

설계방법에 따른 직사각형 단면 코벨의 배근상세

Detailing in Rectangular Shaped Corbel According to the Design Methods

김대성*, 김태완**, 이승훈***, 엄장섭****, 진치섭*****

Kim, Dae Seong Kim, Tae Wan 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 rectangular shaped corbel consist 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, rectangular shaped corbel 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

철근 콘크리트 구조물에서 브래킷(brackets)이나 코벨(corbels)은 기둥이나 벽체로부터 집중하중이나 보의 반력을 지지하기 위해서 돌출된 형태의 길이가 짧은 캔틸레버를 말한다. 일반적으로 직사각형 단면 코벨은 기둥 등의 구조물에서 턱이진 보를 설치할 경우에 사용되고 있다. 이러한 구조형태에는 전단력이 크게 작용하며 주인장 철근의 항복, 콘크리트의 압축파괴, 기둥면을 따라 발생하는 전단파괴 등의 복잡한 파괴메커니즘을 형성하고 있다. 따라서 코벨의 정확한 파괴메커니즘 예측과 해석은 어려운 일이다.¹⁾

본 논문에서는 유한요소 해석법을 통해 구조물의 주응력 흐름을 파악한 후 구조물 거동에 관한 파괴메커니즘을 예측하고, 스트럿-타이 모델 방법으로 직사각형 단면 코벨을 해석 하였다. 또한 현행 구조설계기준과 스트럿-타이 모델에 의한 코벨의 배근 상세를 비교하여 합리적이고 경제적인 설계방법을 제시하였다.

2. 직사각형 단면 코벨의 유한요소 해석

* 정회원, 부산대학교 대학원 석사과정

** 정회원, 부산대학교 대학원 박사과정

*** 정회원, 부산대학교 대학원 박사과정

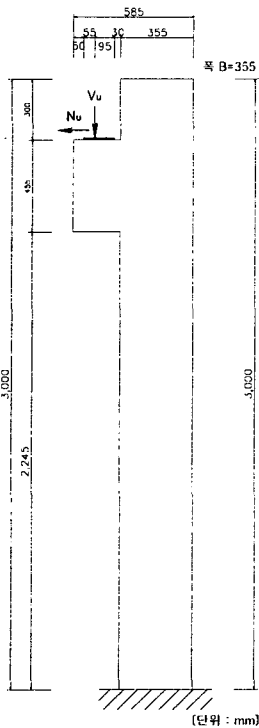
**** 정회원, 창신대 토목과 부교수

***** 정회원, 부산대학교 토목공학과 교수

콘크리트 코벨은 D-영역(응력교란 영역)을 갖는 대표적인 구조물로서 복잡하고 다양한 형상의 파괴 메커니즘을 보인다. 이는 응력집중과 기하학적인 불연속으로 일반적인 보 이론의 적용이 불가능하여 해석 및 설계에 어려움이 많다. 지금까지 D-영역에 대한 설계와 해석은 주로 경험 혹은 일반상식을 바탕으로 이루어져 왔기 때문에 다른 부재의 설계방법과 비교하여 구조물의 안정성에 대한 낮은 신뢰도를 보여왔는데 이러한 구조물의 설계방법으로서 스트럿-타이 모델이 제안되었다.²⁾ 스트럿-타이 모델은 구조물 내에서 힘의 전달 메커니즘을 압축 스트럿과 인장 타이로 나타내어 콘크리트 부재 외부에 작용하는 극한하중과 부재 내부의 철근 및 콘크리트에 작용하는 힘과의 평형을 이용하는 방법이다. 스트럿-타이 모델에는 탄성 유한요소 해석으로부터 응력값과 주응력 궤적을 얻어 모델을 구성하는 탄성응력 궤적법에 의한 방법과 하중의 흐름을 추적하여 구성하는 하중경로법이 있다.³⁾

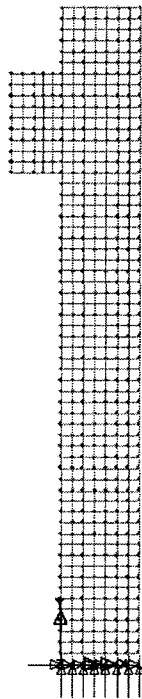
본 연구에서는 직사각형 단면 코벨에서 발생하는 복잡한 응력상태를 해석하기 위해 탄성응력 궤적법을 이용하였다. 해석에 사용된 프로그램은 범용 유한요소해석 프로그램인 LUSAS를 이용하였으며, 유한요소 모델은 2차원 평면응력요소를 사용하였다. 작용 하중은 각각 수직력 (V_u) 250kN, 수평력 (N_u) 50kN의 극한하중을 재하하였다.

그림 1은 직사각형 단면 코벨의 형상 및 치수와 유한요소해석 모델을 나타내며 그림 2는 유한요소 해석 결과 주압축응력과 주인장응력의 분포를 표현한 것이다.

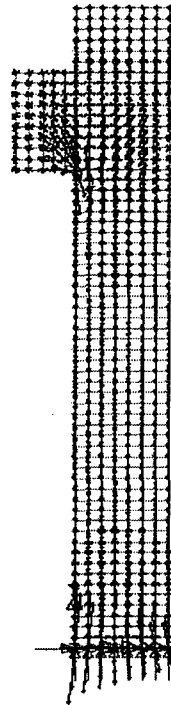


(a) 기하형상

그림 1 직사각형 단면 코벨

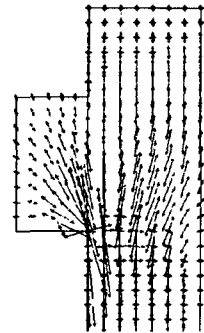


(b) 유한요소 모델

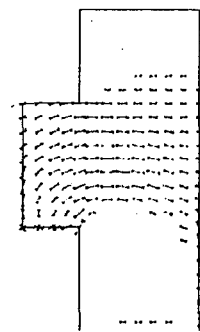


(a) 주응력 궤적도

그림 2 직사각형 단면 코벨의 유한요소해석 결과



(b) 주압축응력 궤적도

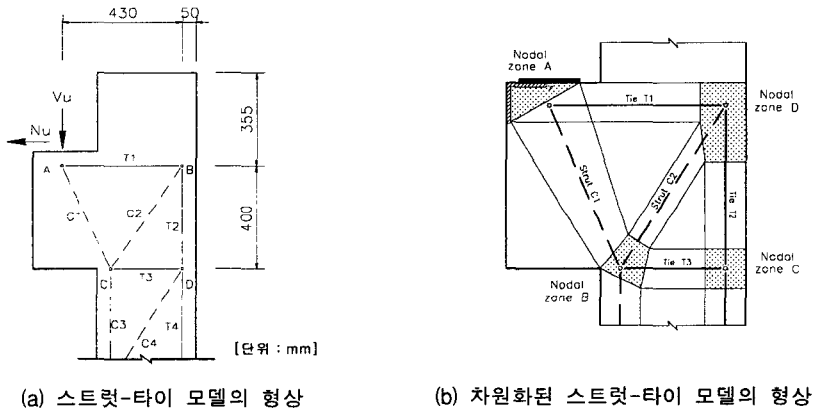


(c) 주인장응력 궤적도

3. 직사각형 단면 코벨의 스트럿-타이 모델

직사각형 단면 코벨의 유한요소 해석 결과로부터, 외력이 작용하는 지점에서 코벨의 하단까지는 압축응력이 작용하고, 기동면에서 코벨의 끝까지는 인장응력이 작용하는 것으로 해석되었다. 이는 코벨의 전형적인 파괴메커니즘을 보여 주는 것으로 코벨 구조물의 전단파괴와 지압파괴를 유발하는 원인이 된다. 이러한 주응력 궤적을 바탕으로 하여 주압축응력 방향 및 주인장응력 방향으로 스트럿과 타이를 배치하고 스트럿과 타이에 의해 힘이 분기되는 곳에 절점을 위치시키면 코벨에 대한 스트럿-타이 모델이 구성된다.

그림 3은 주응력 궤적으로부터 하중의 위치와 배근될 철근의 위치 및 피복두께를 고려하여, 스트럿과 타이를 배치한 모델로서 절점영역의 형상, 강도 및 스트럿과 타이의 적합성을 ACI 318-02⁴⁾에서 제시하는 방법을 사용하여 스트럿-타이 모델을 구성한 것이다. 여기서, C는 압축을 받는 스트럿을 나타내고 T는 인장을 받는 타이를 나타낸다.



(a) 스트럿-타이 모델의 형상 (b) 차원화된 스트럿-타이 모델의 형상

그림 3 직사각형 단면 코벨의 스트럿-타이 모델

본 연구에서는 직사각형 단면 코벨에 대해 스트럿-타이 모델을 이용한 필요 철근량과 현행 콘크리트 구조설계기준에서 제시한 설계법(전단마찰이론)을 이용한 필요 철근량을 각각 산정하여 설계 방법에 따른 철근량을 비교하였다. 콘크리트 구조설계기준에 의한 설계법으로는 브래킷과 내민받침에 대해 단경간에 대한 깊이의 비(a/d)가 1.0 이하이고, 전단력 (V_u)와 모멘트 [$V_u \cdot a + N_{uc}(h - d)$] 및 수평인장력 (N_{uc})를 동시에 견디도록 설계해야 한다는 규정에 준하여 필요 철근량을 산정 하였다. 표 1은 콘크리트 구조설계기준에 의해 계산된 필요 철근량과 스트럿-타이 모델을 통하여 얻은 필요 철근량을 비교한 것으로, 실제 휨과 전단에 저항하기 위해 필요한 철근량을 나타낸 것이다. 표 1로부터 스트럿-타이 모델에 의해서 산정된 철근량은 콘크리트 구조설계기준에 의하여 산정된 철근량에 비하여 12(폐합 스테럽) ~ 27%(주인장 철근) 감소한 것을 알 수 있다.

표 1 설계방법에 따른 필요 철근량의 비교

Section	스트럿-타이 모델 (mm)	콘크리트 구조설계기준 (mm)	비 ^{*)}
주인장 철근	531.23	722.54	26.5 %
폐합 스테럽	166.67	189.67	12.1 %

주) 비 = $\frac{\text{스트럿-타이 모델에 의한 철근량}}{\text{현행규정에 의한 철근량}} \times 100 (\%)$

스트럿-타이 모델과 현행 구조설계기준에 의한 배근을 비교하면, 두 모델의 배근 형태는 동일하지만 주인장 철근량의 차이로 인해서 현행 구조설계기준에 의한 배근 간격이 더 작은 것으로 나타났다. 그림 4는 스트럿-타이 모델에 의한 주인장 철근과 폐합 스테럽의 배근 상세를 나타낸 것이다.

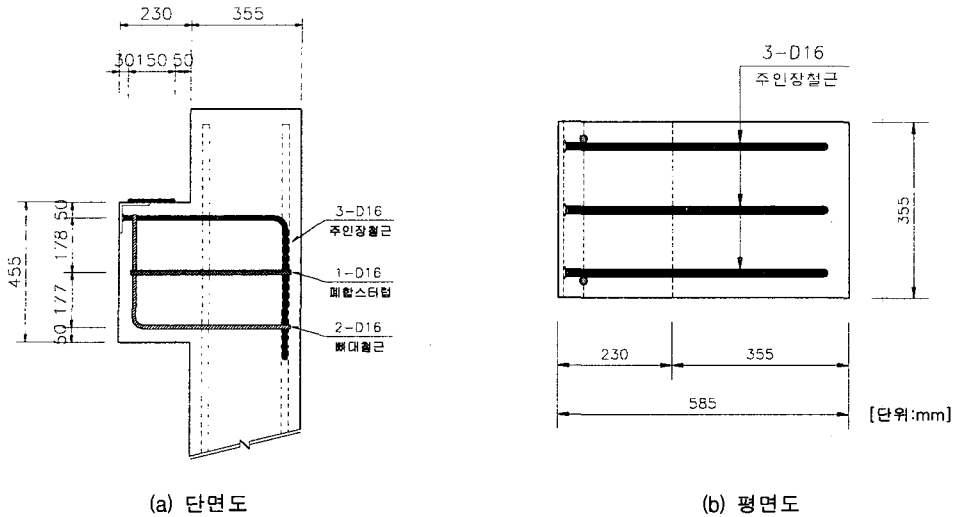


그림 4 직사각형 단면 코벨의 배근 상세

4. 결론

본 연구에서는 발생하는 응력의 크기와 방향을 정확히 구하는 것이 어려운 직사각형 단면 코벨에 대해 현행 콘크리트 구조설계기준과 스트럿-타이 모델을 이용한 설계법을 각각 적용하여 설계방법에 따른 필요 철근량을 산정하였다.

해석 결과, 스트럿-타이 모델을 적용하여 설계할 경우, 계산된 필요 철근량은 구조설계기준에 의해 산정된 필요 철근량 보다 감소함을 보였다. 따라서 스트럿-타이 모델을 사용하면 구조물 내적 힘의 전달 메커니즘을 반영한 보다 합리적이고 경제적인 설계가 가능하다.

참 고 문 헌

1. 윤영목, 신용목, “비선형 스트럿-타이 모델 방법에 의한 철근콘크리트 코벨의 강도 평가”, 한국콘크리트학회 논문집, Vol.15, No.1, pp.391~396, 2003.
2. 정광희, 송하원, 변근주, “스트럿-타이 모델에서 중첩의 원리를 이용한 철근콘크리트 T형 교각 코핑부의 합리적인 설계”, 대한토목학회논문집, 제22권, 제1-A호, pp.21~30, 2002.
3. 오병환, 김익현, 이명규, 홍경욱, 신호상, “스트럿 타이 모델을 이용한 프리캐스트 프리스트레스트 콘크리트 세그멘탈 박스거더 橋梁의 신축이음 세그먼트의 設計技法 研究”, 대한토목학회논문집, 제16권, 제I-1호, pp.33~41, 1996.
4. ACI Committee 318, “Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary”, American Concrete Institute, 2002.
5. 한국콘크리트학회, “콘크리트 구조설계기준”, 1999.