브라켓 지지 타입의 하향골조 타설 시스템과 이를 이용한 하향 골조 타설방법 BRD(Bracket supported R/C Downward) 공법

박무용
(주)한국건설공법 대표이사

1. 머 리 말

최근의 건축공사는 대규모 공사보다는 재개발 등에 의한 도심지 소규모공사와 토지이용의 극대화 차원에서 지하공사가 고심도화 되어 가고 있다. 그동안 굴토 작업 완료 후 가설 Strut를 해체하면서 지하구조물을 최하부층 부터 구조물을 축조하는 재래공법인 가설 Strut 공법은 개방된 상태에서 굴토작업이 진행됨에 따른 소음, 분진과 또한 가설 Strut 해체 시 발생하는 순간적인 응력불균형에 의한 구조체 균열과 인접지반침하에 따른 안전성 문제 등으로 민원이 끊임없이 제기되어 도심지 공사에 부적한 실정이다. 이에 상부에서 하부로 지반을 굴착하면서 구조물을 축조해 내려가는 역타 공법이 많이 적용되고 있는 실정이다.

이번에 개발된 BRD(Bracket supported R/C Downward) 공법은 철근콘크리트 구조로 시공되면서 동바리 없이 무지보 시공이 가능한 RC조 역타공법이며, 삼성중공법(주)과 공동 개발하여 신기술 및 구조기술사회 인증을 취득하였다.

2. 공 법 개요

재래공법과 달리 시공 중 거푸집 및 시공하중을 브라켓으로 지지하고 양생 후 보조적으로 현수재를 이용하여 거더 거푸집을 현수 하강시켜 반복 재사용하고, 슬래브 거푸집은 Deck 슬래브 사용하여 RC 거더 하부구간에만 설치하여 거푸집을 최소화함에 따라 공기단축, 공사비 절감 등 시공성이 개선된 무지보 RC역타 신공법이다.

2.1 BRD 거푸집 지지틀 시스템 개요

BRD공법에 사용되는 거푸집 지지틀 시스템의 구성요소는 거더 거푸집 지지틀, 브라켓, 브라켓 고정장치로 크게 세부분으로 구성되어 있다. 그중 거푸집 지지틀은 일반 합판거푸집과 장선 및 거푸집 지지거더로 이루어져 있으며 콘크리트 타설을 위한 거푸집을 직접적으로 지지하는 역할을 한다. 그리고 거푸집 지지거더는 브라켓 위에 얹혀 지지되고, 또한 브라켓 역시 고력볼트로 접합된 고정장치인 Stop Plate에 얹혀 지지됨으로써 거푸집 지지틀 및 브라켓 설치, 해체 작업이 용이하도록 개발되었다.

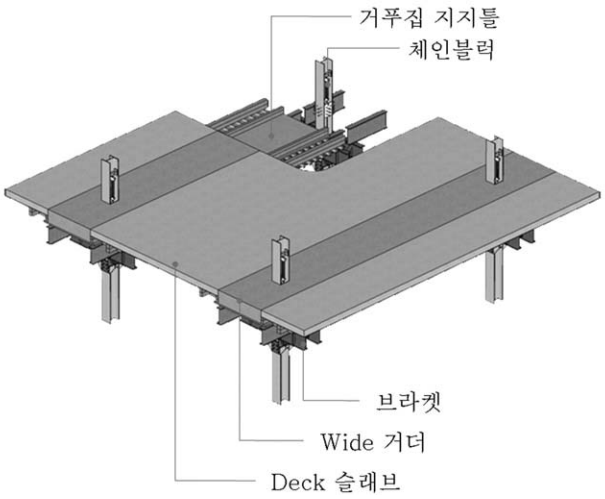
(1) 구성요소

(가) 거푸집 지지틀 : 거푸집 장선 및 합판
거푸집 지지거더

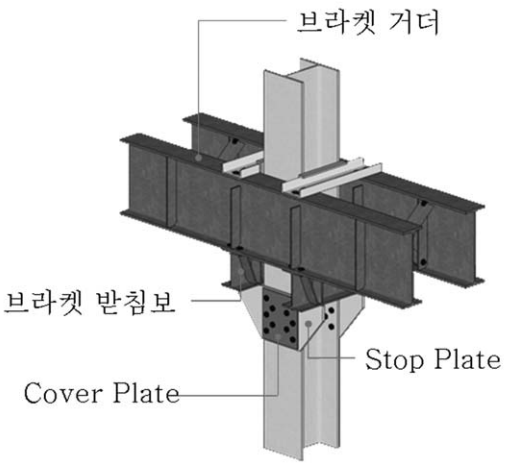
(나) 브라켓 : 브라켓 거더
브라켓 받침보

(다) 브라켓 고정장치 : Stop Plate
Cover Plate
고력볼트

[그림 1] BRD 구조시스템 개념도



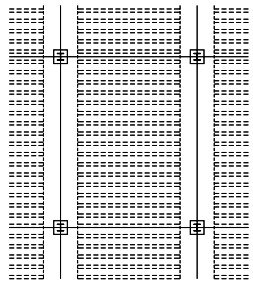
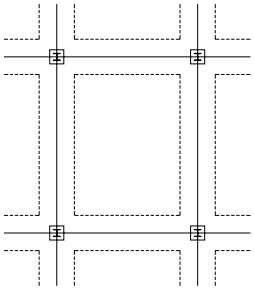
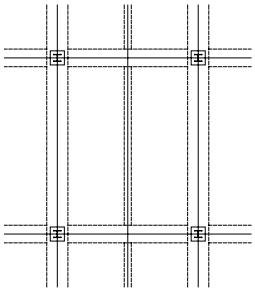
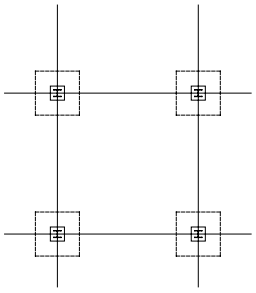
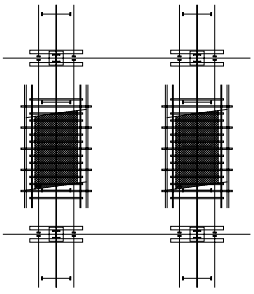
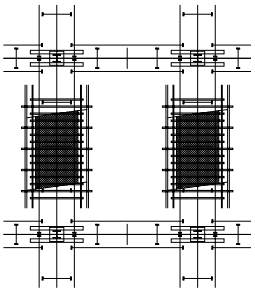
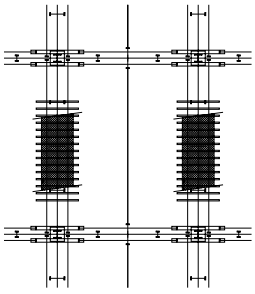
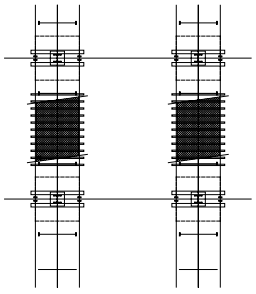
[그림 2] 브라켓 상세



2.2 구조시스템에 따른 BRD 거푸집 시스템

BRD 공법적용을 위한 구조시스템 적용은 지지틀 운용 및 시고엉이 우수한 1방향 Wide 거더 또는 2방향 Wide 거더 시스템을 주로 사용한다. 그 외 중간보가 있는 1방향 보, 거더 시스템은 거푸집 및 철근조립 작업등의 복잡함에 따른 시공성 저하 뿐 아니라 거더 거푸집 지지틀 물량증가 및 운용성이 저하된다. 따라서 구조계획상 1방

구조 시스템별 거더 거푸집 적용 예 (8×10m 스팬)

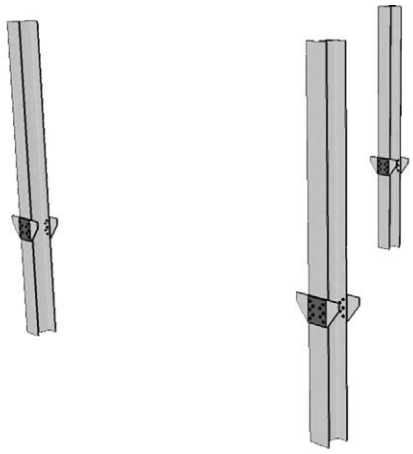
형 식	1방향 WIDE 거더 시스템	2방향 WIDE 거더 시스템	보-거더 시스템	Flat-slab 시스템
구 조 평 면				
지지틀 평 면				
콘크리트 물량	$0.275m^3$ / m^2	$0.305m^3/m^2$	$0.325m^3/m^2$	$0.312m^3/m^2$
철근물량	$30.78kgf$ / m^2	$35.90kgf/m^2$	$33.99kgf/m^2$	$35.5kgf/m^2$
거푸집물량	$0.325m^2$ / m^2	$0.458m^2/m^2$	$1.312m^2/m^2$	$1.11m^2/m^2$
Deck물량	$0.75m^2$ / m^2	$0.65m^2/m^2$	–	–
공사비비교	91.2%	97.2%	100%	94.8%
무지보 시스템검토	거푸집 지지거더 물량 최소화 및 운용성 우수	거더 거푸집 지지틀 물량이 다소 증대 및 운용성 저하	중간보 설치로 인해 지지틀 물량 증가 및 지지틀 운용성 복잡	1-WAY Girder 시스템과 동일하며 지지틀 운용성 가장 우수

향 또는 2방향 Wide 거더 시스템으로 설계가 부적합한 경우인 장지간 구간에 부분적으로 사용하고 있다.

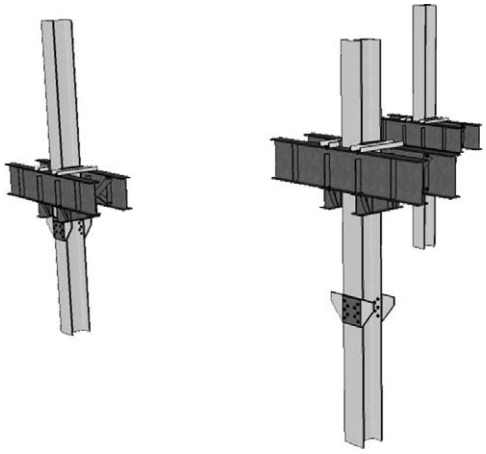
플랫 슬래브 시스템은 기본적으로 BRD공법 적용은 가능하나 기둥열 배치가 정형화 된 경우에 한해 적용된다.

2.3 BRD공법 단위 지지틀 시공순서

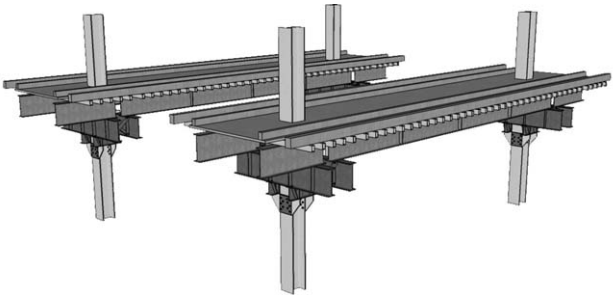
[그림 3] 브라켓지지 형식의 RC 역타공법 개념도



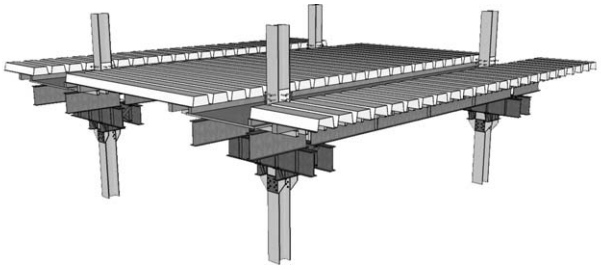
(a) 브라켓 고정장치 설치



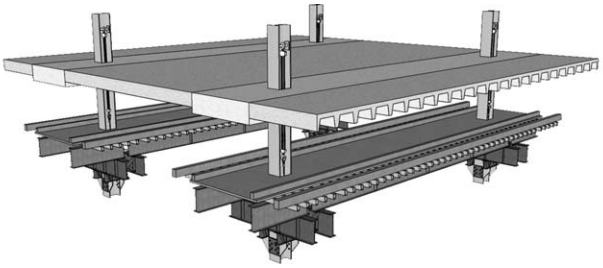
(b) 브라켓 설치



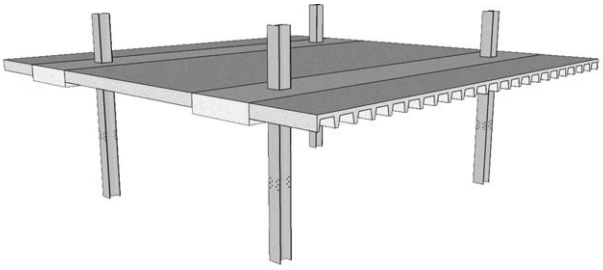
(c) 거푸집 지지틀 설치



(d) 거푸집 장선 설치 및 Deck시공



(e) 브라켓 및 지지틀 하강



(f) 상부층 슬래브 시공완료

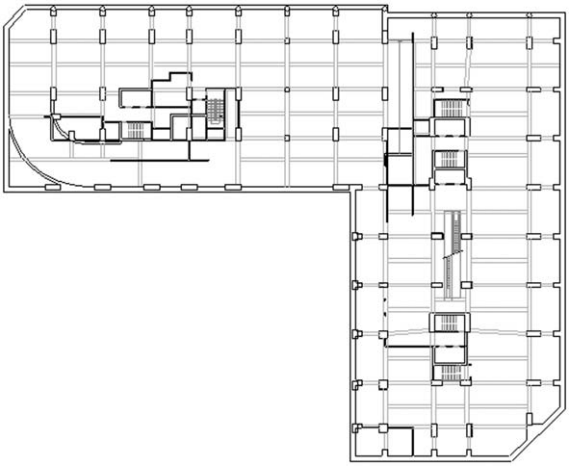
3. BRD 구조 시스템 적용 예

3.1 구조 시스템 적용 예

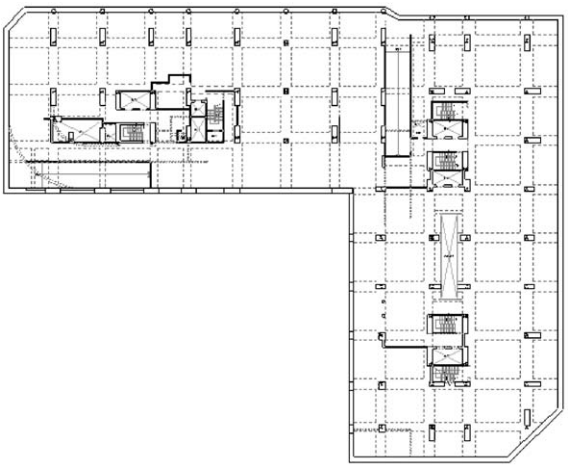
역타공법 적용 시 지상1층 바닥은 시공 중 작업장으로 사용 되어 적재하중은 이상 적용하여 설계됨에 따라 1방향 Wide 거더 시스템으로 구조설계 시에는 거더 단면이 너무 과대하여 진다. 따라서 지상1층 바닥은 일반적으로 2방향 Wide 거더 시스템으로 계획한다.

지하층의 경우에는 횡력 저항에 대한 부담이 적고 작용 적재하중도 적어 1방향 Wide 거더 시스템으로 구조 계획하여 거더 거푸집 물량 및 거더 거푸집 지지틀 물량을 최소화하여 시공성 및 경제성을 향상시킨다.

[그림 4] 1층 구조계획안

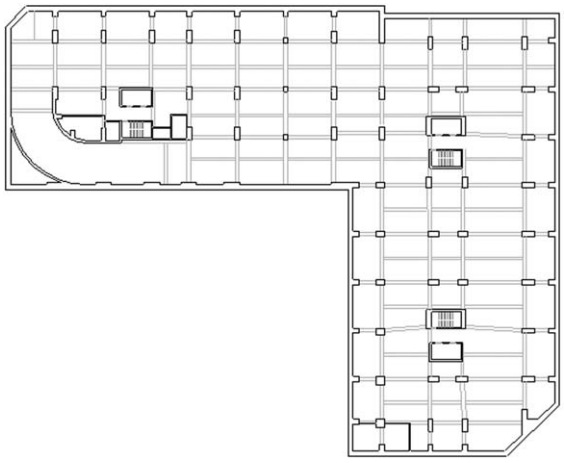


원안(보-거더 시스템)

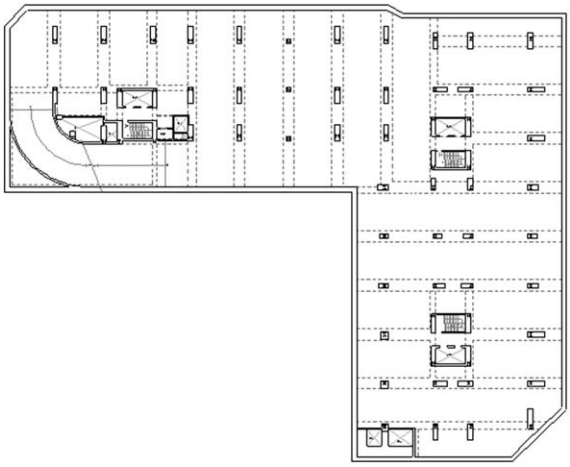


변경안(2방향 Wide 거더 시스템)

[그림 5] 지하층 구조계획안

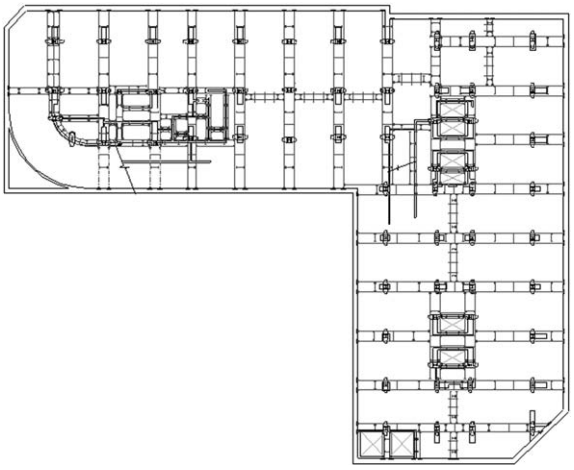


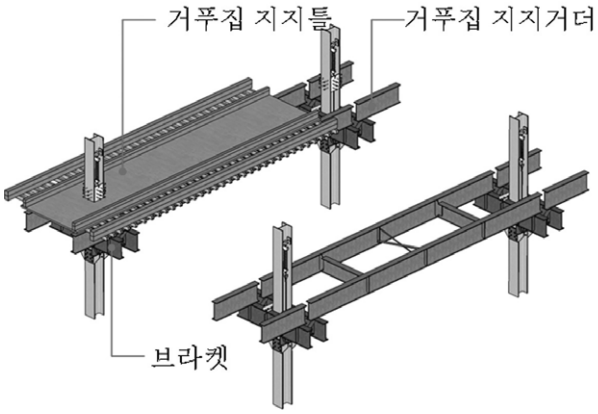
원안(보-거더 시스템)



변경안(1방향 Wide 거더 시스템)

[그림 6] 지지틀 계획안

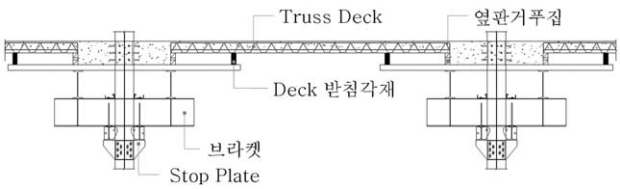




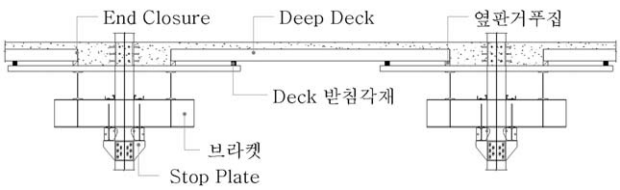
3.2 슬래브 구조 계획 방법

슬래브 부분은 Deck 슬래브를 사용하여 거푸집 및 동바리를 배제시켜 시공성을 향상시키는데 , 지상 1층 슬래브는 대부분 2방향 슬래브로 설계됨에 따라 평 Deck인 Truss Deck을 사용한다. 지하층 경우에는 대부분 1방향 슬래브로 설계되어 Truss Deck 또는 춤 높이가 250mm인 골 Deck의 일종인 Deep Deck을 사용한다.

[그림 7] Deck 슬래브 지지 시스템 (장선 지지 경우)



(a) Truss Deck 슬래브 시스템

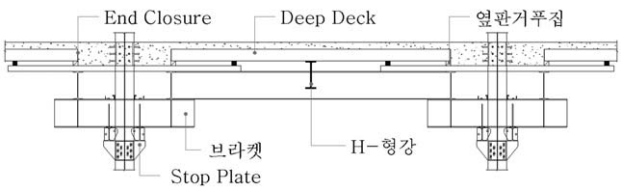


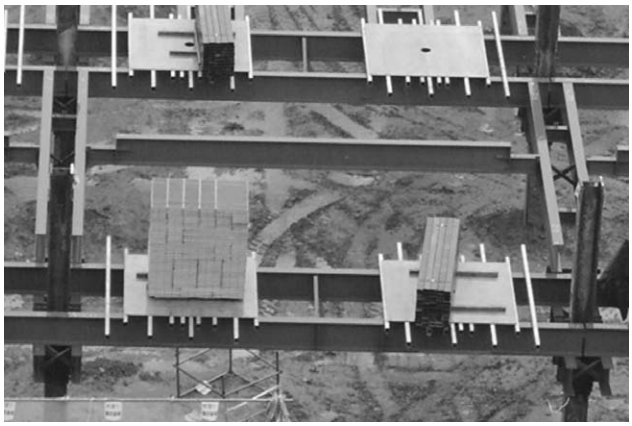
(b) Deep Deck 슬래브 시스템

여기서 Truss Deck으로 슬래브 구조계획 시 슬래브 두께 200mm 또는 250mm인 경우 순지간 거리가 대략 4.4m를 초과할 경우에는 시공 중 Deck중앙에 동바리를 설치해야함에 따라 무지보 Deck 슬래브 시스템을 위해 〈그림7〉에서 보는 바와 같이 각형 각관의 장선을 각각의 지지 거더로 부터 양쪽 슬래브측으로 내밀어 Deck 슬래브를 지지하여 Deck 슬래브 내측 순지간 거리를 짧게 하여 장지간 Deck 슬래브 시스템을 사용할 수 있게 개발하였다.

골 Deck인 Deep Deck의 경우에는 Truss Deck에 비해 더 긴 장지간 슬래브 설계가 가능하며 시공 중 Deep Deck 처짐을 최소화하기위해 시공 중에는 Deep Deck 양쪽 내측을 받쳐줌으로써 처짐을 최소화하여 장지간 슬래브 계획 시 평 Deck에 비해 경제적 설계가 가능하다. 기둥의 단변방향 스팬 계획은 대개 주차대수를 고려하여 결정되는데 주차3대를 초과하는 경우 단변방향의 기둥지간거

[그림 8] Deck 슬래브 지지 시스템 (H-형강 지지 경우)





리는 9m를 넘게되는데 이 경우 에는 〈그림8〉과 같이 Deck 중앙에 H－형강으로 받쳐 확실한 지지점을 형성하여 시공 중에는 2연속 슬래브로 설계한다.

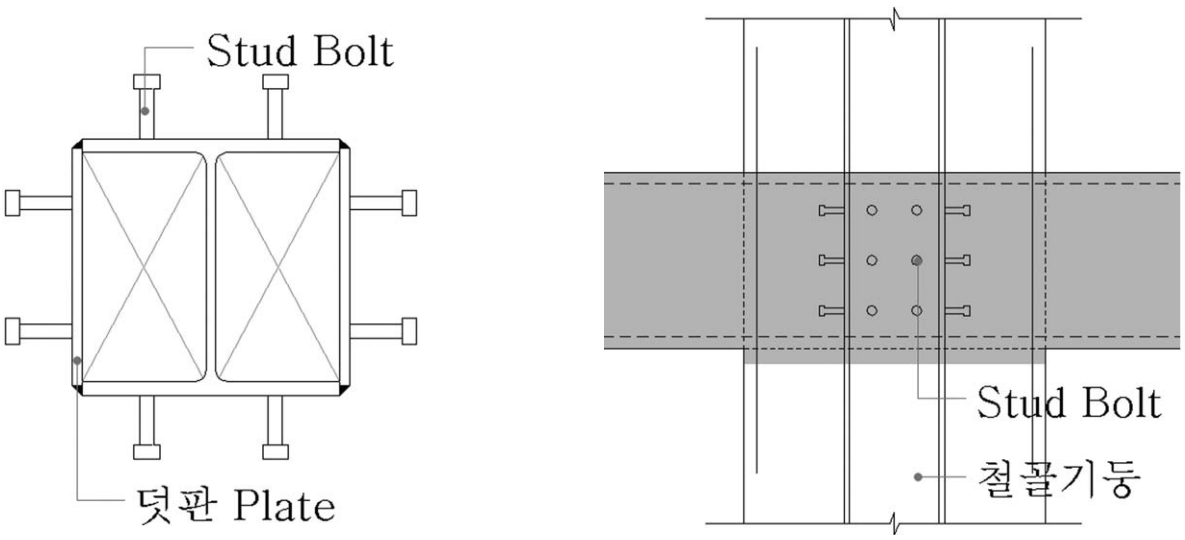
또한 역타 시공 중 토압지지는 대부분 슬래브에서 부담함에 따라 슬래브 두께는 최소 150mm이상으로 설계해야한다.

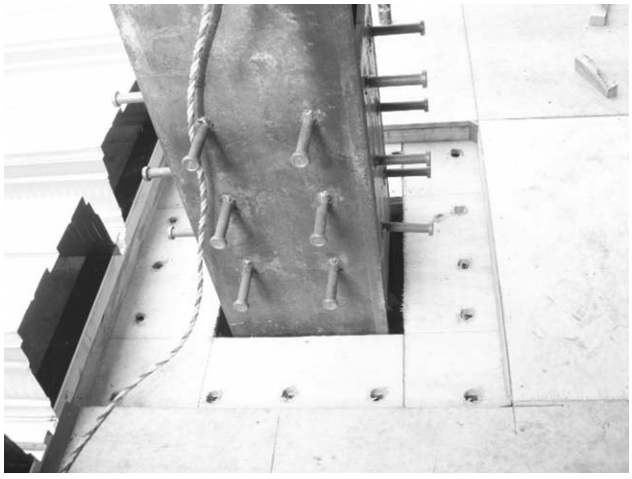
3.3 RC 거더와 역타 철골기둥과의 접합상세

역타 시공단계에서는 SRC 합성기둥이 아닌 콘크리트가 피복되지 않은 순수 철골기둥 상태로 각층의 바닥하중이 철골 기둥에 전달된다. RC거더와 철골기둥의 접합부 설계 시에는 RC 거더가 Punching되지 않도록 RC거더와 만나는 철골기둥 주위에 Stud를 현장 용접하여 설치하게 된다. Punching 방지용 Stud 수량 산출 시에는 통상 콘크리트 부착력은 무시하고 Stud가 모두부담하는 조건으로 계산하며, 또한 Stud가 현장 용접됨을 감안하여 안전측으로 산정함이 좋다.

여기서 Punching 방지용 Stud를 철골기둥에 보강함에 있어 〈그림9〉와 같이 철골기둥의 양쪽 Web에는 별도의 보강철판 위에 Stud가 용접설치 되어 철골기둥의 양쪽 Web에는 개구부가 형성되어 추후 역타 기둥의 콘크리트 타설시 투입구나 거더 거푸집 지지틀 하강 시 사용되는 체인 블록의 훅크 뭉치가 지나가는 통로로 사용된다. 따라서 거더 거푸집 지지틀 및 브라켓을 하강시키기 위해 많은 수량의 관통구멍을 RC거더에 뚫지 않아도 됨으로써 시공성을 향상하였다.

[그림 9] 기둥 Stud 접합





4. 공 법 특 징

4.1 굴토 작업성 향상

브라켓 지지에 의한 무지보 공법임에 따라 가설 Strut공법과 달리 굴토작업공간이 넓으며 또한 가설용 Strut가 불필요함으로 공정간 간섭의 극소화와 장비작업성을 극대화할 수 있어 시공성이 향상된다. 그리고 골조공사와 굴토공사 병행이 가능하여 공기단축이 가능하다.

BRD 공법가설

Strut 공법

4.2 시공성 향상

재래식 역타공법의 경우 거푸집 및 동바리 설치 해체 작업을 반복하여야 하나, BRD공법의 경우에는 지상1층 선시공으로 작업장을 최대한 활용할 수 있으며, 1층에서 설치된 거더 거푸집과 지지틀을 함께 하강시켜 반복 재사용함으로써 공정이 단순화되어 경제성, 시공성 향상된다.

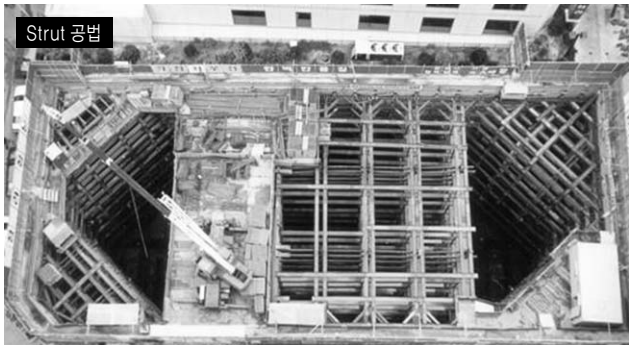
BRD 공법

재래식 역타공법

4.3 구조적 안전성

1층 바닥 선 타설 및 RC슬래브 띠장 형성으로 인한 주변 변위가 최소화되어 안정성이 확보되며, 가설 Strut 해체 시 발생하는 순간적인 응력불균형에 의한 구조체 균열과 작업 위험 요소를 배제시킬 수 있다. 또한 재래식 동바리 지지의 경우 콘크리트 타설시 비틀림에 의해 동바리에 좌굴이 발생하여, 연쇄적으로 동바리가 전도되어 거푸집 변형 및 낙하위험이 있다.

BRD 공법가설


Strut 공법

4.4 원가절감

토공작업 연속성 및 굴토 효율성 확보로 인한 공사비 절감과 공기단축에 의한 간접비 및 금융비용의 절감이 가능하다. 지상 1층 바닥을 작업장으로 활용할 수 있으므로 별도의 복공판이 필요하지 않다.

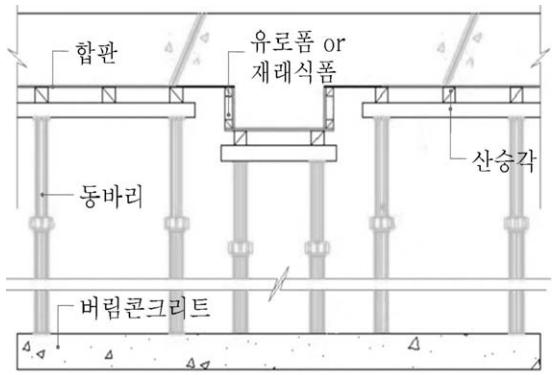
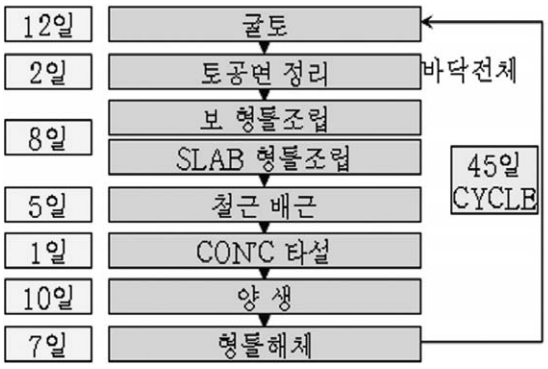
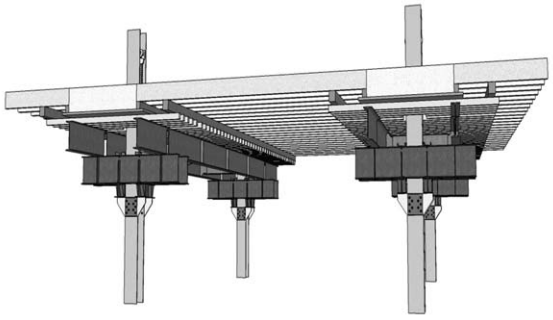
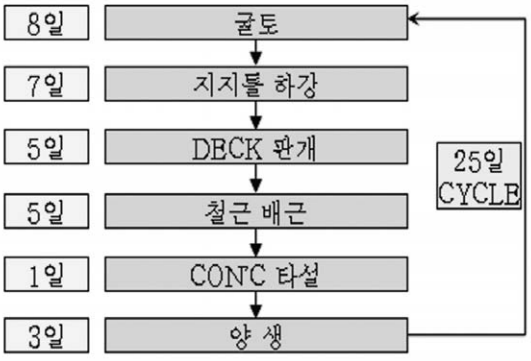
또한 브라켓과 거푸집 지지틀을 반복 사용함에 따라 비용 절감효과가 있다.

4.5 환경성 개선

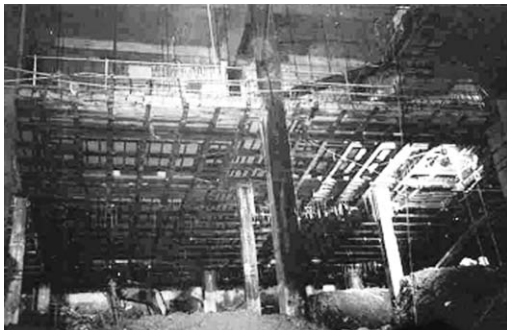
토공사로 인한 소음.분진 발생 감소되며, 브라켓과 거푸집 지지틀의 반복사용으로 폐기물의 저감효과가 있다.

5. 타공법과 비교

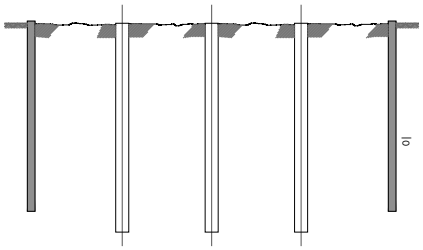
5.1 재래식 역타공법과 비교

구 분	재래식 역타공법	BRD 공법
모식도	 	 
시공성 분 석	◑ 토공 쿨토 깊이 제한 - 동바리 설치 위한 최대 굴착깊이 : 보 밑 4m ◑ 바닥 면정리 필요(전체면적) ◑ 형틀, 철근, 가설재 설치 · 해체 · 반출 · 반입 난해 - 굴토면에서 작업 - 형틀, 가설재 투입 및 수직인양(2개층 상부) - 가설재 수직이동으로 작업성 저하	◑ 토공 쿨토 깊이 매우 유리 - 연속벽구간 소단처리 가능 ◑ 거푸집 지지틀 하강으로 상하 작업 가능 - 1회 제작으로 지하층 4~5회 전용 - 소형장비 사용으로 거푸집 하강 ◑ Deck(8m) 경간 구조적 해결 가능 - 1방향 Wide 거더로 재설계 후 가능
안 전	설치, 해체시 안전성 저하	지지틀 상부 작업으로 안전성 우수
품 질	재래식 형틀공법으로 품질 보통	시스템 형틀로 품질 우수
원 가	투입인원 과다로 원가 상승	1회 조립 및 전용 횟수 증가로 원가 절감
공 기	가설재 투입, 인양 시까지 토공사 중단	토공 중단 없는 진행으로 공기단축

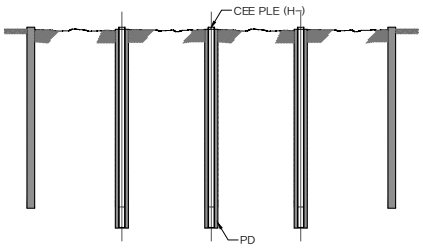
5.2 현수 공법과 비교

구 분	현수공법	BRD 공법
사 진		
거푸집	보/슬래브 대형판 거푸집 제작	거더 거푸집만 별도제작, 슬래브 거푸집 Deck 활용
지지방식	현수 방식	브라켓 지지
거푸집지지체	선 시공 된 지상1층 바닥 현수	H-Pile 기둥 거치
적용구간	지하1층 바닥부터 적용	지상 1층 바닥부터 적용 (거푸집 회전율 증대)
경제성	불 리	우 수

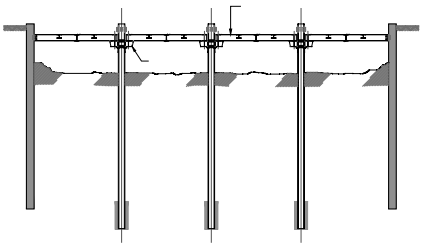
6. 시 공 순 서



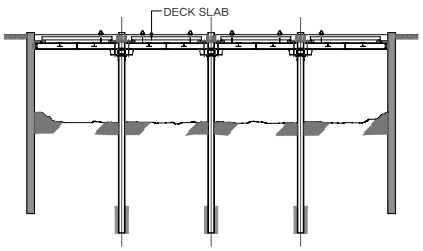
[1단계] 흙막이 시공/ 기둥 천공 및 슬라임 제거



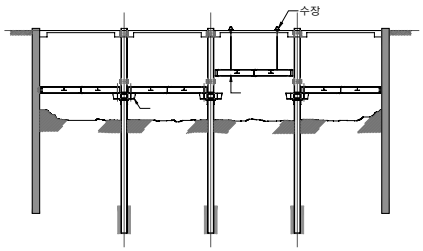
[2단계] H-기둥 설치 및 PRD기초 타설



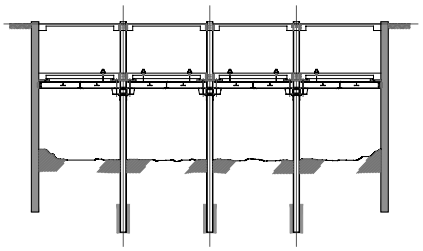
[3단계] 1단 굴토/ 브라켓 및 거푸집지지 거더 설치



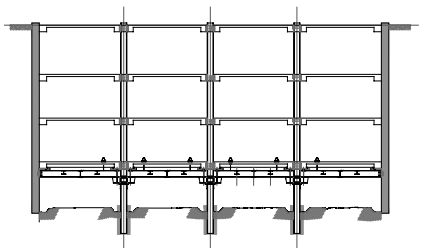
[4단계] 거더 거푸집, DECK설치 및 콘크리트 타설



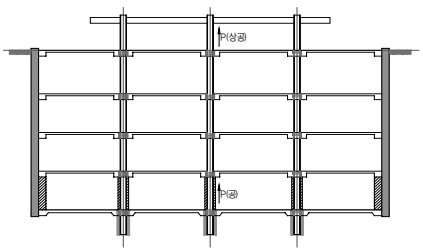
[5단계] 거더 거푸집 탈형 및 거푸집지지 거더 하강



[6단계] 타설, 양생 및 반복수행(3~5단계 반복수행)



[7단계] 최종굴토/ 지지틀 해체 반출



[8단계] 기초 CON'C 타설 및 미시공분(벽체, 코어 등)CON'C 타설/ 지상공사 진행

7. 현장적용 사례

본 현장은 BRD공법을 적용한 현장으로 규모는 지상19층/지하4층, 대지면적 , 지하연면적 이고, 지하골조 층당 공기는 20일로 성공리에 마친 현장이다.

Slurry Wall 시공

철골기둥 Stop Plate 설치 위치 Hole 가공

P.R.D Pile 시공

기둥 Stop Plate 설치

브라켓 설치

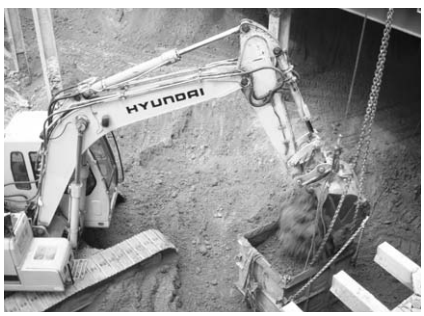
지지틀 설치

거푸집 설치 및 Truss Deck 판개

철골기둥 접합부 Stud Bolt 설치

지상1층 철근 배근

지상1층 콘크리트 타설, 양생



지하층 굴토작업, 토사반출

체인블럭(브라켓 하강장치) 설치

지하층 기둥 Stop Plate 설치

브라켓 및 지지틀 하강

브라켓 및 지지틀 하강

지하층 흙막이 벽체와 지지틀 접합

지하층 거푸집 설치

지하층 Deep Deck 판개

Deep Deck End Closure 부착

기둥 상부 철근 커플러 이음 배근

지하층 철근 배근

지하층 콘크리트 타설

지하1 개층 완료

브라켓 및 지지틀 하강

8. 마 무 리 말

최근 건설 규모가 커지면서 고층화와 고심도화 되어가는 건설현장의 어려움은 어느 때보다 크다 할 수 있다. 구조설계 분야에서도 지하층 시공시 거푸집 및 철근 조립이 단순화될 수 있는 1, 2방향 Wide 거더 시스템을 적용할 경우 공기 단축 및 원가절감에 유리할 것으로 판단된다. 기존공법의 문제점을 보완하고 시공시 구조적 안정성을 확보하면서 더불어 경제성과 시공효용성을 높인 BRD공법을 개발하여 국내 건설기술 발전에 이바지하고, 고품질 고효율의 구조물에 대한 사회적 요구에도 부응하려 하였다.