

건축물에서 Post-tensioning의 적용 분야

Expansion of Post-tensioning Applications in Buildings



임인식*
Lim, In-sig

1. 개요

Pre-stressing, 특히 Post-tensioning(이하 PT)은 장력을 도입할 수 있는 고강도 강연선(steel strand)이나 강봉(steel bar) 등을 이용하여 콘크리트 또는 다른 재료를 보강하는 방법으로, 철근콘크리트(이하 RC) 구조에서 철근이 수동적인 보강이라면 PT의 텐던은 미리 긴장됨으로써 콘크리트의 균열이 발생하지 않더라도 유효한 능동적인 보강이라고 할 수 있다.

북미와 유럽 등지에서는 오피스, 주거용 건물, 주차 빌딩, 스타디움, 저장탱크, 교량 등 매우 다양한 용도의 구조물에 PT 공법을 적용하고 있으며, 활용범위는 지속적으로 증가하고 있다. 이에 비해 국내의 경우는 활용 및 적용빈도가 모두 낮은 편이다. 이마저도 주로 RC 구조의 휨부재 처짐을 억제하기 위한 방법으로 이용되는 것이 대부분이다.

그러나 건설산업에서 PT 공법은 거의 모든 분야에서 활용이 가능하고, 현장에서 적용되기 때문에 형상의 제한도 거의 없어 미학적 설계를 위해서도 효과적으로 사

용된다. 건축물에서는 PT 공법을 이용함으로써 기존의 경우에 비해 보다 장스팬, 얇은 슬래브, 적은 수량의 보/거더, 세장한 부재들을 얻을 수 있고, 더불어 콘크리트 물량의 감소와 층고절감 등 관련된 많은 긍정적 효과를 낳는다. 따라서 PT는 설계과정에서부터 시공까지 다양한 문제의 해결에 있어 유연성을 허락하는 차별적인 선택이 될 수 있다.

본고에서는 관련된 적용사례를 살펴봄으로써 PT 공법을 이용한 설계와 시공의 다양한 측면을 소개한다.

2. 포스트텐션의 활용 분야 및 사례

2.1 벽체의 수직 포스트텐션

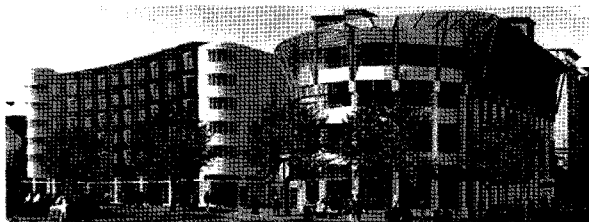
벽체의 수직 철근을 고강도 PT 텐던으로 교체하는 것은 철근량을 줄임으로써 이와 관련된 상세를 단순화하고 공사진행을 빠르게 한다. 또한 이런 수직 PT 텐던들은 이음이 없는 연속한 배근이 가능하므로 철근 연결구간에서 잠재적 취약 단면을 만들지 않는다. 특히 벽체를 PSC(pre-stressed concrete) 패널로 제작하는 경우는 접합부가 간단해지며, 철근 겹침이나 커플러를 필요로 하지 않는다. 고강도 및 강성을 보유하고, 콘크리트 벽체

* (주)한빛구조엔지니어링, 대표이사

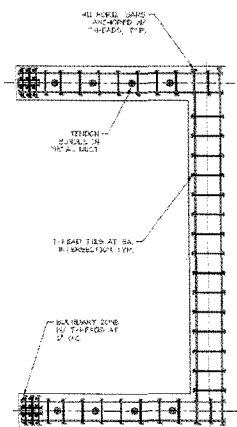
의 균열 거동을 개선하는 것은 물론 현장타설이 최소화 되는 장점을 수반한다.

미국 캘리포니아에 소재한 David Brower Center는 지진시 거동을 개선하고 손상을 제한함과 동시에 구조재료를 효율적으로 이용하기 위해 벽체에 수직 PT 공법을 적용한 경우이다. 고강도 PT 텐던은 벽체의 철근량을 줄이면서 휨강도를 크게 증대시켰고, 이것은 단면치수를 줄이고 시공성을 증가시키는 효과를 가져왔다. 더욱이 PT 공법을 도입한 벽체는 셀프센터링(self-centering) 경향이 있어서 지진에 의한 영구적인 손상을 최소화하거나 사실상 방지함으로써 설계의도를 만족시킨다.

1970년대에 건설된 병원 건물의 내진보강을 위해 PT-CIP 벽체를 사용한 Medical Office Building(버클리, 미국)의 사례는 수직 PT 시스템의 또 다른 활용성을 보였다. 이 건물에서는 내진성 증대를 위해 두께 2ft 6in, 길이 20ft의 새로운 PT-CIP 벽체 4개를 신설함으로써 원래 계획된 벽체의 철근량을 상당히 감소시키면서도 요구된 내진기준을 준수할 수 있었다.



〈그림 1〉 David Brower Center¹⁾

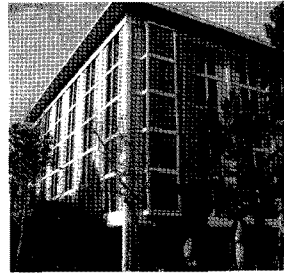


(a) PT 벽체 평단면 상세

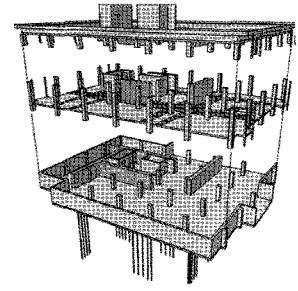


(b) PT 벽체 시공

〈그림 2〉 벽체에 적용한 수직 PT¹⁾

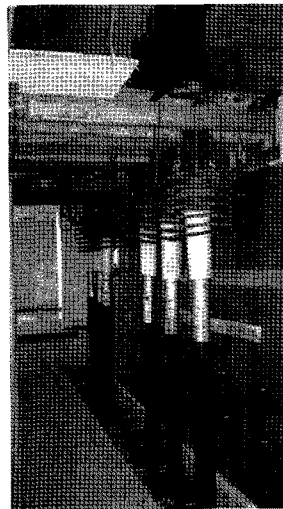


(a) 전경

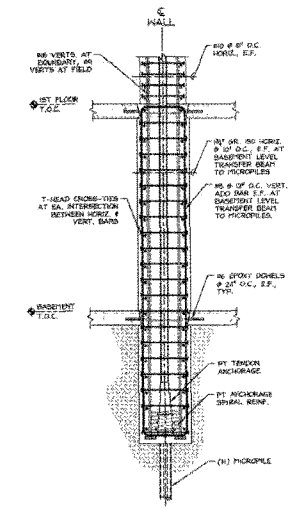


(b) PT-CIP 벽체의 배치

〈그림 3〉 Medical Office Building²⁾



(a) 전경



(b) PT-CIP 벽체의 배치

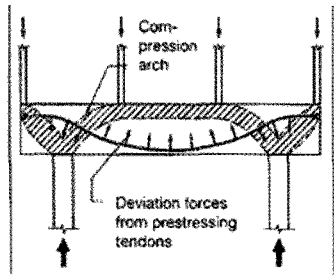
〈그림 4〉 내부보강을 위한 PT-CIP 벽체²⁾

2.2 하중전이 요소의 포스트텐션

건물 상/하부의 구조시스템 또는 수직부재의 간격이 다른 경우에 상부로부터 전달된 하중을 전이하기 위해 계획된 부재(전이보 또는 전이판)는 일반적으로 상당히 큰 휨과 철근보강이 요구된다. 이런 하중전이 부재에 PT 공법을 적용하여 텐던이 휨모멘트를 주로 부담하도록 하는 것은 부재의 휨(또는 판두께)과 철근량을 줄이는 매우 효과적인 방법이다. 부재의 강성을 증가시키고 균열과 처짐을 제어하며 선단부에서는 균열방지를 위한 철근만이 필요하게 되므로 배근이 단순화되어 관련된 공사기간 또한 단축할 수 있다.

〈그림 5〉에 보이는 것과 같이 전이보(transfer beam)의 지중을 포함한 상부하중과 PT에 의한 포물선형 텐던

의 상향력이 균형을 이룸으로써 하중전달매커니즘이 형성되어 처짐이 감소되고, PT에 의한 면내 압축응력은 보의 균열거동을 개선한다.

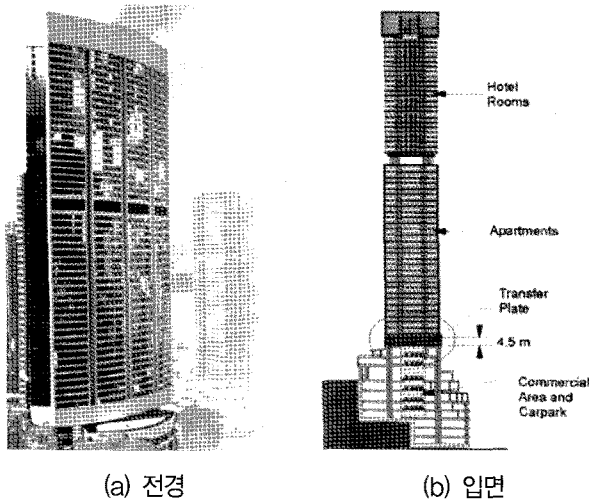


〈그림 5〉 PT를 적용한 부채의 하중전달매커니즘³⁾

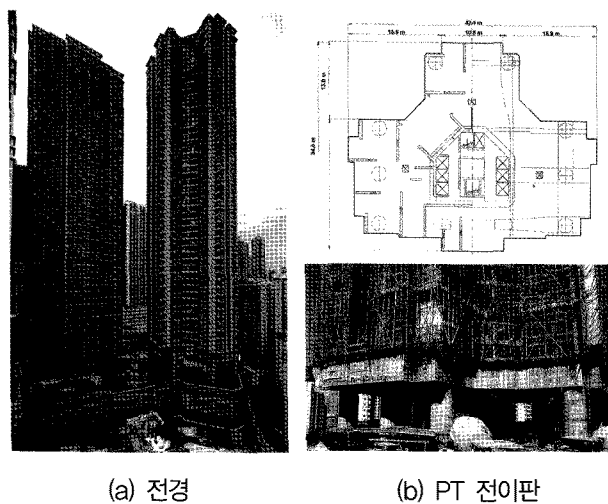
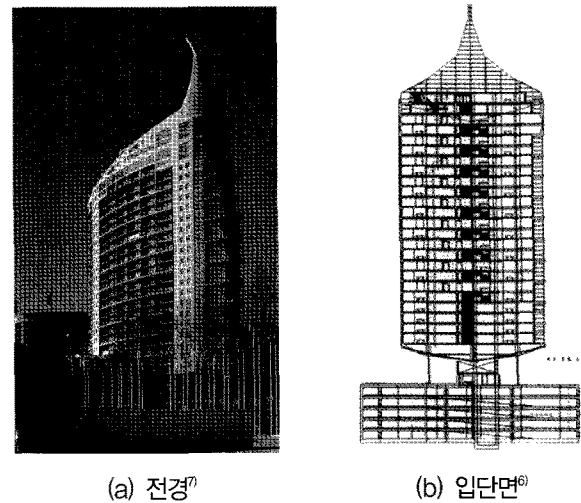
같은 원리가 전이판(transfer plate)에도 적용된다.

전이판(transfer plate)에 PT를 도입한 초기 사례인 Pacific Place building(홍콩, 1988년)에서는 두께 4.5m의 철근콘크리트 슬래브에 27의 PT 강연선이 추가된 반면 철근량은 500에서 180로 절감하였다. 또한 단순화되고 절감된 배근 덕에 슬래브 공사를 보다 짧은 기간에 마칠 수 있었다.⁴⁾

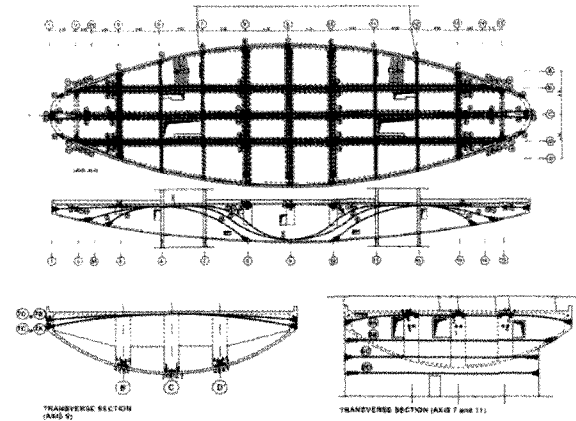
유사한 다른 사례인 Robinson Place(홍콩, 1993년)에서는 원래 4.2m 두께로 설계된 전이판을 1.5m와 1.7m의 두 층으로 구성하고 PT 공법을 도입함으로써 전이판의 두께를 24%까지 절감하였다. 이로 인해 경제성과 빠른 공정을 확보할 수 있었다.⁵⁾



〈그림 6〉 Pacific Place building⁴⁾



〈그림 7〉 Robinson Place⁵⁾



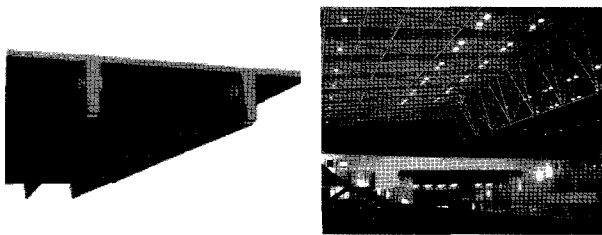
(c) Transfer grid 평면 및 입면⁶⁾

〈그림 8〉 St. Gabriel Tower

St. Gabriel Tower(리스본, 2000)의 전이층은 PT를 도입한 RC보를 직교시킨 그리드(transfer grid)로 구성되었다. 이 전이층은 약 25m 스패의 코어 각 측면으로 부터 거의 15m 정도는 캔틸레버 구조가 된다. PT 텐던은 콘크리트 응력을 적절하게 조절하면서 영구하중에 의한 처짐과 균형을 이루도록 설계되었고, 전체 인장력의 주부분을 담당하며 4단계에 걸쳐 긴장되었다.⁶⁾

2.3 외부 포스트텐션

외부 면에 PT 공법을 적용하는 것은 보강이 필요한 기존 구조물뿐 아니라 신설되는 건물은 물론 RC 구조로 국한되지 않는다. 즉, 목재 또는 석재 등 적당한 압축성을 가진 구조재료라면 여러 측면에서 이용할 수 있다. 외부 PT 공법은 부식 등을 검사하고, 필요할 경우 텐던 등을 교체하면서 긴장력을 조절할 수 있다는 특성이 있다. 또한 내부 PT 공법과 달리 덕트(또는 쉬스관)에 의한 압축면의 약화가 발생하지 않는다. 외부 PT는 Pre-stressing 요소, 단부 앵커링 장치, 부식방지 시스템 등으로 이루어지고, 건물(보/거더, 지붕 등)과 교량 등에서 다양하게 사용되고 있다.



(a) 보 (b) 지붕

〈그림 9〉 외부 PT 공법의 적용 예

2.4 기타 적용 분야

PT 공법은 앞에서 언급한 사례 외에도 사일로나 탱크 등 환형구조물, 현수지붕, 전단벽, 모멘트저항골조, 기초, 지중보, 캔틸레버 스탠드, 경사 기둥, 아치, 인장타이, 인장링 등 수많은 경우에 적용되고 있다.

또한 중량의 콘크리트를 사용하는 돔형 구조물 지붕에서는 미학적, 구조적, 경제적 효율성을 모두 확보할 수

있는 방법이 된다.

3. 맺음말

포스트텐션 공법의 특징점이 이미 널리 알려져 있고, 세계적으로도 적용 분야 및 활용도는 날로 증가하고 있는 추세이다. 그러나 국내의 경우는 이런 추세에 비추어 PT의 도입과 수용에 대한 인식이 매우 부족한 실정이다. 본고에서는 적용 사례들을 살펴봄으로써 설계와 시공에 있어서 PT 공법의 다양한 측면을 소개하고자 하였다. PT 공법은 구조, 시공, 경제성 측면에서 매우 많은 장점을 가진 시스템이고, 지속적인 연구개발과 적용 결과들은 설계과정에서부터 시공까지 다양한 문제의 해결에 합리적 대안으로 PT 공법을 제시하고 있다.

-참고문헌-

1. M. Stevenson, L. Panian, M. Korolyk, D. Mar, Post-Tensioned Concrete Walls and Frames for Seismic-Resistance - A Case Study of the David Brower Center, 2008 SEAOC Convention Proceedings
2. L. Panian, M. Steyer, S. Tipping, Post-tensioned Concrete Walls for Seismic Resistance, PTI-Journal, Vol.5, July 2007
3. VSL Report Series, Post-tensioned in Buildings
4. John Crigler, Expanding the Use of Post-tensioning in Buildings, Structure magazine, July 2007
5. VSL, Robinson Place - Hong kong
6. Fib Task Group, Post-tensioning in buildings, Technical Report, March 2004
7. <http://www.trekearth.com/gallery/>