

2 棟の超高層建築を連結した制震構造の地震応答解析に関する研究

D3-03052 星 幸男

連結制震 地震応答解析 超高層建築

1. はじめに

首都圏では大地震が起きる危険性があり、その対策が急務となっている。中でも、首都圏直下型地震、東海地震の対策が必要である。海溝型地震である東海地震は、首都圏の大規模な盆地構造により長周期成分が増幅するので、超高層建築への影響は大きく注意しなければならない。また、最近では構造的被害だけでなく、BCP（事業継続計画）などを始めとする、建物の機能維持も求められるようになってきている。その為には、地震波からの応答をより制御し、被害を抑えることが有効な手段の一つである。



図 1 左:東立面概要 右:STEC 街区概要

対象とする建築物は、新宿区 STEC 街区に建つ工学院大学大学棟(高層棟を指す。中層棟は対象外としている。)・オフィス棟とする。この 2 棟を連結制震補強することにより、応答を制御することを目的としている。

2. 2 棟の振動比較

従来の連結制震に関する研究より、連結を行う建物の性格が異なる程、連結効果が期待出来ることが知られている。対象とする 2 棟は固有周期や建物形状が近い関係にあり(表 1)、地震時における 2 棟の挙動を確認する必要がある。大学・オフィス棟で観測されている強震記録を用い比較を行う。図 2 は、2005 年千葉県北西部地震の観測記録を X 軸に EW、Y 軸に NS 方向をとり、2 棟の軌跡(上図)と大学棟から見たオフィスの挙動(下図)を見ている。これより、固有周期の近い 2 棟であっても上下層ともに差を確認出来る結果となった。

3. 2 棟のモデル化

大学棟の等価せん断モデルについては昨年度¹⁾において、モデル化されている。今年度は、微動・人力加振実験より曲げ変形の発生を確認し、上層部(25 階)で観測した最大変位をせん断・曲げ成分に分け、その比率を元に等価曲げせん断モデルを作成した。オフィス棟の等価せん断モデルについては、構造計算書をも

とに作成し、等価曲げせん断モデルについては、オフィス棟では実験を実施していないので、大学棟の実験結果より、比率を適切に求めると、1 次固有周期やフーリエスペクトルがせん断モデルと比べ強震観測記録に近くなることを確認している²⁾ので比率を変え、強震観測記録と近くなる比率を求め作成した(図 3,表 1)。本研究では、作成した曲げせん断モデルを用いて解析をする。

4. 使用地震波及び 2 棟連結の時刻暦応答解析

4.1. 使用地震波

本梗概では、1 章で述べた M7 クラスの地震である首都圏直下地震(東京湾北部地震)³⁾、長周期成分の卓越により応答の増幅が予想される東海地震⁴⁾を用いる。図 4 に、これらの応答スペクトルを示す。

4.2. 2 棟連結の時刻暦応答解析及び解析結果

まず、連結ダンパー(オイルダンパー)の配置場所について示す。図 1 のように 2 棟は斜めに並んで建ち、設置場所は図 5 に示すように、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する。換算後のダンパーの性能を表 2 に示す。リリーフ弁のついた、バイリニアの性能を持つオイルダンパーを使用する。

解析は大きく分けて 2Case 行った。本梗概では NS 方

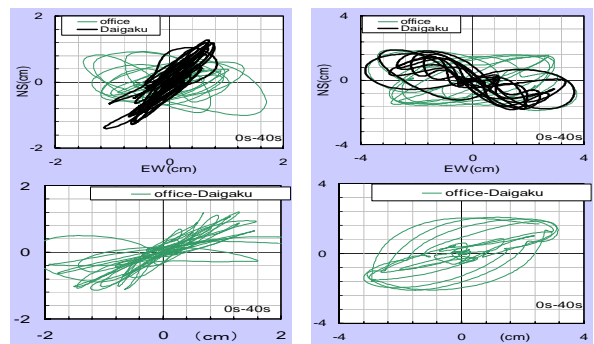


図 2 2 棟の軌跡と相対的挙動

(左: 8 階(2 棟共)、右: 大学 29 階(2 棟共))

表 1 モデルの概要

大学棟	せん断	1次固有周期	NS:3.3秒、EW:3.14秒
	減衰	減衰	2% (剛性比例型減衰)
	復元力・履歴特性	せん断比率	トリリニア・標準トリリニア
オフィス棟	せん断	せん断比率	NS: 50% EW: 78%
	減衰	1次固有周期	NS:3.02秒、EW:2.96秒
	復元力・履歴特性	減衰	2% (剛性比例型減衰)
大学棟	せん断	復元力・履歴特性	トリリニア・標準トリリニア
	せん断	1次固有周期	NS・EW共に3.01秒
	減衰	減衰	2% (剛性比例型減衰)
オフィス棟	せん断	復元力・履歴特性	トリリニア・標準トリリニア
	せん断	せん断比率	NS: 65% EW: 83%
	減衰	1次固有周期	NS:2.80秒、EW 2.95秒
復元力・履歴特性	減衰	2% (剛性比例型減衰)	トリリニア・標準トリリニア

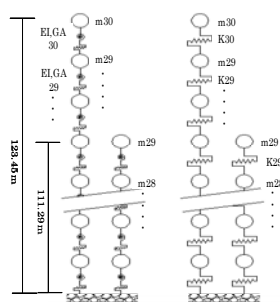


図 3 2 棟の等価せん断・曲げせん断モデル概要図

向の解析結果を示す。まず Case1 は、2 棟共に現状のまま(単体での補強なし)で連結させたケースである。連結階数は、1・2 次モードが、それぞれ卓越した際に、変形が大きく発生する、大学棟 27・15 階、オフィス棟 29・16 階の計 2 本配置した。図 6 に Case1 の解析結果を示す。

表 2 ダンパー性能

最大減衰力Fmax	500KN
最大速度Vmax	150mm/s
リリーフ荷重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

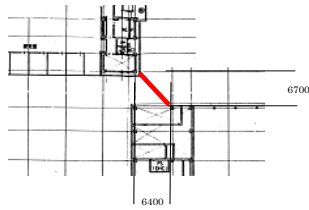


図 5 ダンパー配置位置

直下では、ほとんど効果が見えず、東海では、かなりの応答低減が見える。建物の性格に近い 2 棟において、首都直下のような大地震時には、構造部材の塑性化によるエネルギー吸収が大きく、相対的にダンパーがエネルギー吸収を行えない。また、東海地震のような、中小地震時には、構造部材の塑性化が起らず、ダンパーにエネルギー吸収が集中するので応答の低減が起こる。

これより、構造部材とダンパーを相対的に見て、ダンパーが多くエネルギー吸収を行う場合に応答の低減が大きいことが言える。

次にCase2 は、オイルダンパーを用いた大学棟単体の制震補強²⁾をした後に連結をする。大学棟単体の補強目標として、大地震時に於いて、層間変形角NS方向 1/150・EW方向 1/200 以下であり、かなりの応答低減を目標としている為、オフィス棟との挙動の差が大きくなる。これより連結効果が期待できると考え、1 階おきにダンパーを配置し、合計 14 本の連結ダンパーを設置している。この結果を図 7 に示す。これより、Case1 では見られなかった首都直下(大地震)での応答低減を見ることが出来た。大学棟が多少オフィス棟に引張られるような関係になっているが、相対的にエネルギー吸収を見ることが出来る。東海地震(中小地震)においても 2 棟ともに応答の低減が見られる。

これより、固有周期の近い 2 棟の超高層建築であっても、どちらか一方の性格を変化させるとにより、連結効果が期待出来る結果より分かる。今後、固有周期の変化が出る 1 棟の単体補強(粘弾性ダンパーなどの補強)を行えば更に効果が期待出来るだろう。

参考文献

- 1)工学院大学新宿校舎の地震被害想定に関する研究
工学院大学 2005 年度卒業論文
- 2)工学院大学新宿校舎の制震補強に関する研究
工学院大学 2006 年度卒業論文
- 3)首都直下地震を対象とした強震動予測に関する研究
工学院大学 2006 年度卒業論文
- 4)想定東海地震地震波 大成建設吉村智昭さんより提供

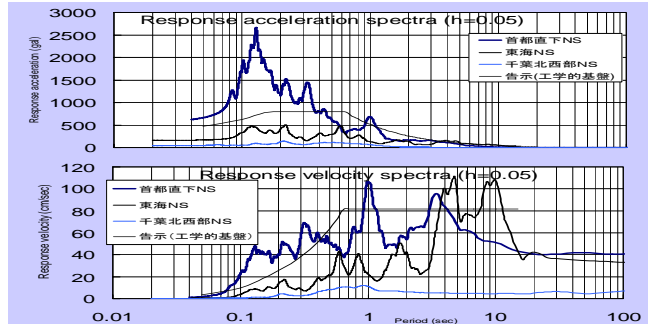


図 4 使用地震波の加速度、速度応答スペクトル

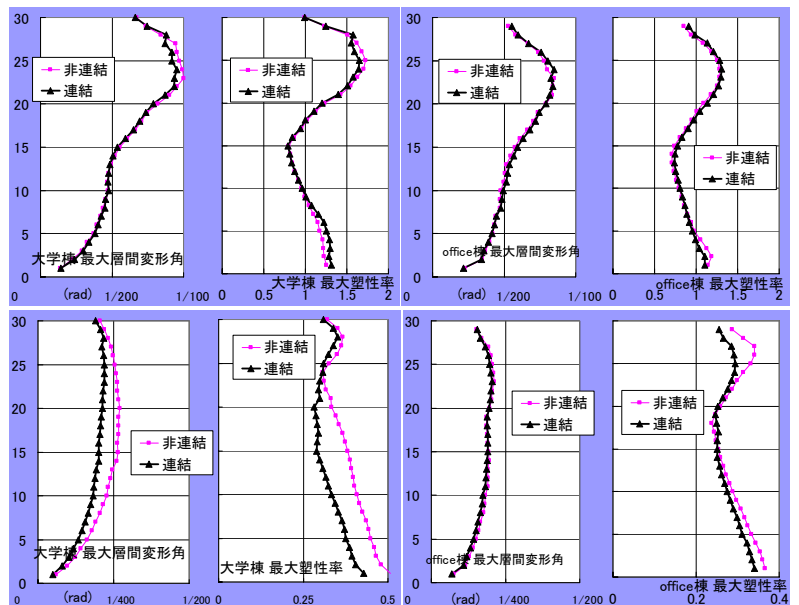


図 6 Case1 解析結果 上段:首都直下地震 NS 下段:東海地震 NS

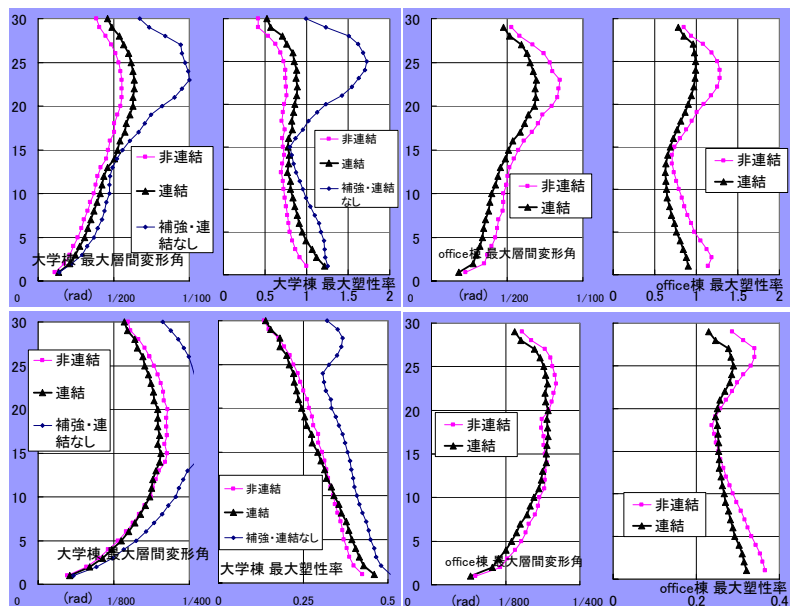


図 7 Case2 解析結果 上段:首都直下地震 NS 下段:東海地震 NS