

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	ギャップブレースを取り付けた鉄骨架構の静的解析
Title(English)	Static analysis of steel frame with gap brace
著者(和文)	美濃地正樹, 佐藤大樹, 笠井和彦, 佐分利和宏, 前田達彦, 増田寛之
Authors(English)	Masaki Minoji, Daiki Sato, Kazuhiko Kasai, Kazuhiro Saburi, Tatsuhiko Maeda, Hiroyuki Masuda
出典(和文)	日本建築学会大会学術講演梗概集, , , pp. 953-954
Citation(English)	Summaries of technical papers of annual meeting, , , pp. 953-954
発行日 / Pub. date	2020, 9
権利情報	一般社団法人 日本建築学会

ギャップブレースを取り付けた鉄骨架構の静的解析

既存超高層建物 鉄骨架構
静的解析 ギャップブレース

1. はじめに

近年、南海トラフ地震による長周期地震動が三大都市圏（関東、中京、大阪）等で発生することが予想されており、超高層建物への被害が懸念されている¹⁾。既存超高層建物において、場合によっては改修が必要となる可能性がある。そこで、建物の固有周期を変えることのない制振ダンパーと大振幅地震動のときにのみフェイルセーフとして作用する変形制御機構を併用した制振改修が幾つか提案されている²⁾⁴⁾。本研究では、オイルダンパーと、層間変形があるレベルを超えたときのみ、層剛性を高めて、変形増加を防ぐ機構を設けたブレース（以降、ギャップブレースと呼ぶ）を取り付ける制振改修を対象とする。ギャップブレースを取り付けた架構の上梁の挙動を把握するため、まず試験体を設計し、部材の材料特性に鋼材の基準強度を反映した解析モデルで実験の事前解析を実施した⁵⁾。本報では、引張試験により得られた部材の材料特性を解析モデルに反映し、部材の応力についてを考察する。

2. 解析モデル概要

図1に、解析モデルを示し、図2にギャップ部分の拡大図を示す。節点を黒丸で示し、柱、梁、ブレース部材を赤線で、ギャップ要素を青線で、剛域を黒太線で示す。上部の柱梁接合部のパネルゾーンフェイスまでを剛域と設定し、架構の支持条件はピン支持とし、全ての節点を面外方向（Z方向）に拘束した。加力点は上梁左端の節点とした。本解析モデルでは、梁、柱、およびブレース材を、非線形梁柱要素（以降、梁要素）でモデル化した。試験体のブレース材を、ボルト接合ではなく溶接でガセットプレートに接合したため、ブレース材は端部を剛接合の梁要素でモデル化した。主架構の変形が進んだ際ブレースの上部部材（以降、ブレースヘッド）に接触させる部材（以降、ビームヘッジ）の取付箇所と下梁のカバープレートを接合した箇所は、耐力及び剛性の上昇を考慮した断面性能を有する梁要素で部材を設定した。ギャップは、ギャップ要素を用いて剛性を極めて高い値とし、間隔を8mmに設定した。ブレースヘッドの面外方向の挙動を抑えるため、ブレースヘッドの面外両方向にビームヘッジとボルト接合した溝形鋼（以降、面外拘束部材）を設け、ビーム

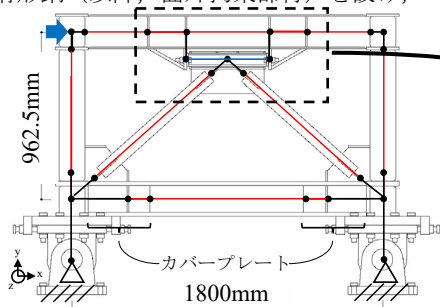


図1. 解析モデル図

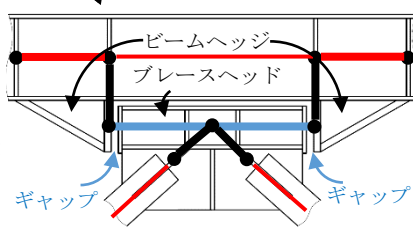


図2. ギャップ部分拡大図

正会員 ○美濃地正樹*1 同 佐藤大樹*1 同 笠井和彦*1
同 佐分利和宏*2 同 前田達彦*2 同 増田寛之*2

ヘッジの先端を端点にし、梁要素でモデル化した。静的解析において、梁要素は曲げモーメント M と軸力 N を同時に受けるため、 M - N 相関を文献5)と同様に設定した。

3. 引張試験結果

表1に鋼材の基準強度、ミルシートの値および引張試験によって得られた降伏強さを示す。ミルシートの値を基準強度と比較すると、梁および柱材における鋼材の降伏強さは、1.2倍程度であり、ブレース材は1.9倍程度であった。引張試験結果を基準強度と比較すると、梁および柱材における鋼材の降伏強さは、1.3倍程度であり、ブレース材は1.7倍程度であった。

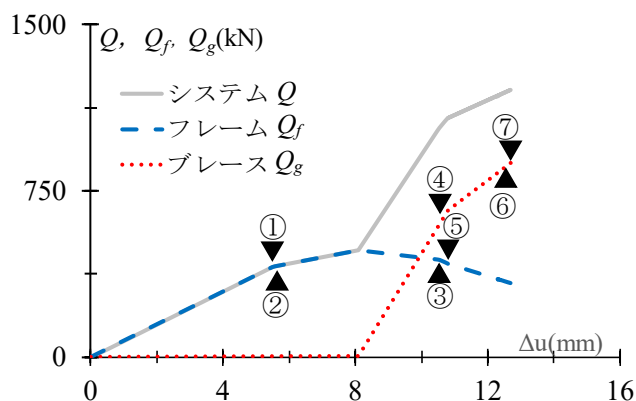
4. 解析結果

4.1 層せん断力-層間変形関係

フレームのせん断力 Q_f は柱のせん断力の総和とし、ギャップブレースのせん断力 Q_g は左右のブレースに生じる軸力の x 方向成分の総和とする。システムのせん断力 Q はフレームのせん断力 Q_f およびブレースのせん断力 Q_g の総和とし、フレームの層間変形 Δu は上梁の左端と下梁の左端の x 方向変位の差とする。図3に、引張試験より得られた材料特性を反映した、 Q 、 Q_f および Q_g と Δu の関係を示す。フレーム剛性 K_f は 73.7 kN/mm であり、① $\Delta u = 5.48 \text{ mm}$ ($R = 1/176$) で上梁左端に、② $\Delta u = 5.56 \text{ mm}$ ($R = 1/173$) で上梁右端に降伏が生じたことで、フレーム剛性は0.4倍程度に低下した。部材の材料特性に鋼材の基準強度を使用した場合の解析結果⁵⁾と比較すると、上梁端部に降伏が生じる層間変形は1.3倍程度上昇し、表1に示す梁部材の引張試験結果と基準強度の降伏強さの比と対応する。 $\Delta u = 8 \text{ mm}$ ($R = 1/120$) でギャップブレースが剛性を発揮する。ギャップブレース剛性 K_g の値は、 242.8 kN/mm であり、 K_f と K_g の比は1:3.3となった。ギャップブレースが剛性を発揮後、フレームのせん断力 Q_f は低下していることが確認できる。この理由については後述する。③ $\Delta u = 10.5 \text{ mm}$ ($R = 1/92$) で下梁両端に、④ $\Delta u = 10.7 \text{ mm}$ ($R = 1/90$) で左右ブレース下端に降伏が生じた。⑤ $\Delta u = 10.8 \text{ mm}$ ($R = 1/89$) で上梁左端スチフナ左側の節点に降伏が生じたことで、システムの剛性は0.6倍程度に低下した。その後⑥ $\Delta u = 12.6 \text{ mm}$ ($R = 1/76$) で左右ブレース上端に降伏が生じ、⑦ $\Delta u = 12.7 \text{ mm}$ ($R = 1/75$) でブレースの軸降伏力に相当する軸力が作用した。

表1. 部材の材料特性の比較

部材名	降伏強さ σ_y		
	基準強度 (N/mm^2)	ミルシート (N/mm^2)	引張試験結果 (N/mm^2)
上梁	235	289	300
上梁(ビームヘッジ取り付け部)	235	289	300
下梁	325	381	423
下梁(カバープレート取り付け部)	325	381	423
面外拘束部材	325	409	418
柱部材	325	408	441
ブレース材	235	447	415



4.2 部材に生じる応力の検討

本節では解析モデルの応力図から、システムの挙動を考察しギャップブレースが剛性を発揮後に Q_f が低下する原因について検討する。図4に、解析結果より得られた各部材の応力図を示す。部材の降伏位置を○で、モーメントを実線で、上梁左側およびブレースに生じる軸力と柱に生じるせん断力を矢印で示す。図4(a)では、ギャップブレースが剛性を発揮する前に、上梁の左端で曲げモーメントによる降伏が生じた。図4(b)では、ギャップブレースが剛性を発揮する直前の部材の応力図を示し、 Q_f が最大となる。図4(c)では、ギャップブレースが剛性を発揮した後、柱脚に作用するせん断力の増加に伴い、下梁の端部に作用する曲げモーメントが増加し、下梁の端部に降伏が生じた。図4(b)と(c)を比較すると、上梁のモーメントは、概ね連続的であり(図4(b))、上梁に偏心曲げモーメントが作用したため不連続である(図4(c))ことが確認された。そして生じた偏心曲げモーメントにより上梁端部のモ

ーメントが低下することで、柱のせん断力が低下した。図4(d)では、ブレース端部を剛接合としてモデル化したため、曲げモーメントと軸力によりブレース材の下端に降伏が生じた。図4(e)では、上梁に作用する軸力が増加し、軸力と曲げモーメントにより上梁左端スチフナの左側の節点に降伏が生じた。図4(f)より、ブレース材の上端に降伏が生じているが、モーメントは小さく軸力が支配的になっていることがわかる。

5 まとめ

本報では、引張試験により得られた部材の材料特性を考慮し、ギャップブレースを取り付けた架構の静的解析を実施した。本システムは変形を制御するだけでなくフレームに生じるせん断力を低減できることを解析的に示した。今後は実験により本システムの有効性を検証する予定である。

謝辞

本研究は東京工業大学と(株)竹中工務店との共同研究であり、一部はJST 産学共創プラットフォーム共同研究推進プログラムによるものです。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 国土交通省:超高層建築物等における南海トラフ沿いの巨大地震による長周期地震動対策について(技術的助言), 2016.06
- 2) 佐藤大樹, 船木尚己, 川股重也: 硬化型非線形復元力をもつ制振架構の振動応答, 日本地震工学シンポジウム論文集, 第11号, pp.1649-1654, 2002.11
- 3) 野村尚史, 佐藤大樹, 北村春幸, 植木卓也, 宮川和明: 高強度鋼と制振部材及び変形制御機構を組合わせた高耐震性能構造の部材レベルモデルによる検討, 日本建築学会大会関東支部研究報告集, 2013.03
- 4) 増田寛之, 上野史也, 渡井一樹, 佐藤大樹, 笠井和彦, 佐分利和宏, 前田達彦: 既存超高層建物の大振幅地震動に対する制振改修, その3, 日本建築学会大会学術講演梗概集(北陸), 21433, 2019, 09
- 5) 美濃地正樹, 佐藤大樹, 笠井和彦, 渡井一樹, 上野史也, 佐分利和宏, 前田達彦, 増田寛之: ギャップブレースを取り付けた架構の静的載荷実験における事前解析, 日本建築学会大会関東支部研究報告集, 2020.03

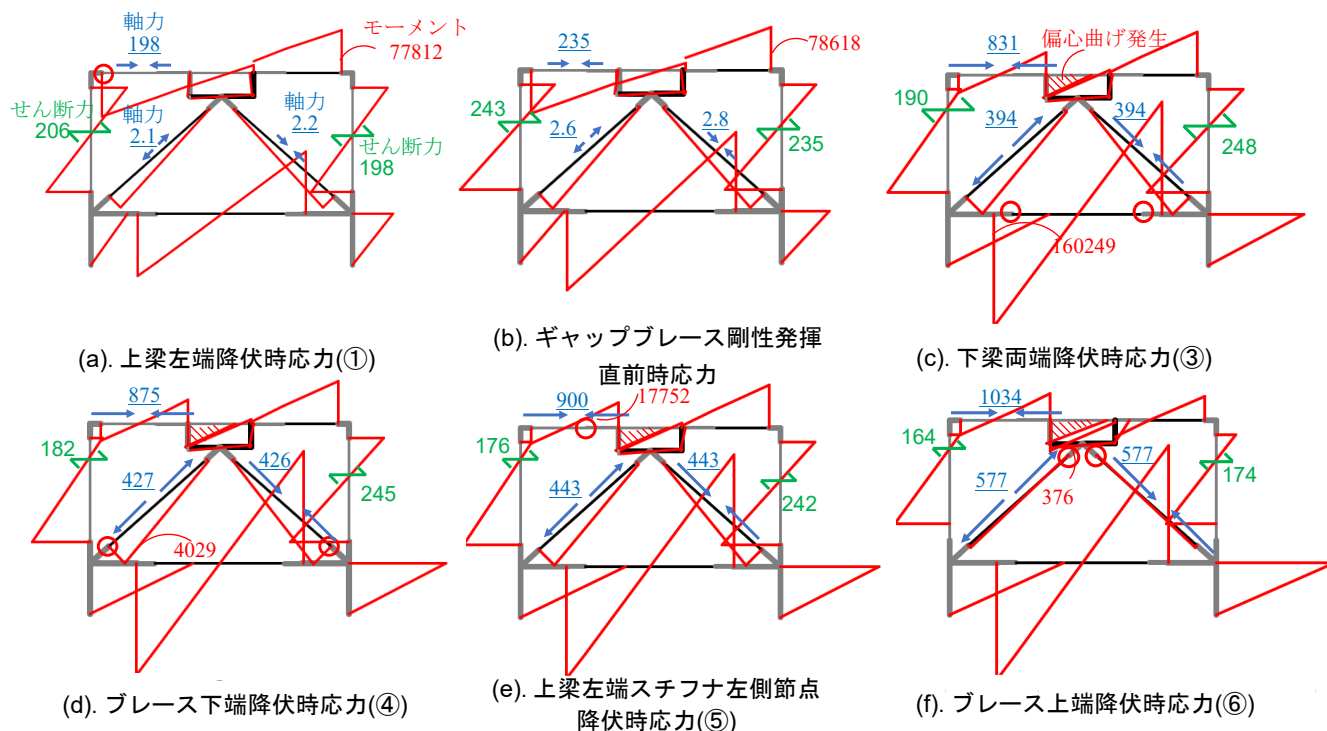


図4. 部材の応力分布図(単位:kN(軸力, せん断力), kN・mm(モーメント))

*1 東京工業大学

*2 株式会社竹中工務店

*1 Tokyo Institute of Technology

*2 Takenaka corporation