

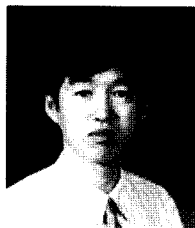
구의 아크로리버 현장에서의 거푸집 시스템 시공사례

- Various Types of Formwork System Application in Guwi Acroriver Site -

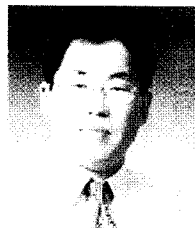
1. 개요



김 동 진*



김 종 욱**



이 도 범***

산업구조의 발달에 따른 인력구조의 재편성으로 인해 기능인력의 수급이 어려운 건설산업의 현실을 감안할 때 거푸집 공사는 공사방법의 개선 및 합리화가 시급히 요청되는 공사단계라 할 수 있다. 이에 따라 다양한 형태의 시스템 거푸집이 국내외에서 개발되고 있으며, 이의 시범적 도입이 추진되고 있다. 당사에서는 도록 아크로빌에 국내 최초로 ACS(Automatic Climbing System) 품을 도입하였으며, 이는 현재 국내 고층건축공사에 일반화되었음은 주지의 사실이다. 본 고에서는 구의 아크로리버 현장에 인력절감, 안전, 품질, 공기 측면을 고려하여 적용한 내부 거푸집 시스템과 외벽 거푸집 시스템의 도입배경과 특성에 대해서 살펴보고자 한다.

1.1 공사개요

구의 아크로리버 현장은 서울의 동쪽에 위치한 지하 5층, 지상 37층과 지상 22/26/29층 2개동의 업무/판매 시설 및 공동주택을 신축하는 주상복합형 프로젝트로서 주변에 강변시의버스터미널과 테크노마트가 바로 인접하여 평소 유동인구가 매우 많은 곳에 위치해 있다. [그림 1]은 구의 아크로리버의 조감도이며 공사개요는 [표 1]과 같다.



그림 1. 구의 아크로리버 조감도

표 1. 구의 아크로리버 공사개요

구 분	내 용
공사명	대림 아크로리버 신축공사
위치	서울 광진구 구의동 589-10
공사기간	2001.2~2004.2(37개월)
지역지구	준주거지역
대지면적	5,975㎡(1,807 평)
건축면적	2,904㎡(879 평)
연면적	64,879㎡(19,626 평)
규모	지하 5층, 지상 37층 1개동, 지상 29/26/22층 1개동, 옥탑 3층
용도	판매시설/업무시설, 공동주택 220세대
구조	철근콘크리트 구조
건물최고높이	120 m

* 정회원, 대림산업(주) 기술연구소 연구원

** 정회원, 대림산업(주) 기술연구소 선임연구원

*** 정회원, 대림산업(주) 기술연구소 부장

1.2 구조개요

1) 구조시스템

- (1) 지상층 구조시스템 : 철근콘크리트 벽식구조,
철근콘크리트 라멘조
- 저층부(판매/업무시설) : Flat Slab + 라멘조
 - 고층부(주거시설) : Flat Plate + 벽식구조
 - 기준층고 1F & 5F : 6.0 m
 - 2~4F : 4.5 m
 - 6~37F : 3.0 m

- (2) 지하층 구조시스템 : 철근콘크리트 라멘조
- 합벽 + Flat Slab
 - 기준층고 B1F : 4.2 m
 - B2~B5F : 3.3 m

2) 기준층 골조공사 계획

(1) 콘크리트의 강도발현 조건 및 설계

콘크리트의 설계강도는 벽, 기둥의 경우 390~270kgf/cm²이며, 슬라브는 270kgf/cm²이다. 공기확보를 위한 조기 강도 발현이 요구되어 벽체는 50kgf/cm², 슬라브는 거푸집 필러 사용시 36시간에 120kgf/cm² 이상의 강도가 요구되었다. 또한 대형 거푸집 적용에 따른 매립양카의 정착을 위한 소요강도 발현이 요구되었으며, 소요강도는 24시간에 100kgf/cm² 이상이 요구되었다.

(2) 거푸집 계획

기준층 사이클 공기로 6일/층이 계획되었으며, 이를 실현하기 위하여 수평/수직 동시타설로 계획하였다. 내부 거푸집의 경우 공기단축과 인력절감이 최우선적으로 검토되었으며, 외주부 전체를 둘러싸는 대형 시스템 거푸집의 설치로 인해 양중에 제약이 있는 내부 시스템 품의 적용은 배제되었다. 그 결과 모듈 형식의 무장선/무명에 슬라브 거푸집과, 띠장의 설치가 필요없는 벽체 거푸집 적용이 계획되었다.

외부 거푸집의 경우 37층에 이르는 고층공사이므로 안전성 확보를 위한 거푸집 시스템이 요구되었으며, 골조공사의 품질확보와 경제성, 작업성이 좋은 거푸집 시스템이 요구되었다. 무엇보다도 층당 6일 공기를 만족시킬 수 있는 거푸집 시스템이 요구되었다. 구의 아크로리버의 외벽 거푸집 공사계획에서는 이러한 사항을 만족시키기 위하여 37층 A동 건물의 외벽 거푸집 시스템으로 Rail System과 Self Climbing System을 적용하였다. 다음 절에서는 적용된 내부 거푸집 시스템과 외벽 거푸집 시스템의 특성과 장단점에 대하여 살펴보기로 한다.

2. 내부 거푸집 시스템

층당 6일의 공기를 만족시키고, 인력절감을 위한 거푸집 시스템으로 슬라브에는 무명에/무장선 거푸집인 Topec 거푸집 시스템을 적용하였고, 벽체 거푸집에도 보강용 수직부재와 띠장의 설치가 필요 없으며 1개층 층고를 하나의 패널로 커버하는 모듈형 시스템 거푸집으로 Rasto 거푸집 시스템을 적용하였다. 각각의 특징은 다음과 같다.

2.1 Topec 거푸집 시스템(슬라브용 거푸집)

슬라브 거푸집 설치시 장선재와 명에재의 설치가 필요없는 시스템 거푸집으로 Hünnebeck사의 Topec 거푸집 시스템을 적용하였다. 단위 패널의 형상은 [그림 2]와 같다. 패널의 구성은 알루미늄으로 구성된 프레임에 합판이 붙여진 형태이며, 단위 중량은 20kg 정도이다. 적용된 단위 패널은 900×1800, 1800×1800 패널이 기본적으로 적용되었고, 필러용 거푸집으로 450×1800이 적용되었다. 슬라브 거푸집 설치는 [그림 3]과 같은 방식으로 설치하게 된다. 설치 방법은 다음과 같다.

- 1) 자립할 수 있는 동바리를 먼저 세운 후 단위 패널을 걸쳐 놓는다([그림 3]의 1 참조).
- 2) 패널을 올리기 위한 보조 막대를 이용하여 패널을 수평으로 한 후 임시 고정한다([그림 3]의 2 참조).
- 3) 전용 동바리를 받친다([그림 3]의 3 참조).

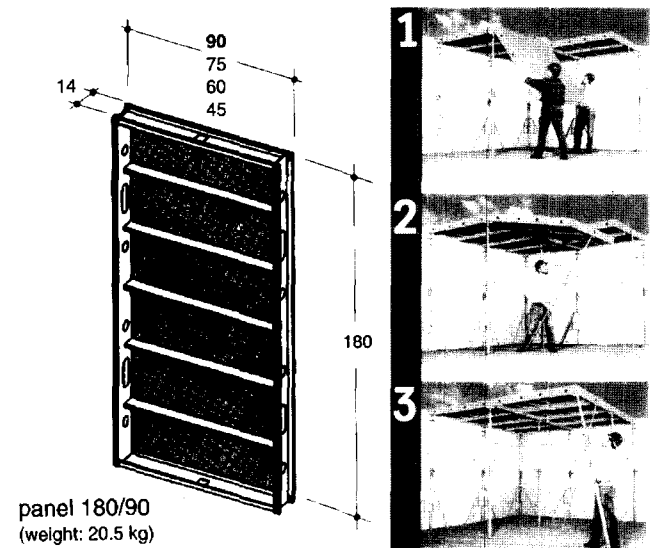


그림 2. Topec 시스템 단위 패널 그림 3. 설치 방법

패널 지지를 위한 동바리의 상부는 4장의 패널의 모서리를 한번에 지지하도록 고안되어 있다([그림 4] 참

조). 슬라브 거푸집을 설치를 완료한 이후의 모습은 [그림 5]와 같다.

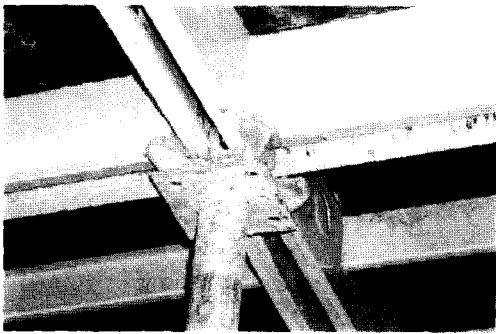


그림 4. 동바리 상부 형상

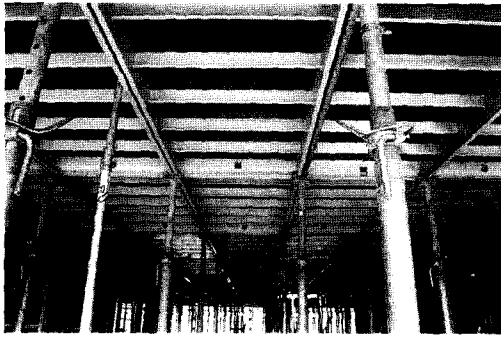


그림 5. Topec 시스템 설치 모습

Topec 거푸집 시스템 적용의 장점은 다음과 같다.

- ① 단위 패널의 중량이 가볍고 시스템화 되어 있어 조립 및 설치가 간편하다.
- ② 재래식 거푸집과 대비하여 볼 때 작업인원 및 작업시간의 70%가량만이 소요된다.
- ③ 동바리의 간격이 1800의 간격으로 설치되므로 하부 작업공간이 넓다.
- ④ 슬라브의 변형이 적고 마감면의 품질이 우수하다.
- ⑤ 안전사고 등 기타 위험이 적다.

Topec 거푸집 시스템의 현장적용 결과 슬라브 거푸집 설치의 인력절감, 공기단축, 품질향상에 우수한 특성을 나타내는 것으로 입증되었다. 단점으로는 벽체와 만나는 부분에는 합판으로 현장 제작해야 한다는 점과, 재래식 폼에 비하여 자재 임대료가 높다는 점을 들 수 있다. Topec 거푸집 시스템은 설치 그림에서 보여지듯이 기본적으로 수평/수직 분리타설을 전제로 개발된 시스템이다. 이를 층당 6일 공기로 수직/수평 동시타설로 계획된 당현장에 적용하기 위해서는 벽체 거푸집의 높은 강성이 요구되었다. 이에 벽체 거푸집 시스템으로 Rasto 시스템을 적용하게 되었다.

2.2 Rasto 거푸집 시스템(벽체용 거푸집)

벽체용 거푸집은 슬라브 거푸집과 연계하여 설치되기 때문에 일반적으로 요구되는 특성(인력절감, 공기단축, 품질) 외에 앞서 언급한 슬라브 거푸집의 변형까지 방지하기 위한 높은 강성이 요구되었다. 이러한 문제점에 대응하기 위하여 Hünnebeck사의 Rasto 시스템을 적용하였다. Rasto 거푸집 시스템의 단위 패널 형상은 [그림 6]과 같다. 단위 패널의 형상은 Topec 거푸집 시스템과 유사하나 알루미늄 프레임의 구성이 조금 다르며, 패널의 단위 무게가 60kg 가량으로 중량이라는 점이 다르다. 사용된 패널은 높이 2700에 폭은 300~750까지 다양한 사이즈가 적용되었으며, 적용된 패널의 표준 사이즈는 750×2700 이다.

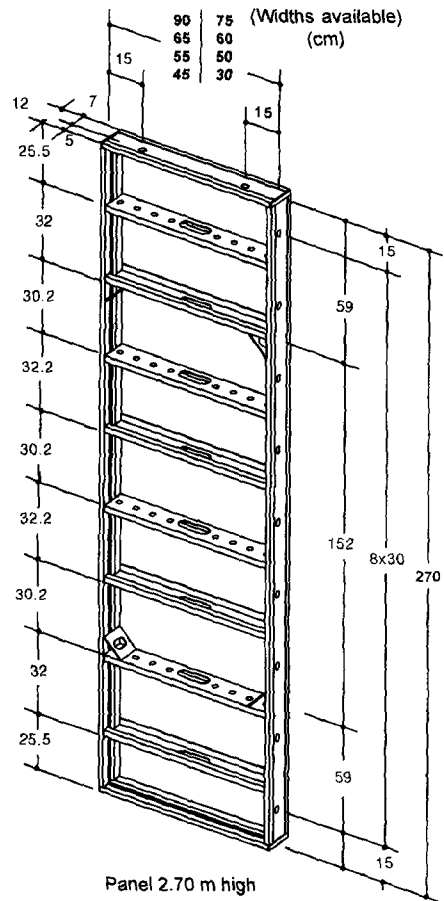


그림 6. Rasto 시스템의 단위 패널

Rasto 거푸집 시스템 역시 Topec 거푸집 시스템과 유사한 패널 특성을 가지므로, 추가의 수직부재와 띠장을 필요로 하지 않는다. Rasto 거푸집 시스템의 거푸집 수평 연결 방식은 [그림 7]과 같으며, 코너부위의 연결은 [그림 8]과 같다. 그림에서 보여지듯이 클램프 체결에 의해 연결 방식을 사용하므로 거푸집 조립시간이 단축된다.

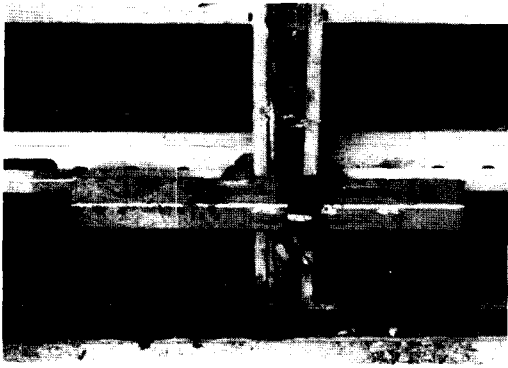


그림 7. Rasto 시스템의 수평 연결

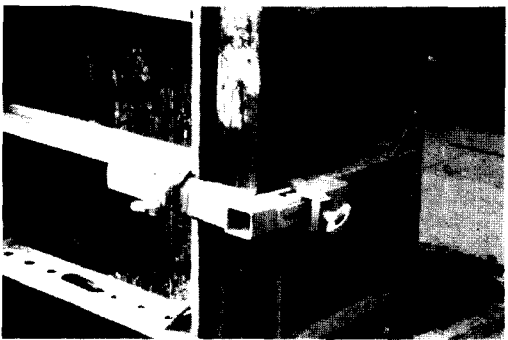


그림 8. 코너 부위의 연결

벽체의 수평 지지력을 강화하기 위하여 슬라브에 앵커링을 하고 여기에 가새재를 설치한다. 이는 벽체 거푸집의 수직도를 유지하고 수평 변이를 방지하며, 수평/수직 동시타설을 위한 강성을 확보하기 위함이다. 브래이싱 간격은 대략 2m 정도 간격으로 한다([그림 9] 참조).

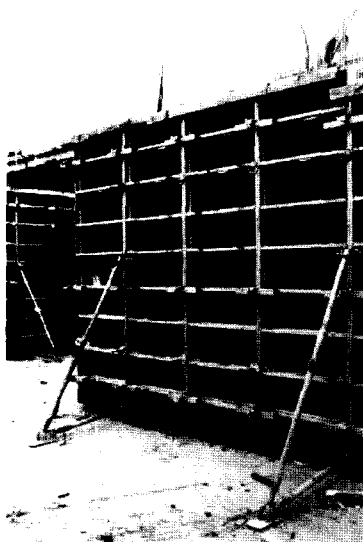


그림 9. 수평변이 방지를 위한 가새재 설치

Rasto 거푸집 시스템 적용의 장점은 다음과 같다.

- ① 클램프로 거푸집을 연결하므로 조립에 소요되는 인력과 시간이 감소한다.
- ② 유로폼에 비해 전체 패널 수가 감소하므로 자재 양중시간이 단축된다.
- ③ 벽체 수직도 및 평활도가 좋다.

Rasto 거푸집 시스템의 현장적용 결과 거푸집 설치의 인력절감, 공기단축, 품질향상에 우수한 특성을 나타내는 것으로 입증되었다. 단점으로는 단위 패널의 중량이 60kg 가량으로 작업자 2인이 운반하고 설치하기에는 다소 무겁다는 점을 들 수 있다. 따라서 상부층으로 양중하기 위해서는 소규모 윈치의 설치가 필수적인 사항이 된다.

3. 외벽 거푸집 시스템

당 현장의 A동(37층)의 외벽거푸집으로는 SCF(Self Climbing Formwork), Rail Scaffold System이 적용되었다. SCF는 국내에서는 대림 도록 아크로빌, 삼성 타워펠리스 등 기시공 초고층 건축물에서 코어선행 공법으로 주로 사용되어 왔던 Self Climbing System의 일종이며, Rail Scaffold System은 Gang Form의 양중방법을 보완하여 개발한 시스템으로 국내에서는 최초로 적용되는 System이다. 당 현장에서는 각각의 장점에 따라 적용부위를 달리 하였다. 적용위치는 A동의 측벽에 적용되는 거푸집시스템이 Self Climbing System이며, 전후면 발코니 부분으로 적용되는 시스템이 Rail Scaffold System이다. 각 외벽 거푸집 시스템에 대한 자세한 내용은 뒤에 각 절에서 설명하도록 한다.

3.1 SCF(Self Climbing Formwork)

1) 시스템 개요

아크로리버의 A동 주거층(6층~37층)의 측벽에는 Self Climbing System이 적용되었다. Self Climbing System에는 PERI사의 ACS(Automatic Climbing System), DOKA사의 SKE(Selbst Kletter Einheit), Hünnebeck사의 SCF(Self-Climbing Formwork) 등이 있으며 구의 아크로리버에는 Hünnebeck사의 SCF가 적용되었다([그림 10] 참조).

Self Climbing System은 국내에서는 대림 아크로타운 신축공사에서 Core Wall 선행공법에 처음 도입되었으며, 현재에는 Core Wall 뿐만 아니라, 외벽, Slab/Beam의 마구리에도 적용되고 있다. Self Climbing System은

(2) Formwork Unit

Formwork은 Gang Form형태로 조립되어 +2 레벨 작업 발판(콘크리트 타설용 작업발판)을 지지하는 Beam에 체인으로 연결된다. 벽체에 부착된 레일을 타고 작업발판이 인상될 때 Gang Form도 같이 인상된다. [그림 15]는 Scaffold Unit와 연결된 Gang Form을 상부층으로 인양한 이후 내부에서 촬영한 사진이다. [그림 16]은 Scaffold Unit과 Gang Form을 연결하는 체인을 보여준다.

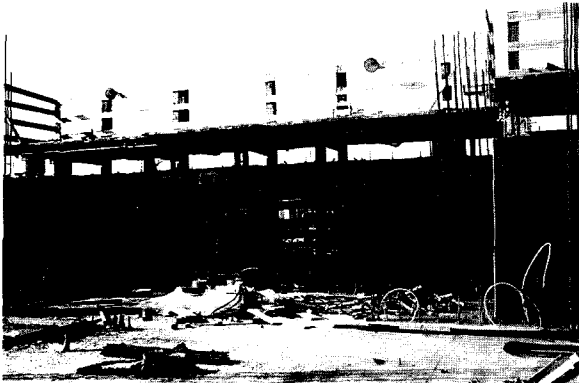


그림 15. Scaffold Unit과 연결된 Gang Form의 상부층 설치

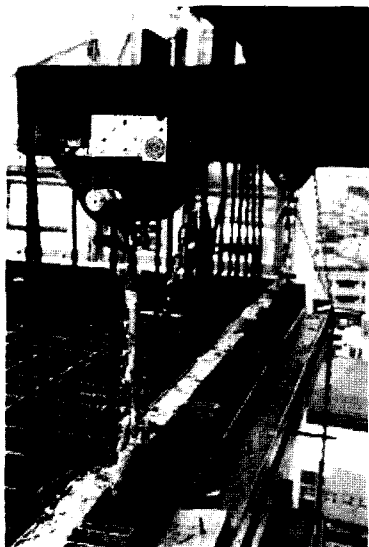


그림 16. Scaffold Unit에 Chain으로 연결

(3) Hydraulic Climbing Unit

SCF를 자동으로 인양할 때 사용되는 Hydraulic Climbing System은 Hydraulic Pump, Hydraulic Hose, 피스톤, 리모콘, 모터 등으로 구성되는 동력전달장치이다. Hydraulic Pump는 -1레벨 작업발판에 위치한다. [그림 17]은 -1레벨 작업발판에 위치한 Hydraulic Pump이며, [그림 18]은 레일과 Scaffold Unit 인상을 위한 피스톤을 보여준다.



그림 17. Hydraulic Pump

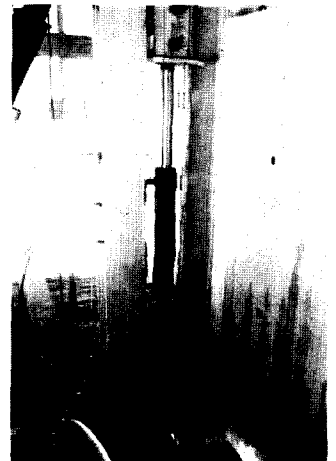


그림 18. Hydraulic Piston

3) Self Climbing System의 장단점

Self Climbing System의 현장 적용의 가장 큰 이유는 층당 6일 공정을 달성하기 위한 공기단축의 목적과 대지경계선과 최소 1.5m에 불과한 이격거리로 인접 도로에 대한 낙하물의 안전성 확보에 있다.

Self Climbing System의 장점을 나열하면 다음과 같다.

- ① 타워크레인의 사용 없이 자동으로 인양, 설치한다.
- ② 벽체에 부착된 상태로 인양되므로 낙하비래를 방지하고 안전성을 확보한다.
- ③ 거푸집과 프레임의 높은 강성으로 우수한 골조품질을 확보한다.

Self Climbing System의 단점은 다음과 같다.

- ① 시스템 적용 단가가 높다.
- ② 레일을 고정하기 위해 요구되는 콘크리트의 강도가 200kgf/cm² 이상이다(Rail System과 Gang Form의 소요강도 50kgf/cm²).
- ③ 초기 세팅 시간이 15일로 타 외벽시스템에 비해 오래 걸린다(Rail System 13일, Gang Form 10일).

3.2 Rail System

1) 시스템 개요

Rail System은 Self Climbing System의 장점을 유지하며, 비용면에서 보다 경제적인 시스템으로 두 시스템의 가장 큰 차이점은 인양 방식의 차이에 있다. Self Climbing System은 유압 인양장치를 사용하여 스스로 인양되는 반면 Rail System은 Crane을 사용하여 인양한다. Rail System은 Rail Scaffold System과 Rail Formwork System의 두 유형이 있으며, 두 System 모두 Rail을 타고 인양되는 고층 구조물 시공용 외부비계와 거푸집 System이다. 구의 아크로리버에는 Rail Scaffold System이 적용되었다([그림 19] 참조).



그림 19. Rail Scaffold System

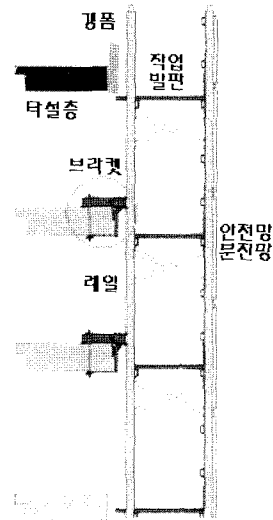


그림 21. Rail Scaffold System의 구성

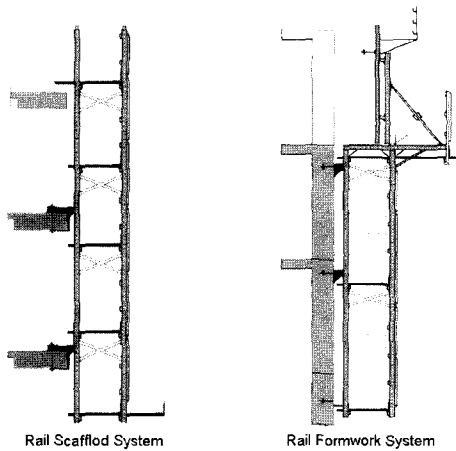


그림 20. Rail System

(1) Rail Scaffold System

인양식 외부비계 시스템으로, 적용되는 구조물은 콘크리트 면적이 비교적 적은 슬래브, Beam 또는 Column 및 Stop-end(마구리)용 거푸집만 필요한 경우, 외부 비계 시스템에 마구리용 거푸집만 장착한채 시공, 인양하는 시스템이다([그림 20] 참조).

(2) Rail Formwork System

인양식 외부 Climbing Wall Formwork System으로 적용되는 구조물은 고층구조물의 측벽, 그리고 건물외부 구조물 설치가 발코니 등으로 비교적 거푸집 면적이 많이 설계된 구조물에 적용하여 시공, 인양하는 System이다([그림 20] 참조).

(3) Rail System의 구성

Rail 시스템은 선타설된 부위에 Anchoring을 통하여 Rail Bracket를 설치하고 여기에 Rail을 고정시키며, Rail에 작업발판을 고정시켜 설치되는 시스템이다. 작업발판 상부에는 슬래브 Stop-end용 Gang Form이 설치된다([그림 21] 참조).

(1) Anchoring System

선타설 부위에 Bracket을 연결하기 위하여 여러 타입의 Anchoring System이 적용될 수 있다. 구의 아크로리버에 적용된 Anchoring System은 슬라브를 관통하여 정착하는 시스템이 적용되었다([그림 22] 참조). Rail의 부착을 위한 Rail Bracket를 현장 설치한 모습은 [그림 23]과 같다.

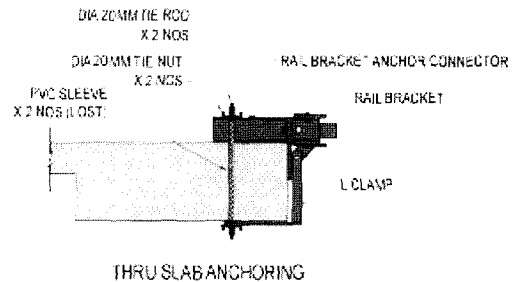


그림 22. Anchoring System

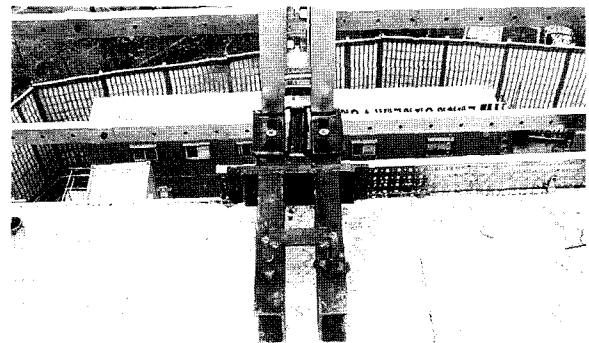


그림 23. Bracket과 Rail 연결

(2) 작업 발판

Rail Scaffold System의 작업발판은 +1, 0, -1, -2 Level에 설치되며 발판의 폭은 1.06m로 Gang Form System의 달비계의 작업발판(0.8m)와 달리 작업 공간이 넓으며, 필요에 따라 많은 자재를 올려 놓을 수 있다. 또한 외부에 설치된 안전망은 낙하물 방지에 효과적이며, 보다 안전한 작업환경을 조성한다([그림 24] 참조).

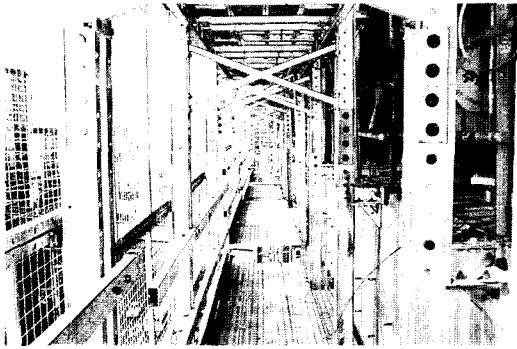


그림 24. Rail Scaffold System 내부



그림 25. Stop-end용 Gang Form

(3) Stop-end 용 Gang Form

Rail Scaffold System 상부에는 슬라브 측면이 Stop-end용 거푸집이 Gang Form 형태로 설치된다([그림 25] 참조).

3) Rail Scaffold System의 장단점

Rail Scaffold System은 Self Climbing System과 마찬가지로 레일을 타고 인양되기 때문에 거푸집이 콘크리트면과 분리되지 않아 작업시 안전성 확보와 콘크리트 공사의 품질 확보에 유리한 특성을 갖는다. Self Climbing System과의 차이점은 Crane을 사용하여 인양한다는 점이다.

현장관리 측면에서 Rail System을 적용함으로써 1) 안전 개선효과, 2) 시공품질 및 공사장 환경개선효과, 3) 넓은 작업발판으로 인한 작업 능률 향상, 4) 상대적으로 저렴한 비용의 장점이 있다. 다만 국내에서 처음

적용함에 따라 초기 Setting 시간이 과도하게 걸렸으며, 15개의 Unit으로 구성된 Rail Scaffold를 인양하는데 꼬박 하루가 걸린다는 문제점이 있다. 또한, 인양방법은 SCF와 달리 자체적으로 불가능하므로 T/C에 의존해야 하고 이에 따른 T/C의 시간배정계획에 큰 영향을 받을 수 있다.

3.3 외벽 시스템의 성능비교

구의 아크로리버 현장 A동(37층)에는 외벽 시스템으로 Rail System과 SCF 시스템이 적용되었고 B동(29층)에는 갱폼이 적용되었다. 각각의 시스템의 특성상 직접 비교하기는 어려우나 가급적 서로 성능을 비교해 보기 위하여 아래의 [표 2]와 같이 비교항목을 정하여 비교하여 보았다. 이 경우, 각 시스템에 대한 비교는 동일건물에 적용하는 것을 기준으로 환산하여 비교한 것이다.

표 2. 외벽 거푸집 시스템 특성 비교

항 목	Gang Form	Rail System	SCF
재설치시간	1일	1일	0.7일
작업인원	4명	4명	4명
초기조립시간	10일	13일	15일
콘크리트 요구강도	50kgf/cm ² 이상	50kgf/cm ² 이상	200kgf/cm ² 이상
골조품질	양호함	양호함	우수함
경제성	저가	중저가	고가
안전성	양호함	우수함	우수함
작업성	양호함	우수함	우수함

4. 맺음말

초고층 건축물에 적용되는 거푸집 시스템에 대하여 당사에서 시공중인 구의 아크로리버 현장의 사례를 중심으로 기술하였다. 내부 거푸집 시스템으로 적용한 Topec 거푸집 시스템과 Rasto 거푸집 시스템은 그 시공성이 우수하고 콘크리트면의 품질이 우수하다는 점이 입증되었다. 다만 벽체 시스템으로 적용된 Rasto 시스템은 단위 패널의 무게가 무거워 소운반 및 설치작업시 부재 핸들링이 어렵다는 단점이 있다. 현재 벽체 거푸집으로 다양한 형태의 거푸집이 개발되어 적용되고 있으며, 보다 작업성이 우수한 벽체거푸집 시스템과 병행하는 사용하는 것도 고려해 보아야 할 것이다.

외벽거푸집 시스템은 본고에서 서술한 것 이외에도 많은 거푸집개발사에서 개발한 시스템에 따라 다양한 시스템이 있고 또한 이에 따라 작업성 및 경제성에서도 약간씩 차이가 있게 된다. 그러나 전체적으로 보면, 기존의 재래식 거푸집과 최근의 대형시스템 거푸집으로 나눌 수 있으며, 이 때 대형거푸집은 ACS와 같은 시스템 자체적으로 인양할 수 있는 시스템과 Gang Form과 같이 T/C으로 인양해야 하는 시스템으로 크게 나누어 볼 수 있다. ACS의 경우 구조물의 품질이나 안전성 측면에서는 상당히 우수하다고 볼 수 있으나 경제성 측면에서는 다른 시스템에 비해 불리하다. 따라서 최근 ACS와 같은 안전성을 유지하면서도 경제성 측면에서 기존의 Gang Form과 유사한 장점을 가지는 Rail Scaffold System이 개발되어 당 현장에 국내 최초로 적용되었다. 이 시스템은 ACS와 Gang Form System의 장점을 어느 정도 보완한 중간정도의 장점을 가지고 있어 향후 적절한 현장을 대상으로 적용한다면 부분적으로 매우 우수한 외벽시스템으로 활용할 수 있을 것으로 생각된다.

신 간 안 내

이 책은 1부에서는 건설업에 종사하는 기술자의 자세와 의식을 중심으로 정리하였고, 제2부에서는 기술적인 사항 중에서 건축의 가장 중요한 요소인 구조와 주요공법을 중심으로 기술하였다. 학교에서 배우지 못하는 현장의 생생한 경험과 실무지식을 담아 현재 대학에서 건축을 전공하는 학생들과 현업에 입문한 초급기술자들에게 도움이 될 것이다.

책 명 : 건축, 사람과 현장
 책 형 : A5 / 262pp
 저 자 : 이경섭
 발 행 : 도서출판 기문당
 정 가 : 10,000
 저자소개 : 이 경 섭

서울대학교 공과대학 건축학과 졸업
 서초동 나라종합금융사옥 현장소장
 역삼동 디오빌 현장소장
 현재, 대우건설 건축사업기획팀장

