

限界耐力計算による多層制震建築物の地震応答評価

○ 倉本 洋 (豊橋技術科学大学)

1. はじめに

本研究では、限界耐力計算による多層制震建築物の最大地震応答の評価法を提案する。弾塑性ダンパーによる制震間柱を配した 12 層鉄筋コンクリート (以下、RC と略記) 造制震建築物に対して提案した地震応答評価法を適用し、その算定結果と時刻歴地震応答解析結果とを比較することにより、提案法の妥当性および地震応答予測精度を検討する。本稿では、多層制震建築物に対する等価 1 自由度系への縮約方法と限界耐力計算の手順を概説する。

2. 多層制震建築物の等価 1 自由度系縮約

制震デバイスを配置しない通常の高層建築物における等価 1 自由度系の静的な代表荷重 - 代表変位 (${}_1S_a - {}_1S_d$ 関係) は、MAP 解析結果¹⁾を用いて次式で与えられる²⁾。

$${}_1S_a = \frac{\sum_{i=1}^N m_i \cdot {}_i\delta_i^2}{\left(\sum_{i=1}^N m_i \cdot {}_i\delta_i\right)^2} \cdot {}_1Q_B, \quad {}_1S_d = \frac{\sum_{i=1}^N m_i \cdot {}_i\delta_i^2}{\sum_{i=1}^N P_i \cdot {}_i\delta_i} \cdot {}_1S_a \quad (1a, b)$$

ここで、 ${}_iP_i$ および ${}_iQ_B$ はそれぞれ i 層の作用水平力およびベースシアである。

一方、多層制震建築物の場合にも等価 1 自由度系の ${}_1S_a - {}_1S_d$ 関係は式(1a)および式(1b)によって与えられ、さらに、等価 1 自由度系における周辺フレームおよび制震デバイスの応答加速度成分 ${}_{1f}S_a$ および ${}_{1d}S_a$ は次式で与えられる。

$${}_{1f}S_a = \frac{\sum_{i=1}^N P_i \cdot {}_i\delta_i}{\sum_{i=1}^N m_i \cdot {}_i\delta_i}, \quad {}_{1d}S_a = \frac{\sum_{i=1}^N P_i \cdot {}_i\delta_i}{\sum_{i=1}^N m_i \cdot {}_i\delta_i} \quad (2a, b)$$

ここで、 ${}_{1f}P_i$ および ${}_{1d}P_i$ はそれぞれ MAP 解析における i 層の周辺フレームおよび制震デバイスに作用する水平力である。また、周辺フレームおよび制震デバイスに対する代表変位は式(1b)で与えられる。

3. 限界耐力計算の手順

制震デバイスを有する建築物の限界耐力計算は以下に示す手順で行うものとする。

MAP 解析により各層の層せん断力 - 層間変形関係、並びに各層における周辺フレームの負担せん断力 - 層間変形関係および制震デバイ

負担せん断力 - 層間変形関係をそれぞれ求める。

建築物全体、周辺フレームおよび制震デバイスの等価 1 自由度系における代表荷重 ${}_1S_a$ 、 ${}_{1f}S_a$ および ${}_{1d}S_a$ 、および代表変位 ${}_1S_a$ を MAP 解析結果に基づいて式(8)から(11)により算定する。

上記で求めた ${}_{1f}S_a - {}_1S_a$ 関係および ${}_{1d}S_a - {}_1S_a$ 関係をそれぞれバイリニアにモデル化し、周辺フレームおよび制震デバイスの等価粘性減衰定数 ${}_f h$ および ${}_d h$ を次式により算定する。

$${}_f h = 0.25 \left(1 - 1/\sqrt{{}_f\mu}\right) \quad (3)$$

$${}_d h = 0.8 \times 2 \left(1 - 1/{}_d\mu\right) / \pi \quad (4)$$

ここに、 ${}_f\mu$: 周辺フレームの塑性率

${}_d\mu$: 制震デバイスの塑性率

式(21)および(22)から求められた各等価粘性減衰定数を用いて、建築物全体の平均等価減衰を次式により算定する³⁾。

$$h_s = \left({}_f h \cdot {}_f\omega^3 + {}_d h \cdot {}_d\omega^3\right) / \left({}_1\omega^3 + 0.05\right) \quad (5)$$

ここで、 ${}_1\omega$ 、 ${}_f\omega$ および ${}_d\omega$ は下式による。

$${}_1\omega = \sqrt{{}_f\omega^2 + {}_d\omega^2} \quad (6)$$

$${}_f\omega = \sqrt{{}_{1f}S_a / {}_1S_d}, \quad {}_d\omega = \sqrt{{}_{1d}S_a / {}_1S_d} \quad (7a, b)$$

式(23)を用いて次式により応答スペクトルの低減係数 F_h を得て、それにより低減された応答スペクトルと建築物全体の ${}_1S_a - {}_1S_d$ 関係の交点から最大応答予測点を得る。

$$F_h = 1.5 / (1 + 10 \cdot h_s) \quad (8)$$

4. まとめ

多層制震建築物に対する等価 1 自由度系への縮約方法と限界耐力計算の手順を示した。

参考文献

- 1) 倉本洋: 多層建築物における等価 1 自由度系の地震応答特性と高次モード応答の予測、日本建築学会構造系論文集、第 580 号、pp.61-68、2004.6
- 2) 倉本洋、勅使川原正臣、小鹿紀英、五十田博: 多層建築物の等価 1 自由度系縮約法と地震応答予測精度、日本建築学会構造系論文集、第 546 号、pp.79-85、2001.8
- 3) 倉本洋、松本和行、吉川直子: 制震デバイスを有する建築物の等価粘性減衰定数定数の評価法に関する研究、コンクリート構造物の応答制御技術研究委員会報告書・論文集、日本コンクリート工学協会、pp.81-88、2002.6