

구조물의 새로운 보수 보강 기법

이 창 남 / 센구조연구소



이 창 남

이 땅에 우리 조상들이 5,000년 동안을 살아 왔지만 내 놓을만한 역사적인 건축 유산이 별로 많지 않으며, 지금 사용중인 건물들도 앞으로 얼마 못 가서 헐어 버리고 다시 지어야 하거나 저절로 무너지고 말 것들이 대부분이다.

학교에서 배운 대로라면 조상들이 목조건물을 특별히 좋아했으므로 수많은 전란을 겪으면서 대부분 소실되었기 때문이라고 한다.

그렇다면 최근에 지은 철근콘크리트조나, 철골조 건물들은 앞으로 수 백년동안 그대로 버텨줄 수 있을까? 안타깝게도 20년 넘은 아파트도 미련 없이 헐어버리는 추세인데다, 낡아서 못쓰게 되기도 하지만 유행에 뒤져서, 또는 생활 습관의 변화에 따르는 욕구를 충족시키기 위해서 옛 집을 가차없이 처치하는 것이 어찌면 유행처럼 되어가고 있다.

하기야 대원군이 경복궁을 짓느라 무리수를 쓴 나머지 나라가 흔들거렸다는 옛날 얘기에 비하면 오늘 날 경제 규모가 많이 커졌으므로, 그까짓 건물 좀 헐어버리고 새로 짓는 것은 별로 부담되지 않는 것이라고 생각하기 때문이기도 하다.

그래서 이제는 자동차를 한 5년 타다가 새 것으로 바꾸는 것을 당연한 일로 여기는 것처럼 앞으로는 건물도 내구성 소비재로 취급하는 경향으로까지 변해가고 있다.

그런 과정에서 삼풍백화점 붕괴와 같은 사고가 났다고 생각하는 데 또다시 그런 불행에 직면하지 않기 위해 건교부에서 마련한 것이 시설물 안전관리에 관한 특별법이다. 이 법이 발효하자 전국적으로 300 여 개의 정밀구조안전진단 업체가 난립하여, 보강하지 않아도 될 집도 덕지덕지 보강하고, 조금만 손질하면 충분히 쓸 수 있는 구조물이나 집도 가차없이 헐어 버리라고 판정하는 일이 곳곳에서 벌어지고 있다.

한편 지금 널리 사용하고 있는 구조물 보수 보강 방법들은 그 효과도 명확하지 않을 뿐만 아니라 그다지 세련된 것 같지도 않아서 고민하던 끝에 새롭고 합리적이라고 할 만한 몇 가지 방법을 개발 사용하게 되었다.

역사책을 보면 우리 조상들이 세상에서 처음으로 연구 개발한 공법이나 제품들이 없지 않았는데도 불구하고 조금 새롭다고 생각되는 보강 공법을 발표할 때마다 부딪치는 난관은 예외 없이 "외국에서도 그런 공법을 쓰고 있는가? 국내 어디에 그 방법을 사용한 예가 있는가?"이다. 때로는 이해성이 깊은 건축주들을 만나서 한 두 차례 시행 실적을 갖고 있음을 자신 있게 말하면 다음 질문은 "그 규모나 용도가 지금 적용하고자 하는 이 건물과 같은가?" 또는 "공인 기관의 시험 성적서가 있는가?" 등이다. 그들은 외국에서 도입한 제품이나 공법은 한 마디 물어 보지도 않고도 채택해주는 넓은 마음의 소지자들이기도 하다.

위와 같은 질문들이 몰라서 하는 것이라면 설명하고 설득할 방법이라도 있으나, 자칭 동종 업자나 전문분야 기술자가 억지 이론을 전개하여 방해 공작을 해 오는 경우는 거의 적용이 불가능하다.

아래 공법들은 위와 같은 끈질긴 저항을 극복하고 수많은 실적을 올린 것들 즉 현장 임상시험을 마쳤기 때문에 자신 있게 발표하고자 한다.

1. 기존 구조물 보수 보강 방법

새로 개발한 공법을 소개하기에 앞서 우선 지금까지 널리 알려진 건축구조물의 재래식 보수 보강 방법을 나열하여 장단점 비교에 참고하도록 한다.

1.1 균열 보수 및 접합 공법

에폭시 수지를 주입 충전(充填), 접착시키거나 볼트 등으로 깨진 부분을 보수하는 공법을 말한다. 일반적으로 균열을 구조물 하자의 원인이라고 착각하는 경향이

있지만, 사실대로 말하면 균열은 다분히 구조물 하자의 결과 또는 물증이라고 해야 옳을 것이다. 마치 얼굴 색이 노랗게 변하는 황달은 피부병이 아니므로 담석이나 간 기능 저하에서 원인을 찾아야 하는 것과 마찬가지로 균열을 급한 대로 눈에 보이지 않도록 감쪽같이 때워서 보수하는 것은 짙은 화장으로 병색을 감추는 것처럼 경우에 따라서는 더 큰 위험을 초래하는 원인이 될 수도 있다.

그래서 보수와 접합을 따로 분류하여 설명하고자 한다. 즉 보수는 보강 차원이 아니라 단순히 물이 새거나 바람이 들어오는 등 건물의 용도상 또는 미관상의 개선을 목적으로 손보는 작업을 말하며, 접합은 깨진 부위를 서로 붙여 줌으로 인하여 구조물의 내력 감소를 원상으로 환원시키거나, 더 이상의 내력 감소를 정지시키는 것을 뜻한다.

1.2 같은 재료로 단면을 증대시키는 방법

내력이 부족한 철근콘크리트 또는 철골 부재에 같은 종류의 구조 부재를 덧붙이는 것을 말한다. 이 때 추가하는 단면 자체의 무게 즉 고정하중이 이를 지지하는 하부구조에 무리한 힘으로 작용하는 부작용을 초래할 수 있다.

보신용으로 보약을 먹었더니 살이 찌서 심장과 다리에 무리가 가는 것과 같은 원리다. 또한 철근콘크리트 일 경우 부착하고자 하는 기존 부재의 표면을 거칠게 까내고 철근을 배근한 뒤 거푸집을 대고 콘크리트를 부어 넣어야 하는데 일반적으로는 콘크리트를 치고 다질만한 환경이 아니어서 애를 먹는다. 예를 들어 기존 기둥 주변에 콘크리트를 덧붙이려 할 때 시공 가능한 최소 두께가 15cm는 되어야 하므로 기둥 단면이 너무 커지는 경향이 있고 또한 기둥 주변 슬래브에 콘크리트를 부어넣기 위한 구멍을 뚫어야 하므로 번거롭다.

1.3 철골 부재를 추가하는 보강 공법

보강하고자 하는 구조 부재 밑에 철골 보나 철골 기둥을 세워서 버텨주는 방법이며, 공간 이용에 불편을 주는 경우가 많다. 슬래브나 보가 구부러져서 부러질까 염려되면 본능적으로 중간에다 강관이나 H형강 기타 철골 보조기둥을 추가하는 것이 일반화되어 있다. 축 늘어진 절간 지붕 끝도 이 방법으로 받치는 것이 보통인데, 사실은 가장 확실하고 효과적인 방안이다. 다만 어떤 때는 교회나 강당을 이런 방식으로 보강한 것이 있어서 안타까운 생각이 들 때가 있다. 여기서 특별히 조심할 사항은 누울 자리를 보고 다리를 뺀이라는 말처럼 사전에 추가하는 보조 기둥을 받아주는 하부 구조 부재의 안전성도 아울러 검토하여야 하는 것이다.

또한 내력이 부족한 슬래브나 보 밑에다 수평 방향으로 H형강 등 철골 부재를 추가하는 경우가 있지만 그 때문에 천장 높이가 줄어드는 것을 각오해야 한다. 다만 이 철골부재 추가 방법은 구조계산 상 기존 구조 부재의 필요한 내력 전부에 해당하는 만큼을 보강해야 하는 것인지, 아니면 기존 구조 부재의 변형까지를 감안하여 어느 범위까지를 보강하여야 하는 것인지 사전에 면밀히 검토하여야 한다.

이 공법을 갈등 없이 사용해도 되는 경우가 가끔 있다. 기존 건물에 구조 내력상 여유가 있어서 변형은 별로 없지만 앞으로 용도 변경하여 하중이 추가될 것에 대비하여 미리 보강하는 것이면 기존 구조와 새로 보강하는 구조가 협력해서 큰 하중에 견디도록 하는 "누가 강도 식(累加 強度式)"을 적용해도 된다.

또 다른 경우는 기존 구조 부재의 내력을 무시하고 새로 보강하는 부재가 전 하중을 지지하도록 설계할 때이다.

1.4 강판 부착 공법

"철판 공법"으로 널리 알려져 있다. 이는 내력이 부족한 구조부재 표면에 강판을 부착하여 보강하는 것으로 아마도 현재 구조안전진단 기관에서 가장 많이 적용할 것이다. 이는 기존 구조 부재의 크기를 거의 그대로 유지하면서도 "경우에 따라서"는 기존 구조 부재와의 합성 내력으로 제법 큰 보강 효과가 있지만 일이 까다로워서 공사비가 상승하는 것이 단점이다. 기존 구조물의 변형이 지나치게 크면 기존 구조부재와의 합성 효과를 기대할 수 없으므로 이 방법에서의 보강이 부적합하다.

강판 부착 공법도 위 철골 부재 추가 보강 공법에 설명한 것과 같은 조건일 때는 "누가 강도 식"으로 취급하여 보강할 수 있지만 그렇게 하면 철판의 사용량이 과대하므로 기존 철근콘크리트 부재와 새로 부착하는 강판이 협력하여 내력을 발휘하는 합성설계라야 좋은 효과를 발휘할 수 있다.

1.5 섬유시트 부착 공법

내력이 부족한 구조부재 표면에 섬유시트를 부착하여 보강하는 방법인데 이는 위 강판 부착 공법의 번거로움을 다소 경감시켜 주는 새로운 공법이기도 하나, 섬유시트가 아무리 고 강도의 신 소재라고 해도 두께가 너무 얇고 비싸므로 섬유시트를 여러 겹 부착하여야 할 만큼 응력이 큰 부재의 보강에는 적당하지 않다. 또한 섬유시트를 인장 재료 사용하는 것은 좋으나 압축 재료로서의 적용은 부적당하다.

또한 섬유시트 부착에서 가장 조심해야 하는 일은 바탕 면을 평평하게 갈아내야 하며 콘크리트 강도가 적어도 210kg/cm²은 되어야 섬유시트를 붙인 콘크리트

트 면이 떨어지는 하자가 발생하지 않는데 일반적으로 보강하고자 하는 구조물은 부실공사가 대부분이어서 콘크리트 강도가 이에 미치지 못할 때가 많다.

1.6 기존 건물의 고정하중을 경감시키는 간접 보강 방법

몸이 허약하면 보약으로 치료하기도 하지만, 휴식을 취하고 요양하도록 권하는 처방도 있다. 즉 일부 사용을 제한하면 간접적으로는 보강하는 것과 같은 효과를 얻게 된다. 보나 슬래브의 내력이 부족하여 처졌을 때 조적조 칸막이 벽을 헐어내고 그 대신 경량 벽으로 바꾸는 것만으로 안전하게 되는 것과 같다. 이 방법을 잘 활용하면 별로 큰 돈 안들이고 보강 효과를 얻게 된다. 또 다른 예를 든다면 몇 차례방수 공사를 해도 물이 새던 지붕의 방수 보호층을 전부 걷어낸 결과 짐이 가벼워져서 다시 안전한 집으로 환원되는 것이다. 살다 보면 지붕에다 화단도 만들고 무허가로 창고도 증축하는 일이 허다한 데 그런 추가 하중을 덜어내는 것을 뜻한다.

구조물을 설계할 당시에는 당연히 완성될 구조물의 용도에 맞는 적재하중을 목표로 하여 설계한다. 그러므로 사무실 용도의 건물이 창고로 사용해도 충분히 안전하게 하려면 공사비의 추가 부담을 각오하여야 한다. 따라서 건물의 사용자가 설계 당시 예상했던 용도의 범위를 벗어나는 무거운 하중을 추가시킨 것이 원인이 되어 하자가 발생했다면 전적으로 사용자가 책임을 져야 한다. 승용차를 화물차처럼 혹사해서 고장난 것은 무상으로 애프터서비스를 받을 권한이 없어지는 것과 같다.

2. 기존 구조물 보수 보강 방법의 문제점

지금까지 알려진 구조물의 보수 보강 방법에서 문제점으로 대두되고 있는 것들을 나열하면 아래와 같다.

- 가. 작업이 까다롭고 많은 시간이 걸리므로 공사비가 비싸다.
- 나. 마감재를 뜯어내고, 벗겨야 하므로 소음과 먼지가 발생한다.
- 다. 공사 중 업무를 못 하게 하거나 방해하게 된다.
- 라. 중량 재를 취급하거나 냄새가 나는 화학 물질을 사용하여야 하므로 불편하다.
- 마. 보강 후의 모양새가 좋지 않다.
- 바. 보강 후에도 기존 구조물의 내력 부족으로 인한 변형과 처짐이 그대로 남는다.
- 사. 보강 단면이 커져서 사용 공간이 줄어들 수가 있다.

3. 새로운 구조물 보수 보강 방법 개발의 기본 지침.

새로운 구조물 보수 보강 방법은 아래 사항을 중점적으로 반영하도록 노력하였으며 이들은 앞의 "기존 구조물 보수 보강 방법의 문제점"들을 해소하는 것을 목표로 하였다.

- 가. 기존 건물의 천장 등 마감재를 그대로 방치한 재작업이 가능하도록 한다.
- 나. 기존 건물의 내력 부족으로 인한 변형이나 처짐을 가급적 복원시키는 방법을 모색한다.
- 다. 현장 작업량이 될수록 적어지게 한다.
- 라. 보강 후 외관이 아름다워지게 한다.
- 마. 될수록 소음, 냄새, 먼지가 발생하지 않도록 한다.
- 바. 기존 건물의 사용 성에 제한을 주지 않게 한다.
- 사. 공사비가 적어지게 한다.
- 아. 보강을 위한 작업 공간이 커지지 않도록 한다.

4. 이상을 기본 요구조건으로 삼아 연구 개발하여 실무에 적용중인 구조물 보수 보강 방법들 중 몇 가지를 열거하면 아래와 같다.

- 가. 1 방향 트러스를 이용한 구조 보강 방법 (실용 20-0184992)
- 나. 양방향 트러스를 이용한 구조 보강 방법 (특허 98-33236)
- 다. 프리스트레스를 도입한 구조 부재 보강 방법 (특허 96-70222), 일명 작업 공법
- 라. 쇠줄을 이용하여 보의 내력을 보강시키는 방법 (특허 94-25768)
- 마. 섬유시트를 사용하여 구조 부재를 보강하는 방법 (특허 96-70221)
- 바. 더센 웅벽(실용 20-0167837)
- 사. 기초 침하로 기울어진 건물을 복원시키는 방법 (실용 0201452)
- 아. 지하수 부력으로 부상할 가능성이 있는 건물의 보수 방법(헥사튜브코빅너 배수공법이란 이름으로 특허출원 중)
- 자. 프리스트레스드 철골 보를 이용한 구조 보강 방법/철골 보의 모멘트 반감 방안(실용 0200285).
- 차. 치장 벽돌벽 스페이서(출원 중)
- 카. 더센 콘크리트 구조(특허 0343960)
- 타. 용접 철망을 이용한 구조 보강 방법 (특허 98-11636)

5. 위 새로운 구조 보강 방법 중 몇 가지의 실 예를 소개하면 아래와 같다.

5.1.1 방향 트러스를 이용한 구조 보강 방법

트러스는 여러 가지 구조 방식 중에서 특별히 합리적이어서 옛날부터 건축 토목 분야에서 많이 활용하고 있다. 스패인 긴 다리와 대 공간지붕 구조 등 구조 높이에 큰 제약이 없는 경우에 적합하다. 건축에서는 지붕이 물매 때문에 용마루에서 양쪽으로 물을 흘리는 것을 이용하여 박공 지붕으로 설계하는 것이 자연스러운 것이며, 그 모양대로 트러스를 설계하면 합리적이다. 또한 트러스는 구성 부재 각각이 단순하게 인장이나 압축 응력 만 부담해도 되기 때문에 접합이 간단한 것이 특징이다. 그러므로 기존 구조물을 보강하는 경우에도 트러스 방식을 교묘하게 활용하면 좋은 효과를 얻을 수 있다.

철근콘크리트 구조에서 콘크리트가 압축 응력을 부담하는 데 별 부담이 되지 않는다는 것은 구조역학의 기본에 속한다. 그래서 기존 철근콘크리트 보를 압축부재로 활용하고 별도로 텐션 와이어를 적당한 위치에다 부착하여 각각 압축, 인장응력을 부담하게 하면 훌륭한 트러스 구조로 변화하게 된다.

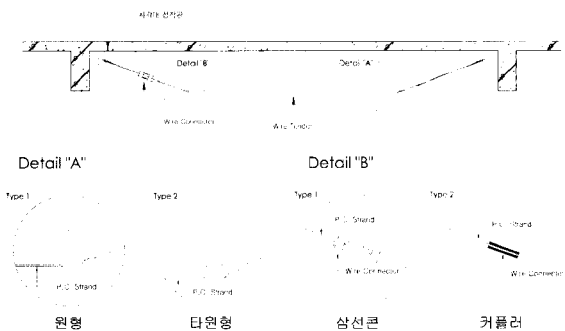
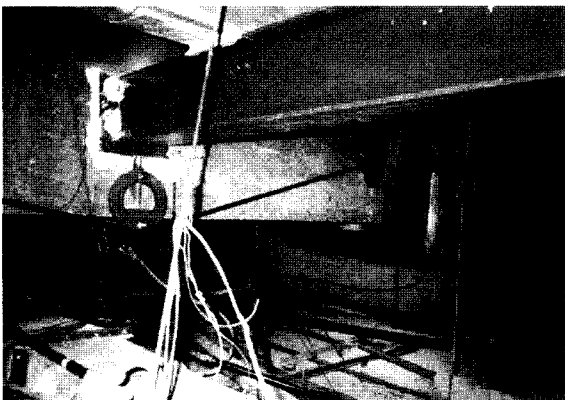


그림 1. 와이어 스트랜드 접합용 주강 제품을 사용한 보강 예

텐션 와이어 또는 와이어 스트랜드는 단면적이 작아도 큰 힘을 발휘할 수 있는 재료여서 값이 싸고 가벼우며 운반 가공 조립 등 취급하기가 쉽다. 다만 보강하고자 하는 기존 보는 팽팽하게 스트레스를 받아서 다소 구부러지고 단면의 인장 측 콘크리트에는 균열도 발생한 상태인 경우가 대부분이므로 더 이상의 변형이나 균열이 추가되면 위험해질 수가 있다.

따라서 가능하면 기존 보의 변형이나 균열 발생의 원인이 되는 하중을 제거하거나, 역 하중(반대 방향 하중)을 작용시켜서 상쇄시키고 나서 인장 부재를 추가하지 않으면 애써 보강한 효과를 기대할 수 없는 경우가 발생하게 된다.

그러므로 유압 잭을 이용하여 텐션 와이어나 와이어 스트랜드를 현장에서 긴장시켜 정착시키면 한 가지의 작업으로 두 가지의 효과를 모두 얻게 된다. 현장에서 많이 사용하는 와이어 스트랜드의 굵기는 2 가지 종류가 있다. 따라서 이들 2 가지(직경 12.7mm와 15.2mm)의 와이어 스트랜드 내력과 규격에 걸 맞는 접합부 철물을 사용한 것이 그림 1의 1 방향 트러스를 이용한 구조 보강 방법이다.

5.2 양 방향 트러스를 이용한 구조 보강 방법

슬래브의 하중은 보로 전달되고 보는 기둥으로 힘을 보내게 된다. 그러므로 만약 슬래브의 하중이 보를 거치지 않고 직접 기둥에 전달될 수 있도록 힘의 통로를 열어주면 한 번의 수고로 슬래브와 보를 동시에 보강하는 격이 된다.

건축물의 콘크리트 바닥 슬래브는 두께가 보통 12cm-20cm에 불과하지만 그 정도만으로도 트러스의 압축 응력을 부담하는 데 부족함이 없는 훌륭한 구조 부재 역할을 할 수 있다. 당초부터 이 방법대로 설계한 것이 플랫 슬래브와 플랫 플레이트 구조이다. 일반적인 프레임 구조는 기둥과 기둥을 연결하는 큰 보(Girder) 뿐만 아니라 그 사이에 또 다른 작은 보(Beam)를 추가하는 것이 보통이지만 양 방향 트러스를 이용한 구조 보강 방법에서는 이들 모든 보를 무시한 채 슬래브만을 대상으로 삼는다. 물론 기존 보들이 지탱할 수 있는 내력을 무시하고 전 하중에 견디도록 보강할 수도 있겠으나 구태여 그럴 필요까지는 없다. 기존 슬래브와 새로 추가하는 와이어 스트랜드가 조합하여 이루는 양 방향 트러스 개념의 구조가 부족한 내력만큼만 지탱하도록 하는 것을 말한다. 물론 그림 2를 보고 그 누구도 트러스라고 말하지는 않을 것이지만 힘의 흐름 원리가 다분히 트러스를 닮았으므로 그렇게 이름을 붙여 보았다.

슬래브 밑에서 떠받들고 있는 포스트헤드는 트러스

의 수직 재 역할을 하고 슬래브는 당연히 압축 재 구실을 하게 되는 데 그 범위는 명확하지 않으나 슬래브의 어느 일부분이 될 것이다. 이는 버려진 슬래브의 풍부한 압축 내력을 빌어다 쓰는 것이다. 새로 추가하는 와이어 스트랜드가 인장 재 역할을 한다는 것은 별도 설명이 필요 없다.

이 구조 방식도 앞에 설명한 1 방향 트러스를 이용한 구조 보강과 마찬가지로 기존 처짐과 균열을 복원하는 목적을 겸하여 와이어 스트랜드를 팽팽하게 긴장시키지 않으면 소기의 목적을 달성하지 못하게 되므로 유압 잭을 활용한다.

슬래브 설계 과정에서는 보의 경우와 달라 일반적으로 콘크리트의 압축 응력을 검토하는 절차를 생략해오 된다. 이는 대부분의 슬래브가 인장 철근에 의해서 단면이 결정되며 특별한 경우를 제외하고는 압축 응력에 항상 여유가 있기 때문이다.

트러스는 일반적으로 압축 재와 인장 재와의 거리가 멀수록 경제적인 설계가 가능하다. 그러므로 천장에 여유 공간이 있을 때는 사재 또는 수직재의 길이를 충분

방 덕트 등의 설비 배관공간이 여유 있게 되도록 유도한다.

다만 기둥 구석에서 대각선 방향으로 내려오는 인장 재는 설비 덕트의 간섭을 받게 되기 쉬우므로 그럴 때는 덕트에 구멍을 내는 방법도 적용이 가능하다. 또한 기둥에서 대각선 방향으로 내려오던 인장 재를 마주 보이는 기둥과 서로 연결하면 X 모양이 되겠으나, 4개의 기둥을 연결하는 4각형과 4개의 포스트헤드가 이루는 평행한 작은 4각형 각 변에 인장력을 가하면 서로 간의 평형을 이루면서 집합이 편해지는 장점이 있다.

와이어 스트랜드를 유압 잭으로 긴장시켜 주기 위해서는 잭을 받쳐 주는 턱이 있어야 하는 데 와이어 스트랜드가 중앙에서 X형으로 만나면 양 단부 즉 기둥 모서리에서 작업해야 하는 어려움이 따르게 되므로 위 대안을 마련한 것이다. 이는 작은 보가 없고 기둥과 기둥만을 연결하는 큰 보가 있는 간단한 구조물이나 플랫폼 슬래브 등에서 우물 천장을 인테리어 디자인으로 활용하는 경우에 장애를 주지 않는 장점도 아울러 가지고 있다. (그림 2 참조)



그림 2. 양 방향 트러스를 이용한 구조 보강

하게 늘려서 트러스의 높이가 높아지도록 하는 것이 유리하다. 그러므로 그 구체적인 방법으로는 새로 추가하는 인장 재를 천장에 가깝게 배치하여 오히려 냉난

5.3 프리스트레스를 도입한 구조 부재 보강 방법 (잭업 공법)

구조물이 힘에 부치는 하중을 받으면 변형을 일으키

면서 내력을 상실해 가는 것이 특징이다. 그러므로 구조물이 기왕에 처진 것을 원상으로 들어올릴 수만 있다면 현장에서 보강한 것이 눈으로 확인될 뿐만 아니라, 조금 더 처질 경우 발생할 수 있는 파손 또는 붕괴의 원인을 미연에 방지하는 효과를 얻게 된다. 이를 쉽게 설명하면 꼬부라진 노인의 허리에다 부목을 대서 허리가 더 이상 구부러지는 것을 방지하는 것과 같은 오늘날의 구조 보강 방법 대신 보약을 처방하면 허리가 펴져서 다시, 젊어지는 것과 같은 이치이다.

구조 설계를 하는 실무자들이 잘 아는 바와 같이 슬래브나 보의 응력도와 처짐을 모두 만족해야 한다. 그런 데 일반적으로 슬래브나 보의 높이에 여유가 있는 경우는 대부분 처짐보다는 응력도로 단면이 결정되는 반면 높이가 낮은 경우(구조물을 보강할 때는 거의가 낮은 보를 선호함)는 처짐으로 단면이 결정된다. 그러므로 심하게 말하면 새로 추가하는 보를 마치 활처럼 팽팽하게 긴장시켜 부착하여야 좋은 효과를 얻게 된다.

효과가 적어질 수 있으며 심하게 밀어 넣어 오히려 기존 구조물을 깨지게 할 수도 있기 때문이다.

이 역시 유압 잭을 활용하면 되며 그림 3에 설명하고 있다.

5.4 쇠줄을 이용하여 보의내력을 보강시키는 방법

일반적으로 작은 보(Beam)를 보강하는 것은 그다지 어려운 일이 아니다. 작은 보의 옆면을 따라 슬래브 밑면에서 큰 보 밑면까지의 공간에 철골 보를 추가하여 앞의 잭업 공법을 쓰면 간단히 보강된다.

그러나 큰 보(Girder)는 중간 어딘가에 작은 보가 가로질러 있어서 큰 보 옆에다 철골 보를 부착하려고 해도 작은 보가 있는 곳에서 잘려 나가기 때문에 불가능해지게 된다.

그래서 일반적으로는 큰 보 밑에다 철판을 붙여서 휨 모멘트에 대항하게 하고 전단 보강용으로는 큰 보 양 옆에다 철판을 부착하는 것이 통상의 방법이다.

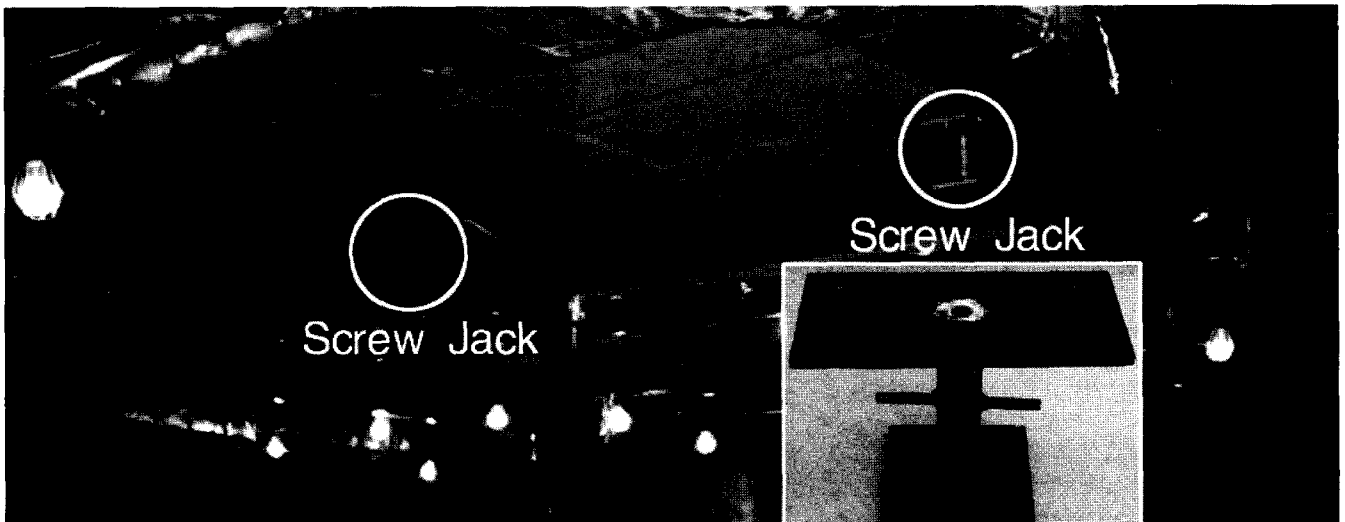


그림 3. 프리스트레스를 이용한 구조 부재 보강 방법(잭업 공법)

올림픽 양궁 선수들이 활시위를 팽팽하게 잡아당긴 긴장된 모습이 얼마나 진지한가? 슬래브나 보가 처지는 것은 그 위에 얹힌 하중 때문이므로 하중을 덜어낼 수만 있다면 처졌던 슬래브나 보가 원상으로 복원될 수 있다. 그러나 하중은 그 건물의 목적이므로 덜어내는 대신 그와 같은 간접적인 효과를 만들어내는 것이 프리스트레싱이다.

즉 기존 구조 부재 밑에다 보를 단순히 덧붙이는 것이 아니라 기존 구조 부재와 새로 부착하는 보와의 사이 틈을 벌려서 강제로 썩기를 끼워 넣는 것을 말한다. 썩기를 끼우는 방법도 간단한 일이 아니다. 더도 덜도 말고 적당한 힘으로 밀어 넣어야 하는 데 벌리는 힘의 값을 읽으면서 확인하지 않으면 자칫 부족해서 보강

볼펜의 중간을 장난삼아 비틀어서 뱅글뱅글 돌리는 것을 재미로 아는 학생이 있다. 비튼다는 것은 모멘트를 가한다는 뜻이다. 시계 태엽을 감는다든지, 수도꼭지를 트는 것과 같은 힘이다. 이 같은 힘은 부재 중심에서 좌우로 떨어진 편심 위치에서 서로 반대 방향의 힘을 작용시킬 때 얻게 된다. 중심에서의 거리가 멀고 가까운 정도에 따라 마치 지렛대처럼 끝단의 작용력이 결정된다. 볼펜이 돌아가는 힘을 멈추기 위해서 볼펜의 양단을 저지시키면 되는 데, 이 현상을 내력이 부족한 보의 보강 원리로 활용한다.

먼저 기존 보 하단에다 와이어 스트랜드를 부착하여 긴장시키는 방법을 구상해 보았으나, 보의 양단 기둥이 따라 오는 부작용이 있을 것이고 이 방법을 연속된 보

에 적용한다면 와이어 스트랜드의 정착 부에 원하지 않는 균열이 발생할 가능성이 커지는 위험이 있다. 그러므로 그림 4에서 2개의 T형 철골 보 외측 단을 쉽게 미끄러지도록 롤러지점 처리하는 것으로 한다. 즉 외단 지점이 상향으로만 지지하고 좌우로는 저항이 없게 하는 것을 뜻한다. T형으로 제작한 철골 보에서 수직 재의 길이가 길수록 와이어 스트랜드에 가해야 할 긴장력의 크기는 작아진다.

이 방법은 기존 구조물을 보강할 때 가장 문제되는 천장 높이가 줄어드는 것을 최소한으로 제한하고 또한 보강 재의 길이가 보 길이 보다 작은 것들이기 때문의 작업의 간편 성을 장점으로 들 수 있다. (그림 4 참조)

석축이 무너지는 모양은 거의 예외 없이 사면의 배부름으로부터 시작된다. 따라서 석축이 무너지지 않게 하는 가장 간단한 처방은 석축 사면이 배부르지 않도록 눌러주면 된다. 석축의 사면과 수직 가상 면과의 사이에는 역 직각 3각형의 공간이 있다. 만약 이 공간을 무거운 강 체로 채우면 석축이 배 부르려 하는 것을 효과적으로 막아주는 격이 된다.

그러나 이 역 직각 3각형 전부를 콘크리트로 채우기 위한 물량이 너무 많아지게 되므로 단편 중에서 비효율적인 부분을 덜어내는 것을 목표로 한 궁리 끝에 역 3각 뿔을 제안하게 되었다. 그 모양은 의외로 세련되어 보이고 거부감이 덜 드는 것으로 판명되었다. 게다가

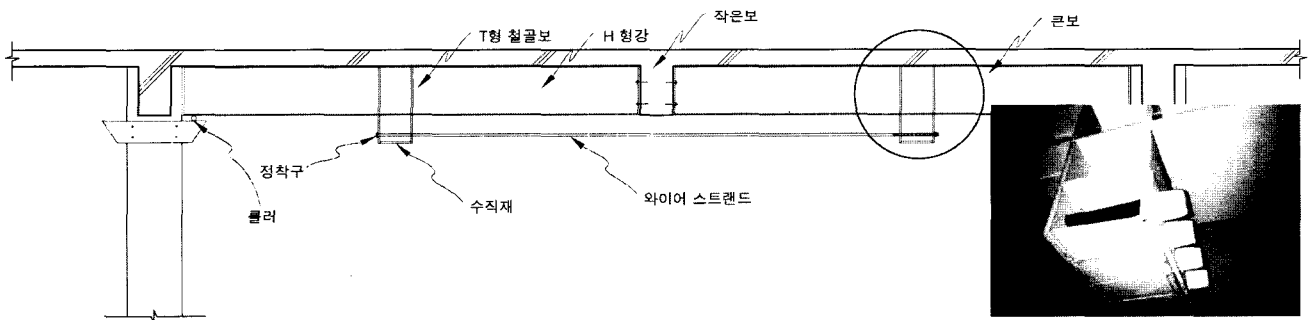


그림 4. 쇠줄을 이용하여 보의 내력을 보강시키는 방법

5.5 더 센 옹벽

우리나라에는 산이 많아서 경사 지반을 깎아 대지를 조성하는 일이 많다. 그 과정에서 오래 전부터 사면을 안정시키는 수단으로 석축을 쌓는 것이 유행되어 왔다. 그러나 오늘날에 와서는 석축을 축조하는 것이 안전하지 않기도 하지만 인건비 상승으로 그 일을 할 기능공을 구하는 것조차 어려워지고 있으며, 간혹 오래 된 석축을 수리하는 일을 시키려 해도 능력 있는 석축공을 찾을 수가 없다.

한 편 석축은 어쩔지 살벌하고 촌스럽기도 해서 별로 추천할 만 한 구조물이 아니다. 철근콘크리트 옹벽은 비싸기도 하지만 석축을 헐어내고 그 자리에 옹벽을 축조하기 위해서는 석축 사면 뒤로 여유 공간이 있어야 하는 데 그렇지 못한 경우가 많다. 또한 옹벽도 콘크리트 면이 살벌하고 단조로워서 세련되지 못한 것은 석축이나 별 다름이 없다.

석축은 최 하단 외곽 접지 면이 위아래 대지 경계선이다. 그러므로 석축의 소유권은 위(상부) 대지 주인인 것이 정상이다. 높은 석축은 수직으로 쌓을 수 없으므로 위 대지 주인은 땅의 활용 면에서 손해를 볼 수밖에 없다.

그러므로 축대의 사면 즉 버려진 공간을 활용하여 위험 석축을 보강하는 것이 더 센 옹벽의 기본 착상이다.

가장 큰 보너스는 앞에서 설명한대로 석축의 경사 때문에 윗 대지가 면적에서 손해를 감수했던 것을 원상으로 회복해서 허실 없이 전 대지 면적을 활용할 수 있게 된다. (그림 5 참조)

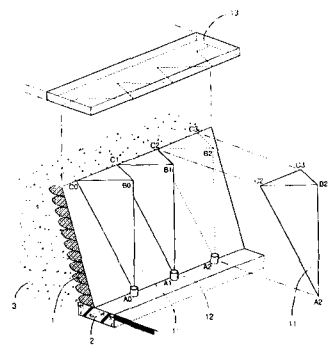


그림 5. 더 센 옹벽

5.6 지하수에 의하여 부상한 구조물의 보수 방법.

30년 전만 해도 건물에 물이 떠서 문제가 되는 것은 아주 특수한 경우에만 있는 일이었다. 그러나 지하실의 깊이와 넓이가 커져 가면서 해마다 많은 사고가 발생하여 이제는 구조전문가의 일 거리가 될 정도로 일반화되기에 이르렀다.

그래서 공사 중 구조물 외벽에 임시로 구멍을 뚫어 주변에 모여드는 물이 내부로 자동 유입되도록 하는 간단한 방법도 제시하게 되었으나, 구조물 신축 시 미리부터 적극적인 대응책(그림 6)을 마련하는 것이 바람직하다.

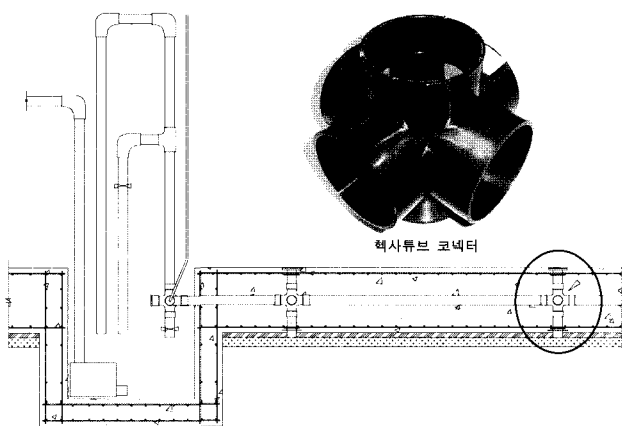
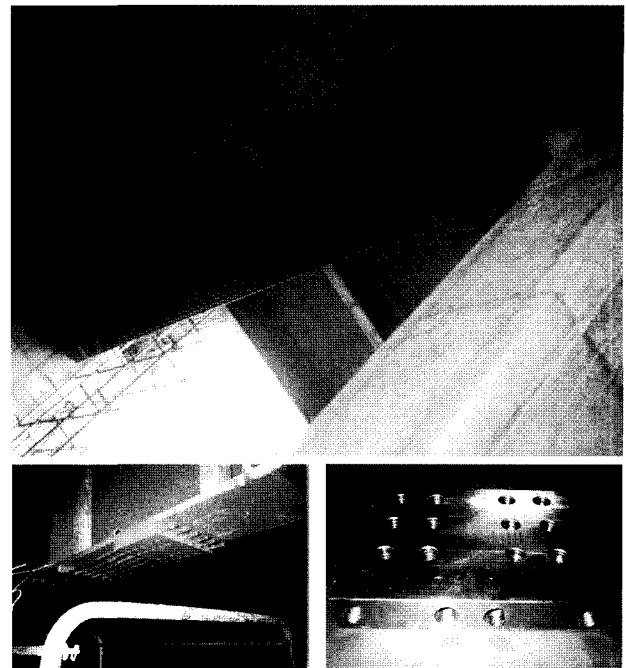


그림 6. 헥사튜브코넥터를 이용한 영구배수 공법

5.7 포스트텐서닝으로 철골 보를 보강하는 방법

프리스트레스트 콘크리트라는 말은 많이 들어서 익숙하겠지만 프리스트레싱으로 철골 부재를 보강하는 일은 흔하지 않다. 하지만 철골 보의 내력을 향상시키기 위하여 와이어 스트랜드를 보조 재료로 활용하는 것이므로 별로 특별한 방법은 아니다. 철골 보를 설계할 때 보 높이를 줄이다 보면 처짐량이 많아져서 사용상 불편하게 되는 데, 건물을 보강할 때는 신축 때와 달라 여러 가지 제약 조건 때문에 보강재의 크기를 마음대로 크게 할 수 없을 경우가 많다.

대부분의 구조 안전진단과 보수 보강 방법들이 철근 콘크리트 구조물을 대상으로 하는 데 반하여, 프리스트레스트 철골 보를 철골 부재를 보강하는 것이므로 사실로 말하면 오히려 더 손쉽고 궁합이 잘 맞는다고 말할 수 있다. 즉 강재 끼리의 접합이어서 무리가 없으며, 와이어 스트랜드를 긴장하는 것도 콘크리트일 때와 달라 철골은 탄성체여서 변형 상태를 마음대로 조정, 확인할 수 있는 장점이 있다. 그림 7은 위에 설명한 대로 와이어 스트랜드로 철골 보를 보강한 예이다.



정착판 시공상세

정착판

그림 7. 포스트텐서닝으로 철골 보를 보강하는 방법

5.8 더 센 콘크리트 구조

병든 사람을 진료하는 곳이 병원이다. 그러나 오늘날에 와서는 건강한 사람도 미리 건강진단을 하여 발생할 가능성이 있는 병을 예방하는 예방 의학이 등장했다. 아직 사람에게는 적용하지 못하는 듯하나 앞으로는 예를 들어 대머리가 유전인 부부가 아이를 배기 전에 무슨 약을 먹거나 주사를 맞아두면 효과를 보는 묘안도 등장할지 모른다. 철근콘크리트 보의 인장 측에 균열이 발생하는 것은 어찌면 당연한 것이라고 배웠지만 실제로 당사자인 건축주나 현장에서는 이를 인정하려 하지 않는다. 그러므로 인장 부분에 콘크리트 대신 강재를 부착하면 문제가 간단히 해결될 것이다. 강재는 철근과 사촌이므로 철근의 역할을 하게 하면 되지 않겠는가? 그림 8은 더 센 콘크리트 구조의 기본이 되는 보 단면을 표시한다.

고래나 광어는 뼈가 몸 속에 있고, 조개나 가재는 표면에 노출되어 있다. 창조주는 우리에게 여러 가지의 설계 방법의 모델을 보여주고 있다.

우리 선조들은 거북선과 금속활자를 세계 최초로 만들었다고 하는 데 이렇게 간단하고 기본적인 변경을 하려해도 사방에서 반대 의견을 내세워 저지해 온다.

부착 내력의 부족은 Shear Connector나 기타 다른 방법을 활용하여 보충하고 강재 노출로 걱정되는 내화성은 아예 내화피복을 하여 보호하면 될 것이다. 문제는

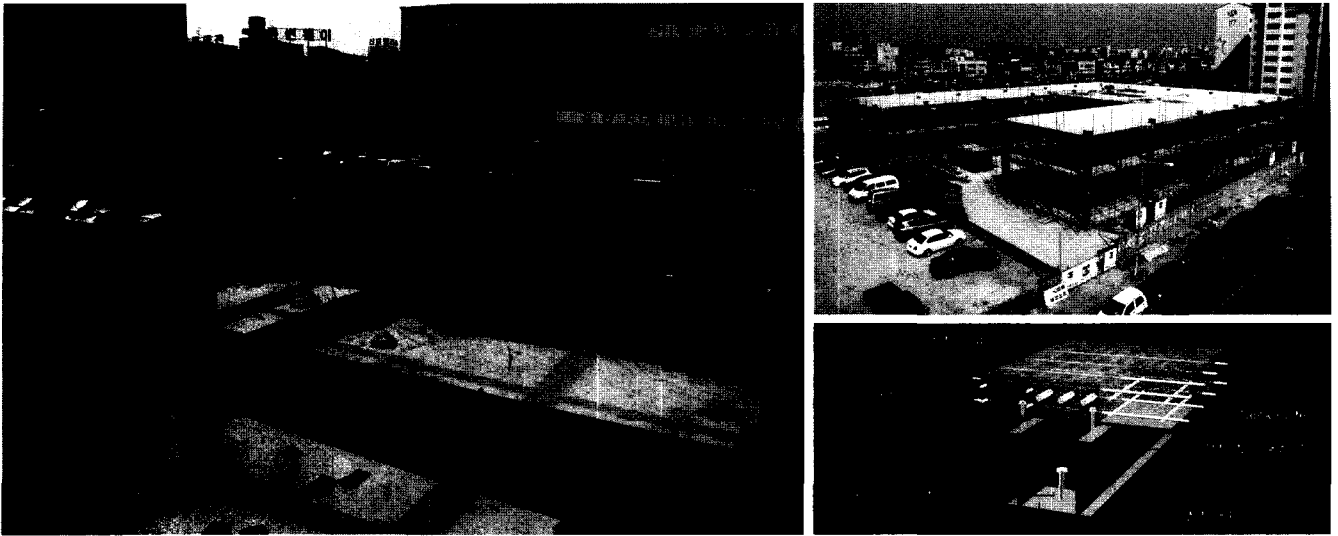


그림 8. 더 센 콘크리트 구조

경제성인 데 이는 일반 철골 구조 보다는 훨씬 적게 들며 잘 처리하면 철근콘크리트 구조와 비슷한 값으로 처리가 가능한 데 보의 높이가 철골 조나 철근콘크리트조 보다 적어도 되므로 큰 장점으로 부각된다.

기존 보를 철판으로 뒤집어 씌워서 보강하는 것은 못마땅하게 생각하지만 철판으로 만든 거푸집에 콘크리트를 부어넣는 것은 사전에 서로 격리되는 것을 방지하는 조치를 취하므로 합리적이다.

신 간 안 내

탑다운(Top Down) 공법은 굴착공사 이전에 지하외부 벽체와 지하층 기둥을 선시공한 후, 단계별로 지하층 슬래브와 토공사를 위에서 아래로 반복해 가면서 지하구조물을 형성하는 공법으로, 국내에 도입된지 17년이란 기간이 지났음에도 불구하고, 아직까지 시공 전반에 걸쳐 구체적인 이론이나 내용이 정립되지 않은 공법이다. 따라서 이 책은 탑다운 공법을 적용하는 현장에 있어서 설계, 시공, 감리 및 관련자들의 업무에 필수적이며 일종의 가이드 역할인 도서가 될 것이다.

책 명 : 탑다운 공법시공

책 형 : B5 / 354pp

저 자 : 이동희

발 행 : 도서출판 기문당

정 가 : 18,000

저자소개 : 이 동 희

성균관대학교 건축공학과 졸업

1983. 12 ~ 2001. 03. 두산건설 근무

최 인 성 감수

명지대학교 공과대학 건축학부 교수/공학박사

사단법인 한국건축시공학회 회장

