

鉄骨トラス屋根体育館における地震時の屋根面応答に関する検討
I市体育館を例とした振動解析 その2

正会員 ○曾根拓也* 正会員 鈴木光雄*
正会員 三宅由祐*

学校体育館 屋根面ブレース 鉄骨屋根
振動解析 接合部

1 はじめに

本報その1では、建物のモデル化、静的および動的解析の概要、入力地震動について示した。本報その2では、解析結果を示し、考察を行う。

2. 応答加速度・応答変位結果

図1に各通りの上弦材位置、下弦材位置における節点の最大応答加速度の結果を示す。地震波毎の最大応答値の差異は、いずれのCaseでも30%程度であり、Elcentro_NSの応答が最大となった。また、上弦材位置と下弦材位置の節点の応答加速度を比較すると、Case2,3では、下弦材位置の方が大きい値となっている。

Case毎の結果を比較すると、耐震壁の無いCase1が各通りほぼ一様の応答値を示したのに対し、耐震壁を有するCase2,3では、側部分に対し、中央部の応答が大きく増幅した。この値は、各層の重量から算定したAi分布による水平震度を大きく上回る結果となっている。

また、Case2に対し、Case3の加速度は同程度かやや低減された値となっており、下屋の部分的な柱の拘束による発生加速度への影響は、少ない結果となった。

Case2,3において中央の加速度が大きくなったのは、屋根面が剛床ではなくフレーム毎に異なった挙動を示しているためであり、屋根面を多質点とみなし^{※3}、成田・竹内らの報告^{※4}を参考に、屋根面内でのAi分布による加速度の推定を試みる。本検討では屋根面をフレーム毎に全て分離し、計4質点とした。

計算結果は表1に示す通りであり、図1に計算で求めた加速度を点線(推定法)で記載している。なお推定法では、Co=1.0とし、Ds、Fes、Iは考慮していない。Case2のElcentro_NSのみ、推定法による加速度を上回ったが、他の地震動については、最大加速度の上限を抑えており、梁間方向の地震時に対しても、成田・竹内らの方法で精度良く加速度推定が行えたと考える。

図2にElcentro_NSの応答変位を示す。Case1と3の両側と中央において加速度は大きな差が生じていたが、変位差に着目すると20mm程度でほぼ同じ値である。

これは、本振動は一次モードが卓越しており、両側と中央の加速度の比が振幅の比に比例する傾向になったためと考えられる。

表1 屋根を多質点とした場合の水平震度

位置	Wi	Σwi	Ai	Ci	Qi	Pi	Ki	
R階	XB4.5通り	1493	1493	1.78	1.78	2657	2657	1.78
	XB3.6通り	1510	3003	1.52	1.52	4561	1904	1.26
	XB2.7通り	1731	4734	1.38	1.38	6514	1953	1.13
	XB1.8通り	4959	9693	1.16	1.16	11256	4742	0.96
2階	5927	15620	1.00	1.00	15620	4364	0.74	

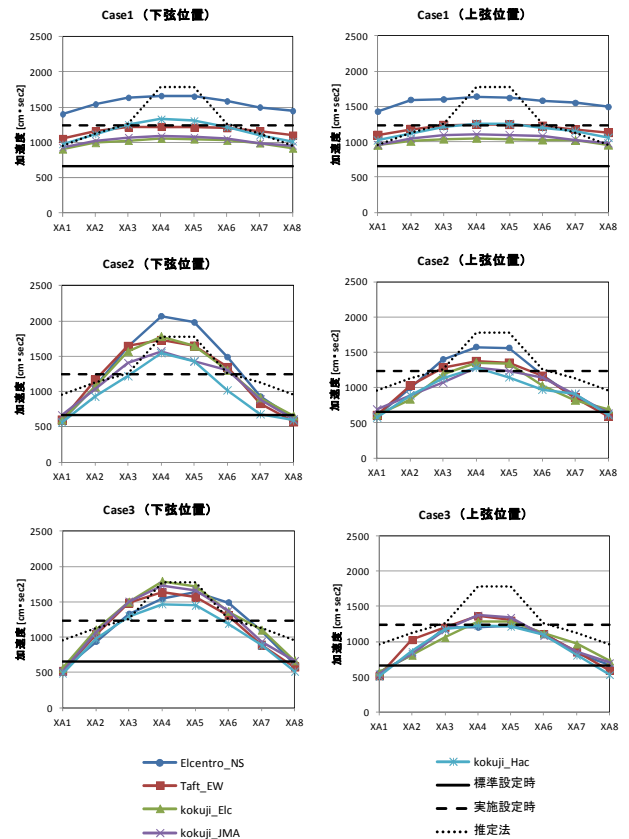


図1 各通り最大応答加速度グラフ

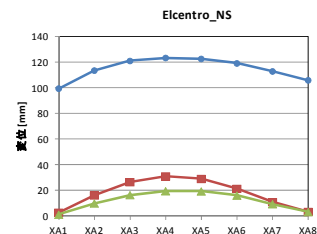


図2 各通りの最大応答変位グラフ

3.部材応力の応答結果

3.1 各部材の降伏状態

本建物の降伏は、ブレースの圧縮降伏と柱脚ひび割れ降伏が主要な降伏であり(図 3)、ブレース引張降伏と柱脚のヒンジは発生しなかった。

その他梁端部の弱軸曲げひび割れと、耐震壁のひび割れが生じたが、いずれも軽微であり、本物件は全体として塑性化の程度の少ない架構であった。

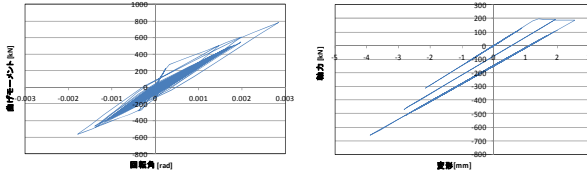


図 3 履歴結果

(左 : X4-1 階柱脚、右 : X1-2 間ブレース)

3.2 下弦材の接合部軸力

図 4 に下弦材と RC 躯体の接続部に発生する軸力の最大値をまとめる。振動解析の応力値は、静的解析の応力値よりも大きく、推定法の水平震度で解析した値との開きも、応答加速度で比較した時に比べて大きい。

これは、推定法では上下弦位置で同じ水平震度を用いたが、振動解析では上弦材位置は水平ブレースの拘束により加速度増幅が低減される一方、下弦材位置では加速度が増幅し、下弦材位置から上弦材位置へ水平力の移行が顕著に行われたためである。下弦材の接合部設計の際は設計応力に余裕を見込む等の必要があると考えられる。なお、下弦材の最大圧縮軸力は長期も含め 489kN であり、文献 5 に示す実験結果の圧縮耐力 P に対して十分な余裕を有していることを確認した。

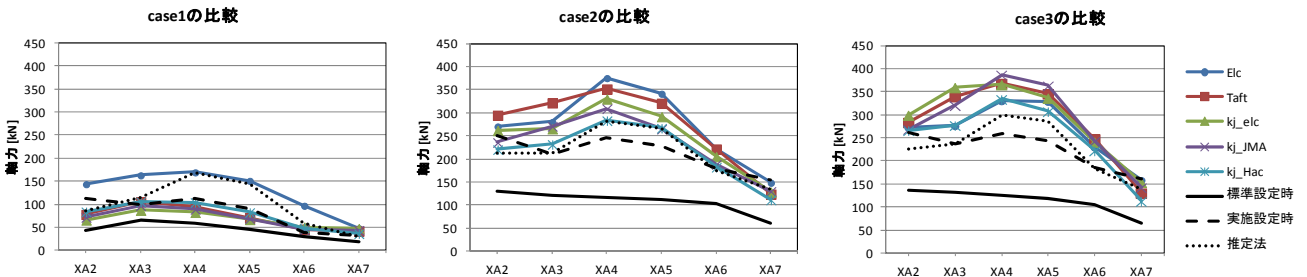


図 4 下弦材端部の各通りの最大発生軸力 (長期を含まない)

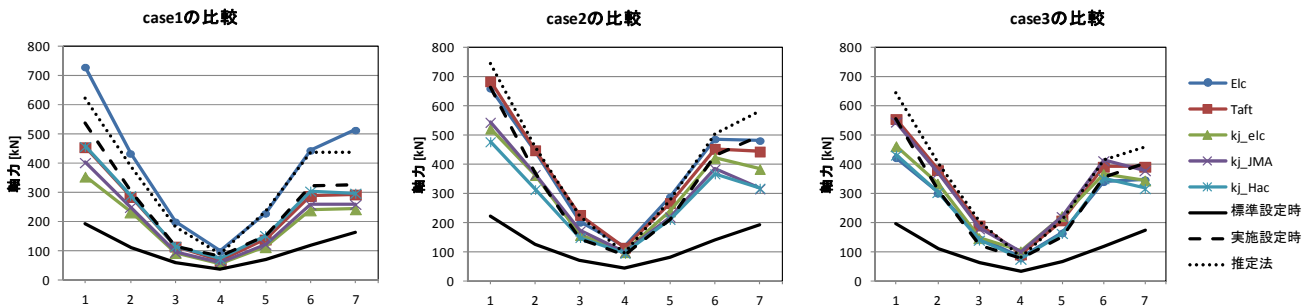


図 5 水平ブレースの各列の最大発生軸力 (横軸はXA1側から数えたブレースの列を示す)

3.3 ブレースの発生軸力

図 5 にブレースに発生する軸力の最大値をまとめる。ブレースの発生軸力は中央部からの累積であるため、実施設定時と、推定法の水平震度による静的解析でも、振動解析の結果との差は小さかった。

4. まとめ

実例を題材とした鉄骨トラス屋根体育館の振動解析を行い、以下の知見を得た。

- 1) 耐震壁が両端にある屋根面の加速度は、平面中央と両側で大きな差異を示し、中央では 1 質点として算定した水平震度を大きく上回る。
- 2) 本例の梁間方向の振動による最大応答加速度は、フレーム毎に質量を設けた Ai 分布でおよそ推測可能であり、ブレース応力もおおよそ一致した。ただし、下部構造とトラス材の接合部の応力は、上下弦材位置の発生加速度の差異による水平力の移行により、振動解析の結果の方が大きくなったため、推定法を用いた結果に対し、余裕を見込むなどの必要があると考える。
- 3) 部分的な下屋の存在が屋根面の応答加速度・変位に与える影響は少なかった。

参考文献

- 1) (社)建築研究振興協会他：東日本大震災における鉄骨屋根構造の被害調査報告, 2013.2
- 2) (社)日本建築学会東北支部：2011 年東日本大震災災害調査報告, 2013.5
- 3) 長屋敦士, 柴田良一, 中澤祥二, 大家貴徳, 加藤史郎：桁行き方向に地震動を受ける体育館のリスクアナリシス その 1：等価質点モデル, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (東北), 2009.8
- 4) 成田和彦, 竹内徹, 松井良太：RC 妻面架構を有する鉄骨屋根体育館の耐震性能, 日本建築学会構造系論文集, 第 78 巻 第 698 号, p1895-1904, 2013.11
- 5) 徐蓄, 松岡祐一, 鈴木光雄, 曾根拓也, 三宅由祐：摩擦接合型コネクタを用いたスギ集成材と鋼板によるハイブリッド材の軸方向繰り返し載荷実験, 日本建築学会大会(近畿), 2014.9