

ケーブル及びダンパーを用いた超高層建築の連結に関する研究

D3-05024 武田 孝大

1.はじめに

現在、首都圏では大地震が起きる危険性が高まっており、その対策が急務となっている。中でも、首都直下型地震、東海地震の対策が必要である。その為、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。その手段の一つとして建物同士の連結が挙げられる。近年、連結の研究は進んでおり、鴻池組本社¹⁾など実用例もある。鴻池組はオイルダンパーによる連結であり、実建物での振動実験を行い応答低減が確認されており有効性が実証されている。

本研究では、はじめに大学棟とオフィス棟をダンパーによって連結解析を行う。なお一昨年の論文²⁾にて同様の研究は行われているが、1自由度系質点モデルでの解析結果であり、実際の建物挙動とは異なる。そこで本研究は2自由度系質点モデルでの解析を行い、連結効果の検証を行う。

新たな連結手段の一つとしてケーブルでの連結を行う。施工性などからもケーブルは新しい連結手段の一つとなる可能性がある。そのため、検証として大学棟単体と地上との連結、そして距離の離れた建物との連結も可能であるため、大学棟とは異なる性格の擬似ビルを作成し、連結効果の検証を行う。なお本梗概では大学棟単体での連結検証は省略する。検証のため1自由度系モデルを用いてNS方向のみの解析を行う。

2.ダンパーを用いての連結検証

2.1 ダンパーの連結モデル概要

一昨年の研究で用いられた1自由度系せん断モデルをもとに2自由度系せん断モデルを作成した(図1,表1)。NS,EWの両方向に自由度を与え、質点とそれぞれの方向に働くスプリングによってモデル化した。

表1 モデルの概要

大学棟	固有周期	1次: NS3.3秒 EW3.14秒 2次: NS1.3秒 EW1.189秒
	減衰	2%(部材剛性比例型減衰)
	復元力特性	トリリニア
	使用解析ソフト	SNAP.v4
オフィス棟	固有周期	1次: NS3.00秒 EW3.08秒 2次: NS1.13秒 EW1.16秒
	減衰	2%(部材剛性比例型減衰)
	復元力特性	トリリニア
	使用解析ソフト	SNAP.v4

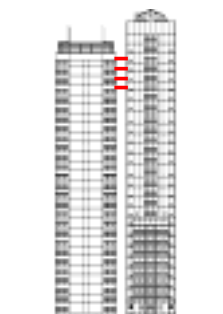


図1 東立面図概要(左:オフィス棟)

図1にダンパー設置位置も示した。2棟の配置関係から約45°方向にダンパーを設置し、両方向に働く配置とした。連結階は大学棟の28,27,26,25階とオフィス棟30,29,28,27階の計4本のダンパーを配置した。使用

するダンパー性能を図2,表2に示す。超高層同士の連結で使用するダンパーは、減衰力やストロークが大きいことが予想されるため免震用オイルダンパーを使用した。なお取付部材やダンパー自体の剛性も考慮しているが本梗概では省略する。

表2 ダンパー性能表

形式	BM200-1
最大減衰力Fmax[KN]	800
1次粘性係数C1[KN・s/mm]	0.83
2次粘性係数C2[KN・s/mm]	0.083
リリース荷重Fr[KN]	630.8
ストローク[mm]	700

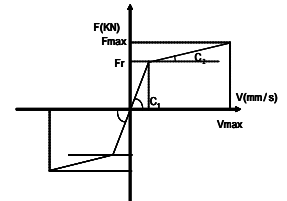


図2 ダンパー性能図

2.2 使用地震波と時刻歴応答解析結果

本研究の解析に使用する地震波として、長周期成分が卓越する東海地震(東海東南海連動型地震)と、短周期成分が卓越する首都直下型地震(東京湾北部地震)の性格が異なる2波を用いる。

NS方向の解析結果を図3に、オフィス棟の最上階の時刻歴変位比較を図4に示す。東海では、最大応答値に大きな変化は見られないが、図4を見るとダンパーにより揺れが全体的に低減しているのが分かる。直下も同様に、最大応答値ではあまり大きな効果は表れていないが、時刻歴変位比較では揺れの収束が早く、低減が確認できた。ダンパーでの連結は、性格の似た建物同士の挙動が近いためダンパーが機能しにくく、最大応答にあまり変化は見られないが、建物の振幅が早く減衰することが分かった。またダンパーの規定された減衰力やストロークに収まっていることも確認出来た。

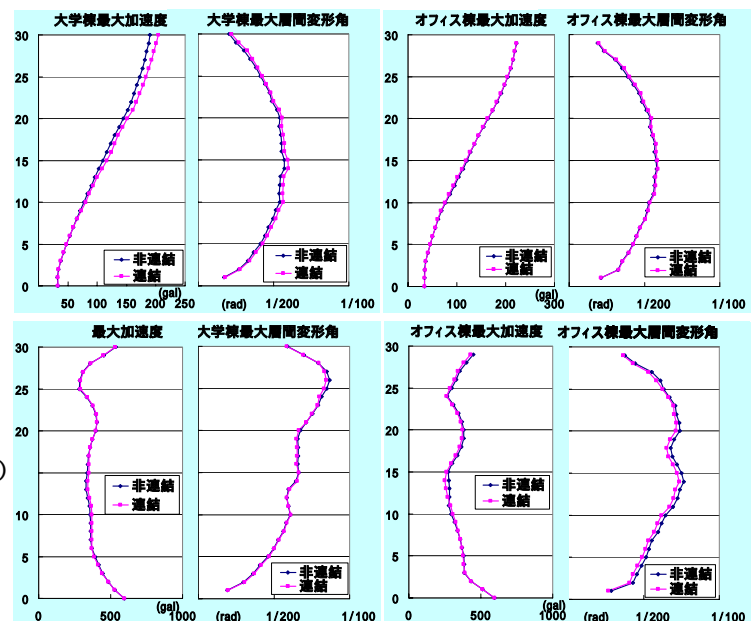


図3 ダンパー連結の解析結果 上段:東海地震 下段:首都直下地震

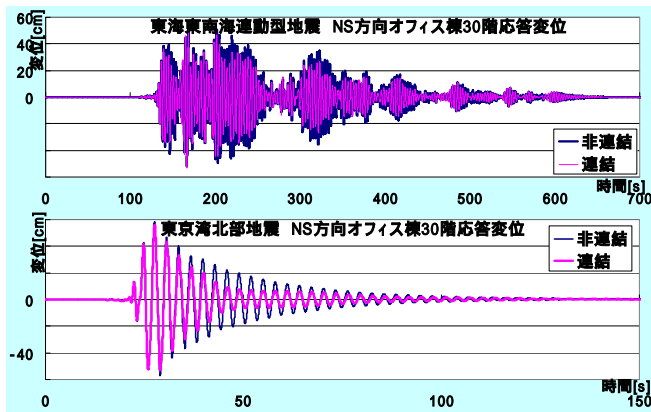


図4 オフィス棟時刻歴変位比較 上段:東海地震 下段:首都直下
3. 大学棟と性格の異なる建物との連結検証

ダンパーでの連結は、建物の距離に制限があり連結が困難の場合がある。そこで新たな連結方法の一つとしてケーブルを用いての連結を検証する。超高層同士のケーブル連結は、研究や事例がほとんどないためどのような応答を示すか未知数である。そのため、前段階として大学棟単体と地上の連結を行い、連結効果の検証を行った。その検証結果をもとに、2棟のケーブル連結を行う。なお本梗概では、検証結果の1つを示す。

連結に使用するケーブルの詳細³⁾を表3、図5に示す。破断荷重の高い構造用スパイラルロープを用いる。

表3 使用ケーブル概要

使用するケーブル	ロープ径 d(mm)	標準断面積 A(mm ²)	破断荷重 F(kN)	単位質量 W(kg/m)
構造用スパイラルロープ (ST1670) 1*217	100	6140	8730	50.3



図5 ケーブル断面図

2棟のケーブル連結では、大学棟と性格の異なる建物とを連結することで、干渉し合い応答が低減する可能性があると考えられる。そのため、大学棟とは固有周期・規模が異なり距離の離れていることを想定した擬似ビルを作成し、ケーブルを用いての連結を行う。擬似ビルの詳細を表4に示す。

表4 擬似ビル概要表

擬似ビル	規模	地上55階
	固有周期	NS:1次5.6秒 2次1.88秒
	減衰	1%(部材剛性比例型減衰)
	使用解析ソフト	SNAP.v4

固有周期は1次で5.6秒と大学棟とは異なる性格の建物を想定した。減衰であるが、連結をおこなうことで2棟を一つの建物として評価するので、擬似ビルの1次に2%を与え、大学棟の1次に過大の減衰を与えることになる。そこで非連結との比較を行うために、大学棟に減衰2%、擬似ビルに減衰1%として与えた。またケーブル自体の剛性を減衰に評価されてしまうため、部材剛性比例型減衰を用いた。

擬似ビルと大学棟との連結を図6、使用するケーブル概要を表5に示した。大学棟の29階と擬似ビルの最上階で連結し、擬似ビルが大学棟を引張りすぎて変位が増大する傾向が検証結果から見られたため、地上との連結を行う。

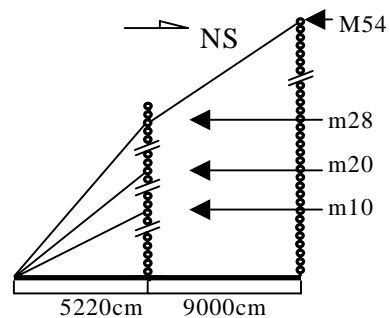


図6 大学棟と擬似ビルの連結概要(左:大学棟)

表5 擬似ビルと大学棟を連結するケーブル概要表

連結階(着点)	ケーブル長さ(cm)	連結本数(本)	1本あたりの剛性(kN/mm)
大学棟29階(m28)-擬似ビル55階(M54)	1339056	2	7.3
大学棟29階(m28)-地上	13054	2	7.5
大学棟21階(m20)-地上	10103	1	9.7
大学棟11階(m10)-地上	6814	1	14.4

解析結果を図7に示す。東海では、大学棟の加速度が増大し、変形角にはあまり変化が見られない。擬似ビルにおいては、両方の応答が増大してしまう。これは、東海のように長周期が卓越する地震では、2棟が1次モードで揺れ、引張り合う形で応答が増大したといえる。直下では、加速度が多少は増大するものの、大学棟の変形角に低減が見られる。これは、短周期が卓越する直下では、高次モードの影響が大きいいため、2棟が干渉し合い揺れを制御したことが低減に繋がったと考えられる。

ケーブル連結は、建物の挙動によって応答が低減するとは限らないことが分かった。本研究で連結した2棟では、1次モードが卓越する長周期地震において、引張り合うことで応答の低減に結びつかないことが分かった。

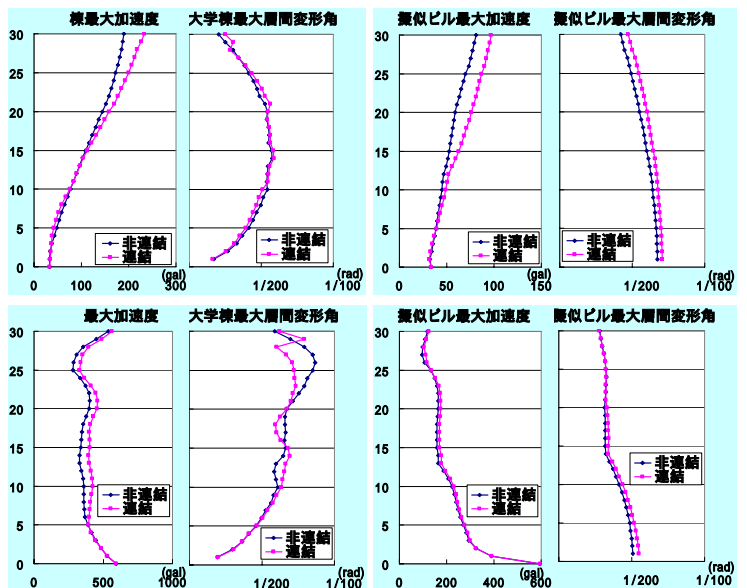


図7 2棟連結解析結果 上段:東海地震 下段:首都直下地震

4.今後の課題

ダンパー連結では、性格の似た建物同士でもより効果の期待出来る連結方法を検討したい。またケーブル連結は、本研究の2棟では、あまり大きな効果を得ることが出来なかった。だが多数の建物を連結することで応答が低減する可能性があるため今後検証していきたい。

参考文献

- 1) 伊藤 真二ほか:実建物における連結制振構法の検証、日本建築学会大会梗概集(中国)、08年9月、P177~179
- 2) 星幸男: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、2006年度卒業論文
- 3) 日本建築学会:ケーブル構造設計指針・同解説