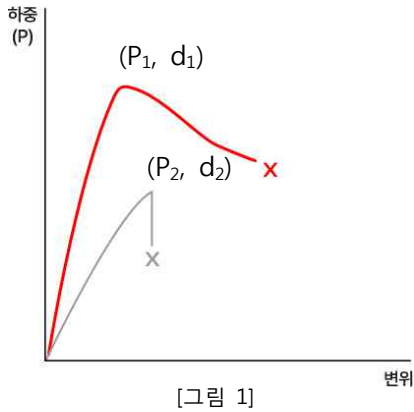

■ SRD의 배경기술

- 전단보강 구비조건
- 전단보강 설계
- 전단보강 성능평가
- 전단보강재와 정착방식
- 전단보강과 내구성

■ 전단보강재가 구비해야 할 필수조건 2가지

전단보강재가 구비해야 할 기본적 요구사항은 1차적으로는 부재가 부담할 수 있는 전단하중 저항능력을 강화시키는 것이다. 그러나 더불어 구비해야 할 또 다른 중요한 조건은, 무보강일 때 최대값 도달 이후 발생하는 부재의 갑작스런 취성(Brittle)적 파괴거동과 달리, 전단보강재를 사용함으로써 연성(Ductile)적 거동으로 개선할 수 있어야 한다.



(1) 전단성능 보강효과 (최대값 이전)

전단하중에 대한 저항능력 향상 : 무보강 일 때의 전단저항능력(P_1)보다 향상된 전단저항능력(P_2)을 확보하게 된다. (좌측 [그림 1] 참조)

발생 균열폭 축소 : 발생하는 균열의 폭이 줄어드는 효과를 발휘한다. 무보강일 때의 변위값(d_1)보다 전단보강 할 때의 변위값(d_2)이 줄어드는 효과에 따른 것이다. 특히, 확대머리 방식 전단보강재는 굽힘정착방식 전단철근에 비해 변위값(d_2)이 뚜렷하게 줄어드는 특징이 있다.

(2) 연성능력 보강효과 (최대값 이후)

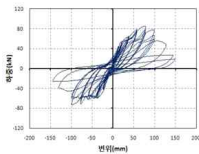
연성능력 확보 : 전단보강재는 전단저항성능 뿐만 아니라 부재의 연성능력을 확보하여 무보강 일 때의 취성적 거동 문제를 완화할 수 있어야 한다.

전단보강 된 콘크리트 부재에서는 최대치 이후의 파괴거동에서 무보강 일 때와 달리 연성적인 거동을 하는 것을 확인할 수 있다. ([그림 1], [사진 1] 참조)

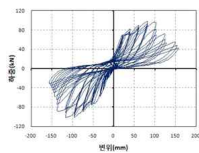
특히, 연성능력을 확보하는 여러 가지 유형의 전단보강재 중에서 확대머리방식(SRD 등)이 굽힘정착방식(Stirrup 등)보다 더욱 향상된 연성능력을 나타낸다. (좌측 [사진 1] 예시, SRD와 전단철근 연성지수 비교 참조)



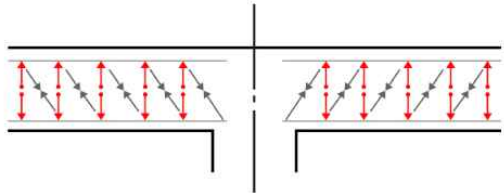
[사진 1]



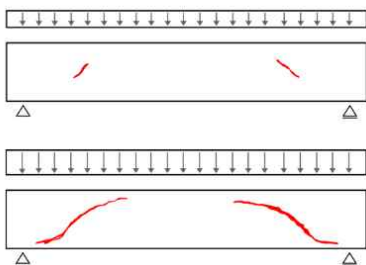
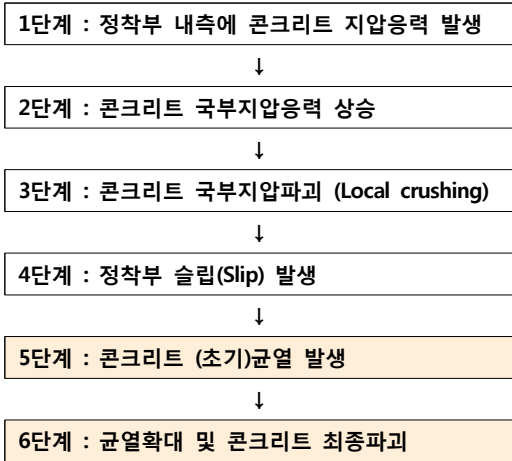
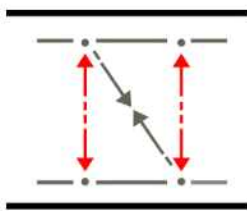
[전단철근]
연성지수 : 2.78



[SRD]
연성지수 : 3.49



스트럿-타이 모델



전단보강 설계 모델

전단보강과 Strut-and-Tie 모델

스트럿, 타이 그리고 스트럿과 타이의 단면력을 지점이나 부근의 영역으로 전달시켜 주는 절점(Node)으로 구성된 트러스 모델로서, 철근콘크리트 부재는 전통적인 전단설계 방법 또는 스트럿-타이 모델에 따라 설계할 수 있다.

타이(Tie)와 절점(Node) 그리고 정착

압축을 담당하는 스트럿은 콘크리트에 대응하며, 타이는 철근이나 긴장재 또는 이를 포함한 동일한 중심축을 갖는 주변의 콘크리트를 의미한다. 또한, 주변의 콘크리트는 스트럿과 타이의 힘을 정착시킬 수 있는 절점영역을 정의하는 경우에도 사용된다. 특히, 철근콘크리트 부재의 Strut-and-Tie 모델에서 타이는 인장력을 효과적으로 발휘하기 위해서 기계적 장치, 포스트텐션 정착장치, 표준갈고리 또는 철근의 연장 등에 의해 **견고하게 (절점 영역에) 정착되어야 한다.**

전단파괴의 프로세스

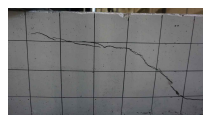
부재의 단면 전단력도에서 예상할 수 있는 바와 같이, 5 단계에서 초기전단균열은 단면의 중심에서 발생한다. (5 단계 참조) 이후 전단균열은 부재의 상,하면 양방향으로 점차 확대되어간다. (6단계 참조)

부재가 등방성 단일재료인 경우라면 이 전단균열은 주응력선도를 따라 진행하는 것을 관찰할 수 있겠지만, 철근콘크리트 부재는 이종 복합재료이며, 하면의 균열진행은 주응력선도와 다른 경향(변곡점)을 나타내게 된다. (6단계 참조)

전단균열 발생 후반부에서 부재 하부에 배근된 휨철근은 부재의 취성적 전단파괴현상을 억제하는 연속붕괴 방지근으로서의 역할을 함께 수행한다. (장부작용, S자균열)



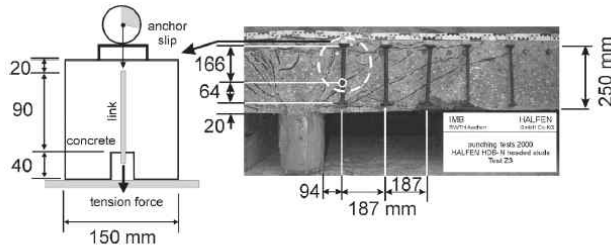
[5단계] 초기 전단균열



[6단계] 후기 전단균열

■ 전단보강과 Pull-Out Test

인용자료 (사진 및 그래프) : R. Beutel, J. Hegger
/ Germany / Cement & Compositete 24 (2002) 539-549

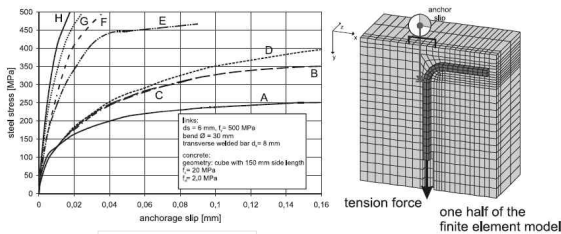


[그림 2]

[사진 2]

전단보강재는 전단균열위치를 가로질러 배치하며 이와 같이 배치된 전단보강재는 전단균열이 확대되지 않도록 콘크리트를 구속(confining)하는 역할을 한다. (좌측 [사진 2] 참조)

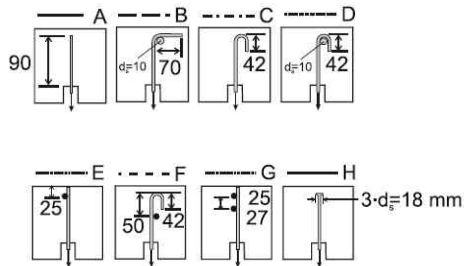
전단보강재의 보강성능은 최종적으로는 좌측 [그림 2] 처럼 뽑힘 인장시험으로 정착특성을 치환하여 비교 평가할 수 있다.



[그림 3]

■ (해석적 방법) 정착방식에 따른 뽑힘 인장성능 비교 예시

표기된 다수의 그래프(A~H) 중에서 전단철근(stirrup)같은 재래의 굽힘정착방식은 'B' 에 해당되며, SRD와 같은 확대머리방식은 'H' 에 해당한다. 이와 함께 기타 그래프(E~H)에서는 용접철근을 추가로 해석에 반영하여 정착성능이 강화되는 현상을 해석으로 평가하고 있다.

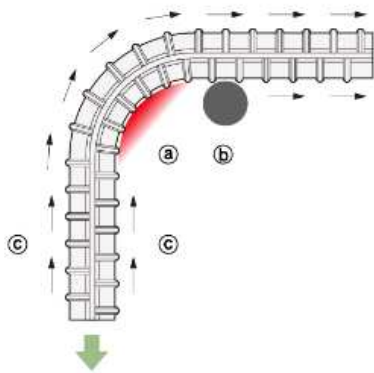


확대머리방식(H)은 굽힘정착방식(B) 등과 비교할 때, 정착성능(=인장력)이 가장 우수할 뿐만 아니라 정착부 slip 이 상대적으로 가장 적게 발생(=균열폭 최소화)하는 것을 알 수 있다. (좌측에서 [그림 3] 참조)

■ [전단보강] 굽힘정착방식 vs 확대머리방식

전단보강 방식을 일반적으로 구분하면, 전단철근으로 대표되는 1)굽힘정착방식, 격자 형태로 강재를 배치하는 2)전단머리방식, 그리고 2012년 개정 국내 구조기준에 도입된 3)확대머리방식 등 3가지 유형으로 설명할 수 있다. 특히 굽힘정착방식과 확대머리방식을 대비하여 주요한 특징을 정리하면 다음과 같다.

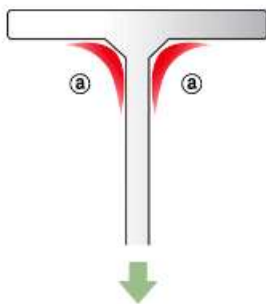
[굽힘정착방식]



굽힘정착방식 Stirrup

정착성능의 확보방법	<ul style="list-style-type: none"> • ㉠굽힘부(bend)+㉡관통철근+㉢부착력(bonding) • 3가지 정착요소의 합으로 정착능력 확보 • 반드시 관통철근을 견고하게 둘러싸야 함
정착부 변위(slip)	<ul style="list-style-type: none"> • (상대적으로) 크다
균열발생 및 피복박락	<ul style="list-style-type: none"> • (상대적으로) 발생균열의 폭이 크다. • 피복이 박락할 때 구조적 성능 저하
항복강도의 도달여부	<ul style="list-style-type: none"> • 항복강도에 도달하지 못함 (얇은 슬래브 등)
종류	<ul style="list-style-type: none"> • 폐쇄형, 단일가닥, 다중가닥 스티럽 등(아래 그림 참조) • 철근 대신 강선이나 박판 등을 사용한 형태도 이 방식에 포함됨
[예시]	

[확대머리방식]

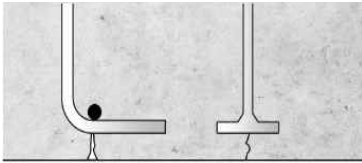


확대머리방식 SRD

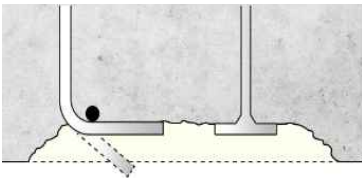
정착성능의 확보방법	<ul style="list-style-type: none"> • ㉠확대머리(head) 단독 • 확대머리 단독으로 정착능력 확보 • 관통철근을 둘러쌀 필요 없음
정착부 변위(slip)	<ul style="list-style-type: none"> • (상대적으로) 작다.
균열발생 및 피복박락	<ul style="list-style-type: none"> • (상대적으로) 발생균열의 폭이 작다. • 피복이 박락할 때에도 구조적 성능 유지
항복강도의 도달여부	<ul style="list-style-type: none"> • 항복강도에 도달 (얇은 슬래브 등)
종류	<ul style="list-style-type: none"> • SRD와 같은 T-type 확대머리/ Stud-type 확대머리 • 특히, T-type 확대머리는 가장 향상된 정착성능 구현

■ 구조물의 내구성 향상 : 균열 및 피복 박락

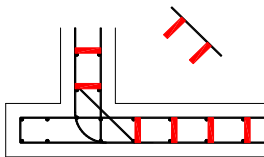
『콘크리트구조 기준설계 해설 KDS 14 20 22, 4.11.5(해설) (1)』



실험연구 결과에 의하면(Joint ACI-ASCE Committee 421 1999), 기계적 정착(mechanical anchorage)된 스테르드가 슬래브 상단 및 하단에 최대한 가까울수록 뚫림전단에 효과적으로 저항한다. 단부에 후크를 가지는 **전단보강철근과 비교할 때, 전단스테르드의 확대머리는 미끄러짐(slip)이 적으므로 상대적으로 전단균열폭이 작다.**

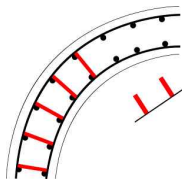
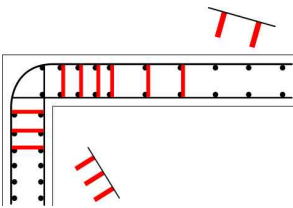


확대머리방식은 균열의 진행과정이나 피복박락의 상황에서도 부착력의 도움 없이 확대머리(head) 단독으로 정착부의 변형(slip)이 거의 없이 정착성능을 유지하는 특징이 있다.
이것은 갑작스런 충격 등 돌발 상황에서도 구조물의 성능을 안정적으로 유지할 수 있다는 의미이며, 이는 특히, 안전성이 중요한 공공의 SOC구조물에서 매우 필요한 특징이라 할 수 있다.



■ 주요 적용분야

- 슬래브 기초 벽체 등 Plate-type 콘크리트 휨 부재
- 무량판 슬래브, 지하차도, 터널(진출입부), 지하철 등 SOC 지하구조물



■ 적용가능분야

- 보, 기둥 및 기타 부재 등에 적용 가능

