

繰返し荷重を受けるせん断パネルの非線形挙動 1 円形環添接補強構造

正会員○ 薩川 恵一*1 正会員 鈴木 敏郎*2

純せん断場 せん断パネル 円形環補強
繰返し荷重 鋼材の歪硬化 弾塑性履歴

はじめに

面内せん断を受ける平板では、複合応力であるせん断応力は直交する引張応力成分と圧縮応力成分とで構成され、変形に伴うせん断応力の変化は前記応力成分それぞれの推移で見ていく必要がある。即ち、引張応力成分は平板の変形が進行してもそれに伴う応力は維持されるものの、圧縮応力成分は順次低下して行き早い段階で消える。従って面内せん断を受ける平板の降伏せん断荷重を確保するためにはこれを如何に補うかである。

1. せん断パネルへの円形環補強

平板の降伏せん断荷重を確保する有力な手法の一つは、平板面に円形環を添接することでその内側領域の圧縮応力成分を90度方向を変え引張力へ切替えられることである。円形環添接は平板中央に配置するのを基本とするが、平板表裏面で左右にずらして添接することで一對の円形環として左右枠組みに近づけることでより平面上で一層安定した状態が保持できると考えた。

図-2は円形環が添接された正方形平板の純せん断場の釣合であり、図中破線は円形環が平板中央にある場合の非線形釣合、実線は円形環を平板面表裏で左右にずらした場合の釣合である。これら全て円形環の効果で降伏せん断荷重には届くもののその後の耐力上昇には差があり、薄い板厚の平板では環をずらした配置は有効である。図-3は、板厚が16mmと6mmの場合を実線で12mmと9mmとを点線で繰返し履歴を同一図面上に重ねて描いている。

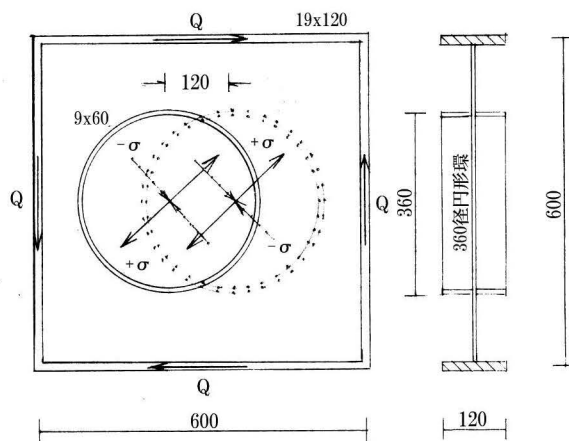
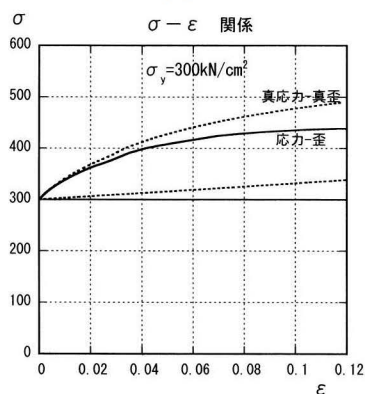


図-1



鋼材の応力・歪み図

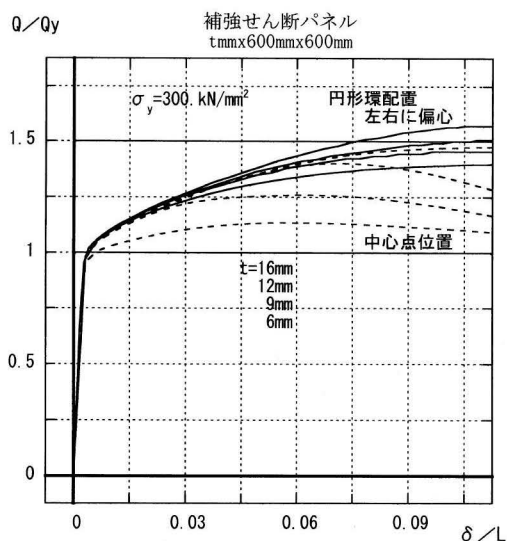


図-2

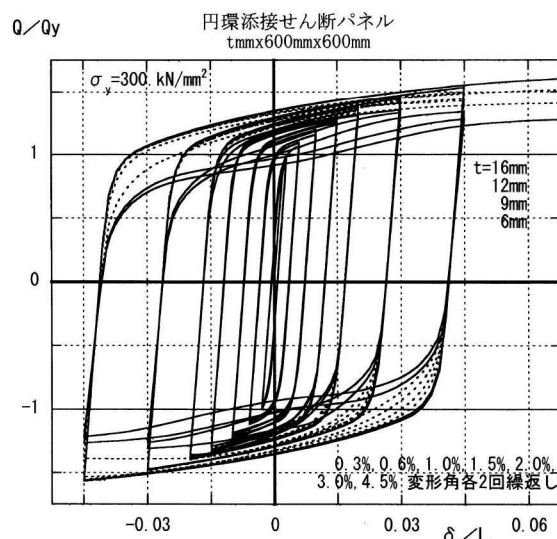


図-3

2. 不整のない平板と同等の釣合を図る補強構造

これらの結果から見て、降伏荷重を確保することと曖昧な降伏後の耐力上昇だけからでは繰返し履歴の安定化に結び付けるには十分ではない。円形環を添接することである程度まで繰返し履歴性状を安定化できるものの、更に効果を上げるためには円形環外側領域の対処が必要となる。

図-4は一对の円形環に加え、平板表裏面でそれらと交差するよう左右の枠材と並列して縦方向スティフナーを配したものである。付加した補強材は一義的には平板の座屈変形を抑えることであるが、加えて周辺枠組みの変形を抑止して平板のせん断変形の拡大にも安定した状態とすることにある。

図-5は補強構造の力の仕組みを説明したもので、周辺枠組みはせん断変形の推移に伴い中央部の平板に引き寄せられるが、これを防ぐことで円形環と枠組みの間で新たに引張力が発生する。即ち、本来の斜め方向の引張応力に加え、それと直角方向で消えた圧縮応力に代わり引張応力が生じ、X字形の張力場ができると考えられる。

3. 理想的な力の釣合と漸増繰返し履歴

図-6はこの補強構造での非線形釣合であるが、円形環補強だけの実線4本に対し○印群で示すよう板厚に拘わらず略同じ降伏後の耐力上昇となる。板座屈]変形の進行を完全には止めることなく寧ろ進行する変形を逆に利用して新たな釣合力が生み出されるため、薄い平板では力は大きく又厚い平板ではそれなりに小さくなる。このことから異なる板厚の平板に対し同じ補強構造で対応でき、座屈変形の完全拘束に匹敵する力の釣合とすることができたと考えられる。

図-7は、本補強構造での正負交番の漸増繰返し载荷の結果であるが、板厚の異なる4ケース全ての履歴を重ねて描いたものである。平板の幅厚比 37.5 ~ 100 のせん断パネルの非線形解析結果であるが、殆ど同じ繰返し履歴性状となっている。

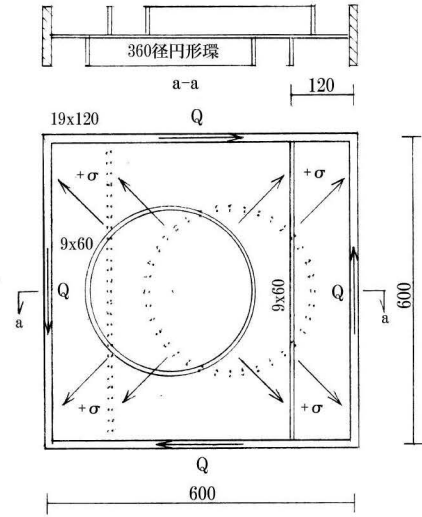


図-4

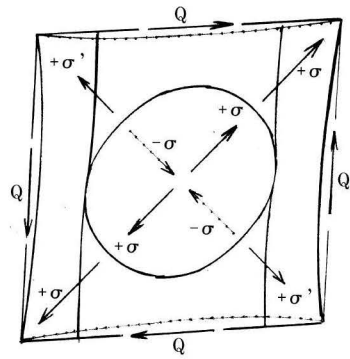


図-5

解析手法について

本論文では四角形シェル要素による CAE 解析によったが、平板上で定義される座標系に縛られることなく構造物の形状を自由に変えられる上で有効である。なお、立体要素の扱いについては力学的対応能力を十分検証する必要があることを付記しておく。

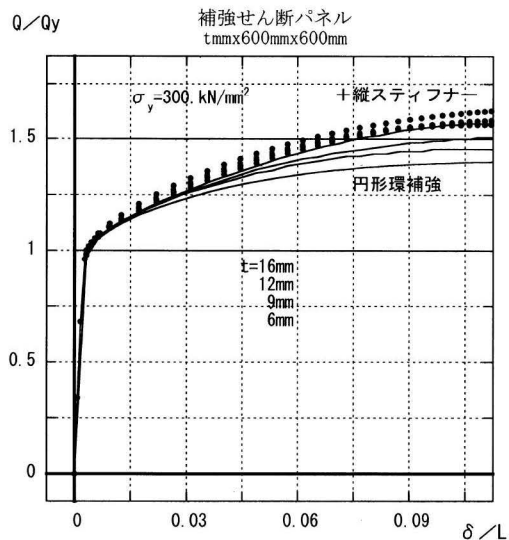


図-6

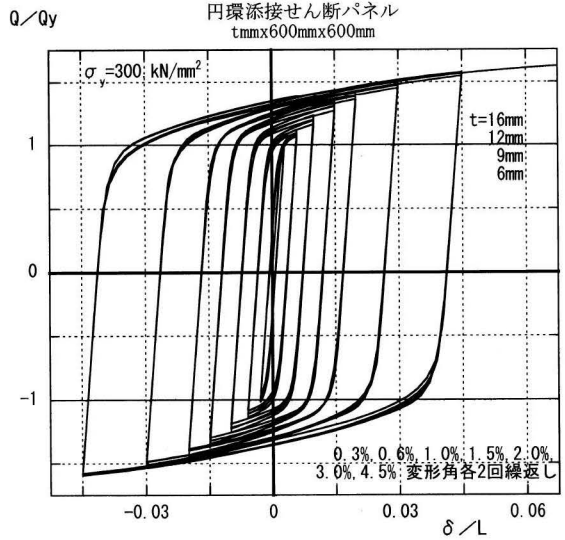


図-7

* 1 愛知工業大学
* 2 構造材料研究会

Aichi Institute of Technology
Suzuki Laboratory of Material and Structure