형별 공동구 설치 타당성 평가시스템을 활용한 설계용량 최적화 등의 새로운 연구가 필요하다. 본 연구는 신도시 공동구를 탈피하고 기존 도심지를 대상으로 평가지표에 의한 정량적 평가모델을 제시 하는 등 유형별 타당성 평가시스템을 세분화하며 정량적 평가시스템의 구현이 가능한 프로그램을 개발해 궁극적으로 도심지 공동구 활성화에 기여하고자 한다.

주요어: 공동구, 타당성 평가시스템, 설계용량 최적화, 도심지 유형

1. 서론

도시민의 안락하고 풍요로운 생활을 영위하기 위해서는 전기, 통신, 상수도, 가스, 하수도, 냉·난방과 같은 생활 공급시설(Life-Line)의 안정적인 공급이 필수적이다. 그러므로 도심지 도로의 지하공간과 가공선로를 이용한 Life-Line은 공급시설로부터 개별 수용가 까지 개별 네트워크를 치밀하게 구축하고 있다. 더욱이 단수, 단전으로부터 시민 불편을 최소화하기 위한 격자형 블록시스템까지 고려해 개별 공급망을 설치하고 있으므로 기존 도심지 도로의 지하공간과 지상 전주는 각종 Life-Line으로 포화상태에 이른 경우를 흔하게 관찰할 수 있다(Fig. 1).

서울시 등의 국내 주요 도심지는 1914년(일제의 부군면 통폐합) 이후 1963년(대규모 행정구역 개편 시기) 까지 대략 50년 동안 지역적으로 급격하게 팽창하였고 2000년 전후인 최근 까지 도시민의 인구밀도 집중과 생활수준이 급격하게 향상되었다(Fig. 2).

단기간에 이루어진 도심의 지역적 팽창과 도로망 체계의 발전, 급격한 생활수준의 변화에 대처하기 위한 용량 증대로 인해서 도심지 도로의 지하공간은 각종 Life-Line이 무분별하게 개별 매설되었고 비효율적으로 개별 관리되고 있다. 도로를 중심으로 기존 시가지가 형성되었고 발전하였기 때문에 도심지 도로의 지하공간은 전기, 통신, 상수도, 가스 등의 각종 Life-Line이 복잡하게 매설되어 있으며 관로의 보수, 개량, 교체, 증설 등의 도로굴착 공사가 반복적으로 실시되고 있다(SMG, 2014).

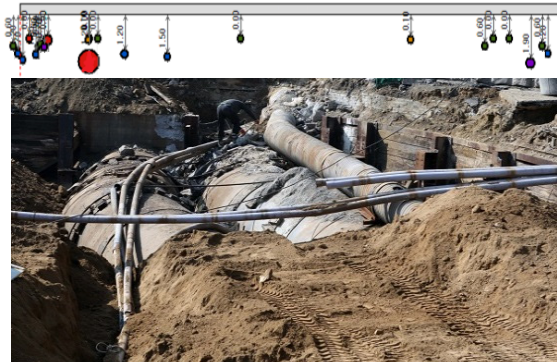


Fig. 1. Example photograph, Life-Lines of underground on the road

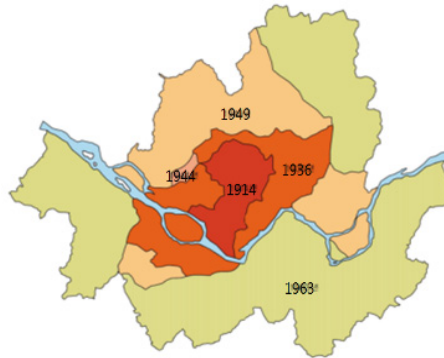


Fig. 2. A illustration of regional expansion in the Seoul by time

국토의 계획 및 이용에 관한 법률(이하 국토계획법)에서는 무분별하게 매설되어 관리되고 있는 Life-Line을 공동 수용함으로써 도로의 반복 굴착을 줄이고 도시 미관의 개선, 포장 내구성 향상에 따른 주행성능 확보, 교통의 원활한 소통 등을 기대하는 도시계획 시설물 그리고 도심정비의 수단으로써 공동구를 정의하고 있다(GGO, 1988).

현재까지 국내에 설치된 공동구는 신도시 개발에 따라 계획된 Life-Line을 수용하도록 단지개발의 일부로서 설치한 개착식 공동구 형태이며 일본, 체코 프라하 등의 해외 사례와 달리 기존 도심지를 대상으로는 활성화되지 못하고 있다. 더욱이 2010년에 개정된 국토계획법 시행령에 따라 200만 m^2 이상의 개발사업은 신도시 공동구를 모두 설치하고 있기 때문에 서울의 은평, 마곡지구, 인천 영종도, 충남 내포신도시 등에서 대규모 개착식 공동구가 건설되고 있다(MOCT, 2007).

신도시 공동구는 주변 택지개발과 병행해서 공동구의 토목구체를 건설한 이후에 계획된 Life-Line을 공동구 내부에 배치하였다. 그러나 기존 도심지는 사용중인 각종 Life-Line이 지중에 존재하고 사용중인 모든 Life-Line을 새로이 건설될 공동구로 모두 이설할 수 없다. 도로 개설 이후 장기간에 걸쳐 무분별하게 매설되었고 해당 공급기관에 의해서 개별 관리되고 있는 각종 Life-Line을 모두 수용하는 것은 비효율적일 뿐만 아니라 대형 공동구

단면이 필요해서 경제적 타당성을 크게 저해할 것이다. 그러므로 기존 Life-Line을 대상으로 도심지 유형별 타당성 평가시스템을 활용한 종합평가를 통해서 수용시설에 대한 설계용량 최적화와 도심지 공동구의 단면최적화가 반드시 필요하다.

본 연구에서는 그 동안 국내에서 주로 연구된 신도시 공동구를 탈피하고 기존 시가지를 대상으로 도심지 유형별 세분화된 타당성 평가시스템과 연구된 타당성 평가시스템의 구현이 가능한 프로그램을 개발해 궁극적으로 도심지 공동구의 활성화에 기여하고자 한다.

2. 도심지 공동구의 기대효과 및 공사여건

2.1 도심지 공동구의 기대효과

도시민의 소득수준과 생활수준이 급격하게 향상됨에 따라서 과거 무분별하게 매설되고 비효율적으로 관리되고 있던 Life-Line에 대한 ‘질적 성장’ 즉, ‘지하 Life-line 인프라의 4차 산업화’에 대한 국토정책적 패러다임(Paradigm)에 도심지 공동구 활성화에 대한 연구가 포함되어 현재 활발히 연구되고 있다. 또한 잦은 도로함몰(싱크홀)의 주요 원인은 Life-Line의 노후화와 다짐불량, 하수도의 누수이며 도심지 도로함몰(싱크홀)을 예방하고 조사하기 위한 국가차원의 대책이 연구되고 있다(MOLTMA, 2016).

도심지에서 공동구를 설치할 경우의 기대효과는 Table 1과 같이 총 6가지 항목으로 요약할 수 있다. 최근에는 기존 도심지 대상의 재정비 측면에서 쾌적한 도시공간 조성, 포트홀과 도로함몰(싱크홀)을 방지하기 위한 포장내구성 유지, 스마트 그리드와 전기자동차 보급과 같은 미래 생활환경 변화에 대한 대응성 등의 장점이 주목되고 있다.

Table 1. Expectation effectiveness of urban utility tunnels

division	Expectation effectiveness
Eliminating traffic congestion factors	→ It collects underground burials and prevents repeated road excavation → Maintain pavement durability of roads from sinkholes and portholes
Utilizing as the means of urban maintenance	→ Undergrounding overhead electric lines, telegraph poles for improving cityscape → Modifying the underground burials to provide clear pedestrian environments and improve pedestrian safety
Securing disasters and safety	→ Ensuring the safety of urban disasters such as earthquakes and typhoons
Increasing utilizing efficiency of underground space	→ Improving land utilization efficiency by accommodate the underground facilities and minimize road shares
Reducing maintenance costs	→ Convenience of maintenance control such as repairing and inspecting internal accommodations, reducing the maintenance costs
Prompt responding to future demands	→ Expansion due to changes in living standards of citizens and convenience of action due to changes in demands → Securing urban competitiveness through utilize free space inside utility tunnel



Fig. 3. Example photographs of necessity for urban utility tunnels

도심지 공동구의 대표적인 기대효과 중 첫 번째는 ‘교통 장애요인의 제거’이다. Life-Line의 일괄수용에 따라 도로의 반복굴착을 줄이고 포트홀, 싱크홀 등에 대한 포장내구성을 유지할 수 있다. 두 번째는 지상 가공선로의 지하화, 무분별한 매설물의 정비에 따른 ‘도시정비 수단으로 활용’이며 쾌적한 보행환경과 도시경관 정비 등을 기대할 수 있다. 세 번째는 ‘도시 재난안전 확보’로서 지진과 태풍 등의 자연재해로부터 안정적인 공급을 확보할 수 있다(Fig. 3). 네 번째는 ‘지하공간 이용효율 증대’, 다섯 번째는 공동구 내부 수용시설의 통합관리로 점검 및 보수 등이 편리해 ‘유지관리비용 절감’으로 제시하였다. 여섯 번째는 공동구 내부 여유공간을 활용한 증설(전력, 통신선로가 해당)이 쉬우므로 수요변화와 생활수준 변화에 대한 도시경쟁력 측면인 ‘장래수요에 대한 신속한 대응’을 기대할 수 있다(SMG, 2014).

2.2 기존 시가지 대상의 공동구 공사여건

도심 중심상업지역, 주거밀집지역 등은 오랜 기간 Life-Line이 무분별하게 매설 혹은 관리되고 있었으며 인구 밀도와 상업 서비스, 교통통행의 집중도가 신도시에 비해 더 높으므로 공동구 도입에 대한 사회적 요구가 최근 크게 증가하고 있다.



Fig. 4. Condition of excavation works for the New-Town utility tunnel(SMG, 2014)

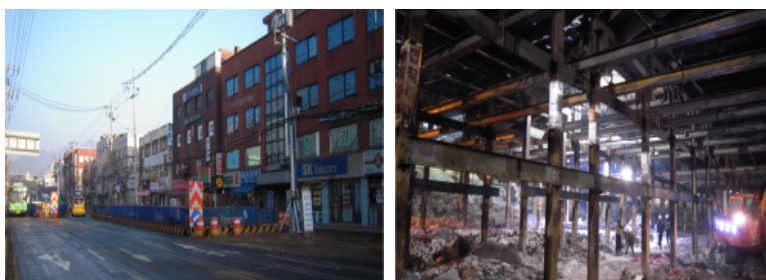


Fig. 5. Condition of excavation works for the Urban utility tunnel(SMG, 2014)

토지개발 또는 택지개발사업에 포함된 신도시 공동구는 넓은 나대지에서 Open-Cut에 의한 개착식 공사를 하게 된다(Fig. 4). 그러므로 차량통행 유지와 연도변 상권보호를 위한 공사중 교통처리가 불필요하고 주변 주민의 소음 및 분진 민원 등이 발생하지 않는다. 그러나 기존 도심지는 개착공사를 위한 교통처리와 주민 민원을 해소할 수 있는 흠막이 가시설, 복공공사가 필수적이다(Fig. 5).

2.3 기존 시가지에 적합한 공동구 형식

서울, 부산 등 국내 주요 도심의 시가지 도로는 도시민의 활발한 사회, 문화, 경제적 활동의 중심지 역할을 수행하고 있다. 그러므로 신도시 공동구와 같은 공사여건을 기대할 수 없으며 연도변 건물과 지하시설(지하철, 지하차도, 지하상가 등) 들의 안전성까지도 충분히 고려해야 한다(Park et al., 2016). 기존 시가지 공사여건을 고려해서 공동구를 도입할 경우에는 일본 동경도, 오사카시, 체코 프라하시 등과 같이 Fig. 6의 비개착 터널식 공동구를 적용하는 것이 일반적이다. 그러나 도로폭이 넓고 소단면이 요구되는 일부 구간은 Fig. 7과 같은 개착식 공동구도 가능하다.

한국안전학회에 발표된 연구 논문(Kang et al., 2015)은 공동구 설치로 인해 발생하는 편익(Benefit)과 생애주기까지의 비용(Cost)을 현재가치로 환산한 비용-편익 경제적 타당성 분석결과를 발표하였다. 서울시내 주요 도심 10개 구간을 분석한 결과로써 Fig. 6의 터널식 공동구가 Fig. 7의 개착식에 비해 B/C비가 약 14 ~ 27% 가량 높은 것으로 분석되었다. 더욱이 최근 연약퇴적층을 고려한 실드 TBM과 장비 침하(You et al., 2016), 터널 방재설비의 합리적 설치를 위한 연구 등의 기술개발이 활발히 이루어 지고 있다(Park et al., 2015).

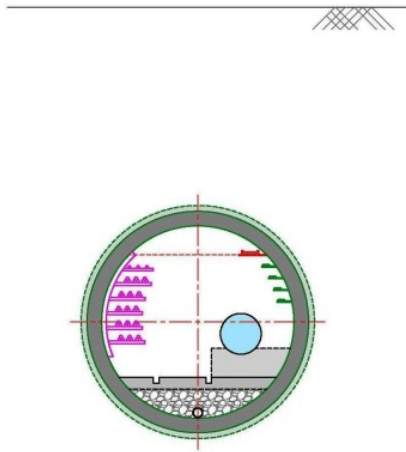


Fig. 6. A illustration of the non-excavation utility tunnel with shield tunnel boring machine

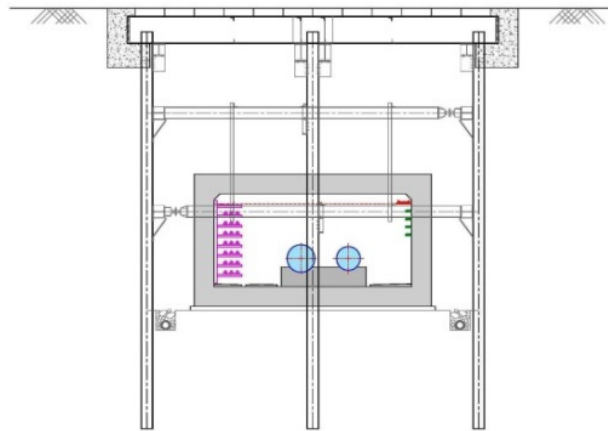


Fig. 7. A illustration of the excavation utility tunnel with road decking panels

터널식 공동구는 공사용 수직구 주변을 제외하고 비개착 공사가 이루어지므로 차량 통행속도 저하가 발생하지 않으며 분진 및 소음 등 환경적 측면에서 유리하고 도로변 상권 및 보행자 피해가 적다. 이러한 간접적 편익 (Benefit)이 현재가치로 환산되었기 때문에 개착식 공동구에 비해서 터널식 공동구가 경제적 타당성을 더 높일 수 있었다.

교통량과 주민 민원이 많고 상업 서비스의 집중도가 높은 기존 시가지에서는 일반적으로 터널식 공동구가 개착식 공동구에 비해 경제적 타당성이 높다. 그러나 전체 교통량을 차로의 수로 나눈 단위교통량이 적으며 도로폭이 8차로 이상으로 넓은 일부(영동대로 B/C = 1.17, 국회대로 B/C = 1.14 등) 구간은 Fig. 7의 개착식 공동구도 비교적 경제성을 확보하고 있는 것으로 분석되었다.

3. 도심지 공동구의 설계용량 최적화 모델

3.1 설계용량 최적화 의사결정 모델

신도시 공동구와 차별화되고 기존 시가지에 적합하고 합리적인 설계용량 최적화가 될 수 있도록 설계용량 최적화 의사결정 모델을 다음의 Fig. 8과 같이 제시하였다. 설계용량 최적화 의사결정 모델은 다양한 방법론 중에서 데밍사이클(Deming Cycle) 기법을 적용하였다(Deming, 1950).

데밍사이클(Deming Cycle) 기법은 품질개선이나 체계적인 연구를 수행할 때 단계별로 계획(P), 실행(D), 검증(C), 시정조치(A)의 논리과정을 반복 수행하면서 합리적인 최종 목표에 도달할 수 있다. 최초 공동구 도입 계획(구상 단계) 수립(P)하고 도심지 유형별 특성 분석 및 대안을 수립하는 과정(D)을 거친 후 종합적·정량적인 타당성평가시스템에 의해서 수용량에 대한 설계용량을 최적화(C), 최종적으로 구조적 안전성 및 수용시설 배치효율 등을 고려한 단면최적화(A) 과정을 진행하는 것으로 의사결정 모델을 수립하였다(Fig. 8).

최초 공동구 계획 수립단계에서부터 최종 단면최적화 단계까지를 P, D, C, A의 4단계로 구분하였으며 각 단계는 해당연구의 특성이 반영된 2차 데밍사이클을 상세하게 구성하여 치밀한 연구가 진행되도록 해야 한다.

본 연구는 전체 설계용량 최적화 모델 중 종합적 타당성평가시스템에 의한 공동구의 수용량을 최적화(C)하고 평가시스템의 구현이 가능한 프로그램까지 개발하는 것을 최종 목표로 하고 있다.

3.2 종합적 타당성 평가시스템에 의한 합리적 의사결정

시가지 도로의 지하공간에는 각종 Life-Line이 존재하고 사용중인 모든 Life-Line을 새로이 건설될 공동구 내부로 모두 이설할 수 없다. 장기간에 걸쳐 무분별하게 매설된 Life-Line을 모두 수용하는 것은 비효율적일 뿐만 아니라 대형 공동구 단면이 필요해 도심지 공동구의 경제적 타당성을 크게 저해하게 된다. 그러므로 평가지표에 의한 타당성 평가와 경제성평가를 정량화하고 이를 조합한 종합적 평가시스템을 통해서 가장 합리적인 설계용량 최적화가 될 수 있도록 세부적인 의사결정 절차를 Fig. 9와 같이 제시하였다.

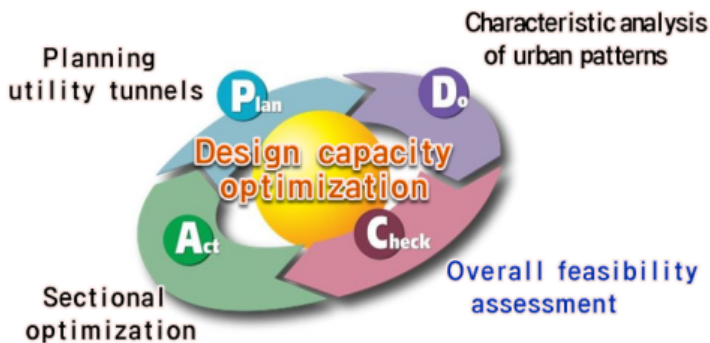


Fig. 8. A schematic diagram of decision-making method for the design capacity optimization

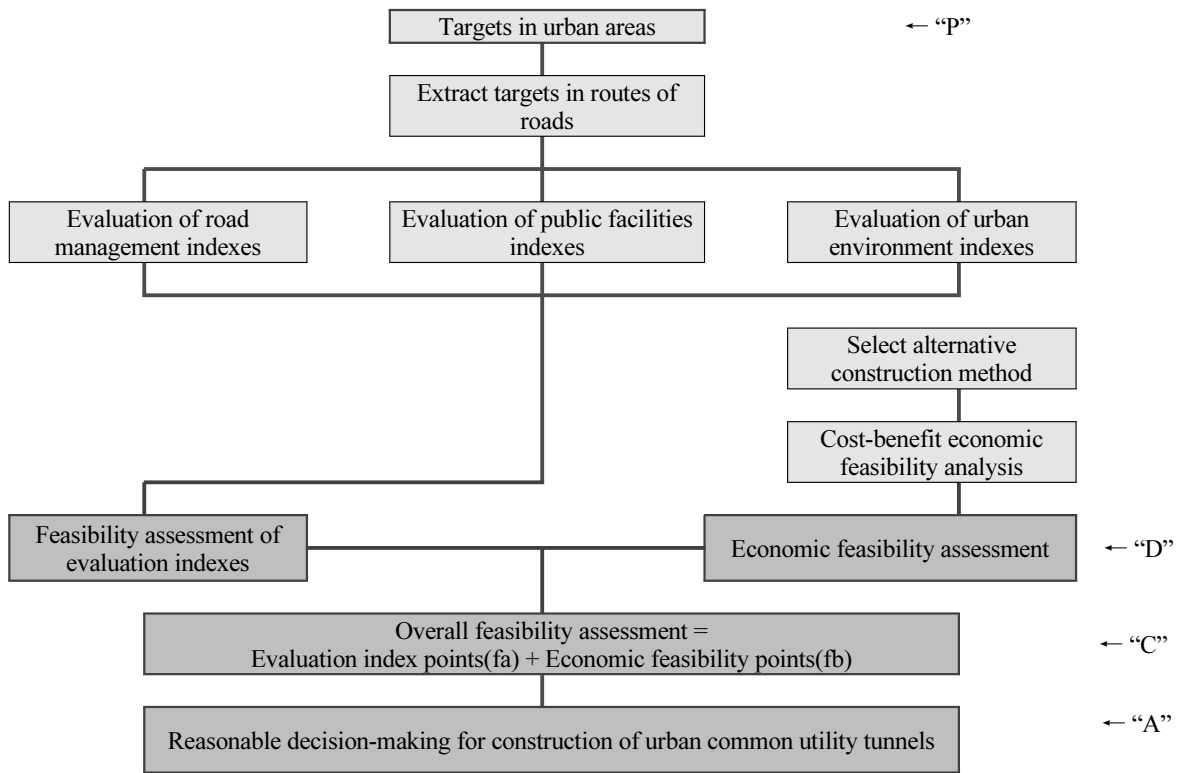


Fig. 9. Flow chart of decision-making process using a comprehensive/quantitative feasibility assessment system for the urban utility tunnel

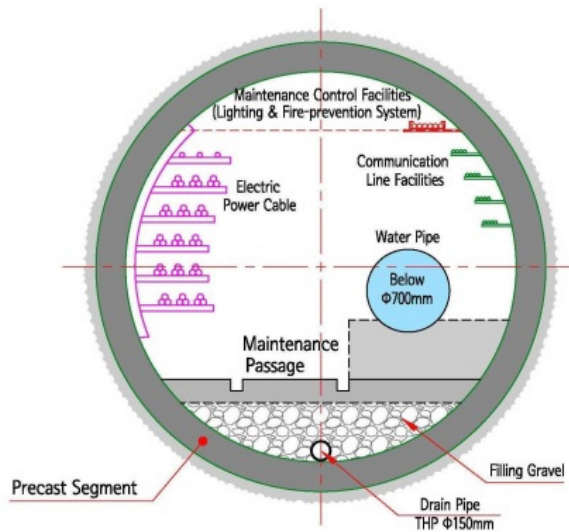


Fig. 10. Typical section of the non-excitation utility tunnel (Shield tunnel)

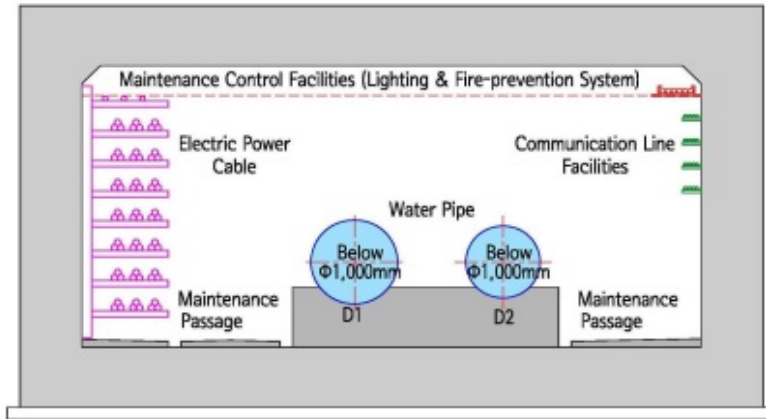


Fig. 11. Typical section of the excavation utility tunnel (Culvert)

위에서 제시한 합리적 의사결정 절차는 ‘4. 평가지표에 의한 정량적 평가’와 ‘비용-편익 경제적 타당성평가’ 결과를 정량화함으로써 터널식(Fig. 10) 또는 개착식(Fig. 11)의 도심지 소단면 공동구에 대한 종합적인 평가가 가능하다.

향후 진행될 연구를 포함해 본 연구의 최종 목표는 지표평가 결과에 대한 기여율($f_a, \%$)과 비용-편익 분석에 대한 기여율($f_b, \%$)을 정량화해서 종합적인 평가가 가능하도록 평가시스템을 정립하는 것이며 평가시스템의 구현을 위한 프로그램을 개발해서 궁극적으로 도심지 공동구 활성화에 기여하는 것이다.

4. 평가지표에 의한 정량적 평가

4.1 평가지표에 의한 정량적 평가모델 설정

의사결정 평가모델의 정량화를 위한 가중치는 계층의사분석(AHP) 기법을 사용하였다. 계층의사분석(AHP) 기법은 일반적인 인간행태나 분석적 사고를 반영한 계량적이고 논리적인 의사결정 기법의 하나로써 공공과 민간 부문의 집단적 의사 결정과정에서 널리 사용되고 있다. 또한 복잡한 문제를 계층적으로 체계화하고 판단자료를 쌍대비교(Pairwise Comparison)함으로써 개별 하위지표 항목에 대한 가중치를 도출할 수 있다(MOLCT, 2006).

국토해양부의 연구(MOLTMA, 2008)에서는 공동구 도입을 위한 의사결정 계층구조로서 도로의 관리 측면(4항목의 하위지표), 공공시설 측면(4항목의 하위지표), 도시환경 측면(3항목의 하위지표)의 상위지표 3부분과 하위 11개 지표항목을 설정하여 평가모델을 구성하였다(Fig. 12).

계층의사분석(AHP)에서는 의사결정 참여 전문가의 논리적인 설문응답이 필수적이며 이전 연구(MOLTMA, 2008)에서는 공동구 관련 전문가 11명(행정청 4명, 관리청 2명, 업무기술자 4명, 외부 학계 1명)을 대상으로 분석함으로써 하위지표에 대한 가중치를 Table 2와 같이 설정하였다.

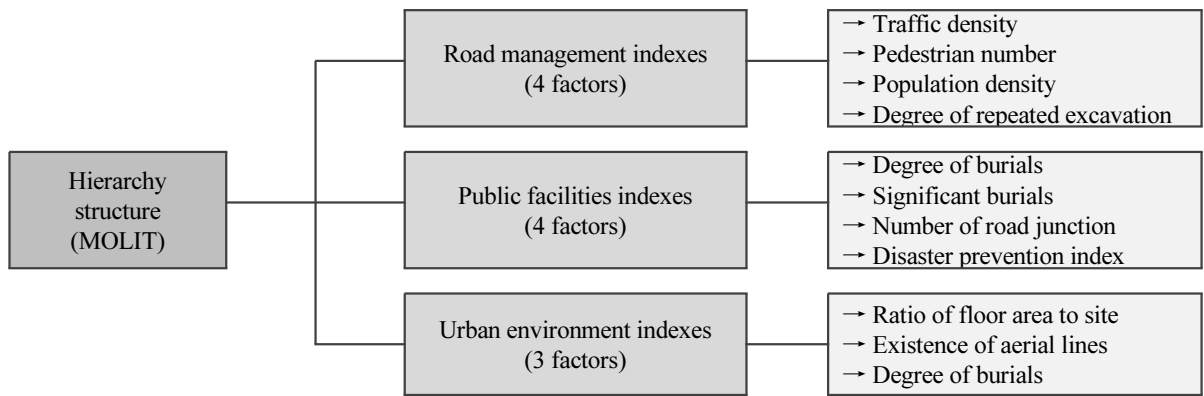


Fig. 12. Hierarchy structure for estimating importance of the urban area (MOLTMA, 2008)

Table 2. Input parameters of the analysis

Division	Evaluation index	Weighting (%)	Remarks
Road management Indexes (4 factors)	Traffic density	16.3	
	Pedestrian number	5.9	
	Population density	4.7	
	Degree of repeated excavation	14.2	
Public facilities indexes (4 factors)	Degree of burials	11.2	
	Significant burials index	16.4	
	Number of road junction	6.0	
	Disaster prevention index	6.9	
Urban environment indexes (3 factors)	Ratio of floor area to site	5.6	
	Existence of aerial lines	5.5	
	Degree of burials	7.4	

공동구를 도입하기 위한 정량적 의사결정 모델로써 이전 연구에서 제시된 AHP분석 기법을 활용한 정량적 평가 모델은 시대 변화와 사회 이슈 및 국가정책적 변화 등을 반영하여 응용하기 편리하다. 그러므로 도심지 유형별 특성을 고려해 계층구조를 세분화하고 AHP에 의한 지표별 가중치를 설정하는 등의 절차를 본 연구에 활용하고자 한다.

4.2 도심지 특성을 고려한 의사결정 계층구조의 보완

이전 연구(MOLTMA, 2008)의 의사결정 계층구조는 주변 상업지역의밀집도, 최근 이슈인 Life-line의 노후화, 도로의 기능 및 규모 등이 반영되지 않아 신도시 공동구에 더 적합하다. 그러므로 기존 시가지를 대상으로 하는 본 연구에서는 도심지 유형별 특성과 최근 이슈인 Life-line의 노후현황, 지상전선류의 지중화 등을 추가하여 의사결정 계층구조를 보완하였다.

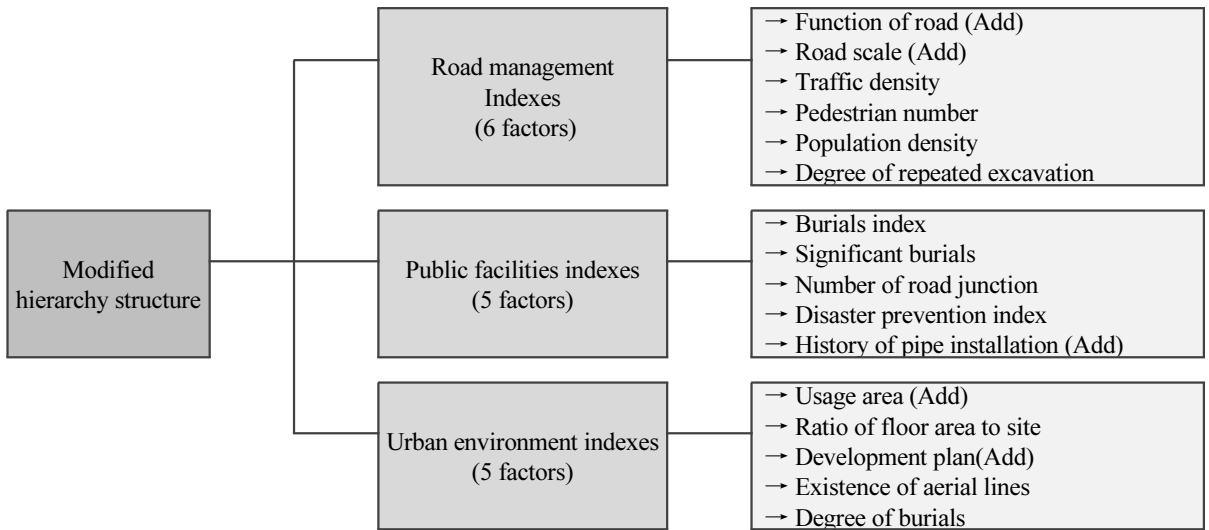


Fig. 13. Modified hierarchy structure for estimating importance of the urban area

Fig. 13은 총 11개 하위지표를 16개 하위지표로 세분해 도심지 유형별 특성이 고려되도록 수정한 본 연구의 사결정 계층구조를 나타내고 있다. 상위지표 3부분 중 도로의 관리 측면의 6항목, 공공시설 측면의 5항목, 도시환경 측면의 5항목으로 재구성하였다.

도로의 관리 측면은 대상 도로의 기능(신규 항목), 도로의 규모(신규 항목), 교통량, 보행량, 주변 인구밀도, 반복굴착 정도에 대한 하위 평가지표를 대표하는 상위지표로서 주간선도로 혹은 보조간선도로와 같은 도로의 기능 항목과 도로폭에 의한 도로의 규모 항목을 새로이 추가 하였다.

공공시설 측면은 도로에 설치되어 있는 총 매설물의 설치 정도, 공동구로 수용되는 중요 매설물의 정도, 공동구의 네트워크화를 평가하기 위한 노선의 교차 정도, 지진 등의 재해로 인해 공급 장애가 발생할 경우 그 피해 규모를 평가할 수 있는 방재지수(주변 업무종사자 수, 업무지역이 밀집된 경우 그 피해가 큼), 상수관 등 매설물의 관로설치 이력(신규 항목)을 포함해 하위 평가지표로 하였다.

도시환경 측면은 도로 주변의 토지이용 용도지역(신규 항목) 구분, 개발 밀도를 추정할 수 있는 용적률(시가화), 뉴타운 및 재개발 등 도심 재정비에 따른 신규 공급 수요를 평가할 수 있는 개발계획(신규 항목), 가공선로의 지중화 현황, 지중 공급시설의 정비로 맨홀 수를 줄일 수 있으므로 이를 평가하기 위한 매설물지수 등을 하위지표로 하였다. 개발 밀도 측면인 시가화 용적률과 차별화되는 토지이용 용도지역(신규) 항목은 주변 구역의 조성 성격과 Life-Line의 이용 성격에 따른 적합성을 고려하고 있다. 교통 및 도시민의 집중도가 높은 상업지역, 주거지역, 녹지지역 순으로 도심지 공동구가 유리하다. 또한 재개발 사업, 도심 재정비 사업 등이 계획되고 있는 경우(은평공동구, 마곡공동구 등의 사례 참조)에는 도심지 공동구의 도입이 수월하므로 신규 항목으로 제시하였다.

4.3 도심지 유형별 특성을 고려한 정량적 평가모델

계층의사분석(AHP) 기법은 표본의 수가 많고 전문 지식에 대한 학습 수준이 높을수록 신뢰도가 높으므로 이전 연구에 비해 많은 공동구 전문가가 참여토록 관련 전문가를 25명(공공 4명, 업무기술자 18명, 외부 전문가 3명)으로 증가시켰다.

또한 시간의 경과에 따른 일관성을 검토하기 위해 시간 차이를 두고 2회씩 설문조사를 시행해 50개의 표본을 대상으로 계층의사 분석(AHP)을 수행하였다(Table 3).

상위지표 3부문 중 도로의 관리 측면(Fa-1)의 가중치 합은 총 34%, 공공시설 측면(Fa-2)의 가중치 합은 32%, 도시환경 측면(Fa-3)의 가중치 합은 34%로 분석되었다(Fig. 14).

Table 3. Modified AHP analysis result of evaluation indexes

Division	Evaluation index	Weighting (%)	Remarks
Road management Indexes (6 factors) 'Fa-1'	Function of road (Add)	6.8	A-01
	Road scale (Add)	5.9	A-02
	Traffic density	6.1	A-03
	Pedestrian number	3.6	A-04
	Population density	4.8	A-05
	Degree of repeated excavation	7.3	A-06
Public facilities indexes (5 factors) 'Fa-2'	Burials index(*Degree of burials)	6.8	B-01
	Significant burials index	9.6	B-02
	Number of road junction	4.2	B-03
	Disaster prevention index	6.3	B-04
	History of pipe installation	4.9	B-05
Urban environment indexes (5 factors) 'Fa-3'	Usage area (Add)	5.9	C-01
	Ratio of floor area to site	5.3	C-02
	Development plan (Add)	8.7	C-03
	Existence of aerial lines	6.1	C-04
	Degree of burials	7.7	C-05

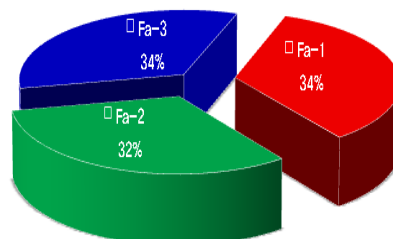


Fig. 14. Total AHP analysis result of higher indexes

공동구 전문가들은 반복굴착을 방지하고 포장내구성을 증대시키는 등 도로관리 측면의 기대효과, Life-Line의 통합수용에 따른 공공시설 측면의 기대효과, 도심지 공동구 도입으로 인한 도시환경 개선에 대해 비중의 큰 차이가 없이 고르게 평가하였다.

이전 연구(MOLTMA, 2008)에서는 도시환경 측면의 가중치 합이 18.5% 였으며 최근 사회적 이슈를 반영해 32% 가량으로 증대된 것으로 분석되었다. 쾌적한 도시환경이 유지되고 있는 신도시와 달리 기존 도심지는 각종 Life-Line이 가공선로와 지하매설물 형태로 무분별하게 설치되어 있는 경우가 많으므로 최근 도시환경 정비 및 보행환경 개선, 전선류 지중화에 대한 사회적 요구가 크게 반영된 것으로 볼 수 있다.

그러나 개별 전문가 그룹은 다음의 Table 4와 같이 일부 항목에서 큰 차이를 보이고 있다. 공공의 공동구 관리자 그룹은 세 상위지표 중 도로관리 측면의 가중치 비중이 49%로 가장 높고 도시환경 측면의 가중치 비중이 16%로 크게 낮았다. 일반적으로 공공의 관리자 그룹은 도로와 공동구의 유지관리 업무를 병행하거나 도로의 유지관리 업무 경험이 많으므로 지하매설물로 인한 도로의 반복굴착, 부분적 도로굴착에 따른 잦은 포트홀 생성, 지하매설물로 인한 도로함몰 등이 영향을 미친 것으로 조사(구두 질의에 의해)되었다.

업무기술자들과 외부 전문가 그룹은 최근 이슈되고 있는 기존 도심지의 도시환경 정비, 쾌적한 보행환경 조성, 전선류 지중화사업 등의 사회적 이슈를 감안해 도시환경 측면의 비중을 도로관리 측면과 유사한 비율로 반영하고 있다. 또한 금번 연구에서 공공의 관리자 그룹 참여자 수가 업무기술자수에 비해 크게 작았기 때문에 도시환경 측면의 비중이 높게 평가되었다.

다음은 상위지표 3부문의 개별 하위항목에 대한 가중치의 비교이다.

Table 4. AHP analysis result of higher indexes by specialist group

Division	Road management Indexes	Public facilities indexes	Urban environment indexes
Public administrators	49.0%	35.0%	16.0%
Technical experts	31.6%	30.6%	37.7%
External specialists	32.4%	34.4%	33.2%
Average	34.5%	31.8%	33.7%

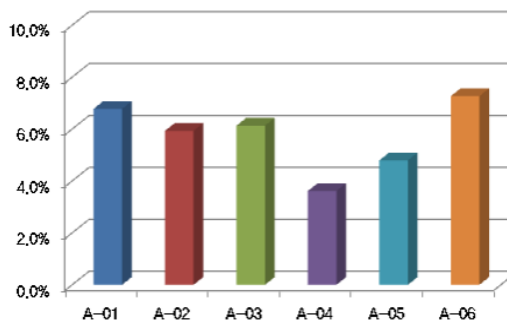


Fig. 15. Total AHP analysis result of road management indexes (Fa-1)

도로관리 측면(Fa-1)의 6개 하위지표 중 도로의 반복굴착정도(A-06)가 7.3%, 도로의 기능(A-01)이 6.8%, 교통 통행량(A-03) 6.1% 순으로 분석되었으며 매설물의 일괄수용에 따른 반복굴착방지에 대한 기대효과가 가장 높았다(Fig. 15).

공공시설 측면(Fa-2)의 5개 하위지표 중 공동구로 수용하기 곤란한 공급시설(대형 상수관 등)을 제외한 중요 매설물지수(B-02)가 9.6%, 전체 매설물지수(B-02)가 6.8%, 방재지수(B-03) 6.3% 순으로 분석되었다(Fig. 16). 중요 매설물지수는 16개 항목의 가중치 중 가장 높은 값을 가진다.

도시환경 측면(Fa-3)의 5개 하위지표 중 대상지 주변 개발계획 현황(C-03)이 8.7%, 전체 매설물지수(C-05)가 7.7%, 전주 및 가공선의 유무(C-04)가 6.1% 순으로 분석되었다(Fig. 17).

최근 서울, 부산 등의 주요 대도시는 재개발사업, 뉴타운사업 등 도심 재정비사업이 활발히 계획되고 있으며 이러한 개발계획에 포함되어 공동구가 건설될 경우에는 기존 신도시 처럼 도심지 공동구에 대한 원활한 사업추진이 가능하다. 그러므로 도시환경 측면(Fa-3)의 하위지표 중 개발계획의 수립 여부(C-03)에 대한 가중치가 가장 높게 조사되었다. 또한 도로의 무분별한 맨홀의 정비, 전주와 가공선로의 지중화 등이 AHP에 참여한 공동구 전문가에게 큰 영향을 미친 것으로 분석된다.

향후 후속 연구단계에서는 공공부문과 학계, 외부전문가 그룹의 AHP분석 대상인원을 늘려 도출된 결과값과 본 연구결과와 비교, 분석 등을 수행하려 한다.

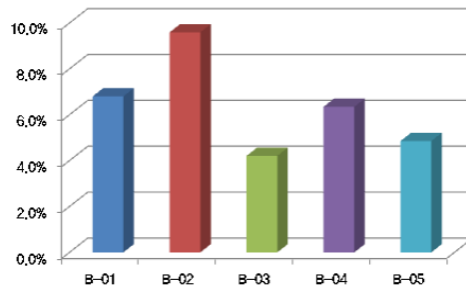


Fig. 16. Total AHP analysis result of public facilities indexes (Fa-2)

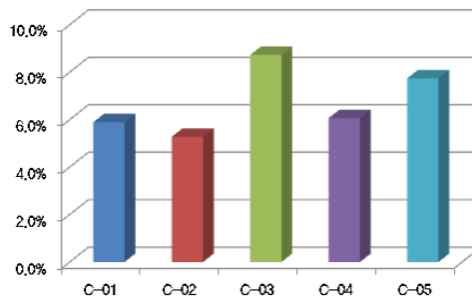


Fig. 17. AHP analysis result of urban environment indexes (Fa-3)

5. 결론

최근 중심상업지역, 주거밀집지역과 같이 인구밀도와 상업 서비스, 교통통행 등의 집중도가 높은 시가지 위주로 도심지 공동구 도입에 대한 사회적 요구가 크게 증가하고 있다. 그러나 현재까지 국내 공동구는 주변 개발사업에 포함된 신도시 공동구 형태로 건설되었다. 기존 도심지를 대상으로 공동구를 계획하는 경우에는 도로에 매설된 개별 Life-Line을 공동구로 모두 수용할 수 없으므로 수용시설에 대해 설계용량을 최적화하는 등의 합리적인 의사결정이 필요하다.

본 연구는 도심지 공동구에 대해서 데밍사이클(Deming Cycle) 기법을 적용한 설계용량 최적화 의사결정 모델과 종합적 타당성 평가시스템을 이용한 합리적 의사결정 절차를 제시하였다. 도심지 유형별 특성을 고려한 평가지표와 의사결정 계층구조를 재구성하고 지표평가 결과에 대한 기여율($f_a, \%$)과 비용-편익 분석에 대한 기여율($f_b, \%$)로 정량적인 종합평가를 실시함으로써 수용시설에 대한 설계용량 최적화와 합리적인 의사결정이 가능하다.

의사결정 계층구조는 도로관리 측면, 공공시설 측면, 도시환경 측면의 상위지표 3부문과 최근 이슈인 Life-Line의 노후화, 도로의 기능 및 규모, 토지이용 용도현황, 주변 개발계획 수립 유무 등 5개 항목을 추가한 총 16 항목의 개별 하위지표로 구성하였다. 또한 25명의 공동구 전문가(공동구 관리 4, 업무기술자 18, 학계 3)로부터 획득한 50개 표본을 대상으로 계층의사(AHP) 분석을 실시하고 분석 결과를 바탕으로 항목별 가중치(상위지표 및 개별 하위지표)를 설정함으로써 평가지표에 의한 정량적 타당성 평가방법을 제시하였다.

상위지표 3부문 중 도로관리 측면의 가중치 합은 총 34%, 공공시설 측면의 가중치 합은 32%, 도시환경 측면의 가중치 합은 34%로 분석되었다. 이전 연구(MOLTMA, 2008)에서는 도시환경 측면의 가중치 합이 18.5%였으므로 최근 사회적 이슈가 반영되어 34%로 증대된 것으로 판단된다. 쾌적한 도시환경이 유지되고 있는 신도시와 달리 기존 도심지는 각종 Life-Line이 가공선로와 지하매설물 형태로 무분별하게 설치되기 쉽고 최근 도시 재난 안전성(지진 등), 잦은 도로함몰 문제, 가공 전선류 지중화, 보행환경 개선에 대한 사회적 요구 등이 반영된 것으로 볼 수 있다.

본 논문은 사회적 요구가 점차 증대되고 있는 기존 시가지 공동구의 설계용량 최적화 과정 중 도심지 유형별로 세분화된 타당성 평가시스템과 평가시스템의 정량적 평가를 쉽게 구현할 수 있는 프로그램까지 개발하는 것을 최종 목표로 하고 있다. 이로 인해서 궁극적으로 도심지 공동구의 활성화에 기여하고자 하며 향후 자연발생 저층 주거지역, 개발계획형 주거지역, 소규모 필지 상업지역, 대규모 필지 상업지역 등으로 도심지 유형을 세분화하고 지역별 특성에 부합하는 의사결정 절차를 제시하는 등의 후속 연구를 진행할 예정이다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부와 국토교통과학기술진흥원의 건설기술연구개발사업인 “도심지 소단면 터널식 공동구 설계 및 시공 핵심기술 개발(15SCIP-B105148-01)” 과제의 지원을 받아 수행되었습니다. 이에 감사를 드립니다.

References

1. You, K.H., Park, C.M. (2016), “A study on the risk and settlement evaluation of a shield TBM excavated in soft marine sedimentary soils”, *Journal of Korean Tunneling and Underground Space Association*, Vol.18, No.4, pp. 355-364.
2. Park, J.O. et al. (2015), “An analysis study for reasonable installation of tunnel fire safety facility”, *Journal of Korean Tunneling and Underground Space Association*, Vol.17, No.3, pp. 243-248.
3. Deming, W.E. (1950), “Elementary principles of the statistical control of quality”, JUSE.
4. Park, J.D. et al. (2016), “Experimental study on the behavior of retaining wall according to underground excavation distance”, *Journal of Korean Tunneling and Underground Space Association*, Vol.18, No.2, pp. 155-164.
5. Gangnam-Gu Office. (1988), “Common utility tunnel feasibility study and basic design for a comprehensive report”, pp. 821-826.
6. Kang, Y.K., Choi, I.C. (2015), “Economic feasibility of common utility tunnel based on cost-benefit analysis”, *Journal of the Korean Society of Safety(KOSOS)*, Vol.30, No.5, pp.29-36.
7. Ministry of Construction & Transportation. (2007), “Feasibility investigation of utility tunnels installation in innovative city”.
8. Ministry of Land, Construction and Transportation. (2006), “A study on activation plan of common utility tunnel (Phase 1)”, pp.46-53.
9. Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs. (2008), “A study on activation plan of common utility tunnel (Phase 2)”, pp.207-217.
10. Ministry of Land, Infrastructure and Transport. (2016), “A press release on underground safety management measures to prevent ground subsidence”.
11. Seoul Metropolitan Government (2014), “A report of the feasibility and basic planning establishment for urban utility tunnels in Seoul”.