

지하구조물 역타공법 PRD공정이 삭제된 대안공법 제시

Downward Method of Underground Structures

이 왕 희* 이 일 재** 임 시 내*** 맹 은 주**** 정 욱 성*****
 Lee, Wang-Hee Lee, Il-Jae Iim, Si-Nae Maeng, Eun-Ju Jeong, Uhk-Sung

Abstract

In recent downtown high land due to an increase in the utilization of land from the property line to maximize the proximity of the construction and use of underground structures has increased. The nature of urban underground retaining structure construction safety, environmental management, and civil contrast situations, construction periodt perspective, this method is widely used in the backhand. Recent Patents DP method and the method of the DBS method than in the SPS process is deleted according to the PRD process cost savings are generated. The workability and safety study of two kinds of method, such as air speed, and considering the reduction of indirect costs in terms of economic efficiency is considered to be a superior method.

키 워 드 : 지하구조물, 역타공법, PRD, DP공법

Keywords : Underground structures, Downward method, Percussion Rotary Drill, Double Post System

1. 서 론

1.1 연구 배경

최근 도심지에서는 높은 지가 상승으로 인한 대지 활용의 극대화를 위해 대지 경계선에서의 근접시공 및 지하구조물의 활용이 증가되고 있다. 지하 구조물의 근접시공은 주변지반 및 구조물에 상당한 영향을 미치며, 도심지의 좁은 공간에서의 지하공사는 시공 시 상당한 어려움을 있어 지하공사 공법의 개발이 필요한 현실이다. 또한, 기존의 재래식 가설부재를 이용한 지지방식은 공기의 증가와 경제성 결여, 가설부재의 붕괴에 대한 안전성이 확보되지 않고 있다.

도심지의 지하 구조물 공사는 특성상 흠막이 안전성, 환경관리, 민원상항대비, 공기관리 측면에서 역타 공법이 많이 사용되고 있다. 그러나 현재의 역타 공법은 공기와 공사비에 가장 큰 영향을 미치는 지하 골조 시스템이 공사현장의 조건과 구조물의 성격에 따라 적합한 공사방법과 구조시스템을 적절히 적용하지 못해 공사비와 공기의 손실이 빈번하게 발생하고 있어, 이에 관한 공법개발의 필요성이 대두되고 있는 실정이다.

2. 기존 지하 역타 공법의 고찰

2.1 지하 역타 공법의 종류와 특징

S.O.G(Slab on Ground) 공법은 일반적인 역타 공법으로 지하 1개층을 4개의 구역으로 나누어 굴착과 바닥 구조물 공사, 토사반출을 순환하여 진행되는 방식의 공법이다. N.S.T.D(Non Supporting Top Down) 공법은 무지주 역타 공법으로 상부 슬래브에 현수식 거푸집 지지틀을 설치하여 동바리 없이 진행되는 공법이다. S.P.S(Strut as Permant System) 공법은 지하 분구조물용 철골기둥과 보를 선시공하여 굴토 공사 중 흠막이 버팀대로 사용하고 공사완료 후 구조물로 사용하는 공법이다. 표 1은 앞서 기술한 기존의 역타 공법의 장단점을 표를 통하여 비교하였다.

2.2 현재 지하 역타 공법의 기술개발 현황

역타 공법 관련기술은 그림 1에 나타난 것처럼 2003~2012년까지 243건의 특허가 조사되었다. 그중 일본과 미국의 특허가 가장 많았

* (주)현대산업개발 상부, 정회원
 ** (주)현대산업개발 부장, 정회원
 *** (주)현대산업개발 과장, 정회원
 **** (주)현대산업개발 대리, 정회원
 ***** (주)한국건설공법 소장

다. 주로 개발된 특허의 주요기술이 기초공사, 굴착과 관련한 기술이 가장 많이 있는 것으로 조사 되었다. 2003~2012년까지 한국은 47건의 특허가 등록되었다. 역타 공법에 관한 연구는 2003년 이후 점진적으로 증가되는 추세에 있으며 그림. 3에 나타난 특허인 및 특허수 증가율을 분석할 때 현재 역타 공법 기술은 기술발전기에 해당되며, 앞으로의 수요가 높을 것으로 판단된다.

표 1. 기존 지하 역타 공법의 장단점 비교

공법	장점	단점
S.O.G 공법	1. 공사비 적음 2. 구조적 안전성 확보 유리 3. 연속벽과 슬래브의 견고한 일체화 가능 4. 협소한 대지 및 부정형 형상에 적합	1. 역타 이음부 타설이 어려움 2. 굴토장비의 제한, 조명 및 환기시설 필요 3. 토공바다 레벨 정지 작업 필요 4. 철근 배근 작업이 어려움 5. 기계실 및 공조실이 최하층 위치시 공정관리가 어려움
N.S.T.D 공법	1. 일반 토류벽 사용가능으로 인한 원가 절감가능 2. 동바리가 없어 슬래브 양생 중 굴착가능 3. 지하공간을 최대로 활용가능 4. 지하층수가 많을수록 공사비 절감효과가 증대	1. 초기투자비용이 많이 듦 2. 지하 해당층 작업시 현수장치로 인한 간섭이 많음 3. 타설완료 후 현수를 위한 구멍 채우기 작업 필요 4. 불규칙한 평면에 사용이 어려움 5. 소형공사에는 적합하지 않음
S.P.S 공법	1. 본 구조물을 굴토 지지체로 사용하므로 안전성증대 2. 소음, 분진, 진동 등의 피해를 최소화한다. 3. 1층 바닥을 작업대로 사용하므로 별도의 작업구대 불필요	1. 철골조 시공으로 단위공사비가 높다. 2. 평면이 복잡하거나, 단차가 큰 경우 공사비가 높다. 3. 현장용접이 많이 철저한 현장관리 요망.



그림 1. 2003~2012년 국가별/연도별 특허현황

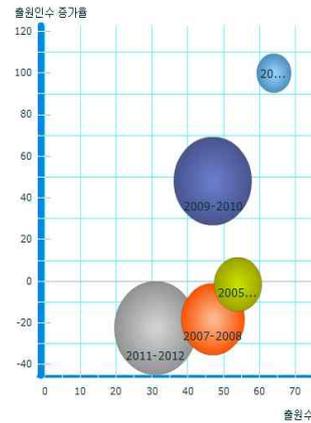


그림 2. 2003~2012년 특허인 및 특허인 증가율

3. 대안공법제시

3.1 DBS(Double Beam structure as Strut)공법

2열 격자보 구조 시스템의 역타공법으로 역타하중을 가시설 포스트파일에서 받아주며, 기초가 완성되면 수직부재를 순타 시공하여 지하 구조물을 완성하는 공법이다. 단일 가설 기둥에 브라켓으로 바닥을 지지하는 방식으로 소구경 천공과 규모에 구애받지 않는 역타공법이다.

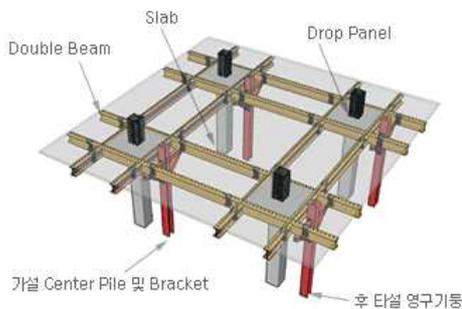


그림 3. DBS 공법의 개념도



그림 4. DBS 공법의 시공사진

3.2 DP(Double Post) 공법

2대의 가설기둥(Double Post)를 한 쌍으로 사용하는 역타 공법으로, 소구경 오거 천공 및 시공 완료 후 가설 기둥의 재사용이 가능하여 경제성을 향상시킨 공법이다. 그림. 5는 DP 공법의 개념도이며, 그림. 6은 DP 공법의 실제 현장사진이다.



그림 5. DP 공법의 개념도

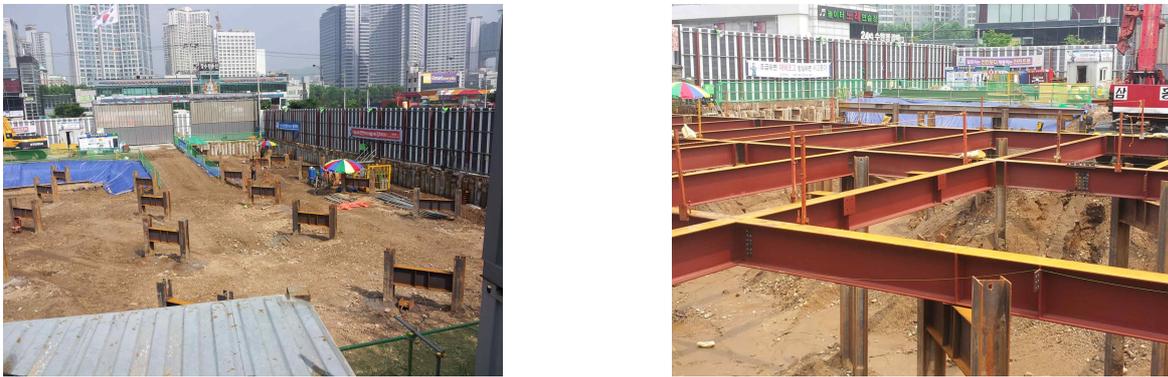


그림 6. DP 공법의 실제 현장적용 사례

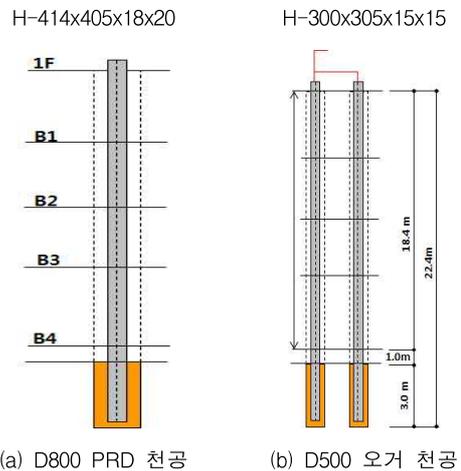
3.3 PRD공정 삭제의 효과

표. 2는 지하 4층의 역타 시공 시 발생하는 철골기둥의 공사비를 기존 역타 공법과 비교한 결과로 이때, 작용하중은 4000kN이며, 강재의 재질은 SM490이다. 건축구조 기준에 준하여 설계하였으며, 설계결과 DP공법은 동일한 작용하중에서 PRD장비 대신 소구경 오거천공이 가능하며, 역타 시공 후 가설 철골 기둥을 78% 이상 환수로 인해, 기존 역타 공법에 비해 공사비가 약 65%가 감소되었다. 또한 철골기둥의 오차에 의한 시공 어려움이 감소하여 역타시공 품질이 향상된다.

표 2. 기존 공법과 대안 공법의 철골 기둥의 천공 및 공사비 비교

구분	단가	단위	기존 역타 공법		e-DP 공법	
			물량	금액(원)	물량	금액(원)
철골기둥	950	kg	5,197	4,936,960	1,040	988,000
강재손료 (H-형강 1년 미만)	450	kg	-	-	3,901	1,755,360
PRD 시공비	506,000	m	22.4	11,334,400	-	-
DP Pile 시공비	66,500	m	-	-	44.8	2,979,200
합계				16,271,360 (100%)		5,722,560 (35.2%)

*작용하중 4,000kN, 강재재질 SM490, 토질은 암반지반



(a) D800 PRD 천공 (b) D500 오거 천공

그림 7. 공사비 비교 조건

3.4 경제성 분석

대안으로 제시한 DP 공법과 기존 역타 공법의 PRD공정 삭제의 효과를 통해 경제성 향상 측면을 알아보았다. 경제성 분석을 위하여 서울시 000 업무시설 현장을 대상으로 공사비 비교를 실시하였으며, 2013년 건설 공사 표준 품셈을 기본으로 자체적으로 비교 분석하였다. 이 때, 토공사에서의 흙막이 벽체 공사는 동일조건이므로 공사비 계산에서 제외하였다. 역타 관련 공사비란 각각의 공법 적용 시 발생하는 추가 공사비용(역타철골 기둥(SPS), 가설철골기둥(DBS, DP), SRC기둥이 RC기둥으로 변경시 추가되는 철근, 테두리보 공사 등)을 말한다. 표 3은 제시된 DP공법과 기존 역타 공법의 지하 골조 공사비의 비교한 결과이다. 각 공법의 지하 골조 총 공사비는 S.P.S 공법은 1,382,858,000원 D.B.S 공법은 1,321,318,000원이며, DP 공법은 1,152,176,000원으로 공사비가 가장 큰 S.P.S 공법을 기준으로 D.B.S 공법 4.5% 절감, DP 공법 16.7% 절감하였다. 총 공사비가 가장 큰 S.P.S 공법을 기준으로 공종별 공사비를 비교한 결과 토공사는 D.B.S 공법은 56%절감, DP 공법은 54%절감하였다. 역타 관련 공사는 D.B.S 공법은 거의 동일하며, DP 공법은 27%절감하였다. 지하 수평 골조 공사는 D.B.S 공법은 11%증가, DP 공법은 동일하였다. 전체 공사비 뿐만아니라 공종별 공사비에서도 절감효과를 보여 DP 공법이 타 공법에 비해 경제성 측면에서 우수한 것으로 판단된다.

표 3. 각 공법 공사비 비교

공 종	(a) S.P.S 공법	(b) DBS 공법	(c) DP 공법	비 고
	금 액(원)	금 액(원)	금 액(원)	
토공사	261,378,000	115,670,000	120,026,000	수평 가시설, PRD or 포스트파일 공사
역타 관련 공사	336,880,000	312,607,000	247,550,000	철골기둥(가설기둥포함), 역타관련 부속자재, 및 테두리보 공사
지하수평 골조공사	784,600,000	823,210,000	784,600,000	철근, 콘크리트, DECK, 철골
합 계	1,382,858,000 (100%)	1,251,487,000 (90.5%)	1,152,176,000 (83.3%)	

4. 결 론

대안공법인 DBS공법과 DP 공법은 SPS 공법의 비해 PRD공정이 삭제됨에 따라 발생하는 공사비 절감 효과가 있었다. 2개의 가설기둥을 한쌍으로 이용한 DP 공법은 단일 가설기둥을 이용한 DBS공법에 비해 포스트파일 수량에 의한 토공사 비용은 소폭 증가하나, DBS공법의 바닥구조 시스템 변경으로 인한 수평골조공사와 이에 따른 역타관련 공사비 상승으로 경제적 측면에서 DP공법이 우수한 효과가 있는 것으로 판단된다. 추후 연구 통해 시공성 및 안전성, 공기단축 등 간접비용의 절감 등을 고려한다면 경제성 측면에서 우수한 공법이 될 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 국토해양부, 건축구조기준(KBC 2009), 국토해양부, 2009
2. 특허청, 지식재산권통계자료, www.kipo.go.kr
3. 한국물가정보, 2013 건설공사 표준품셈, www.kpi.or.kr