

전단벽-골조 시스템의 내진설계를 위한 근사해석법

유석형^{1*}

Approximate Analysis of Shear Wall-Frame Structure For Seismic Design

Suk-Hyung Yoo^{1*}

Abstract: A wall-frame structure resists horizontal load by the interaction between the flexural mode of the shear wall and the shear mode of the frame, which implies that the frame deflects only by reverse bending of the columns and girders, and that the columns are axially rigid. However, as the height of frame increases the shear mode of frame changes to flexural mode, which is due to the extension and shortening of the columns. An approximate hand method for estimating horizontal deflection and member forces in high-rise shear wall-frame structures subjected to horizontal loading is presented. The method is developed from the continuous medium theory for coupled walls and expressed in non-dimensional structural parameters. It accounts for bending deformations in all individual members as well as axial deformations in the columns. The deformations calculated from the presented approximate method and matrix analysis by computer program are compared. The presented approximate method is more accurate for the taller structures.

Keywords: Approximate analysis, Seismic design, Shear deformation, Shear wall-frame system

1. 서론

고층 구조물의 내진설계는 근사해석을 통해 변형 및 부재력을 파악하여 구조시스템 및 각 부재의 크기를 개략적으로 결정한 후 상세해석을 통해 최종적으로 구조설계를 결정함으로써 시행착오에 따른 시간과 경비를 최소화 할 수 있다. 일반적으로 50층 정도에 적합한 전단벽-골조 시스템의 경우 횡력에 대하여 전단벽은 휨 변형(Fig. 1(b))을 골조는 전단변형(Fig. 1(c))을 나타내는 일단고정보로서 치환하고 이들 수직 부재는 슬래브의 강체평면운동(Diaphragm Action)에 의하여 상호작용하여 수평력에 효율적으로 저항하는 시스템이다(Fig. 1(a))(Rosenblueth and Holtz, 1960).

Smith and Coull (1991)은 단순화한 전단벽-골조 모델에 대하여 적합조건 및 평형조건을 적용하여 횡 변위와 부재력을 구하여 전단벽과 골조의 상호작용에 의한 효과 등을 간단하게 파악할 수 있도록 근사해석 식을 제시하였으나, 골조부분의 전단변형에서 기둥의 축 변형이 고려되지 않고 있다. 횡력을 받는 골조의 거동은 보와 기둥의 휨 변형에 의한 골조의 수평 전단변형(Fig. 2(a))과 기둥의 축 변형에 의한 골조의 휨 변

형(Fig. 2(b))으로 구분 할 수 있다. 보통 높이의 건물에서는 전단변형에 비하여 휨 변형이 무시할 수 있을 정도로 매우 작지만 건물이 높을수록 휨 변형이 상대적으로 증가하게 되어 초고층 건물의 횡 변위에 큰 영향을 미친다.

따라서 본 연구에서는 횡력을 받는 초고층 전단벽-골조 시스템의 내진설계를 위한 근사해석 시 기둥의 축 변형을 고려하기 위하여 병렬전단벽 시스템(Coupled Shear Wall System)의 해석 시 사용하는 연속매체모델(Continuous Medium Model)을 이용하여 횡변위 및 부재력을 산정할 수 있는 근사식을 수정 제시 하였으며, 횡력을 받는 고층 전단벽-골조 시스템의 근사해석 시 기둥의 축 변형 고려여부가 해석결과에 미치는 영향을 평가하기 위하여 컴퓨터에 의한 Matrix 해석 결과와 비교 하였다.

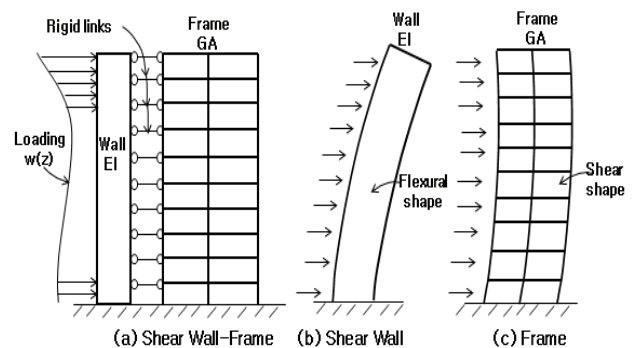


Fig. 1 Shear Wall-Frame System Subjected to Lateral Load

¹정회원, 경남과학기술대학교 건축공학과 교수

*Corresponding author: piter31@gntech.ac.kr

Department of Architectural Engineering, Gyeongsang National University, 33, Dongjin-ro, Jinju-si, Gyeongsangnam-do, Korea

• 본 논문에 대한 토의를 2019년 3월 1일까지 학회로 보내주시면 2019년 5월호에 토론결과를 게재하겠습니다.

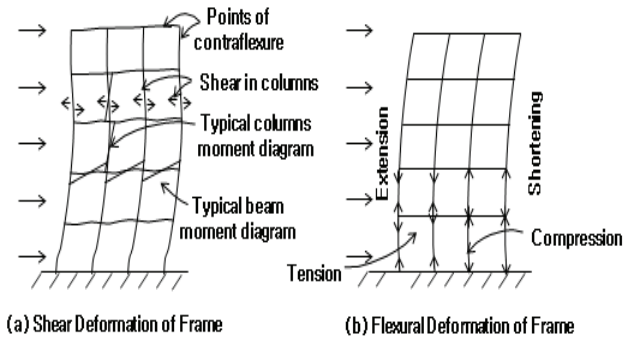


Fig. 2 Frame Deformation

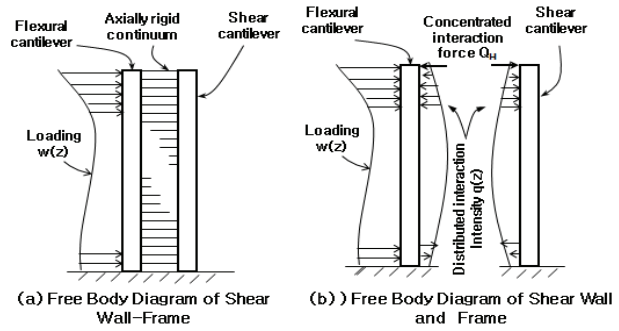


Fig. 3 Equivalent Model of Shear Wall-Frame System

2. 근사 해석식

2.1 전단벽-골조 모델

비틀림이 작용하지 않는 전단벽-골조 시스템에 대한 초기 연구에서 전단벽과 골조가 상호작용을 통하여 횡력에 대한 저항 능력을 증가시킴을 보여주었다(Rosenblueth and Holtz, 1960, Kahn and Sbarounis, 1964). 전단벽과 골조가 동일 평면상에 있거나, 또는 동일평면상에 있지 않고 평행하게 배치된 경우라도 비틀림을 고려하지 않은 구조물에서 평행하게 놓인 전단벽과 골조는 슬래브의 강체 작용으로 인하여 동일하게 거동하므로 Fig. 3과 같이 동일평면상에서 서로 강체 연결(rigid link)된 것으로 가정할 수 있다. 또한 이 구조물의 평형 조건을 이용한 지배미분 방정식을 도출하기 위하여 다음과 같이 가정한다.

- (1) 벽체 및 골조부재들의 특성이 높이에 따라서 변하지 않고 일정하다.
- (2) 벽체는 휨 변형만 하는 켈틸레버로서 간주할 수 있다.
- (3) 골조는 전단변형만 하는 켈틸레버로서 간주할 수 있다. 즉, 보와 기둥의 휨에 의해서만 골조가 변형을 일으키고 기둥은 강성이 무한하여 축 변형을 일으키지 않는다.
- (4) 연결부재는 양단 핀 연결된 강체로서 횡력만을 전달하고 골조와 전단벽을 일체로 거동하게 한다.

Fig. 3(b)에서와 같이 전단벽과 골조부분을 분리하면 w 와 q 는 각각 외력과 상호작용하는 내력이 된다. 최상부에서 집중 하중으로서 상호 작용하는 Q_H 는 다음과 같이 설명될 수 있다. 최상부에서 구조물의 기울기가 존재하므로 골조부분의 최상부에는 전단력이 존재하게 된다. 그러나 전체 구조물에 작용하는 외력은 최상부에서는 0이므로 골조에 존재하는 전단력과 크기는 같고 방향은 반대인 전단력이 벽체에 작용하는 것을 알 수 있다.

벽체와 골조의 전단에 관한 미분방정식은 식 (1) 및 (2)와 같다.

$$-EI \frac{d^3 y}{dz^3} = \int_z^H (w(z) - q(z)) dz - Q_H \quad (1)$$

$$(GA) \frac{dy}{dz} = \int_z^H q(z) dz + Q_H \quad (2)$$

여기서, (GA) 는 식 (22)와 같이 골조의 층 전단 강성을 의미한다. 식 (1)과 (2)를 미분하고 서로 더하면 식 (3)과 같고 이를 식 (4)와 같이 정리함으로써 전단벽-골조 시스템의 변위에 관한 특성 미분방정식을 구할 수 있다.

$$EI \frac{d^4 y}{dz^4} - (GA) \frac{d^2 y}{dz^2} = w(z) \quad (3)$$

$$\frac{d^4 y}{dz^4} - \alpha^2 \frac{d^2 y}{dz^2} = \frac{w(z)}{EI} \quad (4)$$

여기서,

$$\alpha^2 = \frac{(GA)}{EI} \quad (5)$$

지반과 접하는 최하단에서의 고정조건, 벽체 최상부에서 모멘트 및 구조물 전체 최상부에서 전단력 등에 대한 경계조건은 각각 식 (6), 식 (7) 및 식 (8)과 같다.

$$y(0) = \frac{dy}{dz}(0) = 0 \quad (6)$$

$$M_b(H) = EI \frac{d^2 y}{dz^2} = 0 \quad (7)$$

$$EI \frac{d^3 y}{dz^3}(H) - (GA) \frac{dy}{dz}(H) = 0 \quad (8)$$

이와 같은 경계조건을 이용하여 식 (4)의 해를 구하면 식 (9)와 같은 전단벽-골조 시스템의 횡변위 근사식을 구할 수 있다.

$$y(z) = \frac{wH^4}{EI} \left\{ \frac{1}{(\alpha H)^4} \left[\frac{(\alpha H \sinh \alpha H)}{\cosh \alpha H} (\cosh \alpha z - 1) \right. \right. \\ \left. \left. \alpha H \sinh \alpha z + (\alpha H)^2 \left[\frac{z}{H} - \frac{1}{2} \left(\frac{z}{H} \right)^2 \right] \right] \right\} \quad (9)$$

Smith and Coull (1991)은 이와 같이 전단벽-골조 시스템을 단순화한 모델을 이용하여 근사 해석식을 도출하였으나, 여기에는 골조의 전단거동만을 고려하므로 기둥의 축변형이 고려되지 않고 있다.

2.2 연속매체 모델

횡력을 받는 병렬 전단벽 시스템(Coupled Shear Wall System)의 주요한 특징은 강접합 연결보(Coupling Beam)에 의하여 개별 수직부재들이 합성된 하나의 횡재로서 거동하도록 한다는 점과 연결보(Coupling Beam)의 전단력에 의하여 수직부재에 축력을 유발하고 서로 반대편 수직부재에 작용하는 인장력과 압축력에 의한 우력모멘트는 외력모멘트에 대하여 반대방향으로 작용함으로써 외력모멘트의 크기를 줄일 수 있다는 점이다. 이와 같은 병렬전단벽 시스템의 거동은 연속매체법을 이용하여 근사적으로 해석될 수 있으며, 전단벽-골조 시스템의 구조적 특성치들을 Fig. 4와 같이 병렬전단벽모델에 대입함으로써 기둥의 축변형을 고려할 수 있다. 연속매체 모델을 위한 가정은 다음과 같다.

- (1) 벽요소와 연결보의 단면성질, 층고 및 하중은 높이에 따라 변하지 않는다.
- (2) 굽힘이 발생하기 전 평평한 단면은 굽힘이 발생한 후에도 평평하다.
- (3) 각 연결보의 휨강성 EI_b 는 등가의 연속된 연결매체의 휨강성 EI_b/h 으로 치환할 수 있다.
- (4) 각 벽요소는 슬래브의 강체평면 작용과 연결보의 축강성으로 인해 수평적으로 동일한 변형을 한다. 따라서 임의 높이에서 각 벽요소의 처짐각과 곡율은 동일하며 연결매체의 변곡점은 경간의 중간에 위치한다.

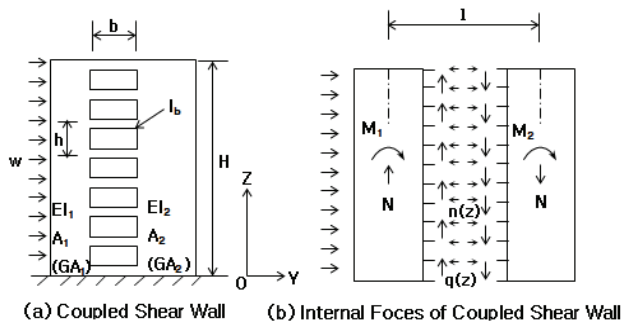


Fig. 4 Representation of Coupled Shear Walls by Continuum Model

$$A_1 = A_2 = A/2 \\ (GA_1) = (GA_2) = (GA)/2 \\ EI_1 = EI_2 = E(I + Ac^2)/2$$

- (5) 연결보의 축력, 전단력 및 휨모멘트는 단위길이당 n , q , 그리고 m 의 크기를 갖는 등가의 연속된 분포로써 대신할 수 있다.

전단벽 골조 시스템에서 전단벽의 휨강성(EI), 골조의 수평전단강성(GA), 기둥의 단면적(A) 및 골조의 휨강성(EAc^2)을 각각 반으로 나누어 두 벽요소에 할당한다. 여기서 Ac^2 ($\sum A_i c_i^2$)은 횡력방향으로 평면중심에서 각 기둥까지 거리의 제곱과 각 기둥단면의 곱을 합한 것이다. 두 벽요소 중심간거리 l 은 기둥 축력에 의한 우력모멘트와 Fig. 6(a) 및 식 (20)과 같이 병렬 전단벽의 수평강성의 크기에 따라 결정되어야 하나 식 (20)은 골조의 수평전단강성 식 (21)로 치환되므로 중심간거리 l 은 기둥단면의 중심간거리로서 구해진다. 등가 벽요소의 휨강성에는 이와 같은 골조의 휨강성(EAc^2)이 포함되어있으며, 다른 성질들은 길이 l 과 관련이 없다.

2.3 지배미분방정식

연결매체의 변곡점을 기준으로 수직으로 분할하면 Fig. 4(b)와 같이 단위길이당 전단흐름 $q(z)$ 와 단위길이당 축력 $n(z)$ 만 작용하게 된다. 수직처짐에 대한 적합조건을 고려하기 위해 Fig. 5와 같이 3가지 경우로 구분하여 처짐을 구한다.

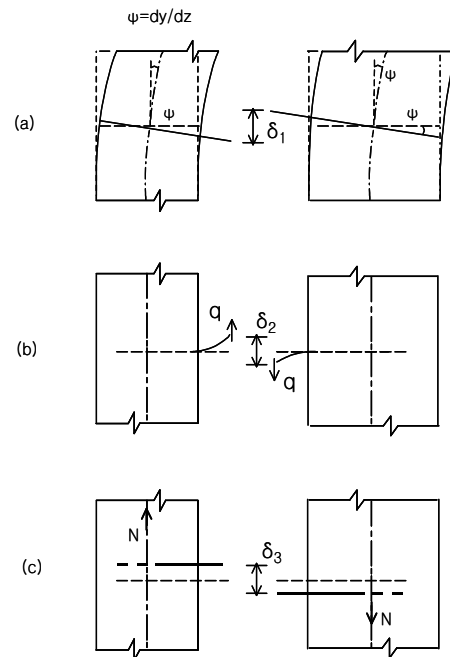


Fig. 5 Relative Displacement at Line of Contraflexure

δ_1 은 각 등가 벽 요소의 자유 굽힘에 의한 처짐으로서 두 벽 요소의 처짐각이 같으므로 수직 처짐은

$$\delta_1 = ly' \quad (10)$$

δ_2 는 깊이 dz 를 갖는 등가연결매체보의 휨과 전단에 의한 처짐으로서 (11)식과 같다.

$$\delta_2 = \frac{b^3 h}{12EI_c} \frac{dN}{dz} \quad (11)$$

여기서, $I_c = \frac{I_b}{1+\gamma}$ (전단변형을 고려하기위한 등가의 단면 2차 모멘트4))

$$\gamma = \frac{12EI_b}{b^2 GA} \lambda$$

λ : 전단에 대한 형상계수

δ_3 은 등가 벽요소의 축력에 의한 수직 처짐으로서 전단벽-골조 시스템에서 기둥의 축 변형에 의한 처짐을 의미한다.

$$\delta_3 = -\frac{1}{E} \left(\frac{2}{A} + \frac{2}{A} \right) \int_0^z N dz \quad (12)$$

이상의 상대적 처짐의 합은 0을 만족하여야 하므로

$$ly' + \frac{b^3 h}{12EI_c} \frac{dN}{dz} - \frac{1}{E} \left(\frac{4}{A} \right) \int_0^z N dz = 0 \quad (13)$$

임의 높이에서 각 등가 벽 요소의 휨-곡률관계식은 다음과 같다.

$$EI_y y'' = M - l/2 \int_z^H q dz - Mt \quad (14)$$

$$EI_y y'' = -l/2 \int_z^H q dz + Mt \quad (15)$$

여기서 Ma 는 연결보의 축력에 의한 모멘트이다. 식 (14)와 (15)를 더하여 전체 구조물의 휨-곡률관계식을 구하면

$$EI_y y'' = M - lN \quad (16)$$

여기서, $I_y = I_1 + I_2$

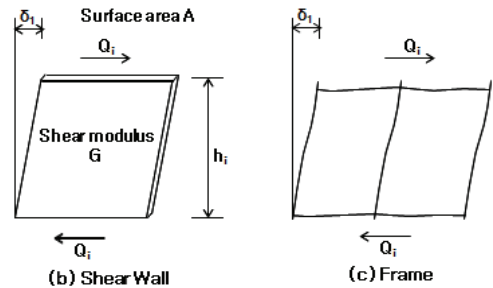
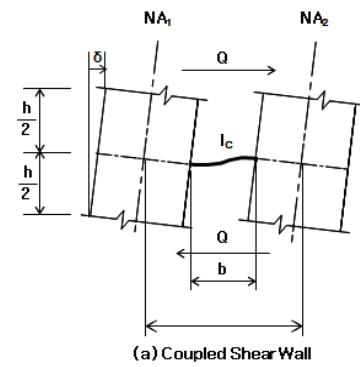


Fig. 6 Pseudo Shear Deformation of Story-Height Frame

(16)식을 N 에 대하여 정리한 후 (13)식의 미분식에 대입하면 식 (17)과 같은 지배미분방정식을 얻는다.

$$y'''' - (k\alpha)^2 y'' = \frac{w}{EI_y} \left(1 - (k\alpha)^2 \frac{k^2 - 1}{k^2} \frac{z^2}{2} \right) \quad (17)$$

여기서,

$$\alpha^2 = \frac{12I_c l^2}{b^3 h I} \quad (18)$$

$$k^2 = 1 + \frac{4I_g}{Al^2} \quad (19)$$

Fig. 6(a)와 같이 유사병렬 전단벽의 수평강성 (GA)를 구하면

$$(GA) = \frac{Qh}{\delta} = \frac{12EI_c l^2}{b^3 h} \quad (20)$$

(20)식을 (18)식에 대입하면

$$\alpha^2 = \frac{(GA)}{EI_y} \quad (21)$$

α 는 전단벽과 골조의 휨강성에 대한 골조전단강성의 비를 의미한다.

(20)식은 유사병렬 전단벽의 전단강성을 연결보의 휨 및 전단강성으로 구한 것이다. 이를 전단벽-골조 시스템의 전단강성으로 치환하면 Fig. 6(c)로부터

$$(GA) = \frac{12E}{h\left(\frac{1}{C} + \frac{1}{G}\right)} \quad (22)$$

$$\begin{aligned} \text{여기서, } C &= \frac{\Sigma \text{기둥단면2차모멘트}}{\text{기둥의길이}} \\ G &= \frac{\Sigma \text{보의단면2차모멘트}}{\text{보의길이}} \end{aligned}$$

(19)식에서 k 는 기둥 축강성에 의한 골조의 휨강성과 전단벽과 골조전체의 휨강성의 비를 의미한다.

2.4 근사 해석식

(17)식의 지배미분방정식의 해를 구하기 위해 지면에서의 처짐과 처짐각, 그리고 최상부에서 전단력과 모멘트에 대한 경계조건 식 (23)을 대입하면 수평처짐에 관한 식 (24)를 구할 수 있다.

$$y(0) = y'(0) = EI_y y'(H) = EI_y y''(H) = 0 \quad (23)$$

$$\begin{aligned} y(\bar{z}) &= \frac{wH^4}{EI_y} \left\{ \frac{1}{8} - \frac{1}{6} \left(\frac{\bar{z}}{H} \right) + \frac{1}{24} \left(\frac{\bar{z}}{H} \right)^4 + \frac{1}{(k^2-1)} \left[\frac{1-(\bar{z}/H)^2}{2(k\alpha H)^2} \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + \frac{\cosh k\alpha(H-\bar{z}) - 1 - k\alpha H(\sinh k\alpha H - \sinh k\alpha \bar{z})}{(k\alpha H)^4 \cosh k\alpha H} \right] \right\} \quad (24) \end{aligned}$$

여기서, \bar{z} 는 최상부로부터의 길이이다.

구조물의 층간변위 지수($\frac{dy}{dz}$), 벽체와 골조의 휨 모멘트 및 전단력을 구하기 위하여 횡변위 식 (24)에 대한 1차, 2차 및 3차 미분방정식을 구하면 각각 식 (25), (26) 및 (27)과 같다.

$$\begin{aligned} \frac{dy}{dz}(\bar{z}) &= \frac{wH^3}{EI_y} \left\{ -\frac{1}{6} + \frac{1}{6} \left(\frac{\bar{z}}{H} \right)^3 + \frac{1}{(k^2-1)} \left[\frac{-(\bar{z}/H)}{(k\alpha H)^2} \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + \frac{-\sinh k\alpha(H-\bar{z}) + k\alpha H \cosh k\alpha \bar{z}}{(k\alpha H)^3 \cosh k\alpha H} \right] \right\} \quad (25) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{d^2y}{dz^2}(\bar{z}) &= \frac{wH^2}{EI_y} \left\{ \frac{1}{2} \left(\frac{\bar{z}}{H} \right)^2 + \frac{1}{(k^2-1)} \left[-\frac{1}{(k\alpha H)^2} \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + \frac{\cosh k\alpha(H-\bar{z}) + k\alpha H \sinh k\alpha \bar{z}}{(k\alpha H)^2 \cosh k\alpha H} \right] \right\} \quad (26) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{d^3y}{dz^3}(\bar{z}) &= \frac{wH}{EI_y} \left\{ \left(\frac{\bar{z}}{H} \right) + \frac{1}{(k^2-1)} \right. \\ &\quad \left. \left[\frac{-\sinh k\alpha(H-\bar{z}) + k\alpha H \cosh k\alpha \bar{z}}{(k\alpha H) \cosh k\alpha H} \right] \right\} \quad (27) \end{aligned}$$

부재력을 구조물의 최하부로부터의 거리 z 에 대한 식으로 구하기 위하여 \bar{z} 대신 $(H-z)$ 를 대입하면, 벽체의 휨모멘트는 식 (28)과 같이 구할 수 있고 골조의 휨모멘트는 식 (29)와 같이 외력모멘트에서 벽체의 모멘트를 제거함으로써 구할 수 있다.

$$M_b(z) = EI \frac{d^2y}{dz^2}(z) \quad (28)$$

$$M_s(z) = \frac{w(H-z)^2}{2} - M_b(z) \quad (29)$$

또한 벽체의 전단력은 식 (30)과 같이 구할 수 있고, 골조의 전단력은 식 (31)과 같이 전단외력에서 벽체의 전단력을 제거함으로써 구할 수 있다.

$$Q_b(z) = -EI \frac{d^3y}{dz^3}(z) \quad (30)$$

$$Q_s(z) = w(H-z) - Q_b(z) \quad (31)$$

3. 수치해석

연속매체 모델을 이용하여 본 연구에서 수정 도출된 횡변위와 부재력을 구하기 위한 근사해석식 (24)~(31)과 전단벽-골조 모델을 이용한 기존식 (9)의 해석의 차이를 비교하기 위하여 전단벽-골조 구조물에 대한 예제 해석을 수행하였다. 평면은 비틀림의 영향을 배제하기 위하여 Fig. 7과 같이 하중가력 방향의 중심축에 대하여 대칭의 평면으로 계획하였고, 높이에 따른 부재 단면성질과 층고 및 하중은 변화시키지 않고 일정하게 유지하였다. 각 부재 단면의 성질은 Table 1과 같고 층고는 3.5m이며, 횡하중은 등가지진하중으로서 균일하게 층당 315kN을 재하 하였다. 기존의 근사식과 수정된 근사식의 차이를 건물의 높이에 따라 비교하기 위하여 동일한 평면을 갖는 35층과 70층 건물에 대한 각각의 근사해석을 수행하고 이를 컴퓨터에 의한 matrix 해석 결과와 비교하였다. 기존식에 의한 부재력의 산출은 식(9)에 대한 2차 및 3차 미분식을

Matrix 해석을 위한 모델은 비틀림의 영향을 고려하지 않으므로 Fig. 7과 같이 2차원 평면모델을 사용하였으며, 하중 방향의 중심축에 대하여 대칭이므로 1/2모델을 대상으로 하였다. 전단벽은 등가의 단면 2차 모멘트를 지닌 기둥으로, 골

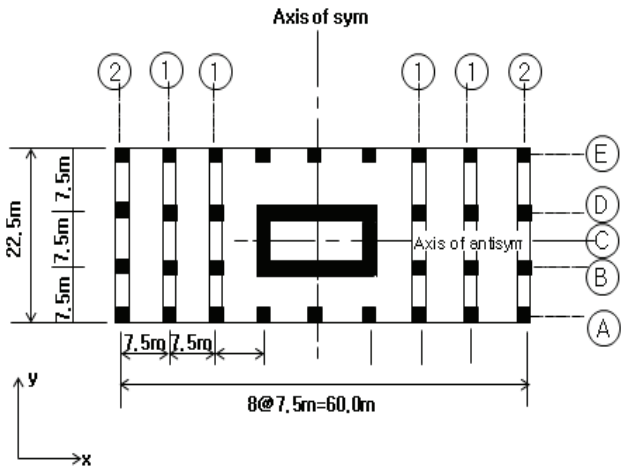


Fig. 7 Plan of Shear Wall-Frame Example Structure

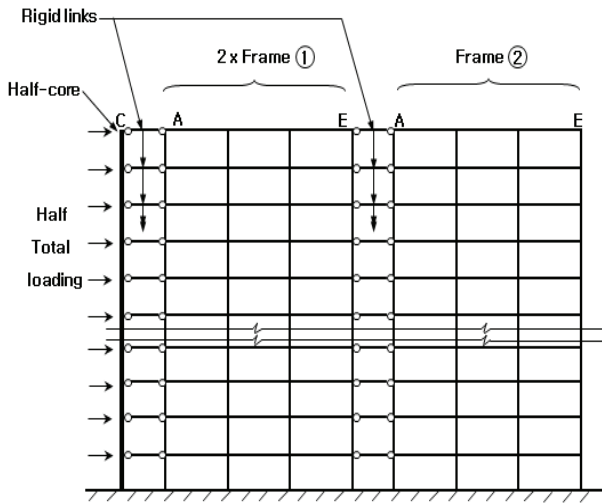


Fig. 8 Half-Structure Planar Model for Computer Analysis

조부분은 보요소로 구성된 구조부재로서 모델링하고, 슬래브 강체 작용에 의한 골조와 전단벽의 동일한 횡변위를 모델링하기 위하여 골조와 전단벽 사이에 양단 핀의 축강성이 매우 큰 강체를 연결하였다. frame ①은 동일하므로 한 frame에 합하여 모델링하기 위하여 단면성질을 2배로 하였다.

Table 1 Member Properties of Example Structure

		Frame ①	Frame ②
Int. column	Ixx (m ⁴)	0.083	0.05
	A (m ²)	0.998	0.775
Ext. column	Ixx (m ⁴)	0.05	0.034
	A (m ²)	0.775	0.639
Girder	Ixx (m ⁴)	0.011	0.005

Shear Wall I : 313 m⁴, E : 2.0 x 10³⁷ kN/m², Story Height : 3.5 m

근사해석과 matrix해석에 의한 횡 변위 곡선을 Fig. 10에 나타내었다. Fig. 10(a)에서와 같이 35층의 경우 기존의 근사식 (Smith)과 수정된 유사병렬 전단벽 모델에 의한 해석결과 (New)는 Matrix 해석결과와 유사하게 나타나고 있으나, Fig. 10(b)와 같이 70층의 경우 기존식에 의하여 산출된 횡변위는 높이가 증가할수록 Matrix 해석결과와 차이가 크게 나타났으며, 유사병렬 전단벽모델에 의한 횡변위는 건물의 상부에서도 Matrix 해석결과와 유사하게 나타났다. 이는 구조물의 높이가 증가할수록 기둥 축 변형에 의한 골조의 휨거동의 영향이 구조물 전체의 횡변위에 미치는 영향이 커졌기 때문인 것으로 판단된다. Fig. 11에서 모멘트에 대한 해석의 차이를 비교하면 35층과 70층에서 모두 수정 근사식(New)이 기존식(Smith)에 비하여 Matrix해석결과에 가깝게 나타나고 있음을 알 수 있다. 전단력에 대한 해석의 결과를 나타내고 있는 Fig. 12에서 보면 전체적으로 수정근사식(New)이 기존 근사식(Smith)보다 Matrix 해석결과에 가깝게 나타나고 있으며, Fig. 12(b)와 같이 70층의 경우 기존 근사식은 상층부로 갈수록 오차가 증가 증가하였으나, 수정 근사식은 하부로 갈수록 오차가 증가하였다.

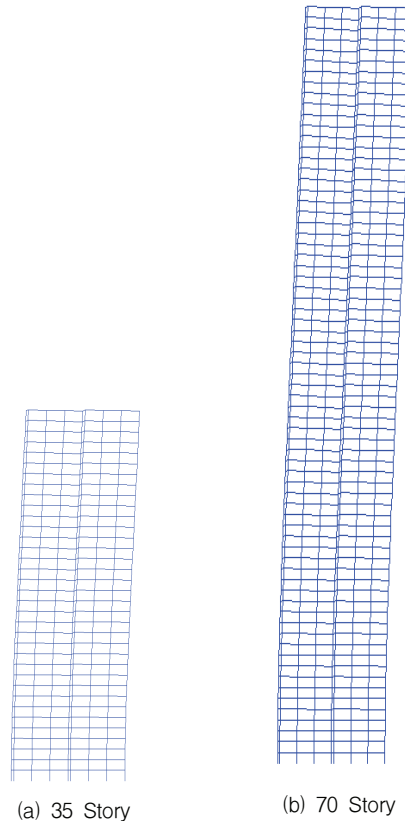
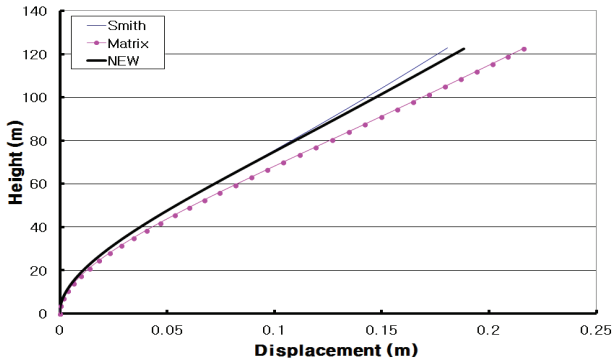
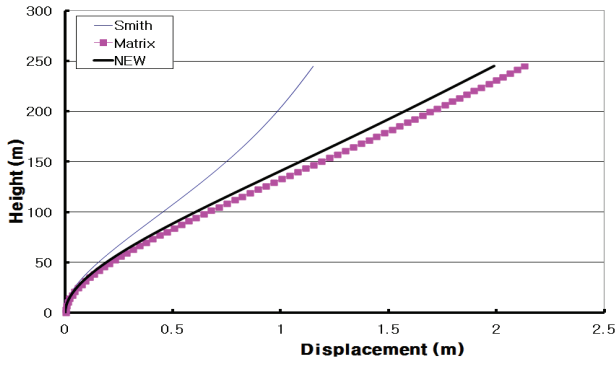


Fig. 9 Deformation of Matrix Analysis

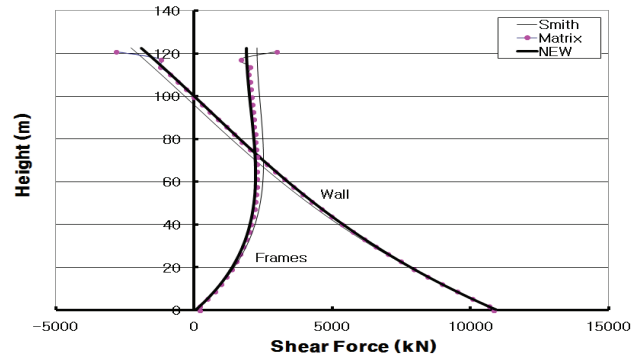


(a) 35 Story

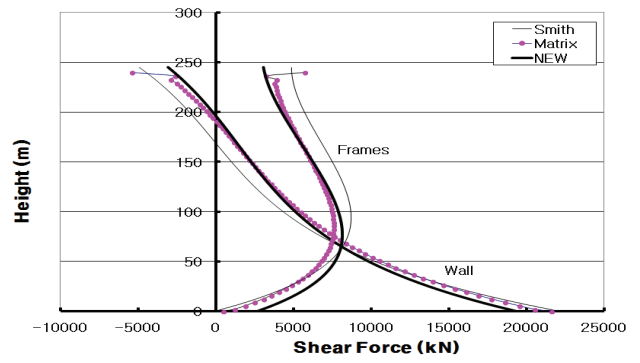


(b) 70 Story

Fig. 10 Comparison of Lateral Displacement

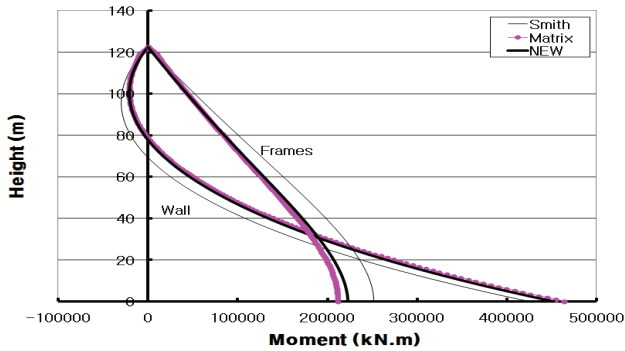


(a) 35 Story

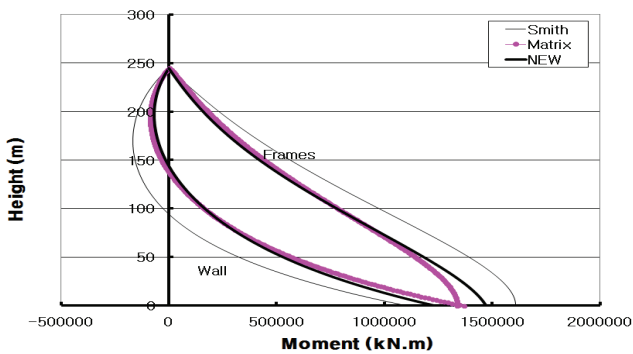


(b) 70 Story

Fig. 12 Comparison of Shear Force



(a) 35 Story



(b) 70 Story

Fig. 11 Comparison of Moment

4. 결론

- 1) 기존의 전단벽-골조 시스템의 횡변위 산출 근사식은 기둥의 축 변형을 무시하고 있으나, 본 연구에서 유사병렬 전단벽 해석을 위한 연속매체모델을 이용함으로써 기둥의 축 변형을 고려한 횡변위 산출 근사식을 도출하였다.
- 2) 기둥의 축 변형을 무시한 기존의 횡 변위 근사식은 건물이 높을수록 Matrix 해석과 오차가 크게 발생하였으나, 기둥의 축 변형을 고려한 횡 변위 근사식은 건물의 높이가 증가 하여도 오차가 크게 나타나지 않았다.
- 3) 기존의 전단벽-골조 시스템에 대한 횡변위식을 이용하여 구한 부재력은 건물의 높이가 증가할수록 Matrix 해석결과와 오차가 크게 나타났으나, 수정 근사식을 이용하여 구한 부재력은 건물의 높이가 증가하여도 오차가 크게 나타나지 않았다.

감사의 글

이 논문은 2017년도 경남과학기술대학교 대학회계 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

References

1. Rosenblueth, E., and Holtz, I. (1960), Elastic Analysis of Shear Walls in Tall Buildings, *ACI J.*, 56(12), 1209-1222.
2. Kahn, F. R., and Sbarounis, J. A. (1964), Interaction of Shear Walls and Frames, *J. Struct. Div., Proc.*, ASCE 90, 285-335.
3. Smith, S. B., and Coull A. (1991), Tall Building Structures ; Analysis and Design, John Wiley & Sons Inc.
4. Timoshenko, S. P., and Gere, J. M. (1973), Mechanics of Materials, Chapter 6., Van Nostrand Reinhold, New York.
5. Hoenderkamp, J. C. D. (2001), Elastic Analysis of Asymmetric Tall Building Structures, *Structural Design of Tall Build.*, 10, 245-261.
6. Heidebrecht, A. C., and Smith, S. B. (1973), Approximate Analysis of Tall Wall-Frame Structures, *J. Struct. Div., Proc.*, ASCE 99, 199-221.
7. Park, H. K., and Jung, I. Y. (1987), Approximate Analysis of Tall Building Under Lateral Loads Using Analogous Coupled Shear Wall Model, *Journal of the Architectural Institute of Korea, Proc.*, 7(1), 387-392.
8. Jung, D. J., Kim, I. J., Lee, Y. S., and Kim, K. S. (1996), The Approximate Analysis of Outrigger-Braced Structures subjected to Linearly Varying Lateral Lading, *Journal of the Architectural Institute of Korea*, 12(7), 271-278.
9. Kwak, Y. K., Kim, S. S., and Kim, K. D. (1982), Approximate Analysis on the Interaction of Shear Wall-Frame Structures Subjected to Lateral Loads, *Journal of the Architectural Institute of Korea, Proc.*, 2(2), 113-116.

Received : 12/10/2018

Revised : 12/18/2018

Accepted : 01/11/2019

요 지 : 횡력을 받는 전단벽-골조 시스템은 휨거동을 하는 전단벽과 전단거동을 하는 골조가 슬래브의 강체평면운동(Diaphragm Action)을 통하여 상호작용하여 수평력에 효율적으로 저항하는 시스템이다. 횡력을 받는 골조의 거동은 보와 기둥의 휨 변형에 의한 골조의 수평 전단변형과 기둥의 축 변형에 의한 골조의 휨 변형으로 구분 할 수 있다. 일반적으로 전단벽-골조 시스템의 근사해석 시 골조의 휨변형은 무시하여 왔으나, 건물의 높이가 증가 할수록 골조의 휨 거동은 큰 영향을 미칠 것으로 사료된다.

따라서 본 연구에서는 횡력을 받는 전단벽-골조 시스템의 근사해석 시 기둥의 축 변형을 고려하기 위하여 병렬전단벽 시스템(Coupled Shear Wall System)의 해석 시 사용하는 연속매체모델(Continuous Medium Model)을 이용하여 횡 변위 및 부재력을 산정할 수 있는 근사식을 수정 제시 하였다. 새롭게 제시된 근사식을 검토하기 위하여 기존 식과 컴퓨터에 의한 Matrix해석 결과와 비교하였으며, 비교결과 건물 높이가 높을 수록 본 연구에서 제시한 근사해석 식이 기존 식보다 Matrix 해석 결과에 가깝게 나타났다.

핵심용어 : 근사해석, 내진설계, 전단변형, 전단벽-골조 시스템
