B-44

制震構造建物の保有減衰性能評価法に関する研究

Study on Damping Capacity Evaluation Method of Buildings by Energy Dissipation System

○歌田航己¹, 北嶋圭二², 中西三和², 安達洋³

* Kouki Utada¹, Keiji Kitajima², Mitsukazu Nakanishi², Hiromi Adachi³

This paper describes the study on damping of evaluation method of buildings by energy dissipation system.

1. 研究背景および研究目的

近年,制震技術の需要が高まっており制震構造建物の 計画が年々増加している。制震構造とは,建物内にダン パーを組み込むことにより建物の減衰性能を向上させ, 地震応答変位を低減させる構造である。制震構造建物の 耐震性能の評価法は,時刻歴地震応答解析を実施し評価 するのが一般的であるが,本研究室では地震応答解析に よる評価のみではなく,強度・変形性能および減衰性能 等の一般的な耐震性能指標を用いて,制震構造建物の耐 震性能を評価・表示する方法を提案している¹⁾。

本研究は、提案した定常応答解析による制震構造建物 の保有減衰性能評価法の有効性について検討することを 目的としたものである。文献 2) に示されている 10 階建 て制震構造建物を検討対象建物として選定し、定常応答 解析を実施して、解析結果を1自由度系に縮約すること により保有減衰性能を評価する。定常応答解析結果およ び1自由度系への縮約過程を詳細に検討することにより、 保有減衰性能評価法における縮約方法の妥当性を検討す る。さらに、重み付き平均減衰に基づく建物全体の保有 減衰性能の簡易的な評価法についても併せて検討する。

2. 検討対象建物

検討対象建物は,鉄骨造 10 階建ての事務所ビルを想 定した文献 2)のサンプル建物とした。建物諸元を Table 1 に,各層の主架構と制震部材(履歴系ダンパー)の諸元を Table 2 に示す。建物形状は,X方向 38.4m,Y方向 22.4m の整形な長方形平面で,スパン割りは,X方向 6.4m×6 スパン,Y方向 9.6m+12.8m の 2 スパンである。階高 は,1階が 5.0m で,他の階は一律 4.0m である。検討対 象建物の軸組を Fig.1 に示す。なお、本建物の目標変位 は,建物等価高さ(29m)の応答変形角(1/150rad)で規定さ れており,19.3cm(=2900/150)と設定されている²⁾。

3. 定常応答解析による保有減衰性能の評価

3.1 定常応答解析の概要

制震構造建物の保有減衰性能は、多質点系の解析モデ ル(Fig.2)に対して定常応答解析を実施し、解析結果を 1 自由度系に縮約して目標変位レベルでの定常ループを抽 出し、1 ループの履歴面積より等価粘性減衰定数を算定 して評価する。応答解析は Newmark-β法(β=0.25)の数 値積分法を用い、積分時間刻みは 0.001 秒とする。なお、

1:日大理工・院(前)・海建 2:日大理工・教員・海建 3:日大名誉教授

本研究での定常応答解析は,文献 2)の地震応答解析と同様に,初期剛性比例型(2%)を用いて解析を実施する。

3.2 入力波

定常応答解析の入力波は,建物(主架構のみ)の弾性 1 次固有周期(1.33sec)と同一の周期特性を有し,加速度振 幅を徐々に大きくしていく漸増定常加速度波形(Fig.3)を 用いる。加速度波形の振幅は,縮約1自由度系の応答変 位が目標変位の定常振動が得られる大きさになるように 修正した。

3.3 1自由度系への縮約結果と保有減衰性能

1 自由度系への縮約は,モー ダルアナリシスの考え³⁾に基づ き縮約する。Table 3 に示す定常 応答解析結果の最大応答変位を 固有ベクトルと仮定し,刺激係 数(式(1))を求め刺激関数を算定 する(Table 3)。せん断力の縮約 は式(2)にて,代表変位は式(3)







にて算出する。定常応答解析結果の縮約結果を Fig.4a)に, 目標変位時の1ループの抽出結果を Fig.4b)に示す。保有 減衰性能は, Fig.4b)の1ループの履歴面積と図中破線で 示した主架構負担せん断力によるポテンシャルエネルギ ーの比から式(4)にて算定した。算定の結果,検討対象建 物の保有減衰性能(等価粘性減衰換算値)は 33.6%と評価 された。

 $m_i \cdot u_i$ $_{1}Q = _{1}\beta \cdot \sum_{1}u_{i}(Q_{i} - Q_{i+1})$ (1)(2) $\sum m_i \cdot \overline{u_i^2}$ $h_{eq} = \frac{1}{4\pi} \frac{\Delta W_d}{W_c}$ $\sum m_i \cdot u_i \cdot \delta_i$ (3)(4) $_{1}\beta\cdot\sum m_{i}\cdot_{1}u_{i}$ $_{1}\beta$:刺激係数 m_{i} : i 階の質量 ₁u_i: *i* 層の固有ベクトル(最大応答変位) : 縮約1自由度系の層せん断力 ,0 Q_i: *i*層の層せん断力(応答解析結果) 190:縮約1自由度系の代表変位 δ_i : *i* 層の相対変位(応答解析結果) hea :等価粘性減衰定数 W_d:1ループの履歴面積

 W_{q} : 宇岡相住國家定数 W_{d} : 1 μ) の履症面積 W_{f} : 主架構ポテンシャルエネルギー

4.1自由度系への縮約過程の詳細検討

本章では、保有減衰性能評価法の特性を把握するため に1自由度系への縮約過程を詳細に検討する。Fig.5 に Fig.4b)のループ開始ステップから終了ステップまでの各 層の層せん断力-層間変位関係を示す。図中青点が開始 ステップ、赤点が縮約1自由度系(Fig.4b))のピーク時の ステップ、橙点が各階の最大応答値を示している。図よ り、縮約1自由度系のピーク時のステップが、各層のピ ークと概ね一致しており、最大値が同時刻で発生してい ることがわかる。Fig.6 には、定常応答解析の最大応答値 (固有ベクトル)の変位分布と縮約1自由度系ピーク時の 応答変位分布を比較して示す。両者は概ね一致しており, 保有減衰性能評価法における縮約方法が妥当であること が確認できる。

5.保有減衰性能の簡易的な評価法

Table 4には Fig.5 の各層のループ面積より各層の等価 粘性減衰定数を式(5)にて算出し,各層のポテンシャルエ ネルギーによる重み平均減衰の考え³⁰に基づき算定した 建物全体の保有減衰性能の値(等価粘性減衰換算値:式 (6))を示す。算定結果は 32.3%となり,縮約1自由度系 から求めた結果(33.6%)と概ね一致する結果が得られた。 この結果は,定常応答解析を行わずに保有減衰性能が評 価できる可能性があることを示している。

$h_{eqi} = \frac{2}{\pi} \frac{Q_{di}}{Q_{fi}} \left(1 - \frac{1}{\mu_{di}} \right) $ (5)		$h_{eq} = rac{\sum W_{fi} \cdot h_{eqi}}{\sum W_{fi}}$	(6)
h_{eqi} : i 層の等価粘性減衰 a Q_{di} : i 層のダンパー負担	定数 μ _{di} : せん断力	i層のダンパー塑物	±率
Q_{fi} : i 層の主架構負担層+ W_{fi} : i 層の主架構ポテンジ	せん断力 シャルエネ	ルギー	
キレめ			

6. まとめ

以上、検討対象建物の定常応答解析結果および1自由 度系への縮約過程を詳細に検討することにより,保有減 衰性能評価法における縮約方法の妥当性を示すとともに, 定常応答解析を行わずに保有減衰性能が評価できる可能 性があることを示した。

【参考文献】

 1) 天羽翔太ほか:定常応答解析による制震補強建物の保有減衰性能の評価 法の提案,コンクリート工学年次論文集,Vol. 36,No.2,pp.832-828,2014
2) 北嶋圭二ほか:免震・制振構造の設計 学びやすい構造設計,日本建築学 会関東支部構造テキスト,pp.131-151,2007

3) 柴田明徳:最新 耐震構造解析 第2板,森山出版,2003



123