

# 전단보강철근이 있는 기존 전단실험 자료를 이용한 전단특성에 관한 연구

## A Study of Shear Resistance Characteristics using Shear Test Data with Stirrup

신근옥\*                      이창신\*\*                      정제평\*\*\*                      김 우\*\*\*\*  
Shin, Geun Ok              Rhee, Chang Shin              Jeong, Jae Pyong              Kim, Woo

### ABSTRACT

This paper deals with the propriety of the shear test data with stirrup reported in ACI and ASCE structural journal and the shear resistance characteristics affected by compressive strength of concrete( $f_{ck}$ ), shear span-to-depth ratio( $a/d$ ), tensile reinforcement ratio( $\rho$ ), and shear reinforcement ratio( $\rho_v$ ). The analysis was accomplished by the 242 shear test data. The test data include the flexural failure data around 40%.

### 1. 서론

철근콘크리트보의 휨에 대한 해석 및 설계는 비교적 명확한 반면에 전단거동은 다양한 인자의 영향을 받는 복잡성과 균열발생 후 거동에 대한 불확실성 때문에 명료하고 합리적인 모델이 없는 실정이다. 근래에 이런 변수들에 영향을 받는 전단거동을 합리적으로 설명할 수 있는 역학적 도구로서 다양한 트러스모델들이 연구, 적용되고 있으나 여전히 대부분의 전단설계기준들이 실험 자료에 바탕을 둔 경험식에 의존하고 있다. 콘크리트구조설계기준에서는 전단설계 방법으로서 콘크리트와 철근의 전단저항 성분의 합( $V_c + V_s$ )으로 제안하고 있다. 이 방법은 대체적으로 안전하지만, 전단과 휨이 동시에 작용하고 있는 보의 현상을 설명하는 모델로는 적합하지 않으며, 콘크리트가 저항하는 전단강도  $V_c$ 의 각 성분력의 크기가 규명되지 않은 경험적인 식이다. 지금까지 많은 연구자들이 실험을 통해 전단관련 공식들을 제안하였으나 전단과 휨 자료로 알려진 실험 자료들이 다수의 휨과 휨 자료를 포함하고 있는 것으로 조사되었다.

\* 정회원, 전남대학교 토목공학과 석사과정

\*\* 정회원, 전남대학교 토목공학과 박사과정

\*\*\* 정회원, 세이프콘 엔지니어링 대표

\*\*\*\* 정회원, 전남대학교 토목공학과 교수

이 논문에서는 이와 같은 전단관련 제안식들의 근간이 되는 실험 자료들의 적정성 여부를 판단하고, 전단강도에 영향을 미치는 인자들에 대해 통계분석하여 전단특성을 파악하고자 한다.

## 2. 실험 자료를 이용한 통계분석

ACI 및 ASCE에 수록된 Kong & Rangan 논문의 20편의 전단관련 논문에서, 전단파괴로 평가된 242개의 실험 자료를 추출하였고, ACI 규정에 근거한 공칭휨강도 식을 이용하여 실험 자료의 휨파괴 전단력을 산정하였다. 산정된 휨파괴 전단력에 대한 실험에 의해 얻어진 극한전단강도의 비를 그림 1에 분포도로 나타내었으며, 철근콘크리트 보의 전단강도에 영향을 주는 인자들인 콘크리트 압축강도( $f_{ck}$ ), 전단경간비( $a/d$ ), 주철근비( $\rho$ ) 및 전단철근비( $\rho_v$ )를 변수로 하였다. 분석결과에 따르면 전단파괴로 평가되었던 자료 중 37.2%에 해당하는 자료들이 휨파괴 자료인 것으로 확인되었다. 이와 같은 결과에 비추어 볼 때 다수의 휨파괴 자료를 포함한 실험 자료를 바탕으로 제안된 전단관련 공식 및 분석된 전단특성에 대하여 재해석이 요구된다.

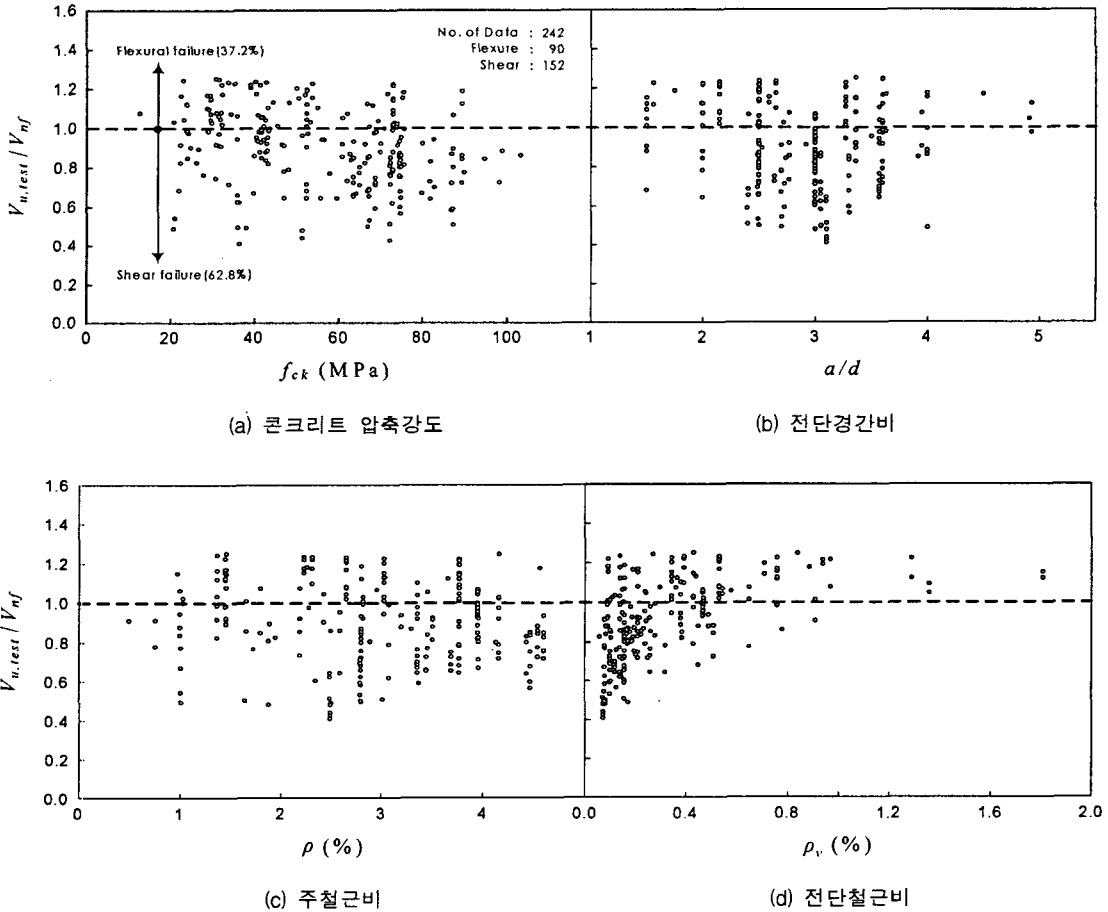


그림 1. 휨파괴 전단력에 대한 극한전단강도 비

### 3. 전단인자에 따른 전단특성 분석

#### (1) 콘크리트 압축강도( $f_{ck}$ )

콘크리트 압축강도에 따른 휨파괴 자료의 비율 분포는 그림 2(a)와 같다. 콘크리트 압축강도가 증가할수록 휨파괴 자료의 비율이 감소하는 경향을 나타내고 있다. 이는 콘크리트 압축강도가 증가함에 따라 등가 직사각형 응력 블록 깊이( $a$ )가 감소하므로, 모멘트 팔길이( $z$ )가 증가하여 공칭휨강도는 증가하는 반면에, 전단강도는 일정수준까지 증가하다가 일정해지기 때문이다. 즉, 고강도 콘크리트일수록 휨강도 증가율에 비해 전단강도 증가율이 작아지기 때문에 전단에 불리한 영향을 준다.

#### (2) 전단경간비( $a/d$ )

그림 2(b)는 전단경간 비에 따른 휨파괴 자료의 비율분포를 나타낸 것으로서, Kani의 Shear Valley와 유사한 형태를 보이고, 전단경간비가 3.5까지 증가하는 동안에는 휨파괴 자료의 비율이 감소하다가 3.5이후로 다시 증가하는 경향을 나타내고 있다. 또한, 전단경간비가 2.5에서 4.5사이의 자료들은 높은 전단파괴 비율을 나타내고 있어, 이 구간에서의 철근콘크리트 보의 거동은 전단의 영향이 지배적이라는 사실을 알 수 있다.

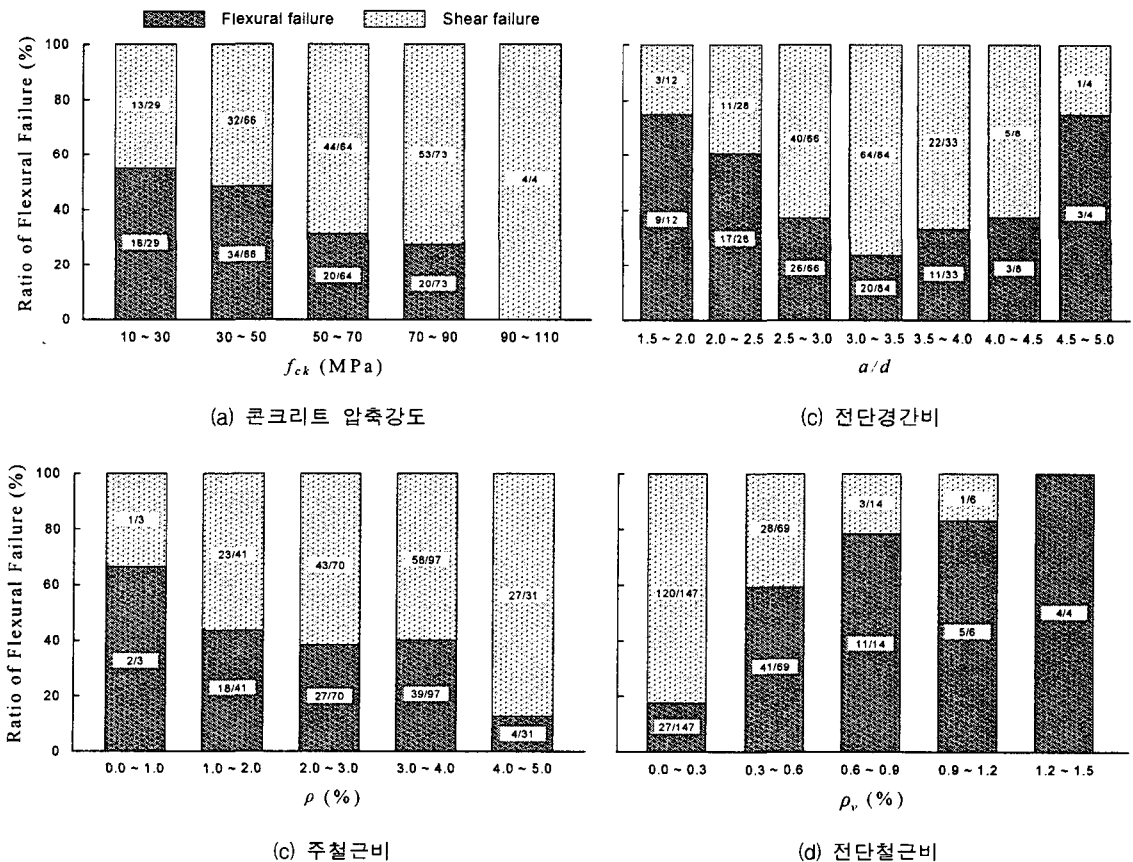


그림 2. 전단인자에 따른 휨파괴 자료 비율

### (3) 주철근비( $\rho$ )

그림 2(c)는 주철근비에 따른 휨파괴 자료의 비율 분포를 나타낸 것으로서, 주철근비가 증가할수록 휨파괴 자료 비율이 감소하는 경향을 나타내고 있다. 이는 주철근비가 증가함에 따라 주철근의 다월작용(dowel action)에 의한 전단력( $V_d$ )가 증가하지만, 증가량이 공칭휨강도의 증가량에 비해 작아 전단파괴 비율이 높아지는 현상으로 보인다.

### (4) 전단철근비( $\rho_s$ )

전단철근비에 따른 휨파괴 자료의 비율 분포는 그림 2(d)와 같다. 전단철근비가 증가함에 따라 스테럽이 부담하는 전단력( $V_s$ )이 증가되어 공칭전단강도가 증가하는 반면에 공칭휨강도는 전단철근비의 영향을 받지 않으므로 증가하지 않는다. 따라서 전단철근비가 증가할수록 휨파괴 자료의 비율이 증가하는 경향을 나타낸다.

## 4. 결론

이 논문은 ACI 및 ASCE에 수록된 기존 전단실험 자료의 적정성 여부 및 전단강도에 영향을 미치는 전단인자들에 따른 전단특성을 파악하고자 하였다. 분석결과, 전단파괴로 평가되었던 242개의 실험 자료 중 약 40%에 가까운 휨파괴 자료가 포함되어 있음을 확인하였다. 따라서 기존 논문들에서 다수의 휨파괴 자료를 포함한 실험자료를 바탕으로 제안된 전단관련 공식은 재해석 되어야 할 것으로 판단된다. 또한, 이를 바탕으로 전단특성들에 대해 통계분석을 실시하였다. 그 결과, 콘크리트 압축강도 및 주철근비가 증가할수록, 전단철근비가 감소할수록, 전단에 불리한 영향을 주는 것으로 나타났고, 전단경간비에 대하여는 3.5를 기준으로 휨파괴 자료 비율이 감소하다가 증가하는 경향을 나타내는 것을 확인하였다.

### 감사의 글

이 연구는 한국과학재단 특정기초 연구(과제번호 R01-2002-000-00592-0) 지원으로 수행된 결과의 일부이며, 이에 감사드린다.

### 참고문헌

1. ACI Committee 318, "Building Code Requirement for Reinforced Concrete and Commentary", ACI, Detroit, M.I, 1995.
2. Kong, P. Y. L. and Rangan, B. V., "Shear Strength of High-Performance Concrete Beams", *ACI Structural Journal*, Vol.95, No.6, 1998, pp.677~688.
3. Placas, A. and Regan, P. E., "Shear Failure of Reinforced Concrete Beams", *ACI Structural Journal*, Vol.68, No.10, 1971, pp.763~773.
4. Mphonde, A. G., "Use of Stirrup Effectiveness in Shear Design of Concrete Beams", *ACI Structural Journal*, Vol.86, No.5, 1989, pp.541~545
5. Anderson, N. S. and Ramirez, J. A., "Detailing of Stirrup Reinforcement", *ACI Structural Journal*, Vol.86, No.5, 1989, pp.507~515
6. Roller, J. J. and Russell, H. G., "Shear Strength of High-Strength Concrete Beams with Web Reinforcement", *ACI Structural Journal*, Vol.87, No.2, 1990, pp.191~198.