

## 리모델링을 위한 최신 구조 보강 기법 3

### State-of-the-art Structural Reinforcing Devices of Remodeling Buildings

#### 보 보강

이창남 / 센구조 건축사사무소  
by Lee Chang-Nam

슬래브로부터 전달된 하중을 받아 기둥에 보내는 중간 매개체를 보라고 부른다. 그러나 실은 슬래브와 보가 따로 따로 있는 것이 아니라 한데 묶여있다는 것을 T빔에서 실감했을 것이다. 즉 잘만 하면 슬래브가 보의 짐으로만 작용하는 것이 아니라 다소간 보의 역할을 부담할 수 있게 유도할 수가 있는 것이다.

마치 빠듯했던 살림살이가 어느 때부터인가 다소 넉넉해진 이유를 알아본즉 기특하게도 아이들이 아르바이트를 해서 부모의 짐이 다소 가벼워진 것 과 같은 이치다. 가난한 부모에게 아이들의 도움이 큰 보탬이 되는 것 과 마찬가지로 내력이 부족하여 보강하여야 할 때 슬래브의 역할을 기대해 보는 것이다.

지난 9월호의 슬래브 보강 방법 중 마지막 두 가지는 슬래브의 하중이 보의 도움을 받지 않고 직접 기둥으로 이동할 수 있도록 길을 열어주는 것이라고 설명했다.

보가 내력이 부족하여 보강하여야 할 때 구체적으로 어느 부분의 무엇을 대상으로 보강하여야 하는가 하는 것부터 정리할 필요가 있다. 즉

- \* 보의 단부 상단 휨모멘트로 인한 인장내력 부족,
- \* 중앙 하단 휨모멘트로 인한 인장내력 부족,
- \* 단부 또는 전 단면의 전단내력 부족을 보강하는 일이 대부분이고, 때로는

\* 구조 내력상 안전하기는 해도 처짐량이 과다하여 이를 복원시켜야 하는 경우가 있다. 이렇게 보면 균열 보수나 중성화 방지 내지 지연을 위한 피복 관리는 구조 보강 차원이 아니라 보수 업무에 해당하는 것이라고 해도 과언이 아니다.

한편 위에 설명한 보의 휨모멘트 부족 분을 보강하는 것이 단부 상단과 중앙 하단으로 구분된 것이 실 무상으로는 크게 부담이 된다. 그래서 만약 천장 공간에 여유가 있고 시공상 제약이 없다면 기존 보 옆이나 밑에다 H형강 등 철골 부재를 추가하는 것이 가장 속 편한 일이며 더 심하게는 보 밑에다 가설 서포터를 받쳐놓을 수도 있다.

하지만 대부분의 현장 사정은 보와 슬래브 밑에 천장이 붙어 있고 각종 설비 덕트나 스프링클러 배관 및 조명등 때문에 보강에 사용할 빈 공간을 얻기가 쉽지 않다. 또한 어렵사리 공간 활용을 허락 받았는가 하면 현장에 H형강이나 철판 등을 부착하기 위하여 이동하는 경로마다 천장이나 기타 설비를 달아매는 달대가 가로막고 있어서 이 들을 일시나마 제거해야 하는 어려움이 있다. 그래서 대부분 실제 보강 공사비나 소요 공사 기간보다는 오히려 천장과 기타 설비를 탈 부착하는 것이 더 부담스러운 때가 많다.

한편 아직도 현업에 종사하는 자 중에는 컴퓨터로 계산한 보의 내력 중 단부 상단 철근량이 부족하면 기어코 그 부위에서 해당하는 철근만큼의 다른 무엇을 첨가하여야 안전이 보장되는 것이라고 굳게 믿는 기술자가 의외로 많다.

보의 단부 상단 철근을 아버지 통장이라 하고 중앙 하단 철근을 어머니 통장이라고 할 때 아버지 통장 잔고가 부족하면 어머니 통장에다 송금해도 부도를 막을 수 있다는 말로 설명을 대신해 본다.

물론 부도 직전의 집안 사정은 어수선하고 복잡한 마찰이 있음을 감안하여야 하며 그것은 여기저기 균열이 발생하는 것을 뜻하는데 이는 앞에 설명한 바와 같이 보수차원에서 다뤄도 됨을 추가로 설명해 본다.

지난 9월호 슬래브 보강에서도 언급한 바 있지만 보도 슬래브와 마찬가지로 내력이 부족하면 반드시 변형이 수반된다. 그로 인한 균열은 증상일 뿐 원인이 아니다. 따라서 황달기가 있는 얼굴에 적합한 화장품을 찾으려고 백화점을 뒤지는 대신 쓸개에 무슨 번고가 생겼는가를 알아보는 것이 급선무인 것과 마찬가지로, 보에 구조 균열이 발생했음을 발견했으면 변형의 원인부터 알아내고, 이를 복원 또는 더 이상의 변형이 일어나지 않도록 조치를 취하는 것이 현명한 일이다.

L 구조 전공 박사가 대표로 있던 구조안전진단전문기관에서 진단하고 보강설계한 대형빌딩의 지하주차장 보 보강 실태를 소개한다. 구부러져서 중앙 부분이 처진 구조 부재 밑에 철골 보를 적당히 걸고는 철골 보와 이미 처진 구조 부재와의 빈틈을 팽창볼트로 억지로 조여 밀착시켜서 철골 보가 오히려 위로 구부러지도록 공사를 시행하는 시공자에게 그 잘못을 지적했으나, 설계자가 공사 감리를 맡아 그렇게 시행하도록 지도하고 있다고 설명을 했다. 그런 터무니없는 공사가 오늘날도 계속되고 있는 것은 한심한 노릇이다.

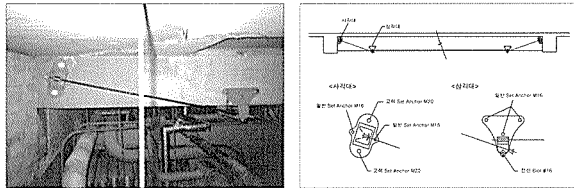
이 같은 잘못이 일어날 수 없는 새로운 보 보강 방안을 소개하기로 한다.

### 포스트텐셔닝 공법

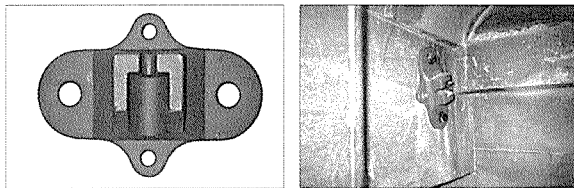
일반적으로 철근콘크리트 보의 단부 슬래브 바로 밑 부분에는 주근을 배근하지 않으므로 스티럽 밖에 없다. 그러므로 그곳에서 구멍을 뚫어 정착단을 부착하는 것은 별로 어렵지 않다. 4각대는 정착단의 일종으로 이를 슬래브 바로 밑 보 옆면에다 부착하고 보 하단 적당한 위치에다 아래 설명하는 2개의 3각대 등을 부착하고 강선을 서로 연결하여 긴장시키면 보의 중앙 부분을 위로 들어올리는 보강 효과를 얻게 된다. 3각대는 수평 강선과 경사진 강선을 긴장하여 정착할 수 있도록 만들었다. 이는 4각대가 보 단부 꼭대기에 배

치되었으므로 인하여 그곳에서 유압실린더로 강선의 긴장 작업을 하기가 어려운 점이 해소되는 장점이 있다.

4각대 와 3각대 등은 보의 좌우에 대칭으로 배치하므로 보 하나에 4각대와 3각대 등이 각각 4개씩 소요된다.



〈그림 1〉 4각대 정착단과 3각대를 사용한 보 보강

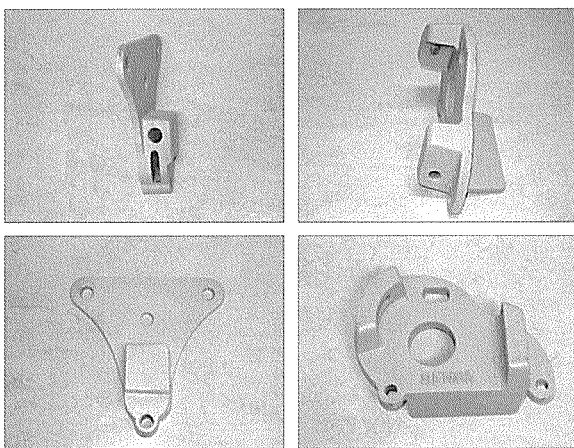


〈그림 2〉 4각대 정착단

### 3각대와 자동차 지지대

3각대와 자동차 지지대는 수평 강선과 경사진 강선을 긴장하여 정착시킬 수 있도록 만들었다. 이는 4각대가 보 단부 꼭대기에 배치되었으므로 인하여 그곳에서 유압실린더로 강선의 긴장 작업을 하기가 어려운 점이 해소되는 장점이 있다.

3각대와 자동차지지대의 차이점은 3각대가 강선의 하중을 고하중 볼트가 지지하는데 반하여 자동차는 밑에 받침대가 있어서 볼트에 큰 하중이 작용하지 않는 장점이 있다.



(a) 3각대 지지대

(b) 자동차 지지대

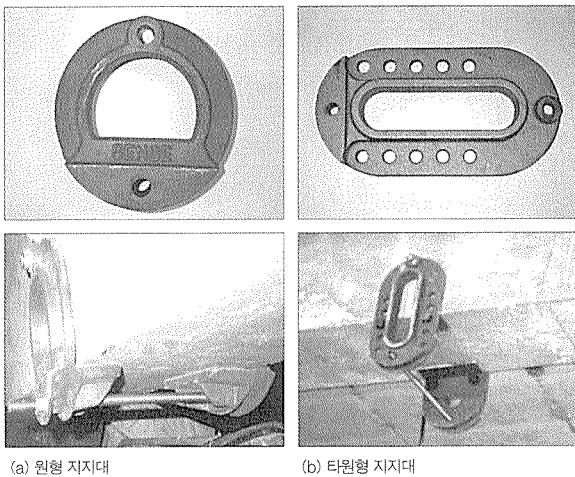
〈그림 3〉 3각대와 자동차 지지대

### 원형 지지대와 타원형 지지대

보 단부에서 약간의 공간을 떼어서 4각대를 부착해도 되는 경우가 있다. 원형, 타원형은 당초 그런 경우에 대비하여 제작한 것이었다. 그러나, 후에 강선을 도중에 서로 자유롭게 긴장하면서 이어줄 수 있는 방법(그림 5, 6 참조)을 개발하였으므로 지금은 어떤 상황에서도 이들을 활용할 수 있다.

위 3각대와 자동차는 강선을 단지 한 가닥씩 만 긴장할 수 있는 데 반하여 원형과 타원형은 강선이 미끄러지면서 지지되므로 2가닥 배열도 가능한 장점이 있다.

원형 지지대는 자동차 지지대와 마찬가지로 밑에 지지대가 일체로 제작되어 있으나 타원형은 ㄱ형강을 볼트로 높이를 조정하여 고정시켜 사용하면 강선의 높이를 자유롭게 변화시킬 수 있는 장점이 있다. 이는 보 밑 천장 속에 여유 공간이 있을 때 사용한다.



(그림 4) 원형과 타원형 지지대

### 강선의 중간 이음 정착장치(한 가닥용, 여러 가닥용)

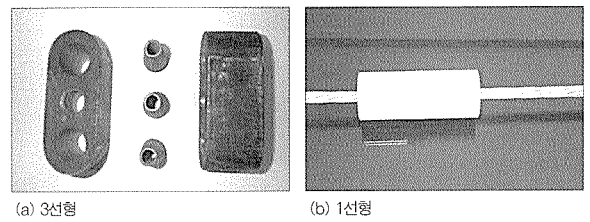
강선을 도중에 긴장하면서 잇는 방법은 30년 전부터 관심을 가지고 있었다. 그러나 그동안에는 여의치 않았으므로 사일로, 물탱크, 폐수처리조 등을 강선으로 제작 또는 보강할 때 적용하지 못해서 아쉬워하곤 했는데, 그 방법을 개발해 놓고 보니 이제는 그런 일감이 별로 없다. 이 불황에 누가 사일로, 물탱크, 폐수처리조를 신설하겠는가? 하지만 문제가 발생한 원통형 구조물을 보강하는 데는 이들 중간 이음 장치가 필수적이다.

2가닥 이상의 강선을 도중에 잇는 것은 별로 어렵지 않았으나, 한 가닥 강선을 잇는 방법은 매우 어려워서 여러 차례 시행착오 끝에 개발한 것이다.

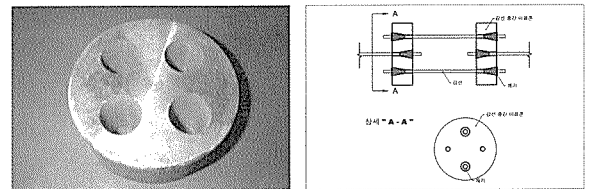
그림 5a는 한 가닥 강선 이음이 외관상 별로 문제가 없을 경우에 일반 용도의 유압 실린더를 사용하여 긴장하는 것이고, 5b는 외관을 중시하는 경우에 사용한다.

그림 5b를 사용하기 위한 전용 유압실린더를 1개의 유압실린더 방식으로 제작하였으나, 유압실린더와 강선과의 편심 응력 때문에 크기가 너무 커서 포기했고, 2개의 전용 실린더 조합 방식을 개발하였다.

그림 5b의 한 가닥용 이음장치는 당초 암수 나사를 사용하는 일반 카플러로 제작하였으나, 비슷한 것을 이미 일본에서 특허를 받았다는 특허청의 주장 때문에 내친 김에 스프링 방식으로 개선하였다.



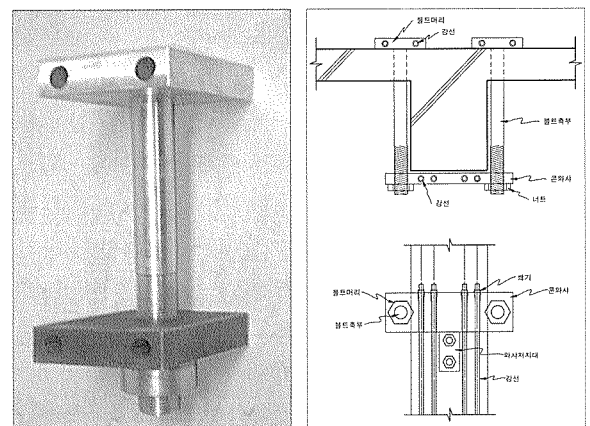
(그림 5) 강선의 중간이음 정착장치(1가닥용)

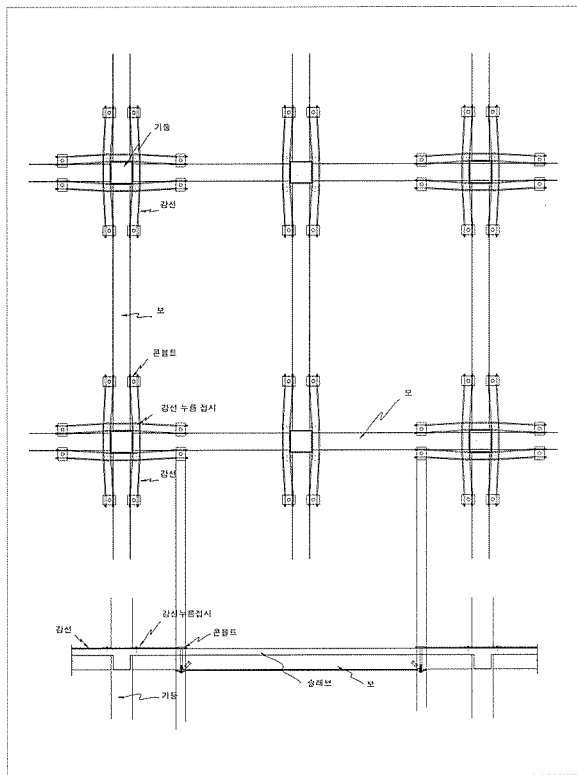


(그림 6) 강선의 중간이음 정착장치(2가닥용)

### 콘볼트

지난 9월호 슬래브 보강에서 언급한 바 있으나, 콘볼트를 보 보강에 활용하는 요령을 설명하면 다음과 같다. 보 단부의 바로 양 옆 슬래브에다 보링을 하고 보 높이보다 긴 콘볼트를 끼워 보 밑에서 길다란 콘와셔로 서로 연결하면 보의 상 하단에서 강선을 긴장 정착할 수 있게 된다.





(그림 7) 콘블트

**보의 모멘트 반감 정착단(단 강판, 샌드위치형, 쌍 형, 긴 강선콘 용접)**

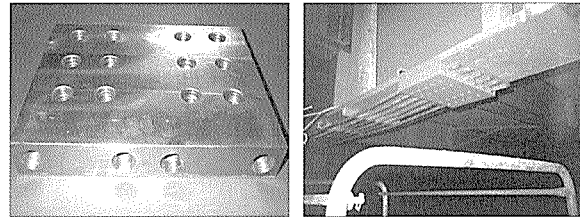
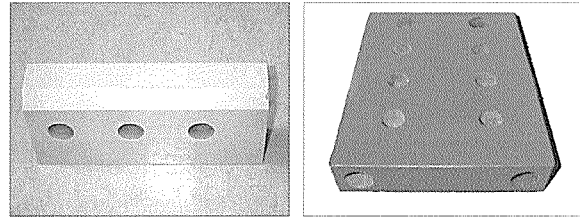
지난 8월호 기둥 슈기에서 개략적으로 언급한바 있으나, 이는 지금 실무에서 가장 많이 활용하고 있는 공법이다. 당초에는 철골 보에만 사용하는 것을 목표로 개발한 것이었는데 최근에 와서는 H형강에다 강선콘을 용접한 정착단을 개발하여 철근콘크리트 보 보강에도 적용하고 있다.

다만 단 강판 방식은 제대로 된 공작기계를 갖춘 정밀 공장에서는 제작이 가능한 것으로 대량 생산이 필요할 때 적용하는 것이다. 두께가 40mm나 되는 철판을 길이 방향으로 긴 구멍을 정확하게 뚫어 끝에다 강선 정착용 쇠기에 맞는 원추대를 정확히 가공하는 실력을 갖춘 공장을 찾는 것도 쉽지 않기 때문에 급할 때 소량으로 주문할 때는 샌드위치형을 활용하기도 한다. 이는 3개 층의 강판을 조합하여 중간에 생기는 빈틈에 강선을 끼우는 방법이다

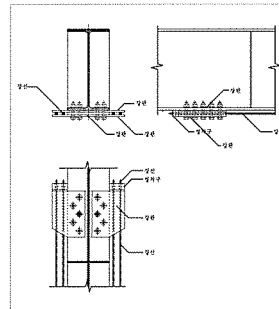
쌍 ㄷ형은 H형강 밑에 장애물이 있을 때 H형강 하부 플랜지 옆 공간을 활용하는 방법이다.

긴 강선콘 용접 방법은 주로 철근콘크리트 보를 보강할 때 사용하는 것으로 강선콘을 특별히 길게 제작하거나 기존 강선콘 뒤에 강판 토막을 ㄷ형 철판에 연결 용접하여 강선 정착단으로 사용하는 것이다. 이들 하나 하나 모두

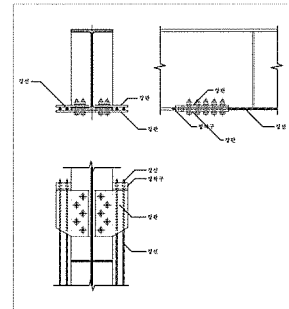
가 특히 신청된 것이므로 무단 사용하면 제재를 받을 수 있음을 재차 설명한다.



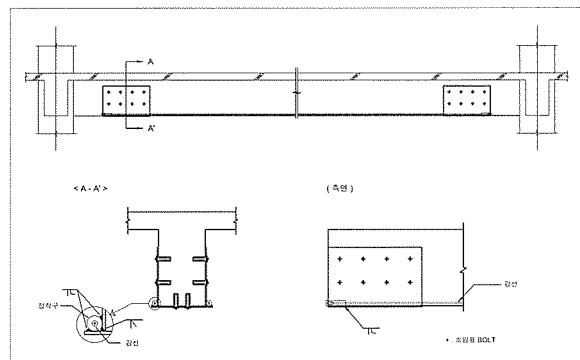
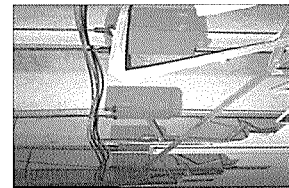
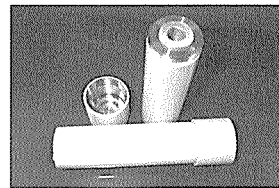
(a) 단 강판



(a) 샌드위치형



(b) 쌍 ㄷ형



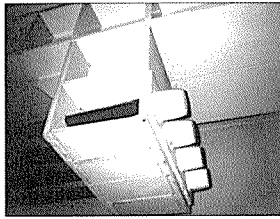
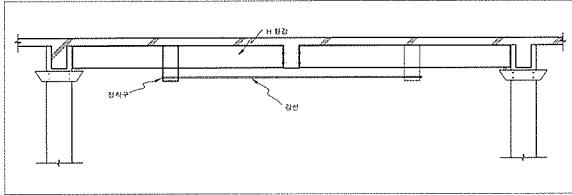
(d) 긴 강선콘 용접

(그림 8) 단 강판형, 샌드위치형, 쌍 ㄷ형, 긴 강선콘 용접

**H형강+강선 보강 방법**

기존 구조물이 부실하여 정착단을 부착하는 것이 불안한 경우가 있다. 그럴 때는 공장에서 H형강에다 정

착단을 부착하여 철근콘크리트 보 옆에다 끼워서 강선을 긴장 정착하는 방법을 사용할 수 있다. 다소 번거로운 점이 있기는 하나, 보 옆 슬래브 밑의 빈 공간을 활용하는 것이어서 일반 H형강 부착 방법과는 근본적으로 다르다.



〈그림 9〉 H형강+강선 보강 방법

### 잭업 공법

아래로 처진 보 밑에다 H형강을 배열하고 보와 H형강 사이에 쇄기를 끼우는 것은 실무를 시작하고 처음부터 사용하던 고전적인 공법이었다. 두꺼운 철판 단면을 대각선 방향으로 자르면 2개의 쇄기를 얻는다. 이들을 H형강의 양측에서 마주보고 망치로 때려 끼우는 원시적인 방법이다. 이때 보 옆 슬래브를 잭서포트로 올려보는 시도도 해 보았으나, 여간해서는 보가 올라가 주지 않아 실망하기도 했다.

H형강의 한쪽 단만 먼저 부착하고 중앙에 쇄기를 끼운 채 나머지 한쪽 끝을 잭서포트로 올려준 상태에서 단부를 고정하는 방법도 시도하였으나, 애써 올려놓은 것이 단부 정착부위의 미끄럼 손실로 효과가 반감되는 허탈감을 감수해야 한다.

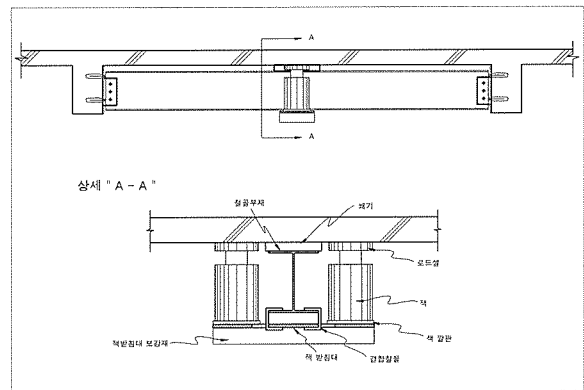
그래서 고안한 최종방법이 잭업 공법이다. 이는 보 밑에다 재래식 방법으로 H형강을 부착한 후 H형강 중앙에다 특별히 제작한 지지대를 끼우고 두 개의 유압잭으로 보와 H형강 사이의 틈이 벌어지게 하면 H형강은 아래로 휘고 보는 위로 휘어지면서 보강효과를 발휘하는 것이다. H형강은 일반적으로 철근콘크리트 보보다는 더 잘 휘청거리는 특성이 있어서 휨 내력만을 감안하여 설계하면 보강 효과가 별로 없으며, 처짐까지 고려하여 설계하려면 H형강의 단면 크기가 너무 커지는 경향이 있으므로 이를 해소하는 방법이다. 즉 고강도 철골재의 작은 단면으로도 보강할 수 있는 장점이 있다.

그래서 이를 적극 활용하는 수단으로 더 작은 H형강에다 사전에 요즘 유행하는 고강도 섬유시트를 부착하여 보강한 후 위 잭업 공법을 적용하면 그런 대로 합리적

이다. 거기에다 한 가지 더 덧붙인다면 H형강 등 기성 철골재들의 전 단면이 균등한 것이 보기에는 좋으나 휨모멘트가 중앙부만 최대 값이고 단부로 갈수록 적어지게 되므로 불경제적인 설계가 되는 것이 아쉽던 터라 섬유시트를 H형강의 전 단면에 고르게 부착하는 대신 필요한 부위에 필요한 만큼만 선별적으로 부착하는 방법도 고안하였다.

이를 특허 신청했을 당시 우리 특허청에서는 역시 일본 특허를 이유로 삼아 거절 통지를 해 왔었으나, 일본 것은 섬유시트를 전 단면에 고르게 부착하는 것이고 나의 새 방법은 휨 모멘트의 크기에 따라 필요한 만큼만, 그리고 전단 응력이 부족하면 그 부분을 특별히 보강하는 것이 특허 내용이라는 보정서를 제출하여 특허증을 발부 받을 수 있었다.

철골 보를 구부린 상태에서 섬유시트를 부착하거나, 철골 보를 강선으로 긴장 정착하여 현장에 반입하는 방법도 적용할 수 있다. ㉮



〈그림 10〉 잭업공법

다음호에는 기둥 보강 방법을 설명한다.