

# 계층의사분석 기법을 적용한 도심지 공동구 타당성 평가모델 연구

정지승<sup>1</sup> · 나귀태<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>비회원, 동양대학교 건설공학과 정교수

<sup>2</sup>정회원, (주)한국종합기술 구조부 연구원

## A study on the feasibility assessment model of urban utility tunnel by analytic hierarchy process

Jee-Seung Chung<sup>1</sup> · Gwi-Tae Na<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Professor, Dept. of Civil Engineering, Dong-yang University

<sup>2</sup>Research Fellow, Korea Engineering Consultant Corporation

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

### Abstract

The urban center of a large city has a high concentration ratio of population, commerce, and traffic. Therefore, the expected effect is high from the introduction of the urban utility tunnel and it also has sufficient economic feasibility considering life cycle cost. Moreover, the construction cost can be greatly reduced if it is included in a large underground development such as a subway or a complex transfer center construction. However, it is not reflected in actual underground development plan. When planning a urban utility tunnel in Korea, it is expected to have difficulties such as the cost of relocation of the existing Life-Line, conflicts among the individual facility institutions, procurement of construction resources and sharing. Furthermore, it is possible to promote the project only if a consensus is drawn up by a collective council composed of all facilities and project developers. Therefore, an optimal alternative should be proposed using economic analysis and feasibility assessment system. In this study, the analytic hierarchy process (AHP) is performed considering the characteristics of urban areas and the importance of each indicator is quantified. As a result, we can support reasonable design capacity optimization using the feasibility assessment system.

**Keywords:** Urban utility tunnel, Feasibility assessment system, AHP analysis, Design capacity optimization

### 초 록

국내 대도시의 도심은 인구, 상업, 교통 등의 집중도가 높으므로 공동구 도입에 따른 기대효과가 높고 생애주기비용을 고려한 경제적 타당성을 충분히 확보하고 있다. 더욱이

### OPEN ACCESS

Journal of Korean Tunnelling and  
Underground Space Association  
20(1)131-144(2018)  
<https://doi.org/10.9711/KTAJ.2018.20.1.131>

eISSN: 2287-4747

pISSN: 2233-8292

Received December 6, 2017

Revised December 21, 2017

Accepted January 4, 2018



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 © 2018, Korean Tunnelling and Underground Space Association

지하철, 복합환승센터 등과 같은 대규모 지하공간 개발에 포함하여 설치할 경우 초기 건설비용을 획기적으로 줄일 수 있으나 실제 지하개발 계획에 구체적으로 반영되지 못하고 있다. 국내에서 도심지 공동구를 새로이 계획할 경우 기존 Life-Line의 이설비용, 수용 기관별 의견충돌, 건설재원 조달 및 분담 등의 어려움이 예상되며 더욱이 모든 수용기관과 사업시행자로 구성된 공동구 협의회에서 합의를 도출해야만 사업추진이 가능하기 때문에 경제성 분석과 더불어 타당성 평가 시스템을 통한 합리적 의사결정 과정을 통해서 최적 대안이 제시되어야만 원활한 사업추진이 가능하다. 그러므로 도심지 유형별 특성을 고려해서 평가지표와 의사결정 계층구조를 재구성하고 계층의사분석(AHP) 기법을 적용해서 항목별 중요도를 정량화함으로써 타당성 평가시스템을 이용한 합리적인 설계용량 최적화를 지원할 수 있을 것으로 판단된다.

**주요어:** 도심지 공동구, 타당성 평가시스템, 계층의사분석, 설계용량 최적화

## 1. 서론

대도시의 도심은 인구밀도와 상업서비스, 차량과 보행자 통행의 집중도가 높으므로 Life-line을 공동수용 함으로써 얻을 수 있는 공동구의 기대효과가 신도시에 비해서 높다. 그러므로 일본의 동경도, 체코 프라하시 등은 도심지 공동구를 장기적으로 건설하고 있으나 국내 모든 공동구는 신도시 개발계획에 포함된 개착식 공동구로만 건설되고 있다(SMG, 2014).

국내에서 도심지 공동구를 새로이 계획할 경우에는 도로에 매설된 개별 Life-Line의 이설비용 부담과 이에 따른 사업시행자의 책임문제, 수용시설의 종류 및 규모에 따른 기관별 의견충돌 문제, 공동구 건설재원의 조달 및 분담 비용 설정 문제 등의 어려움이 발생하게 된다(Sim et al., 2017). 더욱이 모든 수용기관과 사업시행자로 구성된 공동구 협의회에서 합의를 도출해야만 사업추진이 가능하므로 본 연구의 이전 단계에서는 도심지 공동구의 설계용량 최적화 모델과 종합적 타당성 평가시스템을 이용한 합리적 의사결정 절차를 제시하였다(Lee et al., 2017).

금번 연구에서는 Thomas L. Saaty (Saaty, 1980)가 제안한 계층의사분석(AHP) 기법을 적용해서 이전 연구의 계층구조와 지표항목에 대한 가중치를 설정함으로써 종합적 타당성 평가시스템을 정량화하며 후속 단계에서는 개별 항목의 평가방법과 연구결과를 활용한 설계용량 최적화 프로그램을 개발하는 것이 연구의 최종 목표이다.

## 2. 계층의사분석 기법

### 2.1 계층의사분석(Antalytic Hierarchy Process, AHP)

최근에 수행된 유사 연구를 조사한 결과, 1950년대 발표된 델파이 기법을 적용하거나 1980년대 고안된 계층의사분석(AHP) 기법을 사용한 사례가 다수 조사되었다. 특히 공용중인 터널의 성능중심 평가방법과 굴착 붕괴사고 저감을 위한 우선 관리요소 결정방법에 대한 연구에서는 델파이 기법을 사용하였다(An and Kim, 2016; Seong and Jung, 2017). 델파이 기법은 통계적 집단 반응의 절차를 특징으로 하므로 특정한 주제에 대해서 참여한 전문가 패널의 통계적 합의로 각 항목에 대한 우선순위 및 중요도를 평가할 수 있는 장점이 있다. 그러나 집단적 토의

과정에 참여할 수 있는 전문가 패널의 구성적 측면에서 한계가 있으므로 참여 기관과 폭넓은 전문가를 대상으로 분석의 신뢰도를 높일 수 있는 계층의사분석 기법을 적용하였다.

계층의사분석 기법은 복잡적이고 복잡한 변수항목에 의해서 영향을 받는 복합의사결정 문제를 정량화할 수 있도록 다중 계층구조를 구성하고 전문가 응답의 쌍대비교를 통해서 개별항목의 가중치를 결정한다(Saaty, 1980, 1990). 특히, 고안자인 Saaty가 최적의 직업 선택방법, 주택 유형에 따른 최적의 주거 만족도 결정방법 등 다양한 분야의 적용 사례를 지속적으로 연구하고 발표하였기 때문에 사회과학분야를 탈피해서 공학적인 분야, 국가의 정책결정 문제 등에까지 널리 사용되고 있다(Saaty, 1990, 2008).

쌍대비교는 전문가 응답의 항목 수(n)에 해당하는  $n \times n$  규모의 쌍대비교 행렬 A를 이용하며 개별 항목간의 상대적 기준 척도는 Table 1의 값을 사용한다. 기준 척도를 사용한 행렬 A의 개별 항목 값( $a_{jk}$ )은 1~9의 값을 가지거나  $\frac{1}{9}$ ~ $\frac{1}{1}$ 의 값을 가지며 식 (1)의 기본 원칙을 만족해야 한다(Saaty, 1990). 식 (1)의 쌍대비교 행렬 A는 기본원칙을 고려해서 식 (2)의 A'로 정리할 수 있다.

$$\text{쌍대비교 행렬 } A = \begin{pmatrix} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ \vdots & a_{jk} & \vdots \\ a_{n1} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix} \text{ 이고 } a_{jk} \cdot a_{kj} = 1 \quad (1)$$

여기서,  $a_{11}, \dots, a_{jj}, \dots, a_{nn}$  은 모두 1의 값을 가지며, 만약  $a_{jk} > 1$  이면  $a_{kj} < 1$  이어야 한다.

$$\text{수정된 쌍대비교 행렬 } A' = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1k} & \dots & a_{1n} \\ \frac{1}{a_{12}} & 1 & \dots & a_{2k} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots & \dots \\ \frac{1}{a_{1k}} & \frac{1}{a_{2k}} & \dots & a_{jk} & \dots & a_{jn} \\ \frac{1}{a_{1n}} & \frac{1}{a_{2n}} & \dots & \frac{1}{a_{jn}} & \dots & 1 \end{pmatrix} \quad (2)$$

**Table 1.** The fundamental scale of absolute numbers (Saaty, 1990)

Value of $a_{jk}$	Definition	Explanation
1	Equal importance	Two activities contribute equally to the objective
3	Moderate importance of one over another	Experience and judgment strongly favor one activity over another
5	Essential or strong importance	Experience and judgement strongly favor one activity over another
7	Very strong importance	An activity is strongly favored and its dominance demonstrated in practice
9	Extreme importance	The evidence favoring one activity over another is of tile highest possible order of affirmation
2, 4, 6, 8	Intermediate values between the two adjacent judgments	When compromise is needed

## 2.2 분석의 신뢰도 확보를 위한 검증 방법

계층의사분석 기법은 전문가 그룹의 응답자료를 분석하여 정량적 가중치를 도출하게 되므로 전문가 응답의 신뢰도를 확보하기 위해서 일관성 비율(Consistency ratio, CR)을 식 (3)과 같이 검증해야 한다(Saaty, 1990). 평가에 참여한 전문가 응답으로 분석된 일관성 비율(CR)이 0.1 혹은 10% 이상으로 분석될 경우에는 응답자료를 폐기하거나 설문 응답을 수정, 보완하였다.

$$\text{Consistency ratio (CR)} = \frac{CI}{RI} < 0.1 \text{ 이고, Consistency index (CI)} = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (3)$$

여기서,  $\lambda_{\max}$ : 행렬의 고유치 해석( $Aw = \lambda_{\max} w$ )을 통해 산출된 고유치(Eigenvalue),  $\lambda_{\max} \geq n$

Random index (RI): 시뮬레이션에 의한 난수지수로써 Table 2의 값을 사용한다.

AHP 기법의 난수지수(RI)는 시뮬레이션 횟수의 증가에 따라서 수렴하므로 2500회 이상일 경우 차이가 없다. Saaty는 500회 시뮬레이션 값을 제시하였으므로 쌍대비교 행렬의 차수가 3일 경우에 RI를 0.58로 제시하였고 Alonso와 Lamata는 0.5245로 대략 10.5% 가량 차이가 있다. 그러나 4차 이상의 쌍대비교 행렬에서는 Saaty가 처음 제시한 값과 2.1% 미만의 작은 차이를 보이므로 본 연구에서는 Saaty가 최초로 제시한 난수지수(RI) 값을 사용하였다(Saaty, 1980; Alonso and Lamata, 2006).

**Table 2.** Random index (RI) values from various authors (Saaty, 1980; Alonso and Lamata, 2006 )

Random index (RI)	Saaty (1980)	Golden Wang (1990)	Lane, Verdini (1989)	Noble (1990)	Tumala, Wan (1994)	Aguaron et al. (2003)	Alonso, Lamata (2006)
Number of simulation runs	500	1000	2500	500	-	100000	100000
n = 3	0.58	0.5799	0.52	0.49	0.500	0.525	0.5245
4	0.90	0.8921	0.87	0.82	0.834	0.882	0.8815
5	1.12	1.1159	1.10	1.03	1.046	1.115	1.1086
6	1.24	1.2358	1.25	1.16	1.178	1.252	1.2479
7	1.32	1.3322	1.34	1.25	1.267	1.341	1.3417
8	1.41	1.3952	1.40	1.31	1.326	1.404	1.4056
9	1.45	1.4537	1.45	1.36	1.369	1.452	1.4499
10	1.49	1.4882	1.49	1.39	1.406	1.484	1.4854
11	1.51	1.5117	-	1.42	1.433	1.513	1.5141
12	-	1.5356	1.54	1.44	1.456	1.535	1.5365
13	-	1.5571	-	1.46	1.474	1.555	1.5551
14	-	1.5714	1.57	1.48	1.491	1.570	1.5713
15	-	1.5831	-	1.49	1.501	1.583	1.5838

### 3. 도심지 공동구의 타당성 평가시스템에 대한 이전 연구 결과

#### 3.1 종합적 평가시스템에 의한 합리적 의사결정 모델

최근 기존 시가지를 대상으로 공동구 도입을 활성화하기 위한 이전 연구결과에 따르면 서울시 등의 국내 대도시 또한 생애주기비용을 고려한 경제적 타당성을 충분히 확보하고 있는 것으로 분석(Kang and Choi, 2015)되었으며 대표적인 지역으로는 서울시의 영동대로, 강남대로 등을 꼽을 수 있다. 강남대로와 영동대로는 지하철, 복합환승센터 등의 대규모 지하공간 개발에 공동구를 포함하여 병행 건설할 경우에 초기 건설비용과 수용기관의 분담비용을 획기적으로 줄일 수 있을 것으로 예상되었으나 신분당선 연장계획(강남~용산)과 영동대로 지하개발 계획에서 도심지 공동구가 구체화 되지는 못하고 있다(SMG, 2014).

이전 연구에서는 도심지 유형별 특성이 고려된 타당성 평가와 경제성평가를 정량화하고 이를 조합한 종합적 평가시스템을 통해서 합리적인 의사결정이 이루어지도록 Fig. 1과 같은 의사결정 모델을 제시하였다(Lee et al., 2017).

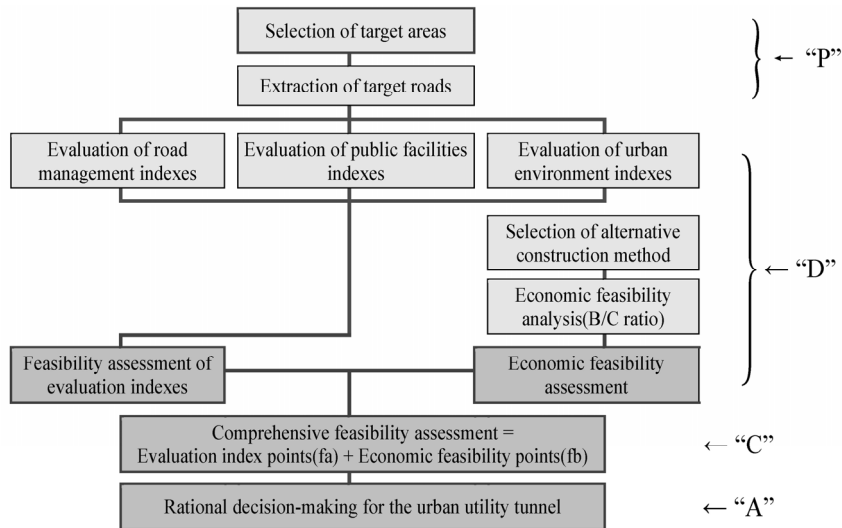


Fig. 1. Flow chart of a rational decision-making model on a comprehensive feasibility assessment system for the urban utility tunnel

#### 3.2 도심지 유형별 특성이 고려된 평가지표

종합적 평가시스템에 의한 의사결정 모델은 도심지 유형별 특성이 고려된 타당성 평가와 생애주기비용을 고려한 경제성 평가를 조합해서 종합적인 판단이 가능하도록 제시하였으며 타당성 평가시스템은 Fig. 2와 같이 도로 관리 측면, 공공시설 측면, 도시환경 측면의 상위지표 3부문과 하위 16개 지표를 갖는 계층구조로 구성된다(Lee et al., 2017).

도로관리 측면은 대상 도로의 기능, 도로의 규모, 교통량, 보행량, 주변 인구밀도, 반복굴착 정도에 대한 총 6개 하위지표를 대표하는 상위지표이다. 공공시설 측면은 도로에 설치되어 있는 총 매설물의 규모, 공동구로 수용되는 중요 매설물의 규모, 공동구의 네트워크화를 평가하기 위한 노선의 교차 횟수, 지진 등 재해로 인한 공급 장애가 발생할 경우 그 피해 규모를 평가할 수 있는 방재지수(주변 업무종사자 수), 매설 관로의 설치이력을 포함한 5개 하위지표로 구성된다. 도시환경 측면은 도로 주변의 토지이용 용도지역 구분, 개발 밀도를 추정할 수 있는 용적률(시가화율), 뉴타운 및 재개발 등 도심 재정비에 따른 신규 공급 수요를 평가할 수 있는 개발계획, 가공선로의 지중화 현황, 지중 공급시설의 정비 효과를 평가하기 위한 매설물지수 등 총 5개 하위지표로 구성된다(Lee et al., 2017).

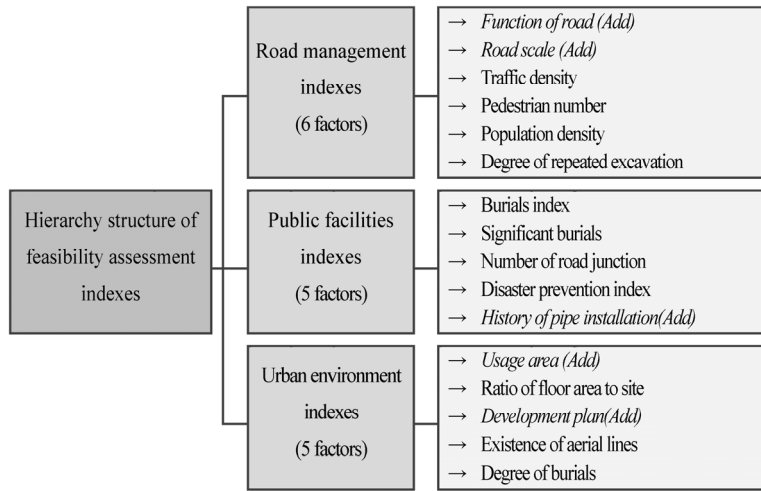


Fig. 2. Hierarchy structure of feasibility assessment indexes for the urban utility tunnel

## 4. 계층의사분석을 이용한 정량적 가중치 설정

### 4.1 대상 전문가 그룹 및 쌍대비교 설문자료 구성

계층의사분석에 참여한 전문가 그룹은 Table 3과 같이 총 35명이며 시간 차이를 두고 2회씩 설문에 답하게 함으로써 총 70부의 자료를 획득해서 정량적 가중치 설정의 신뢰도를 높이도록 계획하였다. 설문에 참여한 전문가 그룹은 설계 전문가와 공공 관리자 그룹으로 구분되며 15명의 설계 전문가는 세종시 공동구, 은평 공동구, 마곡 공동구의 설계 및 자문에 참여한 전문가이다. 공공 관리자 그룹은 도심지 공동구에 대한 유지관리 및 계획과 관련된 업무를 수행하고 있는 서울시설공단(SMFMC), 한국시설안전공단(KISTEC), 인천도시공사(IDTC), 서울시청 안전총괄본부(SMG)의 공공 전문가 20명을 대상으로 하였다.

**Table 3.** Number of experts and questionnaires participating in AHP analysis

Division	Designers of the urban utility tunnel					Officials of public institutions					Total
	Sejong	Eunpyeong	Magok	Consultants	Sum	SMFMC	KISTEC	IDTC	SMG	Sum	
Number of expert	5	4	3	3	15	4	6	5	5	20	35
Number of questionnaire	10	8	6	6	30	8	12	10	10	40	70

계층구조의 지표항목에 대한 쌍대비교를 위해서 Table 4의 사례와 같은 설문자료를 작성하였으며 3부문의 상위지표는 3 × 3 규모의 쌍대비교 행렬, 도로관리 부문은 6 × 6 규모, 공공시설 부문과 도시환경 부문은 각각 5 × 5 규모의 행렬로 구성된다. 행렬식의 개별 항목 값( $a_{jk}$ )은 Table 1의 기준척도를 사용해서 1~9의 값을 가지거나  $\frac{1}{9}$ ~1의 값을 가지며 난수지수(RI)는 Table 2의 Saaty가 제안한 값을 사용하였다.

**Table 4.** Sample of questionnaire participating in AHP analysis

Item of “A”	“A” is more important than “B”				Equal importance	“B” is more important than “A”				Item of “B”
	Extreme importance	Very strong importance	Essential or strong	Moderate importance		Moderate importance	Essential or strong	Very strong importance	Extreme importance	
Fa-1	⑨	⑦	⑤	③	①	③	⑤	⑦	⑨	Fa-2
Fa-1	⑨	⑦	⑤	③	①	③	⑤	⑦	⑨	Fa-3
Fa-2	⑨	⑦	⑤	③	①	③	⑤	⑦	⑨	Fa-3

#### 4.2 정량적 가중치 분석 결과

Fig. 2의 계층구조와 Table 4와 같은 형태의 쌍대비교 설문자료를 작성하고 전문가 그룹 총 35명(Table 3)에 대한 계층의사분석을 수행한 결과, Table 5와 같이 상위지표 3부문이 모두 고른 가중치를 가지는 것으로 분석되었다. 도로관리 측면의 가중치가 35.0%로 다소 높았고 공공시설 측면이 33.9%, 도시환경 측면이 31.1%로 다소 낮게 분석되었다. 도로 하부에 매설된 Life-Line을 공동 수용함에 따라서 반복굴착을 줄이고 포장내구성을 향상시키며 도시환경 정비수단으로써 효과적인 도심지 공동구에 대한 기대효과가 고르게 반영된 것이다.

**Table 5.** AHP result of feasibility assessment higher indexes by 35 experts

Assessment higher indexes	Weighting	Remarks	Graph
Road management indexes	35.0 %	Fa-1	
Public facilities indexes	33.9 %	Fa-2	
Urban environment indexes	31.1 %	Fa-3	
Total	100 %	-	

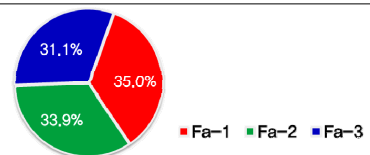


Table 6~8은 상위지표 3부문에 대한 총 16개 하위지표의 분석 결과로써 도출된 항목별 가중치는 타당성 평가 시스템의 정량적 평가에 사용되며 이를 기초로 해서 향후 프로그램 개발의 토대로 활용할 예정이다. 먼저, Table 6은 도로관리 부문(Fa-1)에 대한 6개 하위지표의 분석결과이며 도로의 기능(A-01)이 7.3%, 도로의 반복굴착 정도(A-06)가 7.2%, 교통 통행량(A-03)이 6.9% 순으로 분석되었다. 주간선도로, 보조간선도로 등 도로의 기능적 중요도와 매설물의 일괄수용에 따른 반복굴착 저감 등에 대한 전문가의 기대효과가 크게 반영된 것으로 볼 수 있다.

**Table 6.** AHP result of road management indexes (Fa-1) by 35 experts

Assessment lower indexes		Weighting	Remarks	Graph
Road management indexes (6 factors) 'Fa-1'	Function of road (add)	7.3 %	A-01	
	Road scale (add)	6.8 %	A-02	
	Traffic density	6.9 %	A-03	
	Pedestrian number	2.5 %	A-04	
	Population density	4.2 %	A-05	
	Degree of repeated excavation	7.2 %	A-06	

공공시설 부문(Fa-2)은 5개 하위지표로 구성되며 공동구로 직접 수용할 수 있는 직접적인 매설물의 규모(대형 상수관 등을 제외)인 중요 매설물지수(B-02)가 12.6%, 전체 매설물지수(B-01)가 7.4%, 방재지수(B-04)가 5.9% 순으로 분석되었다(Table 7). Life-Line의 노후도(B-05)는 5개 항목 중 가장 낮은 4.1%로 분석되었고 중요 매설물지수(B-02)는 16개 하위지표 항목 중에서 가장 높은 값을 가진다.

**Table 7.** AHP result of public facilities indexes (Fa-2) by 35 experts

Assessment lower indexes		Weighting	Remarks	Graph
Public facilities indexes (5 factors) 'Fa-2'	Burials index (*degree of burials)	7.4 %	B-01	
	Significant burials index	12.6 %	B-02	
	Number of road junction	4.0 %	B-03	
	Disaster prevention index	5.9 %	B-04	
	History of pipe installation (add)	4.1 %	B-05	

신도시에 비해서 기존 도심지가 취약할 것으로 예상되는 도시환경 부문(Fa-3)의 5개 하위지표에 대한 분석결과, 대상지 주변 개발계획 현황(C-03)이 9.9%, 전체 매설물지수(C-05)가 6.5%, 상업지역 혹은 주거지역과 같은 주변 토지 이용현황(C-01)이 5.9% 순으로 높게 분석되었고 시가화에 대한 용적율(C-02)과 지상 가공선로의 현



항(C-04)이 4.4%로 비교적 낮았다(Table 8). 도심지의 재개발사업, 뉴타운 사업 등과 같은 주변 개발계획에 포함 되어 공동구가 건설될 경우에는 초기 건설비용의 절감과 전체 사업에 포함되어 원활한 사업추진이 가능하기 때 문이라 판단된다.

**Table 8.** AHP result of urban environment indexes (Fa-3) by 35 experts

Assessment lower indexes		Weighting	Remarks	Graph	
Urban environment indexes (5 factors) 'Fa-3'	Usage area (add)	5.9 %	C-01		
	Ratio of floor area to site	4.4 %	C-02		
	Development plan (add)	9.9 %	C-03		
	Existence of aerial lines	4.4 %	C-04		
	Degree of burials	6.5 %	C-05		

계층의사분석 기법은 전문가 그룹의 응답자료를 분석하여 정량적 가중치를 도출하게 되므로 전문가 응답의 일관성 비율(CR)이 10% 이하로 분석되어야만 계층의사분석의 신뢰도를 확보할 수 있다. 상위지표 분석에 대한 총 70개 자료의 일관성 비율을 검토한 결과, 일관성 비율이 최대 4.6%로써 10% 이내의 신뢰도를 충분히 확보하고 있다(Table 9). Table 10~12는 각 상위지표에 대한 하위지표의 분석결과이며 도로관리 부문의 최대 일관성 비율이 8.1%, 공공시설 부문이 8.5%, 도시환경 부문이 8.9%이므로 모두 10% 이내이다. 또한, 70개 응답 설문에 대한 각각의 가중치 분석 결과는 Table 9~12를 통하여 확인할 수 있다.

**Table 9.** AHP analysis data of higher evaluation indexes by 35 experts

Division (n = 3, RI = 0.58)	Weighting ratio ( $\Sigma=1.0$ )			CI (maxim)	CR (maxim)	Remarks
	Fa-1	Fa-2	Fa-3			
Average weighting ratio	0.350	0.339	0.311	0.0269	4.6%	70 questionnaires
Average weighting percent ratio (%)	35.0%	33.9%	31.1%	( $\Sigma=100\%$ )		

**Table 10.** AHP analysis data of road management indexes (Fa-1) by 35 experts

Division (n = 6, RI = 1.24)	Weighting ratio ( $\Sigma=1.0$ )						CI (maxim)	CR (maxim)	Remarks
	A-01	A-02	A-03	A-04	A-05	A-06			
Average weighting ratio	0.209	0.195	0.198	0.071	0.121	0.206	0.0999	8.1%	70 questionnaires
Average weighting percent ratio (%)	7.3%	6.8%	6.9%	2.5%	4.2%	7.2%	( $\Sigma=35.0\%$ )		

**Table 11.** AHP analysis data of public facilities indexes (Fa-2) by 35 experts

Division (n = 5, RI = 1.12)	Weighting ratio ( $\Sigma=1.0$ )					CI (maxim)	CR (maxim)	Remarks
	B-01	B-02	B-03	B-04	B-05			
Average weighting ratio	0.218	0.371	0.117	0.174	0.121	0.0957	8.5%	70 questionnaires
Average weighting percent ratio (%)	7.4%	12.6%	4.0%	5.9%	4.1%	( $\Sigma=33.9\%$ )		

**Table 12.** AHP analysis data of environment indexes (Fa-3) by 35 experts

Division (n = 5, RI = 1.12)	Weighting ratio ( $\Sigma=1.0$ )					CI (maxim)	CR (maxim)	Remarks
	C-01	C-02	C-03	C-04	C-05			
Average weighting ratio	0.189	0.141	0.319	0.142	0.209	0.0999	8.9%	70 questionnaires
Average weighting percent ratio (%)	5.9%	4.4%	9.9%	4.4%	6.5%	( $\Sigma=31.1\%$ )		

## 5. 대상 그룹별 분석 결과의 비교

### 5.1 설계 전문가 그룹의 분석 결과

총 35명의 전문가 그룹 중 공동구에 대한 설계와 자문 경험이 있는 설계 전문가는 15명이며 설계 전문가의 응답을 별도로 분리해서 Table 13과 같이 전체 분석결과와 비교하였다. 설계 전문가 그룹은 도시환경 측면(42.3%)을 도로관리(30.6%) 혹은 공공시설 측면(27.0%)에 비해서 높게 평가하고 있으며 이는 신도시와 달리 기존 도심지의 각종 Life-Line이 가공선로와 지하매설물 형태로 무분별하게 개별 관리되고 있고 최근 이슈되고 있는 가공 전선류의 지중화, 지역 주민들의 쾌적한 보행환경 민원 등에 대한 최근 사회적 요구가 크게 반영된 것으로 볼 수 있다. 전체 전문가 그룹의 평가결과에서는 도로관리 측면(35.0%)이 도시환경 측면(31.1%)에 비해서 비교적 우월하게 분석되었다. 또한, 세부 하위지표에 대한 분석결과가 모두 작은 차이를 보이고 있으나 전반적으로 유사한 패턴으로 전체 분석결과와 큰 차이가 없다.

**Table 13.** AHP result of feasibility assessment indexes by 15 experts (designers of the urban utility tunnel)

Assessment higher indexes	Weighting		Remarks	Graph (15 experts)
	All	Designers		
Road management indexes	35.0 %	30.6 %	Fa-1	<p>A pie chart illustrating the distribution of feasibility assessment indexes for 15 experts. The chart is divided into three segments: Fa-1 (blue, 42.3%), Fa-2 (red, 30.6%), and Fa-3 (green, 27.0%). A legend below the chart identifies the colors: Fa-1 (blue square), Fa-2 (red square), and Fa-3 (green square).</p>
Public facilities indexes	33.9 %	27.0 %	Fa-2	
Urban environment indexes	31.1 %	42.3 %	Fa-3	
Total	100 %	100 %	-	

**Table 13.** AHP result of feasibility assessment indexes by 15 experts (designers of the urban utility tunnel)(continue)

Assessment lower indexes		Weighting		Remarks	Graph (15 experts)
		All	Designers		
Road management indexes (6 factors) 'Fa-1'	<i>Function of road (add)</i>	7.3 %	5.5 %	A-01	
	<i>Road scale (add)</i>	6.8 %	6.2 %	A-02	
	Traffic density	6.9 %	5.9 %	A-03	
	Pedestrian number	2.5 %	2.3 %	A-04	
	Population density	4.2 %	3.8 %	A-05	
	Degree of repeated excavation	7.2 %	6.8 %	A-06	
Public facilities indexes (5 factors) 'Fa-2'	Burials index (*degree of burials)	7.4 %	5.3 %	B-01	
	Significant burials index	12.6 %	10.6 %	B-02	
	Number of road junction	4.0 %	3.0 %	B-03	
	Disaster prevention index	5.9 %	5.9 %	B-04	
	<i>History of pipe installation (add)</i>	4.1 %	2.4 %	B-05	
Urban environment indexes (5 factors) 'Fa-3'	<i>Usage area (add)</i>	5.9 %	7.8 %	C-01	
	Ratio of floor area to site	4.4 %	7.3 %	C-02	
	<i>Development plan (add)</i>	9.9 %	11.1 %	C-03	
	Existence of aerial lines	4.4 %	6.1 %	C-04	
	Degree of burials	6.5 %	10.0 %	C-05	

## 5.2 공공 관리자 그룹의 분석 결과

총 35명의 전문가 그룹 중 공동구에 대한 유지관리 및 계획 업무를 담당하고 있는 공공 관리자 그룹은 20명이며 관리자 그룹의 응답을 별도로 분리해서 Table 14와 같이 전체 분석결과와 비교하였다. 공공 관리자 그룹은 도시환경 측면(22.6%)을 도로관리(38.3%) 혹은 공공시설 측면(39.1%)에 비해서 낮게 평가하고 있으며 이는 국토 계획법에서 공동구를 정의하고 있는 바와 같이 도로의 반복굴착을 방지하고 포장의 내구성을 향상시키는 등 도로관리와 매설물의 공동수용에 따른 관리효율의 향상 측면이 높게 반영된 것으로 볼 수 있다. 전체 전문가 그룹은 도로관리 측면(35.0%)과 도시환경 측면(31.1%)이 비교적 유사한 값으로 분석되었다. 또한, 세부 하위지표에 대한 분석결과가 모두 작은 차이를 보이고 있으나 전반적으로 유사한 패턴으로 전체 분석결과와 큰 차이가 없다.

**Table 14.** AHP result of feasibility assessment indexes by 20 experts (officials of public institutions)

Assessment higher indexes	Weighting		Remarks	Graph (20 experts)
	All	Officials		
Road management indexes	35.0 %	38.3 %	Fa-1	
Public facilities indexes	33.9 %	39.1 %	Fa-2	
Urban environment indexes	31.1 %	22.6 %	Fa-3	
Total	100 %	100 %	-	

Assessment lower indexes		Weighting		Remarks	Graph (20 experts)
		All	Officials		
Road management indexes (6 factors) 'Fa-1'	<i>Function of road (add)</i>	7.3 %	8.8 %	A-01	
	<i>Road scale (add)</i>	6.8 %	7.3 %	A-02	
	Traffic density	6.9 %	7.7 %	A-03	
	Pedestrian number	2.5 %	2.6 %	A-04	
	Population density	4.2 %	4.5 %	A-05	
	Degree of repeated excavation	7.2 %	7.4 %	A-06	
Public facilities indexes (5 factors) 'Fa-2'	Burials index (*degree of burials)	7.4 %	9.2 %	B-01	
	Significant burials index	12.6 %	13.9 %	B-02	
	Number of road junction	4.0 %	4.7 %	B-03	
	Disaster prevention index	5.9 %	5.5 %	B-04	
	<i>History of pipe installation (add)</i>	4.1 %	5.7 %	B-05	
Urban environment indexes (5 factors) 'Fa-3'	<i>Usage area (add)</i>	5.9 %	4.3 %	C-01	
	Ratio of floor area to site	4.4 %	2.6 %	C-02	
	<i>Development plan (add)</i>	9.9 %	8.2 %	C-03	
	Existence of aerial lines	4.4 %	3.2 %	C-04	
	Degree of burials	6.5 %	4.3 %	C-05	

## 6. 결론

기존 도심지에서 장기간에 걸쳐 무분별하게 매설된 개별 Life-Line을 공동구 내로 모두 수용하려면 대형 단면이

필요하므로 경제적 타당성을 충족하기 어렵고 수용기관의 민원으로 원활한 사업추진이 곤란하다. 그러므로 수용량 및 설계용량에 대한 최적화가 필요하며 이전 연구단계에서 도심지 유형별 특성이 고려된 타당성 평가시스템을 이용한 종합적 의사결정 모델을 제시하였다. 본 연구에서는 타당성 평가시스템을 구성하고 있는 의사결정 계층구조를 총 35명의 전문가 그룹을 대상으로 계층의사분석을 수행하였고 이를 통해서 얻은 결론은 다음과 같다.

1. 타당성 평가시스템의 상위지표를 대상으로 분석한 결과, 도로관리 측면이 35.0%, 공공시설 측면이 33.9%, 도시환경 측면이 31.1%로써 상위지표 3 부문이 고른 가중치와 중요도를 나타내고 있다.
2. 도로관리 부문에 대한 6개 하위지표 중 도로의 기능(7.3%), 도로의 반복굴착 정도(7.2%), 교통 통행량(6.9%)이 비교적 높게 분석되었으며 공공시설 부문은 공동구로 직접 수용될 수 있는 중요 매설물의 지수(12.6%)가 도시환경 부문은 주변 개발계획의 현황(9.9%)이 전체 16개 하위지표 중 비교적 높은 가중치를 가지는 것으로 분석되었다.
3. 계층의사분석의 신뢰도 검증을 위해서 전문가 응답의 일관성 비율(CR)을 분석한 결과, 상위지표에 대한 일관성 비율이 최대 4.6%, 도로관리 부문이 최대 8.1%, 공공시설 부문이 최대 8.5%, 도시환경 부문이 최대 8.9%로써 모두 10% 이내의 응답 신뢰도를 확보하였다.

이와 같이, 본 연구를 통해서 도출된 정량적 가중치를 활용해서 종합 평가시스템의 구현이 가능한 프로그램 개발의 토대가 구축되었으므로 향후 연구단계에서는 종합적 평가시스템의 정량적 평가방법과 효율적인 프로그래밍 및 로직 개발에 대한 추가 연구가 진행될 예정이다. 또한 본 연구에서 도출된 타당성 평가절차와 지표 항목별 정량적 가중치는 도심지 공동구에 필요한 새로운 지표 항목이 대두될 경우 본 연구에서와 같은 방식으로 수정하여 사용할 수 있다.

## 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. Alonso, J.A., Lamata, M.T. (2006), “Consistency in the analytic hierarchy process: A new approach”, International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems, Vol. 14, No. 4, pp. 445-459.
2. An, J.W., Kim, H.K. (2016), “Developments of performance-based assessment technique for existing tunnels”, Journal of Korean Tunneling and Underground Space Association, Vol. 18, No. 6, pp. 525-533.

3. 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.
4. Lee, S.W., Sim, Y.J., Na, G.T. (2017), "A fundamental study on the development of feasibility assessment system for utility tunnel by urban patterns", *Journal of Korean Tunneling and Underground Space Association*, Vol. 19, No. 1, pp. 11-27.
5. Saaty, T.L. (1980), "The analytic hierarchy process", New york, McGraw-Hill.
6. Saaty, T.L. (1990), "How to make a decision: The analytic hierarchy process", *European Journal of Operational Research*, Vol. 48, No. 1, pp. 9-26.
7. Saaty, T.L. (2008), "Decision making with the analytic hierarchy process", *International Journal of Services Sciences*, Vol. 1, No. 1, pp. 83-98.
8. Seong, J.H., Jung, M.H. (2017), "Determination of priorities for management to reduce collapse accident of open excavation and road sink in urban areas", *Journal of Korean Tunneling and Underground Space Association*, Vol. 19, No. 3, pp. 489-501.
9. Seoul Metropolitan Government (2014), "A report of the feasibility and basic planning establishment for urban utility tunnels in Seoul", Road Facilities Division.
10. Sim, Y.J., Jin, K.N., Oh, W.J., Cho, C.Y. (2017), "Development of evaluation model for optimum design of multi-utility tunnel in urban area", *Journal of Korean Tunneling and Underground Space Association*, Vol. 19, No. 3, pp. 437-447.