

지하구조물(지하차도, 지하통로)건설 현황 및 관련 신기술 개발동향 연구

A study on the state of the art on the construction and the new technology of the underground structure(underpass, underground passageways)

김형태* 한만엽** 손은진*** 한록희**** 정지만*****
Kim Hyung Tae, Han Man Yop, Son Yeun Jin, Han Rok Hee, Jeong Ji Man

ABSTRACT

This study was performed to investigate how to design, where to construct, why to degrade, what plan to use systematically the underground structures such as underpass, underground passageways. About 50% of the underground structures are located on Seoul, Kyungi-Do. In design of the underground structures such as underpass, underground passageways, the required conditions are defined. And also in construction stage, the conditions of soil, required structure depth, site characteristics, reasonable construction method, are investigated. In the selection of details for underground structure, the items mainly considered, are the wall and column type, the sidewalk type, anchoring-system type, the water-proofing method, entranc shape. The reason and the adequate measures for the degradation of concrete structure are also investigated. The initial cracking properties due to the thermal characteristic are considered. The state of the art report on the new technologies are reviewed. The recent project for the systematically application to the underground structures is reviewed.

요 약

최근 지하공간개발이 활발해지면서 이의 체계적인 활용에 대한 연구가 필요하게 되었다. 본고에서는 지하공간 중 지하차도 및 지하통로를 대상으로 하여 국내건설 및 유지관리현황, 지하차도 및 지하통로 설계기준, 설계 검토내용 및 시공절차, 대상 지하구조물의 주요하자 원인 및 보수보강 방법, 이와 관련된 국내 신기술 신공법 현황, 그리고 장래 계획 등에 대해 조사 연구하였다. 현재 64~94%는 건설된 지 10년이 지난 상태이며 전체의 50%가 서울, 경기도 및 수도권 일대에 위치하고 있으며 특정 관리대상 시설로 분류하여 안전점검 및 관리가 시행되고 있다. 설계 시에는 차도부, 보도부, 차로폭등으로 구분하여 시설한계기준을 적용하고 있으며 건설공법은 지반상태, 구조물심도, 지형조건 등을 감안하여 개착식과 터널식을 구분 적용하고 있다. 구조물 공법 선정 시에는 설치공법, 내부 중간(벽, 기둥)구조, 보도설치여부, 부력방지공 설치여부, 방수공법, 내장 마감재, 갱구부형식 등을 감안하여 정하고 있다. 주요 하자원인분석 시 구조적 원인과 비구조적 원인으로 분류하여 균열, 박리, 탈락 및 백태 등에 의한 하자원인 및 대책을 검토하였고 수화열에 의한 균열발생 기준도 추가하였다. 지하차도 및 지하통로 관련 신기술 신공법은 2007년 말까지 등록된 것을 주로 조사 분석하였다. 대부분 지하철이나 통신관로등 다른 지하구조물에 공통적으로 적용할 수 있는 것들로 관련 요소핵심기술을 활발히 개발 중인 것으로 파악되었다. 지하차도 및 지하통로 관련 지하구조물의 장래계획은 지역마다 자치구마다 다르지만 시 전체에 지하도로 건설을 목표로 지하구조물 계획을 수립하고 있는 서울시를 위주로 장래관련 계획을 자료조사하였다.

* 정희원, (주)씨포텍 기술연구소 전무
** 정희원, 아주대학교 환경건설교통공학부 교수
*** 정희원, 서영엔지니어링 구조부 상무
**** 정희원, (주)효명ECS 대표이사
***** 정희원, (주)현대건설 기술연구소 부장

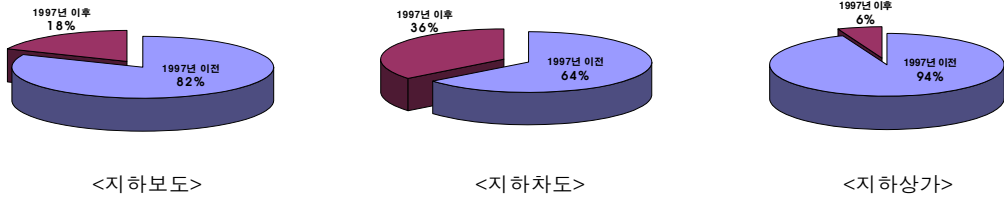
1. 건설 및 유지관리 현황

1.1 건설현황

2005년 말 전국 지하철도는 총 456개소에 연장 약 130km, 지하보도는 385개소에 총연장 약 19.7km, 지하상가는 81개소에 약 65만m² 이며, 서울, 인천 및 경기도에 전체의 약 50%이상 위치하고 있다.

지하도 및 지하상가 중 건설된 지 10년 이상 경과된 시설은 전체 중 개소수로는 약 64%~94% 정도이며, 특히 최근 건설실적이 적은 지하상가는 전체 중 약 94%가 건설된 지 10년 이상 경과된 것으로 조사되었다.

<건설된 지 10년 이상 된 지하도 및 지하상가 시설현황(개소수 기준)>



1.2 유지관리 현황

<지하도 및 지하상가 중 1종 및 2종 시설물 범위>

구분	1종 시설물	2종 시설물
지하차도	연장 500미터 이상 지하차도	연장 100미터 이상의 지하차도 중 1종 시설물이 아닌 지하차도
지하도상가	연면적 1만제곱미터 이상의 지하도상가	연면적 5천제곱미터 이상의 지하도상가 중 1종 시설물이 아닌 지하차도

<지하도 특정관리대상시설 상태 현황 ('06.12.31 기준, 단위: 개소)>

관리대상 시설	중점관리대상				재난위험시설		
	소계	A급	B급	C급	소계	D급	E급
383	383	102	268	13	-	-	-

2. 지하철도 및 지하통로 설계

2.1 시설한계 기준

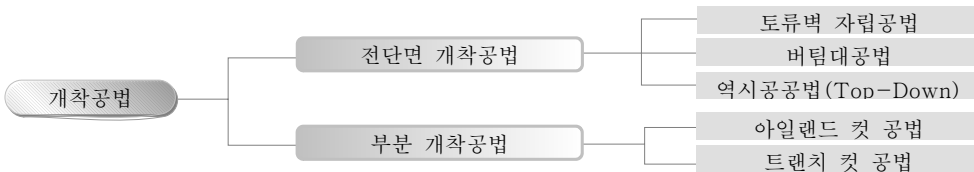
차도부의 시설한계 기준, 보도, 자전거 및 자전거·보행자 도로의 시설한계, 차로 폭

2.2 건설공법

지반의 지질상태, 지하수 상태, 지형조건, 구조물 심도, 지장물 조건, 노선주변의 여건 등을 종합적으로 검토 분석하여 개착식공법과 터널공법으로 분류하고 그 지반상태와 조건에 적합하며 경제적이고 시공이 용이한 공법을 선정

2.2.1 개착공법

< 개착공법의 종류 >



2.2.2 터널공법

대상 지반의 지질과 중단선형 그리고 공사시 주변환경 등에 따라 재래식방법(ASSM)과 NATM공법, Shield공법 TBM(Tunnel Boring Machine) TRM, Messer Shield, Pipe Roof공법중에서 적절한 공법을 선정적용 한다.

2.3 구조물 공법 비교

2.3.1 구조물 설치공법 비교 : 현장 타설 철근콘크리트 구조물 공법, 강널말뚝 합성형 구조물 공법

- 2.3.2 지하차도 내부의 중간구조체 형식 검토 : 벽체식, 기둥식, (기둥+벽체)식
- 2.3.3 지하차도내 보도 설치방안 : 전구간 보도설치, Box구간만 보도설치
- 2.3.4 부력방지공 검토 : 부력 영구 앵카, 부력 방지키+Mass 콘크리트, 부력 방지키
- 2.3.5 방수공법 비교 : 아스팔트 쉬트, 고무아스팔트복합방수,벤토나이트방수
- 2.3.6 지하차도 내장 마감재 비교 : 압착타일, 문양거푸집, 콘크리트 코팅용 페인트
- 2.3.7 갱구부 마감형식 비교 : 도예벽화(부조), 아트타일, 크랙아트타일

2.4 지하 구조물 시공 절차

- (1) 매설자재 설치, 시공이음 및 신축이음
- (2) 준비작업 : 운반, 타설방법(시간, 트럭대수) 계획,철근, 거푸집 설계도면대로 배치여부 확인, 검측
- (3) 타설 및 다짐. 표면의 끝마무리: 굳지 않은 콘크리트 표면, 경화된 콘크리트 표면
- (4) 양생 : 초기양생 중 발파나 향타 작업으로 인한 진동영향을 받지 않도록 관리, 수화열 관리

3. 주요하자 원인 및 보수보강 공법

3.1 균열발생의 원인과 대책

3.1.1 굳지 않은 콘크리트의 균열

- (1) 소성수축 균열 : 타설 초기 콘크리트 외부환경(바람, 직사광선)에 직접 노출되지 않도록 하고 습윤양생을 실시
- (2) 소성침하 균열 : 콘크리트의 침하가 완료되는 시간까지 타설간격을 조정하거나 재다짐
- (3) 수화열에 의한 온도균열 : 콘크리트의 재료선정, 배합조건, 시공 및 양생방법까지 다양한 조건을 검토

3.1.2 굳은 콘크리트의 균열

- (1) 건조수축 균열 : 적합한 재료선정 및 배합설계, 보강근의 배근 및 시공조인트의 설치, 건조수축 보상재료의 사용
- (2) 알칼리-골재반응에 의한 균열 : 반응성 골재 사용금지, 시멘트의 알칼리량 저감, 콘크리트 1 m³당 총알칼리량 저감
- (3) 동결융해에 의한 균열 : 균일한 시공 및 양생 철저, Polymer등으로 표면 덧씌움 등의 균열대책을 수립
- (4) 염해에 의한 균열발생 : 염분 제거, 철근 표면 도포처리, 콘크리트의 밀실화, 철근의 피복두께 증대, 방청제 사용

3.1.3 시공불량 및 설계오류에 의한 균열

- (1) 시공불량에 의한 균열 : 철저한 양생계획을 세우고, 정확한 시공절차와 품질관리를 준수
- (2) 설계오류에 의한 균열 : 지형 및 구조설계의 조건에 대한 면밀한 검토, 실제 현장의 조건과 비교하여 개선노력
- (3) 사용하중에 의한 균열 : 시공하중에 대한 전반적인 체크리스트를 작성, 각 공정별로 품질관리 체계적으로 수행

3.1.4 균열 폭의 허용기준 및 보수방법 선정

3.2 박리 및 박락, 백태현상

3.3 보수 및 보강공법

3.3.1 균열보수공법 : 방식 방청보수공법, 누수 지수공법, 철근노출단면복구공법, 섬유로트보강공법, 섬유쉬트보강공법

3.3.2 박리박락단면복구공법

3.3.3 백태보수공법

4. 관련 신기술 신공법

4.1 동향분석 : 2007년말 현재 건설신기술공법은 9건, 특수공법은 15건으로 방수공법이 6건, 구조체공법 5건, 가시설공법 3건, 부력조절 및 저감공법 3건, 콘크리트 타설공법, 보수보강공법, 비계착시공공법 등이 각각 1~2건씩 등록

4.2 신기술 신공법사례

- 4.2.1 무지보 역타설 현수 거푸집 공법
- 4.2.2 소규모의 지형 및 지하구조물 측량정보를 활용한 3차원위치해석기술
- 4.2.3 지하구조물을 이용한 흙막이용 스트러트 공법

- 4.2.4 자연가황형 합성고무시트(베스타)를 사용하는 지하콘크리트 구조물의 외방수 공법
- 4.2.5 고무화아스팔트와 벤토나이트분말의 복합방수재를 이용한 지하구조물 외방수및누수구조물의 방수층 재형성 공법
- 4.2.6 수산화알루미늄이 첨가된 난연에폭시 수지와 유리섬유로 제작된 난연3급 FRP패널과 주입용 난연에폭시 수지를 이용한 콘크리트 구조물 보수 보강 공법
- 4.2.7 중간 지지대를 가진 흙막이벽 지지 프리스트레스트 가시설 공법
- 4.2.8 투명 EVA 복합시트를 이용한 Box 구조물
- 4.2.9 보거푸집 지지틀, 브라켓 고정 및 하강장치를 이용한 무지보 하향골조 타설 공법

4.3 특허공법사례

- 4.3.1 지하도 출입구 차수 장치
- 4.3.2 지하구조물용 양압력 감쇄처리 구조체 및 그의 구축방법
- 4.3.3 가설 흙막이 구조물을 이용한 지하외벽 시공방법
- 4.3.4 매립형 철골띠장과 슬래브 강막작용을 이용하여 지하외벽의 연속시공이 가능하도록 한 지하구조물 시공방법
- 4.3.5 지하구조물 상부에 설치되는 아치트러스 지붕 및 그 시공방법
- 4.3.6 지하구조물 구축을 위한 수평관 압입장치와 이를 이용한 수평관 시공방법
- 4.3.7 지하 구조물의 수밀재 및 이를 이용한 차수공법
- 4.3.8 지하 구조물 이음부의 방수구조
- 4.3.9 피씨 구조 지하구조물의 피씨기둥-보 접합부 구조 및 그 시공법
- 4.3.10 콘크리트 복합 형강보를 이용한 지하구조물의 시공방법
- 4.3.11 지하 구조물 조립체 및 이를 이용한 지하구조물 축조 방법
- 4.3.12 지하연속벽 시공을 위한 스틸가이드 월과 이를 이용한 지하연속벽 시공방법
- 4.3.13 부력조절장치가 설치된 지하구조물
- 4.3.14 지하 구조물 양압용 감쇄처리용 구조체 및 이의 시공방법
- 4.3.15 지하구조물 및 그 시공방법

5. 장래 관련계획

(1) 도시차원의 지하 공간 종합기본계획 수립

- ① 지상 공간 토지이용과의 조화를 이루고 상호 통합적으로 활용하여 도시공간의 효율적 이용을 도모
 - ② 지하공간의 입체적 네트워크를 형성하여 체계적인 지하 공간 형성
 - ③ 지하시설물의 체계적 정비와 관리로 지하공간을 효율적으로 이용하여 도시기능 향상 도모
- 각 시설물은 기능과 특징이 달라 적용할 수 있는 기준과 체도가 다르므로 세 분야로 구분하여 계획하였음.
- ① 지하보행통로 등 지하활동공간의 계획 및 개발의 관리를 위한 계획적 지하이용지구 기본계획
 - ② 각종 지하매설시설물과 지하철 등 지하시설물 기본계획
 - ③ 대심도 지하공간의 확보와 도시교통의 환경개선을 위한 지하도로 기본계획

(2) 주요 계획의 내용

지하의 심도별 특성 및 지하시설물의 기술적 사항을 검토하여 체계적인 지하 공간 관리계획

(3) 법/제도의 개선

지하 공간 종합기본계획의 실현화를 위하여, 도시기본계획 및 관련 각종 도시계획에 그 내용을 반영 하도록 관련계획 수립지침에 포함하고, 지하공간의 계획이 지상부의 도시계획과 통합

6. 지속적인 지하공간의 관리와 연구

지하공간의 전체적인 구상을 위한 종합적 기본계획으로, 향후 분야별로 구체적인 연구가 진행되어야 함. 지하보행시설, 지하시설물, 지하도로의 구체적인 시설기준과 공법, 재원확보 등의 사업시행 방법 등이 분야별로 검토되어야 하며, 기술 발달에 따른 지속적인 연구가 진행되어야 함.

참고문헌

1. (주)대우엔지니어링 기술연구소, "도심권 지하공간의 건설공법에 관한 연구", DWERI-CE-15, 1989.
2. (주)씨포텍, "중간지지대를 가진 흙막이벽 지지프리스트레스트 가시설공법", 신기술지정신청서, 2004.