

④ 액체침투탐상검사 (P.T.) : 표면에 있는 결함에 모세관현상을 이용하여 침투액을 침투시켜 그 위에 현상액을 뿌려 결함부에 배어있던 침투액이 스며나오는 현상을 육안확인

구분	R.T.	U.T.	M.T.	P.T.
결함부위	내부	내부	표면, 표면근처	표면
부재두께	두께100mm이하	모두적용	모두적용	모두적용
검사위치	일자형	일자형, T형모두	일자형, T형모두	일자형, T형모두
검출간도	R.T. ( U.T. )		M.T. ( P.T. )	
전원	필요	불필요	필요	불필요
판독시간	최소3시간후	즉시	즉시	즉시
장비	중량	간편	간편	간편

2.4 볼트의 재료

- ① 일반 고장력볼트 (High Strength Bolt) : 볼트의 인장강도에 따라 F8T, F10T, F11T로 구분한다. 고장력 볼트는 일반볼트와 달리 전단접합이 아닌 마찰접합이므로 적절한 조임력이 중요한 시공Point이다. 그러므로 볼트체결 후 조임력에 대한 적합여부 검사가 요구된다. (F8T의 8은 인장강도 80kg/mm<sup>2</sup> 이상을 의미)
- ② T/S 볼트 (Torque Shear Type High Strength Bolt) : 고장력 볼트의 일종으로서 고장력 볼트에 적정 조임력이 가해지면 볼트의 꼬리가 떨어져 나가도록 설계된 볼트로서 별도의 조임력체크를 할 필요가 없다. 주요구조부재의 볼트접합에 가장 많이 사용되고 있음.
- ③ 앵커볼트 : 기둥의 주각부 고정용 볼트로서 SS400의 일반 중볼트를 사용.
- ④ 일반볼트 : SS400 볼트로서 구조부재의 볼트접합에는 거의 사용되지 않는 추세이며, 외부 커튼월 Frame 또는 2차구조부재 Fixing시에 주로사용.

(볼트구멍의 허용지름)

공칭지름	D ≤ 16	18 ≤ D ( 30 ) 20 ≤ D ≤ 24	D ≥ 30	비고
고력볼트	D + 1.0	D + 1.5	D + 2.0	건축공사 표준시방서
일반볼트	D + 0.5			
앵커볼트	D + 5.0			

D : 볼트의 공칭지름

철근콘크리트 부재의 전단성과 연성

글 | 강 지 훈 기술개발부 과장 02-3433-7729 | E-mail : jhkang@ssyenc.com

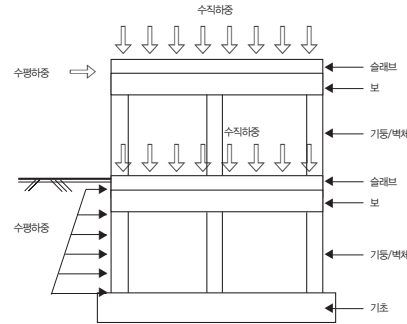
앞서 인장력, 압축력, 휨에 대해 다루었으므로 이번에는 철근콘크리트 부재의 전단성과 연성에 대해 간단히 다루고자 한다. 철근콘크리트의 설계개념에서 중요한 부분이므로 충분히 그 내용을 이해해 두면 도면검토시나 시공시에 참조가 되리라고 본다.

1. 전단성능

구조물에 작용하는 하중의 흐름에 따라 인장력, 압축력, 휨, 전단력이 발생한다. 전단력은 이 중에서 주로 각 부재축의 직각방향으로 작용하는 힘에 대한 것이다.

수직하중만을 기준으로 보면, 가장 먼저 하중을 접하는 슬래브는 기본적으로 슬래브면(각 방향)에 수직으로 힘을 받는다. 슬래브에서 하중이 전달되는 보의 경우에도 보 축방향의 수직방향으로 힘을 받게 된다. 기둥은 주로 압축력을 받게 되지만 기둥에 연결되는 보의 형태나 길이가 다름에서 발생하는 불균형으로 인해 전단력을 받게 된다. 이러한 힘이 전달되어 최종으로 기초에 이르면 기초면(각 방향)에서 수직으로 힘을 받게 된다.

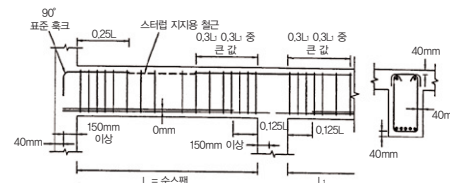
수평하중(풍하중, 지진하중, 토압 등)에 의해, 기둥과 벽체는 축방향에 수직인 방향으로 힘을 받는다. 이러한 상황을 고려하면 모든 부재에 전단력이 작용하게 되고 이 부분은 부재의 단면을 결정하거나 배근량을 정하는 구조설계에 중요한 기능을 하게 된다. 따라서, 기본적인 개념을 익혀둘 필요가 있다.



2. 설계기준에 따른 개념

현재 극한강도설계법에 규정된 '콘크리트 구조설계기준'에 따른 전단내력 관련 각 부재별 설계식과 배근방식에 대해 개략적으로 도식화하여 설명하면 다음과 같다.

1) 보



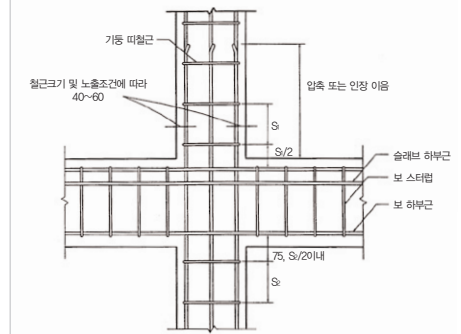
보에 사용되는 전단철근은 보통 스테리프(stirrup)이라 한다. 보에 적용되는 수치가 가장 일반적인 경험식이므로 설명하면 다음과 같다.

- (1) 보의 전단내력 :  $\phi V_n = \phi V_c + \phi V_s$
- (2) 콘크리트 분담 :  $V_c = 1/6 \sqrt{f_{ck}} bw d$  ( $f_{ck}$  : 콘크리트 강도,  $bw, d$  : 보 크기)
- (3) 철근 분담 :  $V_s = A_v f_y d / s$  ( $A_v$  : 철근단면,  $f_y$  : 철근강도,  $s$  : 간격)

따라서, 콘크리트강도와 철근강도가 일정할 경우 전단내력을 증가하는 방법은 보 단면을 증가하거나 스테리프 간격을 줄이는 것이 유효한 방법이다. 보 단면의 적절한 연성확보를 위해 철근이 분담하는 전단내력은 최소치와 최대치를 제한하고 있다.

- (4) 최대 전단철근 간격 : 600mm, 보유효높이 / 2 중 작은 값
- 보 높이가 800mm 인 경우, 전단내력이 충분하다더라도 400mm 이하 간격으로 배근한다.

2) 기둥

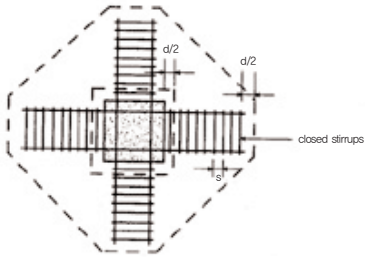


기둥에 사용되는 전단철근은 보통 띠철근(후프, hoop)이라 한다.

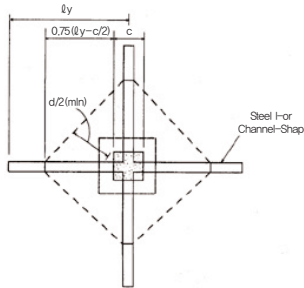
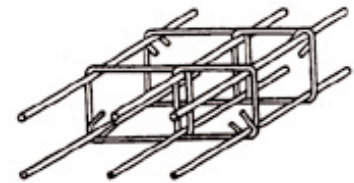
띠철근은 전단력보다는 기둥의 연성확보를 위한 설계개념이다. 기둥에 설치된 보에서 불균등하게 전달되는 하중이나 횡력에 의해 발생하는 전단력에 저항하는 역할을 할 때는 보의 기준식을 준수한다.

기둥에 사용되는 띠철근은 모두 간격이 동일하다. (띠철근, 보조 띠철근의 개념은 없다.)

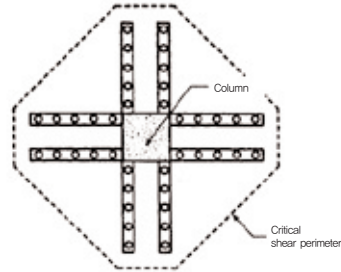
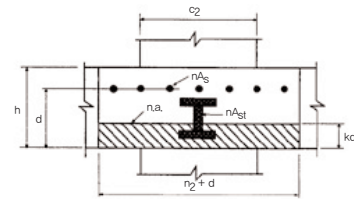
### 3) 슬래브 / 기초판



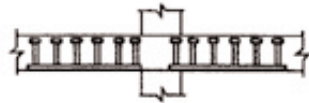
① 철근 보강방식



② 철골 보강방식



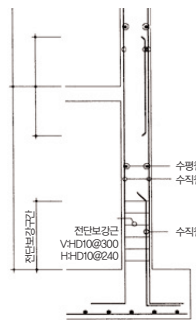
③ 스티드 보강방식



슬래브나 기초판의 경우엔 주로 뚫린전단(Punching Shear)에 저항하는지 검토한다. 일반적으로는 두께를 증가하여 전단내력을 확보하지만 건축계획, 경제성 등의 문제로 인해 두께가 확보되지 않을 경우 위와 같은 방법으로 전단력에 저항하도록 한다.

전단내력이 부족할 경우, 위와 같이 철근, 철골, 스티드 볼트 형태로 보강하게 되는데, 국내의 경우 철근으로 보강하는 방법이 가장 일반적이다. (보와 동일한 개념)

### 4) 벽체



벽체의 경우도 슬래브와 마찬가지로 두께를 증가하여 전단내력을 확보하지만 두께가 확보되지 않을 경우, 벽체는 좌측 그림과 같은 방법으로 전단내력을 보강한다.

작용하는 전단력인 큰 부분인 수직지점부(기둥/버트레스) 좌우측이나 수

평지점부(슬래브/보) 상하 부분에 대해 보강한다.  
단면의 형태상 다른 부재와는 달리 후크로 연결한다.

### 3. 구조물의 연성

철근콘크리트 부재의 내진설계에 있어서 가장 중요한 것은 필요한 연성을 확보하는 것이다. 우리가 보통 수행하는 내진 설계는 실제 발생가능한 지진하중을 반응수정계수(R)로 나누어 설계지진하중을 산정하고 이 설계지진하중을 탄성해석함으로써 부재의 설계단면력을 산정하는 과정을 거쳐 이루어진다. 이렇게 실제하중의 1/3~1/8에 해당하는 하중에 대해서만 설계할 수 있는 것은 부재의 연성과 내진설계 개념에 의한 것이다. 즉 실제하중(강진)이 작용했을 경우에는 부재의 각 부분은 항복하나 구조물 전체는 '메카니즘'에 의해 거동하여 에너지를 소산시키고 완전파괴되지는 않으며, 설계하중(약진)이 작용했을 경우에는 각 부재와 구조물은 허용응력 이내의 탄성 거동을 하도록 설계하는 것이다.

구조물의 연성은 구조형식, 구조물을 이루고 있는 부재의 연성과 사용재료의 연성에 의해 결정된다. 일반적으로 구조물의 연성은 그 구성부재의 연성보다 작고 부재의 연성은 재료의 연성보다 더 작다. 예를 들면 강철의 재료연성보다 철골 구조물의 연성은 훨씬 더 작다. 그러므로 소정의 구조물 연성, 또는 반응수정계수를 확보하기 위해서는 부재의 연성-회전 연성이나 곡률연성은 더 커야 하며 재료의 연성은 이 보다도 훨씬 더 커야 한다. 즉, 설계에서 구조물의 연성을 확보하기 위한 노력을 해야 한다.

### 4. 콘크리트의 연성

일반 콘크리트는 알려진 바와 같이 매우 취성적인 재료이다. 이러한 콘크리트의 연성을 증가시키는 방법은 크게 두 가지가 있다. 하나는 연성재료를 혼합하여 콘크리트를 제조하는 방법이며 다른 하나는 콘크리트를 구속시키는 방법이다.

첫번째 방법은 섬유보강 콘크리트, 폴리머콘크리트, MDF 콘크리트 등이 그 예이다. 이러한 방법들은 현재까지 제조원가가 상대적으로 비싸고 제조상의 어려움 점이 남아 있다.

황구속된 콘크리트(confined concrete)의 강도가 높아지고

최대변형도가 증가한다는 사실은 일찍부터 알려진 사실이며 Blume 등에 의하여 증명되었다. Blume 이후 Kent, Scott, Park, Priestley 등에 의하여 실제부재와 같이 철근에 의해서 구속된 콘크리트의 실험이 이루어졌는데 그 결과, 구속된 콘크리트의 중극 변형도는 크게 증가하며 콘크리트의 강도도 다소 증가한다.

콘크리트의 황구속이 잘 될수록 즉, 황구속 철근(띠철근, 스티럽, 나선철근)의 양이 많을수록 커지며 콘크리트 강도가 낮을수록 커진다.

### 5. 콘크리트 부재의 연성거동

철근콘크리트 부재는 연성이 좋은 철근과 취성재료인 콘크리트로 이루어져 있으며 연성을 증가시키면 그 부재전체가 연성거동을 하리라는 것은 자명한 사실이다.

적절히 배근된 콘크리트 보와 기둥의 실험예에서 보면, 부재의 회전각이 항복회전각의 20배 이상에서도 구조물은 초기 강도를 그대로 유지하고 있다. 즉, 철근콘크리트 부재가 적절히 설계되면 강구조에 비하여 연성에서도 크게 뒤지지 않음을 알 수 있다.

철근콘크리트 보에서 철근비의 영향을 보면 철근비가 낮을수록 연성이 증가하며 철근비가 커지면서 연성은 급격히 감소하는 것을 알 수 있다. 그러나, 이 경우엔 압축철근을 인장철근의 1/2 정도 배근하므로써 연성을 확보할 수 있다. 즉, 콘크리트 보의 연성은 횡방강철근의 양 뿐만 아니라 압축철근의 양에 의해서도 크게 영향 받는다.

철근콘크리트 기둥의 거동을 보면, 압축력이 작을수록 부재의 연성은 급격히 증가한다. 내진설계에서는 가능한 기둥 축력이 평형하중 이하로 제한하는 것이 바람직하다. 압축력이 기둥 하중 이하로 작아지면 모멘트강도가 오히려 증가하여 연성도 급격히 증가한다. 또한 횡

방향으로 잘 되어 있을수록 (한 띠철근의 보강) 진시 피복 단면손실로 인한 압축력의 감소율이 떨어진다.

