



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

석사학위논문

공동구 화재 위험성 평가에 관한 연구

- 사례 연구를 중심으로 -



HANSUNG
UNIVERSITY

2025년

한성대학교 행정대학원

사회안전학과

사회안전관리전공

김 경 재

석사학위논문
지도교수 류종용

공동구 화재 위험성 평가에 관한 연구

－ 사례 연구를 중심으로－

A Study on the Risk Assessment in Underground
Common Utility Tunnel Fires
－Focusing on case studies－



HANSUNG
UNIVERSITY

2025년 6월 일

한성대학교 행정대학원

사회안전학과

사회안전관리전공

김 경 재

석사학위논문
지도교수 류종용

공동구 화재 위험성 평가에 관한 연구

－ 사례 연구를 중심으로－

A Study on the Risk Assessment in Underground
Common Utility Tunnel Fires
－Focusing on case studies－

위 논문을 사회안전학 석사학위 논문으로 제출함

2025년 6월 일

한성대학교 행정대학원

사회안전학과

사회안전관리전공

김 경 재

김경재의 사회안전학 석사학위 논문을 인준함

2025년 6월 일



심 사 위 원 장 공 평 원(인)

심 사 위 원 류 중 용(인)

심 사 위 원 김 진 수(인)

국 문 초 록

공동구 화재 위험성 평가에 관한 연구

한 성 대 학 교 행정 대 학 원
사 회 안 전 학 과
사 회 안 전 관 리 전 공
김 경 재

본 연구는 지하 공동구 화재에 대하여 체계적인 위험성 평가를 통해서 실효성 있는 예방과 대응방안을 제시하고자 하였다. 이론적 고찰을 통해서 지하 공동구 화재의 위험성 요인을 도출하였다. 연구 결과, 지하 공동구 화재는 위험요인에 따라서 발생 및 피해 확산의 가능성이 높아지는 것으로 확인되었다. 전기적 위험성(과부하, 노후화, 절연 열화 등), 가연성 자재와 케이블 특성, 설계와 구조적 문제, 유지관리와 소방설비 부족, 비상대응 체계와 기관간 협조 미비, 환기와 유독가스 확산 위험성, 그리고 종합적인 위험성 평가 체계의 미흡이었다.

본 연구는 위험요인을 바탕으로, 질적 사례 연구 방법을 사용하여 국내 지하 공동구 화재 사고 8건을 사례로 선정하였다. 여의도 지하 공동구, 남대구 전신전화국, 동대문 지하 공동구, 안양 현대 부흥동 지하 공동구, 구미 3공장 지하 공동구, 서울 양재 지하 공동구, 서울 아현지구 통신구, 구리시 지하 공

동구 화재이다. 해당 사례들은 전기적 발화 원인, 자재의 난연성, 공동구 구조, 유독가스 확산 양상, 감지기 및 소화 설비 설치 여부, 사전 위험평가의 유무기관 간 협조체계 등으로 분석되었다.

사례분석에서, 전기적 요인은 다수 화재를 발생시키는 원인이었고, 난연 처리가 미흡한 케이블 및 보온재는 화재를 확산시켰다. 공동구 내부 구조의 방화 구획의 부재와 과밀성, 연기 배출 부재와 초기 감지 실패, 기관들 간의 협업 부족은 화재 진압을 지연시키는 결과를 초래하였고, 이는 대규모 생산 중단, 통신 마비, 금융 시스템 마비 등을 야기시켰다. 지하 공동구의 화재 예방과 피해를 최소화하기 위한 8가지 개선방안을 제안하였다. 첫째, 자동화된 화재 감지와 소화 시스템의 구축이 필요하다. 둘째, 설비 간의 방화 구획 설치를 통해서 화재 확산을 방지하기 위한 설계를 도입해야 한다. 셋째, 제연 및 환기 시스템의 성능을 강화해야 한다. 넷째, 진입구 구조의 개선과 접근성의 확보가 필요하다. 다섯째, 소방설비와 관련된 법적 기준을 강화해야 한다. 여섯째, 정기적인 유지관리 및 점검 체계를 확립해야 한다. 일곱째, 유관기관 들간의 비상대응 매뉴얼을 마련하고, 훈련을 의무화해야 한다. 여덟째, 사고 시나리오를 기반으로 정량적인 위험평가 체계를 도입해야 한다.

【주요어】 지하 공동구, 화재 위험성, 위험평가, 전기적 결함, 유지관리, 화재 확산, 환기 시스템 방재 설계, 비상대응체계

목 차

제 1 장 서 론	1
제 1 절 연구의 필요성 및 목적	1
제 2 절 연구의 구성	5
제 2 장 이론적 배경	7
제 1 절 공동구의 개념	7
1) 공동구의 개념 및 장·단점	7
2) 공동구 현황	11
3) 공동구의 역할에 따른 필요성	14
4) 공동구의 분류	16
5) 공동구의 법적 근거	17
6) 공동구의 관리주체 및 법적 책임	21
7) 국·내외 공동구의 구조	22
8) 공동구의 기술적, 시설적, 관리 운영적 문제점	28
제 2 절 공동구의 화재	29
1) 공동구의 화재 현황	29
2) 공동구의 화재 원인	34
3) 공동구의 화재 특징	37
제 3 절 지하구 및 공동구의 화재 안전 및 방화 기준	40
1) 화재 안전 기준	40
2) 방화 기준	41
제 4 절 선행연구 고찰	43
제 3 장 지하 공동구 화재 위험성 평가 요인	48
제 1 절 지하 공동구 화재 위험성 평가 개요	48
제 2 절 화재 위험도 평가 요인	50
1) 공동구 화재 위험도 평가 요인 개요	50

2) 공동구 화재 위험성 요인 도출	52
제 4 장 지하 공동구 화재 사고 사례 분석	56
제 1 절 사례연구 방법	56
제 2 절 사례 선정 및 대상	57
1) 사례 선정	57
2) 사례 대상	68
제 3 절 사례 분석	62
1) 전기적 위험성	63
2) 가연성 자재 및 케이블 특성 문제	65
3) 설계 및 구조적 문제	66
4) 유지관리 및 소방설비 부족	67
5) 비상 대응체계 및 기관 간 협조체계 부족	68
6) 환기 및 가스 확산 위험성	69
7) 종합적 위험성 평가 체계 미흡	70
제 5 장 사례 분석 결과 논의 및 개선 방안	71
제 1 절 사례 분석 결과 논의	71
제 2 절 개선 방안	79
1) 지동화 화재 감지 및 소화 시스템 도입	79
2) 화재 확산 방지 설계 적용	80
3) 제연설비 및 환기 시스템 개선	80
4) 진입구 구조 개선	81
5) 소방시설 확충 및 법적 기준 강화	81
6) 유지관리 체계 정비	82
7) 비상대응 및 기관 간 협조체계 구축	82
8) 화재 진압 대응 전략 강화	83
제 6 장 결 론	84

제 1 절 연구 요약 및 결론	84
제 2 절 시사점	86
제 3 절 연구의 한계 및 향후 연구 제안	87
참 고 문 헌	88
ABSTRACT	94



표 목 차

[표2-1] 공동구의 장·단점	11
[표2-2] 공동구 현황	12
[표2-3] 공동구의 역할에 따른 필요성	16
[표2-4] 공동구의 법적 근거	19
[표2-5] 지하구 화재 통계 (2013-2022)	31
[표2-6] 지역별 공동구 화재 예방 안전진단 결과	32
[표2-7] 공동구의 화재 원인	36
[표2-8] 공동구 화재 특징	39
[표2-9] 지하구 및 공동구의 화재 안전 기준과 방화 기준	42
[표2-10] 선행 연구	46
[표3-1] 공동구 화재 위험성 요인 도출	55
[표4-1] 공동구 화재 사고 사례 대상	61
[표4-2] 공동구 화재 위험성 요인	62

그림 목 차

[그림 1-1] 연구의 흐름도	6
[그림 1-2] 안동 도청 신도시 지하 공동구	7
[그림 2-1] 파리 부도심 데팡스지구 공동구	24
[그림 2-2] 모스크바 공동구	25
[그림 2-3] 뮌헨의 공동구	26
[그림 2-4] 스위스 취리히 일반 공동구	27
[그림 2-5] 헝가리 일반 공동구	27



제 1 장 서론

제 1 절 연구의 필요성 및 목적

산업화 및 도시화가 급속하게 진행됨에 따라서 대도시를 중심으로 수도, 통신, 가스, 전력, 난방 등의 필수적 사회기반시설에 대한 시민들의 수요는 급격하게 늘어나고 있다. 사회의 기반시설들은 독립적으로 매설되었지만, 반복적인 도로 굴착으로 인한 도시 미관 훼손과 유지관리의 비효율성이 발생하였다(이정일, 2010). 이에 따라 여러 유틸리티 설비를 하나의 지하 공간에 통합하여 수용하는 지하 공동구 시스템이 대안으로 도입되었으며, 이는 도시기반 인프라의 효율성과 경제성을 동시에 확보하는 핵심 시설로 주목받고 있다(김동은 외, 2008).

공동구(Underground Common Utility Tunnel)는 지하 공간을 활용하여 도로 굴착을 줄이고 도시 미관을 개선하는 데 기여하며, 유지관리의 효율성 증대 및 도시의 통합적 기반시설 운영을 가능하게 한다(박장현, 2025). 도시의 생존 기반이 되는 전력, 통신, 수도, 가스 등의 시설을 한 곳에 집중 관리함으로써 긴급 상황 발생 시에도 신속한 대응이 가능하다는 이점이 있다(이필윤, 2018). 그러나 이러한 장점에도 불구하고, 공동구는 밀폐 구조와 다수의 연소·폭발 위험 물질이 공존한다는 점에서 화재 발생 시 대형 재난으로 확대될 가능성이 매우 높다는 심각한 취약성을 내포하고 있다(김동준, 2003).

실제 화재 사고의 피해 양상을 살펴보면 이러한 위험성은 더욱 뚜렷하게 나타난다. 국내의 대표적인 사례인 2000년 여의도 공동구 화재와 2018년 KT 아현지사 화재는 단순한 재산 피해를 넘어 전력 및 통신망 마비로 인해 도시 전체 기능이 일시적으로 중단되는 초유의 사태를 초래

하였다(장유리, 2016). 해외에서도 2015년 영국 런던 홀번 공동구 화재(Mann, 2015, April 2)는 대규모 통신 두절과 도로 붕괴 등 심각한 사회적 혼란을 야기하였다. 2013년부터 2022년에 지하 공동구에서 일어난 화재는 총 18건에 불과하지만, 재산피해액은 평균 약 3.8억 원으로 일반 건축물의 화재(약 2.1억 원)에 비해서 약 1.8배, 일부 통계에서는 18배 이상 높았다(김재엽, 2024). 즉, 공동구 화재 1건당 발생한 사건은 개별사고를 넘어서 도시 전체 기반시설의 붕괴뿐 아니라 엄청난 사회·경제적인 2차 피해로 이어질 수 있음을 나타낸다. 더불어 최근 공동구는 점차 노후화되고 있으며, 주 통로의 폭이 기준을 충족하지 못하는 사례가 증가하고 있어, 설계 기준과 실제 운영 환경 간의 괴리¹⁾가 구조적 문제로 지적되고 있다(박장현, 2025). 유지관리 체계가 미흡하거나 비상대응 시스템이 부재한 공동구는 화재뿐만 아니라 폭발, 침수, 구조물 붕괴 등의 복합 재난에 취약한 구조를 보이고 있다(최현라, 2019; 한용식, 2020).

지하 공동구에서 발생하는 화재 위험성과 대응 체계에 관한 관련 연구들은 화재 확산 특성, 시뮬레이션 기반 분석 그리고 위험성 평가 지표의 신뢰성 확보를 중심으로 이루어져 왔다. 시뮬레이션 및 화재 위험성 평가 연구(김재엽, 2024; 김동준, 2003; 우미래, 2018)는 공동구 내 화염 전파 양상과 온도 변화, 가연성 자재의 연소 특성 등을 수치적으로 분석하며, 화재 시나리오 기반의 정량 평가의 필요성을 강조하였다. 김재엽(2024)은 FDS 시뮬레이션과 케이블 연소 실험을 통해서 평가 지표의 신뢰성을 검증하였고, 우미래(2018)는 CFD 기반폭발 시나리오²⁾를 통해서 공동구 내의 복잡한 구조가 폭발에 영향성을 높인다는 것을 보여주었다.

화재 사례 및 위험요인 분석 연구(김동은 외, 2008; 최재율, 2007; 이정일, 2010)는 주요 공동구 화재 사고를 분석하여 노후 설비, 설비 간섭,

1) 괴리 - 불일치

2) CFD 기반 폭발시나리오- 실제 폭발 실험이 위험하고 비용이 많이 드는 상황에서, 폭발 압력, 화염 전파, 온도 분포, 충격과 영향 등을 시뮬레이션으로 분석

초기 진압 실패, 미비한 방화설비 등을 핵심 원인으로 지적하였다. 선행 연구들은 화재가 발생할 시, 피해 확대 요인을 구조적으로 분석하였고, 자동 감지·소화 시스템 등의 도입과 방화구획의 세분화를 통해서 피해가 최소화되도록 제안하였다. 공동구의 시공 및 유지관리의 안전성 연구(최현라, 2019; 한용식, 2020; 박장현, 2025)는 시공 단계에서 발생할 수 있는 재해에 주목하며, 위기경보단계 설정, 대형재해 시나리오 수립, 작업 공간 확보 방안 등의 실천적 기준을 제시하였다. 한용식(2020)은 침수, 화재, 지진 등에 대한 재해 대응 Activity Diagram³⁾을 통해서 시공 중에 발생할 수 있는 재해 발생 시에 즉각적으로, 효율적으로 대응할 수 있는 절차를 구조화하였다. 박장현(2025)은 실측 데이터를 사용하여 수용시설 교체를 위한 공간 산정에 대한 기준을 제시하였다.

공동구의 폭발사고 위험성 및 구조적인 대응 연구(장유리, 2016; 우미래, 2018)는 가스 누출 및 폭발사고를 시나리오로 설정하여 메탄가스 폭발로 인한 과압 영향과 상부 구조물 피해를 정량적으로 분석하고, 방폭 설비 및 이중 배관 등의 설계 대안을 제시하였다. 이들 선행 연구는 화재보다 치명적인 폭발의 과급력을 보여주었으며, 구조적 개선을 통해서 선제적 예방의 필요성을 강조하였다. 방재 및 소방 체계 개선 관련 연구(안기돈, 2012; 김동규, 2016)는 감지 및 소화 설비의 구조적 한계와 법제도의 미비점을 지적하며, 공동구 특화 소방방재시스템 구축을 위한 방향을 제시하였다. 김동규(2016)는 적절한 배연 성능 확보를 위해서 기류 속도 산정 방안을 마련하고, 화재가 발생할 시에 연기 배출을 빠르게 하기 위한 기준을 제시하였다.

경제성 분석 및 정책·제도 개선 연구(2018; 이필운, 2021; 오원준, 2024; 이정배, 2023)는 공동구 설치의 초기공사비, 유지관리비용, 편익

3) 재해대응Activity Diagram - 재해 발생 시 인명 구조, 화재 진압, 통신, 대피, 복구 등 일련의 대응 절차를 시각화한 UML 활동 다이어그램입니다.

항목 등을 종합적으로 고려한 비용 편익 분석을 통해 최적 노선 및 타당성 평가 기준을 제시하였다. 이들은 도심지에서도 공동구 설치가 가능하도록 관련 법·제도 개선이 함께 마련되어야 함을 강조하였으며, 지표 기반 종합평가 방법론, VE/LCC⁴⁾ 분석 등을 통해서 정책적 활용 가능성을 높이고자 했다. 공동구의 개념적 중요성과 제도적 기반 마련의 필요성을 제시한 연구(김동은 외, 2008; 이정일, 2010; 최재율, 2007)는 도시 기반시설로서 공동구의 역할, 화재 및 폭발 발생 시 사회적 파급효과, 그리고 예방을 위한 구조적·제도적 대응방안을 중심으로 일관된 경고와 대안을 제시하였다.

선행 연구는 공동구의 구조적인 특성과 화재·폭발·침수 등의 다양한 위험 요소에 대한 분석, 그리고 대응방안 마련에 중점을 두었지만, 위험성 평가 기준 정립, 지하 공동구의 실제 사례 기반의 위험 요소 도출, 그리고 유지관리 및 제도 개선방안에 대한 대응체계를 종합적으로 고찰하지는 않았다. 본 연구는 평가 지표의 도출 분류에 있어서 구조적, 기능적, 관리적 요소를 체계화하였으며, 각각의 항목에 대한 평가 기준 설정과 사례 분석을 통해서 구체적인 대응 방향을 제시하였다는 부분에서 선행연구와 차별성을 지닌다.

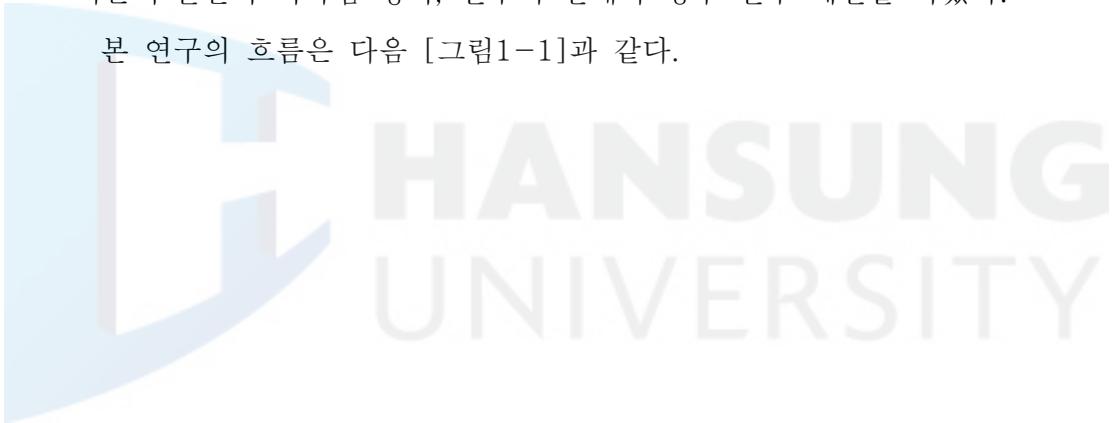
그러므로, 본 연구의 목적은 첫째, 지하 공동구 화재 위험성 평가 요인을 도출하고, 평가 기준과 내용을 마련하는 것이다. 둘째, 화재 사고 사례를 통해서 구조적인 문제, 설비 미비의 문제, 대응 체계의 부족의 문제 등을 분석하여 위험요인을 확인하는 것이다. 셋째, 사례 분석을 바탕으로 화재 위험성에 대한 대응 전략을 논의하고, 소방설비 개선, 유지관리 체계, 법적 기준 강화 등 개선에 관한 방안을 제시하는 것이다.

4) VE/LCC - 가치공학(VE).수명주기비용(LCC)

제2절 연구의 구성

제1장 서론에서 연구의 필요성 및 목적, 선행연구 검토, 연구의 구성을 설명하였다. 제2장 이론적 배경에서 공동구의 개념, 현황, 법적 근거, 그리고 구조적 특성, 공동구 화재의 현황과 원인, 특징, 국내외 안전 및 방화 기준을 정리하였다. 제3장에서 지하 공동구 화재 위험성 평가 요인 검토, 분류하여 사례 분석 틀을 구성하였다. 제4장에서 공동구 화재 사례에 대하여 위험성 평가 요인으로 심층적 분석을 하였다. 제5장에서 분석 결과를 논의하였고, 개선 방안을 제안하였다. 제6장 결론에서 연구 결과 요약, 이론적·실천적 시사점 정리, 연구의 한계와 향후 연구 제안을 하였다.

본 연구의 흐름은 다음 [그림1-1]과 같다.



[그림1-1] 연구의 흐름도



제2장 이론적 배경

제1절 공동구의 개념

1) 공동구의 개념 및 장·단점

가) 공동구의 개념

공동구(Underground Common Utility Tunnel)는 전기, 가스, 수도 등의 공급설비, 통신시설, 하수도 시설 등 주요 도시 기반시설을 하나의 지하 공간에 통합하여 수용하는 시설물이다(강영구, 2016). 이는 도시 미관을 개선하고, 도로 구조의 보전 및 원활한 교통 흐름을 유지하기 위해 설치되며, 국토계획법 제2조 제9호에서도 공동구의 개념을 공식적으로 정의하고 있다. 공동구는 기존 개별 매설 방식에서 발생하는 여러 문제점을 해결하기 위한 대안으로 도입되었으며, 이를 통해서 상 하수도관, 전력·통신용 전선, 가스·냉난방용 배관 등 다양한 기반시설을 집합적으로 관리할 수 있다(배상철, 2015). 공동구는 다음과 같은 요건을 충족해야 한다(강영구, 2016).



[그림1-2] 안동 도청 신도시 지하 공동구(자료: 경북도민일보)

첫째, 공동구 내에는 최소 두 가지 이상의 공공 시설물이 포함되어야 한다. 둘째, 반드시 지하에 매설되어야 하며, 지상의 개별적인 공급 시설과는 구별된다. 셋째, 도로의 부속물로서 도로 구조와 연계되어 설치되어야 한다. 넷째, 도시 기반시설의 공급 및 처리를 종합적으로 관리할 수 있는 형태를 갖추어야 한다.

공동구는 도로 노면 굴착을 수반하는 가스, 전기, 통신시설, 수도 등을 공동으로 수용하는 지점이며, 이를 통해서 도시 인프라의 효율성을 높일 수 있다. 공동구는 사람이 직접 점검하고 보수를 할 수 있도록 출입 공간을 확보해야 한다. 소방법시행규칙 제28조 제9항에 따라서 폭은 1.8m 이상, 높이는 2m 이상, 길이는 50m 이상의 구조를 가져야 한다(배상철, 2015). 공동가 도입된 것은 시설 통합을 넘어서, 도시 내의 기반시설 운영에 대한 안정성을 높이고 유지 및 보수의 효율성을 향상시키는 데 기여한다. 개별 공급 방식에서는 통신선, 전력선, 도시가스 배관, 상수도관 등이 따로 매설되어서 유지보수를 할 때마다 도로를 다시 굴착해야 하는 불편함이 있었다. 그러나 공동구를 활용하게 되면 동일한 공간에 관련 주요 기반시설을 모아서 유지관리의 용이성을 높이고, 도로 구조에 대해서 안정성을 확보하게 된다. 재해 발생 시 피해를 특정 공간에 제한함으로써 대형 재난으로의 확산을 방지할 수 있으며, 화재 방호 및 유독가스 차단 등 안전 관리의 효율성을 높일 수 있다(오원준, 2024).

나) 공동구의 장점 및 단점

도시 기반 시설인 공동구는 도시의 효율성을 높이고 발생할 수 있는 위험들로부터 빠르게 대체하게 하여 피해를 최소화할 수 있는 구조적인 장점을 갖추고 있다. 도시 경관을 정리하고 미관을 개선하는 효과가 있으며, 전력선, 통신선, 가스관 등의 지중화를 통해 전신주 및 배선으로 인한 시

각적 혼잡을 해소할 수 있다(이필윤, 2018). 보행자의 공간을 넓게 갖추고 보행의 안전성을 높이며, 지상에서 사용되는 공간을 효율적으로 사용할 수 있다. 유지관리 측면에서도 공동구 내에서 시설물을 통합적으로 관리할 수 있어 점검 및 보수 작업이 용이하며, 유지보수의 효율성을 극대화할 수 있다(박장현, 2025). 개별적인 도로의 굴착이 필요하지 않기 때문에 반복적인 도로 굴착을 방지할 수 있고, 이를 통해서 교통 혼잡을 줄이고 장기적으로는 유지보수 비용 절감 효과를 가져온다.

공급시설물의 내구성을 증대시키는 효과도 있다. 공동구 내에 배치된 전력 및 통신 시설이 외부 환경(기후 변화, 차량 충격 등)으로부터 보호됨으로써 설비의 수명이 연장되며, 설비 운영의 안정성이 향상된다(안기돈, 2012). 재해 발생 시 피해를 특정 공간에 국한시켜 확산을 방지하는 역할을 한다. 화재, 지진 등의 재해가 발생했을 때, 시설이 분산되어 있을 경우보다 공동구 내부에서 집중적으로 관리할 수 있어 피해 복구가 보다 신속하게 이루어질 수 있다. 화재 감지 및 소화 시스템을 통합 운영할 수 있어 방재 체계를 보다 효과적으로 구축할 수 있으며, 화재 발생 시 초기 대응이 가능하다(이정일, 2010). 방재 능력이 향상되면 시설물의 안전성이 강화되며, 사회기반시설의 안정적인 운영이 가능해진다.

그러나 공동구는 다양한 장점을 갖추고 있음에도 불구하고 몇 가지 단점이 존재한다. 가장 큰 문제는 초기 설치 비용이 높다는 점이다. 공동구를 건설하는 데 막대한 비용이 소요되며, 유지보수 비용 또한 상당할 수 있다. 또한, 설비가 고장 났을 경우 복구가 어렵다는 점도 문제로 지적된다. 공동구 내부에는 여러 시설이 밀집되어 있기 때문에 특정 설비에 문제가 발생하면 접근성이 떨어지며, 복구 작업이 지연될 가능성이 크다(이필윤, 2018). 화재 및 가스 폭발과 같은 재해가 발생 할 경우 대형 재난으로 이어질 위험성이 높다. 공동구 내에는 전력, 통신, 가스 등 주요 인프라가 혼재되어 있기 때문에, 화재가 발생 할 경우 유독가스가 빠르게 확산되고

전력 공급이 차단되며 통신 장애가 발생할 가능성이 크다(박장현, 2025).

공동구의 밀폐된 구조로 인해서 화재 시에 연기 및 유독가스의 확산이 급속히 진행되고, 이를 방지하기 위해서 효율적이고 효과적인 환기 및 배연 시스템은 필수적이다. 하지만 기존의 공동구에서는 이러한 시스템이 충분히 구축되지 않은 경우가 많아 화재 시 대규모 피해로 이어질 위험성이 크다(이정일, 2010). 공동구 내의 다양한 시설들이 여러 기관들과 기업에 의해서 관리되기 때문에 책임 소재는 불분명할 수 있고, 유지보수 작업 시에는 협업이 원활하게 이루어지지 않을 수도 있다. 공동구의 운영 및 유지보수를 효과적으로 수행하기 위해서는 명확한 관리 주체를 설정하고, 협업 체계를 강화할 필요가 있다(안기돈, 2012).

공동구 건설은 장기간의 공사 기간이 필요하다는 점, 역시 단점으로 지적된다. 공동구를 만드는 과정에서 도로 굴착 및 지하 공사는 필요하며, 이로 인해서 장기간에 걸친 공사가 진행될 가능성이 매우 높다. 공사 기간 동안에는 교통 체증이 발생할 수 있으며, 소음과 진동으로 인해 주민들의 불편이 가중될 수 있다(이필운, 2018). 이러한 문제를 해결하기 위해서 공사 기간을 단축할 수 있는 기술 개발, 공사 진행에 따른 교통 통제, 그리고 소음 저감 대책이 요구된다. 공동구는 도시 기반시설을 효율적으로 운영하고 유지관리를 위해서 상당히 필수적인 요소이기에, 화재 및 재해 발생 시 도시의 피해를 최소화할 수 있는 장점이 있다. 하지만 초기 투자 비용이 상대적으로 높고, 화재 및 유지보수 등과 같은 문제가 있기에, 이러한 단점을 보완하기 위한 대책과 시스템 개선이 필요하다.

[표2-1] 공동구의 장·단점

장점	단점
도시 경관의 수려성 보행자의 쾌적한 공간의 확보성 유지관리의 용이성 도로의 반복 굴착 방지성 공급시설물 내구성 증대성 재해를 한정된 공간으로 수용 방재 및 예방 능률 향상) 지하공간 유효이용	초기 설치 비용이 높음 설비 고장 시 복구가 어려움 화재 및 가스 폭발 시 대형 재해 위험 높음 환기 및 배연 시 시스템이 필요함 관리 주체의 불명확성 장기간의 공시 시간 필요

자료: 연구자 정리

2) 공동구 현황

국내 공동구는 총 170.3km에 이르며, 주로 상수도, 전력케이블, 통신케이블, 열 공급관, 쓰레기 수집 수송관, 중 수도관 등 시민 생활에 필수적인 기반 시설을 수용하고 있다. 이러한 공동구는 주로 대도시 지역을 중심으로 설치되어 있으며, 도시계획법, 주택건설촉진법, 택지개발촉진법, 산업입지법, 경제자유구역 관련 법령 등에 근거하여 건설되었다(오원준, 2024).

서울 지역에서는 여의도(1978년), 목동(1987년), 개포·가락(1987년), 상계(1989년), 상암(2004년), 은평(2013년), 마곡(2017년) 등에 공동구가 설치되었으며, 주로 전력, 상수, 통신, 난방 등의 시설이 수용되어 있다. 부산 해운대(1996년), 인천 연수·남동구 및 송도지구(2009-2021년), 광주 상무(1999년), 대전 둔산(1994년), 경기도 분당·일산(1994년), 평촌·부천·산본·수원·안산(1993-2005년), 세종시(2017년) 등에도 다양한 형태의 공동구가 구축되어 있다. 특히 송도와 세종시의 공동구는 중수도와 쓰레기 수송관까지 포함하는 다목적 공동구로 기능하고 있다. 공동구

는 그 건설 시기를 기준으로 1기(1990~1999년)와 2기(2000년 이후)로 나눌 수 있다. 1기 공동구는 전력, 상수, 통신 위주의 시설을 수용하였으며, 2기 공동구는 여기에 중수도, 쓰레기 집하시설, 지역난방 등 다양한 도시 기반시설을 포함하여 다기능화되었다(이정배, 2023).

일본, 네덜란드, 러시아, 프랑스 등은 공동구에 가스관과 하수도관까지 포함시켜 지하 라이프라인을 보다 효율적으로 운영하고 있다(오원준, 2024). 일본은 국토교통성이 공동구의 설계부터 유지관리까지 담당하여 일원화된 체계로 운영하고 있으며, 유럽의 경우도 지방자치단체나 민간 위탁 방식으로 체계적이고 합리적인 공동구 관리를 실현하고 있다. 한국은 공동구 건설 후 지방자치단체로 이관되며, 설계와 유지관리가 이원화되어 있어 통합적이고 체계적인 운영에는 다소 미흡하다는 평가도 존재한다. 수용 시설별로 비용을 분담하되, 점용 예정자가 개별 매설 방식보다 절감되는 범위 내에서 설치비를 부담하도록 규정하고 있으며, 제도적으로는 점용 예외나 미참여 시 별도의 행정 제재는 없는 실정이다(박장현, 2025). 그러나 교통체증 완화, 도시미관 개선, 유지관리 효율성 등의 효과를 고려할 때, 공동구 설치의 점차 확대되어야 할 필요가 있다.

[표2-2] 공동구 현황(국토계획법 기준, 2022)

구분	시도		연장(km)	준공연도	적용법률	수용시설
1	서울	목동	11.7	1987	주택건설촉진	전력, 상수, 난방, 통신
2		여의도	6.1	1978	한강연안개발	전력, 상수, 난방, 통신
3		개포	4.2	1987	토지구획정리	전력, 상수, 통신
4		가락	7.4	1987	토지구획정리	전력, 상수, 통신
5		상계	1.1	1989	택지개발	전력, 통신, 상수 기타(도시철도공사)
6		상암	2.30	2004	택지개발	전력, 상수, 난방, 통신
7		은평	0.990	2013	도시개발	전력, 상수, 난방, 통신, 쓰레기수송관

구분	시도		연장(km)	준공연도	적용법률	수용시설
8		마곡	2.660	2017	도시개발	전력, 상수, 통신, 난방, 쓰레기수송관
9	부산(해운대)		7.27	1996	택지개발	전력, 상수, 통신
10	인천	연수구	3.6	1992	택지개발	전력, 상수, 통신
11		남동구	1.16	2011	택지개발	전력, 상수, 통신, 난방
12		송동1, 3 공구	11.11	2009/2013	경제자유구역	전력, 상수, 난방, 통신, U-City, 중수, 쓰레기 수송관
13		송동5, 7 공구	5.7	2014	경제자유구역	전력, 상수, 난방, U-City, 중수도
14		송동8 공구	2.76	2017	경제자유구역	전력, 상수, 통신, 중수
15		송도 6공구	1.81	2021	경제자유구역	전력, 상수, 통신, 중수
16	광주(상무)		1.8	1999	택지개발	전력, 상수, 통신
17	대전(둔산)		7.1	1994	택지개발	전력, 상수, 통신
18	경기도	부천	5.8	1993	택지개발	전력, 상수, 통신
19		분당	14.7	1994	택지개발	전력, 상수, 통신
20		평촌	4.4	1993	택지개발	전력, 상수, 통신
21		일산	10.5	1994	택지개발	전력, 상수, 통신
22		파주	10.30	2014	택지개발	상수, 전력
23		산본	3.000	1993	택지개발	상수, 전력
24		수원	0.65	1988	택지개발	상수, 전력
25		안산	3.00	2005	택지개발	전력, 통신, 상수
26	충북(오창)		2.40	2001	산업입지	전력, 통신, 상수
27	충남(내포)		3.00	2014	택지개발	전력, 상수, 난방, 통신
28	전남(여수)		0.60	1980	산업입지	통신, 상수
29	경북	구미	1.50	1979	산업입지	전력, 통신, 상수
30		안동	3.320	2017	산업입지	전력, 통신, 상수
31	경남(창원시)		5.40	1983	산업입지	전력, 통신, 상수
32	세종시		22.940	2017	행정도시특별	전력, 통신, 난방, 상수, 중수, 쓰레기 수송관

3) 공동구의 역할에 따른 필요성

현대 도시에서 공동구는 도시 인프라의 매우 필수적인 요소로, 다양한 공공시설들을 통합하여 관리하고 도시 공간을 경제적 및 효율적으로 활용하는 데 핵심적인 역할을 한다. 21세기 멀티미디어 정보산업의 발달과 건축물의 대형화 및 고층화, 도시의 밀집화에 따라 전력, 통신, 신호, 제어배선 등과 같은 핵심 인프라를 효과적으로 운영하기 위해 공동구의 필요성이 더욱 강조되고 있다(강영구, 2016). 공동구는 도시 교통 문제를 해결하고, 도로 정비를 원활하게 하며, 재해 예방, 지하 공간의 효율적 활용, 유지관리비 절감, 장기적인 인프라 수요 증가에 대한 탄력적 대응 등 여러 가지 측면에서 중요한 역할을 수행한다(오원준, 2024).

현대 도시에서 지속적으로 인구 밀집 및 자동차는 증가하고 있어서 상당한 도시의 문제로 여겨지고 있다. 그리고 도시에서 각각의 사업들은 지하 매설 공사를 계속적·반복적으로 시행하는 도로 굴착 공사로 인하여 도시의 교통 흐름을 방해하고 사고, 동시에 사고 발생의 가능성도 높이게 된다. 공동구는 이러한 문제를 해결하기 위해 전력, 통신, 수도 등의 공급시설을 하나의 공간에 통합하여 관리함으로써 반복적인 도로 굴착을 방지하고, 도로 포장의 내구성을 유지하며, 교통 흐름을 원활하게 하는 역할을 한다(박장현, 2025). 전신주 및 맨홀 등의 난립으로 인해 복잡해진 도시의 미관을 정비하고, 거미줄처럼 얽힌 가공선과 매설 시설을 정리하여 도시 공간을 체계적으로 구성하는 데 기여한다(이정일, 2010).

공동구는 재해 방지 측면에서도 핵심적인 기능을 한다. 공동구는 콘크리트 구조물로 지하에 설치되기 때문에 화재, 태풍, 지진과 같은 다양한 자연재해로부터 시설물을 보호할 수 있고, 공급설비의 누설 및 훼손 등의 문제를 사전에 감지하여 유지보수가 용이하다. 이를 통해 재해 발생 시 피해

를 최소화하고 도시의 지속적인 기능 유지가 가능하도록 한다(오원준, 2024). 지하 공간을 효율적으로 활용함으로써 과밀화된 도시에서 새로운 공간을 확보하는 데 기여하며, 이는 토지 이용 효율성과 경제성 측면에서도 긍정적인 영향을 미친다 (강영구, 2016).

경제적인 측면에서 공동구는 초기 건설 비용이 높다는 인식이 있지만, 장기적인 관점에서 볼 때, 오히려 유지관리비용을 절감할 수 있으므로 경제성이 높다고 여겨진다. 건설비에 있어서도 단위 길이당 비용은 개별적 사업으로 관로를 매설하는 방식보다는 상대적으로 더 요구되지만, 단독구와 비교해 볼 때, 약 10.4%의 비용이 절감되는 효과가 있었다. 단독구의 평균 수명이 약 20년임을 고려할 때, 장기적인 관점에서 공동구가 더욱 경제적이라는 결론을 도출할 수 있다(박장현, 2025).

장기적으로 도시의 공동구는 인프라 수요 증가를 효과적으로 대응할 수 있는 시설이다. 국민의 소득이 증가하고 동시에 생활 수준 향상되어서 가스, 통신, 가스 등의 수요 증가, 도시의 과밀화는 반드시 공공시설의 필요성이 요청한다. 공동구는 이러한 수요를 예측하여 내부 공간을 확장할 수 있도록 설계되며, 미래의 도시 행정 및 인프라 운영에서 중요한 역할을 한다 (이정일, 2010).

공동구는 단순한 지하 매설 공간을 넘어 도시의 지속 가능성을 높이는 핵심 인프라로 기능하고 있으며, 교통 문제 해결, 도시 미관 개선, 재해 방지, 경제성 증대, 장기적인 인프라 확장 대응 등 다양한 측면에서 중요한 역할을 수행하고 있다. 이러한 점에서 공동구의 체계적인 관리와 지속적인 확충이 도시 발전에 필수적이라고 할 수 있다.

[표2-3] 공동구의 역할에 따른 필요성

문제점		필요성	
가공물	·도로 보행자의 공간 저해 ·도시미관 저해 ·가공선 사용의 문제점 발생		·도로 통행 시 보행자의 공간 확보 ·도시경관의 향상 ·보수, 유지관리 등의 용이 ·미래의 수요량 예측에 의한 공간 확보 용이 ·도로 하부의 반복굴착 방지 - 기능 유지 - 차량의 유류 절약 및 차량 소통의 원활화 - 각종 사고방지 - 민원제기 불식 및 환경공해 방지 ·방재능력의 향상 - 공사 시 및 천재지변으로부터 매설물 보호 - 화재 발생 시 한정된 공간(공동구)으로 수용 - 탐지기 설치 등에 의한 재난 예방 ·공급시설물의 수명(내구성) 증대 ·지하공간을 효율적으로 이용
지중물	·보수, 유지관리 등의 난점 ·도로 하부의 반복 굴착 - 도로의 기능 훼손 - 공사로 인한 교통체증 - 빈번한 공사로 사고 발생 증가 - 진동, 소음 등 환경공해 ·재해 발생으로 인한 소재지 파악 곤란 ·공급시설물의 수명(내구성) 감소	공동구	

자료: 오원준(2024)

4) 공동구의 분류

공동구는 주요 목적과 관리 방식에 따라 다음과 같이 세 가지 유형으로 나뉜다. 첫째, 간선도로 공동구는 국가 또는 지방자치단체에서 관리하며, 주요 간선도로 지하에 설치되어 전력, 통신, 상하수도, 가스 및 냉방과 같은 필수 공공시설을 통합적으로 수용하는 구조물이다. 일반적으로 콘크리트 박스형 구조로 설계되며, 하나의 박스 내에 다양한 시설을 수용하거나

별개의 박스를 활용하는 방식으로 구성된다(최재율, 2007). 이러한 간선도로 공동구는 도시 인프라의 안정성과 유지보수를 용이하게 하며, 시설물의 효율적인 관리가 가능하도록 설계된다(장유리, 2016).

둘째, 독점적 공급관 전용 공동구는 공급시설과 관련된 사업자가 관리를 하도록 되어 있으나, 일반적으로 단독구 형태를 구성하고 있다. 전기, 통신, 상하수도, 가스 등의 공급업체가 개별적으로 설치하고 관리하는 방식이며, 국가나 지방자치단체의 관리보다는 해당 사업자의 유지보수 체계에 의존하는 특성을 가진다(이정일, 2010). 국내의 경우 대부분의 공동구가 이 형태를 따르며, 개별 사업자 중심의 관리 체계로 인해 통합 관리가 어렵고 유지보수 과정에서 중복되는 비용이 발생할 가능성이 있다(박종근, 노삼규, 2002).

셋째, 시설물 중에서 1-2개 정도로 구성되어 있는 단독구는 통신, 전력, 상수도 등의 개별적인 시설 공간으로 사용된다. 단독구는 초기 설치 비용이 상대적으로 저렴하고, 개별 시설물에 특화된 유지보수가 가능하다는 장점이 있지만, 여러 시설을 통합적으로 관리하기 어렵고 도시 내 지하 공간의 비효율적인 활용을 초래할 수 있다는 단점이 있다(우미래, 2018). 이에 따라, 선진국에서는 단독구⁵⁾보다 공공용 공동구를 확대하는 방향으로 정책을 추진하고 있으며, 한국에서도 이러한 방식의 도입이 필요하다는 연구가 진행되고 있다(서현정 외, 2019).

5) 공동구의 법적 근거

공동구와 관련된 설치와 운영은 법령과 지침에 따라서 체계적으로 규정되어 있고 이러한 법적 기반은 공동구의 효율성과 안정적인 운영을 뒷받침한다. 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」에서 시행령 제39조 및 제

5) 단독구 -독립된 구조물 또는 구역

39조의2~3, 제44조의2부터 제44조의3, 제44조 및 시행령 제35조의2부터 제38조는 도시계획시설로서 공동구 사업 시행, 건설, 그리고 유지관리 등 포괄적인 근거를 제공한다. 법령에 따르면 200만㎡ 이상의 개발은 공동구를 설치해야 하고, 설치에 요구되는 비용은 공동구 점용예정자 및 사업시행자가 부담하며, 관리비용은 점용기관이 부담하고 정기적인 안전점검을 실시하도록 명시되어 있다.

공동구를 도로의 부속물로 규정하는 「도로법」 제3조 및 시행령 제1조, 공동구의 구조와 설치기준을 상세히 규정하는 「도시계획시설의 결정 구조 및 설치기준에 관한 규칙」 제4장 7절 제80~81조에 따르면, 감시 및 관리시설을 두어서 중앙통제시스템을 운용하도록 규정하고 있다. 국토교통부의 2010년 2월 공시에 따르면, 「공동구 설계기준」은 부대설비의 설계 및 시공에 관한 표준, 공동구 본체와 관련 특수부를 제공하고, 「공동구 표준시방서⁶⁾」는 재료, 품질, 시공 등에 관한 기준을 제시한다. 그리고, 「공동구 설치 및 관리지침」(국토교통부 훈령 제413호, 2014.08.12)에 따르면, 공동구의 설치, 유지보수, 보강, 점검에 관한 기준을 담고 있고, 24시간 중앙통제시스템을 운용할 수 있도록 2명 이상의 감시 인력을 확보해야 한다고 규정하고 있다.

설치비, 사용료, 관리비의 부담에 대해서는 「공동구 점용예정면적 산정 기준에 관한 지침」(국토교통부 훈령 제326호, 2009.8)이 기준을 제시하고 있으며, 「공동구 안전점검 및 정밀안전진단 매뉴얼」(국토교통부, 2010.12)은 안전점검 절차와 방법을 명확히 하고 있다. 보안과 관련해서는 「국가보안목표관리지침」 및 「국가보안시설 및 보호장비 관리지침」(국가정보원, 2013.3)에 따라 모니터링 및 초동조치 인력을 각 1~2명 이상 배치하고, 유관기관과의 24시간 비상연락망을 구축하도록 규정되어 있

6) 공동구 표준시방서 - 지하 공동구의 설계 및 시공에 대한 표준 지침으로, 국토교통부에서 제정한 행정규칙입니다. 이 시방서는 공동구의 계획, 설계, 시공, 유지관리 전반에 걸친 기준을 제공하여 공사의 품질과 안전을 확보하는 데 목적이 있습니다

다.

방호기준은 「통합방위법」 과 「통합방위지침」 인 대통령훈령 제28호(2010.12.2)에 따라 2인 이상의 근무자 배치를 요구하고, 경보시스템과 과학화 감시장비를 24시간 감시체계를 갖추어 운영하기 위해서 통합상황실에 설치하고 있다. 소방과 관련해서는 「소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률」 제24조 제1항에서 공동구를 특정소방대상물로 지정하고, 이에 따라 소방시설의 설치와 안전관리를 의무화하고 있다.

[표2-4] 공동구의 법적 근거

구분	근거명칭	조항 또는 기준
설치 및 관리기준	국토의 계획·이용에 관한 법률	제44조·시행령 제35조의2~38조, 제44조의2~3·시행령 제39조, 39조의2~3
	도로법	제3조 및 시행령 제1조
	도시계획시설의 결정 구조 및 설치기준에 관	제4장 7절 제80~81조
	공동구 설계기준	국토교통부, 2010.2
	공동구 표준시방서	국토교통부, 2010.2
	공동구 설치·관리지침	국토교통부 훈령 제413호, 2014.8.12
	공동구 점용예정면적 산정기준	국토교통부 훈령 제326호, 2009.8
보안기준	국각보안목표관리지침 및 국가보안시설 및 보호장비	국가정보원, 2013.3
방호기준	통합방위법 및 통합방위지침	대통령훈령 제28호, 2010.12.2
소방기준	소방시설설치유지 및 안전관리에 관한 법률	제24조 제1항

자료: 연구자 정리

2023년 4월 4일 개정된 국토교통부 「공동구 설치 및 관리지침」은 ‘공동구 설치 시 자연재해로 인한 침수를 방지하기 위한 수방 대책’을 보다 명확히 반영하고자 개정되었다(국가법령정보센터). 「자연재해대책법」 제17조제1항에 근거한 「지하공간 침수방지를 위한 수방기준」을 따르도록 명문화하여, 향후 공동구 내 침수 피해 방지와 관련된 수방시설의 설치 기준이 명확해졌다. 개정안 제37조 제4항에서는 공동구 환기구를 통해 빗물의 유입을 방지하기 위한 구조적 조치로서 방수형 덮개 등의 사용을 의무화하였다. 이는 공동구의 외부 개구부를 통한 침수 경로 차단을 위한 실질적이고 구체적인 대응 방안으로서, 해당 조항을 통해 사업시행자는 환기구 등 지상 노출 설비에 대해 수방설비를 반드시 고려하여 설계 및 시공해야 한다.

개정안 제19조에서는 기존에 사용되던 ‘차수벽⁷⁾’이라는 용어를 「지하공간 침수방지를 위한 수방기준」에서 사용되는 ‘물막이판’으로 일치시켜 용어를 통일하였다. 이는 수방시설과 관련된 법령 및 지침 간의 해석상 혼선을 줄이고, 기술적 기준의 적용에 있어 일관성을 확보하려는 목적에서 이루어진 것으로 이해된다.

개정은 국토교통부 훈령 제1608호에 따라 발효되었으며, 그 시행에 따라 공동구를 설치하는 사업시행자는 반드시 침수 방지와 관련된 수방기준을 고려하여 환기구, 출입구, 통신구 등의 설비에 적절한 방수대책을 수립해야 하며, 이에 따라 실제 설계 시 ‘물막이판’ 등의 설치 여부를 판단하여 적용해야 한다.

7) 차수벽 -물의 흐름(누수나 침투 등)을 차단하거나 제한하기 위해 설치하는 구조물입니다

6) 공동구의 관리주체 및 법적 책임

공동구의 관리주체는 「공동구 설치 및 관리지침」(국토교통부훈령 제1608호, 2023.4.4. 시행)에 따라 명확하게 정의되어 있다. 지침 제2조 제1호에 따르면 공동구 관리자는 원칙적으로 해당 공동구를 설치하고 이를 관리하는 특별시장, 광역시장, 특별자치도지사, 특별자치시장, 시장 또는 군수로 지정되어 있다. 이는 공동구가 설치된 지역의 지방자치단체장이 관리책임을 지는 구조로, 공공 인프라의 안전성과 효율성을 지방행정 차원에서 통합적으로 관리하고자 하는 취지를 반영한다.

「국토의 계획·이용에 관한 법률」(제44조의2 제1항)에 따라서 공동구의 관리 및 운영은 수탁기관에 위탁할 수 있고, 이 경우에 수탁기관의 최고 결정권자도 공동구 관리자로 간주한다. 이에 따라서 공동구 관리자는 직접적인 설치 및 유지관리에 대한 책임, 위탁기관의 관리 및 운영에 대한 지도와감독 의무를 함께 수행해야 하고(제33조), 위탁기관의 직원의 신원조사, 현장점검 등의 절차를 통해서 관리의 신뢰성과 투명성을 확보해야 한다.

관리자는 제22조와 제23조에 따라서 공동구 본체, 부대설비, 수용시설에 이르는 전 영역에 유지관리 책임을 지고, 재난 발생 시 대응, 안전보호, 출입자 통제, 중앙통제설비 운용 등의 행정적, 관리적 업무도 포함된다. 제26조는 관리체계를 공동구 관리자와 점용자의 역할로 구분하고, 정상시와 비상시 체계를 따로 정립하도록 하고 있다. 관련 규정들은 공동구가 도시 인프라이며, 도시의 핵심 기반시설로서 안전과 효율을 확보해야 하는 시설이라는 것을 반영한 것으로, 관리주체자의 역할과 책임에 대하여 법령과 지침을 통해서 명확히 규정하고 있다는 점에서 기술적, 행정적 관리체계의 실효성과 일관성을 확보하는 데 시사점을 제공한다.

7) 국·내외 공동구의 구조

가) 국내 공동구의 구조

공동구는 전력, 통신, 상수도, 가스, 난방 등의 다양한 기반시설을 효율적으로 수용하고 관리하기 위한 지하 구조물로, 그 형태와 특성에 따라 공공용 공동구, 일반구, 단독구로 구분된다(이필윤, 2021). 현재 국내의 공동구는 대부분 단독구 형태로 존재하며, 일부 시설에서 2~3개의 수용시설을 조합한 격벽식 단면 구조로 구성되어 있다(한국토지개발공사 기술연구소, 1990).

국내 공동구의 구조적 형태를 살펴보면, 간선도로 공동구는 콘크리트 박스형 구조로 설계되며, 설비 간 간격을 조정하여 유지보수의 효율성을 높이는 것이 특징이다(지중선사업처, 1992). 공급관 전용 공동구는 사업자에 의해서 관리되고, 유지보수에 대한 주체가 분산되어 있기에 일관된 기준을 적용하지 않는 경우도 많다. 따라서 향후 국내 공동구 정책은 일본과 미국의 사례를 참고하여 공공용 공동구를 확대하고, 통합 유지보수 체계를 구축하는 방향으로 개선될 필요가 있다(김동은 외, 2008).

공동구의 구조적인 특성은 화재 및 재난 발생 시에 대응 체계에도 영향을 미친다. 김재엽(2024)은 지하 공동구에서 발생할 수 있는 화재의 위험을 분석하고, 방재 시스템의 신뢰성을 평가하면서, 공공용 공동구 형태가 단독구 보다 화재 예방 및 대응에 유리하고, 화재 확산을 방지하기 위해서 설비 간 물리적 구획을 명확하게 설정할 필요가 있다고 하였다. 공동구 내부의 가스 폭발 위험을 평가한 연구에서는, 공동구 내 배관 배치와 환기 시스템의 설계가 화재 및 폭발 피해를 최소화하는 데 중요한 역할을 한다는 점이 강조되었다(장유리, 2016). 국내에 설치된 대부분의 공동구는 개별 시설 단독구 형태로 운영되고 있고, 공공용 공동구의 도입과 확대가 매

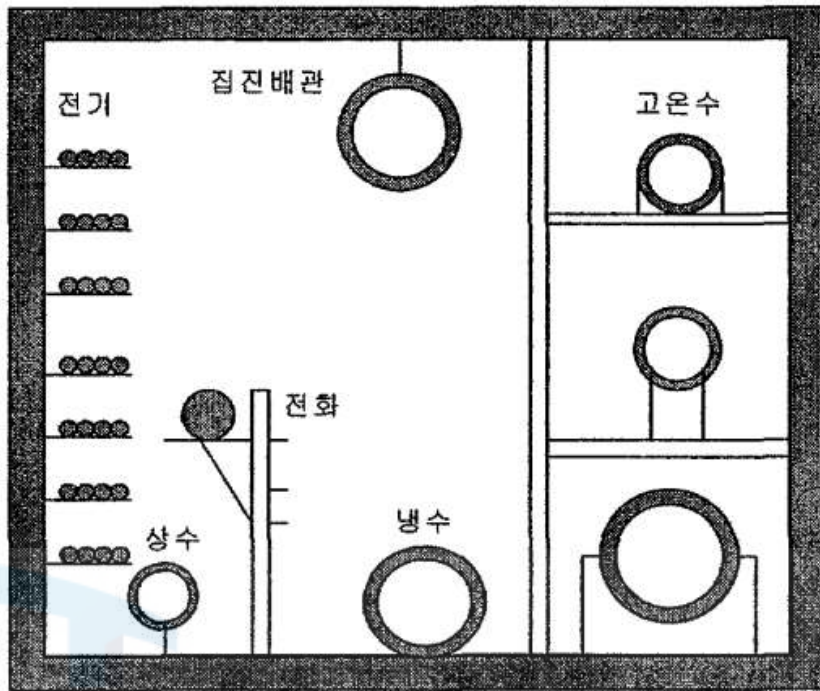
우 필요한 상황이다. 이를 위해서 구조적 설계 개선, 유지보수 체계 통합, 화재 및 재난 대응 시스템 강화가 요청되는 실정이다.

나) 국외 공동구의 구조

국외 공동구는 프랑스, 러시아, 독일, 기타 유럽국가를 고찰하였다(서울특별시, 2000; 한용식, 2020; 화재보험협회, 2019; 소방청, 2023a; 오원준, 2024; 박광준, 윤경렬, 2018; 국토교통부, 2019).

(1) 프랑스

프랑스 공동구의 시작은 1832년 파리에 콜레라가 발생함에 따라 1883년부터 하수도망을 체계적으로 계획하여 모든 도로를 파리 대하 수도로하고 그 중에는 수도관, 압축공기관 등을 설치하였다(김필수, 2002). 공동구는 폭이 6m, 높이는 5m의 공동구로 되어 있었지만 대부분의 공동구는 폭이 1.5m, 높이는 2.5m의 소규모로 설치하였다(안기돈, 2012). 그러나 최근에 사용되는 공동구는 데팡스 지구의 재개발 사업에서 시행한 공동구이다(김필수, 2002). 해당 공동구는 지하 약 20m에 매설되어 있고, 공동구 하부에는 하수도관이 매설되어 있으며 단면 구조도 다양하게 변형된 형태를 보여주고 있다(김정훈, 2008).

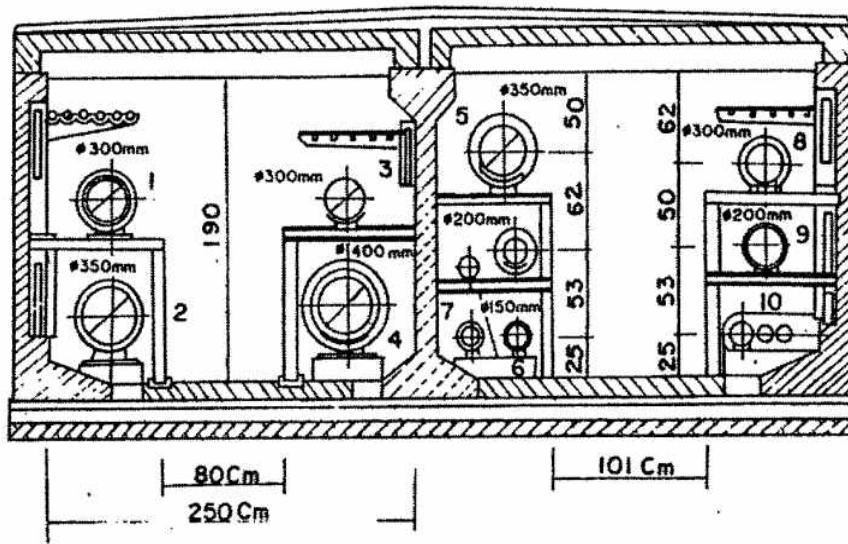


최근 파리 부도심 데팡스지구 공동구

[그림2-1] 파리 부도심 데팡스지구 공동구

(2) 러시아

러시아에서는 모스크바, 레닌그라드 등 대도시에 공동콜렉터 라고 부르는 공동구를 설치하였고, 해당 공동구들은 구조물이 조립식으로 발전되어 왔다. 모스크바 공동구(모스크바 기술 연구소)는 조립식으로 설치되어 있고, 전력, 상수도, 통신, 난방용 파이프라인이 구조물 안에 수용되었다(박강식 외, 2002).



1. 증기관
2. 예비증기관
3. 송풍관
4. Supply급열관

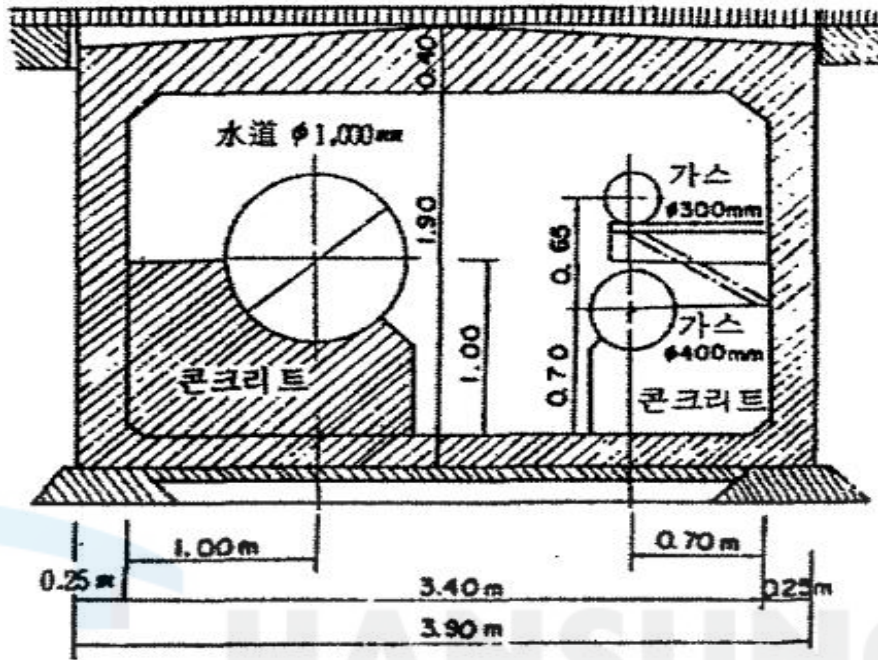
5. Return급열관
6. 유압응축관
7. 연화수관
8. 통풍관

9. 열탕관
10. 보온연료유관

[그림2-2] 모스크바 공동구

(3) 독일

독일은 1890년 함부르크에서 편측보도 지하 455m의 공급 공동구를 건설하였다. 이후 해당 공동구는 완성한 것이 아니라고 평가되지만, 수도관 파열에 의해서 구내 침수가 장기간 계속되었고, 지역난방용 열급수관의 절연재는 모두 교체해야만 했다(박강식 외, 2002). 연도건물의 배관이나 횡단 관로 설치를 위해서 노면을 반복적으로 굴착할 필요성이 생겼고, 공동구의 내공단면이 부족하여 공동구 이외에 도로 하부에 필요한 관로나 케이블을 매설해야만 했다. 하지만 이러한 결점이 있다고 지적받지만, 해당 공동구는 지하 매설물 처리 대책 방안으로 평가받고 있다.



[그림2-3] 부페르타트의 공동구

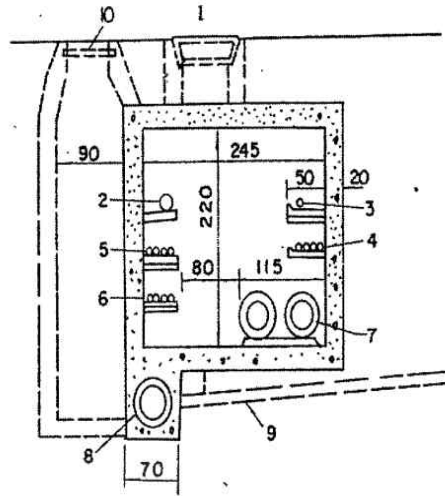
1959년에 건설하기 시작한 [부페르타트]의 공동구가 널리 알려져 있는데 이 공동구는 연장이 300m정도밖에 되지 않으나 가스관과 상수도관을 수용하였는데 상수도관은 대관경의 관을 매설하였다는 것이 특징이고, 단면은 폭 3.4m로 하였고, 높이는 수용 시설물의 환경에 따라 1.8m에서 2.3m까지 다양한 단면을 형성하고 있다(김정훈, 2008).

(4) 기타 유럽 국가의 공동구

공동구를 건설한 헝가리, 스위스, 등은 대부분의 도시에서 도로 신설, 정비, 또는 지하철 건설시 건설되어지는 것으로 나타나고 있다[그림2-4], [그림2-5]는 스위스와 헝가리의 일반적인 공동구의 단면을 소개하고 있

다(김필수, 2002).

1. 공동구 맨홀
2. 상수도관
3. 가스관
4. 통신케이블
5. 전력케이블
6. 가가등등 조명용 케이블
7. 급열관
8. 우수관
9. 우수 맨홀과의 연속성
10. 우수관의 맨홀



[그림2-4] 스위스 취리히 일반공동구



TF:지역난방관로(φ400mm)

P:통신케이블

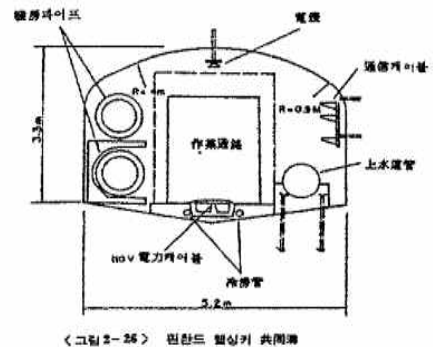
G:가스관(φ300mm)

E:전력케이블

V:상수도관(φ800mm)

B:복판

F:배수관



[그림2-5] 헝가리 일반 공동구

8) 공동구의 기술적, 시설적, 관리 운영적 문제점

지하 공동구의 안전관리 및 화재 예방을 위한 기반이 되는 관리 및 운영, 시설적, 기술적 측면에 고려될 수 있는 문제점은 우리나라 공동구의 실태에서 드러나고 있다. 김재엽(2024), 이상엽(2022), 박장현(2025), 이필윤(2021)은 연구를 통해서 다양한 위험 요소를 확인하였으며, 다음과 같은 문제점들을 도출하였다.

첫째, 시설적 측면에서 발견된 문제점은 노후된 구조물로 인한 취약성, 방재시설의 미비, 그리고 가연성 자재의 광범위한 사용으로 요약된다. 현재 많은 공동구에서는 전력, 통신, 상수도, 지역난방 등의 설비가 좁은 공간 내에 복잡하게 설치되어 있어 누전과 화재의 위험이 높으며, 화재감지기, 스프링클러, 방화벽 등의 기본적인 방재시설이 부재하거나 미비하다(이상엽, 2022). 냉·난방 보온재, 플라스틱 배관, 전선 피복 등 가연성 소재가 사용되어 화재 시 급속한 연소가 확대되고, 유독가스가 배출되는 위험을 초래한다. 구조체의 노후화로 인한 균열, 누수, 철근 부식, 토사 유입 등은 화재 이전의 전기적 사고 가능성을 높이고 있으며, 대부분의 구간에 서 우회회선이 확보되어 있지 않아 화재 시 통신과 전력 공급의 완전한 단절로 이어질 가능성이 있다(김재엽, 2024).

둘째, 관리 운영적 측면에서 지하 공동구에 대한 관리체계 미흡, 기관 간 협력 부족이 매우 심각한 문제로 지적된다. 일부 대형 공동구를 제외하고 소규모 공동구의 구조, 위치, 수용시설 현황이 정확하게 파악되지 않고, 설계도면의 분실로 인해서 관리 인력이 직접 현장을 조사해서 파악해야 하는 실정이다. 이로 인해서 설비 간 정확한 배선과 위치에 대한 정보를 알 수 없어서 점검 및 유지관리에 상당한 제약이 따르고 있다. 그리고 수용시설별 설치 주체가 다원화되어 있어 책임 소재가 불명확하며, 중앙

감시시스템이 미비하여 긴급 상황에서의 대응 능력이 매우 낮다(이필운, 2021). 보안대책 역시 허술하여 외부인의 침입이나 화기 반입 가능성이 있으며, 소방관의 신속 투입이 어렵고, 고압전력 차단이 지연되어 초기 진화가 불가능한 상황도 발생할 수 있다(박장현, 2025).

셋째, 기술적 측면에서 난연화가 안 되는 가연성 단열재 사용, 송·배전 케이블 사용이 큰 문제로 지적된다. 공동구의 화재 확산의 핵심 경로인 교차부와 분기구에는 방재 구획이 전혀 마련되어 있지 않고, 자동화재탐지설비의 부재, 통합감시시스템 미구축도 공동구의 기술적 방호능력을 낮추는 요소이다(권왕순, 2001). 화재 발생 시 신속하게 연소 확산을 방지하고 대응하기 위한 구조 설계가 이루어지지 않아, 대형 화재로의 확대 가능성을 높이고 있다(김재엽, 2024).

따라서 지하 공동구의 안전관리 체계에 대한 근본적인 문제점 재검토, 방재 시스템의 통합, 설비의 난연화, 유관기관 간 정보 공유의 체계적 정비, 그리고 중앙 감시체계의 구축이 시급히 요청된다. 앞으로 정책적 대응과 법제화는 관련 문제를 해소하는 데 있어서 매우 중요한 역할을 하게 될 것이다.

제2절 공동구의 화재

1) 공동구의 화재 현황

국가화재정보센터 통계(2013~2022)에 따르면, 국내에서는 연평균 약 4만 3천 건의 화재가 발생하였고, 이 중 건축물 화재는 전체 화재 약 60%를 차지하여 연평균 26,000건이 발생하였다. 상대적으로 지하 공동구를 포함한 지중 시설 화재는 적은 수치로 나타났고, 연평균 1.8건의 화재가 발생했다. 지하 공동구에서 발생하는 화재의 경우, 건축물 화재보다는 피

해 규모가 크다는 점이 확인되었다. 지하 공동구 화재당 평균 재산 피해는 384,077천 원으로, 건축물 화재당 평균 피해액(21,207천 원)과 비교했을 때 약 18배 이상 높은 것으로 나타났다(소방청, 2022). 이는 지하공동구 내 가스, 전기, 통신, 수도 등 주요 공급설비들이 밀집되어 있어서 화재로 인한 직접적인 피해와 이로 인해 발생하는 간접 피해도 많다는 것을 나타낸다.

2000년 2월 18일 발생한 여의도 공동구 화재는 송전선 구간에 설치된 절연 접속함에서 발생한 합선이 원인이었으며, 이로 인해 4명이 부상을 입고 약 16억 원의 재산 피해가 발생하였다(김재엽, 2024). 화재 진압에는 약 8시간이 소요되었고, 밀폐된 구조로 인해서 소화약제의 효과가 저하되고 유독가스가 발생하여 화재 진압은 더욱 어려웠다. 이 사건은 공동구 내부 화재 감지와 환기 시스템이 미비할 경우에, 초기 진압이 지연되면서 피해가 확대될 가능성이 높다는 것을 시사하였다. 2018년 11월 24일 발생한 KT 아현지사 통신구 화재는 화재 원인이 밝혀지지 않았지만, 장시간 화재로 인해서 현장이 심각하게 훼손되었고, 약 80억 원의 재산 피해가 발생했다. 서울 지역의 약 1/4은 통신 장애를 겪는 등의 전국적인 영향을 미쳤고, 주요 통신시설이 밀집된 지역에서 발생한 화재가 재산 피해를 넘어서 국가적인 사회·경제적 피해를 초래할 수 있었음을 보여주는 사례였다. 1994년 종로 통신구 화재, 1993년 평택 금성사 공동구 화재, 그리고 1998년 서울 올림픽 아파트 공동구 화재 등의 다수 사례에서 전기적 요인 및 용접 부주의가 화재 원인으로 작용하였고, 밀폐된 지하공간에서 화재가 발생할 경우에는 진압이 어려워 피해가 확대되는 경향을 보였다.

2010년부터 2019년까지의 지하구 화재 통계를 살펴보면(화재보험협회, 2019), 화재 발생 수는 비교적 적은 편이나, 인명피해와 재산피해 측면에서는 건축물 화재에 비해 훨씬 큰 편차와 심각한 피해가 발생한 것으로 나타난다. 10년 동안 지하구에서 발생한 화재는 총 23건으로, 연평균 약

2.3건 수준이다. 2016년에는 화재가 발생하지 않았으며, 그 외의 연도에서는 매년 1건에서 4건 사이의 수준을 유지하고 있다. 인명피해의 경우, 총 5명이 발생하여 연평균 0.5명으로, 건축물 화재당 인명피해 연평균인 0.07명에 비해 상대적으로 높다. 인명피해는 2010년에 2명, 2012년에 1명, 2013년에 2명이 발생하였으며, 나머지 해에는 발생하지 않았다.

재산피해는 더욱 큰 차이를 보인다. 지하구 화재당 평균 재산피해는 약 383,990천 원으로, 건축물 화재당 재산피해 평균인 13,981천 원에 비해 27배 이상 높은 수치를 보였다. 2018년에는 지하구 화재로 인한 재산피해가 3,756,206천 원(약 37억 5천만 원)에 달했으며, 2017년에도 52,141천 원으로 다른 연도에 비해 상당히 높은 피해가 발생하였다. 지하구 화재는 발생 빈도는 낮지만 한 번 발생 시 인명과 재산 피해가 매우 크며, 특히 전력, 통신 등 주요 인프라가 밀집되어 있는 공간의 특성상 사회적 파급력이 상당히 높다. 따라서 지하구 화재에 대해서는 예방 중심의 관리체계를 강화하고, 초기 진화 대응력과 방화설비의 확보가 무엇보다도 중요하다는 점이 강조된다(최명영, 2020)

[표2-5] 지하구 화재 통계(2013-2022)

구분	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	평균
지하구 화재수	2	1	2	0	2	2	3	3	1	2	1.9
지하구 화재당 인명 피해	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2
지하구 화재당 재산 피해 (천원)	8,035	3080	511	0	52,140	3,756,206	2,815	4,662	41	13,288	384,077

자료: 소방청(2023)

2023년 소방청이 수행한 화재예방 안전진단 결과에 따르면(김선아, 2023), 국가중요시설로 지정된 지하공동구와 공항 대부분이 화재안전 측면에서 취약한 상태인 것으로 나타났다. 공동구는 전력, 통신, 난방, 상수도 등 주요 인프라를 지하에 매설한 통로로, 서울, 경기, 인천, 세종 등 전국에 총 31개가 설치되어 있으며, 이 중 서울, 대전, 세종의 공동구는 국가중요시설로 분류된다. 진단 결과, 전체 31개 공동구 중 10곳이 화재예방 기준에 미흡하여 지적을 받았으며, 특히 서울 지역의 8개 공동구 중 7개소에서 기준 위반 사항이 확인되었다.

[표2-6] 지역별 공동구 화재예방 안전진단 결과

지역	공동구명 (국가중요시설 등급)	화재예방 안전진단 시행일	지적 건수
서울	가락 공동구(나)	2023.03.20	17
	은평 공동구(다)		5
	마곡 공동구(다)		13
	개포 공동구(다)		13
	목동 공동구(나)		24
	여의도 공동구(가)		14
	상계 공동구(다)		-
	상암 공동구(다)		10
경기	안산 공동구(다)	미신청	
	분당 공동구(나)	미신청	
	안양 공동구(다)	2023.04.25	평가중
	산본지하 공동구(다)	2024/07.19	평가중
	매탄 공동구(다)	2023.04.05	5
	파주 공동구(다)	미신청	
	부천 공동구(다)	미신청	
	일산 공동구(다)	2023.07.25	평가중
경북	구미 공동구(다)	2023.06.28	1
	안동 공동구(다)	2023.04.18	평가중
광주	상무 공동구(다)	미신청	

지역	공동구명 (국가중요시설 등급)	화재예방 안전진단 시행일	지적 건수
대전	둔산 공동구(가)	2023.07.14	평가중
부산	해운대 공동구(다)	미신청	
세종	세종 공동구(나)	미신청	
인천	송동1,3 공동구(나)	2023.08.25	평가중
	송도6,8 공동구	2023.08.25	평가중
	연수구 공동구(다)	2023.09.12	평가중
	송도5,7 공동구(나)	2023.08.25	평가중
	논현 공동구	2023.06.27	평가중
전남	여수 공동구	2023.07.03	
경남	창원시 지하 공동구(다)	미신청	
충남	내포 공동구	2023.09.12	평가중
충북	오창 공동구(다)	미신청	

자료: 동아경제(2023)

국가중요시설 ‘가’등급인 여의도 공동구에서 통신구의 과부하, 차단기 부적합 설치, 연소방지설비 살수 장애 등의 문제가 지적되었고, 가락 공동구 및 목동 공동구에서도 감지기 장애, 방화문 결함, 자동 소화장치 불량, 전선관 파손 등의 다양한 안전 취약 요소가 발견되었지만, 세 곳 모두 ‘A등급(우수)’을 받은 것으로 평가되어, 평가의 신뢰성에 대한 문제도 제기되었다. 이러한 지적사항들은 과거의 실제 화재 사례에서도 나타난 바 있었다. 2002년 여의도 공동구에서 발생한 화재는 송전선의 합선으로 인해서 케이블이 연소되었고, 유독가스가 발생하여 초기 진화에 실패함으로써 약 16억 원의 해를 초래했다. 진화까지는 약 8시간이 소요되었고, 이처럼 지하공동구는 구조적 특성상 화재 발생 시에 진압이 어려워서 대형 피해로 이어질 수 있는 위험성이 매우 크다. 이에 따라 국회 행정안전위원회는 지하공동구의 화재 예방 및 초기 대응 시스템의 강화 필요성을 강조하고 있고, 지적사항이 다수 존재함에도 높은 평가를 받은 사례에 대해서는 평가 방식의 재검토가 요구되었다. 지하공동구의 화재에 대한 안전 확보는 국

민 안전을 위한 중요한 과제로 부상하고 있고, 초기 진화 시스템 구축 및 연소방지설비 강화, 정기적 점검을 통해서 예방 중심의 관리체계 마련이 시급함을 시사한다.

2) 공동구의 화재 원인

공동구 화재는 일반적으로 내부 케이블에서 직접 발생할 경우, 외부 발화원에 의해서 유발되는 경우로 구분된다. 공동구 내부에는 수도, 가스, 전력, 통신 등 주요 사회 기반시설이 밀집되어 있기에 화재가 발생할 시 시설 손상과 도시의 기능이 마비로 확대될 가능성이 높다. 따라서, 화재 원인을 정확히 분석하고 예방 대책을 마련하는 것이 필수적이다(김동은 외, 2008).

첫째, 단락(Short)으로 발생하는 발화는 전선 내부 전압이 접촉되는 곳에서 전류가 흐르면서 높은 열이 일어나기 때문에 주변에 있는 인화성 가스 및 가연성 물질이 발화하는 것을 말한다. 전력 케이블이 노후화 되고, 절연 손상이 있어서, 그것이 원인이 되어 발생하며, 밀폐된 공동구 안에서는 화재로 축적된 열이 더 큰 화재로 확대될 위험이 크다. 연구에 따르면, 단락으로 인해 발생한 열이 전선 피복을 녹이거나 절연재를 연소시켜 2차적인 화재를 유발할 수 있음이 확인되었다(서현정 외, 2019).

둘째, 지락(Ground Fault)에 의한 발화는 전류가 대지를 통해 흐르면서 발생하는 현상이다. 이때, 지락 발생 지점의 접지 저항 값이 전선 저항보다 훨씬 크기 때문에 단락과 같은 대전류는 흐르지 않지만, 금속체를 따라 흐르는 지락 전류가 발열을 일으켜 발화할 수 있다. 공동구 내 금속 배관 및 전선 간 접촉이 지락을 유발하는 주요 원인으로 작용한다(김재업, 2024).

셋째, 누전(Leakage Current)에 의한 발화는 전기기기 또는 케이블의 절연 기능이 손상되어 전류가 대지를 따라 흐르면서 주변 물질과 접촉하여 화재를 발생시키는 경우다. 공동구 내 인입 전선관의 피복이 손상되거나 절연 상태가 열화되었을 경우, 누전이 발생하며, 축적된 전류가 일정 수준을 넘어서면 주변 가연성 물질이 발화할 가능성이 높아진다(김동은 외, 2008).

넷째, 과전류(Overcurrent)에 의한 발화는 정상적인 상태에서 전선이 일정한 열을 방출하면서 평형을 이루는 것과는 달리, 전류가 과부하되면서 열이 축적되고 전선 피복은 변형되면서 발화하는 현상이다. 공동구 내 전력 수요가 급증하는 여름철, 또는 겨울철에는 과부하로 인해서 발열이 증가하여 화재 위험이 커진다. 공동구 내 전선이 밀집된 구간에서는 열이 효과적으로 방출되지 못해 화재 발생 가능성이 더욱 높아진다(서현정 외, 2019).

다섯째, 도체 접속부 과열로 일어나는 발화는 전선 간 접속부가 불완전하여 접촉저항이 증가하면서 발생하는 경우다. 접촉면이 산화되거나 팽창 및 수축이 반복되면서 접촉 상태가 더욱 악화되고 접촉저항이 증가하면서, 이로 인해 발생한 열이 주변 가연성 물질을 발화시킨다. 연구에 따르면, 공동구 내부 전선의 접속 상태가 불량할 경우 초기 발열이 천천히 진행되지만 일정 온도를 초과하면 급격한 온도 상승과 함께 발화 가능성이 높아진다고 보고되었다(김재엽, 2024).

여섯째, 스파크(Spark)에 의한 발화는 전기기구의 접속 부분에서 접촉 불량으로 인해 발생하며, 특히 인화성 물질이나 가스가 주변에 존재할 경우 화재로 확대될 위험이 크다. 공동구 내부에서 유지보수 작업 중 발생한 스파크가 화재로 이어진 사례가 다수 보고되었으며, 용접 작업 중 불티가 전력 또는 통신 케이블에 튀어 화재로 확산된 사례도 있다(김동은 외, 2008).

[표2-7] 공동구의 화재 원인

화재 원인	내용	위험 요소 및 특징
단락	전선 내부 접촉으로 인한 고온 발생 → 절연재 연소	절연 손상, 케이블 노후화, 밀폐 공간에서의 열 축적
지락	전류가 대지를 통해 흐르며 금속체 접촉부 과열 → 발화	금속 배관·전선 접촉, 접지저항 문제, 금속체 내 발열
누전	절연 손상된 케이블에서 전류가 대지로 흐르며 주변 물질 발화	인입전선관 피복 손상, 절연 열화, 가연성 물질 접촉 위험
과전류	전류 과부하 → 전선 피복 변형 및 열 축적 → 발화	전력 수요 급증(여름·겨울), 밀집된 전선 구간, 냉각 불량
도체 접속부 과열	가연물 발화, 접촉저항 증가, 열 발생	산화·수축 반복에 따른 2차 발화 접속 불량, 온도 급상승
스파크	접촉 불량·작업 중 스파크 발생 인화성 물질 가스로 인한 화재 확대	유지보수·용접 작업 중 스파크 인화성 물질로 화재 확산 위험

공동구 화재 사고 유형 분석 결과, 전력 및 통신시설을 대상으로 한 작업 중 안전 부주의(용접, 담배, 불티 등), 지진 및 방화로 인한 시설물 붕괴, 노후된 전력·통신 케이블의 열 축적에 의한 화재, 전선 합선, 전력케이블 과부하로 인한 화재 등이 원인으로 나타났다. 노후화된 설비가 주요 원인으로 작용하는 경우가 많아 정기적인 점검과 예방 조치가 필수적이다(서현정 외, 2019).

그러므로, 공동구 화재 예방은 전력 및 통신케이블 절연 상태를 주기적으로 확인하고, 과부하 및 접속부 과열을 막을 수 있도록 관리를 해야 한다. 공동구 안 유지보수 작업 시에는 철저하게 안전 조치를 시행하며, 스파크 발생을 가능한 한 최소화할 수 있는 보호장비 사용을 통해서 화재 위험을 최소화하는 것이 필요하다. 연구에서는 자동화 화재 감지 시스템

과 사전 예방 점검을 통해 화재 위험을 효과적으로 낮출 수 있음을 강조하였다(김재엽, 2024).

3) 공동구 화재 특징

공동구 화재는 밀폐된 지하공간에서 발생하기에 지상 건축물 화재와는 다른 특징이 있다. 공동구는 전력, 통신, 가스, 상수도 등의 주요 기반시설을 수용하는 구조물이므로 화재 발생 시 직접적인 재산 피해뿐만 아니라 사회적·경제적 간접 피해도 막대한 수준에 이른다(김동은 외, 2008). 본 연구에서는 공동구 화재의 주요 특징을 공간적 특성, 유독성 가스 발생, 연소 확대, 소화활동 장애, 막대한 간접 피해의 측면에서 분석하였다(김재엽, 2024).

첫째, 공간적 특성으로 인해서 화재 발생 시 산소 부족 때문에 불완전 연소가 일어나고, 이로 인해서 다량의 연기와 유독 가스가 발생한다. 공동구는 밀폐된 구조를 가지고 있어 화재 시 내부 공기의 순환이 제한되며, 이는 연소 효율을 저하시켜 더욱 짙은 연기를 형성하게 된다(서현정 외, 2019). 공동구의 출입구는 협소하며, 내부에는 배선 선반 및 배관이 복잡하게 설치되어 있어서 소방대원의 진입이 매우 어렵다. 방향 감각이 저하되며, 시야 확보가 어려워져 소방대원의 심리적 부담이 커지는 문제점이 있다. 이러한 이유로, 지하공간에서 발생한 화재는 지상에서의 상황 판단이 어렵고, 내부 상황을 외부에 신속하게 전달하는 것도 쉽지 않다(이정일, 2010).

둘째, 유독성 가스의 발생은 공동구 화재의 위험 요소로 작용한다. 전력 및 통신 케이블의 절연재와 외피 재질은 폴리에틸렌(PE) 및 폴리염화비닐(PVC)과 같은 고분자 화합물로 구성되어 있다. 이러한 물질이 연소할 경우, 짙은 연기와 함께 일산화탄소(CO), 염화수소(HCl) 등의 유독성 가

스를 방출한다(고재선, 2015). 공동구 안 연기 확산 경로는 소방대원의 진입 동선과 겹치게 되기에 소방 활동을 어렵게 만든다. 이는 소방대원이 충분한 보호 장비를 갖추지 않을 경우, 내부 진입 자체가 제한될 수 있음을 의미한다(김재엽, 2024).

셋째, 연소 확대의 위험이 매우 크다. 일반 건축물은 화재 확산을 막기 위해서 층별, 구획별로 방화벽을 설치하지만, 공동구는 대부분 방화구획이 적용되지 않는다. 규모가 큰 공동구는 일정 구간마다 방화벽을 설치하기도 하지만, 소규모 지하공동구의 경우 별도의 방화벽이 설치되지 않아 한번 화재가 발생하면 가연성 케이블을 따라 빠르게 확산될 가능성이 높다(우미래, 2018). 즉, 지하 공동구에서 일어난 화재가 일반 건축물에서 발생한 화재보다 오랜 시간 동안 계속되는 원인 중 하나로 작용한다.

넷째, 소화활동의 장애가 매우 심각하게 나타난다. 화재 진압을 위해서는 발화점 및 내부 상황을 신속하게 확인해야 하지만, 공동구 내부의 연기와 유독 가스로 인해서 시야 확보가 어려워진다. 공동구 내부의 밀폐된 구조와 복잡한 배선·배관 설비로 인해 소방대원의 접근이 제한되면서 화재 진압이 장시간 소요된다(이필윤, 2021). 2018년 KT 아현지사 통신구 화재는 화재 발생 후 약 10시간 14분이 걸려서야 완전히 진압되었으며, 2000년 여의도 공동구 화재의 경우도 7시간 27분이 소요된 것으로 보고되었다(김재엽, 2024). 관련 사례는 공동구 화재가 상대적으로 빠르게 확산되는 반면에, 진압에는 상당한 시간이 필요하다는 점을 보여준다.

다섯째, 막대한 간접 피해가 공동구 화재의 가장 큰 문제점으로 지적된다. 공동구 내부에는 전력, 통신, 가스, 수도 등 주요 공공 인프라가 밀집되어 있기 때문에 화재 발생 시 직접적인 피해보다 이로 인해 발생하는 사회적·경제적 피해가 훨씬 크다(장유리, 2016). 2018년 KT 아현지사 통신구 화재의 경우, 약 80억 원의 직접적인 재산 피해가 발생했지만, 전국적인 통신 장애로 인해 피해 보상액이 300억 원 이상으로 추산되었으며,

추가적인 경제적 손실까지 고려하면 그 규모는 더욱 컸을 것으로 분석된다(소방청, 2022). 이와 같은 간접 피해는 화재로 인한 재산 손실을 넘어서, 사회적 혼란 및 경제적 손실로 연결되므로 공동구 화재 예방 및 대응 체계를 강화하는 것이 필수적이다.

공동구 화재는 일반 건축물 화재보다 화재 확산 속도가 빠르고, 소방 활동이 제한적이며, 간접 피해가 심각하다는 특징을 가진다. 따라서 화재 예방을 위해 철저한 점검과 유지보수 계획이 필요하며, 유독성 가스 발생을 줄이기 위한 내화·난연성 소재 사용이 요구된다. 공동구 내부의 방화 구획을 강화하고, 효과적인 소방 대응 시스템을 구축하여 피해를 최소화할 필요가 있다.

[표2-8] 공동구 화재 특징

특징	내용
공간적 특성	밀폐된 지하 공간으로 산소 부족 → 불완전 연소 → 짙은 연기 발생, 구조 복잡 및 출입구 협소 → 소방대 진입 어려움
유독성 가스 발생	PE, PVC 케이블 연소 시 CO, HCl 등 유독성 가스 다량 배출
연소 확대 위험	방화 구획 부재 또는 미비, 가연성 케이블이 연결되어 있어 한 지점 발화 시 전 구간으로 화재 확산 가능
소화활동 장애	진입 제한, 연기·유독가스로 인한 시야 불량 → 발화점 파악 어려움, 진압 시간 장기화
막대한 간접 피해	전력·통신·가스 등 핵심 인프라 밀집 → 화재 발생 시 직접 손실보다 더 큰 사회·경제적 피해 발생

제3절 지하구 및 공동구의 화재 안전 및 방화 기준

국내의 지하구 및 공동구는 특성상 화재 발생 시 진입이 어렵고 대형 피해로 이어질 가능성이 크기 때문에, 관련 법령과 기술 기준에 따라 다양한 화재안전기준과 방화기준이 적용되고 있다. 이 기준은 크게 「소방청 화재안전기준(NFSC)」과 국토교통부 고시 기준, 그리고 민간 기준인 「화재보험협회 방화기준(KFS 1252)」으로 나뉜다.

1) 화재 안전 기준

국내의 지하구 및 공동구는 구조적 특성상 화재 발생 시 진입이 어렵고, 대형 피해로 이어질 가능성이 매우 크기 때문에 관련 법령과 기술 기준에 따라 다양한 화재안전기준과 방화기준이 적용되고 있다(화재보험협회, 2019). 이러한 기준은 크게 소방청 화재안전기준(NFSC), 국토교통부 고시 기준, 그리고 민간 기준인 화재보험협회 방화기준(KFS 1252)으로 나뉜다. 지하구와 공동구에 적용되는 주요 기준에는 소화기를 분전반 및 분기구 설치 장소는 물론, 50m 간격으로 설치하고 전기실 등에는 50㎡마다 설치하도록 명시하고 있으며, 자동소화장치는 분전반, 배전반, 기타 전기 관련 패널 내부에 설치하도록 하고 있다. 가스계 소화설비는 전기실, 변압기실 등에는 이산화탄소(CO₂)를, 사람이 상주하는 통제실에는 청정 소화약제를 사용하는 방식으로 구분된다. 연소방지설비는 방수헤드, 연소방지도료 도포, 방화벽 및 방화문 설치를 포함하며, 스프링클러 설치 시에는 일부 설비가 면제된다.

자동화재탐지설비는 경계구역을 700m 이내로 설정하고, 정온식 또는 감지선형 감지기를 설치하되, 케이블트레이가 3단을 초과할 경우 추가 감지선을 설치해야 한다. 통합감시시설은 공동구 통제실에 주수신기를, 관할

소방서에는 보조수신기를 설치하며, 유도등과 무선통신보조설비는 전기관련 패널 내부 및 소방 전용 설비로 설치해야 한다. 이러한 기준은 「NFSC 203」, 「NFSC 506」, 「KDS 11 44 00: 2018」 등에 기반하고 있으며, 지하구의 화재 예방을 위해 점화원(케이블 접속부)과 가연물(전력 및 통신 케이블)을 중심으로 한 관리가 강조된다. 환기설비, 배수펌프, 조명 등 유틸리티 설비의 주기적인 점검이 필요하며, 연소방지 도료는 부분 도포 시 효과가 떨어지므로 전체 도포와 함께 5년 주기의 재도포가 권장된다.

2) 방화 기준

화재보험협회가 제정한 KFS 1252는 일반구와 같은 소규모 지하시설의 화재 안전을 보완하는 방화기준이다(화재보험협회, 2019). 적용 대상은 구내 길이 30m 이상 지하에 설치된 공작물로, 소화기는 ABC급 적응성을 갖춘 것을 필수로 하며 CO₂ 소화기 단독 사용은 지양된다. 자동소화장치는 전기 패널 내부에 설치하고, 가스계 소화설비는 CO₂ 대신 할로젠이나 불활성 가스를 권장한다. 연소방지설비로는 전체 구간 연결살수설비, 난연 케이블 또는 연소방지도료 전체 도포가 요구되며, 이 경우에도 5년 주기의 재도포가 필요하다. 또한 방화벽 설치 시 불필요한 관통부를 최소화하고 차열갑종⁸⁾ 방화문을 설치해야 하며, 스프링클러, 물분무, 미분무설비를 설치하면 일부 연소방지설비 요건이 면제된다.

자동화재탐지설비는 화재 발화지점 5m 이내에서 감지가 가능해야 하며, 방수형 감지기를 사용할 것이 요구된다. 유도등은 각 기능실의 출입구 및 비상구에 바닥으로부터 1.5m 이상 높이에 설치해야 한다. 이 외에도 최소 15룩스 이상의 조명, 배수펌프, 환기설비, CCTV, 배연설비 등의 기타 설

8) 차열(열의 전달을 막는 성능), 갑종(방화문의 등급 중 가장 높은 등급)

비 설치가 요구되며, KFS 1252는 케이블 난연 시험 기준으로 KS C IEC 60332-3을 적용하여 실제 설치 환경에 따라 적절한 난연성능 등급을 요구하고 있다. 지하구 및 공동구의 화재안전기준은 화재 발생 시 진입의 어려움과 2차 피해의 확산 가능성을 고려하여 초기 진압 설비와 연소방지 대책에 중점을 두고 있으며, 일반구와 소규모 시설의 경우 KFS 1252가 보다 실질적인 가이드라인을 제공하고 있다. 이러한 기준들은 설비의 설치, 유지관리뿐 아니라 실제 화재 시 대응력 향상을 위해 지속적인 보완과 적용이 요구된다.

[표2-9] 지하구 및 공동구의 화재 안전 기준과 방화 기준

기준	내용	조치항목
화재안전기준	소방청 NFSC 기준, 국토교통부 고시, KDS, 민간기준 등 적용 소화기·자동소화장치·감지기·통합감시·유도등 설치 의무	- 소화기: 50m 간격 설치 - 감지기: 700m 이내 구역, 3단 트레이 감지선 추가 - 통합감시: 주/보조 수신기 설치
방화 기준	KFS 1252 기준 적용 난연재료 사용, 전체구간 연소방지, 차열감종 방화문, 감지기 5m 이내 반응 등 강화	- CO₂ 대신 할로젠/불활성 가스 권장 - 난연케이블, 연소방지도료 도포 - 최소 15룩스 조명, 환기·배연·CCTV 필수

제4절 선행연구 고찰

지하 공동구는 도시 기반시설을 집약적으로 수용하는 효율적인 인프라이지만, 밀폐된 구조와 복잡한 설비 배치로 인해 화재 발생 시 대규모 피해로 이어질 가능성이 높다. 이에 따라 다양한 연구에서는 공동구의 화재 발생 특성과 그에 대한 대응 방안을 실험적, 구조적, 제도적 측면에서 다각도로 고찰해왔다.

김재엽(2024)은 FDS(Fire Dynamics Simulator)를 활용하여 지하 공동구 내 케이블 화염 전파 특성을 중심으로 화재 위험성 평가의 신뢰성을 검증하였다. 연구는 실제 화재 사례 및 현장 실사를 바탕으로 수직 방향 화재 확산이 수평 방향보다 빠르며 온도 상승 속도가 높다는 사실을 실험적으로 입증하였다. 이를 통해 상대위험순위를 산정할 수 있는 정량적 기준을 마련하였고, 시뮬레이션 결과를 토대로 유지관리의 우선순위를 도출하여 소방 대응 전략 수립에 기여할 수 있는 방안을 제시하였다. 장유리(2016)는 공동구 내 가스 배관 폭발의 위험성에 주목하였다. CFD 도구를 이용해 메탄가스 누출 후 점화에 따른 폭발 과압을 정량적으로 분석한 결과, 안전 설비 작동 실패 시 6.45 barg⁹⁾까지 과압이 상승하여 상부 건축물 붕괴와 인명피해로 이어질 수 있는 치명적 결과를 도출하였다. 이에 따라 이중배관 설계, 방폭설비 도입, 압력 감지기 설치 등 구체적인 구조적 개선 방안을 제안하였다. 최재율(2007)은 여의도 공동구 화재를 계기로 개정된 소방설비 설치 기준 이후 공동구 유지관리 체계의 변화를 추적하며, 서울시 공동구 사례를 중심으로 정기점검 체계, 원격감시 설비 도입, 방화구역 세분화의 필요성을 주장하였다. 전담 관리기구의 설치와 권한 위임을 통해 화재 대응의 책임소재를 명확히 해야 한다고 강조하였다. 우미래(2018)는 국내외 가스 폭발

9) 절대 압력 (bara)-대기압을 기준으로 측정한 압력

사고 사례를 바탕으로 공동구 내 구조 복잡성이 사고 영향성을 높이는 요인을 규명하였다. FLACS 시뮬레이션¹⁰⁾을 통해 구조물이 단순할수록 폭발 압력의 전파 범위가 줄어드는 결과를 도출하고, 구조 단순화를 통해 사고 피해를 완화할 수 있음을 입증하였다. 최현라(2019)는 공동구 시공 중 재난 대응 체계의 미흡함을 지적하며, 건설 단계에서 발생 가능한 화재·침수·지진에 대한 위기경보단계 및 시나리오를 개발하였다. 위험요인을 선제적으로 도출하고 이를 국토교통부의 공동구 재난 대응 시스템에 접목하여 대형 재해 예방 체계를 정립할 수 있는 기초를 마련하였다. 김동준(2003)은 Fluent 시뮬레이션을 활용하여 지하 공동구 내 화재 시 온도 상승 및 연기 확산 경로를 분석하였고, 자동식 소화설비 및 고속 감지설비 설치의 필요성을 제시하였다. 수용기관 간 협의체 구성의 법제화 및 국가 지원을 통한 제도개선이 필요하다는 점도 언급하였다. 이필운(2021)은 공동구 설치의 초기공사비가 최적노선 선정과 경제성 평가에 결정적 영향을 미친다는 점을 지적하며, 개착식과 터널식 공법을 기준으로 단면별 공사비를 산정하였다. 전국을 8개 권역으로 나누어 지역별 공기 예측 보정계수를 도출하고, 설계 초기 단계에서의 비용 추정의 신뢰도를 높일 수 있는 기초 자료를 제공하였다. 김동은 외(2008)는 국내 공동구 화재 사례 분석을 통해 밀폐 구조, 유독가스 확산, 초기 진압의 어려움 등을 화재 피해 확산의 주요 요인으로 지적하였다. 전기적 원인과 노후 설비, 설비 간 간섭이 복합적으로 작용함을 밝히며 자동 소화설비 도입, 설비 간 이격거리 확보, 주기적 점검 체계 수립 등의 종합적 대응책을 제시하였다. 이정일(2010)은 공동구 화재 시 유독가스 발생, 열기 축적, 시야 장애로 인한 진입 곤란 등의 문제점을 분석하고, 난연화·불연화 소재의 적용, 24시간 대응체계 구축, 가상종합훈련 강화 등의 실천적 대책을 강조하였다. 유관기관 간 공조 체계와 현장 지휘체계의 확립이 중요하다고 보았다. 박장현(2025)은 공동구

10) FLACS (FLame ACceleration Simulator)-가연성 가스 및 분진 폭발에 대한 3D 수치 시뮬레이션을 수행하기 위해 개발된 전산유체역학(CFD) 기반 소프트웨어입니다. 특히 산업 현장에서 가스 누출, 폭발 위험 평가, 안전 거리 산정 등에 널리 사용됩니다.

성능 개선을 위해 실측 데이터를 기반으로 작업공간의 신뢰구간을 산정하였다. 통로 폭, 공동구 높이, 상단 공간 등이 설계기준에 미달하는 경우가 많음을 밝혔고, 신뢰도 95% 기준을 통해 실질적인 설계 개선안을 제시하였다. 연구는 기존 공동구의 수용시설 교체 시 약 93%의 적용 가능성을 확보할 수 있는 개선 기준을 도출하였다. 안기돈(2012)은 도시 내 공동구가 화재로 인해 기능이 마비될 경우 국가적 차원의 피해로 이어질 수 있음을 지적하며, 기존 소방시스템의 제도적 취약점을 분석하였다. 소방시설의 개선 방향과 함께, 도시 기반시설의 효율적 수용이라는 공동구 본연의 기능을 유지하기 위한 통합 방재 시스템의 도입을 강조하였다. 이필운(2018)은 공동구 설치에 따른 비용 편익 분석을 통해 터널식 공법이 개착식보다 경제적 타당성이 높음을 분석하였고, 민감도 분석을 통해 초기공사비와 할인율 변화에 따른 B/C¹¹⁾ 값 변동을 정량적으로 제시하였다. 이를 통해 계획 단계에서의 경제성 판단의 기반을 마련하였다. 오원준(2024)은 신도시 중심의 공동구 설치가 기존 시가지에는 제대로 적용되지 못하고 있음을 지적하고, 경제성 분석 기법과 VE/LCC 기반 평가체계를 도입하여 기존 시가지에도 공동구 설치가 가능하도록 제도 및 평가 절차를 개선하였다. 이정배(2023)는 도심지 내 기존 매설물의 난립 문제를 해결하기 위해 수용시설 종류별 특성과 단면 최적화를 고려한 평가기준을 재구성하고, 서울시 주요 도로를 대상으로 공동구 설치 타당성 우선순위를 재분석하여 정책적 의사결정에 활용 가능한 평가모델을 제시하였다. 한용식(2020)은 공동구 시공 중 화재·침수·지진에 대비한 대응 시나리오를 CCA기법과 Activity Diagram¹²⁾을 통해 도식화하였다. 연구는 COSMIS 시스템과 연계하여 현장 중심의 재난 대응 프로토콜 구축에 실질적인 기여 가능성을 제시하였다.

11) B/C -비용 대비 효과(성능)

12) CCA기법-(시스템을 구성하는 각 요소가 고장 났을때 전체 시스템에 미치는 영향도를 평가하는 기법), Activity Diagram(활동 다이어그램) -밸브 열기 → 압력 상승 → 경고 감지 → 알람발생 → 자동 정지" 순서 흐름 표현

[표2-10] 선행 연구

연구자(연도)	내용
김재엽(2024)	FDS 시뮬레이션으로 수직 화재 확산이 더 빠름을 검증, 위험성 정량 평가 기준 및 유지관리 우선순위 도출
장유리(2016)	CFD 분석으로 메탄가스 폭발 과압 6.45 barg 도출, 이중배관·방폭설비 등 구조 개선 방안 제시
최재율(2007)	여의도 화재 후 유지관리 체계 개편 추적, 정기점검·원격감시·방화구역 세분화 필요성 주장
우미래(2018)	FLACS 시뮬레이션으로 구조 단순화가 폭발 피해 감소에 기여함을 입증
최현라(2019)	화재·침수·지진 대비 위기경보단계 및 시나리오 개발로 선제적 재해 예방 체계 제안
김동준(2003)	Fluent로 연기 확산 분석, 자동소화설비 및 고속 감지기 필요성 제시, 법제도 개선 촉구
이필윤(2021)	초기공사비가 노선 선정과 경제성에 영향, 단면별 공사비 제시로 신뢰도 향상
김동은 외(2008)	화재 사례 분석으로 밀폐성·유독가스·노후설비 문제 지적, 자동소화설비·설비 간 간격 확보 제안
이정일(2010)	유독가스·시야장애 등 진입 곤란 분석, 난연화 소재·24시간 대응체계 강조
박장현(2025)	작업공간 신뢰구간 분석으로 통로 폭·상단 공간 부족 문제 지적, 적용 가능성 93% 개선 기준 도출
안기돈(2012)	소방 시스템 제도적 취약점 지적, 통합 방재 시스템 필요성 강조
이필윤(2018)	터널식 공법 경제성 높음, B/C 값 민감도 분석 통해 비용 효과 정량적 제시
오원준(2024)	기존 시가지 공동구 적용 위한 VE/LCC 기반 평가 체계 및 제도 개선안 제시
이정배(2023)	수용시설 특성과 단면 최적화 평가모델로 도심지 설치 타당성 우선순위 재분석
한용식(2020)	CCA와 Activity Diagram으로 재난 대응 시나리오 도식화, COSMIS 연계 활용 제안

선행연구들은 지하 공동구의 화재 발생 시 밀폐된 구조, 연소성 자재, 진입 곤란 등의 복합적 요소로 인해 화재가 빠르게 확산되며 대규모 피해

로 이어질 수 있음을 공통적으로 지적하였다. 케이블의 수직 연소 확산이 수평보다 빠르다는 실험적 결과와, 유독가스의 농도 증가 및 열기의 축적이 진압 활동을 심각하게 방해한다는 점이 반복적으로 확인되었다. 일부 연구는 메탄가스 누출 및 폭발을 가정한 시뮬레이션을 통해 폭발 압력이 지상 구조물까지 영향을 줄 수 있음을 분석하였고, 이러한 위험을 줄이기 위한 방폭 설계, 이중배관, 구조 단순화 등의 개선 방안을 제시하였다. 또한 공동구 내 소방설비와 감지시스템이 부족하거나 설치기준을 충족하지 못하는 사례가 많으며, 노후화된 설비의 존재와 관리주체의 불명확성이 위험요소를 가중시키고 있다는 점도 반복적으로 제기되었다.

본 연구는 이러한 선행연구에서 제시된 다양한 위험요인과 구조적 한계를 바탕으로, 공동구 화재의 발생 가능성과 피해 규모를 사전에 예측하고 평가할 수 있는 정량적 지표의 필요성을 확인하였다. 단순히 개별 요소의 개선을 넘어서 화재 확산에 영향을 미치는 종합적 요인을 통합적으로 분석하고, 평가 체계를 체계화함으로써 보다 실효성 있는 관리방안 마련의 기초를 제공할 수 있다는 점에서 기존 연구와의 차별성을 지닌다. 공동구 화재는 단일 원인이 아닌 구조, 설비, 관리, 대응 체계의 복합적 결함에서 기인하는 만큼, 본 연구에서는 이러한 다차원적 위험요소를 유기적으로 연결지어 위험성을 통합적으로 평가하고자 한다.

제3장 지하 공동구 화재 위험성 평가 요인

제1절 지하 공동구 화재 위험성 평가 개요

화재 위험성 평가는 지하 공동구에서 발생할 수 있는 화재 위험을 사전에 식별하고, 이에 대한 방호 대책을 수립하기 위해 수행되는 과정이다. 이는 단순한 위험 인식에서 벗어나, 구체적인 분석과 예측을 통해 실질적인 대응 전략을 마련하는 것이 목적이다. 화재 위험성 평가는 어떤 화재가 발생할 가능성이 있는가, 화재가 발생할 확률은 얼마나 되는가, 화재 발생 시 피해 규모는 어느 정도 인가라는 세 가지 핵심 질문에 대한 답을 제공한다(김재엽, 2024). 화재 위험성 평가는 여러 단계의 절차를 거쳐 수행되며, 이를 통해 문제점을 도출하고 개선 방안을 마련하게 된다. 일반적으로 프로젝트 목표와 범위를 설정한 후, 관련 자료를 수집하고 위험 요소를 분석하여 화재 시나리오를 도출한다. 이후 시뮬레이션 및 분석을 통해 화재 위험도를 평가하고, 문제점을 도출하여 개선 방안을 마련하는 방식으로 진행된다(이상엽, 2022).

공동구 내 화재 위험성 평가의 첫 번째 단계는 프로젝트의 목표와 범위를 설정하고, 발생할 수 있는 화재 위험 요소를 식별하는 것이다. 이를 위해 공동구 내 전력, 통신, 가스, 수도 등 주요 설비의 위치 및 배치 현황, 가연성 물질의 종류 및 분포, 기존 화재 사례 및 화재 이력 데이터, 건축물 구조 및 환기 시스템 등을 분석하는 자료 수집이 필수적이다. 이러한 자료를 바탕으로 공동구 내 화재 위험을 유발할 수 있는 주요 요소를 찾아내고 이에 대한 초기 평가를 수행해야 한다(최명영, 2020). 자료 수집 후에는 화재 발생 가능성이 높은 시나리오를 작성하는 과정이 필요하다. 시나리오는 기존 사례 분석, 전문가 의견, 현장 조사 결과 등을 반영하여

설정하며, 발화 지점 및 발화 원인(예: 전기적 단락, 가스 누출, 용접 불티 등), 연소 확대 경로 및 예상 피해 범위, 연소 시간에 따른 유독가스 확산 및 대피 가능 시간 등을 포함해야 한다. 시뮬레이션을 활용하여 화재 시나리오를 검증할 경우, 입력 데이터의 정확성이 매우 중요하며 현실적인 조건을 반영하여 평가해야 한다. 그러나 시뮬레이션 모델에는 한계가 존재하기 때문에 공학적 해석과 법적 기준에 대한 검토가 병행되어야 한다(이정일, 2010).

화재 위험을 분석하기 위해서는 각 위험 요소에 대해 발생 확률을 설정해야 하며, 이는 화재 사례 데이터를 기반으로 정량적 또는 정성적 방법을 통해 수행될 수 있다. 일반적으로 화재 발생 확률은 등급별로 구분하여 평가되며, 물리적으로 발생이 불가능한 경우($P = 0.0$)를 불가능함(0등급)으로 설정하고, 발생 확률이 거의 없는 경우($P \sim 0.0$)를 발생 가능성 거의 없음(1등급)으로 구분한다. 발생 가능성이 낮은 경우($P < 10^{-6}$)는 관계가 먼(2등급), 시스템 작동 중 드물게 발생 가능한 경우($P > 10^{-6}$)는 때때로 발생(3등급), 시스템 사용 기간 중 여러 번 발생할 가능성이 있는 경우($P > 0.001$)는 꽤 발생 가능(4등급), 지속적으로 경험될 가능성이 높은 경우($P > 0.1$)는 자주 발생(5등급)으로 평가된다(김재엽, 2024).

화재가 발생했을 때 예상되는 피해의 규모와 범위를 평가하는 것도 중요한 과정이며, 이를 위해 시뮬레이션을 활용하여 화재 확산 속도, 온도 변화, 유독가스 배출량 등을 분석하는 절차를 따른다. 먼저, 가연물 및 연료 자료를 작성하여 공동구 내 화재 발생 시 연소 가능한 물질과 그 특성을 조사한다. 그다음 환경 조건을 설정하여 환기 상태, 내부 온도, 습도 등의 영향을 고려하고, 가장 적절한 화재 모델을 선택한다. 이후 시뮬레이션을 수행하여 예상 피해 규모를 분석하고, 이를 바탕으로 공동구 내 특정 구역의 화재 위험도를 정량적으로 평가한다(이상엽, 2022). 이러한 분석

을 통해 공동구 내 고위험 지역을 사전에 파악할 수 있으며, 이를 바탕으로 효과적인 방호 대책을 수립할 수 있다. 화재 발생 확률과 피해 심도를 종합적으로 고려하여 우선순위가 높은 지역부터 방재 설비를 강화하는 전략이 필요하다. 이를 통해 공동구 내 화재 대응 체계를 보다 정교하게 구축할 수 있으며, 실질적인 화재 피해를 최소화할 수 있다(최명영, 2020).

제2절 화재 위험도 평가 요인

1) 공동구 화재 위험도 평가 요인 개요

주요 화재 위험 요인에는 화재 감지 시스템의 미비, 소방 설비 부족, 환기 시스템의 작동 불량, 비상 대피 경로 미확보 등이 포함된다. 밀폐된 지하공간에서 화재가 발생할 경우 연기와 유독가스가 빠르게 확산되기 때문에 효과적인 환기 시스템이 갖춰져야 하며, 초기 대응이 지연될 경우 피해 규모가 급격히 증가할 가능성이 크다. 비상 대피 경로가 충분히 확보되지 않은 경우 화재 발생 시 인명 피해가 증가할 위험이 높으며, 이에 대한 개선이 필요하다(이정일, 2010).

전기적 요인과 노후화 및 절연 열화, 공사 및 유지관리의 부주의는 공동구 내 발화의 주요 원인으로 작용한다. 이와 함께 가연성 자재, 특히 케이블의 난연 성능 부족은 연소 확대를 가속화하는 주요 요소이다(김재엽, 2024). 가연물의 양, 종류, 연소 특성 역시 화재 확산 속도와 피해 규모에 큰 영향을 미친다. 공동구의 설계적 문제, 예컨대 과밀 배치, 수직구의 존재 유무, 공동구 단면 형식, 환기 부족, 화재 방호 구역 구분 미흡 등은 화재 진압의 어려움과 연소 확산을 심화시킬 수 있다(정유리, 2016). 여기에 비상대응체계의 미비, 감지 및 소화설비의 부재, 화재 방호 프로그램의 부실은 화재 발생 이후의 초기 대응 실패를 야기할 수 있다. 유독가스

확산, 가스 누출, 폭발 위험성 등 2차 피해 요소도 공동구 화재의 치명성을 높이는 중요한 변수로 분석되었다(최재율, 2007). 화재 발생 가능성에 대한 정량적 평가, 잠재적 화재 심도에 대한 사전 예측, 설계 기준 화재의 범주에 대한 고려도 필수적이다.

공동구 화재 위험성 평가에 있어 가장 주요한 요소 중 하나는 전기적 위험 요인과 케이블의 연소 특성이다. 과부하, 단락, 절연 파괴 등 전기적 결함으로 인한 화재는 발생 가능성이 매우 높으며, 케이블 외장재로 흔히 사용되는 PVC나 PE는 비난연성이 높아 연소 시 다량의 유독가스를 발생시켜 인적·물적 피해를 가중시킨다(김재엽, 2024; 최재율, 2007; 김동은 외, 2008; 이정일, 2010). 공동구 내에는 다양한 배관과 설비에서 기인한 가연성 자재들이 존재하며, 밀폐된 구조로 인해 유독가스가 빠르게 확산되는 특성이 있어 화재 확산과 피해 규모를 키우는 원인이 된다(김재엽, 2024; 이정일, 2010; 김동준, 2003). 가스관 등에서의 누출은 단순 화재보다 훨씬 더 치명적인 폭발로 이어질 수 있으며, 폭발 시 발생하는 과압은 상부 구조물과 지상의 시설물에도 막대한 영향을 미치게 된다(장유리, 2016; 우미래, 2018).

화재를 가속화하는 요인으로서는 공동구 설계상의 구조적 문제도 지적된다. 단면 형식의 제한, 설비 간 과밀 배치, 수직구의 유무 등은 소방 접근성을 떨어뜨리고, 화재의 수직·수평 확산을 용이하게 한다는 점에서 문제가 된다(박장현, 2025; 김동준, 2003; 이필윤, 2021). 이러한 구조적 문제는 유지관리 체계의 미비와 더불어 더욱 심각해질 수 있다. 노후화된 설비의 교체나 정비가 이루어지지 않거나, 수용기관 간 협조체계가 부실할 경우 초기 진화가 지연되고 사고 확산으로 이어질 가능성이 높아진다(최재율, 2007; 김동은 외, 2008; 최현라, 2019). 아울러 자동화재감지 설비나 연소방지설비, 방화구획 등 소방시설이 충분히 확보되지 않았을 경우에는 화재 발생 시 즉각적인 대응이 불가능해져 대형 재난으로 이어질 수

있다(김동준, 2003; 안기돈, 2012; 한용식, 2020). 공기 부족이나 환기 문제, 높은 습도 등 환경적 요인도 공동구 내 화재 위험성을 높이는 중요한 변수다. 밀폐 공간 특성상 열기 축적과 유독가스 체류가 용이하며, 습도는 전기절연 기능을 저하시키는 물리적 조건으로 작용할 수 있다(김재엽, 2024; 이정일, 2010). 이와 같은 물리적·환경적 문제를 종합적으로 분석하고 대응하기 위해서는 사고 시나리오 기반의 정량적 위험성 평가 체계가 필요하다. 하지만 현재 공동구에 적용 가능한 등급화 시스템이나 시나리오 중심의 복합재난 대응 모델이 미비한 실정이며, 화재 외에도 폭발이나 침수 등 다양한 재난에 대비할 수 있는 시스템 구축이 시급한 상황이다(최현라, 2019; 우미래, 2018; 한용식, 2020)

2) 공동구 화재 위험성 요인 도출

(1) 선행연구 및 관련 자료 고찰

공동구 화재 위험성 요인 도출을 위하여 선행연구에서 사용된 요인들을 중심으로 고찰하였다. 그리고 최종 요인 도출과정에서 본 연구의 목적에 맞는 요인을 도출하기 위해서 감사원(2016), 국가화재정보센터(2020), 국토교통부(2019), 소방법(2001), 소방청(2023a,b), 화재보험협회(2019)의 자료를 참고하였다.

(2) 관련 요인 도출

도출된 공동구 화재 위험 요인은 ‘전기적 요소’, ‘가연성 자재 및 케이블의 연소 특성’, ‘공사 및 유지관리 부주의’, ‘노후화 및 절연 열화’, ‘비상대응체계 미비’, ‘환기 부족’, ‘유독 가스 확산’, ‘가스 및 폭발 위험 요소, 설계·구조적 문제 및 노후화’, ‘유지관리 및 기관 간 협조 부족’, ‘구조 복잡성과 공간 밀집도-설비 간 과밀 배치’, ‘습도’, ‘가연물의 양’, ‘수직구의

존재 유무’, ‘공동구 단면 형식’, ‘안전대책의 유무(감지, 소화설비)’, ‘케이블 난연성능’, ‘발화위험’, ‘연소 확대 위험’, ‘화재 방호 설비 유무’, ‘화재 방호 프로그램 구축’, ‘화재 방호 구역 구분’, ‘가연성 물질의 종류와 크기’, ‘설계 기준 화재의 범주’, ‘화재발생 가능성의 평가’, ‘잠재적인 화재 심도’, 그리고 ‘원인미상 사고’ 등이었다.

(3) 공동구 화재 위험성 요인 도출

본 연구에서는 공동구의 화재 위험성 평가 요인을 보다 체계적이고 실효성 있게 도출하기 위하여, 우선 다양한 선행연구들에서 제시된 위험요인을 분석하고 이를 기초 자료로 삼았다. 선행연구들은 주로 공동구 내 화재 사고의 발생 원인, 피해 양상, 구조적 특성, 유지관리 실태, 환경적 요인, 대응 체계의 한계 등과 관련된 위험 요인을 다각도로 제시하고 있었으며, 선행연구에서 제시된 요인은 이론 중심이거나 일부 사례에 국한된 경우가 많았기 때문에, 이를 현장 적용 가능성과 실효성 중심으로 정제하고자 한다.

첫째, 이론상 중요하더라도 현장에서 적용이 어렵거나 현실적으로 위험성이 낮은 항목을 배제하거나 보완하였다.

둘째, 검토 회의를 통해 최종 요인의 타당성 및 학문적 완결성을 점검하였다. 이와 같은 과정을 통해, 본 연구는 문헌기반 이론적 타당성, 현장 전문가의 실무 적용성, 연구자 및 지도교수의 학문적 검토를 모두 반영한 공동구 화재 위험성 평가의 최종 요인을 도출하였다. 최종 도출된 요인은 중복성과 모호성을 제거하고 실제 평가 시 활용 가능한 형태로 구체화되었다.

셋째, 관련 요인 도출 과정을 거쳐서 최종 요인을 선정하였다. 전기적 위험성 요소와 관련된 선행연구에서는 절연 열화 및 노후화로 인한 발화의 위험성을 핵심적인 문제로 다루었다(김재엽, 2024; 김동은 외, 2008;

김동준, 2003). 가연성 자재 및 케이블의 연소 특성 관련 연구에서는 화재 발생 시 연소 확대 위험이 밀접하게 관련이 있고, 케이블 난연 성능 및 가연물의 양과 관련된 문제들이 중요한 요인이었다(이정일, 2010; 김동준, 2003; 김재엽, 2024). 설계 및 구조적 문제와 관련된 연구에서는 공간 과밀, 수직구, 단면현상으로 나타났다(박장현, 2025; 김동준, 2003; 이필윤, 2021). 유지관리 및 소방설비 부족으로 인하여 발생한 문제 관련 연구는 노후화 설비, 유지보수 부재, 감지기 및 소화장치의 문제, 연소방지설비 및 방화구획관련 문제가 핵심적인 요인들로 나타났다(최재율, 2007; 김동은 외, 2008; 최현라, 2019). 비상대응체계 및 기관 간 협조체계 관련연구에서는 수용 기관 간 협조 체계 부재, 화재 방호 프로그램 구축과 대응 시스템을 마련하는 것이 중요한 요인으로 나타났다(김동준, 2003; 안기돈, 2012; 한용식, 2020). 환기 및 가스 확산 관련 연구는 배관, 설비, 가연성 자재, 밀폐된 지하 공간의 특성, 열기 축적, 유독가스 체류, 습도로 인한 전기적 절연 성능 저하가 화재 심도를 확산시키는 요인이었다(김재엽, 2024; 이정일, 2010; 장유리, 2016) 종합적 위험성 평가 체계 미흡 관련 연구는 사고 시나리오 기반 위험성 평가 체계의 미흡과 관련된 문제가 화재 발생 및 확산에 영향을 미치는 요인이었다(최현라, 2019; 우리매, 2018; 한용식, 2020). 유지관리 및 기관 간 협조 부족으로 발생한 문제는 화재 방호 설비 유무, 화재 방호 구역 구분, 작동 성능 유지 등 안전 대책의 실효성과 관련되는 요인으로 나타났다(최재율, 2007; 김동은 외, 2008; 안기돈, 2012; 한용식, 2020; 서현정 외, 2019).

따라서 본 연구의 최종 요인은 다음 [표3-1]와 같이 구성되었다.

[표3-1] 공동구 화재 위험성 요인

공동구 화재 위험성 요인	내용	참고문헌
전기적 위험성	노후화, 절연 열화, 합선, 과부하, 단락, 절연파괴	김재엽(2024) 김동은 외(2008) 김동준(2003)
가연성 자재 및 케이블 특성	난연 성능, 재질, 양	이정일(2010) 김동준(2003) 김재엽(2024)
설계 및 구조적 문제	공간 과밀, 수직구, 단면 형상	박장현(2025) 김동준(2003) 이필윤(2021)
유지관리 및 소방설비 부족	노후화 설비, 유지보수 부재, 감지기, 소화장치, 연소방지설비, 방화구획	최재율(2007) 김동은 외(2008) 최현라(2019)
비상대응체계 및 기관 간 협조체계	수용 기관 간 협조체계 부재	김동준(2003) 안기돈(2012) 한용식(2020)
환기 및 가스 확산 위험성	배관, 설비, 가연성 자재, 밀폐 구조, 열기 축적, 유독 가스체류, 습도로 인한 전기적 절연 성능 저하	김재엽(2024) 이정일(2010)
종합적 위험성 평가 체계 미흡	사고 시나리오 기반 위험성 평가 체계 미흡	최현라(2019), 우미래(2018) 한용식(2020)

제4장 지하 공동구 화재 사고 사례분석

제1절 사례연구 방법

본 연구는 지하 공동구의 화재 위험성 평가 요인을 고찰하고 실제 사고 사례를 분석하기 위한 사례 연구방법을 채택하였다. 사례연구는 특정 현상을 그 맥락 속에서 깊이 있게 이해하고자 할 때 적절한 연구방법으로, 현실에서 발생한 사건에 대해 연구자가 인위적으로 통제하지 않고 자연 상태에서 ‘왜’, ‘어떻게’의 질문을 중심으로 탐구하는 특성을 지닌다(Yin, 2003; 김의태, 2021). 공동구와 같은 복잡한 도시 인프라의 구조적 특성과 사고 발생 요인은 정량적인 분석만으로는 충분히 설명하기 어려운 부분이 많기 때문에, 본 연구는 정성적인 접근을 통해 현상의 복합적 맥락과 의미를 드러내고자 했다.

사례연구는 특정한 ‘경계가 있는 체계’에 대한 심층적 탐구를 통해, 사례가 놓인 맥락과 그 사례의 고유한 특성, 전개 양상을 이해하는 데 중점을 둔다(Stake, 1995; 김의태, 2021). 본 연구에서는 이러한 관점에 따라 ‘공동구’라는 하나의 구조적이고 통합된 공간체계를 사례로 설정하고, 그 안에서 발생한 다양한 화재 사례들을 분석하였다. 이는 단일 사건이 아니라 동일한 공간적·기능적 특성을 공유하는 복수 사례들의 분석을 통해 화재 발생의 원인과 위험요인을 종합적으로 도출하려는 목적에서이다.

사례연구는 다양한 자료원을 활용하는 것이 강점으로 평가되며(Yin, 2003; 김의태, 2021), 본 연구에서도 문헌 분석(정부 보고서, 관련 법령, 기술 기준), 통계자료(국가화재정보센터), 언론보도, 선행연구 분석을 통해 실증적이고 다각적인 자료 수집이 이루어졌다. 화재 사고의 실제 사례를 중심으로 사고 발생 배경, 피해 규모, 대응 과정, 사고 후 개선 조치 등을 구체적으로 기술함으로써, 공동구의 구조적 특성과 화재의 확산 경

로, 방호 설비의 작동 여부 등 실제적 요인들이 어떻게 작용하는지를 밝히
고자 했다.

사례 연구는 단순한 사례 나열이 아닌, 반복적으로 나타나는 문제 유형
과 근본적인 위험 요인들을 도출하는 데 목적이 있다. 따라서 본 연구는
사례연구를 통해 개별 사고가 아닌 공통된 위험구조와 시스템상의 취약성
을 분석하고, 이를 기반으로 실질적인 화재 예방과 대응 체계 구축을 위한
평가 요인을 정립하는 데 중점을 두었다.

본 연구의 사례연구방법은 지하 공동구라는 물리적·기능적 통합 공간 내
에서 발생하는 화재 사고의 원인과 결과, 그리고 그 맥락을 심층적으로 분
석함으로써, 이론적 일반화가 아닌 분석적 일반화의 방식으로 공동구 화
재 위험성 평가 요인의 체계적 도출을 가능하게 하였다.

제2절 사례 선정 및 대상

1) 사례 선정

본 연구에서는 지하공동구의 화재 위험성을 평가하고 그 대응방안을 고
찰하기 위해 대표적인 국내 사고 사례들을 중심으로 사례연구를 수행하였
다. 사례 선정은 지하공동구 내 화재의 발생 원인, 피해 규모, 구조적 특
성, 사회적 영향 등을 종합적으로 고려하여 이루어졌으며, 다중 인프라가
수용된 밀폐 공간에서 발생한 실질적인 사고들을 중심으로 분석하였다.
선정된 사례들은 다음과 같은 기준에 따라 선택되었다.

첫째, 지하공동구 또는 통신구, 전력구 등 유사 구조를 가진 지하 매설
기반시설에서 발생한 실제 화재 사고여야 한다. 둘째, 화재의 발생 원인이
전기적 결함, 가연성 자재, 유지관리 미흡 등 다양한 위험요인을 포함하여
야 한다. 셋째, 사고로 인해 사회적 기능(통신, 전력, 금융 등)에 미친 영

향이 크고 재난 규모가 공공에 인지될 수 있는 수준이어야 한다. 넷째, 국내에서 발생하여 실제 행정 및 기술적 대응사례로 활용 가능한 데이터를 포함하고 있어야 한다. 이에 따라 본 연구는 1994년 동대문 지하공동구 화재, 2000년 여의도 공동구 화재, 2018년 서울 아현지사 통신구 화재 등 주요 사례들을 선정하였다.

2) 사례 대상

가) 여의도 지하공동구 화재

서울시 영등포구 여의도동 35번지 일대 지하공동구에서 2000년 2월 18일 오후 8시 36분경, 대형 화재가 발생하였다. 이번 화재는 전력케이블의 과부하와 함께 설치된 TV 증폭기의 과열로 인해 발화된 것으로 추정되며, 여의도 지하공동구 특유의 복합 시설 구조로 인해 피해가 급속히 확산되었다. 해당 지하공동구는 컬버트식 철근 콘크리트 구조로 되어 있으며, 높이 2~2.5m, 폭 5.3m, 총 연장 6.6km에 달하는 대규모 시설이었다. 내부에는 통신케이블 102조, 전력케이블 29회선, 상수도관과 난방관 등이 복합적으로 수용되어 있었으며, 케이블과 배관의 보온재로 사용된 폴리우레탄폼 등 가연성 자재로 인해 화염은 빠르게 확산되었다. 이 사고로 인한 인명 피해는 총 4명의 부상자로 집계되었으며, 부동산과 동산을 포함한 총 재산 피해액은 약 15억 9천 7백만 원에 달했다. 화재 진압을 위해 총 392명의 소방인력과 함께 펌프차 30대, 탱크차 34대, 배연차 4대, 화학차 10대 등 총 133대의 장비가 동원되었다.

나) 서울 종로구 동대문 지하 공동구 화재

서울특별시 종로구 종로5가 동대문역 부근 지하공동구에서 1994년 3월 10일 오후 4시 10분경, 대규모 화재가 발생했다. 화재는 지하 배수펌프

작동을 조절하는 자동분전반이 과열되면서 일어났고, 과열된 분전반이 통신선에 불이 붙으면서 확산되었다. 지하공동구는 사각형 시멘트관 구조로 폭은 4.1m, 높이는 2.3m, 지하는 5m 깊이에 위치해 있었고, 내부에 동케이블 및 광케이블 등 연소성 매우 높은 통신선들이 설치되어 있었다. 연소성 케이블 피복에 일어난 불은 급속하게 번졌으며, 발생한 유독가스는 환기구를 통해서 외부로 퍼져 나갔다.

해당 사고로 인해서 수도권 전역 통신망이 마비되었고, 전용회선, 가입전화, 국제전화(002), 디지털전화 서비스 등이 모두 중단되었다. 이동통신 약 15만 5천 세대가 불통되었으며, 무선호출기도 작동되지 않아서 약 60만 명이 통신 수단을 이용할 수 없게 되었다. KBS, CBS, MBC 등 방송 송출이 일시적으로 중단되었고, 서울과 지방(부산, 대구 등)을 연결하는 전화도 일부 불통 되었다. 금융기관의 예금 인출 및 송금 업무가 마비되었으며, 서울 시내 은행 및 우체국 업무에 차질이 발생하였다.

다) 남대구 전신전화국 지하통신구 화재

대구광역시 남구 대명동 전신전화국 지하통신구에서 1994년 11월 18일 오후 9시 2분경, 화재가 발생하였다. 화재는 통신구 내 전기공사 중 발생한 전기합선 원인으로 추정되었고, 케이블 밀집 구간에서 작업 중 발생한 사고였다. 지하통신구는 폭이 2m, 높이는 2.5m, 길이는 875.5m에 이르는 철근 콘크리트 구조로, 총 122조에 이르는 수용케이블이 있었다. 화재로 인해서 광케이블은 4조, 시외케이블은 15조 20m, 집단전화용 SC 케이블은 1조 등 총 44,684회선이 손상되는 피해가 발생하였다. 불길은 내부 케이블을 중심으로 번졌으며, 발생한 연기 및 유독가스는 지상으로 확산되어 지역에도 영향을 끼쳤다. 감지기의 작동 미비는 초기 대응을 지연시켰고, 화재 피해 확산의 원인으로 지적되었다. 화재 진압을 위해서 소방인력 121명이 투입되었고, 이 중 소방은 36명, 경찰은 15명, 의용소방대는 40

명, 기타 인력은 30명이 참여하였다. 관련 장비는 펌프차가 4대, 물탱크차는 4대, 배연차는 1대 등 총 13대가 동원되었다.

라) 구미3공장 지하공동구 화재

구미3공장 지하 공동구 화재는 1994년 3월 29일 낮 12시 30분경 발생하였고, 산업시설의 운영에 치명적인 영향을 미쳤다. 화재는 공동구 내 설치되어 있는 형광등의 안정기 과열로 인해서 발생하였고, 케이블은 약 150m가 소실되었다. 피해는 설비 소손을 넘어 브라운관 약 5만 대의 생산 차질 및 5일간 조업이 중단되었다.

마) 안양 현대 부흥동 지하 공동구 화재

안양시 부흥동 관악타운 내 현대아파트 인근에서 1994년 12월 19일 오후 3시 40분경, 발생한 지하공동구 화재는 산소용접 작업 부주의로 인해서 발생한 사례이다. 이 사고로 인해서 케이블 선로가 소실되었고, 인접 건축물 2개 동, 약 198㎡ 면적에 그을음 피해가 발생하였다.

바) 서울 신양재 지하공동구 화재

신양재 전력구 화재는 2002년 2월 8일에 발생하였고, 절연 열화로 인한 단락이 원인으로 지목되었다. 절연유의 누유가 연소 확산을 가속화시켰으며 피해를 키운 사고였다. 화재로 케이블 약 33m × 12가닥이 소실되었고, 절연유는 약 480드림(36드림 단위)과 함께 전력구 구조물 100m가 소실되는 등의 물리적 손상이 심각했다.

사) 구리시 지하공동구 화재

경기도 구리시에서 발생한 전력구 화재는 2006년 12월 29일에 일어났고, 지하공동구 내 주요 전력설비의 노후화로 절연 열화가 원인이었다. 사

고 당시에 전력케이블 6회선 및 통신케이블 약 60m가 소실되는 피해가 발생했고, 전력 공급망의 일부 마비, 그리고 통신 장애까지 발생시키는 결과로 이어졌다.

아) 서울 아현지구 통신구 화재

서울시 서대문구에 위치한 KT 아현지사 통신구에서 2018년 11월 24일에 대형 화재가 발생하였다. 사고는 통신 장비의 기술적 결함에서 시작되었지만, 여파는 서울과 수도권 전역에 심각한 수준의 통신 마비를 초래하였다. 관련 통신 시설 등 광범위한 서비스가 중단되었고, 카드결제, 전산 시스템, 금융거래 등 여러 분야에도 장애가 발생하였다. 피해 규모는 약 80억 원 이상의 재산피해로 집계되었고, 간접적인 피해는 그보다 훨씬 더 컸던 것으로 분석되었다. 서울 내 약 20만 명 이상의 가입자와 중소기업인을 포함한 이용자들이 수 시간 이상 관련 통신 서비스를 이용할 수 없었고, 일부 지역에서는 사흘 이상 복구가 지연되었다.

[표4-1] 공동구 화재 사고 사례 대상

	사례명	발생일	피해
1	여의도 지하공동구	2000.02.18.	케이블선로 소실, 198㎡ 그을음 피해
2	동대문 지하공동구	1994.03.10.	케이블 33m×12가닥 소실, 구조물 100m 소실
3	남대구 전신전화국	1994.11.18.	전력케이블 6회선, 통신케이블 60m 소실
4	구미3공장 지하공동구	1994.03.29.	케이블 150m 소실, 브라운관 5만 대 생산 차질
5	안양 현대 부흥동 지하공동구	1994.12.19.	케이블선로 소실, 198㎡ 그을음 피해
6	서울 양재 지하공동구	2002.02.08.	케이블 33m×12가닥 소실, 구조물 100m 소실
7	구리시 지하공동구	2006.12.29.	전력케이블 6회선, 통신케이블 60m 소실
8	서울 아현지구 통신구	2018.11.24.	재산피해 약 80억 원, 수도권 1/4 통신 마비

자료: 서울특별시(2000), 화재보험협회(2019), 소방청(2023a)

제3절 사례 분석

국내에서 발생한 주요 공동구 화재 사례 8곳에 대하여 공동구 화재 위험성 평가 요인인 다음 [표4-2]에 따라 분석하였다.

[표4-2] 공동구 화재 위험성 요인

공동구 화재 위험성 요인	내용
전기적 위험성	노후화, 절연 열화, 합선, 과부하, 단락, 절연파괴
가연성 자재 및 케이블 특성	난연 성능, 재질, 양
설계 및 구조적 문제	공간 과밀, 수직구, 단면 형상
유지관리 및 소방설비 부족	노후화 설비, 유지보수 부재, 감지기, 소화장치, 연소방지설비, 방화구획
비상대응체계 및 기관 간 협조체계	수용 기관 간 협조체계 부재
환기 및 가스 확산 위험성	배관, 설비, 가연성 자재, 밀폐 구조, 열기 축적, 유독 가스체류, 습도로 인한 전기적 절연 성능 저하
종합적 위험성 평가 체계 미흡	사고 시나리오 기반 위험성 평가 체계 미흡

1) 전기적 위험성

전기적 위험성은 지하공동구 화재의 가장 중요한 요인 중 하나로, 사례들에서 노후화, 과부하, 절연 열화, 합선, 단락, 절연과피 등과 같은 전기적 결함이 화재를 발생시키거나 피해를 만드는 결정적 요인으로 작용하였다.

2000년 2월 18일에 발생한 여의도 지하 공동구 화재는 전력케이블의 과부하 및 TV 증폭기 과열로 인해서 발화되었다. 과부하된 전선이 계속적으로 고온 상태를 유지하다가 케이블 피복이 녹아서 발화점에 도달함으로써 화재가 일어났다. 이때 내부 전선과 장비가 노후화되어 있었던 점도 있으며, 절연 기능 저하가 화재 확산에 원인이 되었을 가능성도 높다. 화재는 복합적인 인프라인 밀집된 구조에 의해서 매우 빠르게 확산되었고, 인명피해(4명 부상)와 15억 원 이상의 재산적 피해가 발생했다. 진압에 총 392명의 소방인력 및 133대의 장비가 동원되었고, 이는 전기화재의 경우에 초기 대응이 얼마나 중요한지를 보여주었다.

동대문 지하 공동구 화재 (1994년 3월 10일) 사례는 배수펌프 작동을 조절하는 자동분전반의 과열이 발화 요인이었다. 분전반 내부의 노후화된 부품 및 절연 손상이 요인이 되어 내부 온도가 높아지고, 인접한 통신선에 불꽃이 확산되면서 전기적 화재가 발생하게 되었다. 절연과피나 합선 현상이 있었을 가능성도 매우 높았다. 화재는 지하공간 특유의 환기구를 통해서 유독가스가 외부로 확산되었으며, 수도권 전체의 통신망이 마비되는 등의 사회적 파장도 컸다. 이 화재도 전기적 위험성 요소가 매우 복합적으로 작용한 대표 사례였다.

남대구 전신전화국 지하통신구 화재 (1994년 11월 18일) 사례는 전기공사 중 발생한 합선이 발화 요인으로 추정되었다. 통신구 케이블 밀집 구간 안에서 작업이 이루어지던 중에 전원선 간 단락 및 절연 손상이 발생

하여 케이블에 착화되었고, 순식간에 화재가 일어났다. 절연 열화로 인해서 장시간 전류를 견디지 못한 것이 화재 발생의 원인이었을 가능성이 높았다. 연기 및 유독가스는 밀폐된 공간 특성상 상당히 빠르게 축적되었고, 지상으로 확산되었다. 화재감지기 등 초기 경보장치는 제대로 작동하지 않아서 진압까지 1시간 30분 소요되었으며, 이로 인해서 총 44,684회선의 통신망은 손상되었다.

신양재 전력구 화재 (2002년 2월 8일) 사례는 절연 열화에 의해서 단락이 주요 원인이었고, 전선 내부 절연 성능이 저하된 상태로 인해서 누설 전류가 발생하였으며, 이로 인해 발화되었다. 절연유의 누유도 있었으며, 이는 인화성 물질로 화재 확산 속도를 빠르게 하였다. 해당 사고는 케이블 및 전력구 구조물 100m 이상 소실되었을 정도로 피해가 컸었으며, 노후 전선 및 절연유 관리의 중요성을 확인한 전형적인 사고였다.

구리시 전력구 화재 (2006년 12월 29일) 사례는 노후 전력케이블 절연 열화가 요인이었다. 전선 피복이 오래되어서 점차적으로 절연 기능을 상실했고, 이로 인해서 합선과 단락이 발생했다. 그 결과로 인하여 전력케이블 6회선 및 통신케이블 약 60m가 소실되었고, 이는 전력 및 통신 공급 모두에 차질을 야기했다. 해당 사례는 예방적 교체 및 정기 절연 성능 검사가 필요함을 시사하였다.

전기적 위험성은 기술적 결함을 넘어서 대규모 인프라 중단 및 사회적 피해로 이어지는 경우가 대부분이다. 노후화된 설비 및 절연 성능 저하, 그리고 정기 점검의 부재는 화재 발생 가능성을 높이고, 공동구의 특성상 전기적 사고가 다중 시스템에 한번은 연쇄적 영향을 미칠 수 있다는 것을 보여주는 사례였다.

2) 가연성 자재 및 케이블 특성 문제

가연성 자재와 케이블 특성에 관련된 위험성은 지하 공동구 화재에서 피해를 빠르게 확산시키는 요인으로 작용하였다. 여의도 지하 공동구, 동대문 지하 공동구 화재와 같은 사례는 이 같은 위험성이 재난에서 어떻게 발생하는지를 명확히 보여주었다.

여의도 지하 공동구 화재(2000년 2월 18일) 사례는 내부의 통신·전력 케이블이 가연성 보온재인 폴리우레탄폼과 같은 재질이 함께 설치되어 있었기에, 전력케이블의 과부하 및 TV 증폭기의 과열로 인해서 발생한 초기 화염 사고라 할 수 있었다. 곧바로 난연 처리가 되지 않은 케이블 피복 및 보온재에 착화되어서 빠르게 전체 공간으로 확산되었다. 사고는 다양한 인프라가 복합적으로 구성된 공동구의 특성상 화재 확산의 경로가 넓고 복잡하여 피해는 더 커졌다. 가연성 자재의 사용은 화재를 설비 피해에서 그치지 않게 하고, 광범위한 인프라 장애로 이어지게 하는 매우 심각한 위험 요인이다.

동대문 지하 공동구 화재(1994년 3월 10일) 사례는 자동분전반의 과열로 인하여 시작되었지만 연소성 높은 통신선 피복재가 불길을 확산시키는 결정적 원인이 되었다. 공동구에는 일반 동 케이블과 함께 다수의 광케이블이 설치되어 있었고, 이들 케이블은 난연 처리 부족, 그리고 노후화로 인하여 인화성이 높았고 화재가 빠르게 번졌다. 불이 피복재에 타면서 유독 가스를 방출했고, 지상 환기구를 통해서 외부로까지 확산되면서 2차 피해를 발생시켰다.

사례들은 모두 케이블 자체 재질, 난연성 확보의 여부, 보온재 화재 반응성이 화재 피해 규모를 결정짓는 매우 중요한 요인이었다. 공동구와 같이 매우 복잡적이고 밀폐된 공간에서는 화재가 발생한 이후의 확산 속도 및 범위가 자재의 특성에 따라서 급격히 증가할 수 있기 때문에, 사전적인

자재 선정과 관리 기준 강화가 필요하다는 시사점을 제공하였다.

3) 설계 및 구조적 문제

설계 및 구조적 문제는 지하 공동구 화재 피해 확산에 직접적인 영향을 끼치는 요인으로, 여의도 지하 공동구 화재, 남대구 전신전화국 지하통신구 화재에서 그 위험성이 구체적으로 나타났다.

(2000년 2월 18일) 여의도 지하 공동구 화재는 통신케이블 102조, 상수도관, 전력케이블 29회선, 난방관 등 수용시설이 한정된 공간에 배치된 과밀 구조를 갖고 있었다. 이로 인해서 발화 지점이 다른 설비로 불이 옮겨붙게 되는 시간이 상대적으로 짧았고, 내부 공기의 흐름이 원활하지 않아서 열기와 연기가 갇히게 되어 화재 확산이 빠르게 진행되었다. 내부 구조물은 복잡하고 수직구가 부족하거나 방화 구획은 미흡하여, 초기 화재 진압은 어려웠고, 소방인력이 접근하는 데 제약은 많았다. 폴리우레탄폼으로 구성된 보온재는 화염의 확산을 가속화 한 대표적인 원인 이었으며, 구조적 설계 및 자재 선택의 적절성이 얼마나 중요한지를 부각시킨 사례였다.

남대구 전신전화국 지하통신구 화재(1994년 11월 18일) 사례는 철근 콘크리트 구조로 길이가 875.5m에 이르는 공동구에 122조의 수용케이블이 설치되어 있었으며, 케이블 밀집 배치로 인해서 매우 과밀한 상태였다. 화재 당시에 감지기 40대는 설치되어 있었지만, 감지 시스템은 제대로 작동하지 않아서 초기 화재 인지를 놓쳤고, 화염은 빠르게 확산되어 44,684 회선 통신 회선이 손상되었다. 이는 감지기와 같은 설비의 정확도, 수량, 그리고 배치 위치가 얼마나 중요한지를 말해주었다.

공통적으로 두 사례는 방화 구획의 미비, 공간의 과밀, 수직구의 부재, 긴 연장 및 복잡한 단면 형상 등이 화재 진압을 힘들게 만들고 피해를 확산시킨 원인이 되었음을 보여주었다. 따라서 앞으로 공동구의 설계 시, 공간 구성 여유와 함께 방화구획과 수직구 설계, 감지 및 소화 시스템 통합적 구조계획이 수반되어야 함을 강조하였다.

4) 유지관리 및 소방설비 부족

유지관리 및 소방설비 부족과 관련된 사례는 남대구 전신전화국 지하통신구 화재, 동대문 지하공동구 화재이다. 두 사례는 화재 감지 및 진압 설비 미비, 노후 설비, 그리고 유지보수의 부재로 인해서 피해가 급격히 확산된 전형적인 사례였다.

남대구 전신전화국 지하통신구 화재(1994년 11월 18일)는 지하통신구에 하론 소화기가 34대, 감지기 40대가 설치되어 있었지만, 화재가 발생할 당시 감지기가 제 기능을 못해서 초기 화재 인지가 지연되었다. 연기와 유독가스가 내부로 확산되었고, 케이블에 불이 옮겨붙으면서 44,684회선은 손상되는 대규모 피해로 이어졌다. 단순한 감지기 설치만으로는 확인되지 않고 감지되지 않으며, 지속적이고 정기적인 유지보수 및 설비 점검이 필수적임을 시사하였다. 이 사건에서 초기 소방 대응이 지연되었던 주된 원인이 장비 관리 및 점검의 미비였다는 것은, 단지 물리적 장비가 있다는 것보다 관리 체계와 유지의 지속적인 점검이 중요하는 것을 보여주었다.

동대문 지하 공동구 화재(1994년 3월 10일) 사례는 배수펌프를 조절하는 자동분전반 과열이 발화 원인이었다. 해당 장치는 화재 발생 전부터 이상이 있었던 것으로 추정되었으, 사전 점검 및 정기적인 유지관리의 부재가 지적되었다. 화재는 분전반 과열로 인하여 일어났고, 전기적 노후화 및

유지관리 미비이 결합되어 발생한 사례였다. 그리고 분전 시스템의 안전 설계 및 관리가 얼마나 중요한지를 단적으로 보여주었다. 화재 발생 후에 공동구 내에서 방화구획 및 연소 방지설비가 충분하지 못하여 화염 및 유독가스가 지상까지 확산되었으며, 금융업무 마비, 수도권 전역 통신망 마비, 방송 송출 중단 등 사회 전반에 걸쳐 광범위한 2차 피해가 발생했다.

사례들은 화재 감지기 및 소화장치의 설치뿐 아니라, 정기적이고 지속적인 유지관리, 방화구획의 구조적 확보, 연소방지 설비가 동시에 이루어져야만 화재 피해를 줄일 수 있다는 것을 보여주었다. 물리적 장비의 존재만으로는 부족하며, 체계적이고 지속적인 관리 시스템 운영이 위험성 저감을 하는데 있어서 핵심임을 시사하였다.

5) 비상대응체계 및 기관 간 협조체계 부족

비상대응체계 및 기관 간의 협조체계 부족은 남대구 전신전화국 지하통신구 화재(1994년 11월 18일)에서 뚜렷하게 나타났다. 해당 사고는 통신구 내 전기공사 중에 발생한 전기합선 화재였으며, 화재감지기 작동 미비로 인해서 화재 발생 초기에 빠르게 인지하지 못했다. 문제로 지적된 것은 화재 인지 이후의 초기 경보 전달과 비상연락체계 미비였다. 즉각적인 각 기관 간의 협조와 정보 공유가 이뤄지지 않았고, 화재 진압 및 피해 확산 방지에서 요구되는 조치들이 적시에 이루어지지 못했다. 이는 감지기와 같은 물리적 설비 문제를 넘어서, 위험 상황을 공유하고 공동 대응할 수 있는 기관 간 협력체계가 부재했다는 것은 당시 피해를 키운 원인으로 평가되었다. 남대구 전신전화국 화재는 장비나 인력만의 문제를 넘어서, 기관 간 대응체계가 실질적으로 작동하는가에 따라서 피해 범위가 좌우될 수 있었음을 보여주었다. 긴급 구조 인력, 통신망, 전력망 등 다양한 이해관계자들 간의 사전 대응 매뉴얼 준비와 실제적 협업 체계의 구축이 필요

하다는 것을 교훈으로 남긴 사례였다.

6) 환기 및 가스 확산 위험성

환기 및 가스 확산 위험성과 관련된 사례는 동대문 지하 공동구 화재(1994.03.10.), 그리고 남대구 전신전화국 지하통신구 화재(1994.11.18)이다. 사례 모두 밀폐된 지하 구조 특성으로 인해서 화재 발생 시 내부에 연기가 축적되었고, 유독 가스가 체류하면서 확산되는 위험이 현실화 되었다. 동대문 화재 경우, 자동분전반 과열로 시작된 화재가 통신선로로 확대되면서 피복이 연소 되었고 다량의 유독 가스가 발생했다. 유독 가스는 일시적으로 지하 공동구 내부에 고농도로 축적되었고, 지상 환기구를 통해서 외부로 분출되며 인근 지역까지 영향을 미쳤다. 남대구 화재는 철근 콘크리트 구조의 폐쇄된 지하통신구 내부에서 일어난 화재로 인해, 케이블 연소 과정에서 발생한 유독 가스가 지상으로 올라오면서 지역사회에 피해를 유발하였다. 당시에는 공조·환기 시스템의 부족 및 감지기 미작동이 동시에 일어났기에 초기 통제에 실패하게 되었고, 지하 내에 축적된 연기 및 유해가스가 적절히 배출되지 못하게 되어서 진압작업에도 어려움을 주었다.

사례는 밀폐 구조에서의 환기 부족 및 가스 확산 통제의 미비가 화재의 직접적인 피해 원인이었으며, 화재 진압 어려움과 2차 피해로 이어질 수 있는 위험요인임을 보여주었다. 가연성 자재 사용 및 높은 습도 환경은 절연 성능을 저하시켜서 전기화재 위험을 높이게 되는 구조적 문제도 복합적으로 드러난 사례로 평가되었다.

7) 종합적 위험성 평가 체계 미흡

종합적 위험성 평가 체계 미흡은 서울 아현지구 통신구 화재에서 드러난다. 이 사고는 통신 장비의 기술적 고장이 원인이었지만, 서울과 수도권의 1/4에 해당하는 지역에 통신 장애가 발생하게 되었으며 사회 기반 시스템에 지대한 영향을 끼쳤다. 인터넷, 유선전화, IPTV, 금융거래, 카드결제 및 전산 시스템 등 일상생활과 경제활동에 요구되는 필수적인 기능들이 마비되면서, 직접 피해뿐 아니라 사회적·경제적 간접적 피해도 발생하였다. 이처럼 하나의 장비 고장이 원인이 되어 대규모 인프라 기능을 마비시켰다는 점은, 체계적이고 사전적인 사고 시나리오 기반의 위험성 평가가 이뤄지지 않았음을 시사하였다. 만약 설계와 운영 단계에서 재해 영향 시뮬레이션, 리스크 분산 구조, 비상대응 매뉴얼 등 종합적 평가 대응체계가 마련되어 있었다면, 사고의 피해를 최소화하거나 확산을 차단할 수 있었을 것이다. 사례는 복합재난에 공동구와 같은 인프라 시설에 대한 다층적인 사전 평가 체계 구축이 필요함을 보여준 사례였다.

지하 공동구 화재 사례분석을 통해서 화재의 주요 원인은 전기적인 결함, 가연성 자재의 사용, 구조적인 문제, 유지관리의 미흡, 비상대응체계의 부재, 환기 및 유독 가스의 확산, 그리고 종합적인 위험성 평가 체계 미흡 등의 요소에 기인함을 확인할 수 있었다. 전기설비 노후화 및 절연 열화는 화재 발생의 원인이 되었고, 난연 성능이 낮은 자재는 화재의 확산을 가속화하였고, 공간 과밀 및 구조적인 설계 문제는 소방의 접근성을 저해하였다. 감지기와 연소방지설비 등의 방호 시스템 부족 및 기관 간 협조체계 부재, 그리고 사고 시나리오 기반의 사전 위험평가 부재는 화재 발생에 대한 대응을 어렵게 하였다. 이런 결과는 지하 공동구의 안전 확보를 위해서 설계, 대응체계, 자재 선택, 유지관리, 사전위험평가 등에 이르기까지 전 과정에서 통합적 관리가 필요함을 시사하였다.

제5장 사례분석 결과 논의 및 개선 방안

제1절 사례분석 결과 논의

지하 공동구 화재 발생 중 전기적 위험성은 가장 직접적이고 빈번한 원인 중 하나이며, 그 심각성이 반복적으로 확인되고 있다. 김동은 외(2008)는 국내 지하 공동구 화재사례 분석에서, 과부하, 단락, 절연 파괴 등의 전기적 요인이 화재 발생의 주요한 기폭제로 작용한다고 하였다. 연구는 전력선과 통신선의 노후화로 인하여 밀집된 공간에서 절연의 성능이 저하되어 과전류가 흐르고 이로 인하여 화재가 발생할 가능성이 높다고 하였다. 남대구 전신전화국 화재(1994), 동대문 지하 공동구 화재(1994), 여의도 공동구 화재(2000)는 모두 전기적 결함에 의해서 발생한 대표적인 사례이며, 전기공사 중 합선, 전력케이블 과부하, 그리고 자동분전반의 과열이 주 원인으로 나타났다. 김재엽(2024)은 이 같은 전기적 위험을 정량적으로 분석하고자 FDS(Fire Dynamics Simulator)를 사용한 화재 시뮬레이션 및 실험을 병행하였다. 공동구 내 케이블의 연소실험을 통해서 전기 발화 지점의 열 축적 현상 및 화염의 수직 확산 속도가 빠르게 전개됨에 따라서 수평 확산보다 수치적으로 높다는 것을 분석였다. 이는 다층적으로 공동구 내 케이블이 설치되어 있는 공간에서는 초기 화재가 상층부로 순식간에 확대될 수 있음을 시사하고, 수직 확산의 속도는 진압의 지연 및 피해 확대의 핵심 원인이 된다. 즉 단순한 전기적 위험성은 발화 요인에 그치는 것이 아니라, 화재의 확산 경로 및 속도, 나아가 대응 전략에도 매우 중대한 영향을 미친다는 것을 실험적으로 보여주었다. 이에 대한 개선 방안으로 김동은 외(2008)는 첫째, 공동구 내 전력선과 통신선에 대한 주

지적 절연 성능 점검 및 노후 설비의 교체가 필요하고, 절연재의 내열성 및 난연 성능을 강화해야 한다고 하였다. 둘째, 전기적 설비 간 간섭은 최소화하고, 과부하를 방지하기 위한 자동차단장치 및 화재 감지기의 설치 의무화를 해야 한다고 하였다. 셋째, 화재 발생 시에 자동으로 차단되는 자동분전반과 전력선 구간별 방화구획을 설치하고 이를 통해서 화염의 확산을 초기에 방어할 수 있는 구조 개선 제안을 하였다. 그리고 화재 시나리오를 기반으로 위험성 평가 체계를 구축하고 정량적으로 전기적 위험성을 사전에 평가하여, 위험도가 상대적으로 높은 구간에 대해서는 집중 관리 및 예방 조치가 가능하도록 통합적인 안전관리 시스템의 도입이 필요하다고 하였다. 즉, 위험 발생 가능성 및 피해 과급 범위를 동시에 확인하는 시스템적 대응방안으로, 단편적인 유지보수 중심의 접근에서 탈피한다는 점에서 시사하는 바가 있다. 단순히 전기적 위험성은 기술적 고장을 넘어서, 화재 발생과 확산, 그리고 대응 실패까지 영향을 미치는 복합적인 요인으로 작용한다. 이를 방지하기 위해서 설비의 구조적 개선, 시나리오 기반의 사전 위험 평가체계 확립, 감지·차단 시스템 도입 등의 다층적 대응 전략을 제안하였고, 공동구 화재 예방 및 피해를 최소화하기 위한 핵심적 방향으로 기능하도록 하였다.

가연성 자재 및 케이블 특성 관련 위험성은 지하 공동구 화재의 확산을 급속하게 유발하는 핵심 요인 중 하나이며, 선행 연구에서도 그 심각성은 지속적으로 제기되었다. 최재율(2007)은 여의도 공동구 화재 사례분석에서, 케이블 외장재로 사용된 PE(Polyethylene) 및 PVC(Polyvinyl Chloride) 같은 고연소성 자재는 불에 쉽게 연소 되고, 다량의 유독 가스를 발생시켜서 인명피해와 도시의 기능 마비를 초래하게 된다고 지적하였다. 이런 자재들이 공동구 안에 밀집되어 있을 때, 단일 발화점에서 시작된 화재는 매우 빠르게 인접 구간에 확산되고 대형 재난으로 이어질 수 있다는 것을 강조하였다. 이정일(2010)은 공동구 안의 케이블 연소 특성과 피해

확산 경로를 주목하였다. 밀폐된 공동구 안의 구조와 가연성 자재의 결합은 화재 시 유독가스(일산화탄소 등), 농연(濃煙)의 대량 발생뿐 아니라 시야 확보의 곤란, 소방 진입의 지연 등을 발생시킨다고 분석하였다. 실제로 여의도 화재(2000)는 케이블 피복 및 보온 재로 사용된 폴리우레탄폼이 발화 후에 빠르게 연소 되어서 열과 가스를 확산시키는 주요 요인으로 역할을 하였다. 동대문 화재(1994) 사례에서도 통신선 외장 피복이 가연성 재질로 되어 있어서 화재 확산이 가속화 하도록 하였다. 연소성이 높은 자재가 화재를 발생시키는 원인이며, 화재의 대형화로 발전하는 주된 요인임을 실증적으로 보여주었다.

가연성 자재 및 케이블 특성에 따른 위험성 요인을 해결하기 위한 방안으로 최재율 (2007)은 가연성 자재의 난연화 또는 불연화 처리가 선행되어야 한다고 강조하였다. 공동구 내 수용설비의 난연 기준을 강화하고, 기존 케이블 및 보온재에 대해 교체 또는 코팅 방식으로 화염 확산을 지연시키는 물질 적용을 제안하였다. 더불어 방화구획 및 연소 차단 구조물의 설치로 인접 구역으로의 열 확산을 방지해야 한다는 방재대책도 병행되어야 함을 주장하였다. 이정일(2010)은 화재 시 유해가스 발생을 억제하기 위한 케이블의 재질 개선 외에도, 소방 대응력 강화를 위한 유해가스 감지 시스템과 농연 제거 장치 설치가 필수적이라고 보았다. 초기 화재 진압 시 인명 접근이 불가능할 정도의 유해 환경이 조성되는 것을 방지하기 위한 공조 및 배연 설비 강화가 중요하다고 분석하였다.

가연성 자재 및 케이블의 특성은 공동구 화재 피해 범위 및 확산 속도를 결정짓는 주요한 요소로 작동하며, 선행연구 들은 이에 대한 해결 방안으로 난연 재질의 사용 확대, 자재 교체의 기준 강화, 연소 차단의 설계, 유해가스 대응 시스템의 구축 등을 제시한다. 이는 공동구 내 화재 확산 억제 및 피해 최소화를 위한 기본적이고 실질적인 대책이라 할 수 있다.

설계 및 구조적 문제는 화재 발생 시 지하 공동구의 초기 화재 진화와

대응의 어려움을 증가시키는 중요한 핵심 위험 요인 중 하나로 확인되었다. 박장현(2025)은 공동구의 설계 초기 단계에서부터 지하 공간의 과밀 배치 및 주 통로의 폭이 매우 부족하여 화재 발생 시에 소방 활동 및 설비 교체에 있어서 심각한 제약을 초래한다고 분석하였다. 다수의 지하 공동구가 설계기준을 법적으로 충족하지 못하고 있어, 수용시설의 정비와 긴급 상황 대응 시에 작업자 접근이 매우 어렵고, 화재 등 재난이 발생할 시 신속한 대응이 매우 힘든 구조적인 취약성을 갖고 있다고 하였다.

구조적 문제는 여의도 공동구 화재에서 매우 명확하게 나타났다. 여의도 공동구는 난방, 통신, 전력, 상수도관 등 복합적인 수용시설이 매우 과밀하게 배치된 복합형 공동구였으며, 협소한 공간으로 인해서 발화 이후에 소방장비의 진입이 제한되었으며, 폴리우레탄폼과 같은 보온재가 많이 사용되어 화염 확산은 가속화되었다. 단면 형상은 높이가 2~2.5m, 폭은 5.3m로 구성되어 있었지만, 복합 수용구조로 인해서 실제 작업 공간은 제한적이었다. 화재 시에는 진압 인력의 활동 반경이 심각하게 제한되어서 피해를 키우는 요인이 되기도 하였다. 남대구 전신전화국 화재 사례 역시 설계적인 한계를 보여주었다. 지하통신구는 폭이 2m, 높이가 2.5m, 길이는 875.5m의 철근 콘크리트(고영민, 2020) 구조였고, 내부에 약 122조에 달하는 케이블이 매우 밀집 배치되어 있었다. 감지기는 40대, 하론 소화기는 34대 등 가장 기본적인 소방 설비는 갖춰져 있었지만, 밀폐되고 협소한 공간에 많은 케이블이 집중되면서 열 축적이 상당히 빠르게 진행되었으며, 감지기 작동의 지연과 접근성 부족은 피해 확산의 주요 요인으로 작용하였다. 박장현(2025)은 이와 같은 구조적인 한계를 극복하기 위해서 공동구 내에 수용시설을 교체할 시, 필요한 작업공간에 대하여 신뢰구간 기반으로 산정하였고, 실측 데이터에 기반한 설계기준의 개선이 필요하다고 하였다. 공동구의 주 통로 폭 및 시설물 간 이격거리를 확보하여 유지관리와 재난 대응의 효율성을 높여야 하고, 공간적 협소 문제를 해소하기

위해서 구조적인 개선이 필수적이라고 하였다. 설계와 구조적인 문제는 화재 진압 효율성을 저해하고 화재로 인한 피해 확산을 빠르게 가속화시키는 요인이다. 선행연구는 이러한 문제를 개선하기 위해서 수용시설 간 이격 확보, 작업공간 기준 재정립, 구조물 설계 개선 등을 제시하였다. 이는 공동구의 안전성은 필수적인 방향에서 구조적으로 가장 먼저 확보되어야 함을 제시하였다고 볼 수 있다.

유지관리 및 소방 설비 부족 문제는 지하 공동구 화재 확산의 주요 원인으로 반복적으로 지적 되어 왔다. 김동준(2003)은 지하 공동구의 특성상 화재 발생 시 수직·수평 방향으로 온도가 급격히 상승하므로 빠른 감지와 신속한 초기 진압이 필수적이라고 하였으나, 실제 현장에서는 감지 설비와 소화장치의 부재 또는 고장으로 인해 화재가 확산된 사례가 다수 존재한다고 분석하였다. 최현라(2019) 역시 공동구 내의 노후 설비와 미비한 소방시설이 대형재해로 이어질 가능성을 지적하면서, 위기경보체계와 예방 대응 시나리오의 부재가 구조적 대응력 부족으로 이어진다고 보았다.

유지관리와 소방설비의 부족은 남대구 전신전화국 화재에서 명확히 드러났다. 당시 지하통신구 내 감지기가 작동하지 않아 화재 초기 진압이 지연되었고, 이로 인해 총 44,684회선의 통신망이 손상되는 대규모 피해가 발생하였다. 하론 소화기 34대, 감지기 40대가 설치되어 있었음에도 불구하고 시스템의 실질적 작동 실패는 유지관리의 부실을 반영한다. 화재 당시 현장 인력과 장비는 신속히 동원되었으나 이미 화재가 크게 확산된 이후였기에 피해를 최소화하는 데 한계가 있었다. 동대문 지하 공동구 화재 사례 역시 유지보수의 미비가 드러난 경우이다. 배수펌프를 조절하던 자동분전반이 과열되면서 인근 통신선으로 불이 옮겨붙었는데, 이는 해당 부대시설의 관리 부재 및 설비 노후화로 인한 결함이 직접적인 원인으로 작용하였다. 감시 시스템의 부재와 적절한 사전 점검이 이루어지지 않았

던 점이 재난으로 이어졌으며, 방송·통신·금융망의 마비라는 사회적 간접 피해로 확산되었다.

김동준(2003)은 이러한 문제를 해결하기 위한 방안으로 광센서 기반의 선형 감지시스템, 자동 소화 시스템, 방화구획 분리, 연기 배출 설비 강화 등을 제안하며, 단순 설비 설치를 넘어 정기적인 점검 체계의 강화와 소방 훈련의 의무화를 강조하였다. 최현라(2019)는 시공 단계부터 감지기와 소화장치의 배치 기준을 강화하고, 위기경보단계에 따라 사전 대응 시나리오를 마련할 필요가 있다고 제시하였다. 따라서 유지관리 및 소방설비의 부족 문제는 단순히 장비의 유무만이 아닌, 그 실질적 작동 가능성과 정기적 유지보수 체계의 유기적 연계를 통해 해결되어야 하며, 이는 화재 발생 시 대응력을 높이고 피해를 최소화하는 핵심 요소임을 선행연구와 사례 분석을 통해 확인할 수 있다.

비상대응체계 및 기관 간 협조체계 부재는 지하 공동구 화재 대응 실패의 근본 원인 중 하나로 지목된다. 안기돈(2012)은 지하 공동구가 국가 기반 시설로서의 기능을 수행하는 만큼, 화재 시 체계적인 대응 시스템의 구축과 유관기관 간의 협력체계가 필수적이라고 강조하였다. 공동구 화재 시 초기 경보, 통제, 진압, 복구에 이르기까지 각 단계별 대응 주체 간 명확한 역할 분담과 협조체계가 미비하면 대응의 골든타임을 놓치게 되어 막대한 피해로 이어질 수 있다고 지적하였다. 최현라 (2019)는 도심지 터널형 공동구 시공 및 운영 과정에서 위기경보단계와 행동 시나리오의 필요성을 역설하며, 재난 대응에서 각 기관이 수행해야 할 행동요령과 절차를 명확히 규정한 Activity Diagram¹³⁾의 구축을 통해 유기적인 대응체계를 갖출 것을 제안하였다. 시공단계뿐 아니라 운영 단계에서도 유관기관 간의 정기적인 훈련과 협조체계가 구축되어 있어야 한다고 보았다.

비상대응체계 및 기관 간 협조체계의 부재 문제는 남대구 전신전화국

13) 활동 다이어그램멜브 (열기 → 압력 상승 → 경고 감지 → 알람 발생 → 자동 정지" 순서 흐름 표현)

지하통신구 화재에서 구체적으로 드러났다. 당시 화재는 전기공사 중에 발생한 전기합선으로 인해 발생했고, 감지기 40대가 설치되어 있었지만 작동하지 않아서 초기 화재 감지와 통보에 실패를 하였다. 이로 인해서 화재 초기 대응이 지연되었으며, 총 44,684회선의 통신망은 손실되는 대형 피해가 발생했다. 122조의 수용케이블이 구조적으로 밀집된 환경에서 신속한 대응과 협조가 필요했지만, 121명의 소방·경찰 등이 투입되기까지 소요된 시간 및 협조 부족이 피해를 확산시킨 요인이었다. 안기돈(2012)은 이런 문제를 해결하기 위해서 지하 공동구 운영기관, 소방서, 경찰 등 관련 기관 간의 대응협의체를 구성할 것을 제안하였고, 화재 감지, 소화, 대피, 복구에 이르는 전체 과정을 사전에 구성된 매뉴얼로 재정비할 것을 강조하였다. 최현라(2019)는 사전에 위험요인별 위기경보단계를 설정하고, 기관 간 정보 공유와 실시간 통제 가능 시스템을 마련해야 함을 주장하였다. 비상대응체계와 협조체계의 부재는 감지기 고장이 아니라, 전체 시스템의 작동 실패로 연결되는 구조적 문제임을 사례를 통해서 확인하였다. 제도적 기반 위에서 선행연구들은 이 문제를 실무적 훈련 및 협의체 구성을 통해 해결해야 한다고 하였다.

환기 및 가스 확산 위험성과 관련하여 이정일(2010)은 지하공동구의 밀폐된 구조적 특성 때문에 산소 공급 부족, 열기 축적, 유독성 연소 생성물(일산화탄소 등)의 발생 위험이 크며, 이로 인해 연기 확산과 시야 장애로 인해 소방 접근이 곤란해진다고 지적하였다. 공동구 내 난연성 확보 미비와 함께 유독 가스 배출구조의 부재 또는 불충분함이 화재 시 피해를 확대하는 핵심 요인이라고 보았다. 이에 대한 대책으로 환기 및 배연시스템의 보완과 유해가스 대응 장비의 확충이 필요하다고 강조하였다.

장유리 (2016)는 지하 공동구 내 가스 배관에서 누출된 메탄가스가 점화원에 의해 폭발하는 상황을 가정한 CFD 시뮬레이션 연구를 통해, 폭발과압이 상부의 도로와 건축물까지 영향을 미치는 매우 위험한 상황이 발

생할 수 있음을 실증적으로 분석하였다. 밀폐 구조 내 가연성 가스가 축적될 경우, 작은 점화원에도 대규모 폭발로 연결될 수 있는 구조적 취약성을 강조하였다. 이에 대한 개선책으로 이중배관 설치, 방폭설비, 환기 구조 개선, 점화 방지 설계 등을 제안하였다.

동대문 화재 당시, 자동분전반에서 발생한 화재가 통신 케이블로 확산되며 대량의 유독 가스가 발생했고, 가스는 지상 환기구를 통해 외부로 퍼지며 인근 지역까지 피해를 미쳤다. 마찬가지로 남대구 화재에서는 케이블 밀집 구조와 미흡한 감지기 대응으로 인해 발생한 화재에서 연기와 유독 가스가 지상으로 확산되어 현장 대응을 더욱 어렵게 했다. 따라서 이정일(2010)과 장유리(2016)의 연구는 밀폐 구조 속 환기 불충분과 유해가스 축적의 위험성을 실증적으로 밝혔으며, 동대문과 남대구 사례는 이 위험이 현실에서 구체적 피해로 이어질 수 있음을 입증한 사례로 볼 수 있다. 선행연구에서 제안한 환기구 보완, 방폭 설비 도입, 점화원 차단 등의 대책은 향후 공동구 설계 및 운영에서 반드시 반영되어야 할 안전관리 항목으로 제시된다.

종합적 위험성 평가 체계의 미흡에 대하여 김재엽(2024)은 공동구 화재 예방을 위해서 사고 시나리오에 기반한 정량적인 위험평가 체계 도입이 필요함을 강조하였다. 아현지구 통신구 화재 사례에서, 사전 위험 식별 및 대응 방안 수립이 부재한 상태에서는 단일 공동구 화재 사건이 시민 불편, 통신 마비, 경제적 손실 등 광범위한 피해로 이어질 수 있다고 지적하였다. 아현지구 화재 사례에서는 화재 발생 전에 통신구 내의 위험 요소에 대한 체계적인 평가가 이루어지지 않았으며, 이에 따라서 우선 화재 시뮬레이션, 관리구역 설정, 대응 시나리오 마련 등의 사전 조치가 없는 상태에서 대형 피해로 이어졌다는 것을 심각한 문제로 확인하였다. 기존의 점검 위주의 안전관리 방식은 개별 요소에 국한되고, 구조적·운영상의 복합 위험요인을 포괄하지 못한다고 하였다. 따라서 유해가스, 화재, 폭발 등

다양한 위험요인을 통합적으로 분석하고, 정량적 기준에 따라서 위험 등급을 평가하여 위험에 대한 우선순위를 설정하는 시스템이 필요하다고 하였다. 김재엽(2024)은 현행 평가 체계에 대한 한계를 지적하고, 데이터 기반 위험성 정량 평가 및 시나리오 기반 모의훈련 시스템을 도입 등의 핵심 과제들을 제시하였다. 결국 아현지구 통신구 화재는 종합적 위험평가 체계의 부재로 인해서 실질적 피해가 일어났다. 앞으로 공동구 안전관리에 있어서 정량적인 위험평가 체계 도입 및 관련 법·제도적 반영이 필수적으로 수반되어야 할 과제로 도출되었다.

제2절 개선 방안

지하 공동구에서 발생한 화재를 예방하고 피해를 최소화하기 위한 실제적인 개선 방안은 화재 사례에서 나타난 주요 위험 요인을 바탕으로 종합적인 운영적, 제도적, 기술적 대응이 형성되어야 한다. 각 화재 사례에서 반복적, 지속적으로 드러난 문제점들을 중심으로 다음과 같은 대응 방안을 도출하였다.

1) 자동화 화재 감지 및 소화 시스템 도입

남대구 전신전화국, 동대문 지하 공동구 사례는 감지기의 오작동 및 소화설비의 부재로 인해서 발생하였고 초기 대응이 지연되면서 피해가 급격하게 확산된 대표적인 사건이다. 이 사례들은 초기 화재 발생 시에 신속한 탐지, 즉각적인 대응이 이루어지지 못해서 피해의 규모 커졌고, 소방대 도착 이전에 대규모로 피해가 확대될 수 있었음을 보여주었다. 따라서 초기 화재 발생 시에 자동적으로 작동하는 감지와 소화 시스템을 도입하여 보다 효과적이고 빠른 초기 대응이 절실하게 요구된다. 정확한 주소를 파악

할 수 있는 시스템 구축, 위치 표시가 가능한 감지기, 그리고 감지 구역 간격을 45m 이내로 세분화함으로써 화재 발생의 위치를 정확하게 파악할 수 있도록 해야 한다. 초기 소화 대응을 할 수 있는 스프링클러, 미분무소화설비 등의 자동 소화 시스템을 도입하여 대응 방안이 실현될 수 있게 해야 한다.

2) 화재 확산 방지 설계 적용

여의도와 남대구 화재 사례에서 드러났듯이, 과밀하게 배치되어 있는 설비 구조 및 미흡한 방화구획은 화재를 확산시키는 주요 촉진 요인으로 작용하였다. 단순히 지하 공동구의 구조 설계가 기능적 수용을 넘어서, 화재에 대하여 방호 중심으로 전환이 되어야 할 필요성이 있다. 방화벽 및 내화재를 사용한 구획 설계를 통해서 화염이 구역을 넘어서 확산되는 것을 차단해야 하고, 전력과 통신 인프라가 밀집되어 있는 구간에는 화염 전파를 방지하고 지연시킬 수 있는 구조적 차 열·차 연¹⁴⁾을 추가적으로 활용할 필요가 있다. 그리고 설계 시에 구간별로 케이블 트레이를 구획함으로써 화재 발생 시, 화재 확산 속도를 줄여 소방대의 진입 시간을 확보할 수 있게 해야 한다.

3) 제연설비 및 환기 시스템 개선

동대문 및 남대구 화재 사건은 밀폐된 지하 구조로 인해서 발생한 유독가스가 외부로 퍼지면서 2차적 피해를 발생시킨 사례로, 이는 적절한 제연과 환기 시스템이 갖춰지지 않았을 경우에 화재 진압 자체에도 상당한 어려움을 준다는 점을 보여주었다. 자연 환기구만으로는 제연 효과가 부

14) 차 열- 화재 발생 시 고온의 열이 반대편으로 전달되지 않도록 막는 것.
차 연- 화재 시 발생하는 연기가 다른 공간으로 확산되지 않도록 막는 것.

족하기에, 일정 구간마다 강제적으로 환기 장치가 작동하도록 시스템을 만들고, 예상 화재하중 및 케이블 밀집 정도를 감안하여 제연설비의 설계가 구조화되도록 해야 한다. 연기 감지 및 연동되는 환기 제어 시스템을 도입함으로써, 연기 발생 시 자동적으로 배기 장치가 작동할 수 있는 시스템을 만들어야 한다.

4) 진입구 구조 개선

남대구 전신전화국 화재 사례에서는 소방인력이 지하로 진입함에 있어서 시간이 상대적으로 오래 걸렸고 장비 운반이 어려웠던 부분이 피해 확산이 심화 되는 결과를 만들었다. 이에 따라서 공동구 진입구의 구조를 재구성하는 것이 요청된다. 예를 들면, 고정식 사다리 설치를 통해서, 경사도를 완만하게 하여 추락의 위험을 줄이고 미끄럼 방지 장치를 동시에 설치함으로써 안전을 확보할 수 있게 하는 것이 필요하다. 진입구 주변의 배관, 그리고 기타 구조물의 배치를 수정하여 화재 관련 장비와 소방인력이 빠르게 화재 현장에 진입할 수 있도록 해야 하고, 야간이나 정전 시에도 신속한 진입이 용이하도록 화재 관련 비상조명과 안내 표지 시스템들을 보강해야 한다.

5) 소방시설 확충 및 법적 기준 강화

법적으로 지하 공동구는 특수장소로 분류되어 있기에, 관련 제도에 따라서 경보설비, 소화 활동 설비 설치가 마련되어야 한다. 하지만 실제 현장에서는 화재 관련 소방시설이 요청되는 것 만큼 갖춰져 있지 않거나 유지관리에 있어서 미흡한 부분이 많아, 제도적으로 보완 및 개선되어야 할 필요가 있다. 케이블은 불연 및 난연 성능이 있는 것을 사용하고, 설치되어

있는 케이블도 난연화 처리를 하고, 케이블 관통부에는 방화조치를 실시하고 밀폐재(방화보드)를 설치하여 화재로 인한 화염 확산을 사전에 방지할 수 있도록 해야 한다. 법적 설치 의무 대상을 현재보다 확대하고 구체적인 설치기준을 마련함으로써 현실적인 위험 대응 능력을 확대하고 높일 수 있게 해야 한다.

6) 유지관리 체계 정비

대부분의 화재 사례에서 드러난 것 같이 노후 설비와 정기점검 미비가 핵심적인 원인이며 공통적인 문제로 지적되었고, 이는 화재 사건에서 사전 예방의 중요성을 강조하였다. 전력케이블이 가진 절연 성능은 시간의 경과에 따라 저하되고, 이로 인해서 합선이나 단락으로 화재 사고가 발생할 수 있다. 따라서 정기적인 절연 성능 검사 를 실시해야 하고, 감지기 및 소화 설비가 정상적으로 작동하는것 에 대하여 점검을 해야 한다. 이를 위해서 유지관리에 대한 매뉴얼을 만들고, 체계적으로 점검 실적을 기록하여 관리하는 시스템이 구성되어야 한다. 장비의 교체 시기도 기준에 따라서 관리되어야 하고, 선제적으로 노후화된 설비 교체가 매우 필요하다.

7) 비상대응 및 기관 간 협조 체계 구축

남대구 화재 사례는 비상연락체계 및 기관 간 협업 시스템이 정상적으로 작동하지 않아서 초기 대응에 실패했고, 피해를 확산시킨 사례이다. 이것은 단순한 장비나 인력의 부족의 문제가 아니라, 관련 이해관계자 간의 공조 체계가 실제로 마련되어야 함을 시사한다. 화재가 발생할 시에는 신속하게 화재정보를 공유하고 즉각적인 협업이 이루어질 수 있게, 비상 연락망과 현장 지휘체계 매뉴얼을 수립해야 한다. 그리고 정기적인 유

관기관 간의 합동 훈련을 통해서 실전 대응 능력을 강화해야 하고, 통신·전력·소방 등의 주요 기관 간에는 실시간 정보 공유가 시스템적으로 마련되어 대응의 실효성을 높일 수 있게 해야 한다.

8) 화재 진압 대응 전략 강화

복잡한 지하 공동구의 구조와 진입의 한정된 특성은 화재 진압에 있어서 많은 제약을 준다. 따라서 보다 전략적이고 신속한 화재 대응체계가 시스템적으로 구축될 수 있어야 한다. 먼저 화재가 발생하면 현장지휘소를 가장 먼저 설치하고, 소방인력의 지휘 및 통제를 일원화하고, 화재로 인한 연기 배출구를 통해서 포 소화 약제를 투입하여 질식 소화를 할 수 있는 방식이 요구된다. 대형 송풍기를 사용하여 연기를 외부로 빠르게 배출시키고, 라이트 라인을 설치하여 진입 경로를 확보하고, 소방 인력의 안전한 활동을 유도해야 한다. 동시에 진압에 참여하는 소방 인원에게 기록 및 안전관리도 철저히 실천되어야 하며, 원활하게 통신이 유지될 수 있도록 무선중계 관련 요원을 배치하는 등의 전방위적 대응체계가 마련되어야 한다.

제6장 결론

제1절 연구 요약 및 결론

본 연구는 지하 공동구 화재의 원인 및 특성을 이론적으로 고찰하고, 주요 사례분석을 통해서 실제 위험요인을 식별하여, 예방과 대응을 위한 방안을 마련하고자 하였다. 공동구는 상수도, 전력, 통신, 가스, 등 도시의 인프라가 집약된 공간으로서, 화재 발생 시 설비 손상을 넘어서 도시의 기능을 완전히 마비시킬 수 있다. 따라서 본 연구는 지하 공동구 화재의 원인 및 특성을 이론적으로 고찰하고, 주요 사례분석을 통해서 실제 위험요인을 식별하여, 예방과 대응을 위한 방안을 마련하고자 하였다.

연구방법은 문헌 분석과 사례연구방법을 택하였다. 사례분석 대상은 8건으로 국내 지하 공동구 화재 사례로 선택하였다. 선정 기준은 전기적 위험성, 가연성 자재및 케이블 특성, 설계 및 구조적 문제, 유지관리 및 소방설비 부족, 비상대응 체계 및 기관 간 협조체계 미흡, 환기 및 가스 확산 위험성, 종합적 위험성 평가 체계 미흡의 위험 요소를 포괄하는 사례를 중심으로 하였다. 사례 대상은 여의도 지하구, 동대문 지하 공동구, 남대구 전신전화국, 구미3공장 지하 공동구, 안양 현대 부흥동 지하 공동구, 서울 양재 지하 공동구, 구리시 지하 공동구, 서울 아현지구 통신구이다.

분석 결과, 가연성 자재및 케이블 특성은 화재 확산을 가속화 하는 요인이어서 난연 처리가 어려운 케이블 피복과 보온재의 사용은 피해를 키우는 데 있어서 큰 영향을 미쳤다. 공동구 내의 미비한 방화구획, 과밀한 설비 배치, 협소한 공간 등 구조적인 설계의 문제, 는 화염 확산 및 소방 활동을 매우 어렵게 만드는 요인으로 작용하였다. 유지관리 부재, 유관기관 간 협조 부족, 비상 대응체계의 부재, 감지기·소화 설비의 작동 미비 등 운영상의 문제가 확인되었다. 화재 시에 발생하는 유독 가스 및 열기 축적

의 문제는 제연·환기 시스템이 부실한 구조상의 문제에서 심각한 2차 피해로 이어졌고, 사전적 위험성의 평가 체계가 부재한 점 또한 대형 사고로의 확산을 막지 못한 결정적인 요인이었다.

분석 결과에 따른 개선 방안은 첫째, 초기에 발생하는 화재 감지를 위한 자동화 화재 감지기 및 소화 설비 도입이 매우 시급하다. 위치기반 감지기는 세분화되어서 설치되어야 하고, 스프링클러, 미분무소화설비 등 소화설비가 보완되어야만 한다. 둘째, 화염의 확산을 방지하기 위해서 방화 구획과 구역별 구조 설계는 반드시 필요하고, 케이블 트레이 구획화, 차열·차연 구조물의 적용도 요구된다. 셋째, 유독가스와 연기의 확산을 방어하기 위한 제연설비와 환기 시스템의 설계가 마련되어 강화되어야 하고, 연기 감지 및 연동되는 제어 시스템이 필수적으로 설치되어야 한다. 넷째, 진입구 구조 개선을 하여 소방인력 및 장비의 접근성을 최대한 높이며, 야간에도 차량 및 소방인력의 진입이 되도록 비상조명과 안내 시스템 등을 확충해야 한다. 다섯째, 법적 및 제도적으로 방화보드 설치, 불연성 및 난연성 자재 사용 의무화 등 소방시설 기준을 개선하고 강화하는 것이 필요하다. 여섯째, 유지관리 시스템을 정비에 있어서 설비의 절연 성능에 대한 체계적인 점검, 점검 이력 관리체계 도입, 내화 성능에 대한 주기적 검사 등이 필요하다. 일곱째, 실질적이고 정기적인 합동 훈련, 기관 간 비상 연락망 구축, 비상대응 및 협조체계의 작동이 요구된다. 여덟째, 위험성 평가는 사고 시나리오를 기반으로 그 체계를 마련하고, 사전에 고위험 구간을 식별하여 선제적으로 대응이 가능한 체계를 마련해야 한다.

따라서, 본 연구는 실질적으로 지하 공동구의 화재 위험성을 분석하였고, 반복적 및 지속적으로 발생하는 운영상 및 구조적인 문제점을 확인함으로써, 지하 공동구의 안전 확보를 위한 관리적·기술적·제도적 개선 방향을 구체화하였다. 화재에서 발생하는 피해를 최소화하고 예방을 하기 위해서는 유지관리, 대응체계, 사전 위험평가, 공동구의 설계, 자재 선정 등

전 과정에 걸친 체계적이고 통합적인 관리 전략이 필요하고, 이는 앞으로 도시 기반시설의 안전성 및 회복력을 확보해놓고 강화하는 데 핵심적 요인이 될 것이다.

제2절 시사점

본 연구는 단순히 공동구 화재가 시설 내부 문제가 아니라 전체 도시의 금융, 통신, 전력, 행정 등 사회의 전반적인 기반 기능에 대하여 광범위한 영향을 미치는 복합적인 재난이라는 점을 분명히 인식할 필요가 있다는 것을 시사한다. 사례들을 통해서 확인된 것 같이 하나의 사고는 도시기반 시설 및 구조를 마비시키기에, 공동구는 이제 더 이상 단순한 ‘매설 공간’이 아니고, ‘도시 위험관리 대상’으로 개념부터 재정의되어야 한다. 본 연구는 화재관리 체계에 있어서 기존의 사후 대응 중심의 체계의 한계와 문제점을 지적하였다. 사례분석을 통해서 확인된 위험요인들은 대부분 단순히 단일 요인에 의해서 발생한 것이 아니라, 상호 연관적이고 복합적인 문제로 발생하였으며, 단일 설비의 문제나 장비의 문제이기보다 관리체계, 제도, 조직 등의 전반적인 미흡 및 미비가 사고의 근본적 원인이 된 경우가 많았다. 그러므로 앞으로 공동구 관리체계는 기술·제도·운영이 복합적으로 통합된 안전관리 시스템으로 전환되어야 하고, 이 과정에서 민간사업자, 중앙정부, 지자체 간의 분명한 역할의 분담 및 협조 체계가 수립되어야 한다.

제3절 연구의 한계 및 향후 연구 제안

본 연구는 질적 연구인 사례 중심의 정성적 분석을 연구 방법으로 사용하였기에 실제 실무 경험을 바탕으로 한 소방 관계자, 제 공동구 운영기관, 유지관리 인력의 의견이 반영되지 못한 연구의 한계가 존재한다. 사례 간의 공간적·구조적 차이를 고려한 비교 연구도 제한적이었으며, 사례들의 자료가 부족하여 정밀 사고 분석이나 사고 전·후의 분석이 미흡했다.

따라서 앞으로의 연구는 질적 연구뿐 아니라 정량적인 위험 분석 기법을 사용하여 위험 요소별 우선순위를 실증조사하고, 실증적인 정책 설계 및 제안이 되도록 해야 한다. 화재 시뮬레이션을 기반으로 구조별 제연 효과를 분석하고, 설비 노후도에 따른 절연 성능을 열화 분석¹⁵⁾하며, 기제¹⁶⁾ 기관 간의 협조체계가 실질적으로 작동하는지에 대한 여부를 평가하는 것이 이루어져야 한다. 이를 통해서 보다 실효성 이있고 종합적인 방지 대책 수립이 가능하게 될 것이다. 그리고 국내 사례뿐 아니라 해외 사례를 비교 분석하는 연구도 필요하다.

15) 절연성능을 열화분석: 절연열화 능력이 어떻게 저하(열화)되는지를 정량적 또는 정성적으로 평가하고 원인을 분석

16) 기제(機制):

어떤 기능이나 목적을 실현하기 위해 작동하는 체계나 과정, 또는 구조.

참 고 문 헌

1. 국내 문헌

- 강영구. (2016). 계층의사분석과 경제성 평가에 의한 지하 공동구의 계획. 목포대학교 박사학위논문.
- 고영민. (2020). 지하 공동구의 방화시설 개선방안 연구. 경기대학교 석사학위논문.
- 고재선. (2015). 지하 공동구내 가연성케이블의 열화접촉으로 인한 화재 위험성 예측평가. 한국재난정보학회 논문집, 11(1), 135-147.
- 권왈순. (2001). 공동구 안전관리 및 방재성능 개선방안에 관한 연구. 한양대학교 석사학위논문.
- 김동규. (2016). FDS를 이용한 지하공동구 배연성능 확보를 위한 적정 기류속도 도출방안에 관한 연구. 가천대학교 석사학위논문.
- 김동은, 신이철, 권영진. (2008). 국내 지하공동구의 화재사례 분석을 통한 화재안전관리방안에 관한 조사 연구(I). 한국화재소방학회 학술대회 논문집, 2008 추계, 328-333.
- 김동준. (2003). 지하 공동구의 화재 시뮬레이션에 의한 화재방호대책에 관한 연구 : 공동주택단지를 중심으로. 경기대학교 석사학위논문.
- 김의태. (2021). 사회적경제조직의 학습관리장치에 관한 사례연구 : 안산 의료복지사회적협동조합을 중심으로. 서울대학교 박사학위논문.
- 김재엽. (2024). 화재 시뮬레이션을 이용한 지하 공동구 화재 위험성평가 신뢰성 검증에 관한 연구. 가천대학교 석사학위논문.
- 김정훈. (2028). 파이프렉 모듈 서포트를 이용한 공동구 시공법 개발에 관한 연구. 연세대학교 석사학위논문.
- 김필수. (2002). 地下共同構 電氣火災 事故事例 分析을 통한 豫防對策 研

- 究. 충남대학교 석사학위논문.
- 박강식, 이세현, 최남호, 심규일. (2002). 국보전력(주)-지하 공동구 내 사고 방지를 위한 시공방안 과제 최종 보고서.
- 박광준, 윤경렬. (2018). 터널식 공동구 최적단면 설계기술 개발: 해외 표준단면 사례 및 설계기준 분석. 한국터널지하공간학회 논문집, 2096), 1073-1090.
- 박장현. (2025). 국내 공동구 성능개선을 위한 수용시설 교체 시 필요 작업 공간 분석 및 결정. 인하대학교 석사학위논문.
- 박종근, 노삼규. (2002). 지하공간의 위험관리정보시스템에 관한 조사 연구 - 지하가의 화재예방평가시스템 중심으로. 한국방재학회논문집, 2(4), 117-122.
- 배상철. (2015). 전력 케이블의 화재 발생요인과 신속 진압 방법에 관한 연구. 연세대학교 석사학위논문.
- 변요섭, 성주현, 조계준. (2022). 성능중심의 공동구 평가 기준 개발. 한국터널지하공간학회 논문집, 24(6), 715-724.
- 변인석, 금동근, 박인선. (2024). 스마트 서울 공동구 재난관리 정보시스템 도입에 따른 이해관계자 행동 의도의 차이에 관한 연구. 한국화재소방학회논문지, 38(4), 75-85.
- 서울특별시. (2000). 지하공동구 설계기준 개발 및 안전관리 대책 연구. 서울시립대학교 지진 방재 연구소.
- 서현정, 최현라, 이민철, 송창근. (2019). 도심지 터널식 지하공동구의 화재예방 및 안전관리를 위한 위험성 평가 시나리오 구축. 한국방재학회논문집, 1991), 241-248.
- 성주현, 정민형, 서정은, 이유석, 최병일. (2020). 공동구 활성화를 위한 현황 분석 연구. 한국구조물진단유지관리공학회 학술발표회 논문집, 24(1), 2610261.

- 안기돈. (2012). 지하공동구 소방시스템 개선방안에 관한 연구. 경기대학교 석사학위논문.
- 오원준. (2024). 경제적 타당성 분석기법을 활용한 공동구 활성화 방법론 연구. 충남대학교 박사학위논문.
- 우미래. (2018). 공동구 내 가스 폭발의 영향성 평가 및 완화 방안. 아주대학교 석사학위논문.
- 이상엽. (2022). 지하공동구 케이블 위험성 분석 및 화재시뮬레이션 시나리오 생성 알고리즘 연구. 가천대학교 석사학위논문.
- 이용준, 진규남, 심영중. (2024). 공동구 성능평가를 위한 평가항목의 가중치 산정 연구. 한국터널지하공간학회논문집, 26(5), 477-488.
- 이정일. (2010). 지하 공동구 화재예방활동 및 진압대책에 관한 연구. 한국방재학회논문집, 10(4), 63-68.
- 이필윤. (2018). LCC분석에 기초한 공동구 설치의 비용편익 분석 방법론. 충남대학교 석사학위논문.
- 이필윤. (2021). 공동구 계획 수립을 위한 프로세스 개발. 충남대학교 박사학위논문.
- 장유리. (2016). 지하 매설 공동구 내부 가스 폭발에 대한 위험성 평가. 아주대학교 석사학위논문.
- 정연하, 김소담, 서현정, 이호준, 송태정. (2022). 디지털트윈 시스템 적용을 위한 공동구 복합재난 시나리오 구축. 한국재난정보학회 논문집, 18(4), 861-872.
- 최재율. (2007). 공동구 유지관리 및 화재 방호대책에 관한 연구. 서울시립대학교 석사학위논문.
- 최현라. (2019). 공동구 시공 중 대형 재해 발생 시 안전 확보를 위한 기준. 인천대학교 석사학위논문.
- 한국종합기술. (2019). 도심지 유형별 공동구 설치 타당성 평가시스템 가

이드라인, 국토교통부. 국토교통과학기술진흥원.

한용식. (2020). CCA 기법과 행동다이어그램을 이용한 공동구 시공 중 대형 재해 발생 시의 피해저감 방안 연구. 인천대학교 석사학위논문.

2. 국외 문헌

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*, 20(1), 119-130.

Kang, Y. K., & Choi, I. C. (2015). Economic feasibility of common utility tunnel based on cost-benefit analysis. *Journal of Korean Society of Safety*, 30(5), 29-36.

Park, J. O., Yoo, Y. H., & Park, B. J. (2015). An analysis for reasonable installation of tunnel fire safety facility. *Journal of Korean Tunnelling and Underground Space Association*, 17(3), 243-248.

Seoul Metropolitan Government. (2014). A report of the feasibility and basic planning establishment for urban utility tunnel in Seoul.

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*, 20(2), 317-329.

Stake, R. (1994). Case studies. In Denzin, N. K.·Lincoln, Y. S. (Ed.), Handbook of qualitative research (236-247). Thousand Oaks, CA: Sage.

Yin, R. (2003). Case Study Research: Design and Methods, Third Edition. Sage Publications, Inc. 신경식, 서아영 역(2008). 사례 연구방법. 서울: 한경사.

3. 기관 자료

감사원. (2016). 감사보고서-국민안전 위협요소 대응·관리실태(지하철, 공동구 분야).

국가법령정보센터. 공동구설치 및 관리 지침(국토교통부훈련 제1608호, 2023.4.4. 일부 개정). <https://www.law.go.kr>(2025년 3월 15일 검색)

국가화재정보센터. (2020). 2010-2019년 지하구 및 건축물 화재 통계 비교.

국토교통부. (2019). 공동구 활성화를 위한 종합연구 최종보고서. 한국시설안전공단·한국토지공사·한국터널지하공간학회.

국토교통부, 국토교통과학기술진흥. (2019). 도심지 소단면(3.5m급) 터널식 공동구 설계 및 시공 핵심기술 개발 보고서(19SCIP-B105148-05), 국토교통부, 국토교통과학기술진흥 공동연구단.

대한민국 정부. (2001). 소방법 (법률 제6387호, 2001.01.26. 일부개정).

소방청. (2023a). 국가화재정보시스템.

소방청. (2023b). 화재 예방, 소방시설 설치 유지 및 안전관리에 관한 법률 시행령.

화재보험협회. (2019). KFS 1252 지하구 공동구의 방화기준의 방화기준.

4. 인터넷 자료

김선아. (2023). 국가중요시설 공동구·공항, 화재안전 취약. 동아경제 2023년 12월 11일자. <https://www.daenews.co.kr/23640>(2025년 3월 10일 검색)

박강식 외. (2022). 지하 공동구내 사고 방지를 위한 시공방안. 국보전력 (주)-지하 공동구내 사고 방지를 위한 시공방안 과제 최종 보고서. <https://blog.naver.com/ds3enn/140066204190>(2025년 4월 15일 검색)

안동시, 국가 인프라 지능 정보화 공모사업 선정 쾌거. 경북도민일보(2019. 10. 13.). <https://www.hidomin.com/news/articleView.html?idxno=401595>(2025년 5월 12일 검색)

최명영. (2020). 지하구 위험관리. 화재보험협회. <https://www.kfpa.or.kr/webzine/202009/sub/disasters5.html>(2025년 3월 10일 검색)

Mann, S. (2015, April 2). 홀본 화재: 도로 아래 대규모 화재로 인한 지하 피해 사진 최초 공개. Evening Standard. <https://www.standard.co.uk/news/london/holborn-fire-first-pictures-of-underground-damage-caused-by-massive-blaze-beneath-street-10292793.html>(2025년 3월 10일 검색)

ABSTRACT

A Study on the Risk Assessment Factors and Case Analysis of Underground Common Utility Tunnel Fires

Kim, Kyung-Jae

Major in Social Disaster and Safety
Management

Dept. of Social Disaster and Safety

Graduate School of Public

Administration

Hansung University

This study aims to present effective fire prevention and response strategies for underground utility tunnels by systematically evaluating fire risk factors and conducting detailed case analyses. Based on literature reviews and theoretical considerations, seven key fire risk factors were identified: electrical hazards (e.g., aging, overload, insulation failure), flammable materials and cable properties, structural and design issues, insufficient maintenance and firefighting equipment, inadequate emergency response and inter-agency coordination, risks related to ventilation and toxic gas accumulation, and the absence of a comprehensive risk assessment framework.

To analyze these factors in practice, the study adopted a qualitative case study method and selected eight representative fire incidents in underground utility tunnels in South Korea. These included cases such as the Yeouido, Dongdaemun, Namdaegu, Gumi, Anyang, Yangjae, Guri, and Ahyeon fires. Each case was evaluated against the identified risk factors to explore causes of ignition, fire spread mechanisms, structural vulnerabilities, response failures, and institutional gaps.

Findings revealed that electrical faults were the most common ignition sources, while flammable insulation materials and congested tunnel designs significantly accelerated fire spread. The lack of early detection systems, insufficient compartmentalization, and poor coordination among responsible agencies often led to delayed suppression and widespread service disruptions. Particularly in the Ahyeon tunnel fire, the absence of a scenario-based risk evaluation system resulted in severe societal and economic losses.

Based on the analysis, the study proposes eight improvement strategies: deployment of automated fire detection and suppression systems, incorporation of fire compartmentalization into design, enhancement of ventilation and smoke control systems, structural improvement of tunnel entry points, reinforcement of firefighting infrastructure and regulatory standards, establishment of systematic maintenance and inspection protocols, development of coordinated emergency response plans among agencies, and implementation of quantitative, scenario-based risk evaluation models.

【Key words】 Underground Utility Tunnel, Fire Risk, Case Study, Electrical Hazard, Fire Spread, Emergency Response, Risk Assessment, Safety Design, Maintenance, Ventilation System.