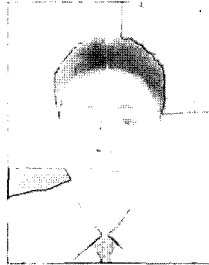


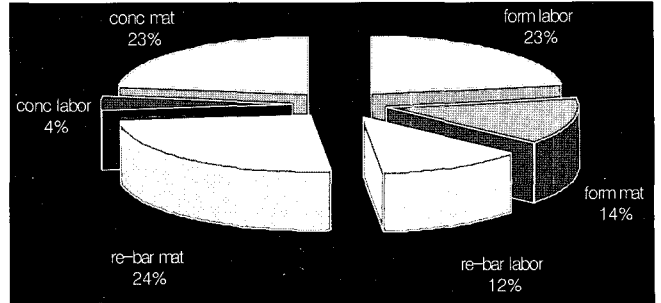
## Prefab Form / Re-bar(PF/R) 공법의 소개



반승진  
(주)ABM대표이사



장광식  
(주)ABM실장



노무비	재료비
23+12+4=39%(한국)	14+24+23=61%(한국)
46.7+8.7+7.8=63.2%(미국)	6+9+21.8=36.8%(미국)

그림 1. 국내 철근콘크리트조 아파트 골조공사비 구성

### 1. 개발 배경

최근 철근콘크리트 구조물의 합리적인 골조공사를 위한 다양한 시도가 성공과 실패를 거듭하며 발 빠르게 진행되고 있는데, 시대흐름에 걸맞은 재료의 개발과 공사 현장의 여건 변화가 새로운 시도를 요구하고 있다고 볼 수 있을 것이다. 새로운 자재나 공법은 종래의 그것들과 대비하여 안전관리나 품질관리의 용이성, 공기단축 또는 원가절감 효과 등 여러 가지 차별화된 내용으로 모두에서 앞서거나, 그 일부가 월등한 경쟁력이 있어서 종합적인 평가시에 우월하다는 것을 입증할 때에 범용화되는 것이 일반적이라 할 수 있다.

콘크리트 공사에 꼭 필요한 거푸집에 있어서 유로폼이 합판판넬 시장을 무너뜨린 과정 또는 알루미늄폼이 크게 대두되는 모습에 있어서나, 철구 구조물에서나 볼 수 있었던 공장 제작이 철근가공에 있어서도 같은 모습으로 진행되는 것을 볼 때에 동일한 건설자재를 평가하는 기준이 급속히 변화하는 것을 알 수 있다. 골조공사 기법에 있어서도 타워크레인의 계획이 일반화되고 기능 인력의 수급이 어려운 현실에 맞추어 대형화되고 사전 제작되는 경향이 심화되는 것도 당연한 결과라 아니할 수 없다.

한발 더 나아가 골조공사는 건설현장의 제자리에서 좋은 날씨에 숙련된 작업자의 손끝에서 이루어진다는 고정관념에서 탈피하여 사전 계획된 공장제작을 통해 골조부재를 생산하고 건설현장에서는 최소한의 작업으로 마무리를 하거나, 건설현장 내에 개설된 소규모 조립장을 통해 건축물의 해당부위에서 이루어지는 대부분의 공정을 안정적으로 수행할 수 있다면 그에 따른 안전관리, 품질관리, 공기단축은 자명한 일일 것이다.

따라서 본 기고에서 기존 골조 공사의 실태 확인 및 슬래브 부분에 한해 현장 적용되고 있는 PF/R 공법의 개념과 시공방법에 대해 소개한 후 향후 적용 가능 방향에 대해 기술하고자 한다.

### 2. PF/R 공법의 개념

이미 콘크리트 형틀을 위한 다양한 형태의 폼이 시장에 난립되어 있으며, 소위 시스템폼으로 불리는 대형폼들도 선을 보이고 있는 현실에서 PF/R은 전혀 새로운 골조공사 기법을 제안한다고 할 수 있는데 ‘철근을 포함한 대형 선조립폼’을 의미하는 그 명칭에서 개념을 정의할 수 있겠다.

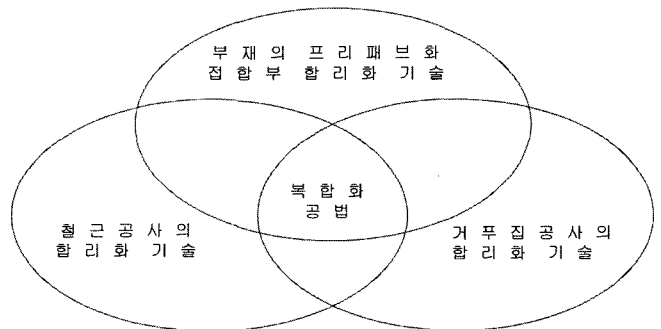


그림 2. 복합화 공법의 필요성

종래의 모든 시도는 형틀과 철근을 분리해서 생각하고 발전시켜왔다고 할 수 있는데, 그 가장 큰 이유는 골조공사시에 필요한 형틀공사와 건축물의 사용시에 필요한 철근의 용도가 전혀 다른 것이 분명하기 때문인 것

같다. PF/R의 제안 초기에는 이러한 대표적인 선입관받고도 막대한 공사비용의 증가예상을 필두로 부피에 따른 물류문제, 양중장비의 용량문제, 현장 야적장의 불가, 현장 작업분의 정밀도 문제 등 무수한 의문들이 제기되었는데, 이와 같은 요소들은 이미 개발이 완료되어 현장 적용되고 있는 R.C 라멘조 및 철골조용 PF/R SLAB를 통해 성공적으로 검증되고 있다.

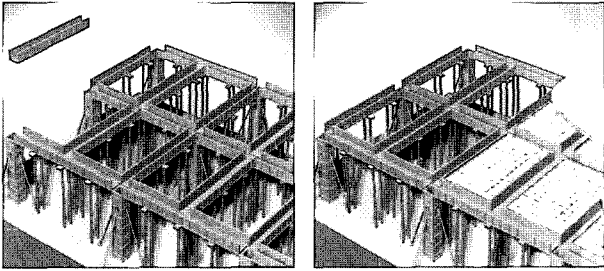


그림 3. 기존 R.C 라멘조용 PF/R SLAB

건설공사에 있어서의 신기술, 신공법의 개발이 성공하기 위해서는 여타 분야의 발명품과는 달리 경제성 부분을 간과하고는 성립될 수 없기 때문에 다양한 device의 개발과 다소 엉뚱할 정도의 아이디어를 통해 종래의 방법에 따른 공사비용과 비교될 수 있는 대안들이 제시되어야 한다.

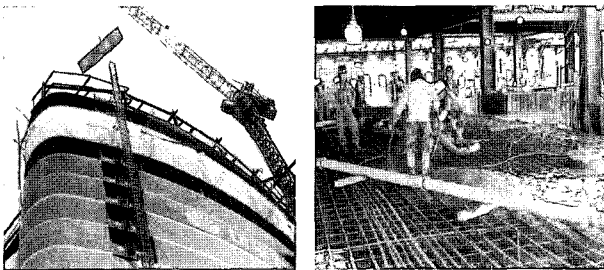


그림 4. 철골조(S조)용 PF/R SLAB

P.C 공사를 예로 든다면 사전 제작을 통한 현장작업의 최소화과 그에 따른 공기단축, 민원의 최소화, 고품질 확보 등의 여러 장점과 그에 따른 금융비용 절감을 통해 종래 공사비에 대비한 경쟁력을 효과적으로 검증받고 있으나 건설현장의 콘크리트 작업까지와 동일한 골조부재를 공장에서 생산하고 현장 반입하는 일련의 과정을 미루어 생각할 때 직접 공사비의 증가는 당연한 결과일 것이며, 어쩌면 P.C공사의 범용화 한계 중 가장 큰 이유일는지도 모를 일이다.

PF/R SLAB에 있어서는 종래의 골조공사와 대비하여 무지주공법이라는 대표적인 특징이 있으며, PF/R SLAB를 구성하는 기타의 device에 있어서도 다양한 아이디어를 통해 원가절감의 효과를 보고 있다. 간접비용의 절감 부분과 더불어 이와 같이 종래의 방법에 대비한 적극적

인 직접공사비의 경제성 비교 가능성을 타진하고 검증을 받으므로 해서 지속적인 연구, 개발을 통해 또 다른 PF/R 골조부재의 현실화를 앞당기고 있다.

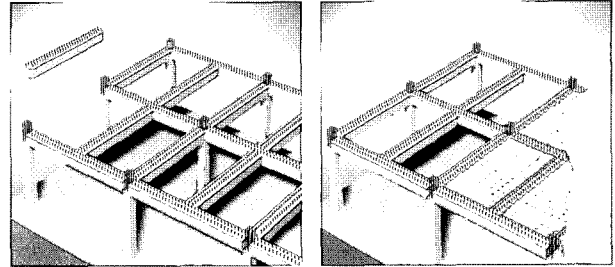


그림 5. P.C GIR. & COL. + PF/R SLAB

건설 분야에 있어서도 완벽한 완성품을 있을 수가 없을 것이며, 지속적인 제품 up-grade 노력을 해야만 한다. 노력의 방향은 다음과 같은 2가지 측면을 중시해야 하는데, 첫째 단순화, 모듈화에 관한 배려로써 이와 같은 공장생산물에 있어서 자동화에 따른 공장생산성은 사업의 성패를 좌우한다. 둘째 종래의 공법이나 자재와의 호환성이다. 자연스러운 시장접근에 실패한다면 빛을 보지 못하고 폐기처분되기가 십상이기 때문이다.

### 3. PF/R SLAB

이미 건설시장에 선을 보인 PF/R SLAB의 제작 및 시공방법, 특징 등과 현실적 어려움을 소개하므로 해서 이 공법의 시장성과 지속적으로 시도되고 있는 여타 PF/R 골조부재에 대한 예상을 해볼 수 있겠다. 물론 슬래브는 2차원 부재로써 슬래브를 제외한 3차원 부재들과의 현격한 차이를 인정하지 않을 수는 없겠으나 개발의 과정에서 거처가야 하는 단계가 있을 수밖에 없음을 진제한다.

개발 초기에는 각각의 소재는 공장생산을 통하고 개설된 현장조립장에서 완성품을 제작 완료하는 방법과 완성품의 공장생산 등의 두 가지 가능성을 고려하였으나, 대부분의 현장에서 현장조립장 개설의 어려움을 토로하였고 앞으로 소개하게 될 여러 가지 사유들에 의해서 후자의 방법을 선택하게 되었다.

#### 3.1 구조적 원리

건축물의 사용시를 대상으로 구조 설계된 슬래브의 양방향 철근은 철선을 이용하여 철근트러스로 구성하고 거푸집과 결속하는데, 주방향 철근트러스는 대형 멩에재의 역할로 무지주공법의 근간이 되며, 부방향의 철근트러스가 슬래브 판재의 격막작용을 하도록 하여 콘크리트 타설 등의 시공시에 안전하도록 한다.

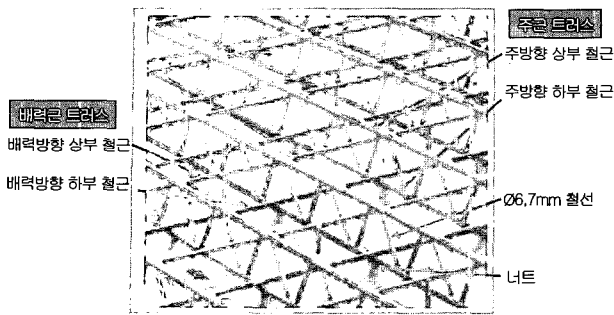


그림 6. PF/R SLAB의 상부 구성요소

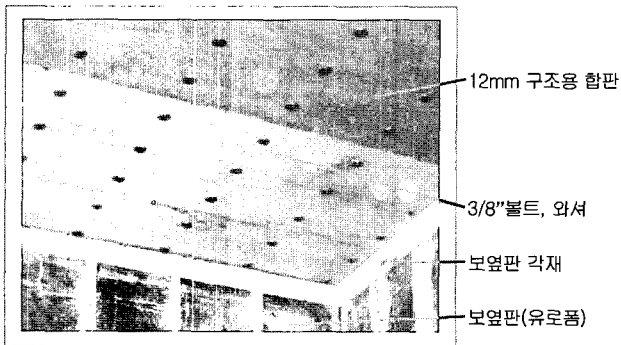
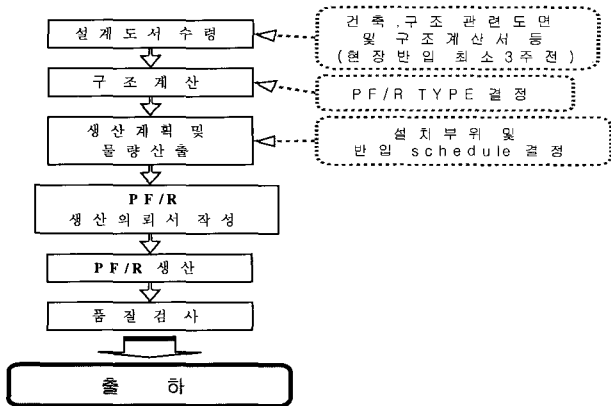


그림 7. PF/R SLAB의 하부 구성요소

### 3.2 제작 및 시공 흐름도

( 제작 흐름도 )



( 시공 흐름도 )

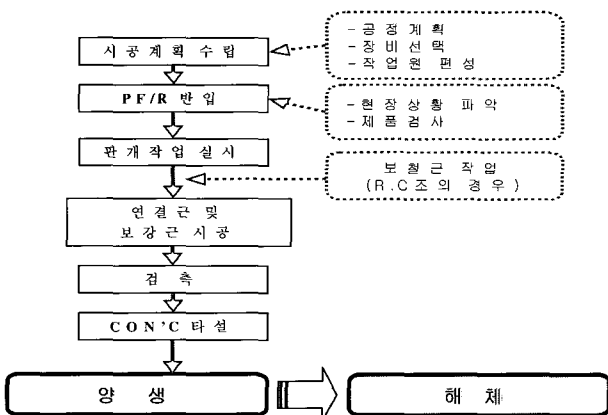


그림 8. 제작 및 시공 흐름도

Prefab에 따른 가장 큰 현실적 어려움은 생산의뢰의 시점에 있다. 건설공사를 수행하며 간혹 있을 수 있는 돌관 작업이 항시 진행되고 있고 그에 따른 결과가 개인의 혹은 그 시공사의 능력으로 평가받고 있는 현실 속에서 치밀한 사전 계획, 공정관리보다는 순발력이 요구되는 국내 건설현장의 여건은 건설현장의 공업화를 어렵게 하고 있다. 기후의 영향을 크게 받으며, 순조로운 인력수급 능력이 형틀업체의 능력으로 평가받는 국내 건설시장에서 사전 계획에 따른 생산성으로 기업의 경쟁력을 평가받아야 하는 공장을 소유한 제조업의 속성을 이해시키는 것이 쉽지 않다.

PF/R SLAB는 최소한 현장도착 3주전의 생산주문이 필요하며, 그로부터 각종 검토와 협의가 이루어지고 공장 내부적으로는 제품을 구성하는 소재별 작업지시에 따라 생산과정이 진행된다. Prefab에 의한 현장작업 최소화 성과가 P.C의 그것과 비교하여 얼마나 경쟁력이 있는지는 후설하기로 하고 P.C의 통상적인 생산의뢰가 3개월 전이라면 오히려 획기적인 준비기간이라 여길 수도 있다.

### 3.3 시공계획의 수립

PF/R SLAB는 JUST-IN-TIME의 공법이며 현장야적의 개념이 없다. 따라서 보형틀의 진행정도에 따라 출하지시를 하여야 하는데, 종래의 재래식에 대비하여 좀 더 적극적이며 치밀한 공정관리가 필요하다. 야적이 불가능하다는 의미가 아니며, 불필요한 야적장을 조성해야 하거나 양중장비를 2번 쓰고, 그에 따른 작업자가 필요하다면 prefab에 따른 현장작업 최소화의 가치는 이미 무산된 것이라 할 수 있다.

일반적인 1방향 슬래브의 크기는 트레일러 운반을 필요로 하게 되므로 반입차량의 진입계획이나 주차계획을 해야 한다. 이 과정에서 양중장비의 위치를 고려해야 하는 것은 당연하다 하겠다.

### 3.4 현장 반입

PF/R SLAB는 현장도착 요구일 하루 전에 상차를 해야 하는 것과 운송차량 수배 등을 고려해서 반입 예정일 2~3일 전에 출하지시를 하여야 한다.

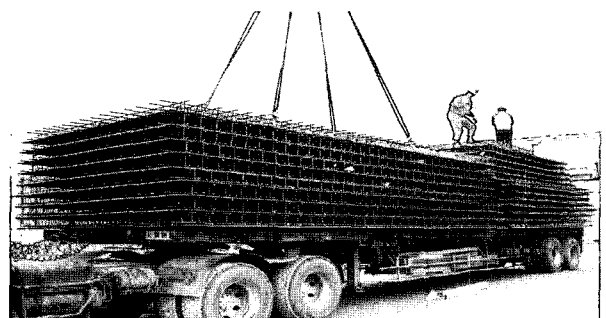


사진 1. PF/R SLAB의 현장반입

일일 출하량이 결정되면 편성된 작업원의 숫자와 양중장비의 능력에 맞추어 배치간격을 조절할 수 있다.

### 3.5 양중

PF/R 공법은 양중장비의 지원을 전제로 개발되고 있고 PF/R SLAB에 있어서도 적절한 양중장비의 지원이 필요하다. 장비의 종류나 용량별로 성과의 차이가 나게 되는데, T형 타워크레인의 경우라면 차량에서 해당하는 보형틀에로의 거치시간은 보통 3분 이내이다. 그렇다면 하루 8시간의 작업량은 제반 현장여건을 반영한다 해도 6시간 분량인 120판넬 이상의 작업은 가능해진다. 출하되는 PF/R SLAB 1판넬의 면적이 대체로 25~30㎡이므로 결국 타워크레인 1대의 1일 작업량은 3,000~3,600㎡라 할 수 있다.

PF/R SLAB의 무게는 슬래브의 두께나 건축물의 용도에 따른 철근량에 따라 다소 차이가 있으나 대체로 30kgf/㎡ 내외이며 판넬당 1tf 가량이다.

표 1. 양중장비에 따른 작업량

양중장비	1회 설치시간/1일 작업량 (1일 8시간 기준)	특징
타워크레인 (T.C)	통상 3분/1일 120판	- 전개속도가 빠름 - 공간의 제한이 없음
이동식크레인 (하이드로)	통상 5분/1일 80판	- 장비 용량에 주의 - 섹션별 양중계획 필요
PF/R Slab의 양중하중(3.5*8.0m 경우) (3.5*8) * (30kgf이내/㎡) + (100kgf 양중용 지그) = 940kgf		

양중에 있어서는 개발 초기에 대체로 2가지 문제가 제기되었는데, 첫째 세장한 대형판인 관계로 지게차를 이용한 소운반의 불가 문제와, 둘째 양중 양의 추가에 따른 양중장비의 용량문제가 그것이다. 전자의 문제제기는 전술한 바와 같이 JUST-IN-TIME의 관점에서 현장 소운반에 관하여는 불필요한 행위라 단정 지을 수 있다. 후자의 경우 또한 PF/R SLAB로 인해 전반적인 양중 양이 다소 많아지는 것은 인정되나 제품을 구성하는 요소가 대부분 거푸집이나 철근으로써 그것의 무게가 1tf 내외인 점을 감안하면, 결국 종래의 자재를 인양, 운반하던 내용에 비해 크게 늘었다고 하기는 어려울 것이다.

### 3.6 설치

PF/R SLAB 설치를 위한 작업자는 차량위에서 양중용 지그를 조작하는 2인과 보형틀 위에서 제품을 받아 거치시키는 3인 등 총 1개조 5인으로 구성되며, 작업자의 기능도는 높지 않아도 되는 것으로 평가 받고 있다.

제품의 출시 초기에는 몇 개 현장에서 판매뿐 아니라

설치작업 등의 현장시공을 직접 진행하므로써 새로운 공법에 대한 이해를 도왔다.

### 3.7 고정못 작업

PF/R SLAB를 설치하고 나면 보의 옆판에 고정시켜야 하는데 유로폼의 경우라면 보옆판의 상부에 각재를 고정시켜 놓도록 해서 PF/R SLAB 거푸집과의 고정못 작업을 통해 긴결시킨다.

작업자의 구성은 4~5인 정도가 적정하며 당일의 제품 입고량에 따라 추가인원으로 구성하든지 양중, 설치작업자가 병행할 수 있다. 예를 들어 당일 작업량이 3,000㎡라면 각각의 작업조를 편성하는 것이 옳겠고, 1,500㎡라면 5인으로 구성된 작업조가 오전에는 양중, 설치작업을 하고 오후에는 고정못작업을 하는 것이 바람직하다.

제품의 구성 중에 주방향 철근트러스의 단부에는 직봉이 있어서 PF/R SLAB 내에서 발생하는 연직하중을 보의 옆판으로 전달한다. 고정못의 역할은 연직하중의 전달이 아니며, 작업시나 콘크리트 타설시에 미끄러짐을 방지하는 것이다.

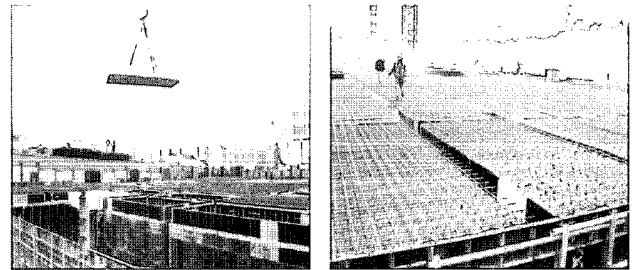


사진 2. PF/R SLAB의 설치

### 3.8 PF/R SLAB 내에서의 작업하중

PF/R SLAB를 구성하는 철근은 건축물 사용시에 대하여 적절하도록 배근 설계되며, 그 결정된 철근을 적절히 철근트러스화 하여 시공시의 가설재 역할을 하도록 하는 것이다.

시공시 응력검토를 위한 설계하중은 ‘타설될 콘크리트 하중 + 작업하중(250kgf/㎡) + 거푸집 하중(50kgf/㎡)’으로 구성된다. 작업하중에 관하여는 국내의 각종 규준이나 표준시방 등이 일치하고 있지는 않으나, 최근 주요 선진국에서 적용하는 작업하중 값을 선별하여 결정한 ‘가설공사표준시방서(한국건설가설협회 편)’를 참고하였다.

따라서 슬래브 두께가 150mm인 경우라면 콘크리트 타설 전이라도 700kgf/㎡ 이상의 등분포 하중에 안전하다는 것을 의미한다. 보철근 등의 적치는 안전에 전혀 문제가 되지 않으나 적치를 위한 패드의 설치에 유의해야

한다. 각재 등을 이용하게 되는 패드를 주방향 철근트러스의 직각방향으로 위치하도록 해야 하중의 집중현상을 막을 수 있다. 이러한 조치가 미흡할 경우 안전상의 문제가 발생할 여지는 물론 집중하중에 따라 제품의 국부적인 소성변형이 발생하여 양생된 콘크리트면의 불량 등 하자의 요인이 된다.

무지주공법을 접해보지 못한 경우에 슬래브 하부의 동바리가 없음이 막연한 불안요소가 될 수 있는데, 재래식 공법에 있어서 또한 시공시 가설재의 응력검토용 작업하중 역시도 PF/R Slab의 그것과 동일한 것이다. 그러므로 설계하중 이내의 작업하중에 대해서만이 공히 검증된 것이라 할 수 있다. 물론 무지주공법을 시행함에 있어서 재래식에 대비하여 슬래브 하부의 동바리가 아주 없어져버린 것은 아니며, 그것들 중의 일부는 보하부의 동바리 추가 요인이 된다. 제외된 동바리의 동일한 수량이 하부 보하부에서 추가되는 이유는 재래식에 있어서 슬래브 하부 동바리의 수량은 동바리 자체의 허용하중보다는 멩에, 장선의 강성에 의해 결정되는 것이 일반적이기 때문이다.

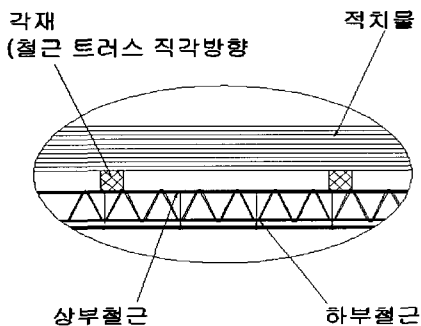
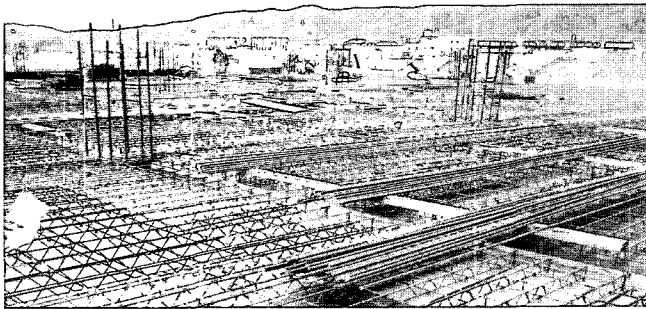


사진 3. PF/R SLAB 내에서의 적치 및 단면 상세

### 3.9 이음철근 및 보강철근

PF/R SLAB는 슬래브 내에 필요한 양방향 철근 일체가 배근된 상태로 현장에 반입되는 것은 사실이나 보의 폭만큼은 현장에서 작업해야 한다. 또한 종래에는 형틀완료 후에 슬래브보다 먼저 진행하던 보철근작업을 슬래브 철근 작업 후에 수행하게 되므로 보철근 배근에 있어서 슬래브의 철근트러스 높이만큼 작업성이 떨어진다고 할 수 있다.

슬래브의 이음철근 작업은 하부이음철근의 경우 보철근작업 전에 한쪽편 PF/R SLAB의 하부근을 따라 600mm 간격으로 꽂아두었다가 보철근작업 완료 후에 관통하여 잇게 된다. 상부이음철근은 보철근작업 후에 얹게 되므로 하부보다는 좀더 수월할 수 있다. 이부분에서 하부이음철근의 600mm 간격에 대한 문제제기가 간혹 있게 된다.

PF/R SLAB는 항상 슬래브의 단부가 보와 만나게 되므로 상부철근은 인장이음을, 하부철근은 압축이음을 하게 된다. 상부인장철근의 100% 인장이음에 관하여는 이견이 있을 수 없겠으나, 하부압축철근에 관하여는 기존 규준에 따라 적용하는 데에 어려움이 있다.

일반적인 R.C 라멘조에서의 슬래브 하부근은 보의 단부에서 150mm 안쪽까지 연장하도록 하고 있으나 이는 재래식 공법만을 염두에 둔 지침으로써 PF/R과 같은 prefab 공법에 대비한 별도의 규준이 필요하다 하겠다. 표준시방서나 구조규준 등의 공인된 지침에 따라야 하는 현실에서 시공자나 감리자의 입장에서는 가벼운 승인거리가 아닐 수 있는 것으로, 신공법을 제안하면서 부딪히는 여러 가지 문제 중 가장 어려운 외적인 요인이 이와 같은 적용근거의 문제이다.

상당한 상품성을 확보하고 있는 철근일체형테크의 경우는 10년이 넘는 연륜에 따라 지명도 있는 각종 학회의 이름으로 각 사별 시공편람을 출간하였는데, 그 내용에 포함된 시공도면에 하부압축철근에 대한 도해가 있다. 재래식의 방법을 따르기 위해 모든 하부철근을 인장이음을 하고 150mm 연장하는 대신 하부철근의 일부를 잇게 하는 것으로 규준을 대신했다고 해석할 수 있는데, 물론 PF/R SLAB도 이러한 편람들을 참고하였다.

PF/R SLAB에 있어서의 보강철근은 보와 만나는 슬래브의 단부 상부철근에 적용될 수 있는 것으로 재래식 철근배근에 있어서의 소위 cut-bar라 할 수 있다. 보강철근이 필요할 경우 역시 상부이음철근 작업과 동일한 진행을 하면 된다.



사진4. PF/R SLAB 현장이음철근의 시공

### 3.10 전기 및 설비작업

제품의 출시 초기에는 전기업체의 반발이 상당하였는데, 전선관 작업과 관련된 인건비 상승예상이 주류를 이

루었다. 그러나 플라스틱 계통의 전선관은 모듈화된 철근트러스를 관통하여 설치하는데 그다지 문제가 되지 않았으며, 대략 10% 가량의 초기 인건비 상승요인이 보고되었다. 종래의 재래식 공사에 있어서는 전선관 작업완료 후에 스페이서가 넘어진다든지 하는 기타 작업 불량으로 콘크리트 타설 전에 다시 한번 손을 봐야하는 추가 공임이 필요하였는데, PF/R SLAB에서의 전선관 작업은 추가 작업이 필요하지 않으므로 초기작업분의 상승요인이 상쇄되는 효과를 볼 수 있어서 그와 같은 반발을 잠재울 수 있었다.

전기분전반이나 설비슬리브 등이 주방향 철근트러스와 겹치는 경우는 시공시의 안전에 크게 영향을 줄 수 있는 요인이다. 제품을 납품하는 입장에서야 리브라스 등으로 box-out을 하도록 하여 양생 후의 철근절단을 유도하게 되나 대부분의 현장상황은 그것을 용납하지 않는다. 철근트러스를 절단하는 경우라면 양생 후의 슬래브 개구부이고 개구부 보강철근을 배근하게 되는데, 철근트러스 한 가닥을 절단한 경우라면 슬래브의 두께에 따라서 인접한 철근트러스와 연계하여 보강철근을 용접하거나 굵은철선으로 묶어서 해결할 수도 있다.

나란히 있는 철근트러스를 2가닥 이상 절단해야하는 경우는 대형 멩에재를 절단했다는 인식을 해야 하며, 일정길이의 각재에 최소한 두 본 이상의 동바리를 붙여서 끊어진 주방향 철근트러스 양단에 철근트러스의 직각방향으로 세워야 한다.

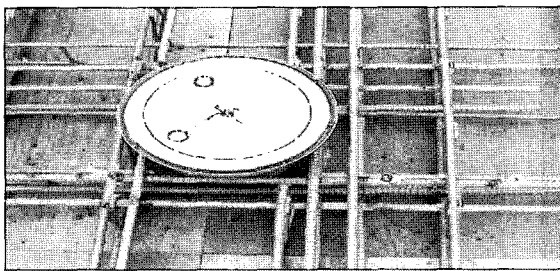


사진 5. PF/R SLAB 현장보강 철근의 시공

### 3.11 검측

종래의 검측행위에 있어서는 철근의 피복유지나 배근상태의 확인에 많은 시간을 할애한 것이 사실이나 공장 생산을 통한 철근 prefab 제품에 있어서는 전반적인 품질을 한눈에 확인할 수 있는 장점이 있다. 용접 생산된 철근트러스와 기계적으로 끼워 맞춰진 나머지 철근들은 재래식에서는 볼 수 없었던 정연한 모습을 연출한다.

2004년 후반기부터는 국내 굴지의 철근 생산업체들이 용접용 철근을 KS 인증 받아 생산하고 있어서 철근에 있어서도 철골조의 용접용 형강류와 같은 보증을 하고 있는 실정이다. 용접용 철근은 기존의 SD400 철근에 대비하여 용접성능의 향상을 위한 첨가제가 다를 뿐이므로

동일한 가격에 제공되고 있으며, SD400W로 표기된다.

PF/R SLAB는 재래식과는 다른 측면의 검측을 필요로 하는데, 크게 두 가지를 확인하여야 한다. 우선 상부면에서는 주방향트러스의 손상을 확인하여야 하는데, 전기나 설비작업자의 인식부족으로 트러스의 현재인 주철근을 휘거나, 사재인 철선을 절단하는 경우가 있다. 이런 경우가 발견되면 제조사와의 협의를 통해 보수하거나 보수가 어려울 경우에는 전술한 바와 같이 동바리 보강을 해야 한다. 하부면에서는 철근조립체와 거푸집을 일체화하는 결속수단인 볼트의 탈락을 확인하여야 한다. 이것 역시 설비 작업시에 발생하기 쉬운 상황으로 여분의 볼트를 체결하므로써 해결된다.

PF/R SLAB가 합판거푸집을 사용하면서도 재래식과 크게 다른 가설재의 외형을 볼 수 있는 장면은 하부에서 쳐다볼 때이다. 종래의 장선재에 익숙한 관점에서 합판거푸집의 맞춤면을 보기 때문에 합판의 안전을 염려하거나 거푸집의 1~2mm 벌어진 틈을 위험하게 여기는 경우가 종종 있다. 또한 페이스트나 물빠짐에 의한 하자의 예상을 하는 사례까지도 있는데, 이와 같은 우려는 단지 선입관에 의한 것이다. 슬래브 전스팬에 대하여는 주방향의 철근트러스가 거동하는 것이며, 합판거푸집은 단지 볼트의 체결간격인 200 x 300mm의 면적에 해당하는 하중에만 견디면 되는 하중흐름을 이해해야 한다. 합판거푸집의 유격 또한 콘크리트 타설 시에 3mm 내외에서 조차 물방울이 맺히는 정도의 장면이 연출되는데, 재래식의 경우에도 장선재로 가려져서 안보일 뿐이지 동일한 상황이 발생한다 할 수 있을 것이다.

### 3.12 콘크리트 타설

PF/R SLAB는 무지주공법인 관계로 콘크리트 타설시의 변위에 관한 의문을 갖는 경우가 많다. 슬래브가 무지주공법인 경우 전스팬에 대하여 절대값 20mm를 한계로 규정하는 것이 일반적이라 할 수 있는데, 기존의 철근일체형데크 업계는 10mm로 규정하여 지키고 있다. PF/R SLAB도 10mm를 허용변위의 한계로 정하고 시공시의 설계를 한다. 설계하중으로는 '타설될 콘크리트 하중 + 작업하중(100kgf/m<sup>2</sup>) + 거푸집 하중(50kgf/m<sup>2</sup>)' 을 적용하는데 콘크리트의 양생 초기에는 슬래브를 전혀 사용하지 못하는 것을 감안하면 상당한 안전측 설계라 할 수 있겠다.

주방향 철근트러스는 필요한 경우 용접생산의 과정에서 camber를 줄 수 있는데, 슬래브 스펀에 대하여 1/200을 한계로 하고 있다

### 3.13 거푸집의 해체

콘크리트 양생 후에 합판거푸집을 해체하여 공장으로

회수하게 되는데, 작업팀은 보통 4인 1개조로 구성한다. 작업자는 건축물의 층고에 따라 틀형비계를 조립해서 사용하거나 전동리프트를 사용하며, 볼트를 제거하기 위한 충전식 임팩트 렌치를 휴대한다.

재래식에 있어서 슬래브 거푸집의 해체는 무너뜨린 후 자재를 정리하는 방식이 일반적인 데에 반해 PF/R SLAB의 거푸집 해체는 전혀 새로운 모습을 연출한다. 애당초 명에, 장선, 동바리 등의 가설재가 거의 없는 점과 날장 탈형에 의한 자연스러운 정리는 소음, 폐자재, 정리정돈, 안전 등에서 종래의 그것과 크게 대비된다.

무지주공법으로 진행된 슬래브 하면의 거푸집 존치기간에 대한 논란이 있다. 기존의 거푸집 존치기간에 대한 규정은 연직하중을 받는 거푸집에 관한 것으로 국내외를 막론하고 무지주공법 슬래브에 관하여는 찾기가 어렵다. 이는 세계적으로 PF/R SLAB 형태의 공법을 경험하지 못했다는 반증으로 PF/R SLAB의 범용화에 따라 국내에서 먼저 규정지어질 것을 기대한다.

PF/R SLAB의 거푸집은 보의 옆판이나 벽체폼과 마찬가지로 콘크리트 타설 직후를 벗어나면 철근트러스에 대한 콘크리트의 부착응력으로 아무런 하중을 받지 않게 된다. 따라서 연직하중을 지탱해야 하는 가설재 등이 준용해야 할 설계기준강도 이상의 규정은 무지주공법에 있어서는 해당되지 않는다고 할 수 있다.

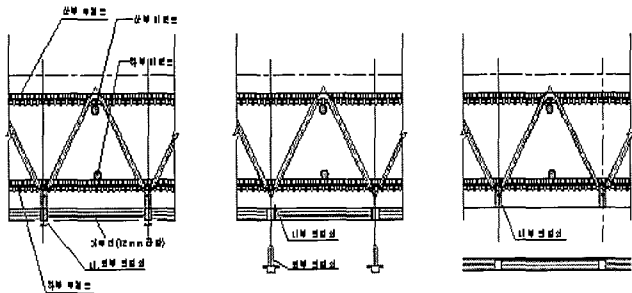


그림 9. PF/R SLAB의 탈형단면 상세

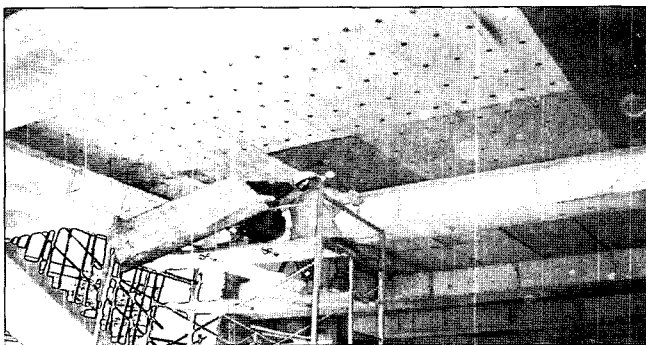


사진 6. PF/R SLAB의 탈형작업

실질적으로는 R.C 라멘조에 있어서 PF/R SLAB의 탈형 가능 시기는 설계기준강도 이상을 지키게 되는데, 슬

래브의 탈형만으로는 거푸집의 반출이 불가능하기 때문이다. 대부분의 경우에는 거푸집 해체용 장비를 이동할 수 있는 여건조차도 안 되는 경우가 대부분이다. 다만 철골조나 P.C조에 PF/R SLAB가 적용될 경우에는 무지주공법의 논리에 준한 탈형시기를 결정하는 것이 바람직 하겠다.

### 3.14 콘크리트면의 품질

거푸집 해체 후 PF/R SLAB의 초기균열은 재래식에 대비하여 대단히 양호한 결과를 나타내는데, 공장생산에 의해 규정된 피복두께를 정확히 지켜내는 것과 함께 철근트러스를 구성하는 철선이 슬래브의 연성을 대단히 높이는 효과를 내기 때문이다. 무량판구조에서 기둥 주변의 전단내력을 높이기 위해 사용되는 전단보강재는 대부분 요철형태로 구성되는데 이는 철근트러스 사재와 유사한 형상이다.

### 3.15 해체면의 사용

PF/R SLAB의 구성요소 중 철근조립체와 거푸집을 일체화하는 결속재는 와셔가 포함된 볼트와 너트로 이루어진다. 주방향 철근트러스에 부착되어 스페이서의 역할을 하는 내측의 너트는 내경이 3/8in.로써 시중에 유통되는 전산볼트와 잘 맞는다. 거푸집을 해체하고 나면 이 너트가 200 x 300mm grid로 남게 되어 천정틀이나 전기, 설비의 달대 인서트로서의 활용이 가능하다.

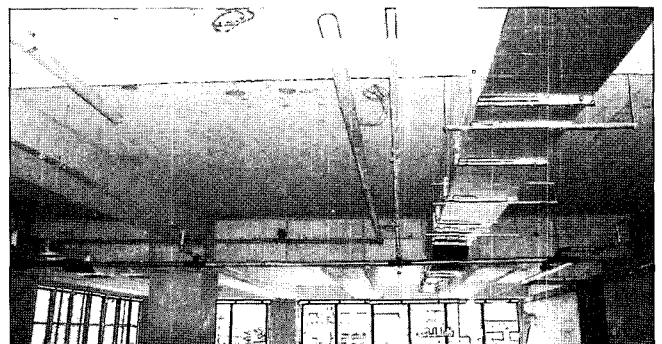
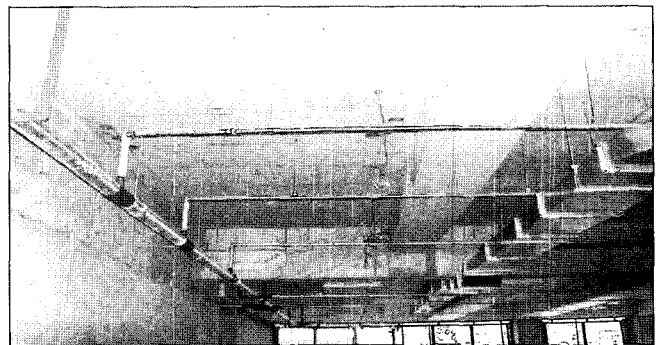


사진 7. PF/R SLAB 해체면의 사용

#### 4. PF/R 공법의 전망

IT산업을 필두로 최첨단을 경쟁하는 현실 속에서 건설업계가 상대적으로 낙후되어 있는 듯 느껴지는 것은 건축물의 규모만 다를 뿐 태곳적부터 했던 현장작업의 양이 현재도 그리 달라지지 않아서가 아닐까? 건설 관련 기능 인력은 감소하는데도 불구하고 공기단축의 속제는 더욱 압박을 하고 있으며, 더구나 환경, 안전, 품질 등 성장기에는 외면할 수밖에 없었던 명제들이 이제는 당연한 시대적 요구사항이 되었다.

PF/R 공법이 건설시장에 소개된 기간이 일천함에도 불구하고 나름대로 평가를 받는 이유는 종래의 어떠한 건설기법과도 차별화되는 색다른 모습의 가능성 때문일 것이다. 벽식아파트에서 조차도 입주자의 취향에 따라 전용할 수 있는 가변형 unit가 활성화된다든지, 리모델링을 염두에 둔 골조의 단순화 경향 등이 빠르게 진행되고 있어서 자연스럽게 골조공사의 공업화를 위한 단순화, 모듈화의 바탕이 되고 있다.

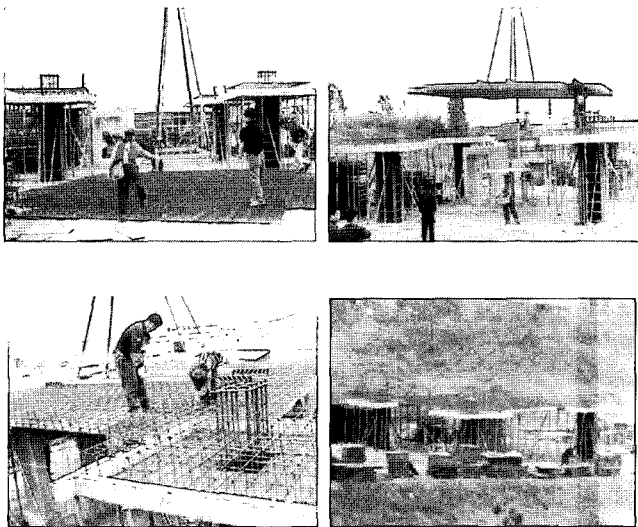


사진 8. PF/R FLAT-SLAB mock-up 과정

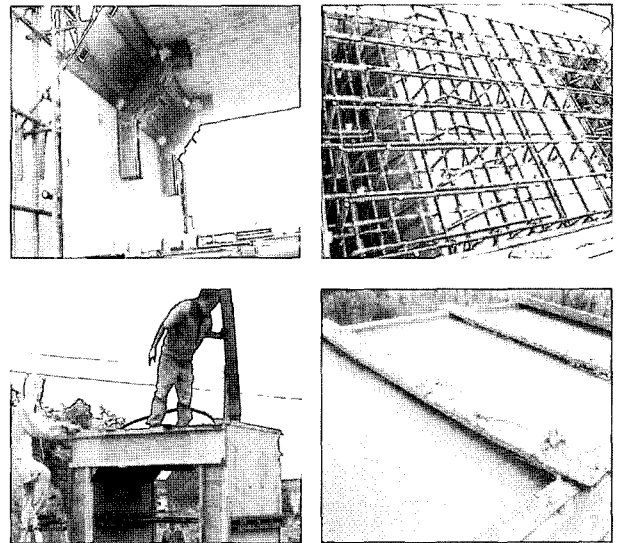
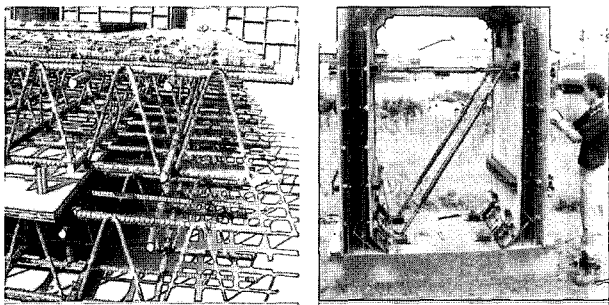


사진 9. PF/R 공동구 mock-up 과정

단순하면서도 합리적인 시공방법과 효과적인 device의 지속적인 개발을 통해 작업자 없는 건설현장을 기대해 본다.

#### 참고 문헌

1. 건설교통부 제정 콘크리트 표준 시방서, 한국콘크리트학회 2003
2. 건설교통부 승인 가설공사표준시방서, 한국건설가설협회, 2002
3. 건설교통부 고시 건축구조설계기준, 대한건축학회, 2005
4. 콘크리트 표준시방서 해설, 한국콘크리트학회, 2003
5. 판상형 무량판 아파트 구조설계기법 및 건설 공법, 한국복합화 건축회, 2005
6. 거푸집 설계 및 시공 표준안, 쌍용건설주식회사, 1994
7. 토목건축 가설구조물의 구조계산입문, 건설문화사 1997
8. 제일 NT-DECK 구조설계편람, 한국강구조학회, 2005
9. 해동 슈퍼테크 설계편람, 한국건축구조기술사회, 2000