

# SRC 합성교각의 설계에 대한 고찰

## Investigation on the Design of SRC Composite Columns

심창수\*      정영수\*\*      민진\*\*\*      정인근\*\*\*\*      한정훈\*\*\*

Shim, Chang Su    Chung, Young Soo    Min, Jin    Jung, In Keun    Han, Jung Hoon

---

### ABSTRACT

Steel encased composite columns are widely used due to their excellent structural performance in terms of stiffness, strength, and ductility. However, these columns were usually utilized for building structures and had higher steel ratio for small sections. For bridge pier applications, it is necessary to design the SRC columns having low steel ratio, which is nearly the same steel ratio as the normal RC columns. In this study, the evaluation of the composite columns with a core steel in term of the stiffness and the strength was investigated using experimental results. The effects of the steel ratio was also estimated using design provisions. The calculation of steel encased composite columns with multiple steel sections were performed and compared with RC columns.

---

### 1. 서론

합성기둥은 크게 두 가지로 구분할 수 있는데 강재에 콘크리트를 채우는 충전 합성단면과 콘크리트내에 강재를 매입하는 합성단면이 있다. 합성단면은 기본적으로 구조물에 요구되는 성능을 가장 잘 발휘할 수 있도록 재료의 조합을 적절히 하는 것이 중요한데 교량의 교각 구조물에 적용할 경우에는 내진 성능이 가장 중요한 항목이고 그 중에서도 연성확보가 필수적이다. 교각의 규모가 작은 경우에는 충전 합성단면이나 강재 매입형 합성단면이 모두 적용성 측면에서 비슷하지만 일반적으로 교각의 규모가 크지만 강재 매입형 단면이 경제적으로 유리하게 된다. 이 경우 큰 단면에서는 AISC-LRFD의 설계기준에서 요구하는 4%이상의 강재비 확보를 할 경우 철근 콘크리트 교각에 비해서 경제성이 떨어질 수 있기 때문에 이 논문에서 주로 다루는 강재매입형 합성단면은 강재비가 2%내외로 기존의 RC 교각과 유사한 수준의 강재비를 갖는 경우에 대한 설계 검토를 수행하였다.

강재비가 낮은 경우의 설계는 철근 콘크리트 기둥의 설계 기준에서 사용하는 개념을 채용하는 것이 적합할 것으로 판단되었다 [ ]. ACI-318 기준과 Eurocode-4의 기준이 적절하게 P-M상관도를 평가하

---

\* 정회원 · 중앙대학교 토목공학과 교수 · 공학박사 · 031-670-4707(E-mail:csshim@cau.ac.kr)

\*\* 정회원 · 중앙대학교 토목공학과 교수 · 공학박사 · 031-670-3339(E-mail:chung47@cau.ac.kr)

\*\*\* 정회원 · 중앙대학교 토목공학과 구조연구실 · 석사과정 · 031-670-4661(E-mail:mutjin78@navor.com)

\*\*\*\* 정회원 · 중앙대학교 건설환경연구소 연구원 · 공학박사 · 031-670-4661(E-mail:inkeun88@lycos.co.kr)

\*\*\*\*\* 정회원 · 중앙대학교 토목공학과 구조연구실 · 석사과정 · 031-670-4661(E-mail:jh190@hanmail.net)

는 것으로 나타났고 이를 이 논문에서 정리하여 제시하였다. 합성기둥 단면을 설계하기 위해서는 추가적으로 제시되어야 하는 항목들이 있는데 주철근과 매입 강재의 비율 설정, 띠철근 상세 및 띠철근비의 결정, 매입강재와 콘크리트의 부착 및 전단연결 특성, 장기거동에 미치는 영향 평가 등이 있다. 강재비와 구속철근의 설계는 내진 연성을 확보하는 것이 주안점이 되어야 하고 기존 연구결과를 볼 때 부재의 항복이후의 변형능력이 매입된 강재로 인해서 RC 교각에 비해 우수한 것으로 나타나 붕괴방지수준을 확보하는데 상당히 유리한 구조형태가 될 것이다.

그림 1에서 나타낸 바와 같이 강관이나 H형 강재를 매입한 형태의 합성 교각이 사용될 수 있는데 일본의 토메이 프로젝트에서 이미 사용된 바가 있고 국내에서도 활발히 적용 시도가 이루어지고 있다. 매입강재의 효율성을 높이기 위해서는 강재를 교각 단면의 외곽에 배치하는 것이 바람직한데 이 경우에 심부 콘크리트를 구속할 수 있도록 적절한 철근 상세를 선택하는 것이 설계자에게는 매우 중요한 고려사항이 될 것이다. 매입된 강재의 효율성을 높이기 위해 강재를 둘러싸는 구속철근과 전체 교각 단면을 둘러싸는 띠철근 설계가 필요하고 구속철근비는 현재 RC 교각의 내진설계에서 논의되고 있는 한정연성 확보 수준에서 결정하거나 별도의 연구가 수행되는 경우 이보다 낮출 수 있을 것으로 판단된다.

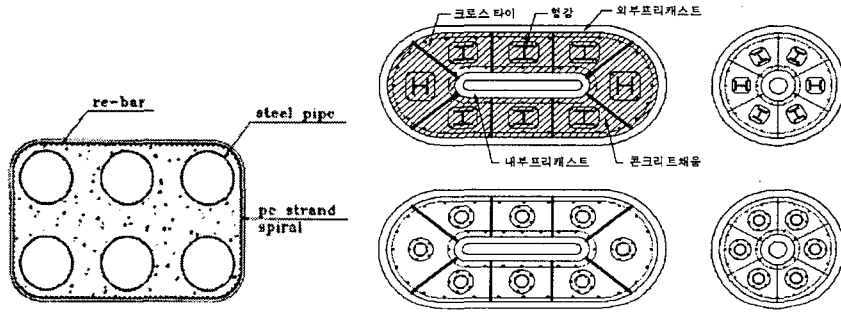


그림 1. 활용 가능한 합성교각 단면

## 2. 단일 강재 매입 합성기둥의 설계

강재매입형 합성기둥 단면에서 매입되는 강재가 기둥단면의 중심에 위치하고 전체적인 축방향 강재비의 수준이 기존의 RC 기둥과 유사한 수준에서 설계되었을 경우의 극한거동을 실험적으로 검토하였고 이를 현재의 적용가능한 몇 가지 설계기준과 비교하였다. 그림 2와 같이 H형 강재와 소성힌지구간에만 부분 충전된 원형강관 매입단면에 대해서 실험을 수행하였고 이를 설계기준과 비교하면 그림 3과 같다.

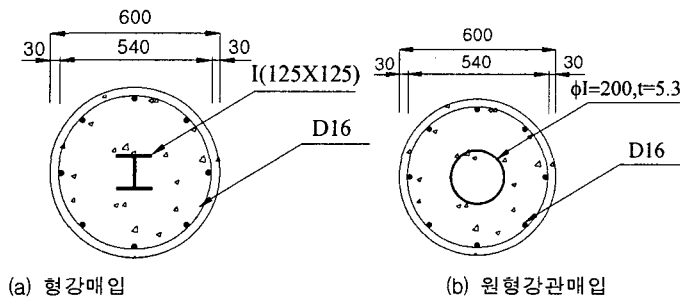
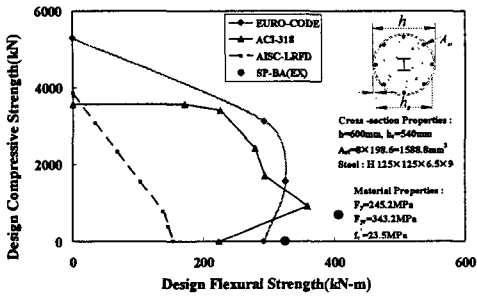
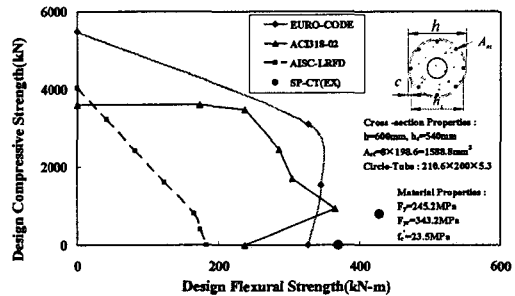


그림 2. 완전매입 강재 단면(실험단면)



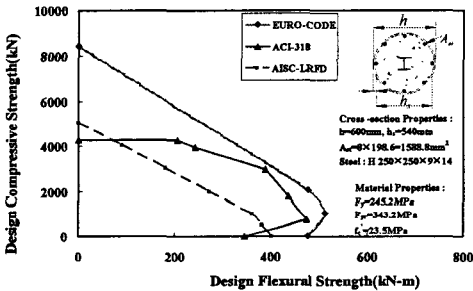
(a) 형강매입



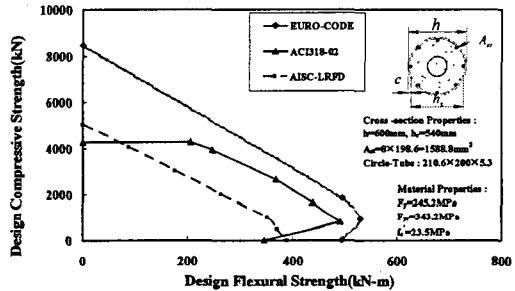
(b) 원형강관매입

그림 3 P-M 상관도(강재비:1.07~1.21%)

강재비가 낮은 경우에는 철근 콘크리트의 설계개념에 근거한 ACI와 Eurocode의 규정이 적절한 것으로 판단되었고 동일 단면에서 강재비만 4%로 증가시키면 그림 4와 같이 나타나는데 이로부터 강재비의 증가에 따라서 AISC 규정이 다른 설계기준과 근접해감을 알 수 있다.



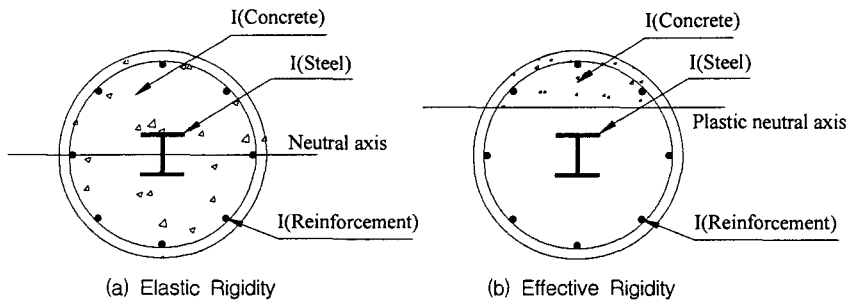
(a) 형강매입



(b) 원형강관매입

그림 4 P-M 상관도(강재비:4%)

설계시 필요한 항목으로 합성단면에 대해서 유효강성 평가가 필요하다. 이는 그림 5의 개념도에 나타난 바와 같이 합성기둥의 하중상태에 따라서 유효단면을 먼저 설정하고 이를 근거로 강성을 산정하는 것인데 기둥 단면의 중심에 작은 강재단면을 매입한 경우에는 휨에 대한 소성단면을 기준으로 하면 극한하중의 85% 수준에서 균열단면강성이 초기 강성의 25%수준으로 나타났다. 축력이 작용하는 경우에는 이를 반영한 유효단면 산정을 통해서 유효강성 산정이 가능하다.



(a) Elastic Rigidity

(b) Effective Rigidity

그림 5 초기 강성과 유효강성에 대한 단면 정의

### 3. 복수 강재 매입형 합성기둥의 설계

여러 개의 강재가 매입된 합성기둥의 설계를 수행하여 P-M 상관도와 강성을 평가하였다. RC 단면과 동일한 단면 크기를 갖도록 하고 1.5%의 강재비를 갖는 RC 단면에 사용된 주철근의 항복강도는 392MPa, COMP1과 COMP2 합성기둥의 강재는 강재비 1.45%로 각각 SM400, SM490을 사용하였다. 동일한 강재비를 갖는 경우에 합성 교각으로 설계하여 상세를 단순화시키고 연성은 높게 확보할 수 있음을 알 수 있다. 이 단면의 경우에도 휨에 대한 소성단면을 기준으로 한 균열강성은 초기 강성의 25% 수준으로 평가되었다.

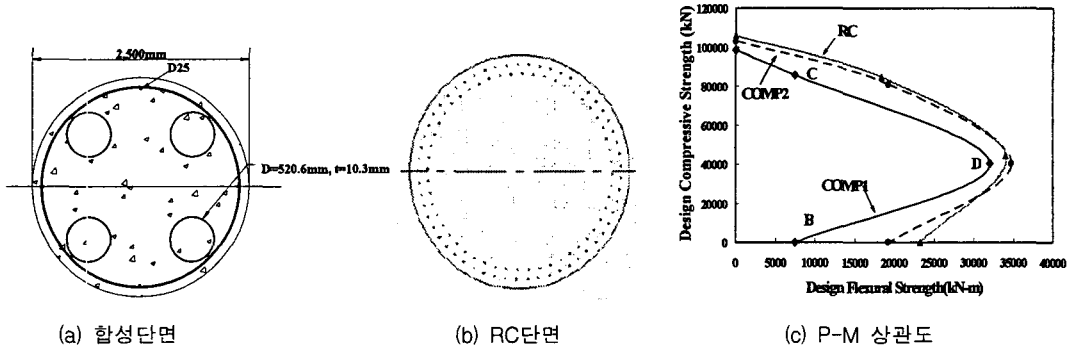


그림 6 합성단면과 RC단면의 P-M 상관도 분석

### 4. 결론

강재매입형 합성단면을 갖는 교각의 설계를 위한 검토사항을 실험결과와 계산결과를 이용하여 제시하였다. 강재매입형 합성교각의 단면 구성은 다양하게 제시될 수 있기 때문에 설계기준에서 이를 포괄할 수 있는 일반적인 내하력 평가 및 상세 규정이 제시되어야 한다. 매입 강재의 비율과 강종의 선택을 통해서 요구되는 성능을 발휘하는 교각 설계가 용이할 것으로 판단되었다.

#### 감사의 글

이 연구는 교량설계핵심기술연구단을 통하여 지원된 건설교통부 건설핵심기술연구개발사업에 의하여 수행되었습니다. 연구 지원에 감사 드립니다.

#### 참고문헌

1. Eurocode-4: Design of composite steel and concrete structures Part 1.1 General rules and rules for buildings
2. Building code requirements for structural concrete (ACI 318-02 and commentary (ACI 318R-02) : American Concrete Institute (ACI), 2002.
3. Load and Resistance Factor Design (LRFD) Specification for Structural Steel Buildings. : American Institution of Steel Construction (AISC), 1999
4. T KATO, Y TAKAHASHI, Earthquake design and construction of tal composite bridge piers, 12WCEE. 0899, 2000.