

# 비용편익 분석에 기초한 공동구의 경제적 타당성 평가

강영구<sup>†</sup> · 최익창<sup>\*</sup>

한국시설안전공단 · \*목포해양대학교 해양플랜트건설공학과  
(2015. 5. 21. 접수 / 2015. 7. 6. 수정 / 2015. 10. 1. 채택)

## Economic Feasibility of Common Utility Tunnel based on Cost-Benefit Analysis

Yeong Ku Kang<sup>†</sup> · Ik Chang Choi<sup>\*</sup>

Korea Infrastructure Safety and Technology Corporation

<sup>\*</sup>Department of Ocean Civil & Plant Construction Engineering, Mokpo National Maritime University  
(Received May 21, 2015 / Revised July 6, 2015 / Accepted October 1, 2015)

**Abstract** : Common utility tunnel is essential to the daily lives of people underground utilities (electricity, gas and supply facilities such as water, communication facilities, sewer facilities, etc.) to improve the appearance by co-acceptance and disaster prevention, important for the conservation of the city's population was concentrated road construction the city-based facilities. There is recognition of the importance of the various supply treatment facilities in common utility tunnel as infrastructure to accommodate joint according to the city expanded, the demand for infrastructure. In this paper, a cost-benefit analysis using a one-time occurrence, without simply relying on cost or current cost, project manager for the city-dimensional feasibility study conducted, the user level of the maintenance costs and user costs, including social costs items from various angles can be investigated and proposed a mechanism of economic feasibility common utility tunnel. Evaluation of the proposed technique is cost-benefit and cost caused by installing common utility tunnel the existing pipeline area - was investigated by the benefit analysis, extended and repeated common utility tunnel installation depends much affected by the excavation, so users of reducing the number of repeat excavation convenience can be seen that this occurs.

**Key Words** : cost-benefit analysis, common utility tunnel, economic evaluation

### 1. 서론

공동구란 국민의 일상생활에 필수적인 라이프 라인(전기·가스·수도 등의 공급설비, 통신시설, 하수도시설 등)을 지하화하여 공동 수용함으로써 미관 개선, 재해 예방, 도로 구조의 보전 및 교통의 원활한 소통을 기하기 위하여 지하에 설치하는 중요 기반시설물이다. 인구의 도시집중화에 따른 교통문제와 토지의 이용효율을 높이기 위한 지하공간의 활용은 필연적이라 할 수 있으며 특히, 안전하고 쾌적한 도로 공간의 확보 및 불필요한 예산 낭비 방지, 최근 빈발하는 지진·태풍 등 도시 재난에 대비한 안전 확보, 생활공급시설의 안정적 공급 등 사회적, 경제적 손실을 절감하기 위하여 공동구의 필요성에 대한 관심이 더욱 높아지고 있다.

이러한 공동구의 설치 필요성은 기존 관로 설치와

비교하였을 때 경제적 타당성이 수반되어야 한다. 이는 초기에 비용 투자가 많은 공동구가 기존 관로에 비해 생애주기차원에서 발생하는 비용과 편익에 대한 경제성이 우수한지 여부에 대해 설치구간별 검토가 필요하기 때문이다. 이에 본 논문에서는 국내 실정에 적합한 공동구의 경제적 타당성 평가기법을 연구하였다.

공동구와 같이 공공부분 투자사업의 경제적 타당성 평가에 주로 사용되는 방법은 비용·편익분석, 비용·효과분석, 목표·성취분석, VE/LCC 등이 있으나 본 논문의 경제적 타당성 기법은 기존 국내외 연구에서도 많이 사용되었고, 경제적 타당성 평가 기법 적용 예의 대상인 서울시의 “2013년도 지방재정 투·융자사업 심사지침”에 의해 비용편익 분석 방법으로 선정하였다.

공동구의 경제성 관련 연구는 건설기술연구원의 “지하공동구 설계시공에 관한 연구(1988)”에서, 공동구

<sup>†</sup> Corresponding Author : Yeong Ku Kang, Tel : +82-31-910-4049, E-mail : ykkang@kistec.or.kr  
Korea Infrastructure Safety and Technology Corporation, 315, Goyangdae-ro, Ilsanseo-gu, Goyang, Gyeonggi-do 10223, Korea

(1.0) > 관로(1.04) > 단독구(1.13)으로 나타났고, 사회적 편익을 고려할 경우 공동구의 경제성은 증대될 것으로 예상하였다<sup>1)</sup>. 강남구의 “공동구 타당성 조사 및 기본 설계 용역 종합보고서(1998)”는 순공사비 총 7,023억 원(단위당 : 103억 원/km), 편익은 약 8,702억 원으로 분석되었으며<sup>2)</sup>, 한국시설안전공단 “공동구 활성화 방안 연구(2006)”에서는 LCC분석 결과 상대 LCC 비율이 공동구(1.00) > 관로 1.19) > 단독구(2.35)로 나타났다<sup>3)</sup>.

그러나 기존 연구의 경우 편익에 대한 비계량적 효과를 계량화하지 못하는 등 공동구 설치에 따른 편익을 효과적으로 반영하지 못하였으며, 공동구는 시공방법 및 대상지역(노선)에 따라 비용과 편익의 변동성이 크게 나타나는 경향이 있으나 기존의 연구에서는 1개 노선으로 한정하여 공동구의 경제성을 제시하였다.

따라서 본 논문에서는 서울시의 주요 10개 노선을 대상으로 비용-편익 분석을 통한 공동구의 경제적 타당성을 검토하고자 한다. 비용-편익 분석에서 편익 항목으로는 반복굴착비용, 관로교체비용, 도로이용자비용, 환경오염비용, 재해위험도비용, 장래확장비용, 보행통행비용 등 7항목, 비용 항목으로는 초기공사비용, 유지관리비용, 해체폐기비용, 간접비용(도로이용자비용, 환경오염비용) 등 4항목에 대한 비용분류체계를 제시하고, 비용분류체계에 따른 비용 및 편익을 항목별로 정식화하였다. 또한, 정식화된 식으로 개착식 및 터널식 등 공동구 시공방법에 따라 2개 형식으로 구분하여 경제적 타당성을 검토하였다. 마지막으로 분석에 가장 민감한 영향을 미치는 비용, 할인율에 변화를 주어 미래에 예기치 못한 상황 변화에 대한 예측을 할 수 있도록 민감도 분석을 수행하였다. 본 논문에서는 비용-편익 분석법을 단순히 1회 발생비용이나 현재 비용에 의존하지 않고, 사업 시행 시 타당성 검토를 위한 관리자 차원, 사용자 차원의 유지관리비용과 사회이용자비용 등 다각도에서 비용 항목을 고찰하였다.

## 2. 공동구 경제성 평가 모델

비용-편익 분석법은 사업에서 발생하는 ‘이득(편익)’이 사업 목표의 달성을 위해 지불해야 하는 ‘비용’보다 클 때, 해당 사업은 사업 타당성이 있다고 판단하며, 비용-편익 분석법은 공동구 형식 간 비교나 우선 설치 구간 선정에 있어서도 효율적 방법이다.

### 2.1 비용-편익 분석법

비용-편익 비율(B/C, Benefit-Cost Ratio)에 대한 경제성 분석은 장래에 발생할 비용과 편익을 현재가치로

환산하여 편익 현재가를 비용 현재가로 나눈 것으로, B/C 비율이 1보다 크면 타당성이 있다고 판단된다<sup>4)</sup>.

$$B/C = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}} \quad (1)$$

여기서,  $B_t$  : 편익의 현재가치,  $C_t$  : 비용의 현재가치,  $r$  : 할인율(이자율),  $n$  : 내용연수

### 2.2 편익(Benefit), 비용(Cost)의 분류체계

공동구 편익 항목은 공동구를 설치함에 따라 관로 운영 시 발생하는 점검 및 유지관리에 소요되는 비용 감소를 편익 항목으로 분류하고, 공동구 설치에 따라 발생하는 생애주기비용으로 설계단계부터 마지막 해체폐기단계까지 소요되는 총비용을 비용 항목으로 분류한다. 이러한 비용분류체계는 실제 공동구 설치 운영 시 발생할 수 있는 모든 비용 항목 중 정량적 산정이 가능한 부분에 집중하여 고려하였으며, 이러한 비용분류체계를 Fig. 1에 나타내었다. 이외에도 도시미관, 재해예방, 지하공간의 효과적 활용 등의 편익 효과가 발생할 수 있으나 이것은 정량화하기는 매우 어렵기 때문에 고려하지 않았다.

### 2.3 편익 비용의 정식화 및 산정방법

편익 항목은 공동구를 설치함으로 인하여 발생하는 편익, 혹은 수익 비용과 기존 관로를 유지했을 때 발생하는 여러 가지 비용 항목 중 공동구 설치로 인해 발생되지 않는 비용을 편익으로 간주하였다. 공동구는 민간 시설물과 같이 독립적으로 수익성을 가지는 사업이 아니므로 편익의 산정은 기존 관로를 대체함에 따라 관리주체나 사용자가 부담하지 않아도 되는 비용에 초점을 맞추어 산정하였다.

Fig. 1의 비용분류체계에 따라 공동구의 편익은 반복굴착비용부터 보행통행비용까지 총 7가지 항목에 대하여 정량화하여 편익을 고려하였으며 각각의 산정 방

Benefit		Cost(Life Cycle)	
B1	Repeat Excavation Cost	C1	Initial Construction Cost
B2	Pipeline Replacement Cost	C2	Maintenance Cost
B3	Road User Cost	C3	Dismantling Disposal Cost
B4	Environmental Cost	C4-1	Indirect Cost(Road User Cost)
B5	Disaster Risk Cost	C4-2	Indirect Cost(Environmental Cost)
B6	Future Expansion Cost		
B7	Pedestrian Traffic Cost		

Fig. 1. Classification system of cost-benefit.

법은 다음과 같다. 첫 번째, 반복굴착비용은 기존 관로는 상시 유지보수나 점용시설물 용량의 확장 등의 이유로 반복적인 굴착이 발생하는데 이때 비용은 공동구 설치 시 편익 항목으로 고려된다. 반복굴착비용의 산정은 지중 매설 관로의 점검 및 유지관리를 위한 도로 굴착 시 발생하는 공사비용, 관로의 유지관리를 위한 반복굴착비용의 1회 굴착공사비에 따른 발생횟수를 고려해야한다.

$$REC = ET \times EC \quad (2)$$

여기서,  $REC$  : 반복굴착비용  
 $ET$  : 점용기관별 굴착횟수(회/년)  
 $EC$  : 관로의 1회 굴착비용(원/회)

두 번째, 관로의 교체비용에 대한 공동구 설치 시 편익은 관로 내구수명 도달로 인해 투입되는 교체비용을 말하며, 관로의 내구수명 도달 시 관로의 초기 공사비가 발생된다. 이는 공동구의 설치 시 관로 대비 절약할 수 있는 비용을 의미한다.

$$PRC = DL \times PC \quad (3)$$

여기서,  $PRC$  : 관로교체비용  
 $DL$  : 관로의 내구수명(년)  
 $PC$  : 관로공사비용(원)

세 번째, 반복 굴착 시 발생하는 도로이용자비용에 대한 편익은 관로의 시공, 보수·보강, 교체 등을 위하여 일시적인 교통통제 및 우회 시 도로의 이용자에게 부담되는 비용을 말하며, 차량운행비용, 시간지연비용, 사고비용 뿐만 아니라 도로이용자비용에 불편함 및 환경 영향에 의한 추가비용이 발생하지만, 통상 차량운행비용, 시간지연비용, 사고비용으로 산정한다. 도로이용자비용은 광범위한 의미를 갖기 때문에 도로의 이용자가 정상적으로 통행을 하지 못하게 되어 추가로 지불되는 비용 즉, 유지관리의 작업 동안 도로를 우회하거나 차량 통행 시 운행속도의 지연에 의해 시설물의 이용자가 부담하게 되는 비용을 의미하며, 이를 정식화하면 식(4)와 같고, 차량 1대당 평균 통행시간가치는 “교통시설 투자평가지침”(2011)을 근거로 하였다.

$$RUC = (T \times DD) \times \frac{ID}{DR} \times TTV \quad (4)$$

여기서,  $RUC$  : 도로이용자비용

$T$  : 교통량(대/일)  
 $DD$  : 지체일수(일)  
 $ID$  : 영향거리(km)  
 $DR$  : 지체속도(km/hr)  
 $TTV$  : 차량 1대당 평균 통행시간가치(원/대hr)

네 번째, 도로이용자비용과 동일한 이유로 발생하는 환경오염비용은 환경영향으로 대기, 수질, 소음, 진동, 지반침하 등을 들 수 있으며, 이러한 환경적 변화요소에 대해 환경가치를 추정하는 것은 용이하지 않을 뿐만 아니라 설사 엄밀하게 영향을 파악한다고 해도 이를 경제적 가치로 환산하는 것은 보다 많은 불확실성을 내포한다. 따라서 비교적 영향의 정도가 크고 환경영향에 대한 평가 및 가치화가 용이한 대기에 대한 환경비용을 추정한다. 대기오염은 자동차의 배출가스에 의해 발생되며, 통상 일산화탄소(CO), 탄화수소(HC), 질소산화물(NOx), 미세먼지(PM) 등이 포함된다. 이들 오염물질의 배출량은 차량의 종류와 성능, 주행상태, 교통 및 도로조건 등에 크게 영향을 받으므로 주행여건 개선 시 대기오염을 저감시킬 수 있다. 식 (5)는 환경오염비용을 정식화 한 것이다. 이때 대기오염비용은 “도로·철도 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정보완 연구(2008)”를 근거로 하였다.

$$EC = T \times DD \times ID \times APC \times RE \quad (5)$$

여기서,  $EC$  : 환경오염비용  
 $T$  : 교통량(대/일)  
 $DD$  : 지체일수(일)  
 $ID$  : 영향거리(km)  
 $APC$  : 대기오염비용 (원/g·대)  
 $RE$  : 지체속도별환경부하량(g/km)

다섯 번째, 재해위험도비용은 지진 재해로 인해 발생 가능한 관로 시설물의 손상 비용을 고려하는데 지진 재해로 인한 구조물 손상으로 인한 복구비용을 의미하고, 이러한 비용은 관로의 손상확률을 지진발생확률로 나누어 조건부 확률로 산정 후 관로 공사비의 곱으로 산정할 수 있다. 이때 가공선 및 공동구 점용시설물의 손상도 고려해야 되나, 점용시설물은 각 기관별(점용시설 관리주체) 점용계획이 완료되어야 손상평가 항목을 결정할 수 있고 손상에 대한 평가가 재해발생 경우에 따라 많이 상이하므로 가공선 및 공동구 점용시설물의 손상은 고려하지 않았다.

$$DRC = \left( \frac{PDP}{EOP} \right) \times PC \quad (6)$$

여기서, *DRC* : 재해위험도비용  
*PDP* : 관로손상확률  
*EOP* : 지진발생확률  
*PC* : 관로 공사비(원)

여섯 번째, 장래확장비용은 기존 관로의 용량 부족으로 인해 미래시점에 발생 가능한 용량 확장비용을 의미하며 공동구 설치 후 인구의 증가로 인한 관로 확장을 고려하여 여유율을 두어 비용을 산정할 수 있다.

$$FEC = EA \times PC \quad (7)$$

여기서, *FEC* : 장래확장비용  
*EA* : 미래 확장 시 여유율  
*PC* : 관로 공사비(원)

마지막으로 공동구 설치로 인한 보행환경 개선효과는 단순히 보행수요 증가를 넘어 교통문화, 나아가 도시환경 전체를 변화시킬 수 있는 사업으로 사회 전체 입장에서는 편익 산출이 필요하다. 그러나 고려되어야 하는 변수가 많아 이러한 사업의 편익은 개량화하기 어려우므로, 기존에 연구된 “메타분석을 통한 보행통행의 시간가치 추정 연구”(2010)에서 제시된 보행통행 시간가치를 적용하였다<sup>9)</sup>.

$$PTC = TT \times TV \times T \quad (8)$$

여기서, *PTC* : 보행통행비용  
*TT* : 통행시간(시)  
*TV* : 시간가치(원/인·시)  
*T* : 통행량(인)

## 2.4 비용의 정식화 및 산정방법

비용 항목은 초기공사비용, 유지관리비용, 해체폐기비용, 간접비용(도로이용자비용, 환경오염비용)으로 분류할 수 있으며, 세부 내용은 아래와 같다.

초기공사비용은 공동구의 계획, 설계, 건설, 감리 비용의 총비용을 나타낸다. 여기서 계획비용은 타당성조사, 기본계획 비용 등을 말하며, 설계비용은 기본 및 실시설계 비용 등을 의미한다. 또한 건설비용은 공사비, 공사 중 안전점검비, 하자보수비 등을 포함하며, 감리비용은 공사감리, 설계감리 비용 등을 의미한다. 식(9)는 초기공사비용을 정식화 한 것이다.

$$IC = \sum_{j=1} C_j^{ic}(x) \quad (9)$$

여기서, *IC*(초기비용) : 건설비 + 계획비 + 설계비 + 감리비  
*j* : 구성항목  
*C<sub>j</sub><sup>ic</sup>* : 초기비용 항에 관련된 구성항목의 적용비용  
*x* : 구성항목에 관련된 제반변수

유지관리비용은 시설물 준공 후 공용수명 기간 동안 공동구 관리에 소요되는 총비용을 뜻하며, 운영·관리 및 점검·진단, 보수비용으로 분류할 수 있다. 관리비용은 인건비, 장비비 및 기타경비 등을 뜻하며, 점검·진단비용은 정기, 정밀점검 및 진단 비용 등을 의미한다. 또한 보수비용은 보수, 보강, 교체 비용 등이 있다. 식(10)은 유지관리비용을 정식화 한 것이다.

$$PVOMR = \sum_{k=0} \frac{OMR_k}{(1+i)^k} \quad (10)$$

$$OMR_k = \sum_{k=1} OMR_j(x, k)$$

$$OMR_j(x, k) = C^{omr_j}(x, k) \cdot \int PDF_j(m_n, v_n) dk$$

여기서, *PVOMR*(유지관리비용) : 관리비 + 점검비 + 보수비  
*OMR<sub>k</sub>* : 매년 발생하는 항목별 유지관리비용의 총합  
*OMR<sub>j</sub>* : *j* 항목의 유지관리비용  
*C<sup>omr<sub>j</sub></sup>(*x*, *k*)* : 유지관리비용 항에 관련된 구성항목의 적용비용  
 $\int PDF_j(m_n, v_n) dk$  : *k* 년도에 속하는 구성항목의 발생에 대한 확률밀도분포의 합  
*m<sub>n</sub>* : *k* 년도에 발생하는 *n* 번째 산술평균  
*v<sub>n</sub>* : *k* 년도에 발생하는 *n* 번째 표준편차

해체폐기비용은 콘크리트 구조물인 공동구의 수명이 다했을 경우 발생하는 총비용으로, 해체·폐기처분비용 그리고 경우에 따라 폐기물 재활용으로 인한 수익(잔존가치) 등을 의미하며, 식(11)은 해체폐기비용을 정식화 한 것이다.

$$PVD = \sum_{k=0} \frac{D_k}{(1+i)^k} \quad (11)$$

$$D_k = \sum_{k=1} D_j(x, k)$$

$$D_j(x, k) = C_j^d(x, k) \cdot \int PDF_j(m_n, v_n) dk$$

여기서, PVD(해체폐기비용) : 해체비 + 폐기비 - 잔존 가치비

$D_k$  : k년도의 j항목까지의 해체폐기비용의 총합

간접비용은 공사 시 발생하는 도로이용자비용, 환경오염 비용으로 분류 할 수 있으며, 공동구 공사에 따른 지체비용을 산출한 것으로 편의 항목의 도로이용자비용, 환경오염비용의 정식화를 따른다.

### 3. 공동구 경제성 평가

#### 3.1 비용-편의 분석법

경제성 평가의 분석기간은 비용, 편의 분석에서 관로의 내구수명, 공동구의 장래확장성, 사용자 비용과 같은 미래에 시간적으로 가치를 가지는 항목을 충분히 고려하기 위해 일본의 공동구 건설비용(추정투자액) 산정에 적용한 75년 분석기간을 적용하였으며<sup>6)</sup>, 서울특별시 “2013년도 지방재정 투·융자사업 심사지침”에 의거하여 적정 할인율 계산을 위해 실질할인율 산정방식을 적용한 결과, 실질 할인율은 0.92%로 산정되었으나 이 값은 경제성 분석에 적용하기에 너무 작은 값이므로, “공동구 활성화 방안 연구”(2006년)에서 적용한 할인율 3.2%를 본 경제성 분석에 적용하였다.

#### 3.2 경제성 평가 대상 노선

경제성 평가의 적용노선은 서울시 주간선도로로서 인구밀집지역인 1.만리재로, 2.국회대로, 3.서초~우면길, 4.소공로~청진·중학길, 5.강남대로, 6.여의대방로~시흥대로, 7.남부순환로, 8.양재대로, 9.서초대로, 10.녹사평대로 등 10개 노선을 선정하여 개착식 공동구와 터널식 공동구 등 2개 형식으로 구분하여 분석하였다.

초기공사비 산정을 위한 개착식 및 터널식 공동구의 표준단면은 Fig. 2.와 같다. 개착식 공동구는 지표에서 굴착하고 현장타설 또는 프리캐스트 콘크리트 구조물을 구축한 후 되메우하는 공법이며, 터널식 공동구는 비개착 공법으로 기존 도심의 공동구 공사에 적합한 NATM, TBM, Shield, Shield TBM 공법 등 지중굴착 공법이다.

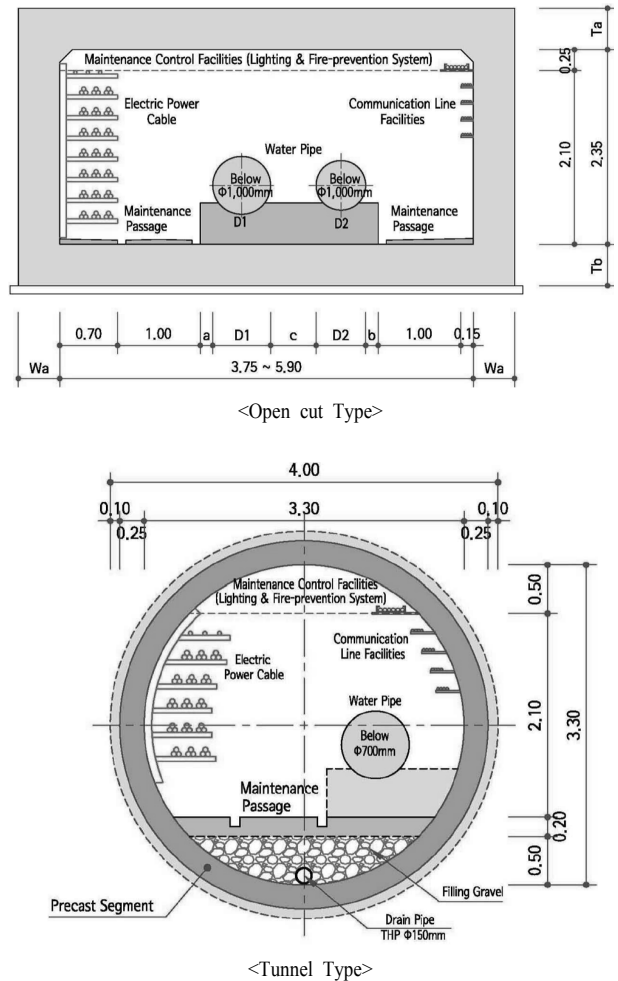


Fig. 2. Type of Common utility tunnel.

#### 3.3 분석 결과

분석 대상 10 노선에 대하여 2장의 평가 모델을 적용하여 비용-편의 분석을 실시한 결과를 다음 Table 1~3에 나타내었다. 각 노선별로 조사를 통해 얻어진 교통량과 보행자 통행량을 각각 적용하였고, 공동구 설치 연장에 따른 개착식, 터널식의 초기공사비, 관로 교체비용 등을 다르게 적용하였다. 각각의 비용은 억 원 단위, 연장은 노선 길이로 km로 나타내었다.

Table 1은 분석 대상 노선별로 Fig. 1.에서 편의 항목으로 고려한 B1(반복굴착비용)~B7(보행통행비용)의 각각에 대한 편의 결과이며, Table 2.는 분석 대상 노선별, 공동구 형식별(개착식, 터널식)로 구분하여 비용 항목으로 고려한 C1(초기공사비용)~C4(간접비용)에 대한 비용 결과이다. 또한, Table 3.은 Table 1, 2의 분석 대상 노선별, 공동구 형식별로 편의와 비용에 대한 비용-편의 분석을 실시한 결과이다.

Table 1과 같이 편의 항목은 도로이용자비용(B3,

Table 1. Route-specific benefit analysis result

Route	length	Benefit	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7
1	2.26	1,077.4	6.7	43.5	948.5	29.4	0.6	2.2	46.5
2	2.40	1,227.2	7.1	37.1	1,127.1	35.0	0.5	1.9	18.5
3	3.40	1,194.6	10.0	149.3	919.4	28.5	2.0	7.7	77.7
4	1.97	601.8	5.8	48.6	374.1	11.6	0.6	2.5	158.5
5	3.40	1,540.4	10.0	138.4	1,263.2	39.2	1.8	7.1	80.7
6	2.80	940.9	8.3	114.0	683.9	21.2	1.5	5.9	106.2
7	7.36	2,637.0	21.7	170.7	2,318.0	71.9	2.3	8.8	43.7
8	4.00	1,437.7	11.8	160.1	1,201.0	37.3	2.1	8.2	17.3
9	3.91	1,759.7	11.5	132.9	1,448.8	44.9	1.8	6.8	113.0
10	2.50	783.7	7.4	55.4	676.0	21.0	0.7	2.8	20.4

Table 2. Route-specific cost analysis result

Route	length	Type	Cost	C1	C2	C3	C4-1	C4-2
1	2.26	Open	932.8	440.7	57.8	0.5	411.3	22.5
		Tunnel	735.4	496.0	57.8	0.8	171.4	9.4
2	2.40	Open	1,075.7	498.3	61.4	0.5	488.8	26.8
		Tunnel	846.6	569.6	61.4	0.8	203.7	11.2
3	3.40	Open	1,114.6	606.4	86.9	0.7	398.7	21.8
		Tunnel	933.0	669.7	86.9	1.2	166.1	9.1
4	1.97	Open	582.0	360.1	50.4	0.4	162.2	8.9
		Tunnel	535.1	412.8	50.4	0.7	67.6	3.7
5	3.40	Open	1,566.3	727.5	86.9	0.7	712.1	39.0
		Tunnel	1,224.8	823.7	86.9	1.2	296.7	16.3
6	2.80	Open	985.2	600.2	71.6	0.6	296.6	16.2
		Tunnel	884.2	681.3	71.6	1.0	123.6	6.8
7	7.36	Open	2,770.8	1,520.8	188.1	1.6	1,005.2	55.1
		Tunnel	2,347.3	1,714.8	188.1	2.6	418.9	22.9
8	4.00	Open	1,517.7	865.3	102.3	0.9	520.8	28.5
		Tunnel	1,339.7	1,007.1	102.3	1.4	217.0	11.9
9	3.91	Open	1,880.3	917.9	99.9	0.9	816.8	44.7
		Tunnel	1,483.3	1,023.0	99.9	1.4	340.3	18.6
10	2.50	Open	846.4	472.7	63.9	0.6	293.2	16.1
		Tunnel	730.3	536.7	63.9	0.9	122.2	6.7

83.0%)이 전체 편익의 대부분을 차지하였으며, 추가적으로 관료교체비용(B2), 보행통행비용(B7), 환경오염비용(B4)이 많이 나타났다. 따라서, 공동구 설치에 따른 편익은 도로의 반복굴착공사로 인한 교통정체비용으로 교통량, 설치연장, 공사구간 길이, 반복굴착 횟수에 많은 영향을 받는 것을 의미한다.

Table 2와 같이 비용 항목은 초기비용(C1)과 도로이용자로 인한 간접비용(C4)이 많이 발생하였는데, 편익 항목과 유사하게 설치연장, 교통량이 주요 영향을 미치는 것으로 나타났다. 도로이용자로 인한 간접비용은

Table 3. Route-specific BC ratio

Route	length	Benefit	Type	Cost	B/C
1	2.26	1,077.4	Open	932.8	1.15
			Tunnel	735.4	1.47
2	2.40	1,227.2	Open	1,075.7	1.14
			Tunnel	846.6	1.45
3	3.40	1,194.6	Open	1,114.6	1.07
			Tunnel	933.0	1.28
4	1.97	601.8	Open	582.0	1.03
			Tunnel	535.1	1.12
5	3.40	1,540.4	Open	1,566.3	0.98
			Tunnel	1,224.8	1.26
6	2.80	940.9	Open	985.2	0.96
			Tunnel	884.2	1.06
7	7.36	2,637.0	Open	2,770.8	0.95
			Tunnel	2,347.3	1.12
8	4.00	1,437.7	Open	1,517.7	0.95
			Tunnel	1,339.7	1.07
9	3.91	1,759.7	Open	1,880.3	0.94
			Tunnel	1,483.3	1.19
10	2.50	783.7	Open	846.4	0.93
			Tunnel	730.3	1.07

교통 차단이 없는 터널식의 경우 개착식에 비해 교통 환경에 미치는 영향이 적어 비용이 적게 발생하는 것으로 판단된다.

Table 3에 나타난 것처럼 B/C 분석결과로는 전체 구간 터널식의 B/C는 1.47~1.06 범위로 발생하여 모든 구간에서 경제적 타당성을 가지는 것으로 나타났으나, 개착식의 B/C는 1.15~0.93으로 총 10개 구간 중 4개 구간이 경제적 타당성을 가지는 것으로 조사되었다.

개착식의 경우, 터널식에 비해 초기공사비는 줄어들지만 공동구 설치 공사기간 중 도로이용자에 의한 간접비용이 많이 발생되어 터널식보다 경제성이 떨어지는 것으로 판단된다. 하지만 모든 구간을 터널식으로 적용하는 것은 초기비용 부담이 높기 때문에 초기 건설비용의 투입시기 측면에서 개착식과 터널식 모두 경제적 타당성이 나타나는 1.만리재로~4.소공로~청진중학길은 개착식을 적용하고, 나머지 5.강남대로~10.녹사평대로는 터널식으로 적용하는 것이 타당할 것으로 판단된다.

### 3.4 민감도 분석

민감도 분석(Sensitivity Analysis)은 타당성 평가 과정에서 사용된 여러 가지 변수들을 변화시켜 최종적인 타당성 평가 결과가 미래에 예측치 못한 상황 변화에

대한 예상을 할 수 있도록 하는 것으로 주요 변화 항목에는 교통수요, 공사비, 할인율 등이 있다.

본 논문에서는 분석에 가장 민감한 영향을 미치는 비용 항목, 할인율의 변화에 따른 분석을 수행하였으며, 비용 항목은 10~50%까지, 할인율은 3.5~6.5%까지 변화를 주어 민감도 분석에 따른 B/C의 변화에 대해 검토하였다.

비용 항목의 변화에 따른 개착식과 터널식의 민감도는 비용 항목의 초기공사비용, 유지관리비용, 해체폐기비용, 간접비용(도로이용자비용 및 환경오염비용)에 변화를 주어 분석을 하였다.

결론적으로 Fig 3 및 Fig 4와 같이 비용의 증가에 따라 B/C의 비율은 감소하지만 대안간 역전 현상은 발생하지 않는 것을 알 수 있다.

3.5~6.5%의 할인율에 변화를 주어 민감도 분석을 실시한 결과, 편의 항목 중 재해위험도비용을 제외한 반복굴착비용(93.1~53.9%), 관로교체비용(89.7~34.2%), 도로이용자비용(89.6~36.1%), 환경오염비용(91.2~42.5%), 장래확장비용(91.4~39.2%), 보행통행비용(93.2~53.9%) 항목은 할인율에 따라 감소하고, 비용 항목도 유지관리비용(터널식 93.3~53.9%, 개착식 93.3~53.9%)과 해체폐기비용(터널식 80.4~9.4%, 개착식 80.4~9.4%)이 감소

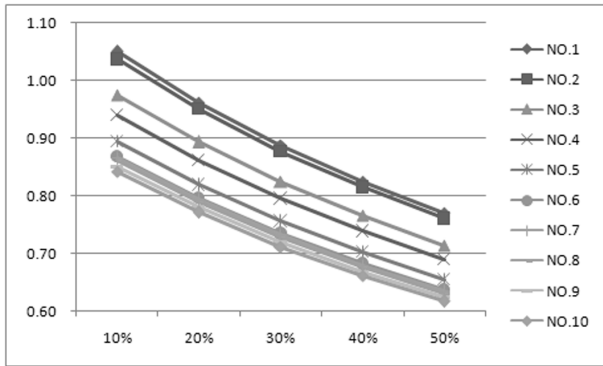


Fig. 3. Cost sensitivity analysis of open cut type.

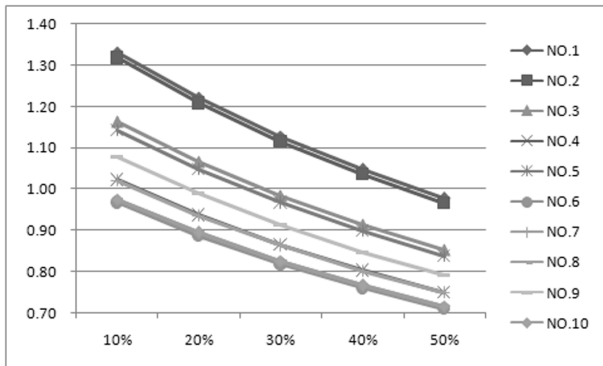


Fig. 4. Cost sensitivity analysis of tunnel type.

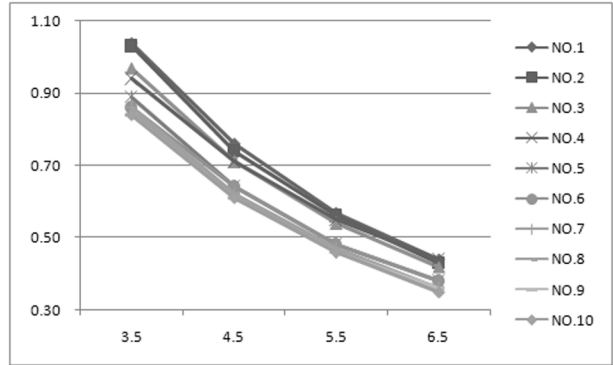


Fig. 5. Discount rate sensitivity analysis of open cut type.

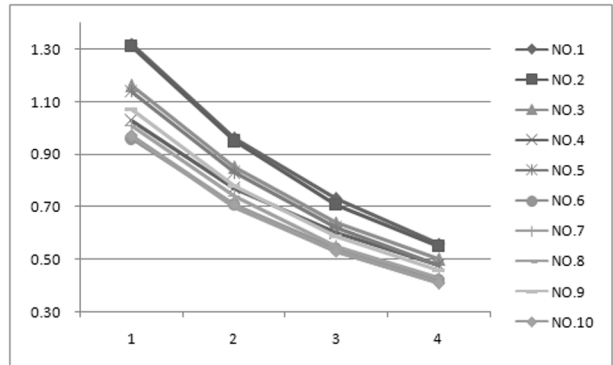


Fig. 6. Discount rate sensitivity analysis of tunnel type.

하였다. 결론적으로 Fig. 5, Fig. 6과 같이 할인율의 변화에 따라 B/C의 비율은 감소하지만 대안간 역전 현상은 발생하지 않는 것을 알 수 있다.

따라서, 본 논문의 경제성 평가 방법에 따른 분석 결과의 민감도 분석에 대하여 민감도는 적은 것으로 나타났다.

#### 4. 결론

인구의 도시집중화에 따른 교통문제와 토지의 이용 효율을 높이기 위한 지하공간의 활용은 필연적이라 할 수 있으며 특히, 안전하고 쾌적한 도로 공간의 확보 및 불필요한 예산 낭비 방지, 최근 빈발하는 지진·태풍 등 도시 재난에 대비한 안전 확보, 생활 공급시설의 안정적 공급 등 사회적, 경제적 손실을 절감하기 위하여 공동구의 필요성에 대한 관심이 더욱 높아지고 있다.

본 논문에서는 공동구의 비용-편익 분석을 위한 비용분류체계로 편익으로 반복굴착비용 등 7항목, 비용으로 초기공사비용 등 5항목을 제시하고, 항목별 정식화를 산정하였다. 또한, 비용-편익 분석법을 통해 공동구의 경제적 타당성을 서울시의 주요 10개 노선을 대상으로 개착식과 터널식 등 2형식에 대해 검토하였다.

본론에서 제시한 정량화 평가 항목들 이외에 다양한 변수들에 대한 정량적화는 향후 공동구 연구의 발전과 실질 적용을 통해 개선되어야 할 것으로 판단되며, 본 논문에서는 현재 적용 가능한 객관적 지표를 위주로 항목을 선정하려고 하였다.

비용-편익 분석 결과 터널식의 B/C는 1.47~1.06 범위로 발생하여 모든 구간에서 경제적 타당성을 가지며 개착식의 B/C는 1.15~0.93으로 총 10개 구간 중 4개 구간이 경제적 타당성을 가지는 것으로 조사되었다. 편익은 도로이용자비용이 전체 편익의 대부분을 차지하였으며 관료교체비용, 보행통행비용, 환경오염비용 순으로 나타났다. 따라서, 공동구의 편익은 도로의 반복 굴착공사로 인한 교통정체비용으로 교통량, 설치연장, 공사구간 길이, 반복굴착 횟수에 많은 영향을 받는다는 것을 의미한다. 비용도 이와 유사하게 초기비용과 도로이용자로 인한 간접비용이 많이 발생하였는데, 이는 설치연장, 교통량이 주요 영향을 미치며 도로이용자로 인한 간접비용은 터널식의 경우 개착식에 비해 교통 환경에 미치는 영향이 적어 비용이 적게 발생하는 것으로 나타났다.

경제성 평가 기법의 비교/고찰 측면에서 본 논문의 분석 결과는 서론에 나타난 기존 연구의 LCC 분석과 비교하여 편익항목의 고려와 비계량항목의 계량화를 통해 좀 더 현실적이고 구체화된 경제성 분석 결과를 나타낸다고 판단된다.

이러한 공동구 설치에 따른 경제적 타당성 평가기법은 노선계획에 따른 현장조사 및 우선순위 평가기법과 결합하여 최적노선을 선정하게 된다. 이러한 경제적 타당성 평가기법은 도로관리측면(도로의 기능, 도로규모, 교통량, 보행자수, 인구밀도, 반복굴착정도), 공공시설측면(매설물정도, 중요매설물, 계획노선, 방재지수, 관로설치이력), 도시환경측면(용도지역, 용적률, 개발계획, 가공선 존재, 매설물정도)의 지표 평가와 더불어 공동구 설치 최적노선 선정기법의 일부로 활용될 것으로 판단된다.

**감사의 글 :** 본 연구는 서울특별시 지원으로 수행한 ‘서울시 공동구 설치 타당성 조사 및 기본계획 수립 연구(2014)’ 과제의 성과입니다.

## References

- 1) Korea Institute of Construction Technology, “A Study on Design and Construction of Common Utility Tunnel”, pp. 19-20, 1988.
- 2) Gangnamku, “Common Utility Tunnel Feasibility Study and Basic Design for a Comprehensive Report”, pp. 821-826, 1998.
- 3) Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, “A Study on Activation Plan of Common Utility Tunnel (Phase 1)”, pp. 69-72, 2006.
- 4) Korea Development Institute, “Modified the General Guidelines for the Feasibility Study”, Carried out Complementary Study (5th Edition), pp. 54-55, 2008.
- 5) S. J. Chang and K. H. Park, “Estimation of the Value of Walking Travel Time by Meta-analysis”, Journal of the Transport Research, Vol. 17, No. 1, pp. 19-20, 2010.
- 6) Special Act for the Construction of Common Utility Tunnel, 1963.