

PSMIX 構法の適用範囲拡大

技術本部	技術部	渡邊一弘
技術本部	技術部	新石雅文
建築本部	設計部	仲林健
建築本部	設計部	稲生雅史

1. はじめに

柱 RC 梁 S で構成される PSMIX 構法の架構形式は柱、梁で構成されるラーメン架構を基本としている。一方、ブレースを併用する架構とすれば、ブレースに地震力の一部を負担させることができるため、柱、梁の断面を減少させることができ、現状よりコストダウンが可能となる場合がある。

そこで、PSMIX 構法の適用範囲にブレース併用架構を追加するために構造実験を実施した。

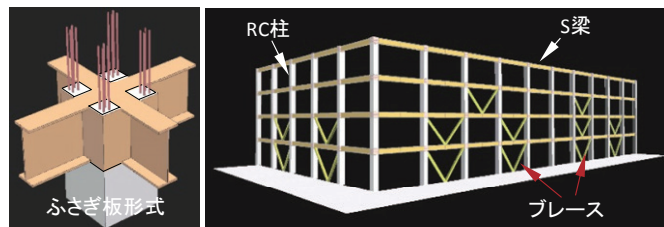


図-1 PSMIX 構法概要

BRL 試験体では、正荷重時初期剛性は概ね解析結果と対応し、負荷重時初期剛性は解析結果に比べてやや高くなった。負荷重時 $R=0.24\%$ でブレースが軸降伏し、その後 $R=0.27\%$ で座屈した。部材の降伏順序は下ブレース、梁フランジ、上ブレース、接合部ウェブであった。最大荷重は $Q=519\text{kN}$ で解析値に対して 1.15 倍となった。

BRS 試験体では、初期剛性は BRL と同様に実験と解析で

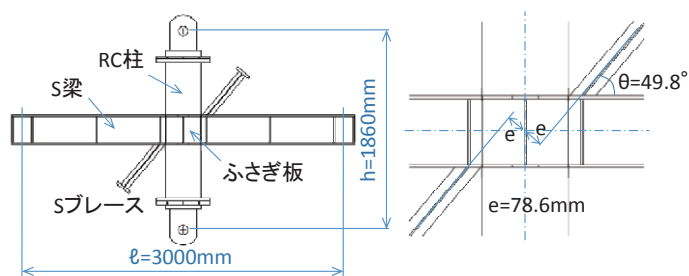


図-2 試験体

2. 実験概要

2.1 試験体

PSMIX 構法の柱と梁の交差部（以下、接合部）では、せん断破壊および梁フランジ上下コンクリートの支圧破壊を防止しなければならない。ブレース併用架構とする場合、ブレース軸力がこれらの破壊耐力に及ぼす影響を検討する必要がある。

試験体は図-2 に示すように、上層、下層に 1 本ずつ対称にブレースが取り付け部分架構 2 体で、ブレース断面を変化させた。ブレースの取り付けは、柱、梁の節点から偏心させ、ブレース取り付け端部が柱に干渉しないディテールとした。

試験体はブレース軸力が小さい試験体 BRS、ブレース軸力が大きい試験体 BRL である。接合部の形式はふさぎ板形式で、ブレースと水平軸のなす角度は $\theta=49.8^\circ$ である。また、柱、梁節点とブレース軸心の偏心距離は $e=78.6\text{mm}$ である、表-1 に試験体諸元、表-2 に使用材料の力学的性質を示す、

2.2 実験方法

実験方法は、図-3 に示すように、加力梁、側柱で構成された加力フレーム内に試験体を設置し、加力梁をジャッキで押し引きする方法とした。ブレースが引張となる状態（ジャッキ引き側）を正荷重とした。

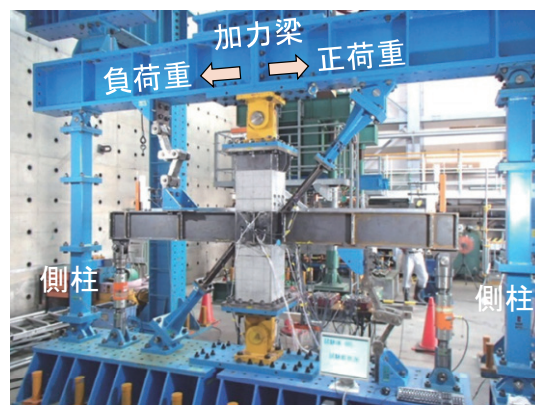


図-3 加力方法

表-1 試験体諸元

試験体		BRS	BRL
柱	B × D	330mm × 330mm	
	主筋	16-D19(SD390)	
	帯筋	4-S6@55(KSS785)	
梁		BH-275 × 100 × 6 × 12 (SN490B)	
接合部	ウェブ	PL6 (SN490B)	
	ふさぎ板	PL2.3 (SS400)	
ブレース		十-PL6 × 75 (SS400)	十-PL9 × 70(SS400)

表-2 使用材料

コンクリート	$\sigma_B(\text{N/mm}^2)$	鋼材	$\sigma_y(\text{N/mm}^2)$
BRS	42.3	PL12 (フランジ)	358
BRL	39.0	PL6 (ウェブ)	353
鉄筋	$\sigma_y(\text{N/mm}^2)$	PL9 (BRLブレース)	315
D19	421	PL6 (BRSブレース)	364
S6	995	PL2.3 (ふさぎ板)	315

3. 実験結果

図-4 にジャッキ荷重 Q —層間変形角 R 関係を示す。図中には、柱、梁、ブレースを線材置換、接合部を剛域として扱った荷重増分解析の結果も併せて示している。

ブレースによる増減分はほぼゼロである。

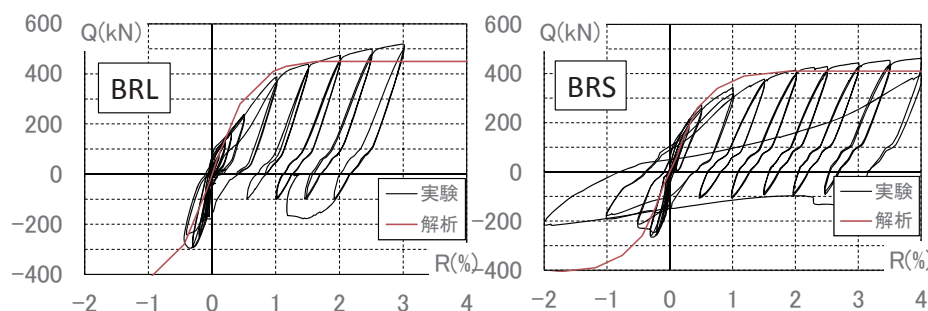


図-4 Q-R 関係

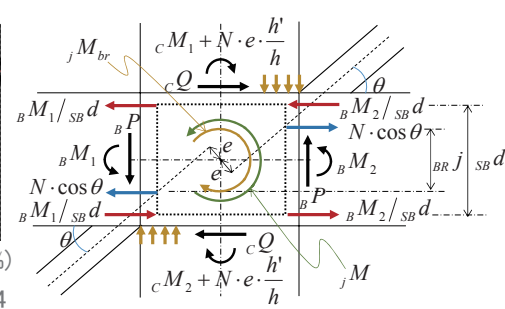


図-5 パネルモーメント

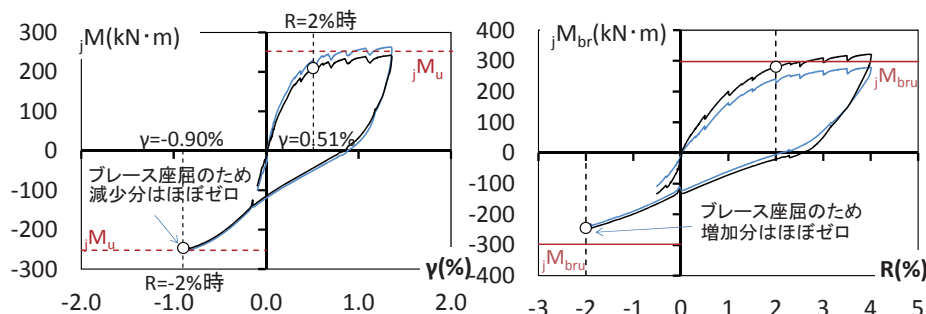


図-6 BRS 試験体の jM_u と jM_{bru}

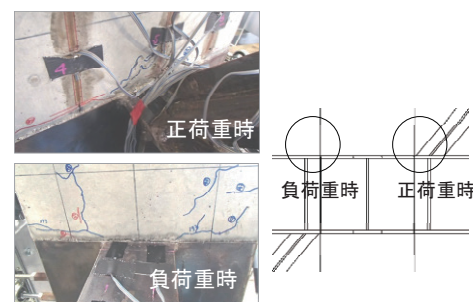


図-7 支圧部コンクリートの破壊状況

概ね対応した。負荷重側 $R=-0.3\sim-0.4\%$ でブレースの座屈が生じ、正荷重時は $R=4.0\%$ まで耐力低下は生じなかった。最終サイクルではブレースを座屈させたまま $R=-2.0\%$ まで加力し、再度 $R=4.0\%$ まで加力したが、2サイクル目ピーク荷重は1サイクル目ピーク荷重に比べて85%まで荷重が上昇した。最大荷重は $Q=462\text{kN}$ で解析値に対して1.13倍となった。

4. 接合部の耐力に対する検討

図-5に示すように、接合部のパネルモーメントは梁からの入力によるモーメントに、ブレース軸力の水平成分によるモーメントを考慮して表される。また、支圧モーメントはラーメンのみの柱曲げモーメントに、ブレースによる節点モーメントの増加分を考慮して表される。パネルモーメント、支圧モーメントとも接合部領域では柱せん断力および梁せん断力により減少し、その減少分を柱高さ h と柱内法長さ h' の比 h'/h およびスパン ℓ と梁内法長さ ℓ' の比 ℓ'/ℓ で表すと、それぞれ

$$jM = ({}_B M_1 + {}_B M_2) \cdot \frac{h'}{h} - \sum N \cdot \cos \theta \cdot \frac{BRj}{2} \quad (1)$$

$$jM_{br} = \left({}_C M_1 + {}_C M_2 + \sum N \cdot e \cdot \frac{h'}{h} \right) \cdot \frac{\ell'}{\ell} \quad (2)$$

設計では、破壊耐力が(1)および(2)式を上回ることを確認する。

図-6にBRS試験体について、パネルモーメント jM —接合部せん断変形角 γ 関係、支圧モーメント jM_{br} —層間変形角 R 関係を示す。図はそれぞれ(1)式右辺第1項(梁からの入力)および第2項(ブレースによる減少分)、(2)式右辺第1項(柱からの入力)および第2項(ブレースによる増加分)を示している。青線が梁、柱からの入力を示し、黒線がブレースによる増減分を考慮した結果である。またせん断耐力 jM_u 、支圧耐力 jM_{bru} も示した。負荷重時はブレースが座屈しているため

jM — γ 関係において $R=\pm 2.0\%$ 時を比較すると、正荷重時は jM が jM_u に達せず $\gamma=0.51\%$ であったのに対して、負荷重時には jM がほぼ jM_u に達して $\gamma=-0.90\%$ となった。正荷重時の jM がほぼ jM_u に達するのは $\gamma=1.0\%$ 付近で、負荷重時 $R=-2.0\%$ 時の γ と概ね等しい。

jM_{br} — R 関係において $R=\pm 2.0\%$ 時を比較すると、 jM_{br} は正荷重時 $jM_{br}=280\text{kN}\cdot\text{m}$ 、負荷重時 $jM_{br}=245\text{kN}\cdot\text{m}$ で、 jM_{bru} に対して95%、80%であった。図-7に梁からの支圧力を受ける柱コンクリートの破壊状況 ($R=\pm 2.0\%$ 時)を示すが、 jM_{br} が大きい正荷重時に梁幅の範囲で被りコンクリートに圧壊の兆候が表れているのに対して、負荷重時にはほぼ健全である。

以上より、ブレース付きのパネルモーメントおよび支圧モーメントの評価において、ラーメンのみの入力にブレース入力の増減分を考慮することは妥当であると考えられる。

5. GBRC 建築技術性能証明の改定

実験結果の検討より、ブレース付きの設計応力の定義、設計耐力が安全側に評価されていることの確認を行い、ブレース併用架構の設計方法を構築した。PSMIX 構法は(一財)日本建築総合試験所の建築技術性能証明を取得しており、同証明について2017年2月28日付:GBRC性能証明第09-26号改2としてブレース併用架構適用範囲拡大の改定を行っている。

Key Words: 柱RC梁S, ブレース, せん断耐力, 支圧耐力



渡邊一弘



新石雅文



仲林健



稲生雅史