

# 유공량 (有孔梁)의 設計

기술사 신 중 순

## 1. 서 문

필자는 유공량의 모형시험을 해본 일이 없다. 필자가 갖고 있는 극히 제한된 자료를 치용하여 유공량 설계의 한 기준을 제안해 보겠다.

## 2. 전단극한강도 (剪斷極限強度)의 시험식

일본의 마쓰시다 박사를 주임으로 하는 유공량 연구위원회에서는 [그림 1]에 표시한 것과 같은 연속보형식 (連続梁形式)의 가력방법으로  $a/d$ 는 2.24의 경우를 주요한 실험을 해서, 전단스판 a의 중앙에 하나의 동그란 구멍을 갖는 유공량의 전단극한강도 실험식을 다음과 같이 발표했다.

$$\frac{Z_u}{F_c} = 0.143 \left( 1 - 1.61 \frac{H}{D} \right) + 0.22 \frac{P_s \cdot s \cdot y}{F_c} \dots (1)$$

단  $\frac{H}{D} \leq 0.4$

$$P_s \leq \frac{\sum a_s (\sin \theta + \cos \theta)}{bc}$$

記号.  $Z_u$  전단극한시의 전단응력도 [=  $Q/bj$ ] ( $kg/cm^2$ )

$Q$  : 전단력 ( $kg$ )

$b$  : 보의 폭 ( $cm$ )

$j$  : 응력중심거리 [=  $7d/8$ ] ( $cm$ )

$F_c$  : 콘크리트강도 ( $kg/cm^2$ )

$H$  : 원공 (円孔)의 直径 [정방형 때는 같은 면적의 원꼴으로 환산한 직경] ( $cm$ )

$p_s$  : 공주보강근비 (孔周補強筋比)

$s \cdot d$  : 공주보강근 (孔周補強筋) ( $kg/cm^2$ )

$a_s$  : 구멍의 한쪽의 1組의 보강근단면적 ( $cm^2$ )

$\theta$  : 공주보강근이 재축 (材軸)과 이루는 각.

$C$  : 공주보강근이 유효범위 (그림 2 참조)

## 3. 설계식의 제안

(1)식에 주어야 할 안전율을 생각한다. (1)식에서 구멍이 뚫이지 않고 보강근 (補強筋) 배치되고 있지 않다고 생각하면 무공량에서 전단보강을 요하지 않는 경우가 된다. 이 경우는 (1)식에서  $H=0$ ,  $p_s=0$ 의 경우이니까 (1)식은

$$\frac{Z_u}{F_c} = 0.143 \dots (2)$$

이 된다.

콘크리트만으로 전달수 있는 전단력은 일본규준에 의하면

$$\text{장기 } \frac{Z}{F_c} = \frac{1}{30} = 0.0333 \dots (3)$$

$$\text{단기 } \frac{Z}{F_c} = \frac{1}{15} = 0.0666$$

으로 규정되고 있다. 이것과 (2)식의  $Z_u/F_c$  와를 비교하면

$$\begin{aligned} 0.143 / 0.0333 &= 4.3 \\ 0.143 / 0.0666 &= 2.1 \end{aligned} \dots (4)$$

라는 비를 얻는다. 따라서 (1)식에 장기 4.3, 단기 2.1이라는 안전율을 주려는 일반무공량 (一般無孔梁)에서의 전단보강을 요하지 않는 전단응력도의 한계와 (1)식의 특별한 경우로서의  $H=0$ ,  $p_s=0$  일때의 전단응력도가 대체로 일치한다.

ACI에서는 일반 무공량에서의 분단보강을 요하지 않는 전단응력도의 한계를

$$Z = 0.292 / F_c \dots (5)$$

로 규정하고 있다. 따라서

$$\frac{Z}{F_c} = \frac{0.292}{F_c}$$

가 되며

$$F_c = 180 kg/cm^2 \text{ 면}$$

$$\frac{Z}{F_c} = 0.0217$$

$$F_c = 210 kg/cm^2 \text{ 면}$$

$$\frac{Z}{F_c} = 0.0201$$

이다. (2)식과 비교해서  $0.1431/0.0217=6.6$ ,  $0.143/0.0201=7.1$ 이라는 안전율을 주어야 일반무공량에서의 전단보강 (剪斷補強)을 요하지 않는 전단응력도의 한계와 (1)식의 특별한 경우로서의  $H=0$ ,  $p_s=0$  일때의 분단응력도가 대체로 일치하게 된다.

이상의 고찰로서 (1)식에 단기하중에 대해서는 4, 장기하중에 대해서는 6이라는 안전율을 주기에 다음과 같은 설계식을 제안한다.

$$\text{장기 } \frac{Z}{F_c} = 0.024 \left( 1 - 1.61 \frac{H}{D} \right) + 0.036 \frac{P_s \cdot s \cdot d}{F_c} \dots (6)$$

$$\text{단기 } \frac{Z}{F_c} = 0.036 \left( 1 - 1.61 \frac{H}{D} \right) + 0.054 \frac{P_s \cdot s \cdot d}{F_c} \dots (7)$$

(5)식을  $F_c=180 kg/cm^2$ ,  $f_y=2400 kg/cm^2$ 의 경우에 그래프로 표시한 것이 계산도표 1이다.

## 4. 또 하나의 방법

다음과 같은 가정을 한다.

- (1) 모멘트에 대한 단면 산정은 구멍을 제외한 단면에 관하여 이를 행한다.
- (2) 전단력에 대한 단면산정은 구멍을 제외한 단면에 관하여 이를 행한다.
- (3) 전단응력에 의한 보의 크랙 (crack)에 상선이 그림 3의 EF 일때, B, D점에 집중하는 응력의 크기는

$$\frac{Q}{bj} \times \overline{OD}$$

이며 이것은 보강근 GH, IJ에 의하여 막아진다. 이상의 가정이 어느 정도 옳으냐하는 것을 확인한 실험보고는 필자가 갖고 있지 못하나 일본 건축학회의 철근 콘크리트 계산기준해설 상권 256 p에는 위의 가정을 이용한 계산예가 제시되고 있다. 보강이 충분해도 구멍이 커지면 보의 剛性이 저하하니까 구멍의 크기는 보의 높이의 40% 이하, 구멍이 연속할 때는 그 간격이 공경 (孔徑)의 3배 이상으로 하며 보강근량은 항상 넉넉히 배근할 것을 권고한다.

## 5. 계산례 (1)

폭 30cm 높이 80cm 의 보에  $M = -10 \text{ tm}$ ,  $Q = 6t$  작용할 때 보 높이의 중앙에  $30 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$  의 구멍 뚫는다.  $f_t = 1600 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f_v = 2400 \text{ kg/cm}^2$   $F_c$   $180 \text{ kg/cm}^2$  일때 이 보를 계산하라.

해답 휨에 대해서  $M/bd^2 = 10,0000/30 \times 75 \times 75 = 5.92$

$$r = 0.6 \quad p_t = 0.43\% \quad \kappa n = 0.33d = 0.33 \times 75 = 24.7 < 25 \quad O.K$$

$$a_s = 0.0043 \times 30 \times 75 = 9.7 \text{ cm}^2$$

3-D 22를 아래에 2-D 22를 위에 그림과 같이 배근함

단에 대해서

-D 13을 쓰는것으로 보고서

$$\text{Stir. } 2-D 13, \kappa = \frac{1.27 \times 1.6 \times 2 \times 20 \times \frac{7}{8}}{3}$$

$$= 23.7$$

$$25 \times \frac{3}{4} = 18.8 \text{ cm}$$

D 13 @ 15cm 로 stirrup 배근함.

구멍이 없다고 본래의 사인장력 (斜引張力)

$$Z = \frac{6000}{30 \times 75 \times \frac{7}{8}} = 3.05 \text{ kg cm}^2$$

C점의 집중응력은

$$3.05 \times 15 / 2 = 650 \text{ kg}$$

보강철근단면적  $650/1600 = 0.405 \text{ cm}^2$  (EF 근)

안전상 2-D 13을 그림과 같이 배근한 계산례

예 (1)에서 직경 30cm의 구멍을 뚫을 때 계산표 1을써서 보강근을 배근하라.

휨에 대해서는 앞과 같음.

단면에 대해서

$$\frac{Q}{b_j F_c} = \frac{6000}{30 \times 65.6 \times 180} = 0.17$$

계산도표 1에서  $H/D = 30/80 = 0.375$  선을 보

아  $p_s = 0.004$

$$b = 30, c = 35$$

$$\Sigma a_s (\cos \theta + \sin \theta) = 30 \times 35 + 0.004 = 4.2 \text{ cm}^2$$

보조근의 50%는 수직으로 50%는 45도 경사지게 배근한다면

$$\Sigma a_s (\cos \theta + \sin \theta) = (1 + \sqrt{2}) a_s = 4.2 \text{ cm}^2$$

$$a_s \frac{4.2}{1 + \sqrt{2}} = 1.74 \text{ cm}^2$$

2-D 13을 한조는 수직으로 한조는 45° 경사지

그림 5와 같이 円孔의 양측에 전단 crack선

막을 수 있도록 배근하면 충분 하겠으나 안전

그림 6과 같이 배근할 것을 권고한다.

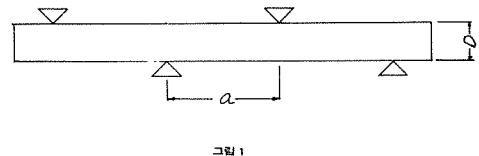


그림 1

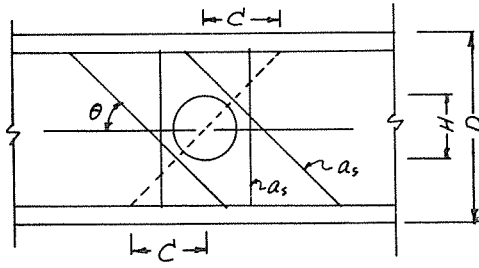
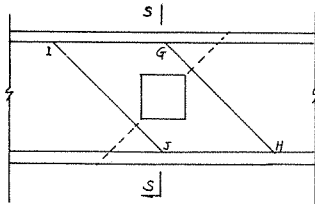
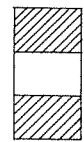


그림 2



(a)

그림 3



단면 S-S

(b)

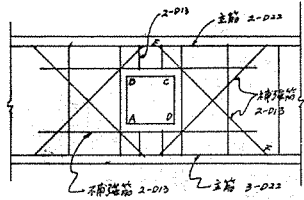


그림 4

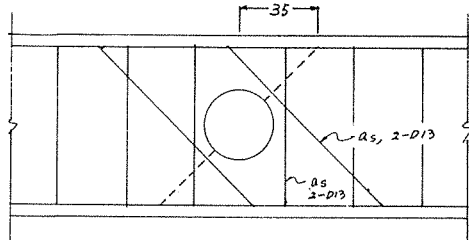


그림 5

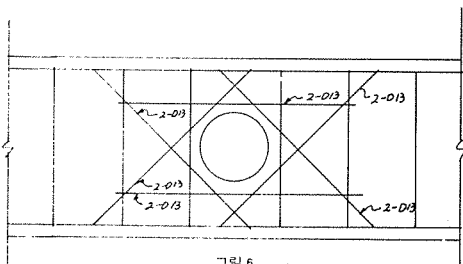


그림 6

