

枠材の剛性・耐力がせん断パネルの力学挙動に及ぼす影響
その4 枠材・補剛材を線材要素とした解析検討

正会員 ○平田 博宗*1 同 薩川 恵一*3
同 吉敷 祥一*2

せん断パネル せん断座屈 補剛材
有限要素解析 ねじり定数 枠材

1. はじめに

前報にて、外枠材及び補強材の必要なねじり剛性について検証をした。本報では、前報でねじり剛性に着目した背景及び指標とした理由について述べる。

2. 数値解析概要

図1に数値解析モデルを示す。数値解析は、純せん断場での矩形平板の弾性及び弾塑性挙動を対象としている。解析変数は、平板の板幅 b (600mm) を一定として、平板の辺長比と幅厚比を適宜変化させて、平板長辺にはり要素を添接している。矩形平板で使用した要素はシェル要素として、メッシュ分割は短辺方向を80分割、長辺方向を辺長比1~4に対応して80, 160, 240, 320分割としている。平板の境界条件は、純せん断場とするために、平板周辺を単純支持として、平板隅角部の4点は局所座標系を用いて、対角線方向移動を自由、対角線直交方向の移動を固定としている。強制荷重は4辺に設定した接点に対して強制荷重を各辺の軸方向に与え、弧長法による荷重制御により数値解析を行っている。また平板長辺端に添接した梁要素は特定の断面形状で与えず、要素軸に関するねじり定数(J)と z 軸に関する断面二次モーメント (I_z)とした数値で与えており、弾性としている。弾塑性解析で使用する鋼材の材料特性は、前報と同様である。また弾塑性解析では、弾塑性解析結果で得られた固有値モードを板厚1%で変形を与えている。

3. 数値解析結果

図2に矩形平板の辺長比を3として、幅厚比50及び100の弾性座屈解析結果を示す。図(a)の縦軸には座屈係数、横軸には長辺方向に添接した梁要素のねじり定数を示している。幅厚比100は、ねじり定数 5×10^6 (mm⁴)程度で点線に示す座屈係数にはほぼ近づくが、幅厚比50はねじり剛性は、座屈係数の8割程度である。弾性解析結果では幅厚比50を固定支持に近づけるにはさらに過大な断面が必要であることがわかる。図(b)では、横軸にはり要素の z 軸に関する断面二次モーメントを示している。座屈応力度は、断面二次モーメントの大きさによらず4辺単純となり、弾性座屈解析では反応がないことを示している。

図3は、平板の幅厚比50を例にとり、周辺枠長辺方向に添接する梁要素のねじり定数(J)と z 軸に関する断面二次モーメント (I_z)を変数とした弾塑性解析結果を示したものである。右図はねじり定数がほぼゼロで断面二次モーメントを変化させた結果、左図は断面二次モーメントを一定としてねじり定数を変化させた結果である。左図では、断面二次モーメントは平板の塑性変形能力の上昇の効果はないことがわかる。一方、右図では、ねじり定数をあげると平板の塑性変形能力の

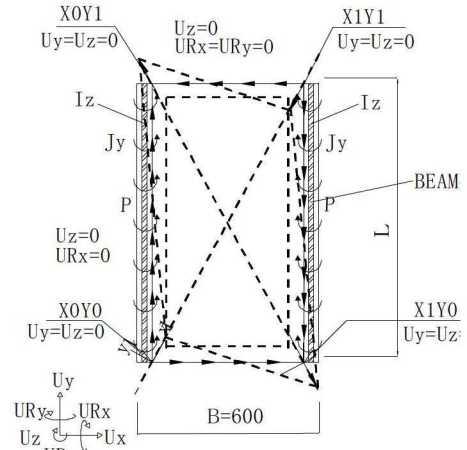


図1 解析モデル

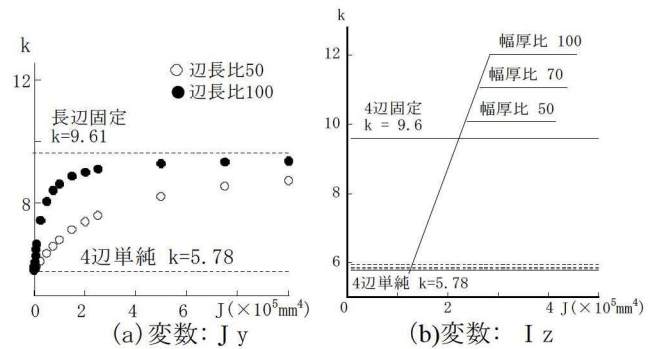


図2 座屈解析結果

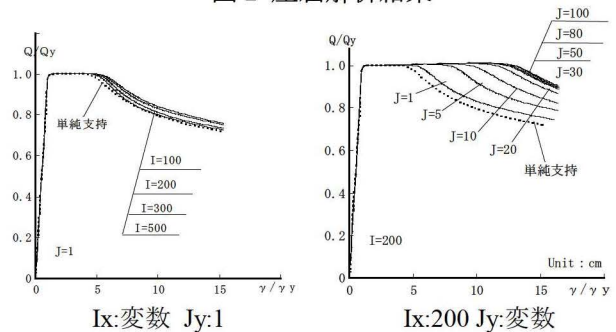


図3 荷重変位関係

上昇が確認されるが、ねじり定数50より大きくしても平板の塑性変形能力にさほど変化はみられない。

図4は、幅厚比50,70,100を例にとり、梁要素にねじり定数(J)を変化させ、塑性変形能力を検証した結果を示す。図中の点線で示す荷重変位関係は単純支持条件の結果である。幅厚比50の平板は、周辺枠のねじり剛性を大きくすると塑性変形能力は上昇するが、幅厚比

100 では降伏耐力直後に耐力が低下する。そこで幅厚比の大きな平板の塑性変形能力維持には、周辺枠のねじり剛性の他になんらかの平板の面内剛性をあげることが必要であることがわかり、本研究では提案している補強材に求められる性能について検証する。

図5に図1に示す解析モデルに長辺方向2等分割にする梁要素を添接した弾塑性解析結果を示す。梁要素は弾性として、要素軸に関するねじり定数(J)とx軸に関する断面二次モーメント(I_x)で与えている。左より平板の幅厚比 50, 100 として補強材の断面二次モーメント及びねじり定数を変化させている。なお図中の点線は面外変形を示している。補強材の断面二次モーメントを与えると、大変形領域において平板の四辺及び平板内の補強材を弾性であることから、並列に配置された周辺枠と平板内補強材とで囲まれた短冊状の平板領域にて安定した荷重変位関係が得られており、平板の面外変形の発生により耐力低下が起きる。また補強材の断面二次モーメントを一定として補強材のねじり剛性を与えると無補強の平板と比較して塑性変形能力が大きく上昇することがわかる。つまり補強材の断面二次モーメントとねじり剛性にはある必要な量が存在しなければ塑性変形能力の確保は期待できない。

図6に平板の塑性変形能力が最大に達するまでに必要な補強材のねじり定数と断面二次モーメントを幅厚比ごとに整理したものを示す。なお辺長比は 1,2,3 として、枠材は図中に示すように一定としている。図(c)の幅厚比 50 は、ねじり定数を 10 以上、断面二次モーメントを 5 以上の補強材が必要であり、図に示すようにねじり定数が 50 以下かつ断面二次モーメントが 30 以下の領域においてねじり定数と断面二次モーメントの必要量の関係が曲線を描くことが確認できる。図(d)に幅厚比 100 の平板で辺長比 1, 2, 3 の場合の必要量の解析結果を示す。辺長比が小さくなるにつれてその必要量は少なくなるが、図中に示すようにその塑性変形能力は小さく、さらなる補強が必要となる。

図7は面内に補強材を2本添接し、平板の辺長比3、幅厚比100を一定として、補強材の断面二次モーメントを一定としてねじり定数を変化させた弾塑性解析結果を示す。比較値として無補強と補強材1本にねじり定数を 50cm⁴、断面二次モーメントを 10 cm⁴ を合わせて示す。補強材で1本での最大塑性変形能力を大幅に超える結果となった。図8では図11の塑性変形能力に対し、必要な剛性を示している。補強材1本と比較すると、塑性変形能力が約 2.5 倍向上しており、必要剛性も少なくなっている。

4. おわりに

本研究では金属薄平板が安定した塑性変形能力を得るために平板周辺の枠、また並列に並べた矩形板の必要剛性を数値解析により明らかにした。さらに、幅厚比の大きな平板が塑性変形能力を向上させるには、平板の面内剛性が必要であることがわかった。面内剛性には平板の面外変形を抑制する効果がある。平板周辺の枠補強、面内の補強材ともに断面二次モーメントとねじり剛性がある必要な量があることがわかった。

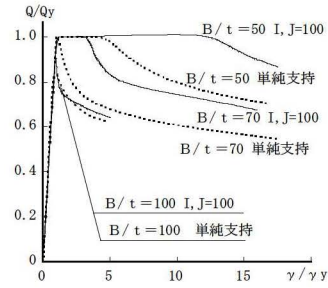


図4 荷重変位関係

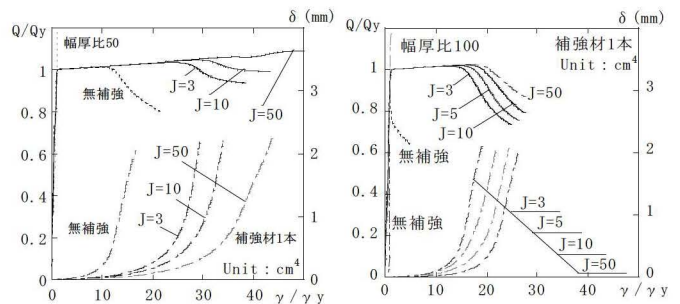


図5 補強材1本 荷重変位関係

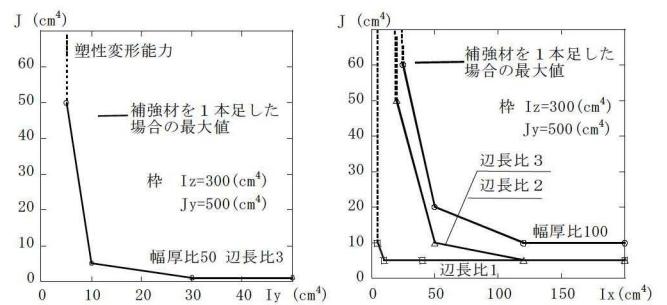


図7 最大塑性変形能力 必要因子

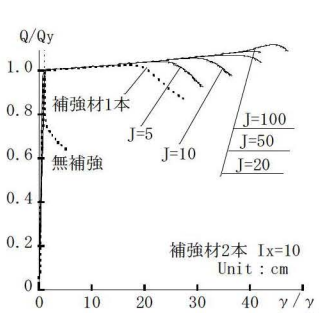


図8 補強材2本 荷重変位関係

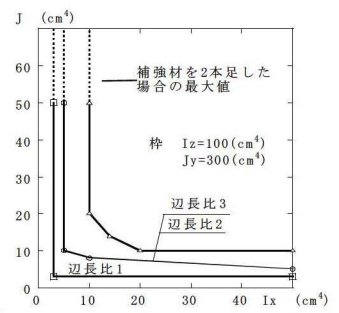


図9 最大塑性変形能力 必要因子

*1 元愛知工業大学 学生 (現: 大日本土木)
 *2 東京工業大学 准教授
 *3 愛知工業大学 教授

*1 Aichi Institute of Technology (Dai Nippon Construction)
 *2 Associate Professor, Tokyo Institute of Technology
 *3 Professor, Aichi Institute of Technology