

철근콘크리트보에서의 아취현상에 대한 연구

Arch Action in Reinforced Concrete Beams

김 우* 김대중** 모귀석*** 고광일****
Kim, Woo Kim, Dae Joong Mo, Gui Suk Ko, Kwang Il

요 약

철근콘크리트보에서의 아취작용에 대한 현상을 파악하기 위해 전단지간 대 유효높이의 비(a/d), 철근비, 전단철근의 유무등을 변수로 하여 총 16개의 시험체를 제작하여 실험하였다. 실험결과, 철근콘크리트보에서 아취현상은 최초로 보에 휨균열이 발생되면서 시작되고, 휨균열이 전단지간 중앙위치까지 발생되면 아취현상이 현저해져 보의 전체적 거동을 지배하는 것으로 나타났다. 철근콘크리트보의 전체적 거동이 아취작용에 의해 주로 지배되면, 전단지간내에서 측정된 철근인장력은 계산된 철근인장력보다 훨씬 크게 나타났다. 철근콘크리트보에서 아취현상은 지점쪽에 가까울수록, 철근비가 낮을수록 현저하고, 전단보강을 함으로서 아취현상은 작아졌다. 철근콘크리트보에서 아취현상은 a/d 가 작아질수록 증가되고, a/d 가 3이하에서는 아취현상이 지배적이었다. 전단보강이 안된 a/d 가 3이하의 보에서는 최종하중단계에서 타이드 아취현상이 현저하여 철근 길이방향에 따른 철근인장력은 거의 동일한 값을 나타냈다.

Abstract

Sixteen reinforced concrete beams were tested statically up to failure to investigate the arch action. Major variables were the shear span to depth ratio, steel ratio and existence of stirrups. The arch action in reinforced concrete beams started when flexural cracks appeared at the center of the span. Due to the reduction of internal moment arm length by the development of arch action, the measured steel tension was significantly higher than the calculated. As the shear span to depth ratio and steel ratio decrease, the arch action in reinforced concrete beams increases. Over the entire length the force in the steel of no web reinforced beams having smaller a/d ratio than 3 was constant because the beams acted as a tied arch.

keywords : arch action, beam action, reinforced concrete beam, internal moment arm length, steel tension, thrust trajectory

* 정회원, 전남대학교 공과대학 토목공학과 부교수
** 정회원, 전남대학교 대학원 토목공학과 박사과정
*** 정회원, 목포전문대학 토목과 부교수
**** 정회원, 여수수산대학교 해양토목공학과 부교수

• 본 논문에 대한 토의를 1994년 6월 30일까지 학회로 보내 주시면 1994년 8월호에 토의회답을 게재하겠습니다.
“이 논문은 1992년도 교육부 지원 학술진흥재단의 자유공모 과제 학술연구조성비에 의하여 연구되었음.”

1. 서 론

보(beam)는 가장 기본적인 구조부재로서 일반적으로 휨과 전단에 저항하는 부재이다. 보통 보의 지간이 상대적으로 길 때는 휨에 의해 주로 지배되며, 이때 고전적인 보이론(beam theory)에 의해 해석 및 설계된다. 반면에 보의 지간이 상대적으로 짧을 때는 휨보다는 전단에 의해 지배되며, 이때의 거동은 훨씬 복잡하게 된다. 탄성균질보의 응력상태 또는 거동을 다룰 때, 고전적인 보이론과 전단이론을 적용하면 실제와 같게 접근할 수 있다.

철근콘크리트보에서도 균열발생전의 상태는 고전이론을 적용하여 접근할 수 있다. 그러나 균열이 발생하고 난 후의 응력상태는 위와 같은 고전이론으로 접근하는데는 큰 한계를 갖고 있다. 즉, 보에 균열이 발생하고 난 후의 응력분포는 고전이론에 의한 분포와는 크게 상이하게 되며, 중립축의 위치는 지점쪽에 가까울수록 아래로 이동하게 된다. 따라서 콘크리트 압축력선의 궤적(thrust trajectory)은 아취모양과 비슷하게 된다. 이것은 이미 잘 알려진 “아취현상”으로서 철근콘크리트보에 휨균열이 발생하면 보의 전체적 거동을 지배하며, 특히 철근의 부착이 소실되는 파괴직전의 하중단계에서 철근콘크리트보는 균열된 부분을 제외한 콘크리트 rib과 철근으로 된 tie로 구성되는 타이드 아취작용을 하는 것으로 알려져 있다.^{2,3)} 이러한 현상은 특히 지간이 짧은 보에서는 매우 현저하게 나타난다.

50년대 초 Mains⁴⁾는 주철근의 응력분포를 파악하려는 실험을 수행하면서 실제 철근응력과 환산균열단면에 고전이론을 적용하여 계산한 철근응력이 지점쪽에 가까울수록 차이를 보이는 실험결과를 얻었다. Mains는 이와 같은 현상을 지지점과 하중재하점 사이의 아취작용이라고만 설명하였다. 그러나 Mains의 연구결과뿐만 아니라 이후 많은 연구^{1,5)} 들은 아취현상의 개념적, 정성적 접근에서 크게 벗어나지 못하였다. 즉, 철근콘크리트보에서 아취현상은 어떤 하중단계에서부터 발생되며, 아취작용으로 인하여 증가된 철근인장력은 어느 정도인가를 정량적으로 파악하고 있

지 못한 실정이다. 또한 현재까지 철근콘크리트보의 철근응력 및 이음, 부착에 대한 설계의 근본이 아취현상을 고려하지 않고 환산균열단면에 고전적인 보이론을 적용하여 산정하고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 아취작용으로 인하여 증가된 철근인장력을 실험으로 측정하여, 철근콘크리트보에서의 아취현상을 정량적으로 나타냄으로써 가장 기본적인 구조부재인 보의 거동을 좀 더 정확하게 규명하고자 하였다.

2. 실 험

2.1 시험체

철근콘크리트보에서의 아취작용을 실험을 통해 측정, 연구하기 위해 전단지간 대 유효높이의 비(a/d), 철근비, 전단철근의 유무 등을 주변수로 하여 총 16개의 시험체를 제작하여 실험하였다. 시험체는 그림 1과 같이 폭 10cm, 유효높이 25cm의 직사각형 단순보로서 전단지간 대 유효높이의 비(a/d)를 2, 2.5, 3 및 4로 하여 4단계로 변화시켰다. 정확한 철근응력 측정을 위해 주철근으로 D19 또는 D25를 1개만 사용하여, 철근비는 각각 0.0108과 0.0194 두종류로 하였다. 전단철근의 유무 또한 주변수인데, 전단철근은 D6을 사용한 폐합스터럽으로 간격은 유효높이 d 의 1/2에 해당하여 12.5cm로 하였다.

철근의 변형율은 각 측정단면마다 2개씩의 strain gage를 부착하여 측정하였는데, 이는 동일 위치에서 측정된 변형율의 신뢰도를 검증하기 위함이었다. 측정단면은 그림 1에 보인 바와 같이 총 7개소인데, 순수휨구간내에는 중앙점에 1개소, 전단지간내에는 한쪽 전단지간에 3개소(전단지간중앙, 전단지간 중앙에서 양쪽으로 각각 12.5cm씩 떨어진 곳)씩 대칭으로 6개소이다. 이와 같이 대칭되게 철근의 변형율을 측정하는 것은 철근변형율은 하중단계 뿐만 아니라 균열의 발생위치에 따라 변화되기 때문이다. 또한 strain gage를 철근에 부착한 후, 부착부위를 두께 1.5mm, 길이 6cm의 플라스틱 파이프로 피복하였다. strain gage 부착위치를 플라스틱 파이프로 피복한 이유는 strain gage 부착위치 근처에서 휨균열이 발생하도록 유

도하고, 정확한 철근의 변형을 측정을 위해 콘크리트의 부착응력이 발생되지 않도록 하기 위함이었다.

2.2 재 료

시험체 제작때 사용된 콘크리트의 압축강도는 200kg/cm^2 , 활열인장강도는 19kg/cm^2 이었다. 본 실험에 사용된 D6, D19 및 D25 이형철근의 물리적 성질은 표 1에 나타냈다. 특히 측정된 철근변형률로부터 정확한 철근인장력을 계산하기 위해서 사용철근의 공칭단면적은 단위길이당의 무게가 동일한 원형(round)철근의 단면적으로 환산하는 방법인 KSD 3501(열연압연 봉강 및 코일봉강의 모양, 치수 및 무게와 그 허용차)의 공칭단면적 개념을 이용하여 정확히 측정 산정하였다.

Table 1 Properties of reinforcing bars

Reinforcing Bars	Nominal Diameter (mm)	Cross Sectional Area (cm ²)	Yield Strength (kg/cm ²)	Ultimate Strength (kg/cm ²)
D6	6.69	0.3515	3146	4340
D19	18.51	2.6909	4514	6809
D25	24.84	4.8461	3706	5688

3. 실험결과 및 분석

3.1 일 반

전단보강하지 않은 시험체는 모두 전단파괴되었고, 전단보강한 시험체는 모두 전단균열이 발생되기는 하였으나 스테럽의 균열억제작용으로 인하여 파괴에 이르기까지 진전되지 못하고 최종적으로 휨에 의해 파괴되었다. 본 실험의 모든 보는 기존의 많은 연구자들의 실험결과와 같은 전형적인 균열형상을 나타냈다.

하중증가에 따른 주철근인장력 변화양상은 측정단면의 위치(전단지간, 순수휨구간)와 균열형상에 따라 큰 차이를 보였다. 이와 같은 경향은 모든 보에서 유사하였으며, 대표적으로 시험체 2P2의 실험결과를 그림 2에 나타냈다. 그림 2(b)와 (c)에는 각 단면에서 측정된 철근인장력의 변화를 나타냈다. 그림 2(b)에는 각 단면에 작용하는 모멘트에 따른 측정된 철근인장력을 도시하였다.

보에 전혀 균열이 발생하지 않은 초기하중단계에서 철근인장력은 측정단면의 위치에 상관없이 비균열단면으로 계산한 이론값과 일치한다. 그러나 보에 몇개의 휨균열이 발생한 하중단계부터는 순수휨구간내의 철근인장력(단면 p)은 환산균열

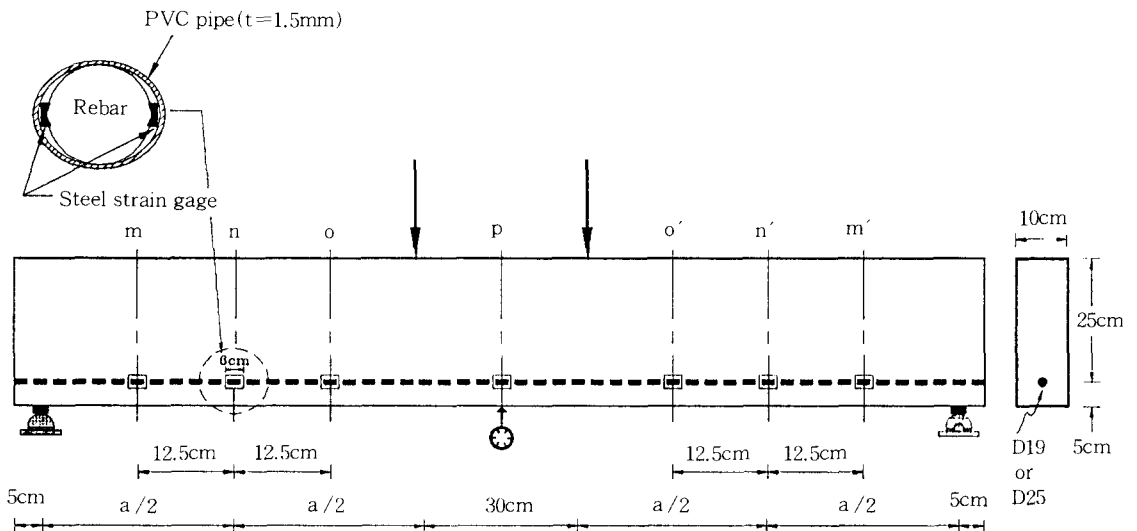


Fig. 1 Specimen details

단면에 보이론을 적용하여 산정한 값에 접근 일치하지만, 전단지간내의 철근인장력(단면 m, n 및 o)은 계산값보다 훨씬 크게 나타났다. 특히 전단지간내의 세 단면의 철근인장력을 비교하면 지점쪽에 가까운 단면일수록 실제 인장력과 계산값과의 차이가 매우 현저하게 나타났다. 최초 휨균열이 발생한 이후 순수휨구간내의 M-T곡선의 기울기는 일정할 뿐만 아니라 이론적인 계산값과 비슷하다. 전단지간내의 M-T곡선의 기울기는 어떤 하중단계 이후부터는 계산값보다는 훨씬 크고, 지점쪽에 가까울수록 그 기울기는 더 커진다.

그림 2(c)에는 몇 개의 하중단계에서 주철근방향에 따른 철근인장력의 변화를 나타낸 것이다. 이 결과에 의하면 작용하중이 증가함에 따라 실제 철근인장력과 계산값과의 차이는 커지고 있음을 알 수 있다. 위와 같은 현상은 본 연구에서 수행한 모든 보의 실험결과에서 동일한 경향으로 나타났다.

대칭되는 동일위치에서 측정된 철근인장력은 그림 2(c)에 보인 바와 같이 약간의 차이를 보였다. 철근인장력은 작용하중 뿐만 아니라 균열발생 위치에도 영향을 받아 그림 3과 같이 변화되므로 대칭되는 동일위치의 측정단면이라 하더라도 휨균열의 발생위치에 따라 철근인장력이 차이를 보인 것이다. 그러나 초기하중단계에서 균열발생순서 및 위치에 따라 대칭위치의 철근인장력이 차이를 보이기는 하지만 그림 2(b)에 보인 것과 같이 대칭되는 두 단면에서 측정된 값의 차이가 하중증가에 따라 동일한 변화양상으로 증가되어 충분한 균열이 발생되면 비슷한 값을 나타냈다. 따라서 본 연구에서는 철근콘크리트보에서의 아취현상을 정량적으로 분석하기 위해서 대칭되는 동일위치에서의 측정값을 평균하여 분석하였다.

3.2 아취현상

앞 절에서 언급한 것과 같이 전단지간내의 실제 철근인장력이 고전적인 보이론에 의한 계산값보다 훨씬 크게 되는 이유는 "아취현상" 때문이다. 그림 4에 나타낸 바와 같이 보의 일부 구간에 균열이 발생하면 단면 a와 b의 응력상태는 고전이론에 의한 것과는 크게 상이하게 된다. 이와 같이 철근

콘크리트보는 휨균열이 진진함에 따라 압축응력 분포의 형태가 이론에 의한 것과는 상이하게 분포되어 중립축 위치가 아래로 이동하게 된다. 따라서 내부모멘트팔길이는 줄어들고, 측정된 철근인장력은 계산값보다 더 커지는 것이다. 본 연구의 실험결과에 의하면, M-T곡선의 기울기가 순수휨구간내에서는 이론적인 계산값과 비슷하지만 전단지간내에서는 계산값보다 훨씬 크고, 지점쪽에 가까울수록 그 기울기는 더 커졌다. 이것은 M-T곡선의 기울기가 내부모멘트팔길이 z 의 역수임을 상기해 볼 때, 순수휨구간내의 실제 z_c 는 계산된 z_0 와 일치하지만 전단지간내의 실제 z_c 는 계산 z_0 보다 작고, 지점쪽에 가까울수록 그 현상이

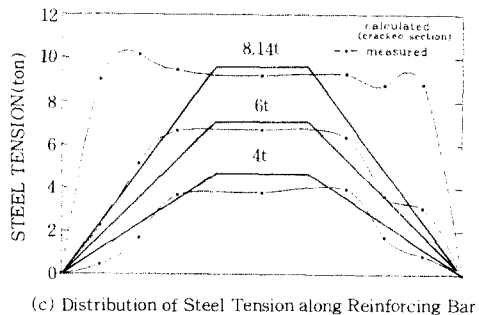
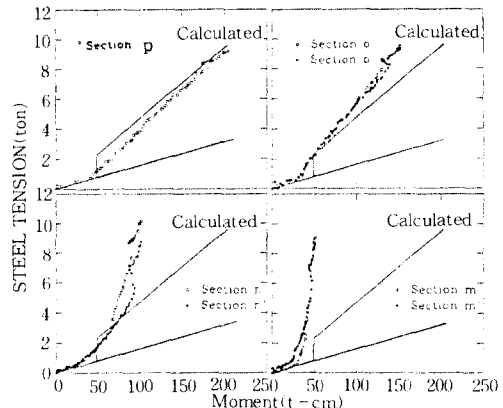
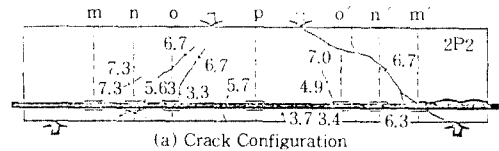


Fig. 2 Typical test results of beam 2P2

현저해짐을 의미한다. 이와 같이 실제 내부모멘트 팔길이 z_c 는 지점쪽에 가까울수록 작아져 아취모 양을 이루며, 전 지간에 걸쳐 동일한 값을 갖는 계산된 z_0 와는 큰 차이를 보인다. 따라서 환산균열단 면에 보이론을 적용하여 산정된 보의 길이방향에 따라 일정한 내부모멘트팔길이로부터 계산된 철근인장력보다 실제 철근인장력이 훨씬 크게 된 것이다. 이러한 아취현상은 본 실험의 모든 보에서 발생되었다.

본 실험의 결과에 의하면 철근콘크리트보에서 아취현상은 최초로 보에 휩균열이 발생되면 시작 되고, 휩균열이 전단지간 중앙위치까지 발생되면 아취현상이 현저해져 보의 전체적 거동을 지배하는 것으로 나타났다. 측정된 철근인장력이 이론적으로 계산된 철근인장력보다 증가되는 현상은 보에 최초로 균열이 나타난 후 하중증가에 따라 하중재하점에서 가까운 단면부터 지점쪽으로 단계적으로 발생하였다. 측정된 철근인장력이 계산된 철근인장력보다 증가되는 현상이 단면 o에서는 보에서 발생하는 최대모멘트가 대략 균열모멘트 M_{cr} 에 이르면 시작되었고, 단면 m에서는 최대모멘트가 균열모멘트 M_{cr} 의 약 2배에 도달하면 시작되었다. 단면 m은 지점에서 가장 가까운 단면이므로 단면 m에서 실제 철근인장력이 계산값보다 증가하기 시작하면 보의 전체적 거동양상이 아취작용에 의해 지배된다고 가정하면, 이와 같은 실험 결과는 전단지간 중앙위치까지 휩균열이 발생되면 아취현상이 보의 전체적 거동양상을 지배하게 될

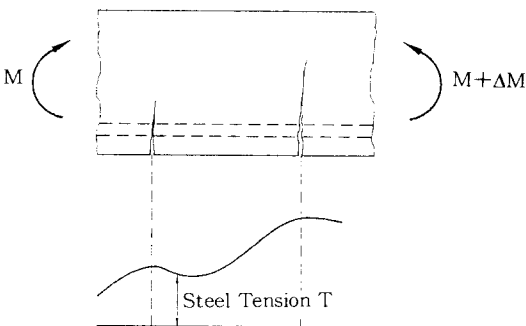


Fig. 3 Variation of steel tension in cracked reinforced Concrete

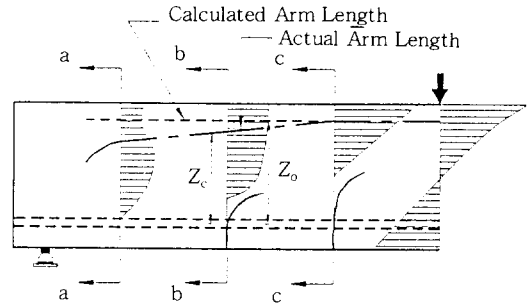


Fig. 4 Reduction of arm length

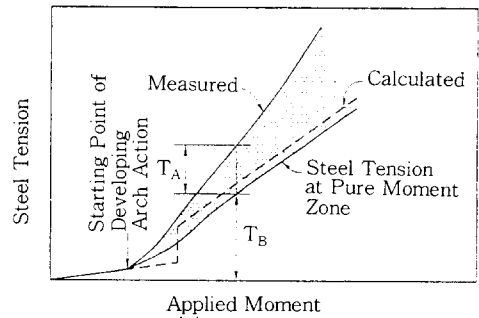


Fig. 5 Steel tension composed of beam action and arch action

을 의미한다.

그림 5에 나타난 바와 같이, 각 단면에서 실제 철근인장력은 보작용(beam action)에 의한 철근인장력(T_B)과 아취작용(arch action)에 의한 철근인장력(T_A)으로 구성되어 있다고 할 수 있다. 보작용에 의한 철근인장력이 바로 보이론을 적용하여 계산한 철근인장력이므로 아취작용에 의한 철근인장력은 측정된 전체 철근인장력에서 이론적으로 계산된 철근인장력을 제거함으로써 산정할 수 있다. 그러나 보이론을 적용하여 계산한 철근인장력은 그림 5에서 점선으로 나타난 것과 같이 비균열단면에서 균열단면으로 변화되는 균열 하중단계에서 점프가 일어나 불연속이다. 순수휨 구간내에서는 보작용만 있으며, 본 실험의 결과도 순수휨구간내에서 측정된 철근인장력이 보이론을 적용하여 산정한 계산값과 접근 일치한다. 따라서 본 연구에서는 순수휨구간내에서 측정된 철근인장력을 보작용에 의한 철근인장력으로 하여 아취작용에 의한 철근인장력을 산정하였다.

위와 같이 산정한 대표적인 시험체 2P1의 아취 작용만에 의한 철근응력을 그림 6에 나타냈다. 지점에 가까운 단면일수록 아취작용에 의한 철근응력이 크며, 단면 m의 경우 아취작용만에 의한 철근응력이 철근의 항복강도의 약 80%에 해당하는 3500kg/cm²에 이른다는 놀라운 사실을 알 수 있다. 아취현상을 효과적으로 비교하기 위해 보작용에 의한 철근인장력과 아취작용에 의한 철근인장력의 비(T_A/T_B)를 그림 7에 나타냈다. 그림 7은 시험체 2P1의 실험결과인데, 본 실험의 모든 보에서 유사한 경향을 나타냈다. T_A/T_B 는 지점쪽에 가까울수록 컸다. 단면의 작용모멘트에 따른 각 단면의 T_A/T_B 는 비슷한 변화양상이었다. 비균열 하중단계에서 T_A/T_B 는 계속 증가되고, 균열발생 초기에는 T_A/T_B 는 불안정하게 증가된 후 감소하여, 균열이 안정되게 형성되는 균열하중단계에서

T_A/T_B 는 일정한 값을 유지한다. 이와 같은 실험 결과에 의하면, 아취작용에 의한 철근인장력은 단면에 균열이 발생되어 안정된 이후부터는 보작용에 의한 철근인장력의 일정값으로 안정됨을 알 수 있다. 따라서 본 연구에서는 이 일정한 값으로 안정된 T_A/T_B 값을 사용하여 실험변수들(a/d, 철근비 및 전단철근의 유무)이 아취현상에 미치는 영향을 분석하였다.

3.3 아취현상에 있어서 a/d, 철근비 및 전단철근의 영향

철근비와 전단철근의 유무등이 아취현상에 미치는 영향을 알아보기 위해 전단지간대 유효높이의 비가 2.5인 시험체(2.5P1, 2.5P2, 2.5P1W 및 2.5P2W)의 T_A/T_B 를 그림 8에 나타냈다. T_A/T_B 는 지점쪽에 가까울수록, 철근비가 낮을수록, 전단보강이 안된 경우가 컸다. 또한 동일단면에서 철근비와 전단철근의 유무에 따른 T_A/T_B 의 차이가 지점쪽에 가까울수록 커졌다. 이것은 아취현상이 지점쪽에 가까울수록, 철근비가 낮을수록 현저하고, 전단보강을 함으로서 아취현상이 작아지며, 철근비와 전단철근의 유무가 아취현상에 미치는 영향은 지점쪽에 가까울수록 커짐을 의미한다.

아취현상은 a/d가 작아질수록 증가되고, a/d가 3이하에서는 아취현상이 지배적이었다. 전단지간대 유효높이의 비(a/d)에 따른 각 시험체의 전단지간 중앙단면에서의 T_A/T_B 를 그림 9에 나타냈다. T_A/T_B 는 a/d가 작을수록 커지고, 특히

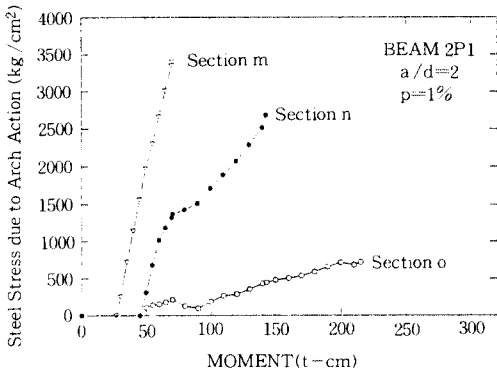


Fig. 6 Steel stress due to arch action with beam 2P1

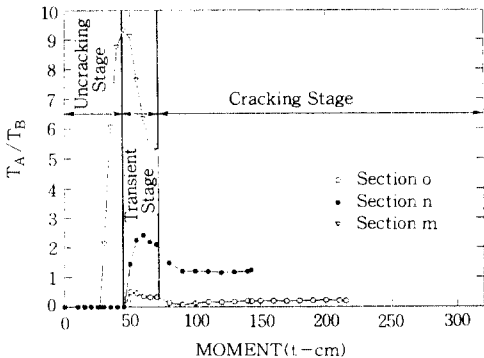


Fig. 7 The ratio of steel tension by beam action and steel tension by arch action with beam 2P1

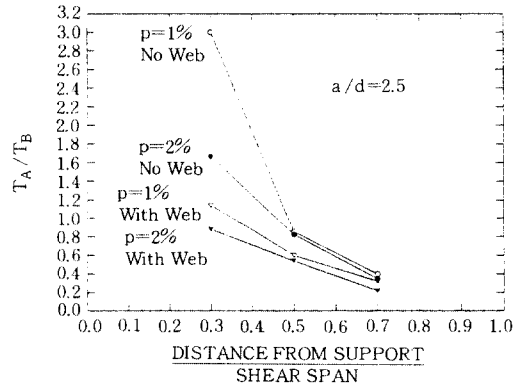


Fig. 8 T_A/T_B of beams with a/d=2.5

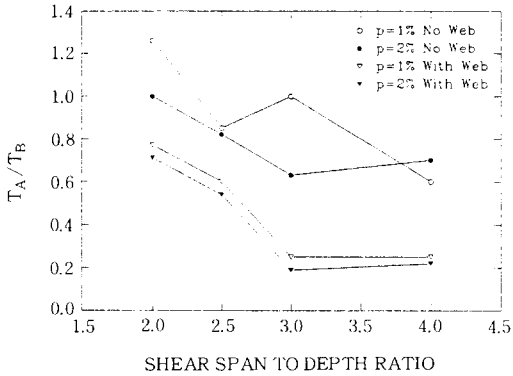


Fig. 9 T_A/T_B at the center of shear span

a/d 가 3이하에서부터 급격하게 증가되었다. 전단보강을 하지 않은 a/d 가 2인 보의 전단지간 중앙단면에서의 T_A/T_B 가 1.0 이상으로서, 아취작용에 의한 철근인장력이 보작용에 의한 철근인장력 이상의 값이었다. 이것은 실제 철근인장력은 보작용만을 고려하여 이론적으로 계산하는 철근인장력의 2배 이상이라는 것을 의미한다.

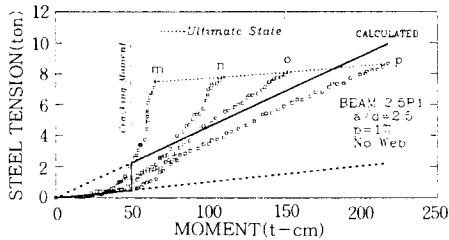
그림 9에 정리된 바와 같이 본 연구에서 수행한 실험결과에 의하면, 전단보강철근이 없는 철근콘크리트보의 전단지간 중앙에서의 실제 철근인장력은 보이론에 의한 인장력보다 70%~130% 정도 더 크며, 전단보강철근이 있는 보에서는 20%~

80% 더 크게 나타났다. 이러한 차이는 일반적으로 예상되는 값보다 훨씬 큰 것으로서, 철근콘크리트보의 해석 및 설계때 마땅히 고려되어야 할 것으로 생각된다.

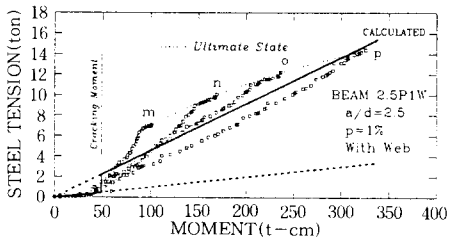
3.4 타이드 아취현상

전단보강이 안된 a/d 가 3이하의 보(2P1, 2P2, 2.5P1, 2.5P2 및 3P1)에서는 최종하중단계에서 타이드 아취현상이 현저하게 나타났다. 그림 10(a)의 시험체 2.5P1의 극한상태에서의 철근인장력(각 M-T곡선의 종점)은 보의 길이방향에 상관없이 거의 동일한 값을 나타내고 있다. 그러나 전단보강된 보는 그림 10(b)에서도 알 수 있듯이 최종하중단계에서도 보의 길이방향에 따라 철근인장력이 선형으로 변화되고 있다. 전단보강이 안된 보는 최종하중단계 즉, 철근의 부착이 소실되는 파괴직전의 하중단계에서 균열된 부분을 제외한 콘크리트 rib과 철근으로 된 인장 tie로 구성되어 그림 11과 같이 타이드 아취작용을 하기 때문에 인장 tie에 해당되는 철근의 인장력이 거의 동일한 값을 나타낸 것이다. 반면에 전단보강된 보 는 휨파괴하였기 때문에 수평균열이 발생되지 않아서 파괴직전의 최종하중단계까지 철근과 콘크리트의 부착이 손실되지 않았고, 균열된 철근콘크리트보의 거동에 있어서 스테럽이 트러스의 수직재처럼 작용했기 때문에 타이드 아취현상이 적은 것으로 판단된다.

그림 12에 시험체 2.5P2의 균열진전상황과 하중단계별 철근길이방향에 따른 철근인장력을 나타냈다. 초기하중단계에서는 기초적인 보이론에 의해 예측할 수 있는 바와 같이 철근의 길이방향에 따라 철근인장력은 선형이다. 그러나 하중이 증가하여 몇 개의 휨균열이 발생하는 단계에서는 아취현상으로 인해 재하점에서 가까운 곳에서부



(a) Beam with No Web Reinforcement



(b) Beam with Web Reinforcement

Fig. 10 Applied moment vs. steel tension

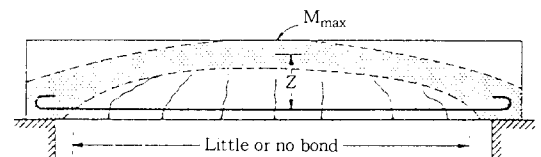


Fig. 11 Tied-arch action in a beam

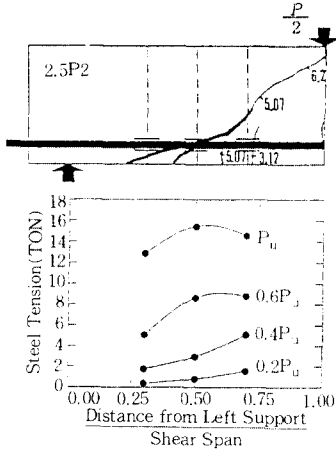


Fig. 12 Variation of steel tension along the span with beam 2.5P2

터 철근인장력이 증가되어 철근인장력은 곡선분포한다. 특히 파괴직전의 최종하중단계에서는 철근의 길이방향에 상관없이 철근인장력은 거의 동일한 값을 나타냈다.

4. 결 론

(1) 철근콘크리트보에서 아취현상은 최초로 보에 휨균열이 발생되면 시작되고, 휨균열이 전단지간 중앙위치까지 발생되면 아취현상이 현저해져 보의 전체적 거동양상을 지배하는 것으로 나타났다.

(2) 철근콘크리트보에서 아취현상의 시작은 a/d , 철근비 및 전단철근의 유무 등에 영향을 받지 않고 주로 균열발생정도에 지배되었다.

(3) 전단지간에서 측정된 철근인장력 변화양상은 순수휨구간내에서와는 큰 차이를 보였다. 즉, 순수휨구간내의 철근인장력은 환산균열단면에 보 이론을 적용하여 산정한 값에 접근 일치하지만 전단지간내의 철근인장력은 계산치보다 훨씬 크게 나타났다.

(4) 철근콘크리트보에서 아취현상은 지점쪽에서 가까울수록, 철근비가 낮을수록 현저하고, 전단보강을 함으로서 아취현상은 작아졌다.

(5) 철근콘크리트보에서 아취현상은 a/d 가 작아질수록 증가되고, a/d 가 3이하에서는 아취현상

이 지배적이었다.

(6) 전단보강이 안된 a/d 가 3이하의 보에서는 최종하중단계에서 타이드 아취현상이 현저하여 철근의 길이방향에 상관없이 철근인장력은 거의 동일한 값을 나타냈다. 반면에 전단보강된 보는 균열된 철근콘크리트보의 거동에 있어서 스테럽 때문에 타이드 아취현상이 작았다.

(7) 철근콘크리트보의 전단지간 중앙에서의 실제 철근인장력은 보이론에 의한 인장력보다 20%~130% 정도 더 크게 나타났다. 이러한 차이는 일반적으로 예상되는 값보다 훨씬 큰 것으로서, 철근콘크리트보에서 주철근인장력 계산 및 철근이음부 결정때 마땅히 고려되어야 할 것으로 생각된다.

감사의 글

본 논문은 한국학술진흥재단의 1992년도 자유공모과제 연구비의 지원으로 연구되었으며, 이에 감사한다.

참 고 문 헌

1. Kim, W., and White, R. N., "Initiation of Shear Cracking in Reinforced Concrete Beams with no Web Reinforcement", ACI Structural Journal, Vol. 88 No. 3, May-June 1991, pp. 301-308.
2. Bresler, B., and MacGregor, J. G., "Review of Concrete Beams Failing in Shear", Journal of the Structural Division, ASCE, Vol. 93, No. ST1, Feb. 1967, pp.343-372.
3. Kani, G. N. J., "The Riddle of Shear Failure and Its Solution", ACI Journal, Vol. 61, No. 4, Apr. 1964, pp.441-467.
4. Mains, R. M., "Measurement of the Distribution of Tensile and Bond Stresses Along Reinforcing Bars", ACI Journal, Vol. 48, No. 3, Nov. 1951, pp.225-252.
5. Ngo, D., and Scordelis, A. C., "Finite Element Analysis of Reinforced Concrete Beams", ACI Journal, Vol. 64, No. 3, Mar. 1967, pp.152-163.

(접수일자 : 1994. 3. 3)