

특 집

|| 거푸집과 콘크리트 ||

외벽 거푸집 시스템 (구의 아크로리버 현장 사례를 중심으로) - Exterior Wall Formwork System -



김동진*



김욱종**



신동호***



이도범****

1. 개요

1.1 공사개요

구의 아크로리버 현장은 서울의 동쪽에 위치한 지하 5층, 지상 37층과 지상 22/26/29층 2개 동의 업무/판매시설 및 공동주택을 신축하는 주상복합형 프로젝트로서 주변에 강변시외버스터미널과 테크노마트가 바로 인접하여 평소 유동인구가 매우 많은

곳에 위치해 있다. <그림 1>은 구의 아크로리버의 조감도이며, 공사개요는 <표 1>과 같다.

1.2 구조개요

1.2.1 구조시스템

- 1) 지상층 구조시스템 : 철근 콘크리트 구조
- 저층부(판매/업무시설) : 플랫 슬래브(flat slab)
+ RC 기둥

표 1. 구의 아크로리버 공사개요

구 분	내 용
공 사 명	대림 아크로리버 신축공사
위 치	서울 광진구 구의동 589-10
공사기간	2001. 2 ~ 2004. 2(37개월)
지역지구	준주거지역
대지면적	5,975 m ² (1,807 평)
건축면적	2,904 m ² (879 평)
연 면 적	64,879 m ² (19,626 평)
규 모	지하 5층, 지상 37층 1개 동, 지상 29/26/22층 1개 동, 옥탑 3층
용 도	판매시설/업무시설 공동주택 220세대
구 조	철근 콘크리트 구조
건물최고높이	120 m



그림 1. 구의 아크로리버 조감도

* 정회원, 대림산업(주) 기술연구소 연구원
 ** 정회원, 대림산업(주) 기술연구소 선임연구원
 *** 대림산업(주) 구의 아크로리버 현장 공사과장
 **** 정회원, 대림산업(주) 기술연구소 부장

특 집

- 고층부(주거시설) : 평판 슬래브(flat plate) + 벽식구조
- 기준층고 1F & 5F : 6.0 m
2 ~ 4F : 4.5 m
6 ~ 37F : 3.0 m
- 2) 지하층 구조시스템 : 철근 콘크리트 구조
 - 플레이트 슬래브+ RC 기둥 + 합벽
 - 기준층고 B1F : 4.2 m
B2 ~ B5F : 3.3 m

1.2.2 기준층 골조공사 계획

1) 콘크리트의 강도발현 조건 및 설계

콘크리트의 설계강도는 벽, 기둥의 경우 $390 \sim 270 \text{ kgf/cm}^2$ 이며, 슬래브는 270 kgf/cm^2 이다. 공기확보를 위한 조기강도 발현이 요구되어 벽체는 50 kgf/cm^2 , 슬래브는 거푸집 필러 사용 시 36시간에 120 kgf/cm^2 이상의 강도가 요구되었다. 또한 대형 거푸집 적용에 따른 매립앵커의 정착을 위한 소요강도 발현이 요구되었으며, 소요강도는 24시간에 100 kgf/cm^2 이상이 요구되었다.

2) 거푸집 계획시 고려사항

기준층 사이클 공기로 6일/층이 계획되었으며, 이를 실현하기 위하여 V/H 동시타설로 계획하였다. 슬래브 거푸집의 규격 특성 상 공기지연의 요인이 되는 벽체 및 슬래브의 일식거푸집 사용은 고려대상에서 제외되었으며, 외부 갱폼의 영향으로 양중에 제약 을 받는 내부 시스템폼의 사용도 고려대상에서 제외되었다.

외부 거푸집의 경우 37층에 이르는 고층공사이므로 안전성 확보를 위한 거푸집 시스템이 요구되었으며, 골조공사의 품질확보 와 경제성, 작업성이 좋은 거푸집 시스템이 요구되었다. 무엇보다도 층당 6일 공기를 만족시킬 수 있는 거푸집 시스템이 요구되었다. 구의 아크로리버의 거푸집 공사계획에서는 이러한 사항을 만족시키기 위하여 37층 건물의 외벽 거푸집 시스템으로 레일 시스템(rail system)과 셀프 클라이밍 시스템(self climbing system)을 적용하였다. 29층의 B동에는 갱폼 시스템(gang form system)을 적용하였다.

다음절에서는 적용된 외벽 시스템의 특성과 장단점에 대하여 살펴보기로 한다.

2. 외벽 거푸집 시스템

당 현장의 외벽 거푸집으로는 SCF(Self Climing Formwork), 레일 비계 시스템(rail scaffold system)과 갱폼 등 크게 3가지의 시스템이 적용되었다. 특히 SCF는 국내에서는 대림 도록 아크로벨, 삼성 타워펠리스 등 앞서 시공된 초고층 건축물 에서 코어 선행공법으로 주로 사용되어 왔던 셀프 클라이밍 시

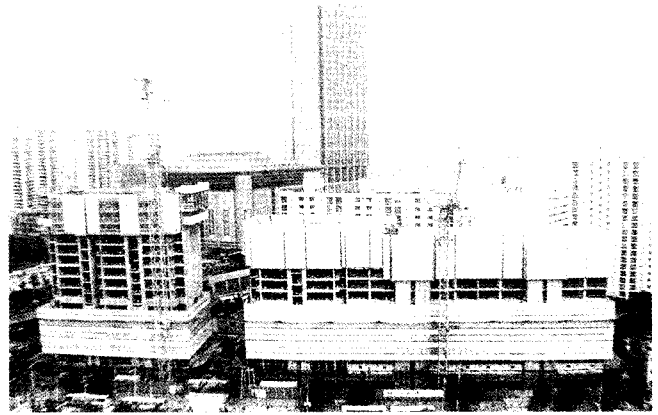


그림 2 공사 진행 현황(2002년 7월 현재)

템의 일종이며, 레일 비계 시스템은 갱폼의 양중방법을 보완하여 개발한 시스템으로 국내에서는 최초로 적용되는 시스템이다. 당 현장에서는 각각의 장점에 따라 적용부위를 달리 하였다. 적용위 치는 A동의 측벽에 적용되는 거푸집 시스템이 셀프 클라이밍 시스템이며, 전후면 발코니 부분으로 적용되는 시스템이 레일 시스템이다. B동은 갱폼 시스템으로 적용되었다. 각 외벽 거푸집 시스템에 대한 자세한 내용은 뒤에 각 절에서 설명하도록 한다.

2.1 SCF(Self Climbing Formwork)

2.1.1 시스템 개요

아크로리버의 A동 주거층(6층 ~ 37층)의 측벽에는 셀프 클라이밍 시스템이 적용되었다. 셀프 클라이밍 시스템에는 PERI사의 ACS(Automatic Climbing System), DOKA사의 SKE(Selbst Kletter Einheit), Hünnebeck사의 SCF(Self-Climbing Formwork) 등이 있으며 구의 아크로리버에는 Hünnebeck사의 SCF가 적용되었다.(<그림 3> 참조)

셀프 클라이밍 시스템은 국내에서는 대림 아크로타운 신축공사 에서 코어 벽체(core wall) 선행공법에 처음 도입되었으며, 현재에는 코어 벽체 뿐만 아니라, 외벽, 슬래브/보의 마구리에도 적

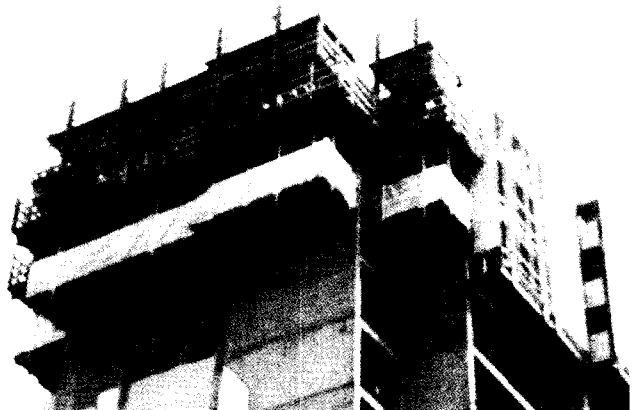


그림 3 셀프 클라이밍 시스템

시스템을 채택하였다. 이에 대한 자세한 사항은 다음절에서 설명하도록 한다.

2.1.2 SCF의 구성

SCF는 각종 작업발판을 장착한 시스템폼과 자동인양장치를 결합한 거푸집 시스템이다. SCF의 구성요소는 1) 비계 유닛(scaffold unit), 2) 거푸집 유닛(formwork unit), 3) 유압 인양 장치(hydraulic climbing unit)으로 구분 수 있다. 시스템의 단면과 구성요소는 <그림 4>와 같다.

1) 비계 유닛(scaffold unit)

비계 유닛은 4단의 공사용 작업발판과 발판을 지지하는 철제 프레임에 지칭한다. 비계 유닛은 먼저 타설된 부위 벽체에 매립된 콘(cone)에 슈우(shoe)를 설치하고 여기에 고정되는 레일과 각종 프레임, 작업발판으로 구성된다. <그림 5>는 SCF를 벽체에 세팅하는 과정을 보여준다. <그림 6>은 벽체에 매립하는 콘의 형태이다. <그림 7>은 먼저 타설된 부위 벽체에 매립된 콘에 슈우를 부착하고, 레일을 인양시켜 연결하는 모습이다.

2) 거푸집 유닛(formwork unit)

거푸집은 갱폼 형태로 조립되어 +2 레벨 발판(콘크리트 타설용 작업발판)을 지지하는 보에 체인으로 연결된다. 벽체에 부착된 레일을 타고 작업발판이 인상될 때 갱폼도 같이 인상된다. <그림 8>은 비계 유닛과 연결된 갱폼을 상부층으로 인양한 이후 내부에서 촬영한 사진이다. <그림 9>는 비계 유닛과 갱폼이 체인으로 연결된 모습을 보여준다.

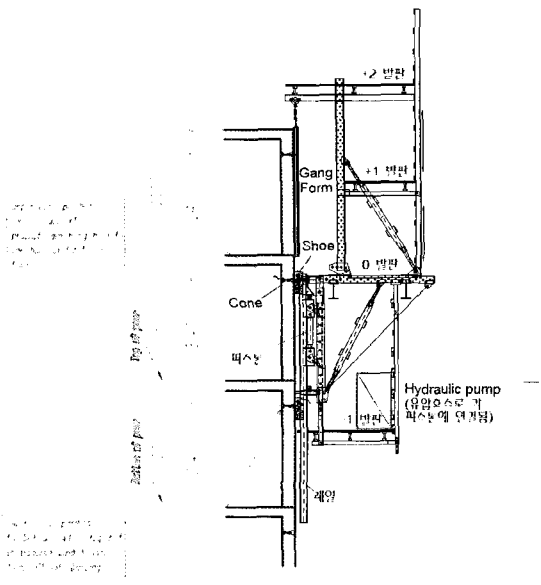


그림 4. SCF 구성도

용되고 있다. 셀프 클라이밍 시스템은 고가의 거푸집 시스템임에도 불구하고 타워 크레인의 지원 없이 자체 인양하여 양중장비(타워 크레인) 사용의 효율을 극대화하고, 일체화된 형틀 조립으로 공사종료까지 반복 사용하여 정밀시공을 가능하게 하는 시스템이다. 또한, 기상 조건의 변화에 따른 영향이 적어 공정의 차질이 적으며, 이 모든 것에 우선하여 인양시 콘크리트면에서 시스템이 분리되지 않기 때문에 고소 작업과 관련없이 안전성을 최대화하는 장점이 있는 시스템으로 그 적용 범위를 넓혀 가고 있는 추세이다. 최근에는 고가의 셀프 클라이밍 시스템의 대안으로 레일 시스템이 개발되었으며, 구의 아크로리머의 경우 레일 비계

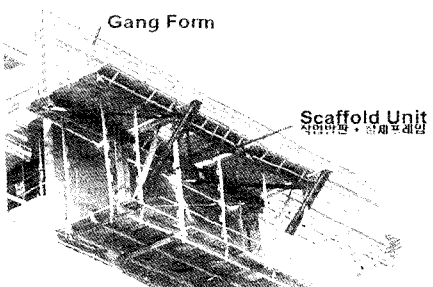


그림 5. 비계 유닛(scaffold unit)

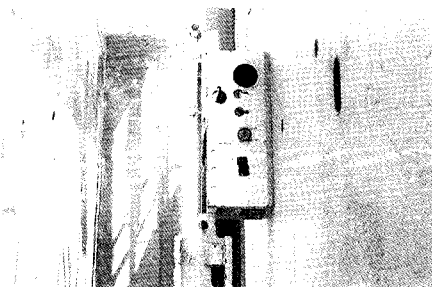


그림 7. 부착된 슈우(shoe)에 레일 연결

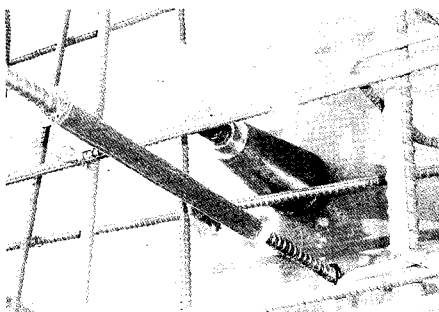


그림 6. 콘(cone) 매립

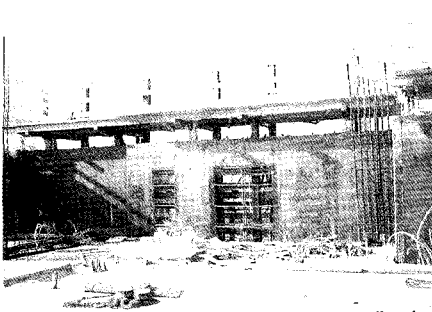


그림 8. 비계 유닛(scaffold unit)과 연결된 갱폼(gang form)의 상부층 설치

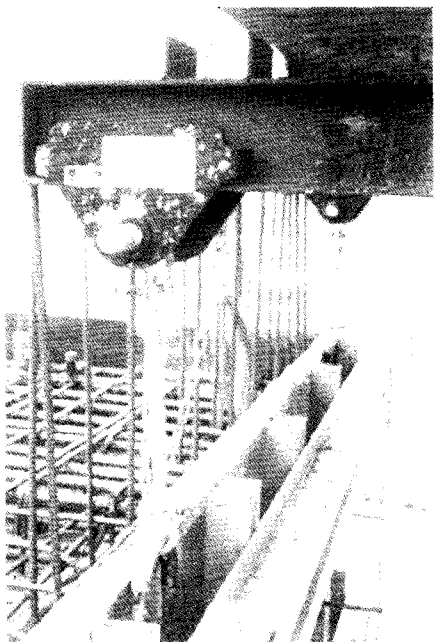


그림 9. 비계 유닛(scaffold unit)에 체인으로 연결

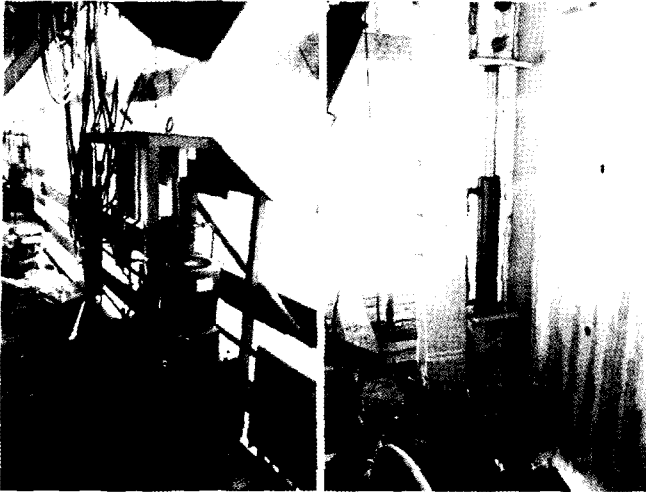


그림 10. 유압 펌프

그림 11. 유압 피스톤

3) 유압 인양 장치(hydraulic climbing unit)

SCF를 자동으로 상승시킬 때 사용되는 유압 인양 장치는 유압 펌프, 유압 호스, 피스톤, 리모콘, 모터 등으로 구성되는 동력 전달장치이다. 유압 펌프는 -1 레벨 작업발판에 위치한다. <그림 10>은 -1 레벨 작업발판에 위치한 유압 펌프이며, <그림 11>은 레일과 비계 유닛의 인양을 위한 피스톤을 보여준다.

2.1.3 셀프 클라이밍 시스템의 장단점

셀프 클라이밍 시스템의 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.

셀프 클라이밍 시스템의 장점을 나열하면 다음과 같다.

- ① 타워 크레인의 사용 없이 자동으로 인양, 설치한다.
- ② 벽체에 부착된 상태로 인양되므로 낙하·비래를 방지하고 안전성을 확보한다.
- ③ 거푸집과 프레임의 높은 강성으로 우수한 골조품질을 확보한다.

셀프 클라이밍 시스템의 단점은 다음과 같다.

- ① 시스템 적용 단가가 높다.
- ② 레일을 고정하기 위해 요구되는 콘크리트의 강도가 200 kgf/cm² 이상이다.(레일 시스템, 강품 50 kgf/cm²)
- ③ 초기 세팅 시간이 15일로 다른 외벽 시스템에 비해 오래 걸린다.(레일 시스템 13일, 강품 10일)

2.2 레일 시스템(rail system)

2.2.1 시스템 개요

레일 시스템은 셀프 클라이밍 시스템의 장점을 유지하며, 비용 면에서 보다 경제적인 시스템으로 두 시스템의 가장 큰 차이점은 인양 방식의 차이에 있다. 셀프 클라이밍 시스템은 유압 인양장치를 사용하여 스스로 인양되는 반면 레일 시스템은 크레인을 사용하여 인양한다. 레일 시스템은 레일 비계 시스템(rail scaffold system)과 레일 거푸집 시스템(rail formwork system)의 두 유형이 있으며, 두 시스템 모두 레일을 타고 인양되는 고층 구조물 시공용 외부비계와 거푸집 시스템이다. 구의 아크로리버에는 레일 비계 시스템이 적용되었다.<<그림 12> 참조)

1) 레일 비계 시스템

인양식 외부비계 시스템으로, 적용되는 구조물은 콘크리트 면적이 비교적 적은 슬래브, 보 또는 기둥의 마구리용 거푸집만 필요한 경우, 외부 비계 시스템에 마구리용 거푸집만 장착한 채 시공, 인양하는 시스템이다.<<그림 13> 참조)

2) 레일 거푸집 시스템

인양식 외부 벽 거푸집 시스템(climbing wall formwork system)으로, 적용되는 구조물은 고층 구조물의 측벽, 건물의주부와 같이 구조물 설계가 발코니 등으로 비교적 거푸집 면적이 많이 설계된 구조물에 적용하여 시공, 인양하는 시스템이다.<<그림 13> 참조)



그림 12. 레일 비계 시스템

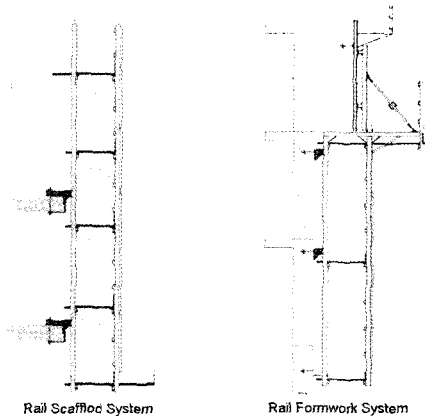


그림 13. 레일 시스템

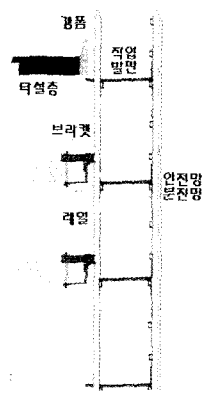


그림 14. 레일 비계 시스템의 구성

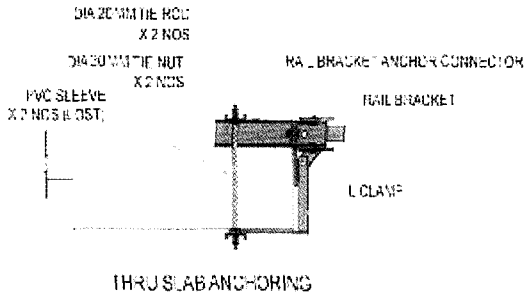


그림 15. 정착 시스템

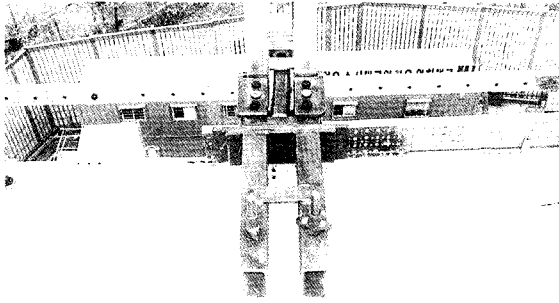


그림 16. 브래킷과 레일 연결

2.2.2 레일 시스템의 구성

레일 시스템은 먼저 타설된 부위에 정착(anchoring)을 통하여 레일 브래킷(rail bracket)을 설치하고 여기에 레일을 고정시키며, 레일에 작업발판을 고정시켜 설치되는 시스템이다. 작업발판 상부에는 슬래브 마구리용 갱폼이 설치된다.((그림 14) 참조)

1) 정착 시스템(anchoring system)

먼저 타설된 부위에 브래킷을 연결하기 위하여 여러 타입의 정착 시스템이 적용될 수 있다. 구의 아크로리머에 적용된 정착 시스템은 슬래브를 관통하여 정착하는 시스템이 적용되었다((그림 15) 참조). 레일의 부착을 위한 레일 브래킷을 현장 설치한 모습은 (그림 16)과 같다.

2) 작업 발판

레일 비계 시스템의 작업발판은 +1, 0, -1, -2 레벨에 설치되며 발판의 폭은 1.06m로 갱폼 시스템의 달비계의 작업발판

(0.8m)과 달리 작업 공간이 넓으며, 필요에 따라 많은 자재를 올려놓을 수 있다. 또한 외부에 설치된 안전망은 낙하물 방지에 효과적이며, 보다 안전한 작업환경을 조성한다.((그림 17) 참조)

3) 마구리용 갱폼

레일 비계 시스템 상부에는 슬래브 측면이 마구리용 거푸집이 갱폼 형태로 설치된다.((그림 18) 참조)

2.2.3 레일 비계 시스템의 장단점

레일 비계 시스템은 셀프 클라이밍 시스템과 마찬가지로 레일을 타고 인양되기 때문에 거푸집이 콘크리트면과 분리되지 않아 작업시 안전성 확보와 콘크리트 공사의 품질 확보에 유리한 특성을 갖는다. 셀프 클라이밍 시스템과의 차이점은 크레인을 사용하여 인양한다는 점이다.

현장관리 측면에서 레일 시스템을 적용함으로써 1) 안전 개선 효과, 2) 시공품질 및 공사장 환경개선효과, 3) 넓은 작업발판으로 인한 작업 능률 향상, 4) 상대적으로 저렴한 비용의 장점이 있다. 다만 국내에서 처음 적용함에 따라 초기 세팅 시간이 과도하게 걸렸으며, 15개의 유닛으로 구성된 레일 비계를 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.

2.3 갱폼 시스템(gang form system)

2.3.1 시스템 개요

갱폼이라 함은 사용할 때마다 작은 부재의 조립, 분해를 반복하지 않고 대형화, 단순화하여 한번에 설치하고 해체할 수 있는 시스템화된 거푸집을 말한다. 국내에서 갱폼은 일반적으로 주로 고층아파트에서와 같이 상·하부 동일 단면구조를 가지고 있는 경우 외부 벽체 거푸집과 거푸집의 설치·해체 작업 및 미장·건출 작업 발판용 케이지(달비계)를 일체로 제작하여 사용하는 대형 거푸집 시스템을 의미한다. 본고에서 갱폼 시스템이라 명명한 것은 갱폼 + 달비계로 이루어진 일체식 시스템을 의미한다.((그



그림 17. 레일 비계 시스템 내부

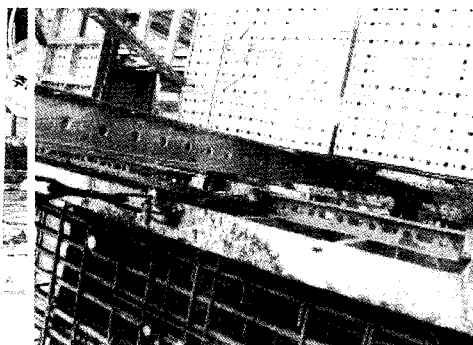


그림 18. 마구리용 갱폼

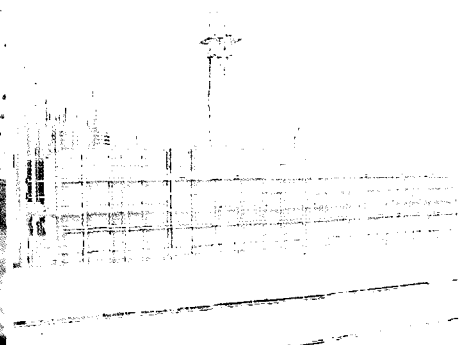


그림 19. 갱폼 시스템

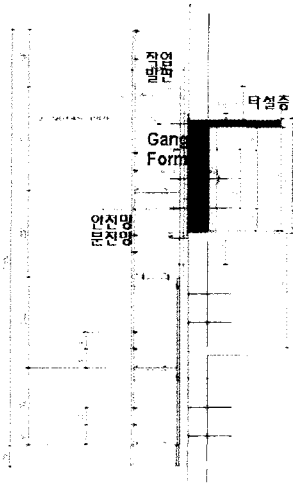


그림 20. 갱폼 시스템의 구성

림 19) 참조)

갱폼의 제작을 위해서는 구조도면과 건축도면의 검토, 내부 거푸집(유로폼 등)과의 접속방법, 조립 및 해체방법 등이 사전 검토되어야 하며, 현장 특수성 또한 고려되어야 한다. 구의 아크로리버의 B동에 갱폼을 적용하기 위해서 다음과 같은 사항이 고려되었다.

- ① 고강도 콘크리트 및 벽체 두께 증가에 따른 거푸집 측압고려 (콘크리트 강도 : 390 kgf/cm², 벽체 두께 : 300 cm, 400 cm)
- ② 한강변에 위치한 초고층 건물로 풍하중 고려(35 m/sec)
- ③ 부지 인근 소음 및 분진차단을 위한 방음막 설치 고려(우성 아파트, 구남초등학교 등)
- ④ 발판 작업하중 고려(600 kgf/m²)

2.3.2 갱폼 시스템의 구성

갱폼 시스템은 사각파이프, 평철판, 작업대 등과 그 외 거푸집 조립용 철물(form tie)들로 구성되며 별도의 동바리와 구조 부재 없이 사용이 가능하고 특별한 규격 없이 건축물의 모양이나 규격에 적합하게 설계하여 사용한다. (<그림 20> 참조)

2.3.3 갱폼 시스템 적용의 장단점

구의 아크로리버에 적용된 타 외벽 거푸집 시스템과 비교하여 갱폼 시스템의 장점과 단점은 다음과 같다.

- 갱폼 시스템의 장점

- ① 초기 조립/설치(setting) 시간이 10일 정도로 다른 시스템에 비하여 빠르다. (레일 시스템 : 13일, SCF : 15일)
- ② 비용이 경제적이다.

- 갱폼 시스템의 단점은 다음과 같다.

- ① 거푸집의 해체 및 재설치시 콘크리트면과 완전히 이격하여 작업이 되므로 안전관리상 불리하다.
- ② 작업발판이 다른 시스템에 비하여 좁아 작업환경에 불리하다. (레일 시스템 : 1.06 m, 갱폼 : 0.8 m)
- ③ 자체적으로 인양이 불가능하고 T/C에 의존하여야 하므로 T/C 계획이 상당히 중요하다.

2.4 외벽 시스템의 성능비교

구의 아크로리버 현장에 적용된 외벽 시스템은 크게 세 가지로 나누어 볼 수 있다. 각각의 시스템의 특성상 직접 비교하기는 어려우나 가급적 서로 성능을 비교해 보기 위하여 <표 2>에서 비교항목을 정하여 비교하여 보았다. 이 경우, 각 시스템에 대한 비교는 동일건물에 적용하는 것을 기준으로 환산하여 비교한 것이다.

3. 맺음말

초고층 건축물에 적용되는 외벽 거푸집 시스템에 대하여 당사에서 시공중인 구의 아크로리버 현장의 사례를 중심으로 기술하였다. 외벽 거푸집 시스템은 본고에서 서술한 것 이외에도 많은 거푸집 개발사에서 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 갱폼과 같이 T/C로 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 갱폼과 유사한 장점을 가지는 레일 비계 시스템이 개발되어 당 현장에 국내 최초로 적용되었다. 이 시스템은 ACS와 갱폼 시스템의 장점을 어느 정도 보완한 중간정도의 장점을 가지고 있어 향후 적절한 현장을 대상으로 적용한다면 부분적으로 매우 우수한 외벽 시스템으로 활용할 수 있을 것으로 생각된다. 끝으로 이러한 외벽 시스템에 대한 자료 및 상세를 제공해주신 구의 아크로리버 현장의 관계자 및 Hünnebeck 한국지사의 박인선 지사장님께 감사를 드립니다. ☐

참고문헌

- 1. 대한건축학회, 초고층 건축 거푸집 시스템 국제세미나, 1999, 11.
- 2. Doka, Doka Formwork Catalogue, 2001.
- 3. Hünnebeck, Perspectives-The World of Construction, 2001.
- 4. PERI, Handbook 2002 Formwork, 2002.

표 3. 외벽 거푸집 시스템 특성 비교

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