

ボルト接合部の接触を考慮した K 型ブレスユニットの弾塑性数値解析

212-032 落合 祐太

1. はじめに

戸建住宅に用いられるブレス付き鉄骨構造において、ピン接合のフレームとして設計される場合では、水平方向の地震力はブレスが負担することになる。ブレスの耐力を十分に発揮させるには、柱とブレスをつなぐ接合部の設計が重要になる。構造ユニットを用いて全体骨組を組み立てる時、施工用のユニット変形防止材を付けるため、偏心接合が避けられない場合があり、この場合は柱に余分な応力が生じ、柱に過大な負荷がかかり崩壊に至る可能性がある。

そこで本論文では、K 型ブレス付きフレームの偏心接合部に注目し、数値解析の手法を用いてブレスから伝達される柱の応力を検討し、接合部補強プレートの効果と比較、検討する。

2. 解析概要

本論文では、汎用プリ・ポストシステム HyperMesh を用いて解析モデルを作成し、その後、汎用構造解析ソフト ABAQUS を用いて数値解析を行った。

本論文は、柱の応力を検討するため図 3 に示す数値解析のモデルを使う。柱は $\square-100 \times 100 \times 4.5$ の角型鋼管、ブレス材は $\square-50 \times 50 \times 3.2$ の角型鋼管で作成する。ブレスを接合する補強プレートは 6mm、9mm、12mm の 3 種類の厚みを設定する。柱軸力については最上階部分と想定したモデルに対して $N=40\text{kN}$ 、1 階を想定したモデルに対して $N=200\text{kN}$ と設定した。補強プレート及び軸力の組み合わせによって計 6 パターンで検討する。図 2 に接合部の寸法を示す。各部材の使用材料は、柱、ブレス共に STKR400 を使用し、柱と梁は M16 のボルトによって接合している。

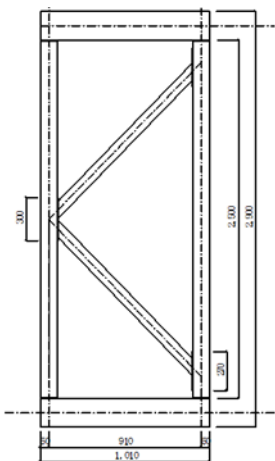


図 1 K 型ブレスユニット

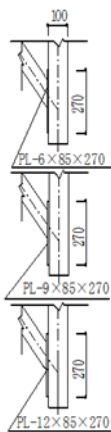


図 2 偏心接合部の詳細

拘束条件の設定では、下側の梁に対して上下左右の移動を拘束した。さらに、上側の梁に面外方向の拘束を与えることで解析上の安定を図った。また、数値解析の際、材料特性は柱とブレスを完全弾塑性体、梁を弾性体としており、柱端のプレートはボルトのナットを兼ねているので、ボルト軸力部と一体になっている。ブレスと柱の接合部については、補強プレートを隅肉溶接したことに対応して設定した。

本論文では、建物の自重を考慮し、最上階モデルに対して梁に計 40kN、1 階部分のモデルに対しては計 200kN の荷重を加えた状態で、水平方向に変位制御の荷重を載荷して、3 種類の補強プレートのモデルにおける全体の変位、柱の補強部分の応力を比較し、補強プレートの効果を検討する。

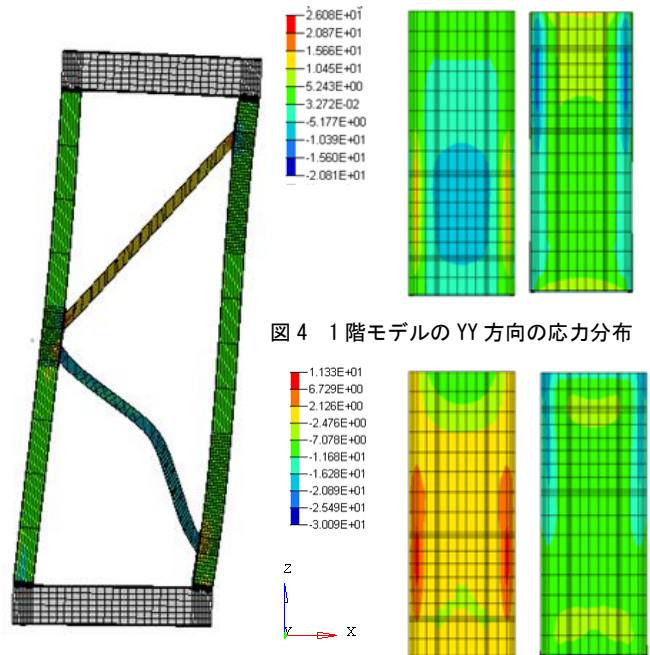


図 3 崩壊モード

図 4 1 階モデルの YY 方向の応力分布

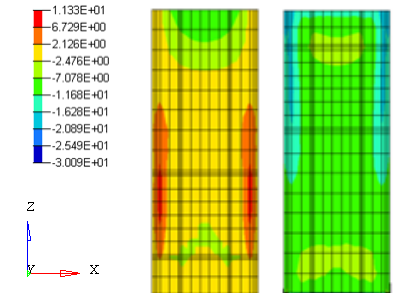


図 5 1 階モデルの ZZ 方向の応力分布

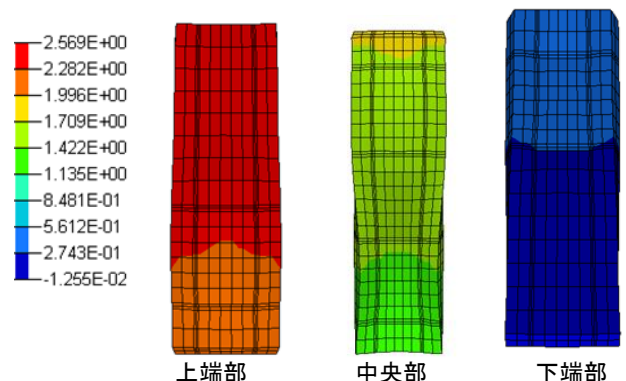


図 6 各プレート部分の変形

上端部 中央部 下端部

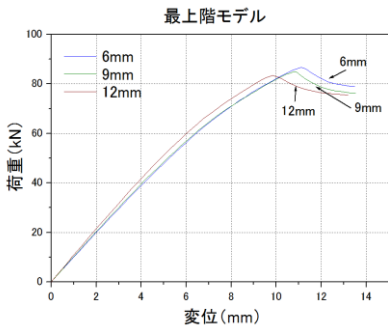


図7 最上階モデルにおける荷重変位グラフ

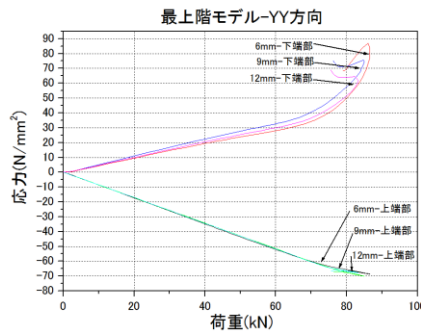


図9 最上階モデルの柱補強部 YY 方向応力荷重グラフ

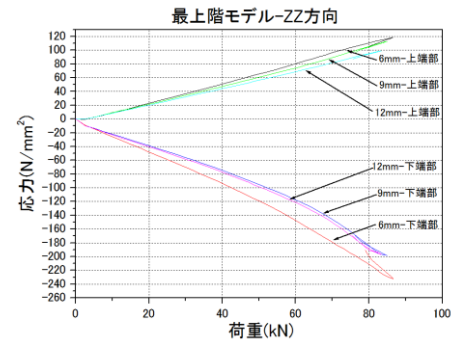


図11 最上階モデルの柱補強部 ZZ 方向応力荷重グラフ

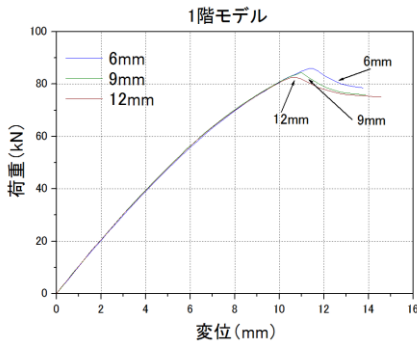


図8 1階モデルにおける荷重変位グラフ

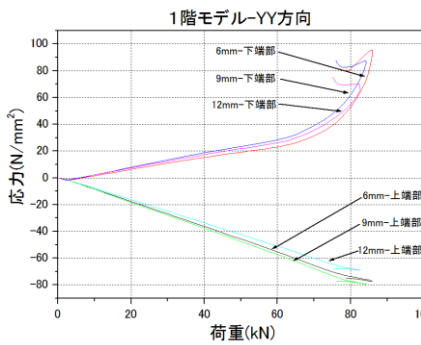


図10 1階モデルの柱補強部 YY 方向応力荷重グラフ

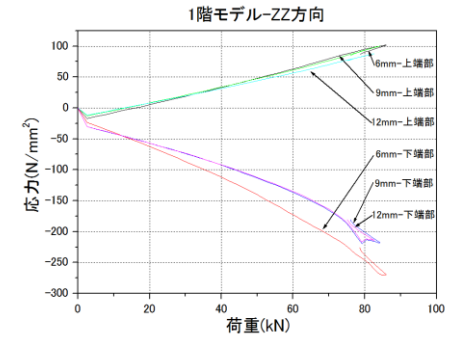


図12 1階モデルの柱補強部 ZZ 方向応力荷重グラフ

表1 最大耐力及び座屈時の変位

	最上階モデル			1階モデル		
	6mm	9mm	12mm	6mm	9mm	12mm
補強プレート厚さ	6mm	9mm	12mm	6mm	9mm	12mm
座屈耐力(kN)	86.6	84.9	83.4	85.9	84.2	82.6
座屈時変位(cm)	1.11	1.08	0.98	1.15	1.1	1.06

表2 接合部の相対変形量

	最上階モデル			1階モデル		
	6mm	9mm	12mm	6mm	9mm	12mm
上端部補強プレート	0.034	0.02	0.013	0.034	0.02	0.015
中央部上補強プレート	0.016	0.015	0.01	0.016	0.015	0.01
中央部下補強プレート	0.036	0.021	0.014	0.035	0.021	0.014
下端部補強プレート	0.043	0.021	0.014	0.048	0.022	0.015

3. 解析結果及び考察

上側の梁に対して変位制御によって水平方向の荷重を加えた。いずれの解析モデルも柱梁の接合部にはボルト接合を用いており、初期張力の導入によってこの接合部ではある程度の曲げモーメントが伝達できるようになる。また1階モデルでは大きな柱軸力に対面する荷重が梁を介して鉛直に作用しているため、ボルト接合部の接触によってより大きなモーメントの伝達が可能となる。解析で得られた荷重変位グラフを図7と図8に示す。また最大耐力に達した時の座屈耐力とその時の載荷点変位を表1に示す。載荷時の水平変形によって柱上端部へと繋がるブレースでは引張力が生じ、柱下端部へと繋がるブレースでは圧縮力が生じた。図3に示すようにいずれの解析モデルも筋交いの座屈により最大耐力に達し、いずれの補強プレートでも筋交いの耐力発揮の障害にならないことが分かった。図7と図8のグラフは同じ傾向を示しており、座屈後の耐力低下は確認できる。表1に示す座屈耐力については、最上階部と比べ1階部分が全体的に低くなり、水平荷重に対してフレームの分担には若干の変化が生じたと考えられる。またプレート効果を見ると板厚が大きくなるほど変位が小さくなるが、大きな相違は見られなかった。

表2に接合部の相対変形量を示す。最上階と1階部モデルを比較するとあまり差は見られず、プレートごとに見ると、補強プレートの板厚が大きくなると、接合部の相対変

形量が小さくなり、補強効果が確認できる。

補強した部分における柱の応力荷重グラフを図9～12に示す。総合的に見れば最上階モデル、1階モデルと共に下端部の補強プレート部分における応力が大きく、上端部への負担が少ないことがわかる。図11と図12の6mmプレート下端部では他の2つのケースと大きく異なっている。これはZZ方向において、他のプレートに比べ6mmプレートでの補強効果は不十分であることと表れる。

4. まとめ

本論文では、3種類の板厚の補強プレートを用いたK型ブレース付きフレームの弾塑性数値解析を行い、崩壊モードや耐力などに対する柱軸力・補強プレート板厚の影響を検討した。その結果、以下のことが分かった。

- (1)最上階と1階モデルの柱軸力が大きく異なるにもかかわらず、いずれのケースもブレースの座屈によって最大耐力に達した。
- (2)全体の耐力及び変形については、いずれの解析ケースも同程度の値となっている。
- (3)補強部分の柱応力の比較結果より、6mmプレートの補強効果については不十分であると言える。

参考文献

- (1)日本建築学会：「鋼構造設計基準」,丸善出版 2005年 (2)日本建築学会：「鋼構造座屈設計指針」,丸善出版 2009年