

首都圏にある超高層キャンパスの地震防災対策に関する研究 (その4)
超高層ビルの制震補強の検討

正会員 ○星 幸男* 同 鱈沢 曜*
同 久田 嘉章** 同 小菅 美沙子*

超高層建築 制震補強 連結制震
時刻歴応答解析 長周期地震動

1. はじめに

本報では、その 3 で報告した解析モデルを用いた時刻歴応答解析による超高層建築物の制震補強の検討について報告する。対象とする建物は、その 3 に概要を示した大学棟及びオフィス棟である。補強方法は、大学棟について階毎に制震ダンパーを配置する場合と、大学棟とオフィス棟の特定階同士を制震ダンパーで水平に連結する場合を想定した。また敷地における想定地震動として、その 1 で報告した想定東海地震による長周期成分を含んだ地震動と、その 2 で報告した首都直下地震による地震動を考慮した。

2. 制震部材を付加した大学棟の時刻歴応答解析

減衰力と速度の関係がバイリニア型となる粘性系の制震部材 (オイルダンパー) を用いた補強を仮定し、時刻歴応答解析を行った。なお、本検討においては、制震部材の各種依存性及び取付部材の剛性は考慮していない。

その 3 にて作成した等価曲げせん断モデルに、最大速度を 50kine に基準化した 1940Elcentro 波(NS 方向)を入力した応答解析結果を基に、最大層間変形角が NS 方向は 1/200 を超えている層にダンパーを配置し、EW 方向は 1/150 を超えている層に配置した。なお、EW 方向の 16 階及び 21 階はスーパーフレームにより、剛性が高く変形量が少ないため、中層階にはダンパーを配置せず、上層階と下層階に配置した。各階のダンパー配置本数と、その最大減衰力を表 1 に示し、表 2 に用いるダンパーを代表して最大減衰力が 2000kN のオイルダンパーの性能を示す。ダンパーを配置した結果、最大層間変形角で比較をして建物の減衰定数を 4% から 6% にした場合と同様の効果があることが確認できた。また、その 2 で示した首

表 1 各階ダンパー配置本数と最大減衰力

NS方向			EW方向		
階数	本数	最大減衰力	階数	本数	最大減衰力
30	4	1000kN	30	4	250kN
29	4	1500kN	29	4	500kN
18-28	4	2000kN	28	4	750kN
17-16	4	1500kN	27	4	1000kN
15	4	1000kN	23-26	4	1500kN
12-14	4	500kN	22	4	750kN
1-11	0		16-21	0	
			7-15	4	1500kN
			5-6	4	1000kN
			1-4	0	
合計	24	7000kN	合計	32	7250kN

表 2 ダンパー性能

最大減衰力Fmax	2000kN
最大速度Vmax	150mm/s
リリース荷重Fr	1600kN
1次粘性係数C1	50.0kN・s/mm
2次粘性係数C2	3.39kN・s/mm
装置剛性K	430kN/mm

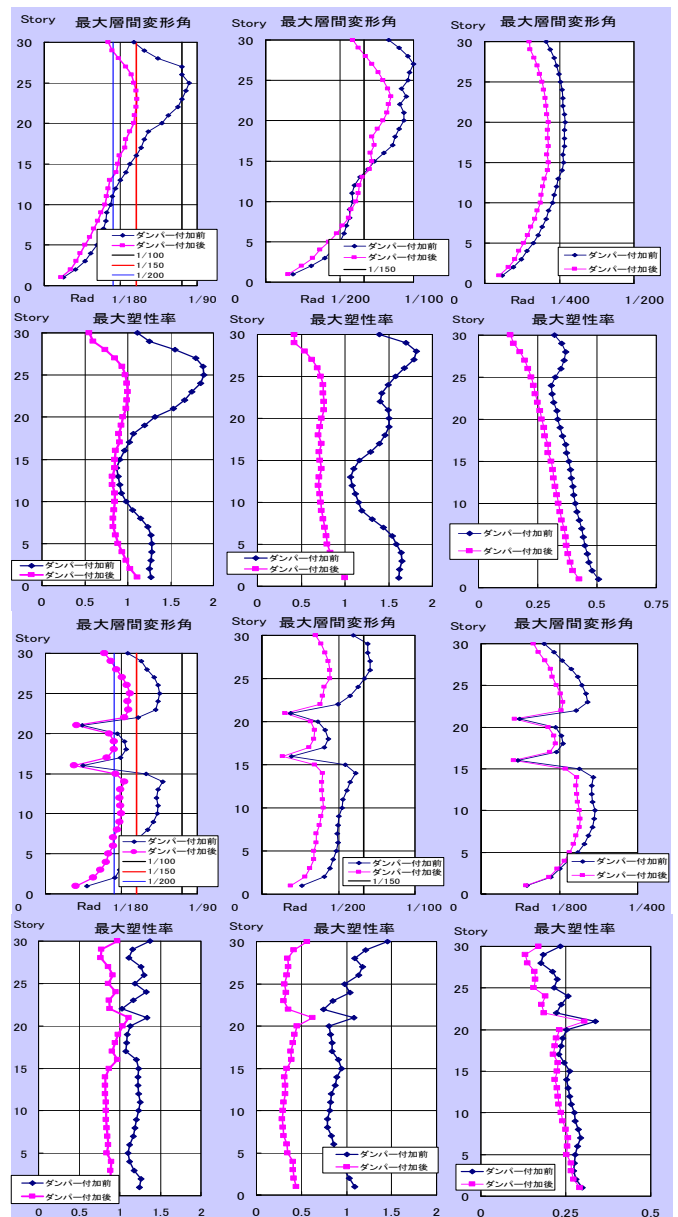


図 1 ダンパー配置有無の解析結果比較 (上 2 段: NS 方向 下 2 段: EW 方向), (左列: Elcentro-NS 波 中列: 首都直下地震 右列: 東海地震)

都直下地震（内閣府パラメータ使用）を入力波とした結果、NS 方向は補強前の状態において、上層階の応答が 1/100 という構造的に被害が出る恐れがある値であったが、ダンパーを配置することで全層の応答を 1/120 以下まで低減することが確認され、EW 方向は、一部で 1/150 を超える応答を示していたが、補強後は全層において 1/200 以下に低減する事が確認出来た。さらに、その 1 で示した長周期成分が卓越する東海地震を入力波とした結果は、補強前においても、NS 方向 1/300 以下、EW 方向 1/500 以下と小さな応答を示していた。補強後は更に応答を低減することが確認され、NS 方向 1/400 以下、EW 方向 1/600 以下という結果となった。最大塑性率もダンパーを配置することにより、どの入力波においても明確な応答の低減が確認された。

3. 2 棟連結の時刻歴応答解析

その 3 において作成した 2 棟の等価曲げせん断モデルを用い、連結制震部材を付加した時刻歴応答解析を行った。連結ダンパーの配置を図 2 に示す。2 棟は斜めに並んで建っているため、約 45° 方向に設置し、これを主軸方向に換算した値をダンパーの性能として、各建物のねじれは生じないものと仮定した。換算後のダンパー性能を表 3 に示す。2. と同様に速度と減衰力の関係がバイリニアの性能を持つオイルダンパーを仮定し、連結階数は 1 次及び 2 次モード時の変形が卓越する、大学棟 27・15 階、オフィス棟 29・16 階の計 2 箇所に配置した。

入力地震波は、首都圏直下地震（NS 方向）、東海地震（NS 方向）、長周期地震の設計用地震波として、用いられてきた 1968Hachinohe 波(NS 方向)の最大速度を 50kine に基準化した波形を用いた。解析結果を図 3 に示す。ここでは NS 方向の解析結果を示す。

首都直下地震(NS 方向)のような、継続時間が短く衝撃波のようなピークがある波形においては建物の塑性率が大きく連結の効果は小さい。一方、東海地震(NS 方向)では、固有周期の近い関係にある 2 棟においても、明確な応答の低減が見られ、大学棟全層において 1/450 以下の応答とする事が確認され、単独の制震補強と同等な応答低減が確認された。また塑性率は 1 を超えておらず、建物の塑性化が起きずに連結ダンパーが有効に作用している事が確認出来る。

4. まとめ

粘性系の制震部材（オイルダンパー）を付加した時の応答低減を等価曲げせん断モデルを用いた時刻歴応答解析より確認した。また、連結制震補強を検討した結果は、条件により応答低減効果が確認出来た。

【謝辞】本研究は、文部科学省の学術フロンティア事業の「工学院大学地震防災・環境研究センター」による研究助成により行われました。

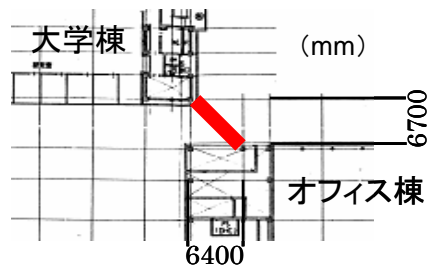


図 2 ダンパー配置

表 3 ダンパー性能

最大減衰力Fmax	500KN
最大速度Vmax	150mm/s
リリース荷重Fr	400KN
1次粘性係数C1	12.5KN・s/mm
2次粘性係数C2	0.85KN・s/mm
装置剛性K	110KN/mm

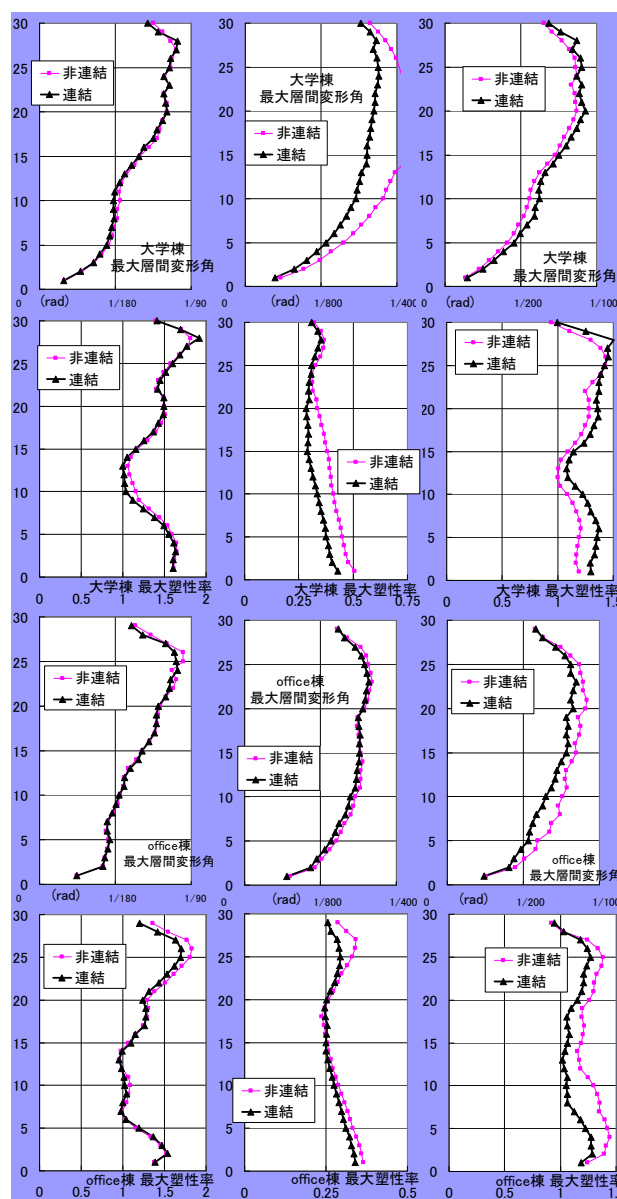


図 3 連結有無の時刻歴応答解析結果 (左列: 首都直下地震 (NS 方向)、中列: 東海地震 (NS 方向)、右列: 1968Hachinohe 50kine (NS 方向))

* 工学院大学大学院工学研究科

** 工学院大学建築学科

* Graduate School of Engineering, Kogakuin University

** Department of Architecture, Kogakuin University