

# RC 중공구형단면 교각의 전단거동특성에 관한 연구

## A study on shear behavior characteristics of RC hollow rectangular sectional piers

정지환\*                      선창호\*\*                      김익현\*\*\*  
Jung, Ji Hwan              Sun, Chang Ho              Kim, Ick Hyun

---

### ABSTRACT

In recent the construction of bridges having hollow sectional piers is gradually increasing since the hollow section is more effective than solid section in resistance against seismic load. It is, therefore, very important to understand the behavior of columns with hollow sections in seismic design. However, many past researches were concentrated only on the flexural deformability of them.

In this study the shear characteristics of them have been studied with scale model tests. 7 models having different void and aspect ratios were designed and tested to investigate the effect of them on shear capacities. And then the validity of empirical equations to predict shear capacity was investigated compared with the test results.

The test result 80 percent of the valid area of cross section should be adequate. And compared to the proposed four model the experimental shear capacities are in good agreement with the UCB.

### 요 약

중공단면 교각은 중실단면에 비하여 부재의 중량이 작고 단면 2차모멘트가 크기 때문에 부재를 효율적으로 사용할 수 있어 최근 건설이 증가하고 있는 추세이다. 지진시 중공사면에 대한 내진설계시 단면특성에 의한 거동특성을 파악하는 것이 중요하다. 그러나 대부분의 연구는 중실단면을 중심으로 수행되었고 중공단면에 대한 연구는 미미한 상태이다. 특히 전단거동에 대한 연구는 전무한 상태이다.

본 연구에서는 RC교각부재의 전단에 의한 거동 특성을 분석하고 중공비, 형상비, 하중제하패턴을 변수로 하여 7기의 축소모델에 대한 실험을 수행하였다. 이를 바탕으로 전단거동에 미치는 영향과 단면의 유효면적에 대한 적절성을 살펴보고 기존의 연구에서 제시된 평가식과 비교하여 중공단면에도 적용이 타당한지 검토하였다.

실험결과 유효면적은 전단면의 80%를 사용하여 평가하는 것이 적절하며 기존의 평가식중 UCB의 평가식이 가장 근접한 것으로 나타났다.

---

\*정회원, 울산대학교 건설환경공학부 석사과정

\*\*정회원, 울산대학교 건설환경공학부 박사과정

\*\*\*정회원, 울산대학교 건설환경공학부 부교수

## 1. 서론

교각은 파괴는 취성파괴를 유도하는 전단파괴는 반드시 피해야 한다. 중공단면은 단면의 효율성 때문에 건설이 증가하는 추세이다. 그럼에도 불구하고 보의 전단거동에 관한 실험적 연구는 수행된바가 있지만 중공단면교각에 대해서는 전무한 실정이다. 2000년 건설기술연구원에서는 창촌교를 대상으로 전단거동과 휨-전단복합거동에 대해서 축소모델과 실물모형교각 시험체에 대해서 연구를 수행한 적이 있으나 이 역시 중공이 아닌 원형중실단면에 대한 실험이었다.<sup>(1)</sup> 따라서 본 연구에서는 형상비, 중공비, 하중재하패턴을 변수로 하여 중공단면교각의 전단거동의 특성을 분석하고 실험결과를 기존의 전단 평가식과 비교, 검토하였다.

## 2. 전단 실험

### 2.1 시험체 특성

본 연구에서는 중공단면 교각의 중공비와 형상비에 따른 전단거동 특성을 살펴보기 위하여 형상비가 1.5이고 중공비가 각각 40%, 60%인 시험체 2기와 중공비가 40%이고 형상비가 2.0, 2.5, 3.0으로 다른 시험체 3기를 제작하였다. 그리고 중공단면에 대한 전단거동특성의 비교를 위해 형상비가 1.5이고 중공비 40%인 시험체를 웹플랜지비를 다르게 제작하였고, 반복하중과 단조증가하중에 대한 특성을 비교하기 위해 형상비가 2.0이고 중공비 40%인 시험체 2기를 제작하였다.

표 1. 시험체 단면 특성

구분	모델					
	H40-1.5WF1.8	H40-1.5WF1.0	H40-2.0(2기)	H40-2.5	H40-3.0	H60-1.5
단면치수(mm)	900×600					
con'c 단면적(mm <sup>2</sup> )	324000	322400				214400
교각높이(mm)	900		1200	1500	1800	900
중공비(%)	40					60
전단형상비	1.5		2.0	2.5	3.0	1.5
플랜지폭(mm)	100	130				80
복부폭(mm)	180	130				80
복부면적(mm <sup>2</sup> )	144000	88400				70400
주철근D19- 400MPa, fck-24MPa, 피복 40mm						

### 2.2 하중재하

중공단면 교각의 전단거동 특성에 대한 연구가 충분하지 않은 상태이므로 다양한 변수를 배제하기 위하여 축력을 재하하지 않았다. 또한 반복하중과 단조하중을 비교하기 위하여 수평하중을 1기의 시험체를 제외하고는 단조증가하중으로 재하하였다. 수평하중은 변위제어로 재하하였으며 변위증폭은 단조증가하중은 0.2mm로, 반복하중은 cycle당 0.2mm로 하였고 반복회수는 1회로 하였다.

## 3. 실험결과 및 분석

### 3.1 실험결과

실험결과 전형적인 휨파괴에서 나타나는 콘크리트 박리, 주철근의 좌굴과 같은 현상은 발생하지 않았고 7개의 시험체 모두가 초기전단균열 발생후에 균열의 폭이 급격히 증가하고 수평내하력도 빠르게

저하되는 파괴형태를 나타냈다.

그림1의 시험체별 이력곡선을 살펴보면 중공비가 같고 형상비가 다른 경우 형상비가 클수록 낮은 전단강도를 나타냈다. 그리고 형상비가 같고 중공비가 다른 경우는 중공비가 클수록 낮은 전단강도를 나타냈으며 웹플렌지비가 다른 두시험체는 거의 유사한 전단강도를 나타냈다. 또한, 하중패턴이 다른 시험체 2기를 비교해보면 반복하중을 재하한 시험체가 좀 더 낮은 전단강도를 나타내는 것으로 나타났다.

표2에서 전단응력(단면적의 80%)을 비교해 보면 웹플렌지비가 다르더라도 전단성능이 매우 유사하게 나타났다. 그리고 하중패턴이 다른 모델은 단조증가하중을 재하한 경우가 다소 높게 나타났다.

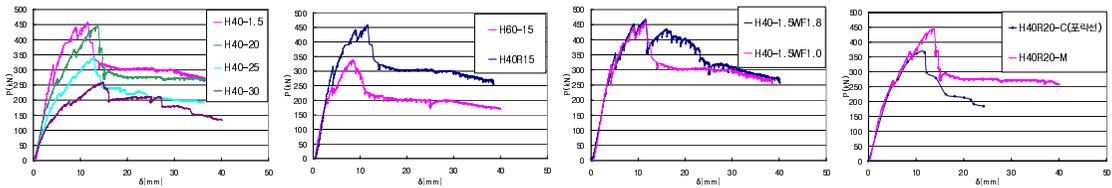


그림 1. 시험체별 이력곡선(좌측부터 형상비, 중공비, 웹플렌지비, 하중재하패턴에 따른 이력곡선)

표2. 해석 및 실험결과

구분	H40R1.5WF1.8	H40R1.5WF1.0	H40R2.0(C)	H40R2.0(M)	H40R2.5	H40R3.0	H60R1.5
파괴모드	전단	전단	전단	휨-전단	휨-전단	휨-전단	전단
휨강도(해석값-kN)	704	707	532	530	424	353	706
초기항복강도(해석값-kN)	563	565	426	424	339	282	584
최대전단력(Vmax-kN)	468	458	368	443	341	259	337
평균전단응력(Vmax/Ae-MPa)	1.81	1.78	1.43	1.72	1.32	1.00	1.96

### 3.2 전단평가식과 분석

실험결과를 우리나라의 전단설계식과 다른 연구자의 전단평가식과 비교 검토하였다. 아래 식1은 우리나라의 전단설계식으로 변위연성도에 따른 콘크리트의 전단강도 저하를 고려하고 있지 않다. 아래의 (식2)의 USCD모델, (식3)의 USC모델, (식4)의 UCB모델, (식5)의 CALTRANS모델은 각각 Prestley<sup>(2)</sup>와 Xiao, Y., and Martirosyan<sup>(3)</sup>, Aschheim<sup>(4)</sup>의 제안식으로 변위연성도에 따른 콘크리트의 전단강도를 고려하고 있다.

$$V_c = 0.53\sqrt{f_{ck}} b_w d \quad (\text{식.1})$$

$$V_c = k\sqrt{f'} A_e \quad (\text{식.2})$$

$$V_c = k\sqrt{f'} A_e \quad (\text{식.3})$$

$$V_c = 3.5\left(k + \frac{P}{2000A_g}\right)\sqrt{f'} A_e \quad (\text{식.4})$$

$$V_c = F_1 \times F_2 \times \sqrt{f'} A_e \quad (\text{식.5})$$

실험결과와 상기 평가식들과의 비교를 그림4에 나타내었다. 변위연성도는 해석결과에 기초하여 산정하였다. 그림2에서 위쪽 그림은 실험결과를 유효면적을  $b_w d$ 로 나누어 비교한 것이고 아래의 그림은 유효면적  $A_e$ (전단면의 80%)로 나누어 비교한 그림이다. 유효면적을  $b_w d$ 로 비교하는 경우 웹의폭만을

고려하고 플랜지의 폭은 고려하지 않기 때문에 콘크리트의 초기전단강도를 과소평가하는 것으로 나타났다. 유효면적을  $A_e$  로 비교한 그림을 보면 비교적 기존연구자들의 평가식과 근접하는 것으로 나타났다.

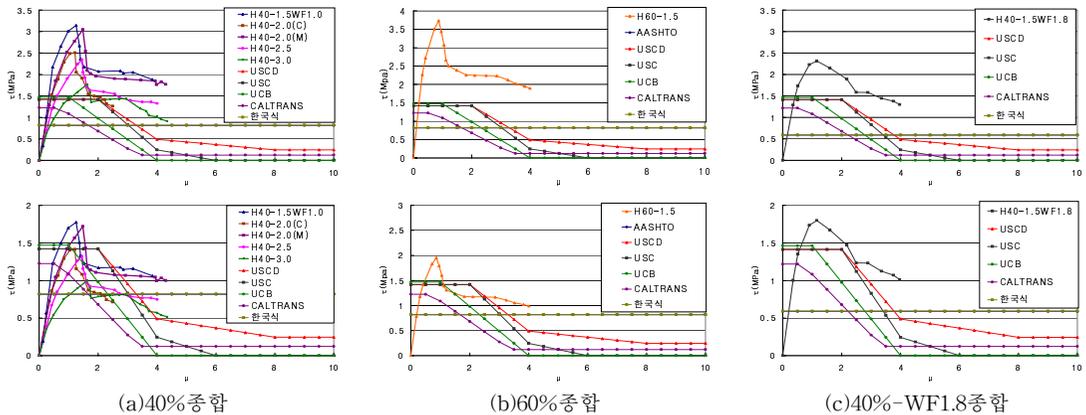


그림 2. 시험체별 변위연성도

#### 4. 결론

중공단면 교각의 전단거동 특성의 실험결과를 요약하면 아래와 같다.

- 1) 형상비가 같을 경우 중공비가 증가함에 따라 극한시의 하중은 감소하는 것으로 나타났다.
- 2) 중공비가 같을 경우 초기항복강도 및 초기전단균열은 형상비가 클수록 낮은 하중에서 발생하였다.
- 3) 우리나라설계식은 초기전단강도를 지나치게 보수적으로 평가하지만 변위연성도가 4 이상에서는 오히려 작게 평가한다. 따라서, 큰 변형성능을 요구하는 부재의 전단설계시에는 주의를 요한다.
- 4) 유효면적을 80%로 사용하여 평가하는 것이 적절한 것으로 나타났으며, 기존의 평가식중에서는 UCB가 가장 근접한 것으로 나타났다.

#### 감사의 글

본 연구는 교량설계핵심기술연구단의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다. 이에 감사드립니다.

#### 참고문헌

1. 한국건설기술연구원, 사회기반 시설물의 내진성능향상 기술개발, 2000.12
2. Priestley, M.J.N., Verma, R., and Xiao, Y. (1993). "Shear strength of reinforced concrete bridge columns." Proc., 2nd Annual Seismic Research Workshop, CALTRANS, Division of Structures, Sacramento, Calif., Mar. 16-18
3. Xiao, Y., and Martirosyan, A. (1998). "Seismic performance of high-strength concrete columns." J. Struct. Eng., 124 124(3), 241-251
4. Aschheim, M., Moehle, J. P., and Werner, S.D.(1992). "Deformability of concrete columns." Project Report under Contract No. 59Q122, California Dept. of Transportation, Division of Structures, Sacramento, Calif., June.