

외부 강선 보강용 조립식 정착장치 개발 연구

Development of the Prefabricated Anchoring Device for External Strengthening

한만엽* · 이상욱**1

Han, Man-Yop · Lee, Sang-Wook

Abstract

External prestressing method is the most popular method to strengthen concrete structures. The key parts of external prestressing method is an anchoring device which holds the prestressing cables. The most popular anchoring devices is an end bearing type, which has to be welded at site to assemble the anchor. The welding at site has a significant quality problem. In this paper, new anchoring system has been developed, which needs no site welding. A design method for the new anchor has been proposed and developed to optimize the anchoring system. The developed anchors are very efficient, small, and compact, which have two types, one for abutment section and the other one for pier section. The anchors are expected to be used very widely, because of its convenience.

1. 서론

외부강선 보강공법은 구조체에 대한 적응성과 보강효율이 높아 교량의 내구성 증진을 위해 매우 활발하게 이용되고 있다. 그러나, 외부강선 보강에 사용되는 기존의 정착장치는 커다란 힘을 전달해야하는 주요 부분이 현장용접으로 제작되므로 품질의 저하가 우려된다. 따라서, 현장에서는 강선에 충분한 장력을 작용시키지 못함으로써 보강 효율과 성능이 의문시 되는 경우가 많다. 본 연구에서는 큰 힘이 작용하는 주요 부분이 공장에서 제작됨으로써 품질이 향상된 조립식 정착장치를 개발하였으며, 개발된 정착장치의 용접강도, 인장강도, 단부지압강도, 등을 검토하는 상세 정착장치의 설계방법을 제시하였다. 그림1에 조립식 인장형과 압축형 정착장치의 평면도가 제시되어 있다. 인장형 정착장치는 교대에 설치하여 사용하고, 압축형 정착장치는 교각에 설치하여 사용하도록 하였다.

* 정회원 · 아주대학교 환경건설교통공학부 교수 · 공학박사 · 031-219-2504(E-mail: myhan@ajou.ac.kr)

** 정회원 · 아주대학교 건설교통공학과 석사 · 031-219-2963(E-mail: civilsw@hotmail.com)

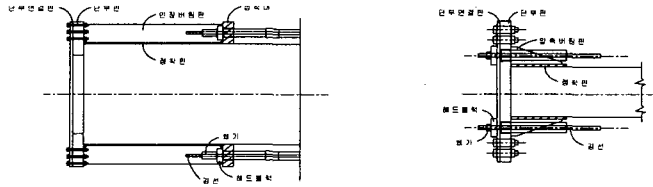


그림 1. 조립식 인장형, 압축형 정착장치의 평면도 및 주요부 명칭

2. 조립식 정착장치의 설계 예

2.1 인장형 정착장치의 설계

2가지의 정착장치 중 우선 인장형 정착장치의 설계예를 제시하고자 한다. 본 논문에서는 하중 전달 경로의 주요 부품을 설계를 통하여 최적화하는 방안을 제시하고자 하였다.

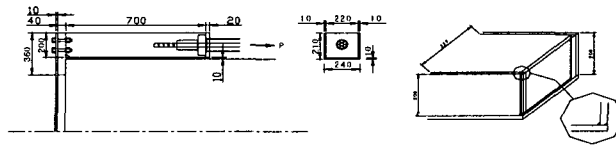


그림 2 조립식 인장형 정착장치의 설계 및 주요부 상세도

그림 2에 제시된 바와 같이 긴장력이 작용하게 되면 강선이 콘크리트 구조물에 바로 붙어 있을 수 없기 때문에 약간의 편심을 갖고 이 편심에 의하여 불균형 모멘트가 발생하며, 이 모멘트는 구조물의 측면부에는 압축력으로 단부 연결판에는 인장력으로 작용하므로 이 부분의 설계는 철근 콘크리트의 허용응력 설계법에 따라 설계가 가능하다. 설계 긴장력 50t이 편심 $e=12\text{cm}$ 의 위치에 작용하므로, 정착장치 주변의 하중 분포는 다음 그림 3과 같다.

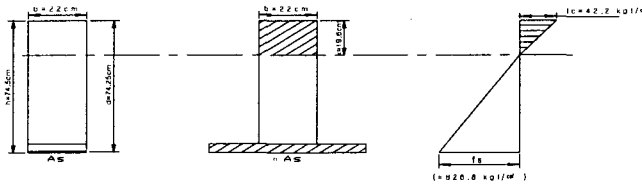


그림 3 인장형 정착장치의 작용압축력 및 작용인장력

이러한 하중 상태에서 중립축의 위치를 구하는 식과 중립축의 위치는 다음과 같다.

$$\frac{1}{2}bx^2 - nA_s(d-x) = 0 \quad x = 19.6\text{ cm}$$

압축축 상단의 콘크리트의 압축응력과 단부 연결판에 작용하는 인장응력은 다음과 같다.

$$f_c = \frac{2M}{bx(d - \frac{x}{3})} = 42.2\text{ kgf/cm}^2 \quad f_s = \frac{M}{A_s(d - \frac{x}{3})} = 826.8\text{ kgf/cm}^2$$

단부 연결판의 인장응력이 허용응력보다 작기 때문에 인장력에 대해 안전하다. 단부 연결판에 작용하는 인장력 9.9t(826.8×11)을 견딜 수 있는 볼트 개수를 선정하거나 용접길이를 산정하면 되는데, 본 설계의 경우 M22 볼트를 사용하는 것으로 가정하면, 허용강도가 4.8t 이므로 4개로 선정하였다.

다음으로 정착대의 용접강도에 대하여 검토를 하였다. 용접부의 목두께는 1cm로 가정하였고, 총 용접길이가 62(20+22+20)cm이므로 용접부의 내하력은 86.8t(62×1400)이 되는데 이는 설계 긴장력 50t보다 크기 때문에 안전하다. 강판의 허용인장력 역시 86.8t이므로 긴장력에 대해 안전하다.

또한, 콘크리트 단부의 지압강도에 대한 검토가 필요하다. 콘크리트 지압강도 감소계수 $\phi_b = 0.70$ 이며, 콘크리트 단부 지압강도를 구하는 식은 다음과 같다.

$$P = \phi_b (0.85 f_{ck} A)$$

지압부의 면적이 440(22×20)cm²이므로 콘크리트 단부 지압내하력은 104.72t이고, 이는 설계 긴장력 50t보다 크기 때문에 안전하다.

전단력에 대하여 단부판과 단부 연결판의 허용전단강도를 계산하여 설계 긴장력과 비교 검토하였다. 단부판의 전단에 저항하는 총 단면적이 99(22×4+22×0.5)cm²이고, 허용전단응력은 800kgf/cm²이므로 허용전단강도는 79.2t이다. 이는 설계 긴장력보다 크기 때문에 안전하다. 제시된 여러 항목의 상세 설계를 검토한 결과 조립식 인장형 정착장치는 설계하중 50t에 대하여 모든 조건을 만족하였다.

2.2 압축형 정착장치의 설계

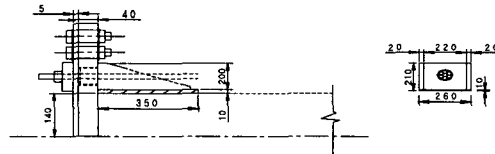


그림 4 조립식 인장형 정착장치의 설계

압축형 정착장치는 인장형보다 훨씬 간단함으로 설계과정도 단순하다. 설계강도 50t이 편심 e=12cm에 위치해 있는 것으로 가정하여 압축형 정착장치를 설계하였다.

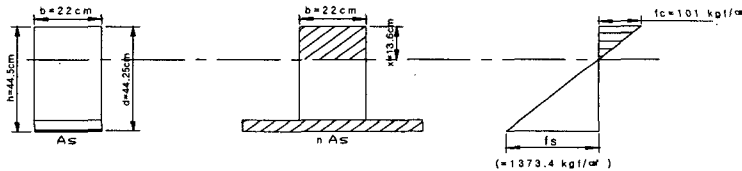


그림 5 압축형 정착장치의 콘크리트 압축력 및 인장력

압축 보강판에는 커다란 압축력이 작용하므로, 압축좌굴 하중을 계산하여야 하는데, 보강판의 좌굴 응력을 검사하기 위해서는 유효폭을 적절히 가정하고, 보강판에 전달되는 하중의 편심을 고려하여, 장주로 거동하는 것으로 가정하여 Euler 공식을 사용하였다.

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{kl^2}$$

또한 전단강도를 검사하기 위해서는 정착대와 보강판의 용접부이 전단강도를 검사해야 하며, 전단강도의 식은 다음과 같다.

$$v_s = \frac{P}{\sum a l} \quad \text{여기서, } a: \text{목두께, } l: \text{용접 길이}$$

보강판의 좌굴 검사를 위한 유효좌굴계수는 1이고, 유효길이 1은 27cm이며 판의 두께는 20mm이다. 좌굴하중은 55.2t이지만, 안전계수 2를 고려하면 허용하중은 27.6t이 된다. 압축버팀판은 2개가 있으므로 허용하중은 55.2t이 된다. 이값은 설계 긴장력 50t보다 크므로 안전하다.

전단강도 검토를 위한 용접 길이는 76cm(28×2+20)이고 목두께는 1cm이므로, 전단력은 658 kgf/cm²이다. 이값은 허용전단강도 800kgf/cm²보다 작기 때문에 안전하다. 콘크리트 단부 지압강도는 인장형 정착에서 구한 식을 사용하면 된다. 지압면적이 440(22×20)cm²이므로 콘크리트 단부 지압강도는 104.72t이고, 이는 설계 긴장력 50t보다 크기 때문에 안전하다. 제시된 모든 항목의 상세 설계를 검토한 결과 조립식 압축형 정착장치의 설계가 모든 조건을 만족하였다.

3. 감사의 글

본 연구는 건설교통부 2003년도 산·학·연 과제(C103A2000005-03A0200-00530) 「외부 긴장재를 이용한 기존교량의 보강시스템 개발」에 관한 일련의 연구로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

4. 결론

본 논문에서는 외부 강선 보강공법을 위한 조립식 정착장치를 개발하였으며, 결론은 다음과 같다.

1. 현장용접에 따른 문제를 근본적으로 해결하는 경제적이고 효율적인 2가지 종류의 최적화된 조립식 정착장치를 개발하였다.
2. 정착장치의 설계법을 체계화하여 각 부재의 내하력이 적절한 오차 범위 이내에 들어오도록 설계함으로써 정착장치의 상세 설계법을 정립하였다.
3. 개발된 설계법을 적용하여 최적화된 정착장치를 제작하여 실제 내하력을 검증할 예정이다.

5. 참고문헌

1. 한만엽, 이재형, 이상열, “외부프리스트레스 보강공법에 사용되는 인장형 단부 브래킷의 개발 연구”, 대한토목학회 논문집, Vol.21, No.5-A, 2001.9, pp.611-618
2. 한만엽, 정문연, 이상열, “외부강선 보강용 압축형 단부 브래킷의 거동 연구”, 대한토목학회 논문집, Vol.21, No.6-A, 2001.11, pp.815-523
3. 한만엽, “외부 강선보강의 신기술 신공법” 제3회 보수 보강 기술 세미나, 구조보강연구회, 2001.6, pp.165-188
4. 한만엽, 이상열, “슬래브교 외부 강선 보강용 정착구 개발”, 한국콘크리트학회 봄 학술발표회 보문집, Vol.13, No.1, 2001.5, pp.93-98