

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力学的挙動の検討 その1 実験概要
Title(English)	Study on mechanical behavior of steel frame with gap brace system, Part 1 : Outline of experiment
著者(和文)	矢野将斗志, 佐藤大樹, 美濃地正樹, 高橋周吾, 笠井和彦, 佐分利和宏, 前田達彦, 増田寛之
Authors(English)	Masatoshi Yano, Daiki Sato, Masaki Minoji, Shugo Takahashi, 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. 793-794
Citation(English)	, , , pp. 793-794
発行日 / Pub. date	2021, 9
権利情報	一般社団法人 日本建築学会

## ギャップブレスを取り付けた鉄骨架構の力学的挙動の検討

## その1 実験概要

鉄骨架構 大振幅地震動 静的載荷実験  
変形制御機構 ギャップブレス

正会員 ○矢野将斗志\*1 同 佐藤大樹\*1 同 美濃地正樹\*1  
同 高橋周吾\*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

## 1. はじめに

近年、南海トラフ地震による長周期地震動などの大振幅地震動の発生が予測されており、超高層建物への被害が懸念されている。大振幅地震動はこれまでの設計レベルを大きく上回るため、既存超高層建物においても大振幅地震動に対する耐震性を検証することが望ましく、制振ダンパーを用いた制振改修がよく検討される。しかし、既存建物は建築計画や周辺部材の耐力の変更が難しいなどの制約条件が多く、設計者の定めるクライテリアを満足する制振設計ができない場合もある。そこで、設置制限が課せられた状況でも高い変形制御効果を発揮する機構（以降、変形制御機構）が求められる。変形制御機構については、ある変形以上の範囲で作用する硬化型復元力特性を持つ機構として様々な研究がなされている。上野ら<sup>1)</sup>は既存超高層建物を対象として、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剛性を高めて変形増加を防ぐブレス機構を併用した制振改修設計法を提案しているが、ブレスの架構への取り付け方の検討は示されていない。また、高橋・田村ら<sup>2)</sup>は変形制御機構のギャップ付き剛性増大機構を取り付けた鉄骨架構を設計・作成し、静的載荷実験を行い、架構に変形が生じた際に、変形制御機構が剛性を発揮し変形が制御されることを示したが、架構に及ぼす影響の詳細な検討は未だ行われていない。そこで本研究では、ブレス材にギャップを設けた機構を取り付けた鉄骨架構を設計・作成し、挙動や応力状態の把握を目的とした静的な検討を行う。本報では、試験体を用いた静的載荷実験による実験的検討及び線材要素で試験体をモデル化し、実験を模擬した解析的検討を行う。本報その1では実験の概要について述べる。

## 2. 試験体概要

本試験体は、実際の既存超高層建物の寸法を1/4倍に縮小した1層1スパンの部分架構である。図1に試験体および計測概要を示す。なお、計測概要については3.2節で後述する。試験体の柱梁耐力比が1.2となるよう、柱の断面を角型鋼150×150×12、梁の断面をH型鋼194×150×6×9に決定した。ギャップを設けたブレス機構（以降、ギャップブレス）のブレス材断面を、角型鋼80×80×4.5（以降、B80試験体）と角型鋼60×60×3.2（以降、B60試験体）の2種類とし、ブレス材断面の違いを試験体のパラメータとする。B80試験体におけるブレス材に降伏軸力が生じた場合を想定し、接合部に作用する応力を母材の許容応力度で除して得られる安全率 $\beta_s$ が1.5以上になるように

接合部を設計した。ギャップブレス詳細を図2に示す。ギャップブレスを主架構にある程度の変形が生じた際に剛性を発揮し始める機構とするため、ブレス材の上部に箱型の部材（ブレスヘッド）を取り付け、上梁に完全溶け込み溶接で取り付けられた部材（ビームヘッジ）との間にギャップ（ギャップ間隔）を設けた。試験体は、想定外の地震発生時に、上梁の降伏は許容するが建物の崩壊を防ぐというコンセプトで設計されており、ギャップ間隔は設計コンセプトを考慮した事前解析<sup>3)</sup>より7.5mmに決定した。

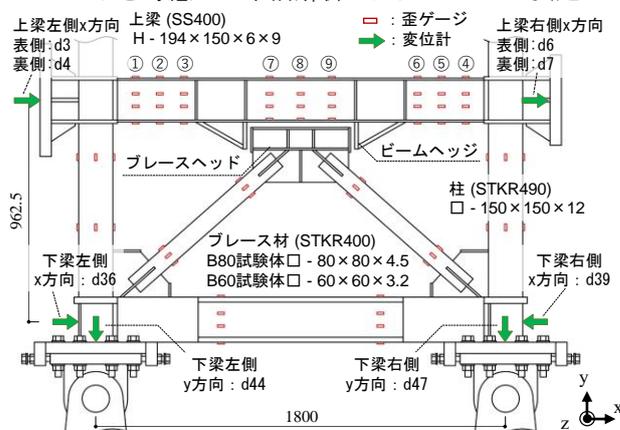


図1 試験体及び計測概要 (B80試験体) (単位:mm)

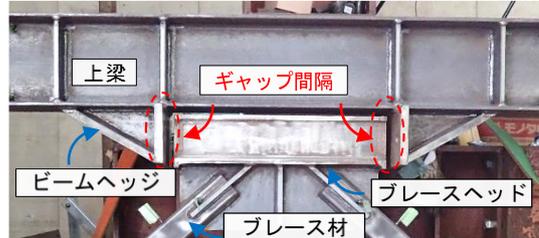


図2 ギャップブレス詳細

## 3. 実験概要

## 3.1. セットアップ概要

図3にセットアップ概要を示す。z方向に二本並ぶ載荷フレームの間に設けられた小梁上に基礎梁を設置し、その上にピン支持材、試験体を設置した。試験体の面外方向挙動を、2種類の面外拘束治具によって試験体を挟みこむことで拘束する。本実験で使用するジャッキの最大揚量は1000kNであり、左右の2つのジャッキによる繰り返し載荷を実施する。正載荷時は左ジャッキを圧縮側に変位制御し、右ジャッキをジャッキフリーの状態とする。負載荷時はその逆を行った。左右のジャッキの荷重 $Q_L$ 、 $Q_R$ はジャッキに内蔵されたロードセルより計測されており、ジャッキ荷重 $Q_J$ を、 $Q_L$ と $Q_R$ の総和として算出する。

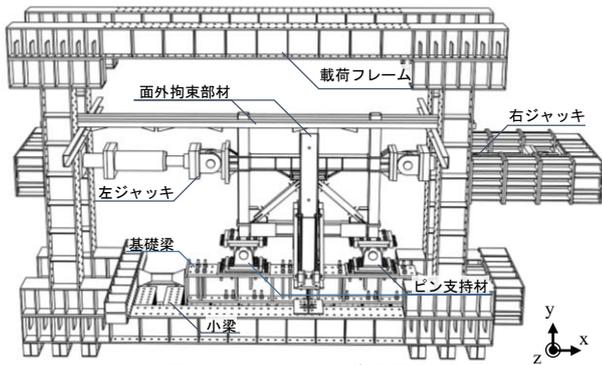


図3 セットアップ概要

### 3.2. 計測概要

図1の計測概要より、層間変形  $\Delta x'$  を、上梁 (d3, 4, 6, 7) と下梁 (d36, 39) の  $x$  方向変位の差から、剛体回転による影響 (d44, 47) を差し引いたものと定義する。歪計測は試験体各部材の応力の算出を目的とする。上梁は9断面、下梁は2断面、柱、ブレース材は左右の各部材で2断面の計測を行なっている。上梁、下梁のH型鋼では、上下の各フランジで2枚、ウェブで4枚の1断面当たり計8枚、柱、ブレース材の角形鋼では、各断面に計4枚の歪ゲージを用いる。

### 3.3. 上梁に生じる応力の算出方法

本節では上梁に生じる応力の算出概要を示す。1断面当たり8枚の歪ゲージの計測値から、文献4)を参考に最小二乗法を用いて歪分布を求め (図4(b))、上梁の応力を算出する。軸歪  $\varepsilon_{na}$  が断面に一樣分布すると仮定し (図4(c))、上梁の軸力  $N_{Gi}^u$  は以下のように求められる。

$$N_{Gi}^u = A_G^u \cdot E_G^u \cdot \varepsilon_{na} \quad (1)$$

ここで  $A_G^u$  は上梁の断面積、 $E_G^u$  は上梁のヤング係数を表す。

$i$  ( $i=1\sim 9$ ) に生じる曲げモーメント  $M_{Gi}^u$  は、歪分布  $\varepsilon$  に  $E_G^u$  を乗じて応力度分布  $\sigma$  を求め、上梁断面をフランジとウェブに分割し (図4(d))、以下のように求められる。

$$M_{Gi}^u = \sum F_j \cdot \bar{y}_j \quad (2)$$

ここで  $F_j$  は断面  $j$  ( $j=1\sim 4$ ) の負担する力で、断面  $j$  の応力度の平均値  $\bar{\sigma}_j$  に断面  $j$  の面積  $A_j$  を乗じた値である。 $\bar{y}_j$  は部材の中心軸から断面  $j$  の重心までの距離である。

本実験では上梁に降伏が生じることを想定している<sup>3)</sup>。そこで材料試験結果より得られた応力度-歪関係を考慮し

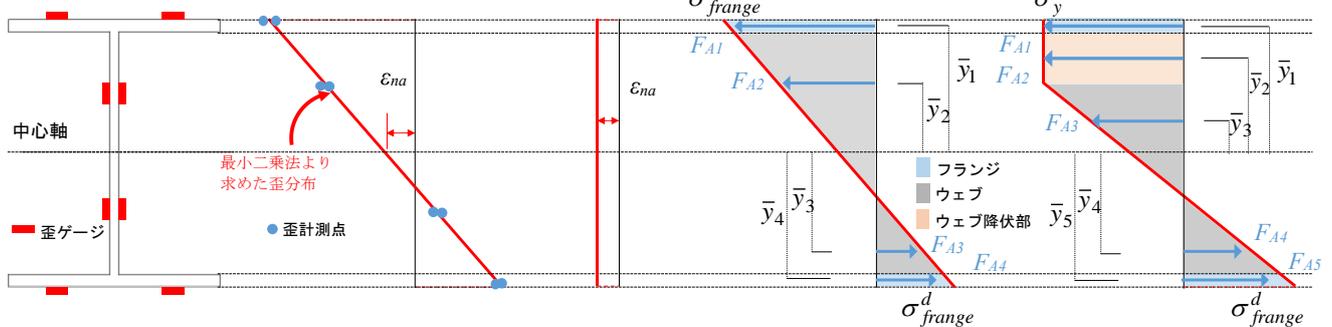


図4 上梁に生じる応力の算出概要

て、歪分布上での歪値  $\varepsilon$  が塑性歪  $\varepsilon_y$  を上回る断面の応力度を、降伏応力度  $\sigma_y$  で一定とし (図4(e))、曲げモーメントを算出する。

### 3.4. 曲げモーメント分布算出方法

上梁のモーメント分布は、曲げモーメントが上梁の部材軸方向に線型的に分布すると仮定して、前節で算出方法を示した  $M_{Gi}^u$  ( $i=1\sim 9$ ) を用いて算出する。図5に正載荷時のモーメント分布を例として示す。ギャップブレース稼働時 (以降、ブレース稼働時) にブレースヘッドから伝達される力によって、上梁の曲げモーメント分布が不連続となることが想定される。上梁歪計測箇所9断面を、左ビームヘッジ端部を境界として分割し、上梁左側の3断面 (①, ②, ③) と残りの6断面においてそれぞれ最小二乗法を用いて、柱梁接合部の中心点間におけるモーメント分布を算出する。負載荷時は、上梁右側の3断面 (④, ⑤, ⑥) と残りの6断面でそれぞれ最小二乗法を用いてモーメント分布を算出する。なお、ブレース稼働前において、最小二乗法で用いる断面を9断面にした場合と、3断面と6断面に分割した場合のモーメント分布が、概ね一致していることを確認している。柱、ブレース、下梁の曲げモーメント分布を算出するにあたり、まず歪計測箇所の2断面で曲げモーメントを算出する。曲げモーメントは各部材軸方向に線型的に分布すると仮定し、モーメント分布の勾配を求め、部材端まで延長したものを曲げモーメント分布とする。

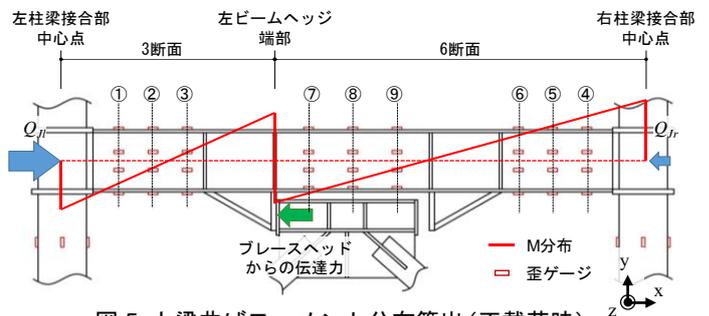


図5 上梁曲げモーメント分布算出 (正載荷時)

### 4. まとめ

本報その1では、試験体および実験概要について述べた。本報その2では実験結果の考察を示す。

謝辞および参考文献は本報その3にまとめて記す。

\*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