

설계방법에 따른 RC 교각 코핑부의 배근상세

Detailing in RC Pier Coping According to the Design Methods

박규열* 이승훈** 엄장섭*** 진치섭****

Park, Kyu Yul Lee, Seung Hun Eom, Jang Sub Jin, Chi Sub

ABSTRACT

The designer has difficulty due to inadequacy of provisions in the domestic design code and lack of understanding for behavior of D-region. The reinforced concrete pier coping consists of various failure mechanisms as the crushing or splitting from compression concrete, and shearing failure under the loading plate. However, predicting those failure mechanisms is very difficult. In this study, reinforced concrete pier coping is analyzed and designed by using strut-tie model. Adequacy for the application of strut-tie model is verified by comparison with the way used in current design practice. The results show that strut-tie model can be a rational and an economical design than current conventional design methods.

1. 서론

일반적인 구조물의 응력흐름을 분석해 보면, 휨이 발생하기 전의 평면은 휨이 발생한 이후에도 평면을 유지하며 전단응력은 휨응력에 의존한다는 가정에 기초한 보 이론을 적용할 수 있는 B-영역 (beam or Bernoulli region)과 응력집중과 기하학적인 불연속의 결과로 보 이론의 적용이 불가능하며 해석 및 설계에 어려움이 있는 D-영역(discontinuity or disturbance region)으로 구조물을 나눌 수 있다.¹⁾

RC 교각 코핑부는 이러한 D-영역을 갖는 대표적인 구조물중 하나이다. 일반적으로 RC 교각 코핑부는 교량 상부 슬래브의 하중을 교각의 기둥에 전달할 목적으로 사용되는 중요한 부분으로, 이러한 구조형태는 전단력이 크게 작용하며 주인장 철근의 항복, 콘크리트의 압축파괴, 기둥면을 따라 발생하는 전단파괴 등의 복잡한 파괴메커니즘을 형성하고 있다. 따라서 RC 교각 코핑부의 정확한 파괴메커니즘을 예측 및 해석하는 것은 많은 어려움이 있다.

본 논문에서는 이러한 RC 교각 코핑부를 유한요소 해석법을 통해 구조물의 주응력 흐름을 파악한 후, 스트럿-타이 모델 방법으로 RC 교각 코핑부를 해석하였다. 또한 현행 구조설계기준과 스트럿-타이 모델에 의한 배근상세를 비교하여 합리적이고 경제적인 설계방법을 제시하였다.

2. RC 교각 코핑부의 유한요소 해석

RC 교각 코핑부는 D-영역을 갖는 대표적인 구조물로서 복잡하고 다양한 형상의 파괴메커니즘을

*정회원, 부산대학교 대학원 석사과정

**정회원, 부산대학교 대학원 박사과정

***정회원, 창신대학 토목과 부교수

****정회원, 부산대학교 토목공학과 교수

보인다. 따라서 응력집중과 기하학적인 불연속으로 인하여 일반적인 보 이론의 적용은 불가능하므로, RC 교각 코핑부의 해석 및 설계는 많은 어려움이 있다. 지금까지 D-영역에 대한 설계와 해석은 주로 경험 혹은 일반상식을 바탕으로 이루어져 왔기 때문에 다른 부재의 설계방법과 비교하여 구조물의 안정성에 대한 낮은 신뢰도를 보여 왔는데 이러한 구조물의 설계방법으로서 스트럿-타이 모델이 제안되었다.¹⁾ 스트럿-타이 모델은 구조물 내에서 힘의 전달 메커니즘을 압축 스트럿과 인장 타이로 나타내어 콘크리트 부재 외부에 작용하는 하중과 부재 내부의 철근 및 콘크리트에 작용하는 힘과의 평형을 이용하는 방법이다. 스트럿-타이 모델에는 탄성 유한요소 해석으로부터 응력값과 주응력 궤적도를 얻어 모델을 구성하는 탄성응력 궤적법에 의한 방법과 하중의 흐름을 추적하여 구성하는 하중경로법이 있다.²⁾

본 연구에서 해석한 RC 교각은 부산지하철에 실제 시공된 교각으로서 코핑부에서 발생하는 복잡한 응력상태를 해석하기 위해 탄성응력 궤적법을 이용하였다. 해석에 사용된 프로그램은 범용 유한요소해석 프로그램인 LUSAS를 이용하였으며, 유한요소 모델은 2차원 평면응력요소를 사용하였다. 작용 하중은 고정하중, 활하중, 원심하중, 풍하중, 온도하중, 지점침하 등 실제 설계시에 적용된 모든 하중을 적용하였다.³⁾

그림 1은 RC 교각 코핑부의 형상과 치수 및 유한요소해석 모델을 나타낸다.

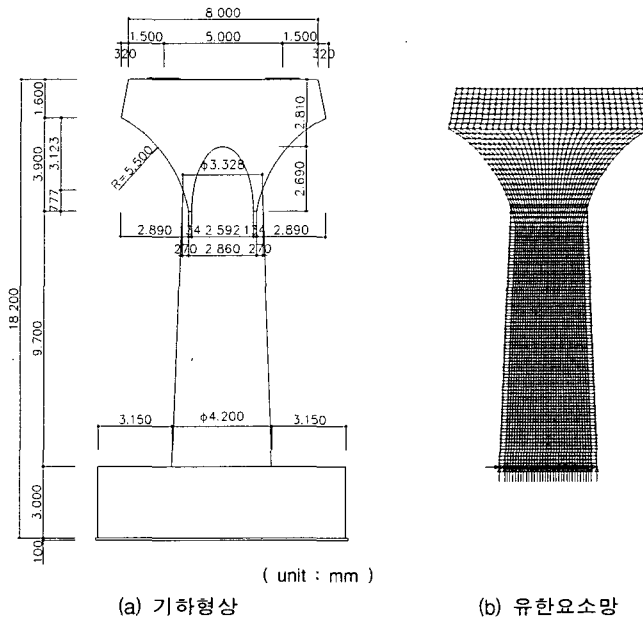


그림 1 기하형상 및 유한요소망

3. RC 교각 코핑부의 스트럿-타이 모델

RC 교각 코핑부의 유한요소해석 결과, 주압축 및 주인장 응력궤적은 그림 2와 같다. 하중이 작용하는 지점에서 교각 하단까지는 압축응력이 작용하고, 코핑부 상부면과 코핑부와 기둥이 만나는 지점에 인장응력이 작용하는 것으로 해석되었다. 이는 RC 교각 코핑부의 전형적인 파괴메커니즘을 보여 주는 것으로 전단파괴와 지압파괴를 유발하는 원인이 된다. 이러한 주응력 궤적도를 바탕으로 하여 주압축 응력 방향 및 주인장응력 방향으로 스트럿과 타이로 배치하고 스트럿과 타이에 의해 힘이 분기되는

곳에 절점을 위치시키면 RC 교각 코핑부에 대한 스트럿-타이 모델이 구성된다.

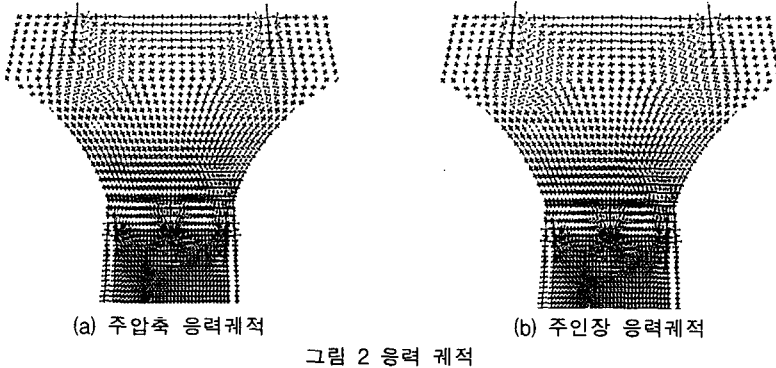


그림 2 응력 케적

그림 3은 주응력 케적으로부터 하중의 위치와 배근될 철근의 위치 및 피복두께를 고려하여, 스트럿과 타이틀을 배치한 모델로서 절점영역의 형상, 강도 및 스트럿과 타이의 적합성을 ACI 318-02⁴⁾에서 제시하는 방법을 사용하여 스트럿-타이 모델을 구성한 것이다.

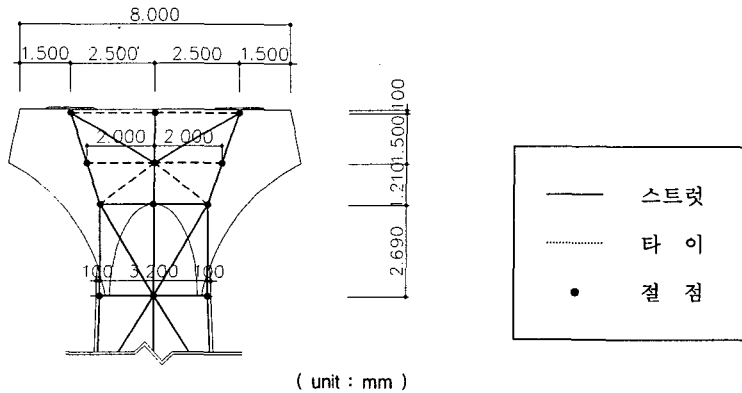


그림 3 스트럿-타이 모델의 형상

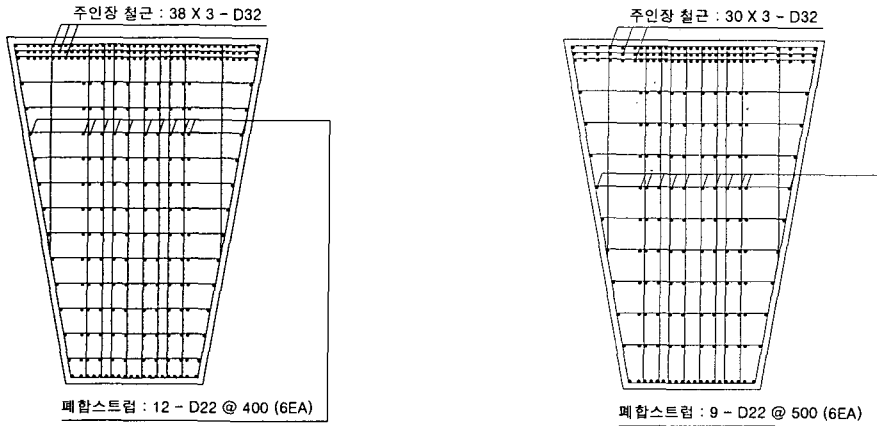
본 연구에서는 RC 교각 코핑부에 대해 현행 구조설계기준에서 제시한 설계법(전단마찰이론)을 이용한 철근량과 스트럿-타이 모델을 이용한 철근량을 각각 산정하여 설계 방법에 따른 철근량을 비교하였다. 표 1은 현행 구조설계기준에 의해 계산된 필요 철근량과 스트럿-타이 모델을 통하여 얻은 필요 철근량을 비교하고, 실제 휨과 전단에 저항하기 위해 필요한 사용 철근량을 나타낸 것이다. 표 1로부터 스트럿-타이 모델에 의해서 산정된 필요 철근량은 현행 구조설계기준에 의하여 산정된 필요 철근량에 비하여 주인장 철근량은 24%, 폐합 스티럽은 25% 감소한 것을 알 수 있다.

표 1 설계방법에 따른 필요 철근량의 비교

Section	현행 구조설계기준 (cm ³)		스트럿-타이 모델 (cm ³)		비 ^{*)}
	필요 철근량	사용 철근량	필요 철근량	사용 철근량	
주인장 철근	736.034	38×3-D32 = 905.388	560.730	30×3-D32 = 714.780	24%
폐합 스트럿	259.167	12×6-D22 = 278.712	194.656	9×6-D22 = 209.034	25%

*) 비 = 100 - $\frac{\text{스트럿-타이 모델에 의한 필요 철근량}}{\text{현행규정에 의한 필요 철근량}} \times 100$

현행 구조설계기준과 스트럿-타이 모델에 의한 배근을 비교하면, 두 모델의 배근 형태와 철근 직경은 동일하지만 주인장 철근량 및 폐합스트립의 철근량 차이로 인해서 스트럿-타이 모델에 의한 배근이 현행 구조설계기준에 의한 배근 보다 철근의 개수가 작게 배근 되었다. 그림 4는 스트럿-타이 모델 및 현행 구조설계기준에 의한 주인장 철근과 폐합 스트립의 배근상세를 나타낸 것이다.



(a) 현행 구조설계기준에 의한 배근상세

(b) 스트럿-타이 모델에 의한 배근상세

그림 4 RC 교각 코핑부의 배근상세

4. 결론

본 연구에서는 D-영역을 갖는 대표적인 구조물인 RC 교각 코핑부에 대해 현행 구조설계기준과 스트럿-타이 모델을 이용한 설계법을 각각 적용하여 설계방법에 따른 필요 철근량을 산정하였다. 해석 결과, 스트럿-타이 모델을 적용하여 설계할 경우, 계산된 필요 철근량은 현행 구조설계기준에 의해 산정된 필요 철근량에 비하여 주인장 철근은 24%, 폐합 스트립은 25% 감소하였다. 따라서 스트럿-타이 모델을 사용하면 구조물 내적 힘의 전달 메커니즘을 반영한 합리적이고 경제적인 설계가 가능하다.

하지만, 스트럿-타이 모델을 이용한 설계법은 복잡한 구조물에서의 스트럿-타이 모델 선정시 지식과 경험 뿐만아니라 복잡한 해석과정이 필요하므로, 실제 구조물에 적용시 세밀한 검토가 필요하다.

참 고 문 헌

1. 정광희, 송하원, 변근주, “스트럿-타이 모델에서 중첩의 원리를 이용한 철근콘크리트 T형 교각 코핑부의 합리적인 설계”, 대한토목학회논문집, 제22권, 제1-A호, pp.21~30, 2002.
2. 오병환, 김익현, 이명규, 홍경욱, 신호상, “스트럿 타이 모델을 이용한 프리캐스트 프리스트레스트 콘크리트 세그멘탈 박스거더 橋梁의 신축이음 세그멘트의 設計技法 研究”, 대한토목학회논문집, 제16권, 제I-1호, pp.33~41, 1996.
3. 현대건설(주), “부산지하철 2호선 연장 양산선 1공구 구조 및 수리계산서(P27 구조계산서)”, 2003.
4. ACI Committee 318, “Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary”, American Concrete Institute, 2002.
5. 대한토목학회, “철도설계기준(철도교편)”, 2004.
6. 한국콘크리트학회, “콘크리트 구조설계기준”, 2005.