

1. 序

環境負荷削減を目的として提案された損傷制御構造の一つの形式であるサステナブルビル構造システムが提案された。この柱梁接合部(図1)は鋼棒に初期張力を導入し、生じる曲げモーメントに応じて剛接合、半剛接合、ピン接合と剛性が段階的に変化する。既往の研究¹⁾により柱梁接合部の力学的特性が明らかになり、力学モデルが構築された。また立体架構としてのシステム成立、接合部と座屈拘束ブレース(以下ブレースとする)の条件の違いにより構造全体の性能を決定できることが解析により実証された。しかし、鋼棒とブレースの性能の変化による接合部詳細の検討は行われていない。

本研究は、サステナブルビル構造システムにおいて重要な要素である鋼棒とブレースに着目し、フランジ部降伏による影響を考慮するため、これまで弾性モデルとしていた接合部のフランジ部を弾塑性化モデルとして解析を行い関係性を把握する。

2. 解析

2.1 解析モデル

既往の研究²⁾でチューブ構造への適用を想定した事務所ビルが設計された。このモデルの外周フレームは階高3mの5層、6m×5スパンである。ここから応答が一番大きい1フレーム(図2楕円部分)を解析モデルとして抜き出す。主架構の部材断面は、柱H-458×417×30×50、梁H-600×200×11×17とする。更に、図2から2層、2スパン、一構面を抜き出して解析結果を比較し、1フレームでの結果の一般性を確認する。

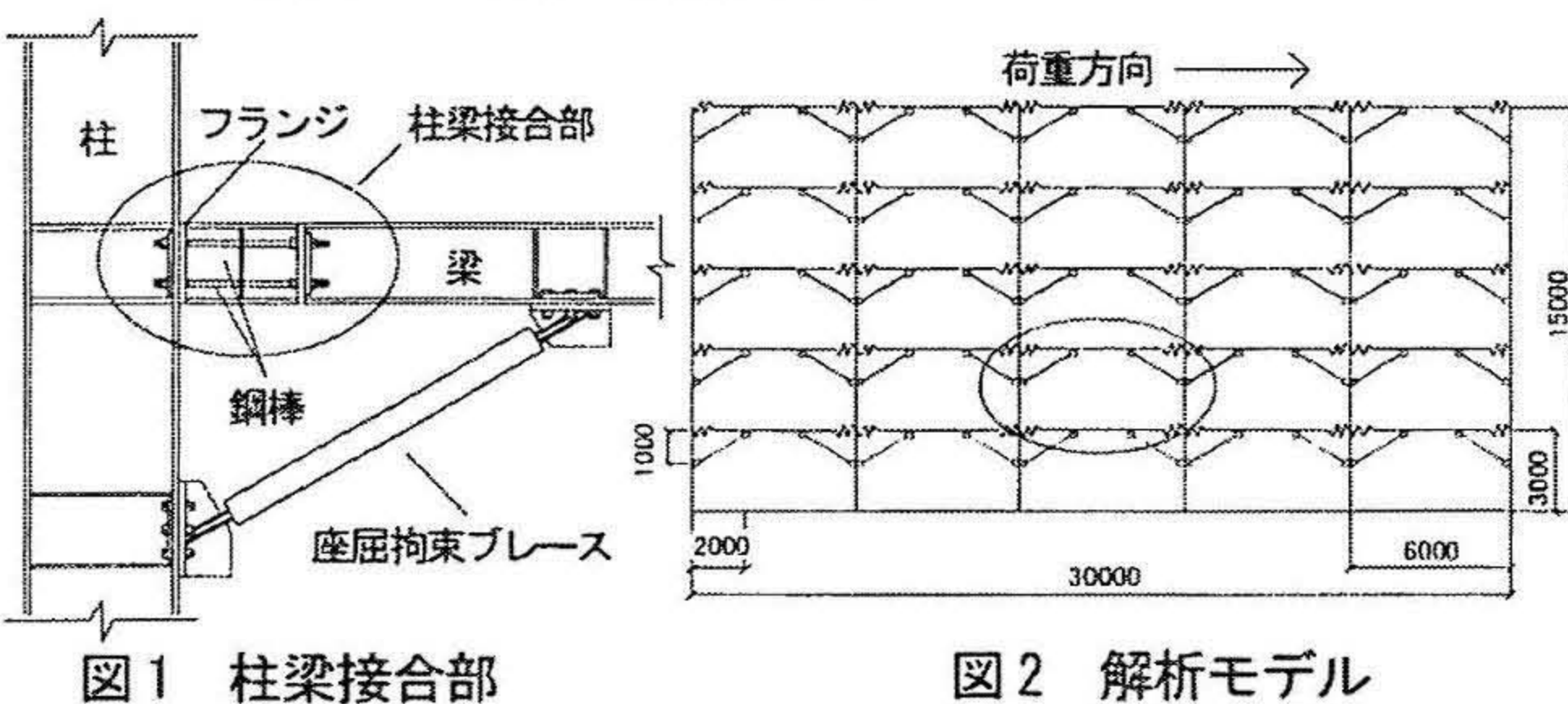


表1 鋼棒・ブレースのパラメータ

鋼棒 断面積	φ17	φ21	φ29
	227.0mm ²	346.4mm ²	660.5mm ²
ブレース 断面積	φ32	φ36	φ40
	804.2mm ²	1018.0mm ²	1257.0mm ²
ブレース 断面積	8×75	12×100	16×150
	600mm ²	1200mm ²	2400mm ²

※基本モデルは鋼棒φ21-ブレース12×100

2.2 解析条件

各モデルとも最終状況まで確認するため、層間変形角1/50の変位を目標としてプッシュオーバーで解析を行う。鋼棒とブレースのパラメータを表1に示す。初期張力は鋼棒の降伏耐力の1/3に設定する。

2.3 フランジ部弾塑性化モデル

各モデルのフランジ部(図3)は圧縮力のみを負担するMSバネとして設定されている。弾塑性化モデルでは圧縮降伏強度を考慮した弾塑性の復元力特性とする。弾性モデルとの比較として、1フレームの基本モデルにおける層間せん断力-層間変位関係を図4に示す。弾性モデルと弾塑性化モデルでは架構の降伏後の耐力に差が生じた。このことからフランジ部降伏の影響により、架構全体の剛性が低下することが確認できた。

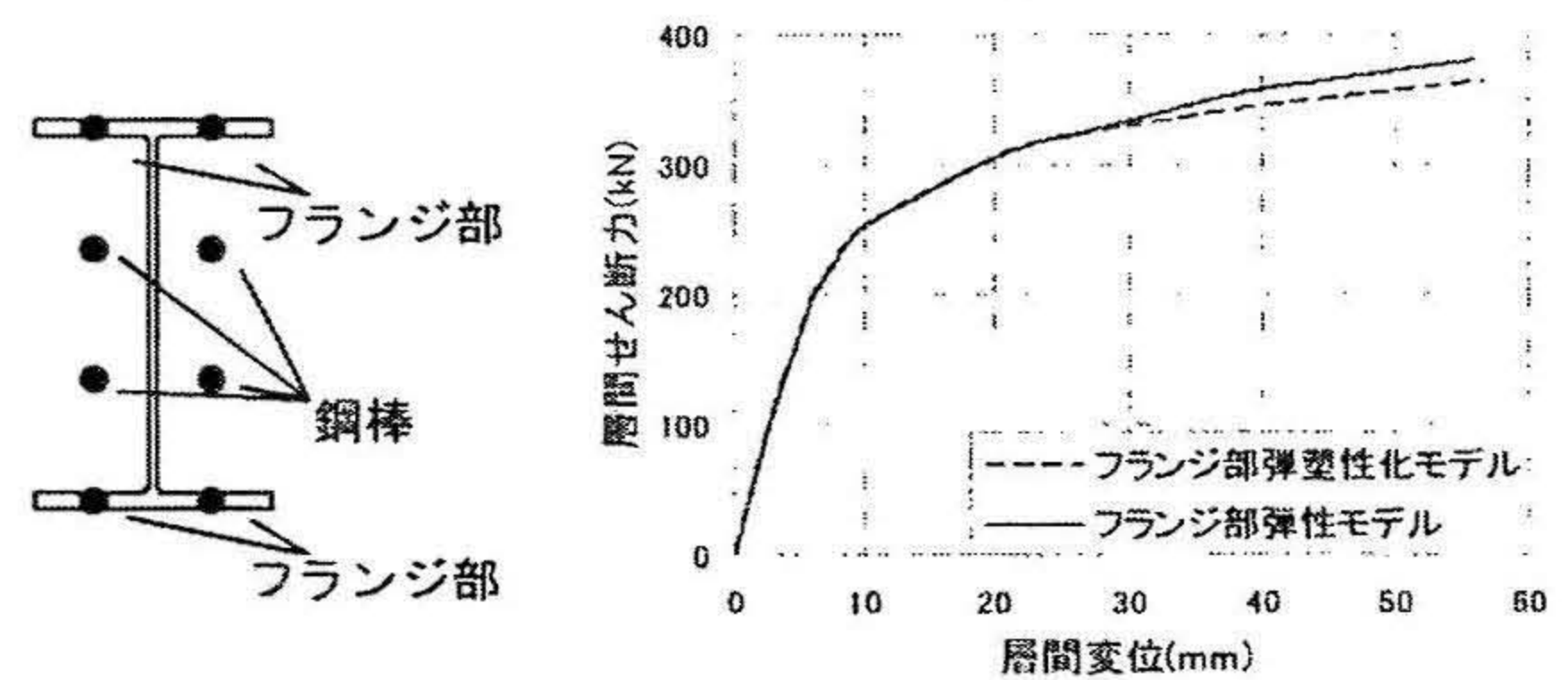


図3 接合部モデル化 図4 層間せん断-層間変位関係

3. 鋼棒とブレースの関係性

解析結果より、最終剛性は最大層間せん断力を最大層間変位で除して算出する。また、ブレース分担率はブレースが負担する剛性を最終剛性で除して算出する。

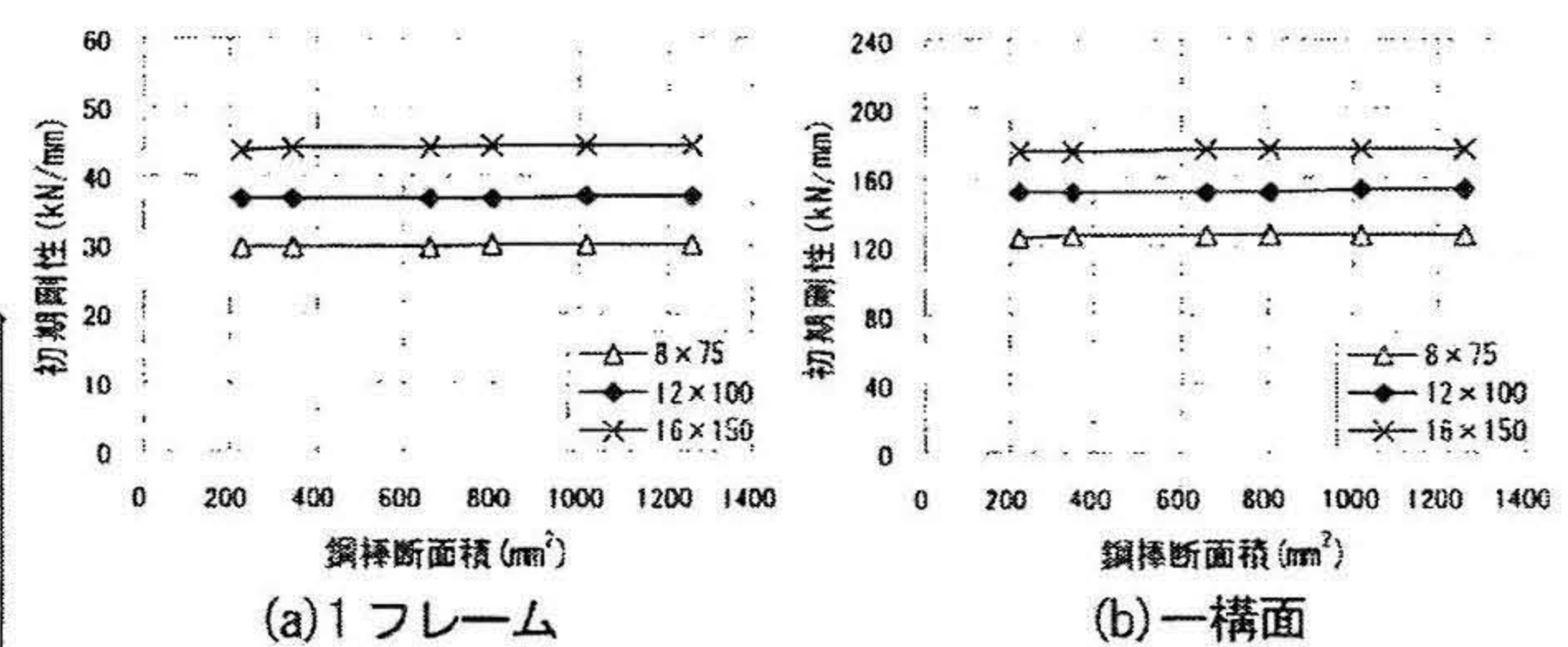


図5 初期剛性

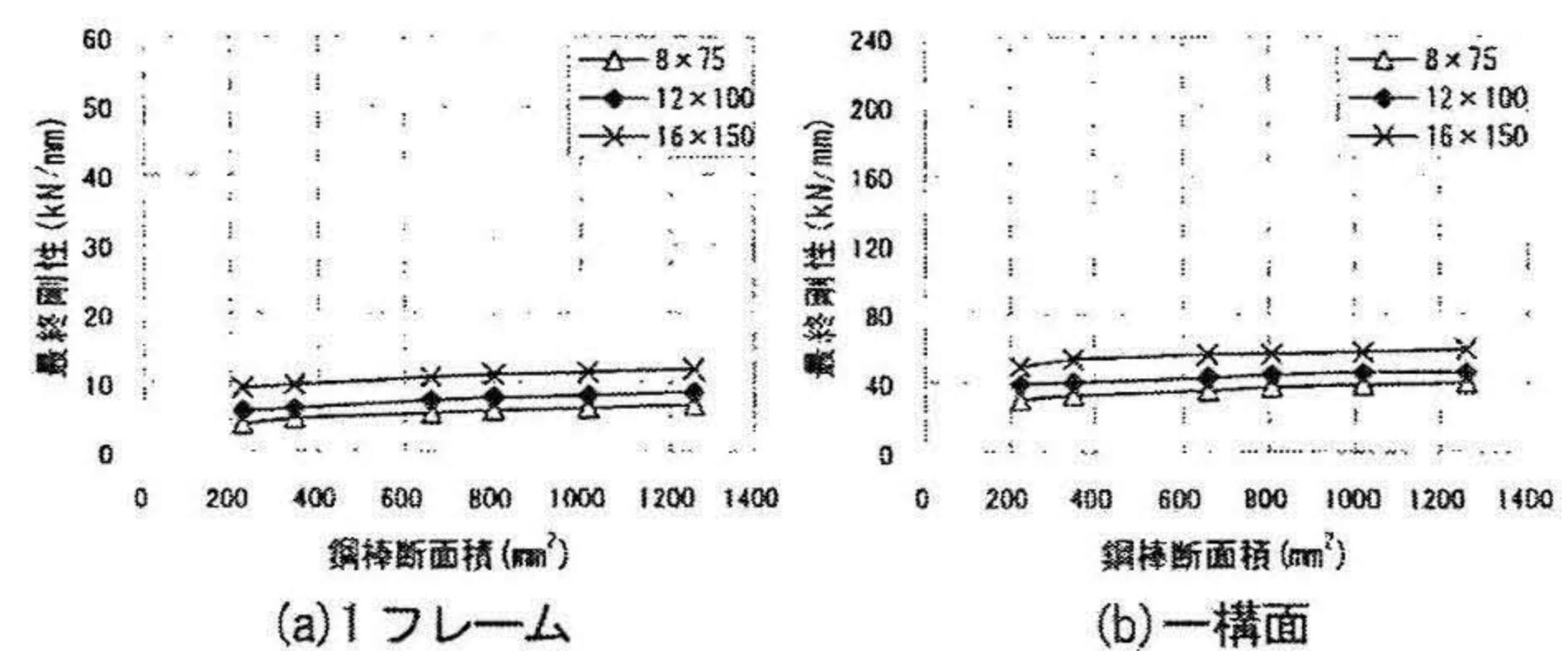


図6 最終剛性

3.1 解析結果

(1)初期剛性：1 フレーム、一構面の初期剛性を図 5 に示す。鋼棒断面積による変化はなく、ブレース断面積によって決まる。

(2)最終剛性：1 フレーム、一構面の最終剛性を図 6 に示す。ブレース断面積の変化による最終剛性の差が小さくなる。

(3)ブレース分担率：各モデルにおけるブレースの分担率を図 7 に示す。鋼棒断面積が小さくブレース断面積が大きいほど上がる。また、ブレースごとに接合部を剛接合とした場合の値を破線で示す。接合部が半剛接合であるため全体的にブレース分担率が高いが、鋼棒断面積が大きくなると剛接合の値に漸近する。

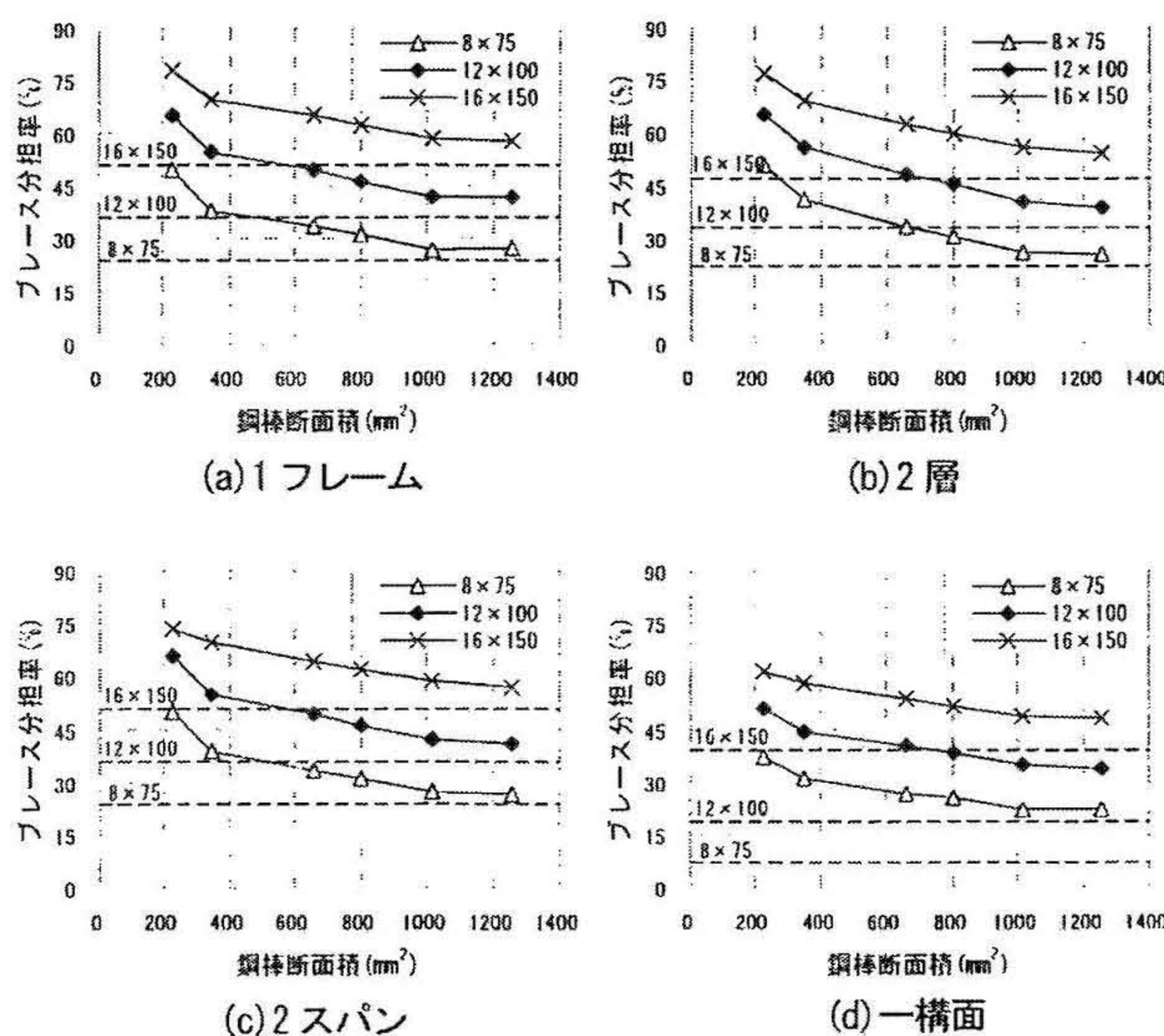


図 7 ブレース分担率

(4)鋼棒とブレースの塑性化レベル：1 フレームのブレースが 12×100 の鋼棒の引張降伏時とブレース降伏時、接合部離間時の層間変形角、最大塑性率の結果を表 2 に示す。左端はブレース引張側、右端はブレース圧縮側である。鋼棒がφ32 からφ40 では両端でブレース降伏、離間、鋼棒降伏となるが、φ17 からφ29 では右端でブレース降伏より離間が先となる。

3.2 考察

表 2 に示すように、右端で鋼棒は断面積が大きいほど降伏が遅く、最大塑性率も小さいことが分かる。鋼棒断面積が小さいと右端で離間が先に起る理由として、ブレースの引張、圧縮によって梁に作用する軸力の影響が考えられる。ブレース引張側では梁材軸方向に圧縮力が生じ、ブレース降伏時は剛接合である。ブレース圧縮側では梁材軸方向に引張力が生じ、ブレースが弾性域の間に離間して半剛接合となるため、鋼棒は梁に作用する軸力の影響を大きく受ける。

鋼棒断面積を決める基準としては、長期荷重を負担し、損傷後に交換することを考慮して、梁断面に納まる最大の鋼棒断面積とすることが考えられる。

ブレース断面積は架構の剛性に影響を与える。また、ブレース断面積の違いにより梁に作用する軸力が変化するため、鋼棒への影響が大きい。

鋼棒断面積が大きくなると接合部が剛接合に近くなるため、ブレース分担率が下がる。半剛接合では、鋼棒の断面積を考慮してブレース分担率を大きく設定しブレースの断面を決める。

図 7 より、フレームを増やすことによってブレース分担率が下がることが分かる。柱の本数が増えるとフレームとしての剛性が上がる。1 フレームにおける鋼棒とブレースの関係性、断面積の変化による架構への影響は、フレームを増やしても同様の傾向がある。建物の目標性能に合わせた最適な組み合わせを考える上で、1 フレームのみの解析で推定できると言える。

表 2 鋼棒とブレースの塑性化レベル

		降伏時の層間変形角		離間時の層間変形角	塑性率	
		鋼棒	ブレース		鋼棒	ブレース
φ17	左端	1/ 135	1/ 316	1/ 291	-3	-17
	右端	1/ 380	1/ 484	1/ 1667	-6	15
φ21	左端	1/ 126	1/ 349	1/ 280	-2	-17
	右端	1/ 300	1/ 484	1/ 1034	-6	15
φ29	左端	1/ 81	1/ 400	1/ 234	-2	-18
	右端	1/ 185	1/ 469	1/ 484	-3	17
φ32	左端	1/ 74	1/ 417	1/ 216	-1	-17
	右端	1/ 142	1/ 469	1/ 400	-3	18
φ36	左端	1/ 75	1/ 417	1/ 194	5	-17
	右端	1/ 108	1/ 469	1/ 306	-2	18
φ40	左端	1/ 81	1/ 417	1/ 173	5	-17
	右端	1/ 91	1/ 476	1/ 238	-2	18

※網掛け部は圧縮降伏

4. 結

ブレースと鋼棒の関係性として解析により以下のことが分かった。

- (1) 初期剛性は鋼棒による変化はなく、ブレースによって決定する。最終剛性は鋼棒とブレースの組合せによる影響が少ない。
- (2) サステナブルビル構造システムの接合方法におけるブレース分担率は、剛接合に比べて高くなる。

以上を踏まえ、設計法として鋼棒は梁断面に納まる最大の断面積、ブレースは架構全体に対するブレースのせん断力分担率に応じて設計することを提案する。

【参考文献】

- 1) 岩田衛、平田倫央、山本重治、長尾真奈：サステナブルビル構造システムの柱梁接合部の力学モデルとその検証、日本建築学会構造系論文集、No. 606 PP187-193, 2006. 8
- 2) 荒川 憲之：サステナブルビル構造システムの構造解析、神奈川大学卒業研究・修士論文集、2006. 2