

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 5 試験体に生じる応力の評価
Title(English)	Study on mechanical behavior of steel frame with gap brace system, Part 5 : Evaluation of internal force and additional stress
著者(和文)	矢野将斗志, 佐藤大樹, 笠井和彦, Alex Shegay, 佐分利和宏, 前田達彦, 増田寛之
Authors(English)	Masatoshi Yano, Daiki Sato, Kazuhiko Kasai, Alex Shegay, 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, II, , pp. 599-600
Citation(English)	, II, , pp. 599-600
発行日 / Pub. date	2022, 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 5 試験体に生じる応力の評価

鉄骨架構 大振幅地震動 静的载荷実験
変形制御機構 ギャップブレス 付加応力

正会員 ○矢野 将斗志*1 同 佐藤 大樹*1 同 笠井 和彦*1
Alex Shegay*1 同 佐分利 和宏*2 同 前田 達彦*2
増田 寛之*2

1. はじめに

本報その 5 では、実験結果における試験体に生じる応力の考察や上梁に生じる付加応力の評価を行う。

2. 荷重 - 層間変形角関係

Fig.1 に荷重 - 層間変形角関係を示す。 Q_F は主架構水平力、 Q_B はブレス水平力を示しており、 Q_F と Q_B の和としてシステム水平力 Q_S が算出される。なお、本章では Q_S とジャッキ荷重 Q_J の釣り合いを確認できることから（本報その 4） Q_S による評価を行う。本実験において $Q_J = \pm 400\text{kN}$ サイクルでは、両試験体ともブレスは稼働せず、 $Q_J = \pm 600\text{kN}$ サイクル以降でギャップ間隔と概ね等しい層間変形でブレスが稼働することによる主架構剛性 K_S の上昇を確認できる。この時、 Q_F はブレス稼働とともに低減するが、この理由については後述する（3 章）。B80 試験体においては（Fig.1(a)） $Q_J = \pm 1000\text{kN}$ サイクルまでブレスは概ね弾性的挙動を示し、変形制御効果が得られる一方で、B60 試験体は（Fig.1(b)） $Q_J = \pm 800\text{kN}$ サイクルにおいても 600kN サイクル同様の傾向を示すが、ブレス材に降伏が生じ始めることからブレス剛性 K_B および K_S に非線形性が生じる。さらに、 $Q_J = \pm 1000\text{kN}$ サイクルにおける最大荷重時に圧縮側ブレスに座屈が生じることで Q_S が頭打ちになり、システムが最大耐力を迎えるため、変形制御効果が得られなくなる。

3. 主架構とブレスの水平力

Fig.2 に荷重増大に伴う主架構とブレスの水平力を示す。Fig.2(a) の B80 試験体に着目すると、ブレス稼働前はジャッキ荷重増大に伴い Q_F は増加するが、ブレス稼働後の 600kN サイクル以降では、 Q_F の増加は抑えられ、さらに 800kN サイクル以降で Q_F が低下傾向にある。これは、600kN 時には上梁端部が降伏モーメントに達し、上梁柱接合部の節点モーメントの上昇が見込めなくなることに加え、ブレスが稼働することで上梁に付加モーメントが生じ、上梁のモーメント分布が不連続となることで上梁端部のモーメントが減少していくためである。なお Q_F の低下傾向は、事前解析結果からも得られている³⁾。続いて Fig.2(b) の B60 試験体に着目すると、ブレス稼働後の 600kN サイクル以降における Q_F の増加は抑えられるが、B80 試験体と異なり 800kN 以降の低下傾向は見られない。 Q_F が抑えられた要因としては、B60 試験体においても上

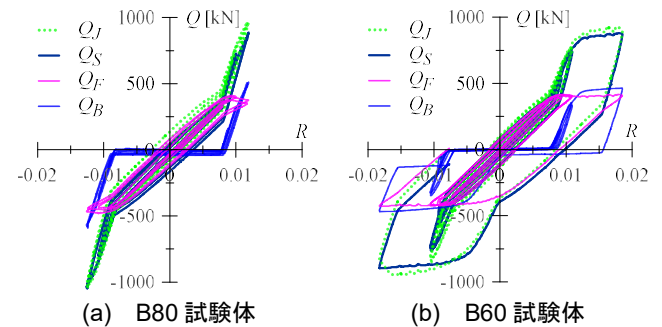
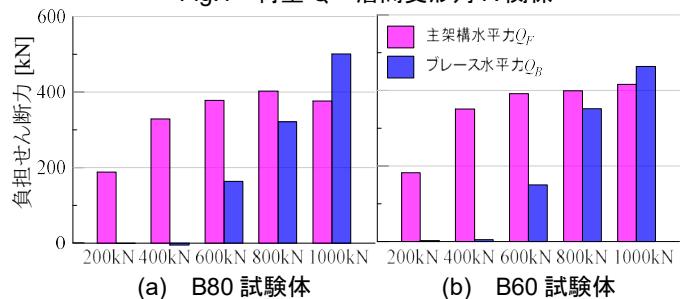
Fig.1 荷重 Q - 層間変形角 R 関係

Fig.2 主架構とブレスの水平力 [kN]

梁端部に降伏が生じ、上梁柱接合部における節点モーメントの上昇は見込めなくなったためである。一方、 Q_F の低下傾向が見られなかった要因としては、800kN サイクル以降でブレス材に降伏が生じ、さらに 1000kN サイクル時には座屈が生じたことで、上梁に作用する付加モーメントが増大しなくなったことに起因すると考えられる。以上、ブレスが有効である場合、 Q_F に低下傾向が見られることを確認した。

4. 上梁における付加軸力の検討

ブレスが稼働すると、载荷ジャッキ側の上梁軸力は急激に上昇する。これは、正载荷時には上梁に貼付した歪計測結果より算出される上梁 L 断面と C 断面（その 4 Fig.2）の軸力の差として、また負载荷時には上梁 R 断面と C 断面の軸力の差として求まる付加軸力が上梁に作用するためである。これらの上梁に作用する付加軸力およびブレス水平力 Q_B を Fig.3 に示す。これらの結果より、付加軸力はブレス水平力 Q_B と概ね一致しており、上梁に生じる付加軸力の大きさがブレス水平力 Q_B から評価可能であることが分かる。

5. 上梁における付加モーメントの検討

Fig.4 に正载荷時における上梁に生じる付加モーメント

の検討概要を示す。ブレースが稼働すると、上梁ビームヘッジ取り付け箇所にブレース水平力 Q_B とビームヘッジ腕の長さ H_{bh} の積で算出される付加モーメント M_{BH} が生じ、上梁におけるモーメント分布は不連続となる（以下、式(1)）。

$$M_{BH} = Q_B \cdot H_{bh} \quad (1)$$

本章では、ビームヘッジにおける付加モーメント M_{BH} を適切に評価できる簡易力学モデルの構築を行うために、実験結果をもとに力学モデルの L_{bh} と腕の長さ H_{bh} となる位置の検討を行う。本検討では、力学モデルの L_{bh} をビームヘッジ端部から $L/3$, $L/2$ となるような点（Fig.4 中 1~5 の位置）、腕の長さ H_{bh} を上梁下フランジとビームヘッジ接合部高さから $H/3$, $H/2$ となるような点（Fig.4 中 A~E の位置）とし、計 25 箇所で行う。正載荷時においては、ビームヘッジ接合部の上梁左側モーメント M_{Gu}^L と M_{BH} の和 M_{BH}^L と、上梁右側モーメント M_{Gu}^R を比較する。本検討では、 M_{BH}^L と M_{Gu}^R の結果に決定係数 R^2 を用いた評価を行う。 R^2 が 1 に近いほど誤差が小さいことを意味する（以下、式(2)~(4)）。

$$R^2 = 1 - \left(\frac{\sum_{k=1}^n (\alpha(i))^2}{\sum_{i=1}^n (M_{BH}^L(i) - \bar{\alpha}(i))^2} \right) \quad (i = \text{step}) \quad (2)$$

$$M_{BH}^L(i) = M_{Gu}^L(i) + M_{BH}(i) \quad (3)$$

$$\alpha(i) = M_{BH}^L(i) - M_{Gu}^R(i) \quad (4)$$

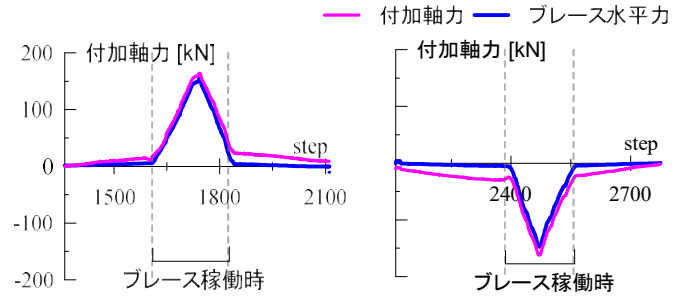
また、負載荷時も正載荷時同様に検討を行う。Fig.5 に R^2 結果を示す。Fig.5 より正載荷時、負載荷時もともに検討箇所 B3 の位置で R^2 が最小となることが分かる。この位置は、力学モデルの L_{bh} に着目すると、ビームヘッジ接合部の中心に位置する。また、腕の長さ H_{bh} に着目すると、ビームヘッジ高さ H の $1/3$ となり、三角形の形状をしているビームヘッジの重心に位置する高さとなることが分かる。また、B3 の位置での付加モーメント結果を Fig.6 に示す。Fig.6 から上梁に生じる付加モーメントと B3 の位置でブレース水平力から算出される付加モーメントは概ね一致しており、付加モーメントにおいてもブレース水平力から評価可能であることが分かる。

6. まとめ

本報その 5 では、ギャップブレース試験体における静的載荷実験を行った結果として、試験体に生じる応力状態の考察、ブレース稼働に伴う付加応力の評価を行った。

参考文献

- 1) 矢野ほか：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 1-3)，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.793-798，2021.9
- 2) 高橋ほか：ギャップブレースを有する鉄骨架構のブレース稼働に伴う影響(その 1-3)，日本建築学会大会関東支部研究報告集，pp.281-292，2022.3
- 3) 美濃地ほか：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，pp.477-480，2020.3



(a) 正載荷時 (L 断面) (b) 負載荷時 (R 断面)
Fig.3 付加軸力 (600kN 載荷)

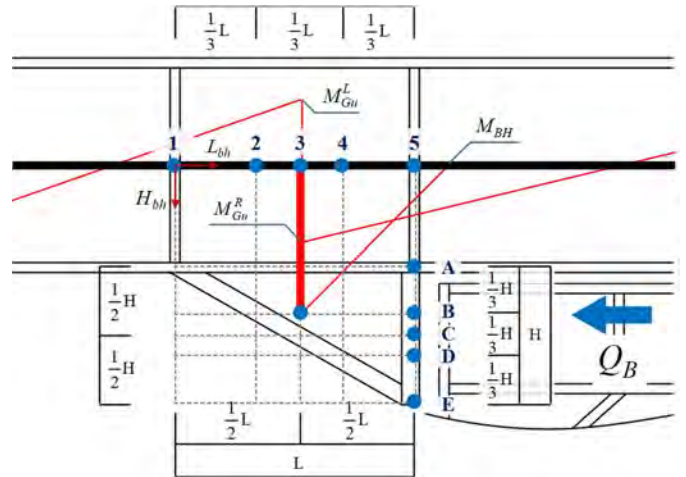
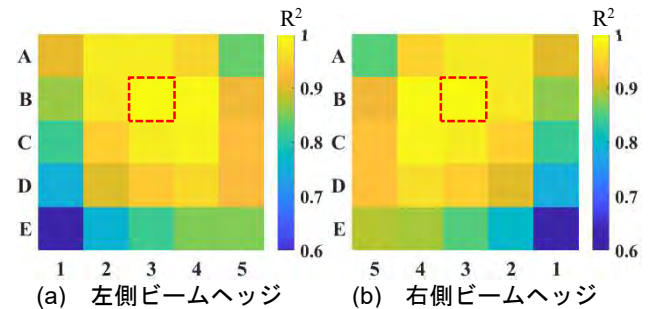
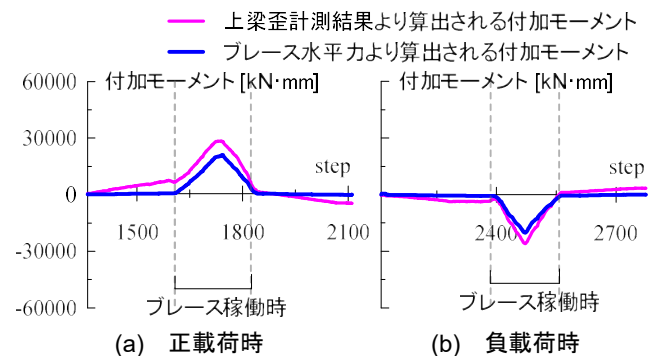


Fig.4 正載荷時における付加モーメント算出方法



(a) 左側ビームヘッジ (b) 右側ビームヘッジ
Fig.5 決定係数 R^2 (B60 試験体)



(a) 正載荷時 (b) 負載荷時
Fig.6 付加モーメント (600kN 載荷)

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 (JPMJOP1723) によるものです。また、本研究の一部は東京工業大学佐藤研究室（当時）高橋周吾氏の修士論文の成果によるものです。ここに記して感謝の意を表します。

*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