**T2R2**東京工業大学リサーチリポジトリ Tokyo Tech Research Repository

## 論文 / 著書情報 Article / Book Information

論題(和文)	建築物のさらなる超高層化に向けた曲げせん断モデル化手法の提案 そ の2 既往手法の適用限界とその要因
Title(English)	New Bending-shear Modeling Method for Super Tall Buildings of Increasing Height (Part.2) Applicability of Past Method
著者(和文)	岡日出夫, 笠井和彦, 渡井一樹, 佐藤大樹, 前田周作, 鈴木庸介
Authors(English)	Hideo Oka, Kazuhiko Kasai, Kazuki Watai, Daiki Sato, Shusaku Maeda, Yousuke Suzuki
出典(和文)	日本建築学会大会学術講演梗概集, , , pp. 957 -958
Citation(English)	Summaries of technical papers of annual meeting, , , pp. 957 -958
発行日 / Pub. date	2019, 9
権利情報	

建築物のる	さらなる超高層化に向けた曲げせん断モデル化手法の提案
その 2	既往手法の適用限界とその要因

正会員	岡日出夫*1	同	笠井和彦*2
同	渡井一樹*2	同	佐藤大樹*2
同	前田周作*1	同	鈴木庸介*1

超高層建築物	等価質点系	曲げせん断モデル
固有周期	モード変位	高次モード

1. はじめに

本報では、その1で述べた既往の等価質点系へのモデル 化手法を用いた場合のモデル化精度を検証し、その適用 範囲と課題を示す。

2. モデル化精度検証のための解析条件

2.1 検討モデル

図1に本研究で用いる4種の検討モデルを示す。検討モ デルは近年の超高層化を踏まえ、それぞれ建物高さ80m~ 400mの超高層モデルを想定する。80mモデルは文献5)を、 150mモデルは実在する建物モデルを参考にしており、純 ラーメン構造とする。300m、400mモデルは、現状日本で 最も高い、またはそれ以上の超高層建築物を想定し、本 研究用に部材断面を試設計したモデルとする。両モデル は海外の超高層建築群を参考に、センターコア構造やア ウトリガー構造を有する架構とする。いずれのモデルも 長手並進方向を対象に検討を行う。

2.2 等価質点系のモデル化手法

本報では、その1に示す3種類の等価質点系を考える。 ・S モデル:部材構成モデルに Ai 分布に基づく水平力を 作用させた弾性解析から得られる、層せん断力 *Qi* と層間 変形 *ui*から算出したせん断剛性を用いるせん断モデル。

・B モデル: 文献 5)を基に曲げ剛性、せん断剛性を算出した曲げせん断モデル。曲げせん断分離時に負のせん断剛性が算出された場合は、最大となるせん断剛性の 10000 倍程度のせん断剛性を与える。

・S<sup>(1)</sup>モデル:1次モードを部材構成モデルと完全に一致さ せるようにせん断剛性を算出したせん断モデル。

## 2.3 入力地震動

本報では BCJ-L2 波と 1995 年兵庫県南部地震神戸海洋気 象台観測波南北成分の原波(以降、JMA 神戸波)の2 波 を用いた解析結果を例示する。図2 に入力地震動の応答ス ペクトル(*h* = 0.02)を示す。BCJ-L2 波の変位応答スペク トルでは長周期帯に向け応答値が大きくなり、1 次モード のモデル化精度が大きな影響を及ぼす。一方、JMA 神戸 波の変位応答スペクトルは 1~2 秒付近で相対的に大きくな るため、超高層建築物を等価質点系へ置換する際には高次モードも含めたモデル化精度の確保が必要となる。

## 3. 固有周期と刺激関数の比較

表1に示すように、高さが80m、150mのモデルでは、 SモデルやBモデルでも1次固有周期の差は0.1%以下と 良い対応を示す。しかし、400mモデルでは最大で約6%の ずれがあり、高層化とともに1次固有周期の精度が低下す る。図3には刺激関数の変位とその層間成分を示すが、固 有周期と同様に高層化とともに精度が低下している。ま た、SモデルやBモデルでは、柱梁以外の部材を有する場 合、高層部で層間の刺激成分に大きな誤差が生じやすい



New Bending-shear Modeling Method for Super Tall Buildings of Increasing Height

(Part.2) Applicability of Past Method

Hideo Oka, Kazuhiko Kasai, Kazuki Watai, Daiki Sato, Shusaku Maeda, Yousuke Suzuki

$\smallsetminus$		80m		150m		300m			400m				
		1st	2nd	3rd									
部材構成	T(s)	3.648	1.357	0.811	4.852	1.684	0.999	5.288	1.611	0.838	6.938	2.152	1.133
Sモデル	T <sub>S</sub> /T	1.00	1.03	1.05	1.00	1.04	1.07	0.98	1.26	1.54	0.95	1.31	1.54
Bモデル	T <sub>B</sub> /T	1.00	1.01	1.02	1.00	1.01	1.02	0.96	0.97	0.98	0.94	0.96	0.96
S <sup>(1)</sup> モデル	T <sub>S</sub> <sup>(1)</sup> /T	1.00	1.03	1.06	1.00	1.05	1.09	1.00	1.38	1.70	1.00	1.44	1.74

表1 固有周期と固有周期比

点も課題となる。一方で S<sup>(1)</sup>モデルでは、高次モードの精 度は低いものの、建物高さによらず1次の固有周期と刺激 関数は部材構成モデルと一致する。高次の固有周期と刺 激関数に関しては、B モデルが最も良く部材構成モデルを 模擬できており、高次の影響が大きい超高層建築物では せん断モデルより、曲げせん断モデルの適用が望ましい。

4. 地震応答の比較

400m モデルを対象に、主架構が弾性で、*h*<sub>1</sub> = *h*<sub>2</sub> = 0.02 の レーリー減衰を与えた場合の地震応答結果を例示する。

図4に示すように、SモデルやBモデルの時刻歴応答変 位は、部材構成モデルの応答に対し位相がずれ、最大応 答値を記録するタイミングも異なるが、S<sup>(1)</sup>モデルの時刻 歴応答変位ではそのような問題に対し大きな改善がみら れる。S<sup>(1)</sup>モデルは他のモデルと異なり、400m モデルにお いても1次の固有周期(表1)と刺激関数(図3)が部材 構成モデルと完全に一致しており、1 次モード成分が時刻 歴波形のモデル化精度に大きく寄与することが分かる。 つまり、S モデルや B モデルのような既往の等価質点系モ デル化手法では、建物モデルの高層化や柱梁以外の付加 架構によるモデルの複雑化に伴い、1 次固有周期のずれ (表1)に起因する応答波形の精度低下が課題となる。ま た、図5に示すように、各地震動における最大応答値では、 高次モードの誤差が最も少ないBモデルが部材構成モデル に近い応答を示す。特に、高次モードが大きく影響する JMA 神戸波入力時において、その傾向は顕著であり、最 大応答値のモデル化精度には高次モード成分の影響が大 きいことが分かる。そのため、最大応答値の精度向上を 目指すためには、高次モードの再現性が比較的よい曲げ せん断モデルの使用が望ましく、少なくとも1次~3次固 有モードのさらなる精度向上が望まれる。

## 5. まとめ

既往手法を用いて置換した等価質点系では、超高層建築物やコアやアウトリガーなどの構造を有するモデルへの適用に対し精度面で課題があることを示した。今後、 精度良く等価質点系へモデル化するためには、1次モード を完全に再現した上で、高次モードの精度も向上した曲 げせん断モデル(B<sup>(1)</sup>モデル)が必要と推測される。

参考文献はその1にまとめて記す。

\*2 東京工業大学未来産業技術研究所



\*1 Engineering Dept., Takenaka Corporation

\*2 FIRST, Tokyo Institute of Technology

<sup>\*1</sup>竹中工務店 エンジニアリング本部