

# 정량적 지표평가와 비용·편익 분석을 활용한 도심지 공동구의 타당성 평가기법 연구

이성원<sup>1</sup> · 정지승<sup>2</sup> · 나귀태<sup>3\*</sup> · 방명석<sup>4</sup> · 이정배<sup>5</sup>

<sup>1</sup>정회원, 한국건설기술연구원 지반연구소 연구위원

<sup>2</sup>비회원, 동양대학교 건설공학과 정교수

<sup>3</sup>정회원, (주)한국종합기술 구조부 연구원

<sup>4</sup>비회원, 한국교통대학교 교통시스템공학과 정교수

<sup>5</sup>정회원, 한국교통대학교 교통시스템공학과 박사과정

## A study on the feasibility evaluation technique of urban utility tunnel by using quantitative indexes evaluation and benefit · cost analysis

Seong-Won Lee<sup>1</sup> · Jee-Seung Chung<sup>2</sup> · Gwi-Tae Na<sup>3\*</sup> · Myung-Seok Bang<sup>4</sup> ·  
Joung-Bae Lee<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Senior Research Fellow, Geotechnical Engineering Research Institute, Korea Institute of Civil  
Engineering and Building Technology

<sup>2</sup>Professor, Dept. of Civil Engineering, Dongyang University

<sup>3</sup>Research Fellow, Dept. of Structural Engineering, Korea Engineering Consultant Corporation

<sup>4</sup>Professor, Dept. of Transportation System Engineering, Korea National University of  
Transportation

<sup>5</sup>Doctoral Course Fellow, Dept. of Transportation System Engineering, Korea National  
University of Transportation

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

### OPEN ACCESS

Journal of Korean Tunnelling and  
Underground Space Association  
21(1)61-77(2019)  
<https://doi.org/10.9711/KTAJ.2019.21.1.061>

eISSN: 2287-4747

pISSN: 2233-8292

Received October 16, 2018

Revised November 12, 2018

Accepted November 16, 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 © 2019, Korean Tunnelling and Underground  
Space Association

### Abstract

If a new utility tunnel is planned for high density existing urban areas in Korea, a rational decision-making process such as the determination of optimum design capacity by using the feasibility evaluation system based on quantitative evaluation indexes and the economic evaluation is needed. Thus, the previous study presented the important weight of individual higher-level indexes (3 items) and sub-indexes (16 items) through a hierarchy analysis (AHP) for quantitative evaluation index items, considering the characteristics of each urban type. In addition, an economic evaluation method was proposed considering 10 benefit items and 8 cost items by adding 3 new items, including the effects of traffic accidents, noise reduction and socio-economic losses, to the existing items for the benefit · cost analysis suitable for urban utility tunnels. This study presented a quantitative feasibility evaluation method using the important weight of 16 sub-index items such as the road management sector, public facilities sector and urban environment sector. Afterwards, the results of quantitative

feasibility and economic evaluation were compared and analyzed in 123 main road sections of the Seoul. In addition, a comprehensive evaluation method was proposed by the combination of the two evaluation results. The design capacity optimization program, which will be developed by programming the logic of the quantitative feasibility and economic evaluation system presented in this study, will be utilized in the planning and design phases of urban community zones and will ultimately contribute to the vitalization of urban utility tunnels.

**Keywords:** Urban utility tunnel, Feasibility evaluation, Quantitative indexes evaluation, Optimum design capacity, Economic evaluation

## 초 록

밀집도가 높은 국내 기존 도심지를 대상으로 공동구를 새로이 계획할 경우에는 정량적 평가지표에 의한 타당성 평가시스템과 경제성 평가를 이용한 최적 설계용량 결정 등의 합리적인 의사결정 과정이 필요하다. 그러므로 이전 연구에서는 도심지 유형별 특성을 고려한 의사결정 계층구조를 구성하고 정량적 평가지표 항목에 대한 계층의사분석(AHP)을 통해서 개별 상위지표(3개) 부문과 하위지표(16개) 항목의 중요도 가중치를 제시하였다. 또한 도심지 공동구에 적합한 비용·편익 분석을 위해서 교통사고 감소효과, 차량소음 저감효과, 사회·경제적 손실 등의 3개 항목을 새로이 추가하여 10개의 편익 항목, 8개의 비용 항목을 고려한 경제성 평가방법이 제시되었다. 본 연구는 도로관리, 공공시설, 도시환경 부문의 하위 16개 평가지표의 중요도 가중치를 활용한 정량적 타당성 평가방법을 제시하고 서울시 주간선도로 123개 구간을 대상으로 타당성 평가를 실시하였다. 또한 타당성 평가결과와 경제성 평가결과를 비교하여 문제점을 분석하고 두 평가결과의 조합에 의한 종합평가 방법을 제시하였다. 본 연구에서 제시된 정량적 타당성 평가와 경제성 평가시스템의 로직을 프로그래밍하여 개발할 예정인 설계용량 최적화 프로그램은 도심지 공동구의 계획 및 설계 단계에서 활용되며 궁극적으로 도심지 공동구 활성화에 기여하게 될 것이다.

**주요어:** 도심지 공동구, 타당성 평가, 정량적 지표평가, 최적 설계용량, 경제성 평가

## 1. 서론

주거, 상업 서비스, 교통, Life-Line의 밀집도가 높은 국내 도심지를 대상으로 공동구를 새로이 계획할 경우에는 매설된 각종 Life-Line의 이설비용 부담과 이에 따른 사업시행자의 책임문제, 수용시설의 종류 및 규모에 따른 기관별 의견충돌 문제, 건설재원의 조달 및 분담비용 설정 문제 등의 어려움이 발생하게 된다(Sim et al., 2017). 그러므로 수용기관과 사업시행자 간의 합의로 원활한 사업추진이 가능하도록 데밍사이클(Deming Cycle) 기법을 이용한 설계용량 최적화 과정 중 정량적 타당성 평가방법, 비용·편익 분석을 활용한 경제성 평가방법, 단면 최적화 설계방법 등이 연구되고 있다(Lee et al., 2017; Sim et al., 2018).

본 연구는 도심지 공동구에 적합한 도로관리, 공공시설, 도시환경 부문으로 구성된 16개 평가지표와 항목별 중요도 가중치 분석결과(Chung and Na, 2018)를 바탕으로 정량적 타당성 평가방법을 제시하였으며 서울시 주간선도로 123개 구간 258.34 km를 대상으로 타당성 평가를 수행함으로써 평가방법의 검증을 수행하였다. 또한 비용·

편익 분석 항목에 대한 이전의 연구(Cho et al., 2018)에 기초한 경제성 평가결과와 정량적 타당성 평가결과를 비교하고 문제점을 분석한 이후 두 평가결과의 조합에 의한 종합평가 방법을 제시하였다.

## 2. 평가 항목 설정에 관한 연구 배경

도심지 공동구에 대한 정량적 타당성 평가를 위해서는 지표항목을 설정하고 항목별 가중치를 결정해야 하므로 Chung and Na (2018)에서는 설계전문가와 공공 관리자 그룹을 대상으로 계층의사 분석을 수행함으로써 평가항목별 가중치를 결정하였다. 또한 Cho et al. (2018)는 도심지 공동구에 적합한 비용·편익 분석을 위해서 교통사고 감소효과, 차량소음 저감효과, 사회·경제적 손실 등의 3개 항목을 새로이 추가한 10개의 편익 항목과 8개의 비용 항목을 제시하였다.

### 2.1 정량적 타당성 평가를 위한 지표항목 및 중요도 가중치

Chung and Na (2018)에서는 정량적 타당성 평가를 위한 도로관리 부문의 하위지표 6개 항목, 공공시설 부문의 5개 항목, 도시환경 부문의 5개 항목 등 총 16개 평가지표로 Table 1과 같이 제시하고 있다. 도로관리 부문(Fa-1)은 대상 도로의 기능(A-01), 도로의 규모(A-02), 교통량(A-03), 보행량(A-04), 주변 인구밀도(A-05), 반복 굴착 정도(A-06)에 대한 총 6개 하위지표를 대표하는 상위지표이다. 또한 공공시설 부문(Fa-2)은 도로에 설치되어 있는 총 매설물의 규모(B-01), 공동구로 수용되는 중요 매설물의 규모(B-02), 공동구의 네트워크화를 평가하기 위한 노선의 교차 횟수(B-03), 지진 등 재해로 인한 공급 장애가 발생할 경우 그 피해 규모를 평가할 수 있는 방재지수(B-04, 주변 업무종사자 수), 매설 관로의 설치이력(B-05)을 포함한다. 도시환경 부문(Fa-3)의 하위지표는 도로 주변의 토지이용 용도지역 구분(C-01), 개발 밀도를 추정할 수 있는 용적률(C-02, 시가화율), 뉴타운 및 재개발, 지하철 및 대규모 지하개발 등 도심 재정비에 따른 신규 공급 수요를 평가할 수 있는 개발계획(C-03), 가공선로의 지중화 현황(C-04), 지중 공급시설의 정비 효과를 평가하기 위한 매설물지수(C-05)로 구성된다(Chung and Na, 2018).

복합적으로 영향을 받는 의사결정 문제의 정량화에는 델파이 기법과 계층의사분석 기법이 널리 사용되고 있으며 델파이 기법은 집단적인 토의 과정에 참여할 수 있는 전문가 패널의 구성적 측면에서 한계가 있으므로 참여기관과 폭넓은 전문가를 대상으로 분석의 신뢰도를 높일 수 있도록 계층의사분석 기법을 적용하였다(Seong and Jung, 2017; Saaty, 2008). 공동구 전문가 총 35명을 대상으로 70개의 설문자료가 일관성 비율(CR)이 0.1 혹은 10% 이상으로 조사될 경우에는 응답을 수정, 보완하였으며 계층의사분석을 통해서 도출된 가중치를 Table 1로 요약하였다(Chung and Na, 2018). 총 16개 지표항목의 분석결과, 도로관리 부문의 도로의 기능(7.3%), 도로의 반복굴착 정도(7.2%), 교통 통행량(6.9%) 항목과 공공시설 부문의 중요 매설물의 지수(12.6%), 도시환경 부문의 주변 개발계획의 현황(9.9%) 등이 비교적 높은 가중치를 가지는 것으로 분석되었다.

**Table 1.** Result of a study on the quantitative feasibility evaluation index by AHP analysis (Chung and Na, 2018)

Quantitative evaluation sub-indexes (16 items)			Important weight	Analysis result graph by 70 questionnaires
Road management sector (6 items)  'Fa-1'	Function of road	A-01	7.3%	
	Road scale	A-02	6.8%	
	Traffic density	A-03	6.9%	
	Pedestrian number	A-04	2.5%	
	Population density	A-05	4.2%	
	Degree of repeated excavation	A-06	7.2%	
Public facilities sector (5 items)  'Fa-2'	Burials index (degree of burials)	B-01	7.4%	
	Significant burials index	B-02	12.6%	
	Number of road junction	B-03	4.0%	
	Disaster prevention index	B-04	5.9%	
	History of pipe installation	B-05	4.1%	
Urban environment sector (5 items)  'Fa-3'	Usage area	C-01	5.9%	
	Ratio of floor area to site	C-02	4.4%	
	Development plan	C-03	9.9%	
	Existence of aerial power lines	C-04	4.4%	
	Degree of burials	C-05	6.5%	

## 2.2 비용·편익 분석 항목

도심지 공동구의 경제적 타당성을 평가하기 위한 이전 연구에서는 비용·편익 분석을 위한 편익항목 7개와 비용항목 5개를 고려하고 있다(Kang and Choi, 2015; Sim et al., 2016). 최근 Cho et al. (2018)는 교통사고 감소효과, 주행 차량소음 저감효과, 사회·경제적 손실효과 등 3가지 항목을 추가한 편익항목 10개와 비용항목 8개를 고려하도록 Table 2와 같이 제시하였으며 Cho et al. (2018)의 분석항목을 활용한 경제성 평가결과를 타당성 평가결과와 비교하고 문제점을 해결할 수 있도록 종합적 평가방법을 제시하고자 한다.

**Table 2.** Evaluation items of benefit · cost ratio analysis for the urban utility tunnel (Cho et al., 2018)

Benefit items (10 EA)		Cost items (8 EA)	
B1	Repeat excavation cost	C1	Initial construction cost
B2	Pipeline replacement cost	C2	Maintenance cost
B3	Road user cost	C3	Dismantling disposal cost
B4	Environment cost	C4	Indirect road user cost
B5	Disaster risk cost	C5	Indirect environmental cost
B6	Future expansion cost	C6	Indirect reduced traffic accidents (add)
B7	Pedestrian traffic cost	C7	Indirect vehicle noise reduction (add)
B8	Reduced traffic accidents (add)	C8	Indirect socio-economic loss cost (add)
B9	Vehicle noise reduction (add)	-	-
B10	Socio-economic loss (add)	-	-

Cho et al. (2018)에 의한 도심지 공동구의 편익항목은 반복굴착비용(B1), 관로교체비용(B2), 도로이용자비용(B3), 환경오염비용(B4), 재해위험도비용(B5), 장래확장비용(B6), 보행통행비용(B7), 교통사고 감소비용(B8), 주행 차량소음 저감비용(B9), 사회·경제적 손실비용(B10) 등의 10항목이고 비용항목은 초기공사비용(C1), 유지관리비용(C2), 해체계기비용(C3), 도로이용자 간접비용(C4), 환경오염 간접비용(C5), 교통사고 감소 간접비용(C6), 주행 차량소음 저감 간접비용(C7), 사회·경제적 손실 간접비용(C8)의 8항목으로 분류하고 있다.

### 3. 정량적 타당성 평가방법

#### 3.1 지표항목에 의한 정량적 타당성 평가방법

지표항목에 의한 정량적 타당성 평가는 연구 배경 Table 1의 도로관리, 공공시설, 도시환경 부문의 하위 16개 지표항목에 대한 개별 가중치를 항목별 평가점수에 곱하여 합산하는 방식으로써 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다. 또한 대상 구간의 항목별 평가점수( $Sc_i$ )는 상, 중, 하의 3등급 평가를 실시하고 등급별 30%씩 차감한 점수를 적용하도록 제시하였으며, 지표 항목별 세부 평가방법은 다음의 Table 3과 같다.

$$\text{Feasibility evaluation score of indexes (Fa)} = \sum_i^n (Wa_i \times Sc_i) \quad (1)$$

여기서,  $Wa_i$ : 평가지표 항목별 중요도 가중치(%),  $\sum Wa_i = 100\%$

$Sc_i$ : 평가지표 항목별 세부 평가점수

$n$ : 평가지표 항목의 총 수( $n = 16$ )

**Table 3.** Result of a study on the quantitative feasibility evaluation index by AHP analysis

Quantitative evaluation sub-indexes (16 items)		Important weight	Evaluation grade	Evaluation contents	Score of indexes
Function of road	A-01	7.3%	H	If the evaluation section is the main-road of the urban area	100
			M	If the evaluation section is the auxiliary main-road of the urban area	70
			L	If the evaluation section is an inadequate road to built the utility tunnel	40
Road scale	A-02	6.8%	H	The width of the road is over 40 meters	100
			M	The width of the road is over 30 meters	70
			L	The width of the road is less than 30 meters or section is an inadequate road	40
Traffic density	A-03	6.9%	H	Traffic density in the evaluation section is over 120% of the average traffic	100
			M	Traffic density in the evaluation section is over 80% of the average traffic	70
			L	Less than 80% of the average traffic or section is an inadequate road	40
Pedestrian number	A-04	2.5%	H	Pedestrian number is over 120% of the average	100
			M	Pedestrian number is over 80% of the average	70
			L	Less than 80% of the average or section is an inadequate road	40
Population density	A-05	4.2%	H	Population density is over 120% of the average	100
			M	Population density is over 80% of the average	70
			L	Less than 80% of the average or section is an inadequate road	40
Degree of repeated excavation	A-06	7.2%	H	Degree of repeated excavation is over 120% of the average	100
			M	Degree of repeated excavation is over 50% of the average	70
			L	Less than 50% of the average or section is an inadequate road	40
Burials index (degree of burials)	B-01	7.4%	H	Excavation assumption area by burial is over 120% of the average	100
			M	Excavation assumption area by burial is over 80% of the average	70
			L	Less than 80% of the average or section is an inadequate road	40
Significant burials index	B-02	12.6%	H	Excavation assumption area by significant main-burial is over 120% of the average	100
			M	Excavation assumption area by significant main-burial is over 80% of the average	70
			L	Less than 80% of the average or section is an inadequate road	40
Number of road junction	B-03	4.0%	H	Number of road junction is over 120% of the average	100
			M	Number of road junction is over 50% of the average	70
			L	Less than 50% of the average or section is an inadequate road	40

**Table 3.** Result of a study on the quantitative feasibility evaluation index by AHP analysis (continue)

Quantitative evaluation sub-indexes (16 items)		Important weight	Evaluation grade	Evaluation contents	Score of indexes
Disaster prevention index	B-04	5.9%	H	Number of employed is over 120% of the average	100
			M	Number of employed is over 60% of the average	70
			L	Less than 60% of the average or section is an inadequate road	40
History of pipe installation	B-05	4.1%	H	Main life-line is installed more than 30 years ago	100
			M	Main life-line is installed more than 20 years ago	70
			L	Less than 20 years ago or section is an inadequate road	40
Usage area	C-01	5.9%	H	If the evaluation section is located in a urban commercial area	100
			M	If the evaluation section is located in a industrial area or residential area	70
			L	Located in a natural area or section is an inadequate road	40
Ratio of floor area to site	C-02	4.4%	H	Ratio of floor area to site is over 120% of the average	100
			M	Ratio of floor area to site is over 80% of the average	70
			L	Less than 80% of the average or section is an inadequate road	40
Development plan	C-03	9.9%	H	If the evaluation section is included in the linked large development plan	100
			M	If the evaluation section overlays the existing subway lines with less than 30%	70
			L	Overlays the existing subway lines with more than 30% or section is an inadequate road	40
Existence of aerial power lines	C-04	4.4%	H	Overlays the existing high voltage power lines on the road with more than 1.5-lines	100
			M	Overlays the existing high voltage power lines on the road	70
			L	High voltage power lines installed underground or section is an inadequate road	40
Degree of burials	C-05	6.5%	H	Excavation assumption area by burial is over 120% of the average	100
			M	Excavation assumption area by burial is over 80% of the average	70
			L	Less than 80% of the average or section is an inadequate road	40

이와 같이, 정량적 지표에 의한 타당성 평가는 기존 도심지를 대상으로 추출된 Life-line의 최적 수용량과 터널 식, 개착식 공동구 등의 대안 형식선정 및 규모결정 등에 활용될 수 있으며 계획 구간 내 투자우선순위 설정, 일부 진행중인 사업에 대한 투자효율성 검증 등에 활용할 수 있다.

### 3.2 비용·편익 분석에 의한 경제적 타당성 평가방법

경제적 타당성 평가는 도심지 공동구를 도입함으로써 발생하는 편익(Benefit)이 초기 건설비용과 유지관리비용 등 사업 목표 달성을 위해서 지불해야 하는 비용(Cost) 보다 크거나 적절한 수준 이상일 경우 도심지 공동구가 사업 타당성이 있다고 판단하게 되므로 대상 구간에 적합한 공동구 형식간의 비교, 전체 도로구간 중 우선 설치구간의 선정 등을 위해서 필수적으로 검토되어야 한다.

## 4. 정량적 타당성 평가 및 검증

### 4.1 평가지표에 의한 정량적 타당성 평가 및 비용·편익 분석

평가지표에 의한 정량적 지표평가는 도로관리, 공공시설, 도시환경 측면에 대한 하위 16개 항목의 중요도 가중치(Table 2)를 항목별 평가점수(Table 3)와 곱하여 합산하는 방식을 사용하였으며 이에 따른 지표평가 결과 값은 40~100점 구간에서 평가가 이루어 지도록 하였다. 비용·편익 분석에 의한 경제성 평가는 Cho et al. (2018)에서 추가로 제시한 교통사고 감소효과, 주행 차량소음 저감효과, 사회·경제적 손실 저감효과 등을 포함하여 편익항목 10개와 비용항목 8개를 모두 고려한 분석 결과를 사용하였으며 분석에 사용된 할인률은 3.2%이고 분석기간은 이전 연구결과와 마찬가지로 75년을 적용하였다.

### 4.2 평가대상 노선 및 구간 선정

타당성 평가 대상구간은 Table 4에서와 같이 도심지 공동구 도입에 유리한 서울시의 주간선도로 26개 노선을 181개 구간으로 나뉜 423.42 km를 적용하였으며 1차로 도심지 공동구가 적합하지 않은 천변도로, 하천 횡단교량, 터널, 녹지 구간 등의 58개 구간을 제외하였다(Seoul Metropolitan Government, 2014).

**Table 4.** Consideration main road-lines and sectors for quantitative indexes and economic evaluation in Seoul

Division	Total main road lines	Total road-sectors	Consideration of road-sectors	Cho et al. (2018)
Number of lines or sectors	26 EA	181 EA	123 EA	61 EA
Sum of length	423.42 km	423.42 km	258.34 km	258.34 km

58개 구간을 제외한 123개 258.34 km를 대상으로 평가지표에 의한 정량적 타당성 평가를 수행하였고 Cho et al. (2018)에서 사용한 방식을 적용하여 123개 구간의 개착식과 터널식 공동구에 대한 비용·편익 분석 결과 값을 도출하였다. 여기서, 비용·편익 분석 항목을 설정하기 위한 Cho et al. (2018)에서는 61개 구간을 대상으로 항목별 분석 결과를 비교, 검토한 것으로서 구간을 123개로 세분화하고 비용·편익 분석 결과 값을 적용한 본 논문과는 차이가 있다.



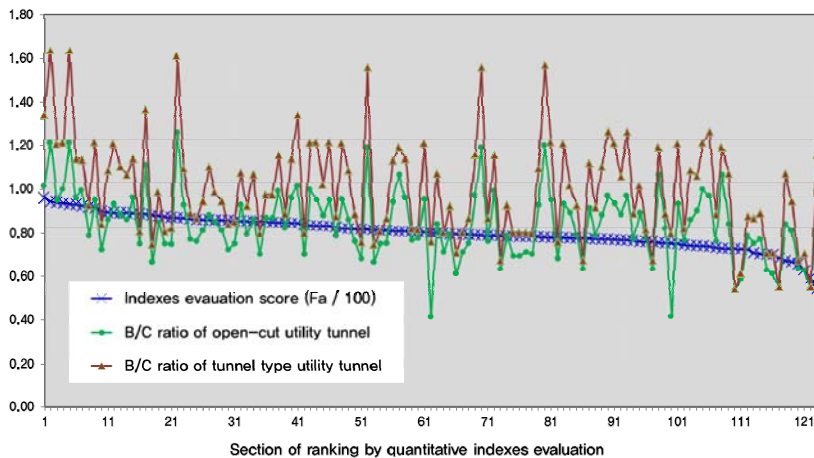
### 4.3 정량적 타당성 평가결과 및 검증

서울시의 구간선도로26개 노선을 123개 구간으로 구분한 258.34 km를 대상으로 연구배경의16개 평가지표에 의한 정량적 타당성 평가를 수행한 결과, 아래 Table 5와 같이 90점 이상의 양호한 구간이 10개소, 80점 이상이 53개소, 70점 이상이 53개소, 70점 미만이 7개소로 분석되었다. 평가지표에 의한 정량적 타당성이 가장 높은 구간은 강남대로 강남역~한남대교 남단 구간이 96.13점으로 가장 높고 우면동 시계 중앙로 구간이 54.13점으로 가장 낮게 분석되었으며, 123개 구간은 모두 96.13~54.13점의 개별 평가점수를 획득하였다.

**Table 5.** Consideration main road-lines and sectors for quantitative indexes and economic evaluation in Seoul

Division	Fa ≥ 90	90 > Fa ≥ 80	80 > Fa ≥ 70	70 > Fa	Total sectors
Number of road-sectors	10 EA	53 EA	53 EA	7 EA	123 EA

123개 구간을 정량적 타당성 평가점수 순으로 Fig. 1과 같이 나열하고 해당 구간의 평가점수와 비용·편익 분석결과를 도식화하였다. 비용·편익 분석 결과는 연구배경 Cho et al. (2018)의 분석항목을 사용하여 개착식 공동구와 터널식 공동구로 구분하였고 123개 구간으로 세분화해서 평가지표에 의한 정량적 타당성 평가결과와 비교될 수 있도록 하였다. 16개 평가지표에 의한 타당성 평가 점수가 높은 구간이 대체로 B/C 비가 높게 분석되었으나 Fig. 1에서와 같이 개착식 혹은 터널식 적용에 따라서 편차가 심하게 발생하고 있다. 연구 배경의 이전 연구내용을 보면, 평가지표에 의한 타당성 평가는 교통량 조사 내용이 차지하는 비율이 6.9% 수준이나 비용·편익 분석 항목은 교통량에 의해서 파생된 편익과 비용 항목이 큰 비중을 차지하고 있기 때문이다. 그러므로 비용·편익 분석에서 고려하지 못하는 평가지표 항목에 정량적 가중치를 적용해서 타당성 평가가 수행되기 때문에 적절한 비율에 의해서 조합평가 하는 것이 효율적이라 판단된다.



**Fig. 1.** Graph of quantitative indexes evaluation and B/C analysis for the urban utility tunnel

아래 Table 6은 평가지표에 의한 정량적 타당성 평가결과, 가장 높은 점수를 획득한 20개 구간을 순서대로 나열한 것으로써, 강남대로 강남역~한남대교 구간이 96.13점, 영동대로 삼성역~영동대교 구간이 94.33점으로 1순위에 근접한 평가점수를 획득하였으며 강동대로, 남부순환로 등이 차순위에 위치하고 있다. 총 10개 구간이 지표 평가 결과 90점 이상으로 공동구 도입여건이 가장 양호한 것으로 분석되었으며 대체로 터널식 공동구 형식이 개착식에 비해서 경제적 타당성이 높게 분석되었다. 그러나 Table 6에서 3개 구간은 개착식 공동구에 대한 B/C 비가 1.11~1.21이므로 도로 폭이 넓어 우회공사가 가능할 경우에는 일부 도심지에서도 개착식 공동구 또한 경제적 타당성을 확보한 것을 알 수 있다.

**Table 6.** Quantitative indexes and economic evaluation on high rank 20 sectors

Indexes evaluation priority	Division of target section	Length of sector (km)	Utility tunnel (km)	Score of indexes evaluation	B/C ratio		Adoped type	Remarks (combined priority)
					Open-cut type	Tunnel type		
1	NO. 27-6: Gangnam-daero (Hannam bridge - Intersection of Gangnam station)	2.60	2.60	96.13	1.02	1.34	Tunnel	10
2	NO. 32-4: Yeongdong-daero (Yeongdong bridge - Intersection of Samseong station)	1.90	1.90	94.33	1.21	1.64	Open-cut	1
3	NO. 48-6: Gangdong-daero (Olympic bridge - Intersection of Seo-hanam IC)	3.50	3.50	93.94	0.95	1.20	Tunnel	3
4	NO. 42-12: Southern circuit daero (Interseccion of Gaebong 1 dong - Shinwol IC)	2.74	2.74	93.67	1.00	1.21	Tunnel	2
5	NO. 32-3: Yeongdong-daero (Intersection of Samseong station - Inters. of Ilwon tunnel)	2.50	1.50	93.13	1.21	1.64	Open-cut	4
6	NO. 30-2: Gosanja-ro (Gyeongdong Market - Inters. of Korea university gate)	1.30	1.30	93.10	0.96	1.14	Tunnel	7
7	NO. 21-6: Yeouidaebang-ro (Interseccion of Daebang station - Inters. of Daelim)	2.80	2.80	92.44	0.99	1.14	Tunnel	9
8	NO. 29-2: Nonhyeon-ro (Inters. of Yangjae telephone office - Inters. of Yeoksam station)	1.80	1.80	91.99	0.79	0.93	Tunnel	37
9	NO. 42-4: Southern circuit daero (Suseo IC - Inters. of Daechi station)	3.20	3.20	91.54	0.95	1.22	Tunnel	5
10	NO. 31-1: Songpa-daero (Inters. of Seokchon station - Songpa IC)	3.37	3.37	90.28	0.73	0.84	Tunnel	57

**Table 6.** Quantitative indexes and economic evaluation on high rank 20 sectors (continue)

Indexes evaluation priority	Division of target section	Length of sector (km)	Utility tunnel (km)	Score of indexes evaluation	B/C ratio		Adoped type	Remarks (combined priority)
					Open-cut type	Tunnel type		
11	NO. 42-2: Yangjae-daero (Inters. of Gildong - Inters. of Olympic Park)	2.77	2.77	89.65	0.87	1.08	Tunnel	17
12	NO. 42-9: Southern circuit daero (Inters. of Sinlim station - Inters. of Digital Complex)	3.55	2.35	89.44	0.93	1.21	Tunnel	8
13	NO. 32-6: Dongil-ro (Inters. of Donggok - Inters. of Yeongdong bridge)	3.64	3.64	89.41	0.89	1.10	Tunnel	13
14	NO. 45-9: Bongeunsa-ro (Inters. of Kyobo Tower - Inters. of COEX)	3.90	3.90	89.38	0.86	1.07	Tunnel	20
15	NO. 30-3: Gosanja-ro (Inters. of Muhak girls highschool - Gyeongdong Market)	2.40	2.40	89.17	0.96	1.14	Tunnel	11
16	NO. 51-3: Gyeongin-ro (Inters. of Street Park entrance - Yeongdeungpo Rotary)	2.47	2.47	88.99	0.75	0.81	Tunnel	64
17	NO. 26-3: Banpo-daero (Inters. of Seoul Arts Center - Banpo bridge)	2.90	2.90	88.90	1.11	1.37	Open-cut	15
18	NO. 45-1: Gonghang-daero (Inters. of Kimpo airport entrance - Inters. of Balsan station)	3.00	1.20	88.54	0.67	0.75	Tunnel	78
19	NO. 21-8: Siheung-daero (Siheung IC - Inters. of Siheung)	2.70	1.95	88.15	0.85	0.98	Tunnel	40
20	NO. 51-2: Gyeongin-ro (Inters. of Gaebong - Inters. of Street Park entrance)	3.11	3.11	87.76	0.75	0.81	Tunnel	70

## 5. 조합에 의한 종합적 타당성 평가

국내의 대규모 공공 개발사업은 경제성 분석에서 계량화하기 어려운 직접적 또는 간접적인 사업효과를 정량화한 타당성 평가점수와 비용·편익 분석 결과를 백분위로 표준화시켜 조합함으로써 종합적인 타당성을 평가하고 이를 이용해서 개발사업의 추진 여부, 투자 우선순위 결정 및 조정 등의 의사결정을 실시하고 있다. 그러므로 도로관리, 공공시설, 도시환경 측면의 16개 평가지표에 의한 정량적 타당성 평가점수와 비용·편익 분석결과를 아래 Fig. 2와 같이 백분위로 표준화시킨 조합방법의 종합평가가 필요하다.

본 연구에서는 서울시 주간선도로 123개 구간의 분석 사례를 바탕으로 정량적 평가지표에 의한 타당성 평가점수의 60%와 비용·편익 분석 결과를 백분위로 표준화시킨 경제성 평가점수의 40%를 조합한 종합점수를 이용한 종합적 타당성 평가를 아래 Fig. 2와 Fig. 3에서와 같이 실시하였다. Fig. 2는 종합평가 점수의 순서로 해서 전체 구간에 대한 종합평가 점수와 타당성 평가점수, 경제성 평가점수를 도식화한 것이며 Fig. 3은 상위 20개 구간에 대한 세부 평가결과이다. Fig. 2와 Fig. 3에서 구간별 종합평가 점수가 타당성 평가점수와 경제성 평가점수를 합리적으로 보완하였다.

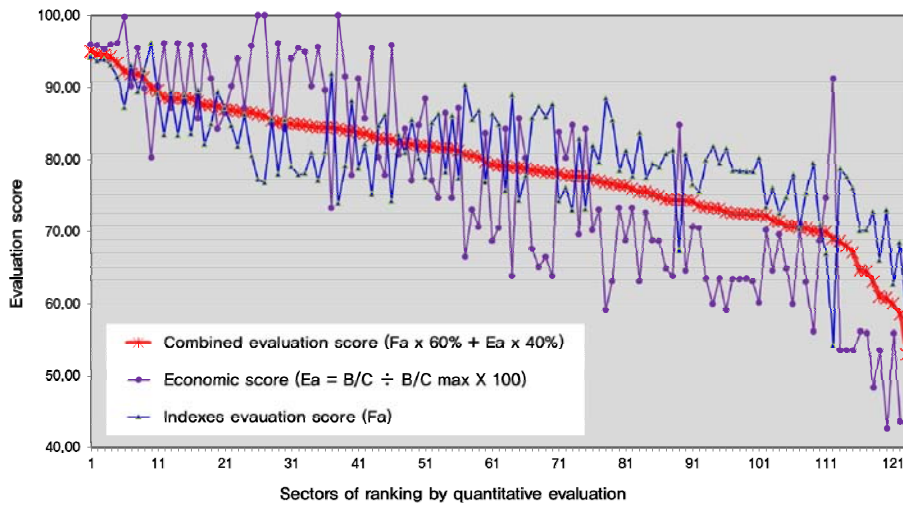


Fig. 2. Graph of combined feasibility evaluation score for the urban utility tunnel

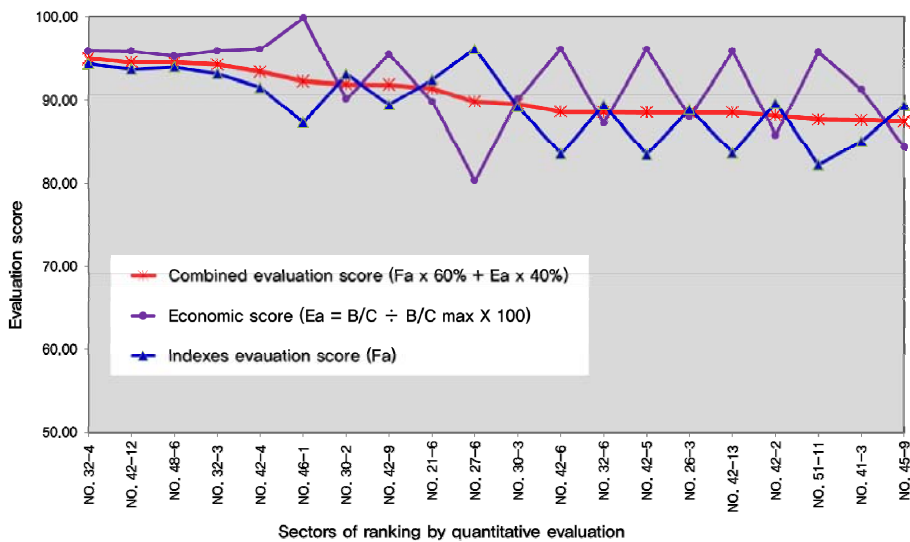


Fig. 3. Graph of combined feasibility evaluation of the urban utility tunnel on high-rank 20 sectors

Fig. 3에서 도식화된 종합평가 상위 20개 구간의 세부 평가결과를 다음의 Table 7로 나타내었다. 조합된 종합적 타당성 평가에 의하면 정량적 타당성 평가점수가 가장 높은 강남대로의1순위 구간(NO.27-6)이 종합 순위에서는 10 순위로 하향 조정될 수 있고 종로의 48순위 구간(NO.51-11)이 종합 순위에서는 18 순위로 상향 조정될 수 있다. 또한 종합적 타당성 평가를 위한 경제성 평가점수는 Table 7에서와 같이 평가 대상 구간에 적합한 공동구 형식을 선정하고 조정된 평가점수를 반영하고 있으므로 개착식 공동구의 B/C ratio가 사업성이 큰 것으로 분석될 경우에는 개착식 적용을 고려해야 한다.

**Table 7.** Combined feasibility evaluation of the urban utility tunnel on high rank 20 sectors

Combined evaluation priority	Division of target section	Length of sector (km)	Utility tunnel (km)	Indexes evaluation score (priority)	Adoped type	Adoped B/C ratio	Economic evaluation score	Combined evaluation score
1	NO. 32-4: Yeongdong-daero (Yeongdong bridge - Intersection of Samsong station)	1.9	1.9	94.33 (2)	Open-cut	1.21	95.86	94.94
2	NO. 42-12: Southern circuit daero (Interseccion of Gaebong 1 dong - Shinwol IC)	2.74	2.74	93.67 (4)	Tunnel	1.21	95.81	94.53
3	NO. 48-6: Gangdong-daero (Olympic bridge - Intersection of Seo-hanam IC)	3.5	3.5	93.94 (3)	Tunnel	1.20	95.28	94.48
4	NO. 32-3: Yeongdong-daero (Intersection of Samsong station - Inters. of Ilwon tunnel)	2.5	1.5	93.13 (5)	Open-cut	1.21	95.86	94.22
5	NO. 42-4: Southern circuit daero (Suseo IC - Inters. of Daechi station)	3.2	3.2	91.54 (9)	Tunnel	1.22	96.12	93.37
6	NO. 46-1: Sunyue-ro (Inters. of Gyeongin expressway entrance - Yanghwa bridge)	1.19	1.19	87.25 (22)	Open-cut	1.26	99.82	92.28
7	NO. 30-2: Gosanja-ro (Gyeongdong Market - Inters. of Korea university gate)	1.3	1.3	93.10 (6)	Tunnel	1.14	90.14	91.91
8	NO. 42-9: Southern circuit daero (Inters. of Sinlim station - Inters. of Digital Complex)	3.55	2.35	89.44 (12)	Tunnel	1.21	95.45	91.85
9	NO. 21-6: Yeouidaebang-ro (Interseccion of Daebang station - Inters. of Daelim)	2.8	2.8	92.44 (7)	Tunnel	1.14	89.85	91.41
10	NO. 27-6: Gangnam-daero (Hannam bridge - Intersection of Gangnam station)	2.6	2.6	96.13 (1)	Tunnel	1.02	80.34	89.82

**Table 7.** Combined feasibility evaluation of the urban utility tunnel on high rank 20 sectors (continue)

Combined evaluation priority	Division of target section	Length of sector (km)	Utility tunnel (km)	Indexes evaluation score (priority)	Adoped type	Adoped B/C ratio	Economic evaluation score	Combined evaluation score
11	NO. 30-3: Gosanja-ro (Inters. of Muhak girls highschool - Gyeongdong Market)	2.4	2.4	89.17 (15)	Tunnel	1.14	90.14	89.56
12	NO. 42-6: Southern circuit daero (Inters. of Yangjae station - Inters. of Gyeongnam Apt)	3.1	3.1	83.53 (44)	Tunnel	1.22	96.12	88.57
13	NO. 32-6: Dongil-ro (Inters. of Donggok - Inters. of Yeongdong bridge)	3.64	3.64	89.41 (13)	Tunnel	1.10	87.19	88.52
14	NO. 42-5: Southern circuit daero (Inters. of Daechi station - Inters. of Yangjae station)	2.95	2.95	83.44 (46)	Tunnel	1.22	96.12	88.51
15	NO. 26-3: Banpo-daero (Inters. of Seoul Arts Center - Banpo bridge)	2.9	2.9	88.90 (17)	Open-cut	1.11	87.93	88.51
16	NO. 42-13: Southern circuit daero (Inters. of Shinwol IC - Inters. of Hwagokro entrance)	1.7	1.7	83.62 (43)	Tunnel	1.21	95.81	88.50
17	NO. 42-2: Yangjae-daero (Inters. of Gildong - Inters. of Olympic Park)	2.77	2.77	89.65 (11)	Tunnel	1.08	85.78	88.10
18	NO. 51-11: Jong-ro (Inters. of Sejongno - Inters. of Sinsuldong station)	4.24	4.24	82.24 (48)	Tunnel	1.21	95.73	87.64
19	NO. 41-3: Yangjae-daero (Inters. of Guryong tunnel - Suseo IC)	4.1	2.3	85.03 (38)	Tunnel	1.15	91.30	87.54
20	NO. 45-9: Bongeunsa-ro (Inters. of Kyobo Tower - Inters. of COEX)	3.9	3.9	89.38 (14)	Tunnel	1.07	84.31	87.35

## 6. 종합분석 프로그램 개발

본 연구를 통해서 도출된 정량적 평가방법은 경제성 평가 부분과 함께 종합분석 프로그램으로 개발할 예정이며 프로그램을 활용한 설계용량 최적화를 통해서 도심지 공동구에 대한 기본계획 및 초기 설계를 수행할 수 있도록 향후 연구를 추진할 예정이다. 다음의 Fig. 4는 도심지 공동구에 대한 향후 연구의 종합분석 프로그램의 사례를 보여주고 있다.

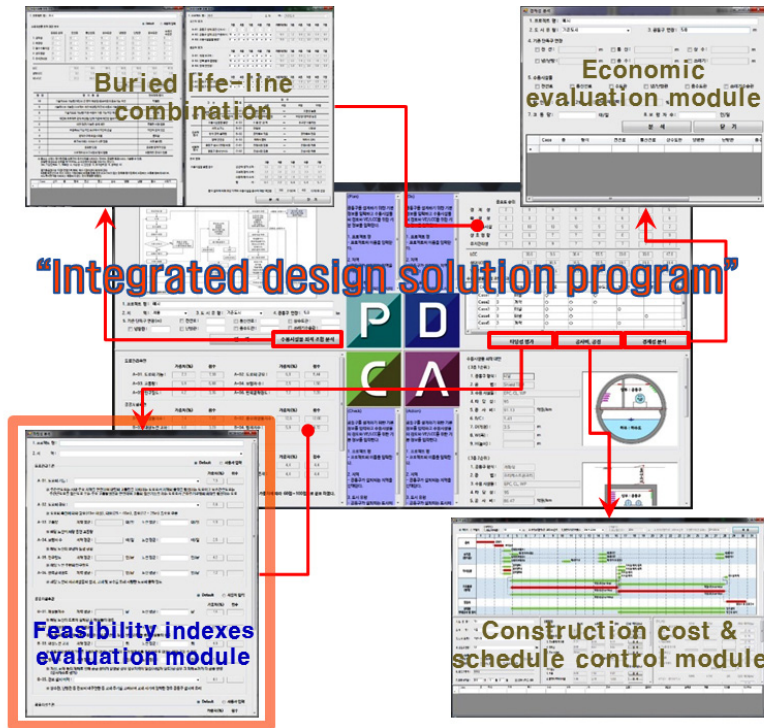


Fig. 4. A planning program of urban utility tunnel considering feasibility and economic evaluation

## 7. 결론

본 논문은 도심지 공동구에 대한 정량적인 지표평가와 비용·편익 분석을 기초로 하는 경제성 평가를 통해서 종합적인 타당성을 평가하고 이를 이용해서 도심지 공동구 개발사업의 추진 여부, 투자 우선순위 결정 및 조정 등의 의사결정 등에 활용될 수 있도록 하였다. 특히, 비용·편익 분석을 위한 평가항목에서 현재가치 금액으로 반영하지 못하는 도로관리, 공공시설, 도시환경 측면의 공동구 도입효과를 정량적 지표평가에 의한 타당성 평가로 반영함으로써 얻은 결론은 다음과 같다.

1. 타당성 평가를 위한 16개 지표와 항목별 중요도 가중치를 이용한 정량적 평가방법을 제시하고 평가방법의 검증을 위해서 서울시의 주간선도로 123개 구간 258.34 km를 대상으로 타당성을 평가한 결과, 123개 구간은 96.13~54.13점으로 평가되었으며 90점 이상으로 우수한 여건의 구간이 10개소, 80점 이상이 53개소, 70점 이상이 53개소, 70점 미만인 7개소로 분석되었다.
2. 123개 구간에 해당하는 개착식, 터널식 공동구의 B/C 비를 구하고 구간별 정량적 타당성 평가결과와 비교한 결과, 개착식과 터널식 적용에 따른 분석 편차가 구간별로 비교적 크게 발생하였다. 정량적 타당성 평가에서는 도로의 교통량이 차지하는 비중이 6.9%로 낮은 편이나 비용·편익 분석법에서는 교통량에서 파생되는 도

로 이용자 측면의 편익 및 비용 등이 크게 반영되고 있기 때문이므로 정량적 타당성 평가와 경제성 평가를 조합한 종합적 방법의 타당성 평가방법이 필요하다.

3. 정량적 타당성 평가점수와 비용·편익 분석 결과를 백분위로 표준화시켜 조합함으로써 도심지공동구의 종합적인 타당성을 평가하고 이를 이용해서 개발사업의 추진 여부, 투자 우선순위 결정 및 조정 등의 의사결정을 실시할 수 있으며, 본 연구에서는 정량적 타당성 평가점수의 60%와 비용·편익 경제성 평가점수의 40%를 조합한 점수를 이용해서 종합적 타당성을 평가하도록 제시하였다.

## 감사의 글

본 연구는 국토교통부(국토교통과학기술진흥원) 건설기술연구사업의 ‘도심지 소단면(φ3.5 m급) 터널식 공동구 설계 및 시공 핵심기술 개발(18SCIP-B105148-04)’ 연구단을 통해 수행되었습니다. 연구지원에 감사드립니다.

## References

1. Cho, C.Y., Sim, Y.J., Kim, H.K., Lee, P.Y., Lee, M.J. (2018), “Analysis of importance by category for quantitative economic evaluation of multi-utility tunnel”, Journal of Korean Tunnelling and Underground Space Association, Vol. 20, No. 1, pp. 119-130.
2. Chung, J.S., Na, G.T. (2018), “A study on the feasibility assessment model of urban utility tunnel by analytic hierarchy process”, Journal of Korean Tunnelling and Underground Space Association, Vol. 20, No. 1, pp. 131-144.
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 Tunnelling and Underground Space Association, Vol. 19, No. 1, pp. 11-27.
5. 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 Tunnelling and Underground Space Association, Vol. 19, No. 3, pp. 489-501.
6. Saaty, T.L. (2008), “Decision making with the analytic hierarchy process”, International Journal of Services Sciences, Vol. 1, No. 1, pp. 83-98.
7. Seoul Metropolitan Government (2014), A report of the feasibility and basic planning establishment for urban utility tunnels in Seoul, Seoul Metropolitan Government, pp. 100-115.
8. Sim, Y.J., Jin, K.N., Choi, D.C., NA, G.T., Cho, Y.C. (2016), “Development of optimal design capacity assessment algorithm for urban multi-utility tunnel construction”, Proceedings of the 2016 General Assembly and Annual Spring Conference of Korean Tunneling and Underground Space Association,



Seoul, pp. 127-128.

9. 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 Tunnelling and Underground Space Association*, Vol. 19, No. 3, pp. 437-447.
10. Sim, Y.J., Jin, K.N., Oh, W.J., Cho, C.Y. (2018), “Optimal alternative decision technique of accommodation facility in multi-utility tunnel using VE/LCC analysis”, *Journal of Korean Tunnelling and Underground Space Association*, Vol. 20, No. 2, pp. 317-329.