

座屈拘束ブレース付きの鉄骨フレームを用いた方立壁の改修に関する研究

中村 慎* 藤田 正則**

Study on Partial Wall Repair Using a Steel Frame with Buckling-restrained Brace

Makoto NAKAMURA* Masanori FUJITA**

1. 本研究の背景

近年の地震被害では、柱や梁といった構造体の被害が少なく、新耐震基準の一定の有効性が改めて実証されている。一方で、現行の耐震基準を満足しない既存不適格建築物のみならず耐震的には問題ないと判断された建築物の雑壁(方立壁や袖壁など)の破壊により、震災後の建築物の継続利用が困難になる事例が確認されている。首都圏をはじめとする大都市圏では、今後30年以内にM7クラスの地震が発生する確率が70%程度と推定¹⁾されていることから、同様の被害を防止する改修工事の実施が望まれる。

ここで、方立壁をはじめとする雑壁は新築工事の設計では非構造壁(構造耐力に寄与しない部材)とすることが多いが、耐震診断・耐震改修においては構造壁(構造耐力に寄与する部材)として扱うことが多い。安易な撤去・改修は耐震診断・耐震改修の合否判定にも影響することになるが、現状ではその扱いに明確な決まりがないため、ときに簡易な検討をもって撤去、部分撤去される(小開口の追加などを含む)ことがある。しかし、部分撤去された雑壁の強度や変形性能は、方立壁だけを取ってみても、その研究事例が少なく正確な評価が難しい。これらの問題に適切に対処するには、雑壁の強度や変形性能の把握が必要不可欠であり、その性能に応じた耐震診断・改修を行うことが理想となるため、本研究ではまず小開口付き方立壁に着目し、その改修手法を検討している^{2),3)}。

2. 本研究の目的

既往の研究では、小開口付き方立壁を座屈拘束ブレース付きの鉄骨フレーム(以降、BRBフレームとする)に置き替え、水平載荷実験を行っている³⁾。実験結果より、グラウトを用いた間接接合部では、早期にグラウトにひび割れが生じ、BRBフレームの耐力を活かした改修が難しいこと、鉄骨を用いた直接接合部では、小開口付き方立壁以上の開口率を有し、同等以上の耐力を確保する改修が可能であることを確認した。これらのBRBフレームを実際の設計に用いる場合、その検討には汎用的な解析プログラムを使用することが予想されるため、本研究では実験結果を再現する解析モデルについて検討する。

* 助教 建築学部建築学科

Assistant Professor, Dept. of Architecture and Building Engineering

**教授 建築学部建築学科

Professor, Dept. of Architecture and Building Engineering

3. 水平載荷実験結果の概要

RCフレーム縮小試験体形状を小開口付き方立壁とあわせて図1に、BRBフレームおよびその接合部形状を図2に示す。

既往の研究では、図1に示す小開口付きの方立壁を設けたRCフレーム縮小試験体(以降、方立壁試験体とする)、方立壁試験体から方立壁を撤去し、図2に示すBRBフレームをグラウトを介した間接接合部でRC梁に接合した試験体(以降、間接接合試験体とする)、BRBフレームを鉄骨を介した直接接合部でRC梁に接合した試験体(以降、直接接合試験体とする)の3体について、水平方向の繰返し載荷実験を実施している^{2),3)}。

図3に各々の実験結果を示す。方立壁試験体は、層間変形角1/150載荷時の負加力側1回目のピーク付近で方立壁がせん断破壊し、載荷を終了している。間接接合試験体は層間変形角1/100載荷時まで目立った耐力低下を生じていないが、グラウトの早期のひび割れにより、その耐力(剛性)が方立壁試験体よりも小さくなっている。一方、直接接合試験体では、層間変形角1/100載荷時でも接合部が破壊せず、方立壁試験体と同等以上の耐力(剛性)が得られている。

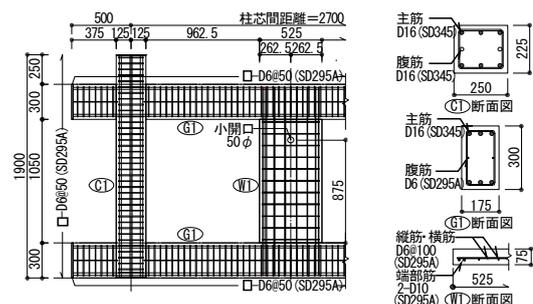


図1 RCフレーム縮小試験体

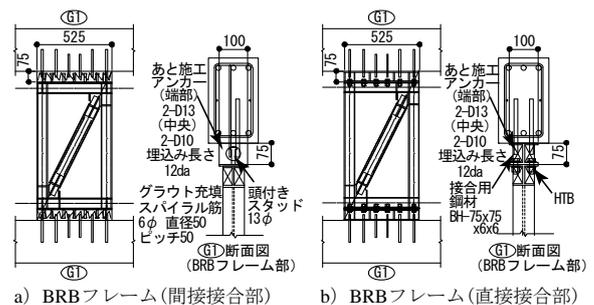


図2 BRBフレームと接合部形状

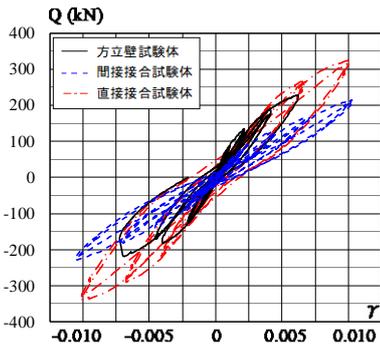
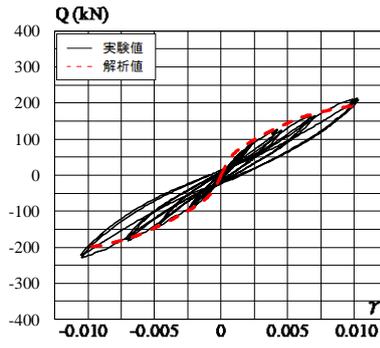
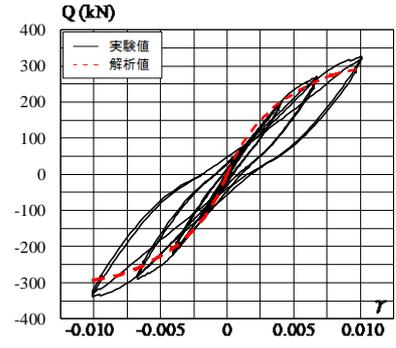


図3 実験結果（荷重－層間変形角関係）



a) 間接接合試験体



b) 直接接合試験体

図5 実験結果と解析結果（荷重－層間変形角関係）

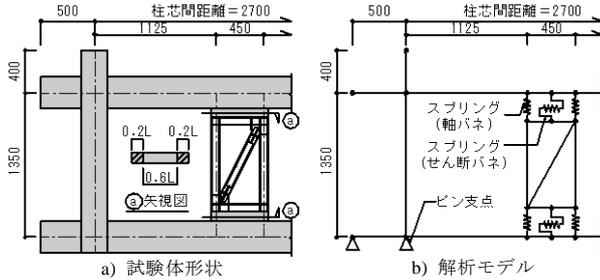


図4 解析モデル

表1 実験値と解析値の比較

層間変形角 γ	間接接合試験体 せん断力 (kN)		直接接合試験体 せん断力 (kN)	
	実験値	解析値	実験値	解析値
1/500	89.6	87.6	113.4	130.5
1/250	125.5	127.6	201.1	200.3
1/150	165.2	167.6	266.8	257.2
1/100	213.2	191.7	325.2	291.9

4. 解析概要

4.1 解析モデル

実験結果を踏まえ、小開口付き方立壁の改修に用いる解析モデルを検討する。ここでは、間接接合試験体および直接接合試験体の荷重変形関係を再現する簡易なモデル化の手法を示す。解析には任意形状立体フレームの弾塑性解析プログラム「SNAP Ver.8」を用い、現行の耐震診断・改修設計での活用を視野に入れ、平面フレームの増分解析をベースに検討する。解析モデルを図4に示す。

BRB フレームの間接接合部および直接接合部には、BRB フレームによる曲げ（曲げによる引張力および圧縮力）およびせん断力が作用する。耐震診断・改修設計においては、外側耐震改修で同様に曲げ（偏心曲げによる引張力および圧縮力）およびせん断力が接合部に作用するため、外側耐震改修の接合部の応力分布の仮定⁴⁾を参考とし、外端 0.2L の範囲が曲げ（曲げによる引張力および圧縮力）に、中央 0.6L の範囲がせん断力に抵抗するものとして、スプリング（軸、せん断）を設定した。

4.2 解析条件

スプリングの復元力特性は軸、せん断ともバイリニアとし、初期剛性および耐力は、外端 0.2L および中央 0.6L の範囲における接合部断面（グラウトおよび鋼材断面）と建築基準法施行令第 90 条および建設省告示第 1450 号（平成 12 年 5 月 31 日）による許容応力度より算定した。その他、主要な解析条件を 1) から 4) に示す。

- 1) RC 造の柱と梁、RC 造の方立壁と梁は剛接合とする。また、各試験体・解析モデルの脚部は試験体の固定位置（PC 鋼棒による固定位置）でピン支持とする。
- 2) RC 造の柱は線材でモデル化し、弾塑性モデルは曲げを MS モデル、せん断を単軸バネモデルとする。
- 3) 座屈拘束ブレースはトラスでモデル化し、弾塑性モデルは単軸バネモデル（剛性低減型 A、バイリニア）とする。
- 4) 増分解析は実験結果との比較を目的とし、層間変形角 1/100（層間変形 13.50mm）まで行う。

5. 実験結果と解析結果の比較

間接接合試験体および直接接合試験体の解析結果と実験結果を図5にまとめて示す。図5には実線で実験値を、点線で解析値を示している。また、代表的な層間変形角における実験値と解析値の耐力の比較を表1に示す。間接接合試験体および直接接合試験体とも、その解析値は実験値と同様の傾向を示し、スプリングおよび線材によるモデル化でも実験結果を概ね再現できる。

なお、間接接合試験体、直接接合試験体とも層間変形角 1/100 付近の解析値が実験値の耐力を下回るが、これはスプリング（軸、せん断）の初期剛性および耐力を外端 0.2L の範囲で曲げ（曲げによる引張力および圧縮力）に、中央 0.6L の範囲でせん断力に抵抗するものとして計算したことによる。実際には、計算で考慮しない範囲でも、軸力およびせん断力への抵抗が考えられるため、接合部のより詳細な破壊メカニズム、応力分布等を明らかにすることが、今後の課題となる。

6. 結論

本研究では、座屈拘束ブレース付きの鉄骨フレームによる小開口付き方立壁の改修について、解析的に検討した。座屈拘束ブレース付きの鉄骨フレームの荷重・層間変形角関係はスプリングを併用した線材モデルによる解析で概ね再現できることがわかった。

参考文献

- [1] 国土交通省, 令和 2 年版国土交通白書 (2020.8).
- [2] 中村慎, 藤田正則, 岩田衛, 小開口を有する方立壁の水平荷重実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (関東), 2020, 651-652 (2020.9).
- [3] 中村慎, 藤田正則, 岩田衛, 座屈拘束ブレース付きの鉄骨フレームを用いた方立壁の改修に関する実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (東海), 2021, 363-364 (2021.7).
- [4] 日本建築防災協会, 既存鉄筋コンクリート建築物の「外側耐震改修マニュアル」－枠付き鉄骨ブレースによる補強－ (2002.9).