

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	一般社団法人 日本建築学会

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

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 A_i 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 Q_i と層間変形 Δu_i 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⁽¹⁾ 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な

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

検討モデル名	80m	150m	300m	400m
建物高さ(m)	82.0	146.1	300.0	400.0
平面形状 (m) x (m)	51.2 x 35.2	64.8 x 28.8	50.0 x 50.0	50.0 x 50.0
アスペクト比	1.6	2.3	6.0	8.0
層数	20	37	60	80
1次固有周期(s)	3.648	4.852	5.288	6.938
固有周期(s) /高さH(m)	0.044	0.033	0.018	0.017

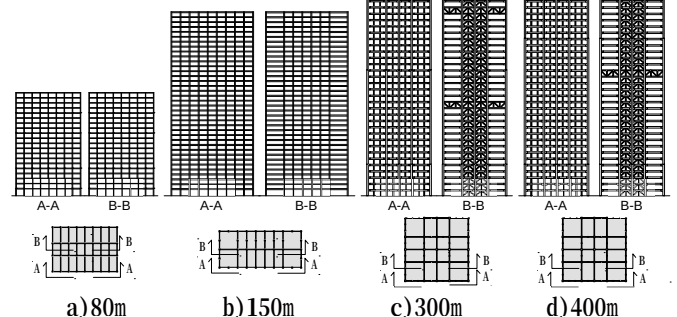


図 1 検討モデル

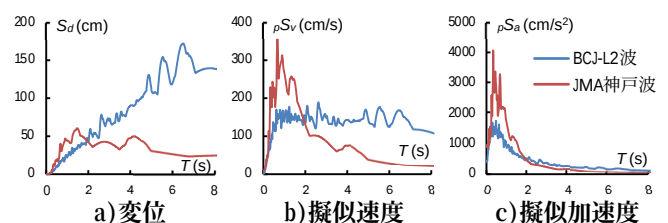


図 2 入力地震動の応答スペクトル(h=0.02)

表 1 固有周期と固有周期比

		80m			150m			300m			400m		
		1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd	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_s/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_B/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
$S^{(1)}$ モデル	$T_{s^{(1)}}/T$	1.00	1.03	1.06	1.00	1.05	1.09	1.00	1.38	1.70	1.00	1.44	1.74

点も課題となる。一方で $S^{(1)}$ 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、 $h_1 = h_2 = 0.02$ 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、 $S^{(1)}$ 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。 $S^{(1)}$ 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（ $B^{(1)}$ 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。

*1 竹中工務店 エンジニアリング本部

*2 東京工業大学未来産業技術研究所

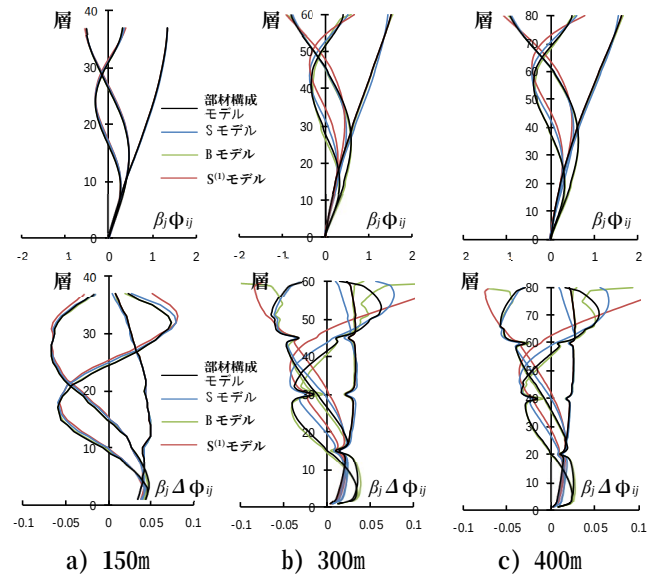


図 3 刺激関数（上段：変位 下段：層間変形）

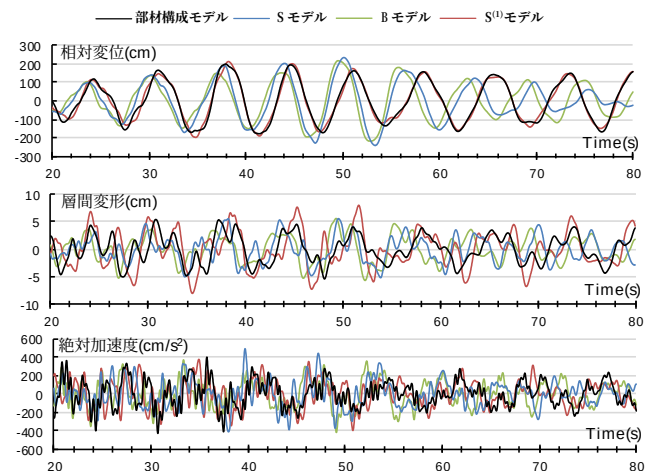


図 4 BCJ-L2 波入力時の 70 層の応答波形（400m モデル）

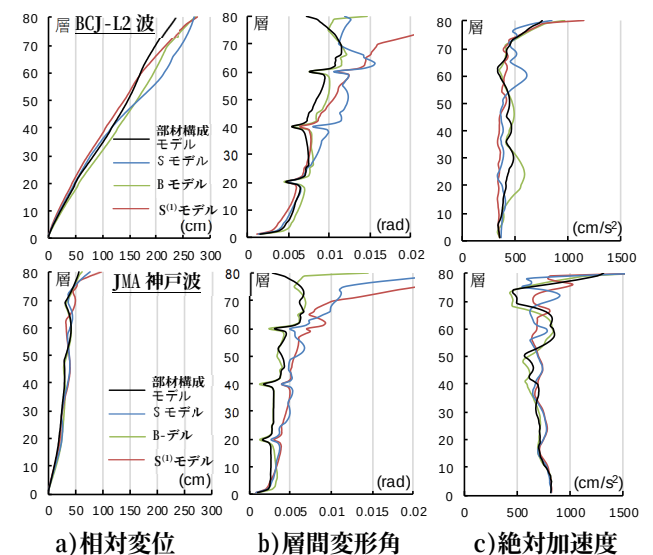


図 5 BCJ-L2 波、JMA 神戸波での最大応答（400m モデル）

*1 Engineering Dept., Takenaka Corporation

*2 FIRST, Tokyo Institute of Technology