

# 철근 선조립을 이용한 교각 코핑 시공합리화 공법

- Development of Pier Copping Pre-assembly Method -



조규일\*  
Cho, Kyu il



유지영\*\*  
Yu, Jee Yeung



조성한\*\*\*  
Cho, Sung Han



김도학\*\*\*\*  
Kim, Do Hak

## 1. 머리말

직업의 선택에 있어서 건설업은 대표적 인 4D<sup>1)</sup>(Dirty, Dangerous, Difficult, Distance) 업종으로 인식되고 있다. 낮은 복지수준, 불안정한 고용조건 등으로 인해 젊은층의 신규진입은 점점 감소하고 있으며, 이에 따른 노무인력의 고령화와 부족은 능력 저하 현상으로 나타나고, 노무비 상승과 품질저하, 안전사고 발생 위험 증가 등으로 이어지게 된다. 건설현장의 구인난을 해소하기 위해 외국인 근로자를 활용하고 있으나, 외국인 불법 체류자에 대한 단속이 실시되고 있는 상황에서 현장 인력난이 예고되어 있는 실정이다.

이러한 노무인력 부족현상에 대한 해결 방안을 찾기 위해 당사에서는 2001년 현장 인터뷰 등을 통해 시공합리화 공법개발 필요공종을 조사하였으며, 철근 및 거푸집 분야 기능인력에 대한 공법개발 요구가 전체의 65%를 차지하고 있음을 알 수 있었다. 이에 따라 철근 및 거푸집 비중이 높고 인력투입이 많으며, 작업환경이 취약하

고 개선할 부분이 많은 공종인 코핑(coping)공사에 대해 공법개발을 추진하게 되었다. 코핑공사 시공합리화 방안으로 현행 작업방식과 경제성, 작업안전성, 시공성, 인력절감 효과 등을 종합 검토하여 코핑철근 선조립 공법을 개발하였으며, 합리적이고 과학적인 성력화 기술이 될 수 있도록 하였다.

이러한 맥락에서 본고에서는 기존의 작업방식 및 문제점을 살펴보고, 문제점에 대한 개선방안인 개량기술과 공법의 개념 설명, 공법적용에 따른 장·단점 및 해결과정 등을 소개하고자 한다.

## 2. 현행 코핑 시공법

### 2.1 시공개요

코핑공사는 거푸집 설치 → 철근인상 및 조립 → 콘크리트 타설 순으로 이루어지고, 이중 철근인상 및 조립이 공중작업으로 인해 안전성과 생산성이 가장 취약한 요인으로 파악되었다.

거푸집은 사용방식에 따라 시공법을 2가지로 구분할 수 있으며, 다음과 같다.

① 4면이 폐합된 거푸집 내부에서 철근을 작업하는 방식이다. 장비의 효율적 사

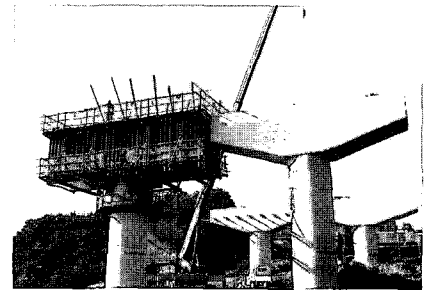


그림 1. 4면 폐합 방식

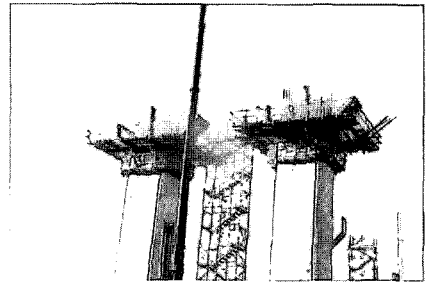


그림 2. 4면 오픈 방식

용과 내부작업에 따른 안전사고 방지효과가 있어 현장에서 가장 많이 사용하는 방식이나, 내부 공간 협소 및 고온 등으로 작업생산성이 떨어지는 문제점이 있다.

② 4면 오픈(open)으로 폐합 거푸집의 단점을 극복하기 위해 개발된 작업방식이나 추락 및 철근낙하 등의 안전사고가 자주 발생하고, 이를 방지하기 위해 추가경비의 소요와 해체 및 조립 등의 경제성, 시공성이 떨어지는 것으로 조사되었다.

\* LG건설 기술본부 본부장  
\*\* LG건설 기술본부 상무  
\*\*\* LG건설 기술본부 연구개발팀장  
\*\*\*\* LG건설 기술본부 연구개발팀

2가지 작업 방식 모두 철근조립을 위해 약 500 ~ 600 kg 단위로 거푸집 외측 받판부에 가공된 철근을 적재한 후 조립하고 있어, 철근반입 시 작업자의 추락위험과 편측 적재 시 거푸집 전도위험이 있다. 또한, 여름철 거푸집 내부의 온도상승(최고 40°C 이상)에 따른 생산성 저하, 고공에서 철근반입 작업을 인력으로 수행함으로 인한 노무강도 강화, 고가 장비의 비효율적 사용 등 많은 문제점이 있음을 알 수 있다.

## 2.2 설계 및 시공 문제점

### 2.2.1 설계 문제점

(1) 철근 조립구조 : 기둥의 축방향 주철근은 코핑부에 매입되는 철근길이 만큼을 노출시킨 상태에서 기둥공사를 완료하고 그 위에 코핑철근을 배근하게 되며, 기둥의 형상이 원형일 경우 코핑 압축철근과 기둥 외측 철근이 서로 간섭되어 시공이 불가능한 상태이다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 작업자들이 기둥 주철근을 휘거나 코핑 압축철근의 간격을 임의로 조정하여 시공함으로써 품질확보가 곤란한 문제점이 있다.

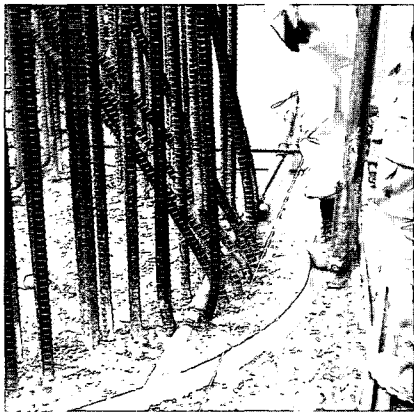


그림 3. 기둥 주철근 휘어짐

(2) 철근간격 : 코핑 인장 및 압축철근, 기둥 주철근의 간격이 100 mm로 설계되는 경우가 대부분으로서, 주로 사용되는 D32 mm 철근을 기준으로 볼 때 철근 외측간의 순간격이 68 mm에 불과하여, 결속 및 배열의 곤란함을 호소하고 있는 실정이다.

### 2.2.2 시공 문제점

(1) 안전사고 : 고(高)교각(H) 30 m 증가 추세에서 현행과 같은 고공 작업방식은 작업자 추락사고 및 철근 인상 중의 낙하사고 등을 예방하는데 한계가 있다. 협소한 작업발판, 고공작업에 따른 심리적 불안감 등 작업환경이 취약한 코핑작업의 안전사고 방지대책이 필요한 시점이라 할 수 있다.

(2) 작업생산성 : 코핑 철근은 다양한 철근 형상과 협소한 작업 공간, 복잡한 철근조립 구조 등으로 인해 현장에서 작업자들이 가장 기피하는 공종으로서, 생산성 또한 매우 취약하다. 현장에서 주로 사용하는 강재 거푸집의 경우 여름철 내부 온도가 40°C를 넘는 고온(高溫)과 기둥철근 간섭, 협소한 철근조립 공간, 거푸집 내부로의 인력에 의한 철근반입 등 비합리적 현상으로 인해 작업생산성이 매우 취약한 것으로 조사되었다.

## 3. 코핑 선조립 공법 개발/적용

### 3.1 공법의 개발

고공에서의 비합리적인 철근조립 시공에 대한 부분적 개선보다는 안전성 확보와 경제성 향상, 공기단축 등의 효과를 이룰 수 있는 방법으로 "지상에서 철근망을 선조립 후 인양 및 거치하는 공법"을 개발하였다. 3 Case의 코핑 철근망 연결방법과

5 Case의 인양방법에 대해 검토를 하였으며, 이를 통해 코핑 철근망 선 조립 공법을 개발하였다.

### 3.2 공법의 개요

코핑 철근망 선 조립 공법은 지상에서 철근 조립대를 이용해서 철근망을 제작한 후, 인양하여 기둥 주철근과 기계식 이음장치인 커플러(coupler)를 이용하여 연결하는 공법이다. 연결위치는 기둥 주철근과 코핑 압축철근과의 간섭현상을 방지하기 위해 코핑하면 1.0 m 공간의 기둥 위치에서 연결하였고, 정확한 위치확보 및 엇갈림 등의 방지를 위해 JIG라는 철재장치를 사용하였다.

지상조립으로의 작업방식 변환으로 장비의 효율적 사용과 노무인력의 절감이 가능하도록 하였으며, 안전성과 노무환경을 개선하였다. 설계 및 시공상의 문제점을 해결하였고, 기둥과 코핑 철근작업의 동시 수행에 따른 공기단축 효과도 기대할 수 있다.

### 3.3 공법의 주요내용

(1) 철근망 조립대 : 조립대의 형상은 작업생산성 및 이동 후 재설치, 설치공간 등을 고려하여 측정하였으며, 이를 위해 3가지 형태의 조립대에서 철근망을 제작하였다. 그 결과 4면 오픈의 형태에서 발판이 설치되는 경우가 시공성 및 경제성이

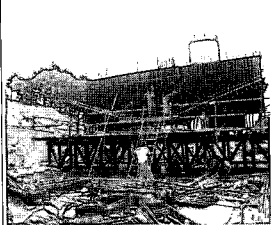
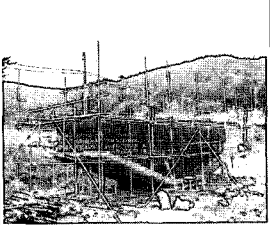
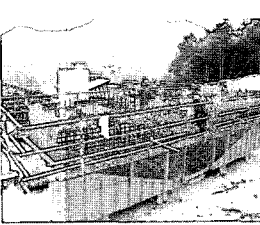
표 1. 연결방법 최적안 검토

구분	검토내용	경제성	시공성	안전성
Case 1	철근망에 Guide Hole 설치 후 기둥과 결합	우수	보통	보통
Case 2	코핑부 기둥철근과 기둥철근 접이음	매우우수	우수	보통
Case 3	코핑부 기둥철근과 기둥철근 기계식이음	우수	우수	매우우수
결과	경제성 및 시공성이 우수하고 구조적 안정성이 확보될 수 있는 기계식 이음방법 적용			

표 2. 인양방법 최적안 검토

구분	검토내용	경제성	시공성	안전성
Case 1	용접에 의한 철근망 강결 후 인양	보통	우수	보통
Case 2	Guide Frame 설치 후 인양	보통	우수	매우우수
Case 3	철근망 수직 분할 후 개별 인양	보통	보통	보통
Case 4	철근망과 거푸집 동시 인양	보통	우수	매우우수
Case 5	철근망 부분 보강 후 인양	매우우수	매우우수	우수
결과	인양시 안전성을 확보 할 수 있고, 경제성 및 시공성이 매우 우수한 Case 5 적용			

표 3. 철근망 조립대 비교

구분	3면 Open	4면 Open+발판	4면 Open+발판
제작			
장/단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 발판 미설치 → 소운반多</li> <li>· 철근적재 → 지상</li> <li>· 이동설치 → 보통</li> <li>· 현장선도도 → 보통</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 발판설치 → 소운반少</li> <li>· 철근적재 → 지상, 발판</li> <li>· 이동설치 → 불량</li> <li>· 현장선도도 → 보통</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 발판설치 → 소운반少</li> <li>· 철근적재 → 지상, 발판</li> <li>· 이동설치 → 우수</li> <li>· 현장선도도 → 우수</li> </ul>

가장 우수한 것으로 분석되었다.

(2) 철근 조립구조 변경 : 코핑 압축철근과 기둥 주 철근과의 간섭현상은 간섭되는 코핑 외측 압축철근을 구부려 정착하는 방법으로 문제를 해결하였다. 이러한 배근 방식은 철근간의 간섭현상을 최소화 할 수 있고, 철근간격 조정 및 구부림 방지에 따른 품질확보, 철근의 추가 조정 작업 시간 최소화에 따른 인력절감, 노무강도 완화 등의 성과를 기대할 수 있다.

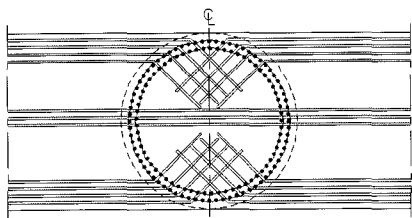


그림 4. 코핑 철근 정착도

(3) 철근망 연결방법 : 지상에서 조립된 코핑 철근망과 기둥 주 철근의 연결은 동일 위치에서 연결하는 전수이음을 적용하여 시공성을 확보하였다. 기존, 기둥 주 철근 이음에 적용되던 커플러 연결방법은 60cm 지그재그(zig-zag) 방법이 설계, 시공되고 있으나, 본 공법의 경우 선 조립용 커플러(항복강도  $f_t$ 의 125% 발휘 제품) 적용으로 시방서에서 규정하는 기준<sup>2)</sup>을 만족하였으며, 현장 적용성을 극대화 하였다.

또한, 기둥 주 철근이 D25 ~ D32mm 2단 철근이 주로 설계/시공되는 것과 철근간의 순간격이 좁아 내측 주 철근의 커플

러체결에 어려움이 있는 것에 착안하여 오픈부를 형성함으로써 체결을 용이하게 하였다.

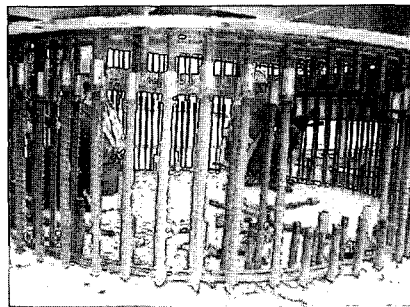


그림 5. 철근망 연결부 오픈

(4) 철근망 구조검토 : 철근망 인양 시 변위 및 호트러짐 등의 방지를 통한 안전성과 품질확보를 위해 인양구(hanger)를 사용하였으며, 구조검토를 실시하였다.

구조검토는 안전성을 우선적으로 고려

하였고, 이를 위해 인양작업 시 발생할 수 있는 와이어 로프(wire-rope)의 불연속 동작/편심, 상대변위, 충격력의 작용/방향 전환 등에 의해 예상 이외의 반력이 특정 지점에 발생하는 경우 등의 안전지해요소를 사전에 검증하여 설계에 적용하였다.

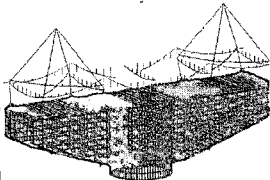
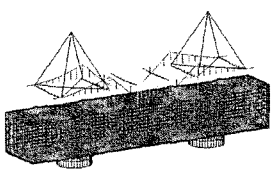
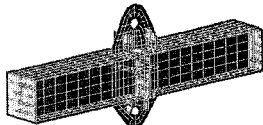
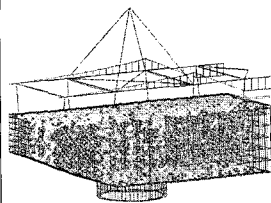
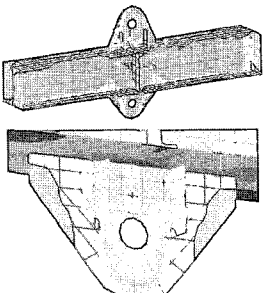
구조검토 시 향후 확대적용을 고려하여 2차선 단주/다주 교각 철근망 + 인양구 시스템과 3차선 시스템을 검토하였으며, 표준화된 형태의 모델을 제시하였다.

와이어 로프의 설치각도는 60° 이내로 제한하여 필요 이상으로 와이어 로프가 굽어지는 현상과 과도한 수평력이 발생하는 것을 방지하였다.

(5) 크레인 사용 : 크레인은 1대 사용 혹은 2대 사용에 대한 장점 및 단점이 각각 다르므로 현장여건과 비교해서 경제성 있는 방법을 선택해야 한다. 이중 고려해야 할 중요 사항으로는 크레인은 중량물이 설치되어야 할 대상물과의 수평거리와 높이에 따라 결정되어야 하는 것으로 사전에 충분한 계획이 있어야 한다.

적용결과 크레인 1대 사용 시의 장점으로는 좁은 장소 사용가능, 인양 시 균형유지가 편리하지만 경제성 측면에서는 불리한 것으로 분석되었다. 2대 사용시의 장점으로는 경제성과 철근망 거치의 유리함이 있지만 넓은 장소 필요, 인양 시 균형유지의 불편함이 있다.

표 4. 철근망 구조검토

구분	단주식 교각	다주식 교각	기 타(인양구)
2차선			
3차선	-		

### 3.4 장점

(1) 품질확보: 철근의 피복설치가 정확하며, 철근을 구부러거나 간격을 임의로 조정하지 않고 시공이 가능하고, 100% 결속을 할 수 있다.

(2) 공기단축: 기둥과 코핑작업을 동시에 수행하므로 공기단축 효과가 뛰어나며, 작업의 편리성 및 간소화로 공기단축 효과가 크다. 또한 1일 2기의 코핑 완성이 가능하다.(현재, 현장 적용 중)

(3) 관리의 용이성: 4면이 오픈된 지상 조립대에서 작업을 수행하므로 수시로 검사가 가능하며, 완성된 부재의 상태에서 전체를 확인할 수 있다.

(4) 작업의 단순화: 대부분의 조립을 넓은 작업장에서 수행하고 시공 저해요인을 보완하여 숙련된 기능공이 필요치 않으며, 준비철근/철근간격 표시 등의 반복작업을 1회만 실시하면 되므로 작업을 단순화 할 수 있다.

(5) 철근공사의 시스템화: 거푸집 공사 진행에 따라 배근하는 재래공법에 비해 철근조립 작업과 거푸집 조립 작업을 명확히 분류할 수 있도록 하여 철근공사의 시스템화가 가능하다. 또한 철근망을 공장에서

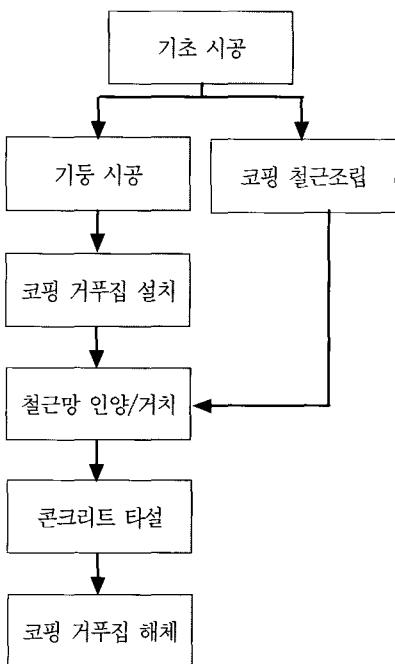


그림 6. 공법 흐름(flow)

제작하여 운송 및 설치하는 시스템 공사가 가능하다.

### 3.5 공법의 흐름 및 적용

공법의 흐름(flow)는 <그림 6>과 같으며, 코핑 철근망 선 조립 공법은 3개 고속도로 4개 교량에 적용하여 기술적 검증과 현장실행시의 문제점을 해결하면서 성공리에 시공을 완료하였다.

## 4. 코핑 선 조립 공법 적용성과

### 4.1 품질향상

공중조립의 경우에는 코핑 철근조립을 위해 기둥 주 철근을 휘거나 코핑 압축철근의 간격을 조정하는 작업을 수행하였으

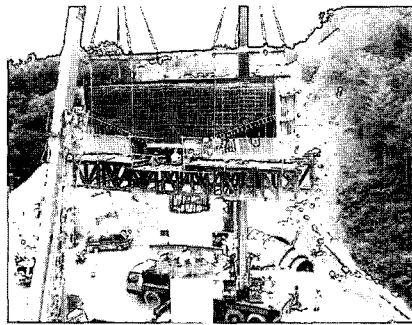


그림 7. 철근망 + 거푸집 인양

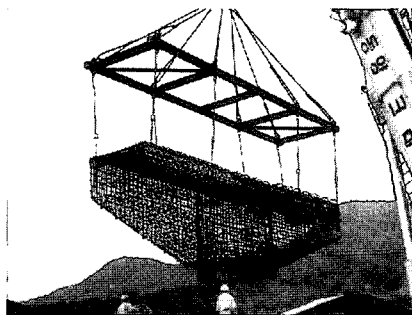


그림 8. 단주식 철근망 인양

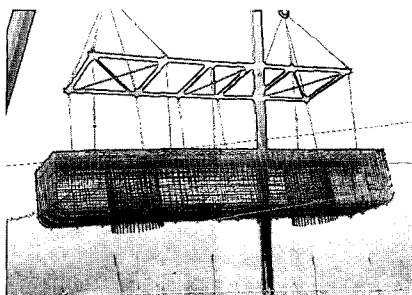


그림 9. 다주식 철근망 인양

나, 선 조립 공법은 압축철근 외측의 일부 철근을 구부러 정착시키는 방법을 적용함으로써 품질을 향상하였다.

특히, 기존 결속작업이 100% 이루어지지 않던 작업관행에서 100% 결속과 일부 반생 결속을 통해 조립품질을 크게 향상하였고, 기존에는 거푸집 내 이물질이 남을 경우 제거가 불가능하였으나 개발공법의 경우 지상에서 작업 후 철근망만을 인양하므로 품질을 확보할 수 있다.

### 4.2 안전성 확보

공중작업 시에는 철근인양 시 철근이 빠져 사망하는 사고와 철근을 거푸집 발판에 적재하는 도중 추락하는 사고, 적재된 철근을 거푸집 내부로 반입하는 도중 거푸집 내부로 추락하는 사고 등이 빈번하게 발생하고 있는 실정이며, 이와 같은 사고는 기존 작업방식인 공중작업으로 인해 필연적으로 발생하는 사고이다.

그러나 본 공법은 지상에서 작업을 수행하므로 추락사고가 없으며, 철근조립 또한 오픈된 공간을 활용하여 측면배근이 가능하므로 안전성과 시공성이 확보된다.

공법적용 시 인양중의 안전사고 요인을 없애기 위해 구조검증을 통하여 철근망을 보강하고 인양구를 사용하였으며, 커플러 연결작업 또한 미리 설치된 거푸집 발판부와 바다거푸집 사이의 약 1.0m 공간을 활용하여 체결이 가능하므로 안전성이 확보된다.

### 4.3 시공성 향상

기존의 코핑 시공법은 고공에서 이루어짐으로 인해 협소한 철근조립 작업공간에 따른 생산성 저하와 주로 사용하고 있는 강재 거푸집의 특성상 여름철 40°C 이상의 내부고온으로 인한 작업의 지속불가, 철근인양 및 반입을 위한 별도의 인력소요, 노출된 기둥 주 철근과 코핑 압축철근과의 간섭현상으로 인한 철근간격 조정 및 기둥철근을 휘는 등 품질 문제가 있으나 별다른 개선 없이 작업자의 경험에 의한

시공이 계속되고 있는 실정이다.

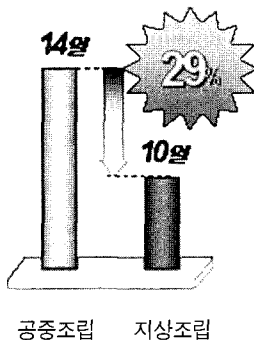
이에 비해, 본 공법은 4면이 오픈된 작업대에서 작업을 수행하므로 조립공간이 넓어 작업생산성이 향상되며, 별도의 장비와 인력이 소요되지 않는다. 또한 시공 시 가장 어려움을 호소하는 기둥철근과 코핑 압축철근과의 간섭현상은 구조적 검증을 통해 외측 철근의 일부를 구부려 정착시키는 방법을 통해 시공성을 향상 시켰다.

커플러 이음의 경우 현재는 현장에서 주로 60 cm 엇갈림 이음을 적용하고 있으나, 이는 도로교 설계기준(2000)에서 제시하는 규정과도 상충되는 것으로서, 본 공법은 한국에서 모두 이음하는 전수이음 방법을 통해 시공성을 크게 향상 시켰다.

#### 4.4 공사기간 단축

공중조립의 경우에는 코핑 철근조립을 위해 기둥공사가 완료된 후에 거푸집을 설치(1일)하고 가공된 철근을 개별적으로 인양한 후에 조립(2차선 기준, 평균 7인4일)하였으나, 본 공법은 기둥공사와 코핑 철근조립을 동시에 수행할 수 있도록 작업 프로세스를 개선함으로써 조립기간인 4일을 단축하여 코핑 1기당 80%의 공사기간을 단축하였다.

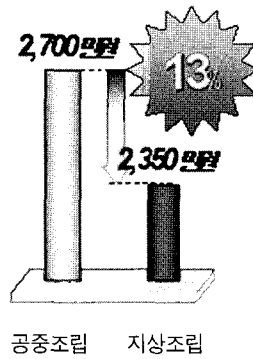
이를 거푸집 조립부터 거푸집 해체까지의 전체일수로 산정하면 29%의 공사기간 단축효과가 있는 것으로 분석되었다.



#### 4.5 공사비 절감

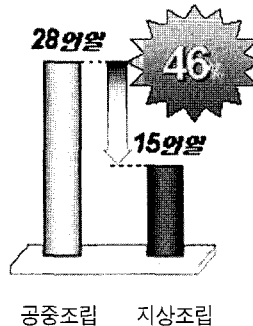
공중조립의 경우에는 가공철근의 인상을 위한 별도의 크레인과 인원 등이 필요하였으나, 불필요한 인원의 감소와 철근인

상 크레인을 없앴으로써 코핑 1기당 13%의 공사비를 절감하였다.



#### 4.6 인력절감

공중작업에 따른 불필요한 인력, 즉 가공철근 인상과 인상철근의 거푸집 내부 반입 인력, 철근 간섭현상으로 인해 조정을 위한 시간과 인력, 협소한 작업공간으로 인해 발생되었던 비효율적 인력투입 요인을 선 조립 공법 개발을 통해 개선함으로써, 7인×4일에서 5인×3일로 46%의 인력을 절감하였다.



#### 5. 향후 추진계획

코핑 선 조립 공법을 업그레이드한 방법으로 공장에서 코핑 철근망을 제작하여 현장으로 운송하는 시스템을 구현하고자 한다. 기상조건의 영향을 많이 받을 수밖에 없는 토목공사의 경우 우기시 공사기간 손실에 대한 만회방법으로 코핑 철근망 주문생산 시스템을 개발, 적용함으로써 공기 단축과 함께 환경 개선 및 현장에서의 공간 확보 편리함, 원하는 날짜에 시공이 가능한 장점 등이 있다. 특히 주문생산 시스템은 해상교량에 적용할 경우 경제성을

극대화 할 수 있을 것으로 판단된다.

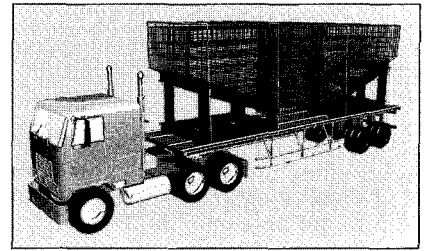


그림 9. 철근망 운송 시스템 개념도

#### 6. 맺음말

여름철 가만히 서있어도 땀이 절로 흐르는 더위와 추락사고에 대한 위험 속에서, 힘들고 고된 일을 해야 하는 작업환경은 노무인력 부족현상과 무관하지는 않으리라 생각된다. 40°C가 넘는 스틸(steel)로 된 사각의 통 안에서 50 kg 이상의 철근을 하나하나 수작업해야 하는 상황에서는 30분 이상 작업을 지속할 수 없는 것이 현실이다. 이러한 어려운 작업환경을 개선해보고자 선 조립 공법을 개발하였으며, 이를 통해 안전성 및 품질 확보와 함께 관행적인 작업방식을 바꿀 수 있는 계기를 제공했다고 생각한다.

불법체류 현장 기능공 추방에 따른 "현장 인력대란"이 예상되는 현실에서 기술자들의 인식과 변화가 어느 때보다도 필요한 시기라 할 수 있을 것이다.

끝으로 많은 기술자분들의 격려와 지도 속에 본 공법이 지속적으로 진보되기를 기원한다. □

#### 참고문헌

1. 건설저널, "현장인력 대란이 다가오는 가", 2003. 12.
2. 도로교 설계기준·해설, "(3)용접이음 또는 기계적 연결", 2003. 1, pp.517~519.
3. 서영화, 유지영, 조성한, 김도학, "교각 코핑 선 조립 공법개발 적용", 구조물전담학회 신기술 기사, 2003. 10.
4. 서영화, 박용구, 이명성, 조성한, "교각 코핑 철근 선 조립 공법 적용 소개", 대한토목학회 기술기사, 2003. 10.