

지하구조물의 공법선정을 위한 요인분석

Analysis of Factors for Selecting Construction Methods for Underground Structures

강현정* 임홍철** 박상현*** 이강**
 Kang, Hyun-Jung Rhim, Hong-Chul Park, Sang-Hyun Lee, Ghang

Abstract

As a demand for underground structure is increasing with more parking and retail spaces required. Various construction methods are reviewed and selected for each specific site for economical and fast construction. In this study, factors for selecting construction methods were categorized for substructure construction. Construction processes of substructure are consisted of methods for excavation, earth retaining systems, and placement of slabs. Factors for the selection of substructure construction method are the condition of surrounding, geotechnical, information and constraint by comfortness for others nearby. After survey for the construction data of 5 different sites, analysis about reliable substructure construction selection method was suggested.

키 워 드 : 지하구조물, 공법선정, 선정요인.

Keywords : Underground Structures, Selecting Construction Methods, Factor for Selecting.

1. 서 론

지하주차장, 상가, 협소한 도심공간에서의 도시화 지역이 늘어날수록 고층 건물, 깊은 지하층 건물이 늘어나고 있다 (김재엽 외 2인, 2003). 각 공정에 맞는 다양한 공법들이 개발되고 있으며 시공현장에서는 구조적 안전, 시공성 용이, 공기단축, 공사비 절감의 효과를 얻기 위해 현장 여건에 맞는 공법을 쓰고자한다.

시공회사에서 입찰 전 시공계획서를 제출할 때 현장 조건에 맞추어 공법을 선정하게 된다. 지하공법선정이 지상과는 달리 토질 등의 조건이 다양하고 기초, 지하수위, 인접건물 및 도로의 조건을 고려하여 선정되어야 하기 때문에 매우 복잡한 과정이다. 또한 같은 현장 안에서도 토질의 상태, 주변건물 등에 따라 부분별 다른 공법을 사용하여 지하공사를 하기도 한다. 공사 중 민원 장애물 등에 의한 돌발 상황 발생 시 다른 공법 대안을 제시하는 과정에서 다양한 방법제시가 필요하다.

합리적인 지하공법선정을 위해 전산화 방안 및 합리적인 시스템 개발을 위한 논의 (전재열, 오승준, 2001), 공법선정상의 오류를 방지하고자 공법내부의 리스크 요인을 예측하여 공법을 선정할 수 있는 방법론 제시 (윤영완, 양극영, 2001), 흙막이 지보공 공법을 결정하는 과정에서 활용할 수 있는 공법선정 모델을 개발하여 기존 주관적인 의사결정 프로세스에 대한 새로

운 접근 방안 모색 (김재엽 외 2인, 2003), 의사결정 단계에서 활용할 수 있는 흙막이공법 선정모델 구축 제안 (박우열, 김재엽, 2006), 공사비, 공사기간의 요인분석에 의한 Top-Down 공정관리 (강현정 외 4인, 2006)와 관련된 주로 흙막이 공법선정 연구가 활발히 진행되고 있다.

본 연구에서는 그림 1에서와 같이 진행된다. 시공순서에 따라 지하공법을 슬래브 시공순서에 따른 분류 방법, 굴토, 흙막이, 지보공, 거푸집 지지공법, 거푸집으로 분류하고 기초설문조사를 토대로 지하공법 선정요인을 크게 주변여건, 지질, 공사관련 요건, 민원으로 나누어 분류를 하였다. 5개 현장의 공법선정 Data와 공사현장 관계자를 통한 설문조사를 통해 각 지하공법 분류별로 고려도가 높은 지하공법의 선정요인을 알아보고자 한다.

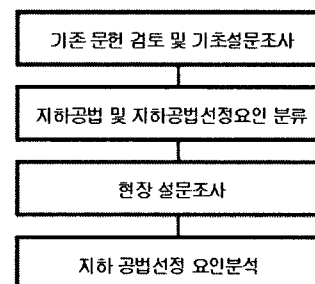


그림 1. 연구의 흐름

* 연세대학교 건축공학과 첨단구조연구실 석사과정, 정희원

** 연세대학교 건축공학과 교수, 정희원

*** 연세대학교 건축공학과 건설IT연구실 연구원, 정희원

2. 지하공법과 선정요인

2.1 지하공법

건축지하공사는 시공순서, 굴토, 흙막이, 지보공, 거푸집 지지공법, 거푸집으로 분류할 수 있다.

본 연구에서는 표 1에서와 같이 시공순서, 굴토, 흙막이와 관련하여 내부공법을 분류하였다.

표 1. 지하공법의 분류

지하공사 (슬래브 시공순서)	Bottom-Up, Top-Down 혹은 Up-Down, Up-Up
굴 토	사면개착, 흙막이 개착
흙막이	엄지말뚝+토류판, C.I.P., S.C.W., Slurry Wall

슬래브 시공순서에 따라 그림 2와 같이 Bottom-Up, Top-Down 혹은 Up-Down, Up-Up 으로 지하공사방법을 분류하였다. Bottom-Up 은 지하 굴토 후 지하최하층부터 지상층까지 시공되며 Top-Down 혹은 Up-Down은 지상 1층 바닥면 슬래브를 시공한 후에 지상1층 바닥면에서 굴토진행과 함께 지하 최하층까지 시공과 지상층 시공을 동시에 진행하는 공법이다. Up-Up 공법은 지하부분 굴토 후 지상1층 바닥면슬래브를 시공한 후 지하 바닥층에서 지상1층 바닥면, 지상1층 바닥면에서 지상 최고층까지 동시에 시공되는 공법이다 (삼성건설, 1993; 이동희, 2001).

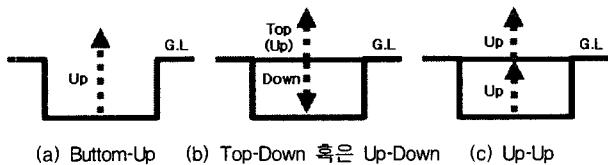


그림 2. 지하공사방법의 분류

굴토방법을 흙막이 시공 여부에 따라 그림 3과 같이 사면개착 방법과 흙막이 개착 방법으로 분류 하였다 (오정환, 1999; 참슬엔지니어링, 2000).



그림 3. 굴토방법의 분류

또한, 굴착과 흙막이 시공 순서에 따라 그림 4와 같이 흙막이 공법을 엄지말뚝+토류판, C.I.P.(Cast In Place Pile), S.C.W. (Soil Cement Wall), Slurry Wall 으로 나누었다 (강경인 외 6, 2005; 대우건설 건축기술팀, 2006).

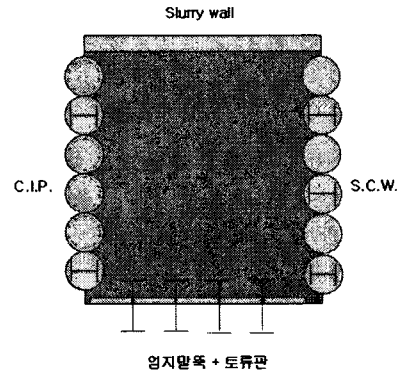


그림 4. 흙막이 공법의 분류

2.2 선정요인

공사현장을 대상으로 선정요인을 조사해 본 결과 표 2와 같이 크게 4가지로 주변여건, 지질, 공사관련 요건, 민원으로 나누어 17개의 요소로 분류 하였다. 또한, 제시된 선정요인들 외에서 지하공법 선정요인은 다양하며 여러 가지가 복합적으로 고려되어 선정됨을 알 수 있었다.

표 2. 지하공법의 선정요인

주변여건	주변도로 기존건물(기초·지하철등) 지하매설물 전물지하공동구
지질	토질(지층구성) 지하수위(차수여부) 암반깊이 굴착깊이(굴착규모) 최대지보경간(대지형태)
민원	소음·진동 분진·매연 균열·기울기·지반침하
공사관련	공사기간 공사비 공사경험 장비조달용이성 공사용이성(시공성·안전고려)

주변도로, 기존건물, 지하매설물, 지하공동구 등의 인위적요소인 기존시설물에 대해 주변여건으로 분류 하였고, 토질구성, 지하수위, 암반깊이 등의 실제 건축부지에 관련된 내용인 토질의 물리적 특성에 대해서 지질로 분류하였다.

공사 중 발생할 수 있는 소음·진동, 분진·매연, 균열·기울기·지반침하 등에 대해 민원으로 공사의 조건에 해당하는 공사기간, 공사비, 공사경험, 장비조달용이성, 공사용이성등의 시행사 결정사항을 공사관련으로 분류 하였다.

3. 설문조사와 결과분석

2007년 1월부터 2007년 3월까지 현장을 방문하여 현장에서

의 공법선정방법과 공법선정요인, 공사 중 공법변경에 대해 알아보기 위해 5개 현장을 설문조사 하였다. 5개 현장에 적용된 지하공법 및 공법선정 요인은 표 3과 같다.

표 3. 5개 현장별 적용지하공법 및 공법선정요인

현장명	층수	지하공사 (슬래브 시공순서)		굴토	흙막이
		적용공법	선정요인		
과천 K현장	지하1층 지상3층	Bottom-Up		사면개착	없음
		공사비 공사기간	공사비 공사기간	공사비 공사기간	여유대지많음
서울 M현장	지하8층 지상40층	Bottom-Up		흙막이개착	C.I.P. 엄지말뚝+토류판 Shotcrete
		토질 공사비 암반깊이	토질 공사비 암반깊이	토질 공사비 암반깊이	기존건물(지하철) 균열, 기울기, 지반침하
서울 H현장	지하3층 지상6층	Bottom-Up		흙막이개착	엄지말뚝+토류판
		공사비 장비조달용이성 공사용이성	공사비 장비조달용이성 공사용이성	공사비 장비조달용이성 공사용이성	지하수위 공사용이성 공사비
서울 O현장	지하7층 지상4층	Bottom-Up		흙막이개착	엄지말뚝+토류판 C.I.P.
		공사비	부지활용도	공사비 공사용이성 안전성	
서울 G현장	지하7층 지상21층	Top-Down		흙막이개착	Slurry Wall
		균열, 기울기, 지반침하 주변도로 기존건물	균열, 기울기, 지반침하 주변도로 기존건물	균열, 기울기, 지반침하 주변도로 기존건물	

그림 2, 그림3, 그림 4 에서 현장에 적용된 각각의 지하공법 선택하고 표 2에서 지하공법의 선정요인을 선택하도록 하여 설문조사를 진행하였다. 표 3에서는 각 현장에 적용된 지하공사, 굴토, 흙막이 공법과 각각의 공법선정 요인이다.

5개 현장에 대해 공법선정요인별 순위를 가장 고려도가 높은 것부터 3점, 2점, 1점의 순으로 나타내 본 결과 표 4에서와 같이 지하공사는 공사비, 토질, 균열 기울기 지반침하 순으로 나타나며 굴토의 경우 공사비, 토질, 부지활용도 순으로 나타

난다. 흙막이의 경우는 균열 기울기 지반침하, 기존건물, 공사용이성 공사비 순으로 공법선정 요인 고려순위가 나타났다.

표 4에서와 같이 지하공사, 굴토에서는 17개의 공법선정 요인중 공사비가 중요함이 나타났으며 흙막이는 공사비가 중요하지만 물리적인 특성인 균열·기울기·지반침하 요인이 고려순위가 높다 (사진1). 굴토 시 공사기간의 고려가 나타나고 있으나 공사비의 영향보다는 고려순위가 낮은 것으로 나타났다.

표 4. 공법선정 고려순위

고려순위	지하공사 (슬래브 시공순서)	굴토	흙막이
1	공사비	공사비	균열·기울기·지 반침하
2	토질 균열·기울기·지 반침하	토질 부지활용도	기존건물 공사용이성 공사비
3	장비조달용이성 주변도로	공사기간 장비조달용이성	지하수위 안전성
4	암반깊이 공사용이성 기존건물	암반깊이 공사용이성	주변도로



(a)엄지말뚝+토류판 (b)C.I.P.

사진 1. 흙막이 공법 (서울 O현장)

Top-Down 공사에서의 공사기간, 공사규모, 건물용도에 따른 지하골조공법 선정 요인에 대하여 설문조사를 통해 S.O.G. (Slab On Grade) 공기가 길지만 작업공간이 협소한 현장, N.S.T.D. (Non Supporting Top down Method) 지하층 평면의 변화가 적고 공기의 영향을 많이 받는 백화점과 같은 현장, S.P.S. (Strut as Permanent System) 작업공간이 확보되었지만 공기가 매우 촉박한 현장에서 사용함이 나타나고 있다 (강현정 외 4인, 2006).

설문조사는 실제 현장관계자를 통하여 진행되기 때문에 실제로 적용된 공법 및 선정요인, 공법 변경요인에 대해 상세히 알 수 있다. 이와 같은 방법은 미지의 사건이 벌어졌을 때 근거 제시하기 위함이다.

공법선정을 위한 다른 접근 방법은 공법선정 요인별 적합한 공법으로 선택하여 주는 요인별 길 찾기 방법이다. 이것은 주로 물리적인 요건인 지질과 인위적인 요소인 주변여건에 대해 공법선정 요인에는 만족한다. 하지만 기계적 방법으로 실제적인 공사비, 시공 용이성등의 요인이 고려되지 못하는 경우가 있다.

설문조사와 요인별 길 찾기 방법을 병행 했을 때 단순하게 해결되는 현장, 복잡하게 요인별로 얽혀 있는 현장에 대해 효과적인 공법선정 방법을 제시할 수 있을 것이다.

4. 결론

각 현장 별로 지하공법 선정 시 다양한 공법선정 요인이 작용하고 있다. 물리적인 요건인 지질 외에도 주변여건, 민원, 일 반적 공사계획등이 작용하고 있으며 실무자 판단에 의한 가장 고려 시 되는 공법선정 요인은 공법-공사비, 굴토-공사비, 흙막 이-균열·기울기·지반침하이다.

설문조사와 요인별 길찾기 방법을 병행 하여 공법선정을 위 한 요인분석을 통해 공법선정 시 우선순위에 대해 고려 할 수 있으며 한 현장에서 각 면마다의 다른 조건에 따라 공법 적용 시 요인분석을 통한 공법선정의 자료 축적을 통해 보다 접근이 편리하게 될 것이다. 또한, 공사 중 민원, 장애물 등에 의한 돌 발상황 발생 시 다른 공법을 제시하는 과정에서 본 요인분석을 통해 신속히 대처할 수 있다.

추후 더 많은 현장방문 설문조사를 통하여 지하공법분류 및 공법선정 요인의 완성도를 높일 예정이며 고려도가 높게 나온 공사비, 균열·기울기·지반침하에 대해 수치적 접근이 필요하 다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부가 출연하고, 한국건설교통기술평가원 에서 시행한 2006년도 건설핵심기술 연구사업 「공기단축형 복 합구조시스템 건설기술」(과제번호: 05 R&D 건설핵심 D02-01) 의 연구비 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고 문헌

1. 강경인, 김광희, 김재엽, 박우열, 서덕성, 조훈희, 안성훈, "이론과 현장실무 중심의 건축시공학," 대가, 2005.2.
2. 대우건설 건축기술팀, "흙막이, 토공사 HandBook," (주)대우건설, 2006.3.
3. 삼성건설 건축공사본부 건축 ENG.팀, "Top Down 공법," 삼성건설(주), 1993.9.
4. 오정환, "흙막이 설계와 시공," 엔지니어즈, 1999.8.
5. 이동희, "탑 다운 공법 시공," 기문당, 2001.10.
6. (주) 참술엔지니어링 지반사업부, "기초 및 흙막이 공법 (지반조 사에서 TOP-DOWN까지)," 한기술, 2000.11.
7. 김재엽, 서장우, 강경인, "신경망을 이용한 흙막이 지보공공법 선 정모델 개발에 관한 연구 (A Study on the Selection Model of Retaining Wall Bearing Methods Using Neural Networks)," 대한건축 학회논문집 구조계, 제19권, 제5호 (통권175호), pp.121-128, 2003 년 5월.
8. 박우열, 김재엽, "Support Vector Machine을 이용한 흙막이공법 선 정모델에 관한 연구 (A Study on the Selection Model of Retaining Wall Methods Using Support Vector Machines)," 한국건설관리학회 논문집, 제7권, 제2호, pp.118-126, 2006년 4월.
9. 윤영완, 양극영, "리스크 요인분석을 통한 건축공법선정에 관한 연구 -지하구조체 공종을 중심으로- (A Study on the Selection of Construction Method by Risk Factor Analysis -Focused on Underground Construction Work-)," 대한건축학회논문집 구조계, 제 17권, 제10호, pp. 161-170, 2001년 10월.
10. 전재열, 오승준, "흙막이 공법 선정방법 적용에 관한 연구 (A Study on the Application of Selection Process for the Construction Method in Sheathing Work)," 대한건축학회논문집 구조계, 제17권, 제4호 (통권150호), pp.79-86, 2001년 4월.
11. 강현정, 임홍철, 이강, 윤대중, 김상일, "Top-Down 공사의 공정관 리 방법 연구 (A Study on the Construction Process Management of the Top-Down Construction Method)," 한국건축시공학회 춘계학 술발표대회 논문집, 제6권, 제1호(통권 제10호), pp133-136, 2006년 5월.

시 공 재 료

- 1. 급냉 제강 슬래그 잔골재 대체율에 따른 불포화 폴리에스테르 폴리머 콘크리트의 유동성 및 압축강도 특성 43
- 2. 미세립자 혼입율 변화에 따른 경량기포 콘크리트 특성분석 47
- 3. 초고강도용 시멘트 결합재의 물성에 미치는 실리카폼 종류의 영향 51
- 4. 나일론 섬유형상비 및 혼입률 변화에 따른 고강도 콘크리트의 폭렬특성 55
- 5. 온도에 따른 콘크리트 구조체 단면 보수용 폴리머 모르타르의 기초적 연구 59
- 6. 혼화재 종류 및 섬유 혼입률 변화에 따른 고강도 콘크리트의 내화특성 ... 63
- 7. 경량골재 종류 변화에 따른 경량콘크리트의 특성 연구 67
- 8. 입도분급 시멘트의 분말도 변화에 따른 고강도 콘크리트의 기초적 특성 71
- 9. 폐콘크리트 미분을 사용한 경량기포콘크리트의 특성에 관한 실험적 연구 ... 75

