보 制振 라멘의 變形特性에 關한 硏究

Study on Earthquake Response characteristics of Building frames with energy absobers installed in Beams

李 皓[1)]
Lee, Ho

ABSTRACT

The subject of this thesis is the vibration response of framed structure for buildings of "damed beam" type. In steel rigid frame with damped beams, web plate in mid span of beams is perforated to form a rectangular opening, only upper and lower flanges being remained. When the frame is subjected to horizontal seismic forces, dominant shearing deformation takes place in the opening part of the beams.

Energy absorber in stalled in the opening is driven by relative displacement caused by the shearing deformation and provide the frame with damping force.

First, static deformation of portal frames having a beam with the web opening is discussed and formulas of elastic deformation is derived.

1. 序論

現 社會의 高度情報化, 都市의 機能集積化의 發展에 依해서 地震時의 構造物의 安全性 뿐만이 아니라 建物內部의 機能保全도 보다 重要時 되고 있다. 따라서 이러한 機能保全을 위해서는 훼손방지를 主目的으로한 現行의 耐震技術로는 不充分하고 制振 및 免振이라는 槪念의 導入이 必要하다. 制振建築을 행하므로 地震入力低減에 따른 構造骨造, 2次部材 等의 簡略化에 의해 코스트 다운, 情報中樞機能을 갖춘 建物, 博物館과 같은 社會的, 文化的으로 重要한 建物 및 文化財의 훼손방지, 超精密加工品工場, 原子力施設 等의 生産性, 安全性의 向上을 도모할 수 있다.

이러한 制振建築의 一環으로써 本 論文에 提示된 보制振라멘은 보의 中央 웨브部分에 開口部를 두어 그 位置에 댐퍼(Damper)를 設置하여 開口部의 剪斷變形에 의해 댐퍼의 上下運動이 作用하여 振動에너지를 吸收하도록 하는 制振構造이다. 本 論文에서는 制振抑制를 目的으로한 보制振라멘의 變形特性에 關한 理論解析을 檢討하기로 한다.

1) 상주산업대학교 건축공학과 전임강사, 정회원

2. 라멘의 水平變位와 水平剛性

그림 2. 1에 나타난 바와 같이 水平力 P를 받는 柱脚 Pin지점을 가진 라멘의 水平變位와 水平剛性을 檢討한다.
變位의 解析에는 假想일의 原理를 使用한다.
웨브部分에 開口部가 없는 一般 보라멘의 水平變位 δ, 水平剛性 K는 아래식으로 나타낸다.

$$\delta = \frac{P H^2 L}{12 E I_B} \qquad \text{----------(2. 1. a)}$$

$$P = K \delta \qquad K = P / \delta \quad \text{에서}$$

$$K = \frac{12 E I_B}{P H^2 L} \qquad \text{----------(2. 1. b)}$$

여기서, $E I_B$는 充腹보의 휨강성을 나타낸다.

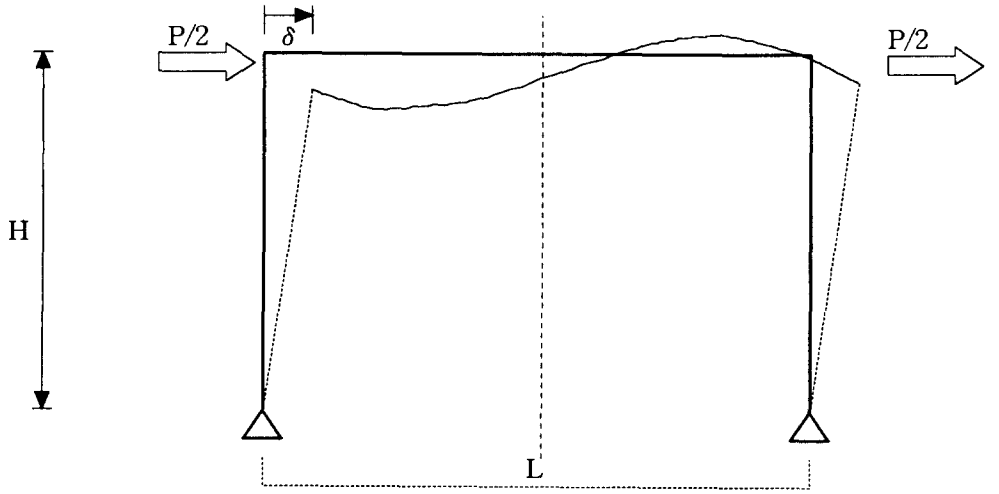


그림 2. 1 주각 Pin지점을 가진 라멘의 변형도.

웨브部分에 開口部를 가진 유공보 라멘의 水平變位 δ는 다음식으로 나타낸다.

$$\delta = \delta_b' + \delta_b'' + \delta_c \qquad \text{----------(2. 2)}$$

δ_b' : 보 開口部의 變形에 의한 水平變位

δ_b'' : 보 充腹部의 變形에 의한 水平變位

δ_c' : 기둥의 變形에 의한 水平變位

그림 2. 2에 나타난 유공보의 경우 보의 充腹部分과 開口部分을 나누어서 생각한다.

逆對称條件에서, 프레임의 절반만을 고려 假想일의 原理에서 구한다.

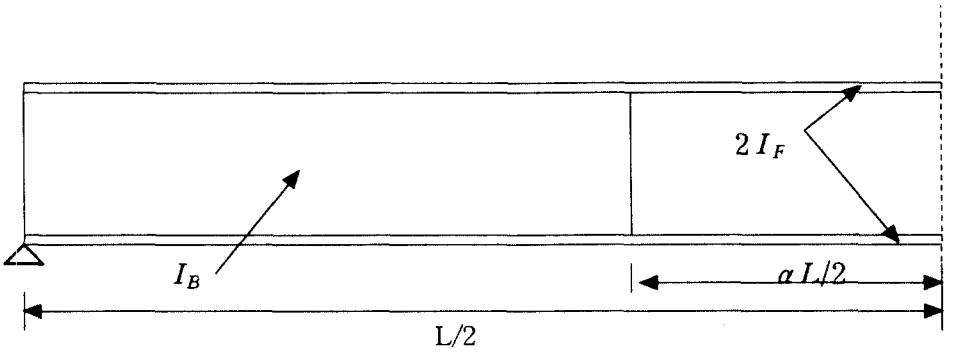


그림 2. 2 유공보

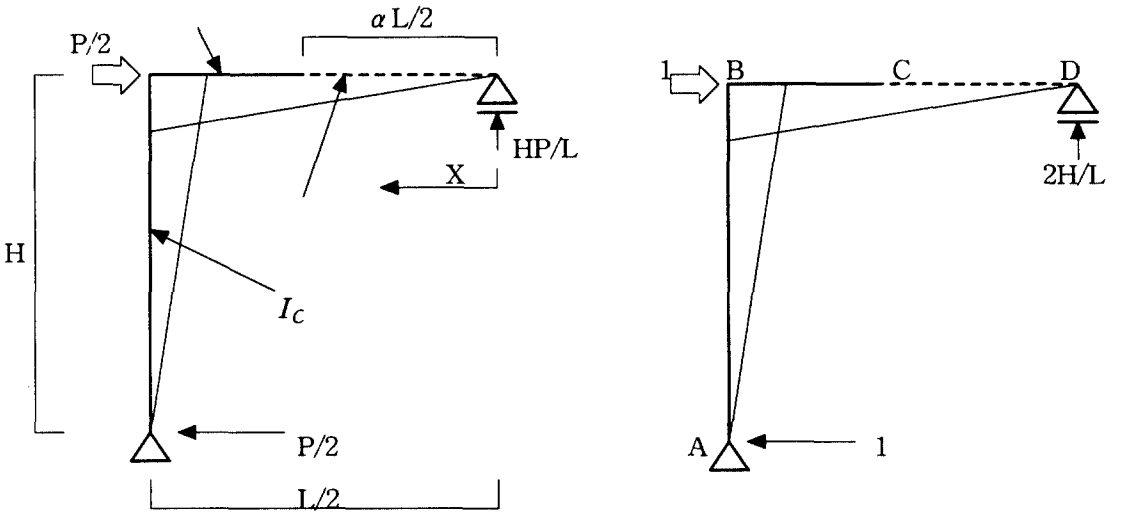


그림 2. 3 주각 Pin 지점을 가진 프레임

보의 開口部의 變形에 의한 水平變位 δ_b' 는 (2. 3. a)式과 같이 나타낸다.

$$\delta_b' = \frac{1}{2EI_F}\int_0^{\alpha L/2}\frac{PH}{L}\times\frac{2H}{L}\times dx \qquad \text{----------(2. 3. a)}$$

$$= \frac{PH^2\alpha^3 L}{24EI_F} \qquad (C \leqq X \leqq D)$$

보의 充腹部의 變形에 의한 水平變位 δ_b''는 (2. 3. b)式으로 나타낸다.

$$\delta_b'' = \frac{1}{EI_B}\int_{\alpha L/2}^{L/2} \frac{PH}{L} \times \frac{2H}{L} \times dx \qquad \text{----------(2. 3. b)}$$

$$= \frac{PH^2L}{24EI_B}(1-\alpha^3) \qquad (B \leqq X \leqq C)$$

여기서, α는 開口比 (= 開口幅 / 보의 길이)

따라서, 유공보의 變形에 依한 水平變位 $\overline{\delta_b}$는, (2. 4)式으로 나타낸다.

$$\overline{\delta_b} = \delta_b' + \delta_b'' \qquad \text{----------(2. 4)}$$

$$= \frac{PH^2L}{12E}\left[\frac{(1-\alpha^3)}{I_B} + \frac{\alpha^3}{2I_F}\right]$$

즉, 유공보를 가진 라멘의 水平變位 δ는 (2. 5)式으로 나타낼 수 있다.

$$\delta = \overline{\delta_b} + \delta_c \qquad \text{----------(2. 5)}$$

$$= \frac{PH^2}{12E}\left[\frac{L(1-\alpha^3)}{I_B} + \frac{L\alpha^3}{2I_F} + \frac{2H}{I_c}\right]$$

또한, 유공보를 가진 라멘의 水平剛性 K′ 는

$$K' = \frac{P}{\delta} = \frac{12E}{H^2\{L\alpha^3/2I_F + L(1-\alpha^3)/I_B + 2H/I_c\}} \ [kg/cm] \qquad \text{----------(2. 6)}$$

로 나타낸다.

I_b : 보의 充腹部分 斷面 2次 모멘트

I_F : 보의 開口部分 斷面 2次 모멘트

I_b : 기둥의 斷面 2次 모멘트

3. 보의 처짐

라멘이 水平力을 받으면 보단부에 逆對称 휨모멘트가 생긴다.

그림 3. 1에 表示된 보단부 모멘트 M에 의한 보처짐을 고려한다.

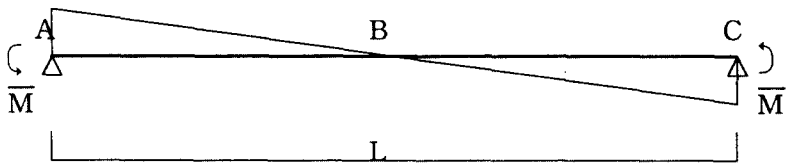


그림 3. 1 逆對称 휨모멘트를 받는 보의 휨모멘트도

일반보의 처짐 W_x는 다음식으로 나타낸다.

$$W_x = \frac{\overline{M}}{EI_B}\left[\frac{Lx}{12} + \frac{x^3}{3L}\right] \qquad \text{----------(3. 1)}$$

그림 3. 2에 나타난 바와 같이 充腹部分의 斷面 2次 모멘트를 I_B , 開口部分의 斷面 2次 모멘트를 $2I_F$ 로 한다.
유공보가 逆對称 휨모멘트 M을 받으면, 開口部의 처짐 W_x 는 (3. 2)式으로 나타난다.

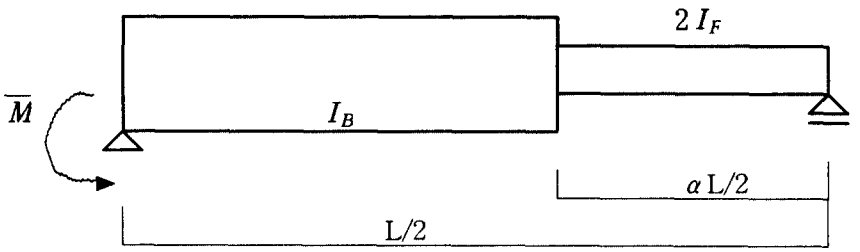


그림 3. 2 逆對称 휨모멘트를 받는 유공보

$$W_x = -\frac{\overline{ML^2}}{E}\left[\frac{1}{2I_F}\left\{\left(\frac{\alpha^2}{4}-\frac{\alpha^3}{6}\right)\frac{x}{L}-\frac{1}{3}\left(\frac{x}{L}\right)^3\right\}\right. \quad \text{------(3. 2)}$$

$$\left.+\frac{1}{I_B}\left(\frac{1-\alpha^2}{4}-\frac{1-\alpha^3}{6}\right)\frac{x}{L}\right]$$

充腹部分의 처짐 W_x' 는

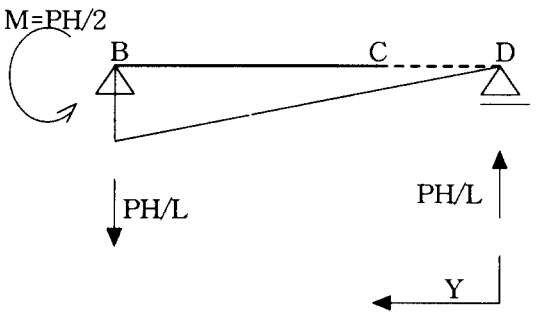
$$W_x' = -\frac{\overline{ML^2}}{E}\left[\frac{1}{2I_F}\left\{\frac{\alpha^2}{12}-\frac{\alpha^3}{6}\left(\frac{x}{L}\right)\right\}\right. \quad \text{------(3. 3)'}$$

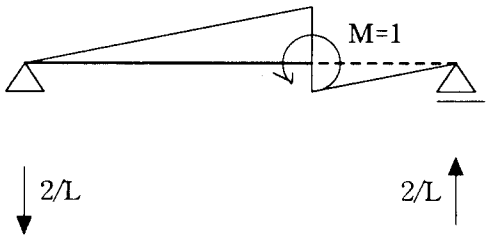
$$\left.+\frac{1}{I_B}\left\{-\frac{1}{3}\left(\frac{x}{L}\right)-\frac{1+2\alpha^2}{12}\left(\frac{x}{L}\right)\frac{\alpha^3}{12}\right\}\right]$$

(3. 2) (3. 2)' 式에서 x = αL/2로 하면 開口部 斷部의 처짐 W_c는 (3. 3)식으로 된다.

$$W_c = -\frac{\overline{ML^2}}{24E}\left[\frac{1}{2I_F}(1-\alpha)\alpha^3+\frac{1}{I_B}(1-3\alpha^2+2\alpha^3)\alpha\right] \text{-(3. 3)}$$

4. 開口部 端部의 回轉角





B ≦ x ≦ C

$M_0 = PH \cdot y/L$

$M_1 = (2y/L) - 1$

C ≦ x ≦ D

$M_0 = PH \cdot y/L$

$M_1 = 2y/L$

開口部 端部(C点)의 回轉角을 θ_c로 한다.

$$\theta_c = \frac{1}{EI_B}\int_{\alpha L/2}^{L/2}\frac{PH}{L}y\left(\frac{2}{L}y-1\right)dy + \frac{1}{2EI_F}\int_0^{\alpha L/2}\frac{PH}{L}y\,\frac{2}{L}y\,dy$$

$$= \frac{PHL}{24EI_B}(3\alpha^2-2\alpha^3-1) + \frac{PHL}{24EI_F}\alpha^3 \qquad \text{----------(4. 1)}$$

$$= \frac{PHL}{24E}\left\{\frac{3\alpha^2-2\alpha^3-1}{1} + \frac{\alpha^3}{I_F}\right\}$$

5. 댐퍼(Damper)의 變位

3 , 4에서 구한 開口部 斷部의 처짐 W_c 와 開口部 斷部의 回轉角 θ_c 에 관하여 水平變位(δ)에 대한 倍率을 구한다.

水平變位에 대한 開口部 斷部의 鉛直變位의 倍率(T)

$$\therefore \quad W_c = T\,\delta$$
$$T = W_c / \delta \qquad \text{----------(5. 1)}$$

水平變位에 대한 開口部 斷部의 回轉角의 倍率(U)

$$\therefore \quad \theta_c = U\,\delta$$
$$U = \theta_c / \delta \qquad \text{----------(5. 2)}$$

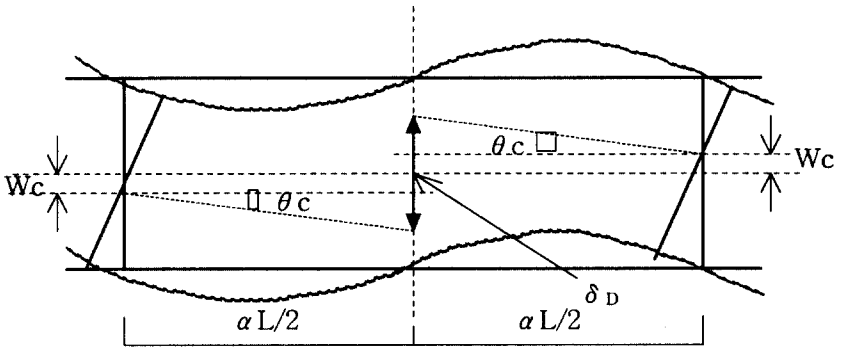


그림 5. 1 댐퍼(Damper)의 變位

그림 5. 1에서 댐퍼 變位 δ_D 는 (5. 3)式으로 나타낼수 있다,

$$\begin{aligned} \delta_D &= 2W_c + \alpha L\theta_c \\ &= 2T\delta + \alpha LU\delta \\ &= (2T + \alpha LU)\,\delta \end{aligned} \qquad \text{----------(5. 3)}$$

6. 結論

本 論文에서는 中央部 웨브에서 開口部를 가진 유공보를 利用한 라멘을 形成 開口部에 댐퍼를 設置하여 振動에너지를 吸收하는 보 制振構造를 提案하였다. 그 基本的 性質을 數値解析을 통하여 라멘의 變形特性을 理論的으로 檢討하였으며 보의 變形 理論式을 誘導하여 아래와 같은 結果를 얻을 수 있었다.

1) 유공보에서 地震荷重時의 逆對称 휨모멘트에 의해 開口部에 剪斷變形이 생기며 開口部 兩端의 相對 鉛直變位에 의해서 댐퍼가 作動可能하다

2) 유공보로 라멘을 形成하면 보의 剛性低下보다 라멘의 全體의 水平剛性이 低下하여 固有週期는 충복보의 一般라멘에 비해 대폭 커지므로 그 結果 地震力에 대하여 免震效果가 期待된다.

以後의 課題로서 本 制振라멘의 地震應答解析, 模型骨組의 靜的加力 및 振動實驗에 의한 理論解의 檢證이 必要할 것으로 思料됨

參 考 文 獻

1. R. Ivan Skinner, Willian H. Robinson, Graeme H. Mcverry, "An Introduction to seismic Isolation", Jhon willey & Sons, 1992. 6
2. 免震構造入門, 日本免震構造協會編, 1995. 9.
3. 免震構造設計指針, 日本建築學會, 1993. 12.