

RC보의 전단변형 특성에 관한 연구

A Study on Shear Deformation Characteristics of RC Beams

김민중* 정길상** 김대중*** 김우****
Kim, Min Joong Jeong, Kil Sang Kim, Dae Joong Kim, Woo

ABSTRACT

This paper presents shear deformation characteristics in reinforced concrete beams. Based on the relationship between shear and bending moment in beams subjected to combined shear and bending, the behavior of a beam is explicitly divided into two base components of the flexural action and the tied arch action. Transverse elongation of the web and deflections are calculated from shear compatibility condition in a beam and compared with test results.

1. 서론

트러스모델 이론은 콘크리트 구조물의 거동을 설명하는 해석 모델로 현재까지 그 합리성을 인정받고 있는 역학적 모델이다. 대부분의 기존 트러스 모델은 부재의 역학적 상태를 표현하는데 변형 후에도 평면이 보존된다는 베르누이 적합조건을 적용하기 때문에 보의 콘크리트 기여 전단강도를 설명하는데 논리적인 한계를 갖고 있다. 현재 다양한 트러스 이론들은 휨과 전단에 지배받는 철근콘크리트 보의 거동을 타이드-아치와 트러스의 조합작용으로 인지하고 있으며, 전단력의 일정 부분이 경사진 압축현재(콘크리트 압축영역)에 의해 지지되고, 나머지 전단력은 복부의 트러스작용에 의해 전달된다고 설명하고 있다. 이러한 배분은 복부 강성과 상·하현재의 강성비에 크게 지배된다고 하였다. Kim¹⁾은 타이드-아치의 축 변형과 복부의 전단변형이 서로 일치해야 한다는 전단변형적합조건을 이용하여 보 전단 거동을 타이드-아치작용과 휨작용으로 분해하여 수치화하였다. 본 연구에서는 집중하중이 작용하는 전단경간비(a/d)가 3.5인 철근콘크리트 보의 파괴시험을 통하여 측정된 복부의 수직변형량 및 보 하단의 처짐량을 전단변형적합조건을 이용하여 추정된 변형량과 비교, 분석하였다.

2. 전단변형적합조건에 기반한 복부해석모델

집중하중을 받는 철근콘크리트 보에서 단면의 전단력은 보작용과 아치작용으로 구별되는 두 기본성분의 조합에 의해 저항하게 되며, 각 작용의 기여 정도는 이러한 작용에 관여하는 변형적합에 의존할 것이다. 따라서 두 전단저항 구성비로써 전체전단력 V 에 대한 아치작용에 의한 전단력 성분의 비

* 정회원, 전남대학교 토목공학과 박사과정

** 정회원, 전남대학교 토목공학과 석사과정

*** 정회원, 전남도립 남도대학 토목환경과 부교수

**** 정회원, 전남대학교 건설지구환경공학부 교수

로 정의한 계수 α 를 도입하였다. 보작용은 단면 전단력 V 중에서 $V_b = (1-\alpha)V$ 만이 복부에 작용하는 등분포 전단응력 상태이다. 스테럽이 배치된 부재의 복부에 대각균열이 발생한 뒤 복부에는 일련의 콘크리트 스트럿이 구성되고, 스테럽과 주인장 철근이 링크처럼 작용하는 트러스를 형성한다. 이 트러스 작용은 주압축응력 f_2 , 주인장응력 f_1 , 그리고 경사각 θ 로 구성된 2축응력상태를 유발한다. 이러한 면 요소의 거동은 MCFT에 의해 잘 표현할 수 있다. 복부의 평형조건을 이용하면, 작용 전단응력에 대한 콘크리트 응력과 스테럽의 응력은 평균 응력의 향으로 나타낼 수 있다. Collins가 제안한 구성식을 적용하여 대각균열이 발생한 후 주인장 및 주압축 방향의 콘크리트 평균 응력을 유도한 후, 복부의 변형 적합 조건을 고려하여 횡방향 평균 변형률 ϵ_t 와 평균 전단변형률 γ_w 를 표현할 수 있으며, 부재 단면의 평형조건을 이용하면 경사각 θ 를 구할 수 있게 된다. 복부전단요소는 전단흐름 dT/dx 에 지배받기 때문에 지간에 따라 전단변형률 γ_w 가 변화하게 되며, 지간 중앙에서 유도된 전단변형률 γ_0 에서 지간 중앙으로부터 특정 거리까지의 전단변형률의 감소량 $\Delta\gamma_w$ 를 뺀 값과 같아야 한다. 정식화에 이용된 수식 및 아치계수 결정을 위한 순서도를 그림 1에 나타냈다.

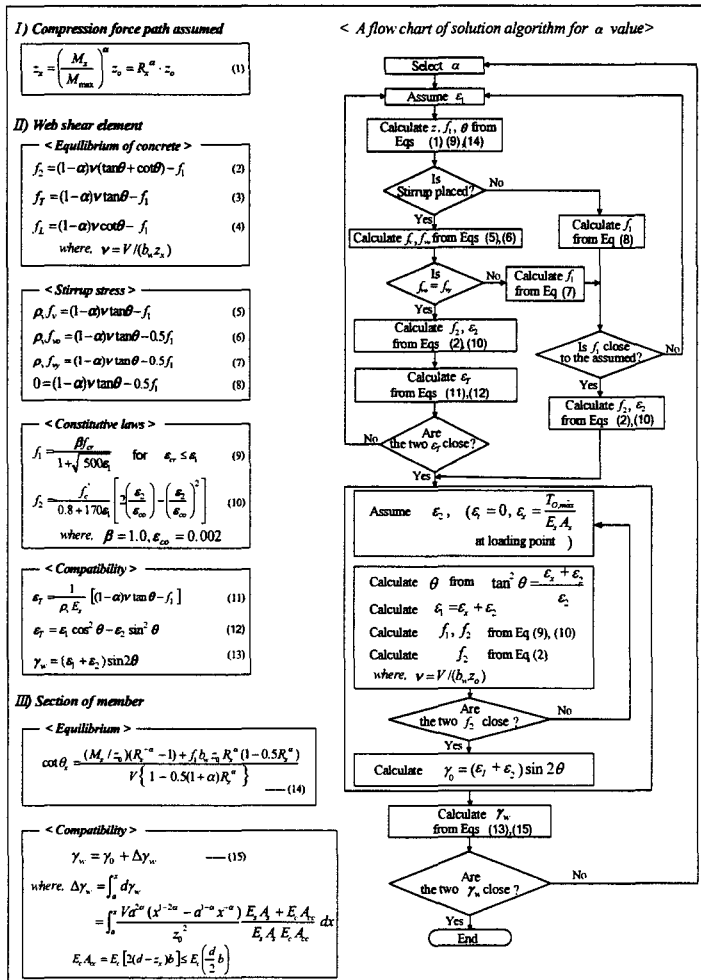


그림 1 A flow chart of solution algorithm

3. 시험체 제원

시험체는 그림 2와 같이 폭 100mm, 유효높이 330mm인 직사각형 단면보로서 주철근은 D32 1개를 상·하부에 동일하게 배치하여 복철근보로 제작하였으며, D10 스티럽을 유효높이의 1/3에 해당하는 110mm 간격으로 배치하였다. 휨철근비는 2.41%, 전단철근비는 0.65%이고, 연속보는 단순보와의 상사성을 고려하여 1단 내민보로 제작하였다. 재하점으로부터 전단경간 길이의 0.3, 0.5, 0.7배에 해당하는 위치에 displacement transducer를 설치하여 하중 증가에 따른 복부의 수직변형량을 측정하였다.

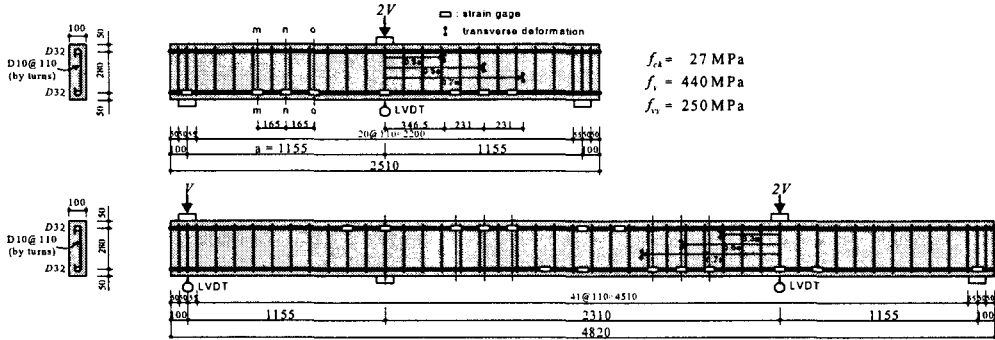


그림 2 Test beam specimen

4. 실험 결과 및 분석

복부의 횡방향 변형률 ϵ_v 는 하중 증가에 따라 수직 방향으로의 팽창량을 유발시키게 된다. 그림 3은 전단변형적합조건을 이용한 복부해석결과에 의한 수직팽창량 및 실제 측정값과의 비교를 나타내고 있다.

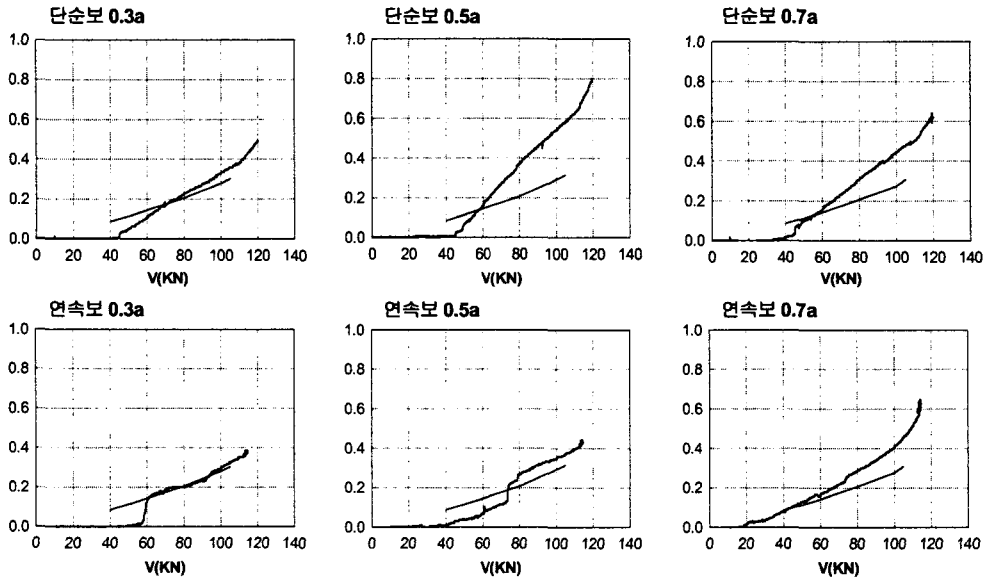


그림 3 복부수직팽창량

하중증가에 따라 보에 발생하는 처짐은 휨곡률에 의한 처짐과 전단변형에 의한 처짐으로 나눌 수 있으며, 전단경간비(α/d)가 짧은 보에서는 전단에 의한 영향을 고려하여야 한다. 전단변형에 의해 유발되는 처짐량은 재하점 하단의 복부에 발생하는 전단변형률 v_0 에 전단경간 길이를 곱하여 근사적으로 표현할 수 있다. 그림 4에서는 설계기준에 근거한 휨처짐량과 전단변형에 의한 추가 처짐량을 실측값과 비교하여 나타내었다.

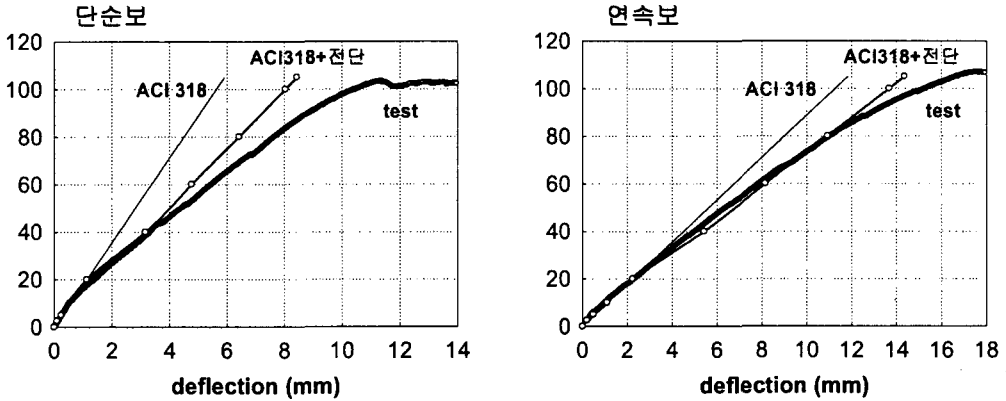


그림 4 보중앙의 수직처짐

5. 결론

이 논문은 휨과 전단이 작용하고 있는 철근콘크리트 부재의 전단변형적합조건을 만족하는 복부해석을 통해 전단변형량을 예측하고 실험시에 측정된 값을 비교함으로써 해석의 타당성 및 적합성을 평가해보고자 한 것이다. 실험에 의해 측정된 복부의 수직팽창량은 단순보와 상사되게 제작한 연속보의 경우 단순보와는 상이한 거동을 나타내고 그 경향은 특히 전단경간 중앙 단면에서 두드러지게 나타남을 알 수 있다. 복부의 횡방향변형률에 의한 수직팽창량 예측값의 변화는 측정치에 비해 과소하게 평가되었으나, 연속보의 경우에는 개략적으로 유사한 거동양상을 나타낸다. 전단변형을 고려한 처짐량도 복부의 수직팽창량과 동일하게 단순보에서는 과소평가된 반면, 연속보의 경우에는 실측값과 근접한 결과를 보여준다. 이상과 같은 결과로서 단순보의 경우 타이드-아치 작용에 의한 추가적인 변형발생요인에 대한 연구가 필요하리라 사료된다.

감사의 글

이 연구는 교량설계핵심기술연구단을 통하여 지원된 건설교통부 건설핵심기술연구개발사업에 의하여 수행되었습니다. 연구지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. 김우, 이창신, 정재평, “전단변형적합조건에 기반한 철근콘크리트 부재의 전단 해석 모델”, 콘크리트 학회논문집, 18권, 3호, 2006.