

사각 교각에 대한 코핑철근의 지조립

Ground Fabrication of Coping Rebar of Rectangular Pier



김영준*

Young-Joon Kim



최현석**

Hyeon-Seok Choi



신왕수***

Wang-Soo Shin

1. 들어가기

최근의 설계는 환경 파괴와 문화재 훼손 및 토지 보상을 최소화하면서, 가급적 민원에 의한 공기 지연을 줄이고자, 절·성토 구간 대신 교량과 터널의 길이가 증가되는 추세이다.

특히 교량의 경우 한정된 예산으로 인하여 교량 구간을 길게 하면서 가급적 공사비는 감소시키고자, 짧은 경간이 반복되는 긴 교량으로 설계를 하고 있으며, 이에 따라 교각의 수가 기하급수적으로 증가하고 있다. 그러나 교각의 코핑은 철근이 복잡하게 배근되어 시공 시 다음과 같은 문제점들을 내포하고 있다.

첫째, 교각의 주철근과 코핑 압축철근과의 간섭으로 인하여 배근 작업이 어렵고, 특히 내진설계가 도입된 이후 기둥 주철근이 2열로 배근됨에 따라 이러한 현상이 더욱 심화되었으며, 이로 인하여 철근이 제위치에 배근되지 않거나 휘어진 상태로 배근되는 등 철근의 피복 부족이나 콘크리트의 다짐불량 현상 등과 같이 철근콘크리트 구조물의 품질 확보가 어렵다.

둘째, 지상으로 부터 높은 곳에 위치한 코핑에서의 배근작업은 근로자의 추락이나 작업자의 실수로 인한 자재의 낙하, 비레 등의 위험성을 내포하고 있음에 따라 안전성 확보가 어렵다.

셋째, 더운 여름철에 코핑 강제 거푸집 내에서의 배근작업은 좁은 공간과 열기로 인하여 작업 효율이 매우 떨어진다.

넷째, 코핑 거푸집 주변에 철근을 쌓아 둘 공간이 없으므로 배근작업 동안 내내 장비를 이용하여 지상으로부터 철근을 공급해야 함으로 장비비가 증가하고, 공기가 지연된다.

그러나 위와 같은 시공상 어려움이 있더라도 종래의 설계에서는 교각의 숫자가 많지 않음에 따라 현장에서 주의하여 시공하여 전체 공기나 공사비에는 큰 영향을 미치지 않았으나, 교각의 수가 늘어나면 코핑의 시공 시 위와 같은 문제점으로 인하여 공사비 증가와 공기지연의 원인을 제공하게 된다. 그동안 코핑 철근 지조립은 외국에서는 많은 시공 사례가 있으며, 국내에서도 당사뿐만 아니라 여러 회사에서 시공 실적을 가지고 있으나, 교각의 숫자가 적음에 따라 경제성과 효율이 떨어져서 지속적으로 발전되지 못하고 대부분 중도에 포기하고 말았다.

필자는 교량의 연장이 증가하여 교각의 개수가 늘어감에 따라 코핑 시공이 전체 공기와 공사비에 지대한 영향을 미치는데 주목하여, 코핑 시공의 효율화를 위한 1단계로 사각형 교각에 대한 코핑철근 지상조립을 부산신항 진입철도 현장에서 시도하게 되었다.

2. 공법 개요

당 현장에 적용한 코핑철근 지조립 공법이란, <그림 1>과 같이 지상에 철근 조립대를 코핑철근이 거치될 교각옆에 설치한 후 코핑철근을 지상에서 조립한 뒤, 조립된 철근망을 크레인으로 인양하여 코핑거푸집 안에 설치하는 방법이다(그림 2).

이때, 기둥에서 돌출된 수직 주철근과 코핑 내부에 조립된 수직주철근은 커플러를 사용하여 연결한 후 코핑과 기둥 연결부 슬라이딩형 거푸집을 닫아서 콘크리트를 타설한다.

3. 공법 적용을 위한 사전 검토

이번에 개발된 코핑철근 지조립 공법을 적용시키기 위해서는 코핑과 기둥과의 연결부에 대한 구조 검토와 철근 배근 방법 등에 대한 검토도 사전에 반드시 이루어져야 한다.

* 정희원, 삼성건설 기술본부 TA팀 부장
yj704.kim@samsung.com

** 삼성건설 기술본부 TA팀 차장

*** 정희원, 삼성건설 기술본부 TA팀 차장



그림 1. 코핑철근 지상 조립대

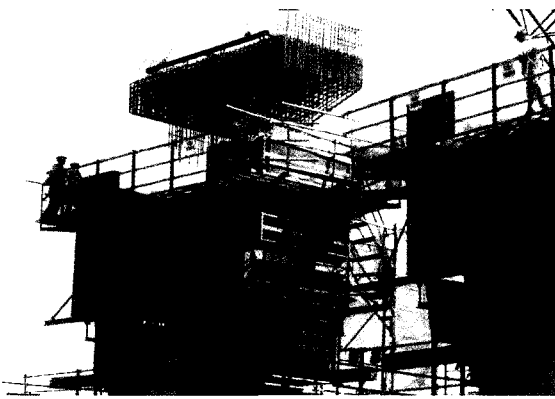
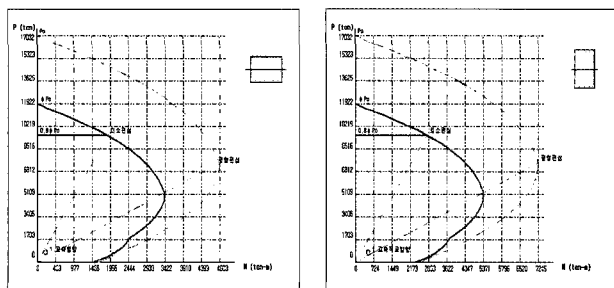


그림 2. 코핑철근망의 지조립 후 인양

3.1 코핑 연결부 기둥

우리나라에서 내진 설계가 도입된 이후 교량에서 가장 강화된 부분은 교각의 주철근과 심부구속철근으로서, 특히 기둥주철근은 내진설계 도입 이전에는 한 줄로 배근하였으나, 이후에는 두 줄로 바뀌었고, 이때의 설계 과정은 단면력이 가장 크게 발생하는 교각 하단부의 기초와 연결부에 대한 계산 결과에 의하여 철근량을 산정하여, 기초 하단의 주철근에서부터 코핑 상부 주인장철근까지 기둥 전체에 배근하고 있는 실정이다.

그러나, 코핑과 기둥의 연결부는 대체로 이와 같은 철근량이



(a) 종방향 해석 결과 (b) 횡방향 해석 결과
그림 3. 코핑 기둥 연결부의 1단 철근에 의한 해석 결과

필요치 않으며, 실제로 당 현장에서 단면력이 가장 크게 발생하는 교각에 대하여 가장 불리한 지진하중에 대하여 P-M 상관도를 검토한 결과 <그림 3>과 같이 기둥 외측 주철근 1단으로 도 철근량이 충분하다는 것을 보여주고 있다.

3.2 교각 압축 부재

도로교설계기준¹⁾이나 콘크리트구조설계기준²⁾ 등에서, 압축 부재의 철근비에 관한 조항 중 ①항은 축방향 철근량을 1~8%로 제한하고 있으며, 이러한 제한은 지속적인 압축력을 받는 부재에 대한 크리프(creep)의 영향을 감소시키기 위한 것이며, ②항에서는 기초와 연결되는 기둥 부위 보다 코핑과 연결되는 기둥 부위에서 크리프의 발생량이 적기 때문에 유효단면적의 개념을 도입하여 철근량을 완화시키고 있다.

설계기준의 ②항에 따라 검토 대상 교각의 코핑과 연결되는 기둥 최상단부에 대하여 외측 철근만 배근한 경우에, 설계계산서의 제원과 작용하중을 참조하여 하중집계를 다시하고 유효단면적³⁾을 적용시켜 계산을 수행하면,

$$\text{설계기둥단면적 } A_{\text{total}} = 3.0 \text{ m} \times 2.0 \text{ m} = 6.0 \text{ m}^2$$

$$\text{유효기둥단면적 } A_{\text{eff}} = \frac{P_u}{\psi 0.85 (0.85 f_{ck} + 0.01 f_y)}$$

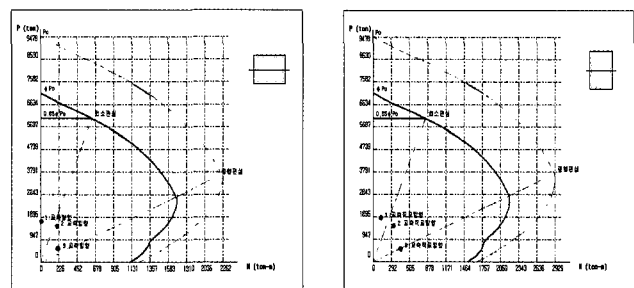
$$\text{단, } A_{\text{eff}} \geq \frac{1}{2} A_{\text{total}}$$

여기서, P_u : 축방향 극한하중(=18,081 N)

ψ : 띠철근 압축부재 =0.70

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$, $f_y = 400 \text{ MPa}$

$A_{\text{eff}} = 1.116 \text{ m}^2 < \frac{1}{2} A_{\text{total}} = 3.0 \text{ m}^2$ 이므로, 유효단면적 $A_{\text{eff}} = 3.0 \text{ m}^2 (2.0 \text{ m} \times 1.5 \text{ m})$ 을 적용하고 외측 1단의 수직철근만 배근한 코핑 하단에서 기둥단면의 외력에 대한 구조해석 결과, <그림 4>와 같이 단면의 안전성을 확보하면서 철근비가 1.54% ($A_s = 46,253 \text{ mm}^2$)로서 설계 기준을 만족시키고 있음을 알 수 있다.



(a) 종방향 해석 결과 (b) 횡방향 해석 결과
그림 4. 코핑과 기둥 연결부에서 유효단면에 의한 해석 결과

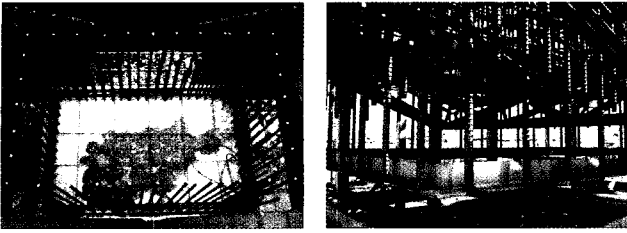


그림 5. 수직 기둥 철근의 커플러 연결 부위

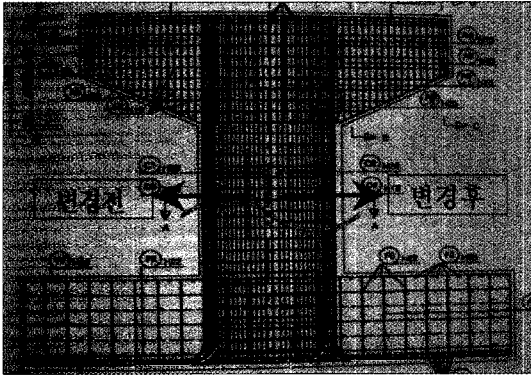


그림 6. 기둥 주철근 형상 변경

4. 시공성 향상 방안

4.1 기둥주철근

외측 철근 중 코핑에 매입되는 부분은 코핑철근망과 같이 지조립한 뒤 기둥과의 연결은 커플러를 이용하여 지그재그 방식으로 연결하고, 교각에 대한 구조 검토와 장기변형에 대한 설계기준 적용 결과에 따라 기둥주철근 중 내측철근 1단은 코핑과 기둥 연결부까지만 배근하였다(그림 5).

그리고 교각 기둥에서 주철근의 높이 차이를 없애기 위하여(그림 6)과 같이 기초에 매입되는 외측철근은 기둥 바깥 방향으로 절곡하여 배근하고 내측철근은 기둥 안쪽 방향으로 절곡하여 배근하며, 기둥주철근의 연직도를 높이기 위하여 접이음 대신 커플러를 사용하여 연결한다.

4.2 거푸집

본 공법을 적용시키기 위하여 가장 혁신적으로 개선한 부분으로서, 코핑거푸집과 동바리시스템은 종래의 것을 그대로 사용하면 코핑과 기둥의 연결부만 기둥주철근의 커플러 연결 작업을 위한 공간을 확보하기 위하여 1m 높이의 슬라이딩거푸집을 제작하여 코핑거푸집과 연결한다.

연결부 거푸집은 전면, 후면에 각각 2개씩 그리고 좌우 측면 1개씩 6조각으로 구성되며, 전면과 후면은 브라켓 위에 빔을

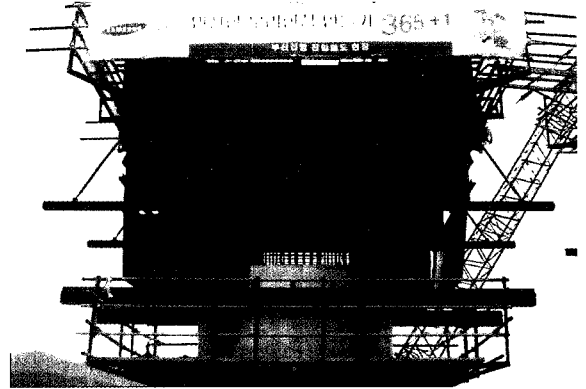


그림 7. 기둥부 개폐식 거푸집



그림 8. 가이드 빔을 설치 후 철근망 삽입

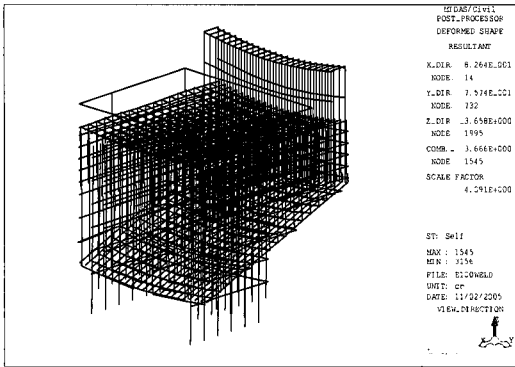
놓고 도르래를 설치하여 여닫이 식으로 개폐 시키도록 하고, 측면 거푸집은 코핑거푸집에 빔을 달아서 도르래를 이용하여 미닫이 식으로 열고, 닫도록 하여 거푸집 제작에 추가되는 비용을 최소화 하면서 효율은 극대화 시켰다(그림 7).

그리고 지조립된 코핑철근망을 인양하여 거푸집 내에 집어 넣을 때 철근피복(120 mm)의 2배 만큼 전, 후, 좌, 우로 흔들리므로 폭이 100 mm인 각 파이프로 가이드 빔을 6개 제작하여 철근망의 흔들림을 최소화시켜서 철근망 내의 수직철근과 기둥의 수직주철근의 이음부가 쉽게 만나도록 한다(그림 8).

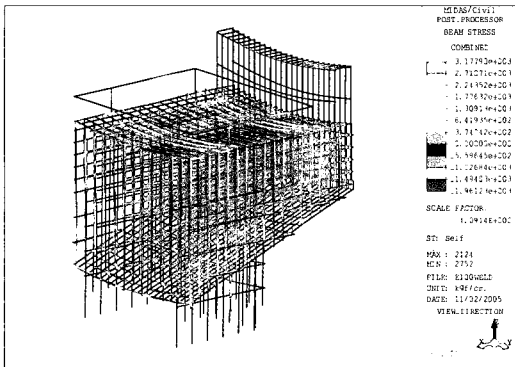
4.3 철근망 인양

지상에서 조립된 코핑철근망을 거푸집에 설치하기 위하여 크레인 으로 들어 올릴 때 철근망의 과도한 처짐이나 변형을 방지하기 위하여 인양구를 사용한다.

이때 구조 검토를 통하여 인양구의 안전성을 확인하고 철근망의 인양점을 결정하며(그림 9), 인양점에서는 집중하중이 작용하므로 인양점 부근의 철근 연결부 수개소에 대하여 결속선 대신 용접을 실시하여 인양시 철근망의 안전성을 확보하도록 하였다(그림 10).



(a) 변형도



(b) 철근응력도

그림 9. 철근망 구조해석 결과

4.4 기타 개선 사례

코핑 상면에서 기둥 연결부 하단까지의 높이는 3m이고, 코핑 상면에 배근된 주인장철근의 간격은 100mm, 수직전단철근 간격은 150mm로서 콘크리트 타설시 외경이 150mm인 콘크리트 파이프가 통과하지 못하여 콘크리트의 재료분리 현상이 발생할 가능성이 크다. 재료분리를 방지하고자 코핑인장철근 2가닥을 옆으로 각각 벌리고, 수직전단철근은 1가닥만 30mm가량 이동시켜 배근하여 파이프가 충분히 삽입되도록 콘크리트 타설용 파이프 출입구 2군데를 확보하여 콘크리트 품질을 충분히 확보하였다(그림 11). 그리고, 코핑 하부의 압축철근 간격(@100)과 기둥의 주철근 간격(@125)이 서로 달라 간섭이 발생하는 것을 피하기 위하여, 압축철근의 간격을 기둥철근과 동일한 @125로 변경하는 대신 철근직경을 한 단계 올려서 배근한다.

4.5 시공 시 유의점

시공 시 가장 중요한 부분은 역시 커플러 연결 부위이다. 따라서, 커플러가 체결이 되기 위해서는 철근망의 수직주철근과 기둥에서 올라오는 수직주철근의 위치가 정밀하게 시공되어야 한다. 그리고 커플러 체결은 연결부에 대한 조임을 확실하게

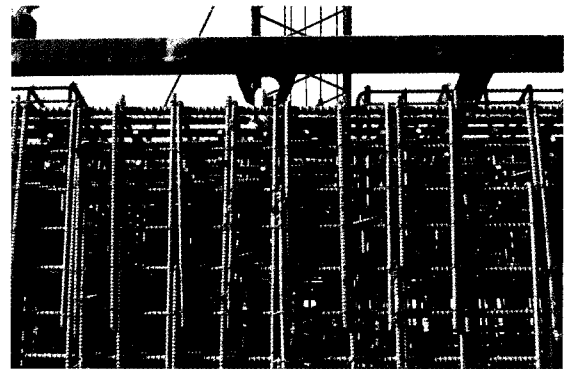


그림 10. 인양점 부근 하중 집중점의 용접 보강

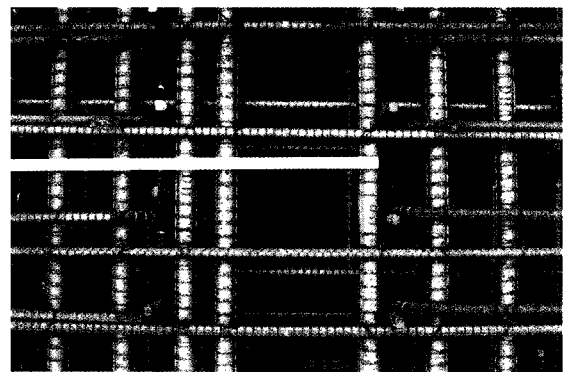


그림 11. 펌프카 파이프 삽입 공간 확보

실시하여 기둥에 인장력 작용 시 초기부터 철근에 바로 인장력이 도입되도록 하는 것이 무엇보다 중요하다고 하겠다.

또한, 코핑하중을 지지하는 거푸집은 효율적인 운용이 되도록 경량화하고 커플러 체결이 용이하도록 개선하는 노력도 아울러 사전에 충분히 검토되어야 할 항목이다.

5. 마치는 글

사각 교각에 대한 코핑 철근을 지상에서 조립 및 인양하여 시공하는 방법을 개발·시공한 결과, 안전성 확보, 공사비 절감, 공기단축, 품질 확보 등의 4마리 토끼를 한꺼번에 잡을 수 있었다.

특히 이와 같은 공법은 동일한 형태의 교각이 반복되어 교각의 수가 많은 현장에서는 효과가 배가 될 수 있으며, 앞으로 원형교각으로 확대, 적용시킬 예정이다. □

참고문헌

1. (사)한국도로교통협회, 도로교설계기준, 2005, 250pp.
2. (사)한국콘크리트학회, 콘크리트구조설계기준, 2003, pp.105~106.
3. 한국도로공사, 기술심사실 압축부재 축방향 철근망 설계기준 개선, 2005. 6. 등록번호 기술심사실1043, 7pp.