

東京大学工学部 正員 奥村敬恵

東京大学大学院 学生員 O山下清明

まえがき 鋼構造部材として、平板を集成、接合したものがもちいられることが多いが、近年部材断面の大型化や、材料の進歩による断面構成平板の薄肉化が著しい。このような薄肉構造に集中荷重（支束反力等）が作用する場合、あるいはラーメン隅角部のような特殊な構造の場合には、断面構成平板内に著しい応力集中が生ずる。

一般に、薄肉構造における応力集中部では、応力集中の度合を軽減するため、隔壁等、各種補剛材がもちいられる。このため、応力集中を評価するには、これら補剛材の剛度と、部材断面を構成している平板の振がりを考慮した応力解析が必要となってくる。また、このような応力集中部については、材料の塑性をも考慮しなければ妥当な結果は得られないであろう。

このような応力集中部の塑性化が更に進行すると、いずれ部材全断面が塑性化し、いわゆる塑性ヒンジが生ずるが、その進行過程は、断面構成平板の幾何学量（板巾、板厚）や、応力集中部の補剛材の有無、また平板相互の材料特性の違いなどによって非常に異なると考えられる。

ここでは、薄肉平板で構成された3次元応力場をもつ構造の弾塑性応力解析をおこなひ、断面構成平板の剛性の違いや補剛材の有無による、塑性ヒンジ部の挙動の相異を解析してみる。

解析手法 薄肉部材断面を構成する各平板は、主に、面内方向の力に抵抗するいわゆるShear作用により、外力に抵抗すると考えられる。すなわち、ここでの解析は板のPlate作用を無視しておこなう。結局、上記問題は、平面応力状態の平板を組み合わせた薄肉構造の弾塑性解析に帰着する。

平面応力場の解析法として、三角形要素をもちいた有限要素法が発達しているが、この方法による平面応力場における弾塑性解析も荷重増分法によって比較的容易におこなえる。そこですでに発表⁽¹⁾した2次元有限要素法による薄肉立体構造の解析法を塑性域を扱えるように拡張して本問題に適用した。すなわち、弾性要素の応力-歪関係式はフックの法則をもちい、塑性化した要素については応力増分-歪増分関係式としてReussの式をもちい、各荷重増分に対して計算する。

材料の降伏条件式は von Mises の条件式をもちいる。2次元応力場の場合

$$\bar{\sigma} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \cdot \sigma_y + 3\tau_{xy}^2} = \sigma_{\text{Yield}} \quad \bar{\sigma}: \text{相当応力}$$

材料の応力-歪曲線は、引張試験より得られたデータを理想化してもちいるが、各有限要素に異種の材料についてのデータをもちいることにより、Hybrid 梁等の弾塑性解析も可能となる。

計算例 図-1に示すように、I-Beamを支束中央で支持し、支束両端で対称荷重を鉛直上方向に作用させた系を扱う。実際の応力計算は、中央支持点付近（ハワリ部）だけを取り出し、Y-Z断面に相当した曲げモーメントとせん断力を作用させておこなう。

支束中央の補剛材の有無に対応して2つの計算モデルを考えた。モデルIは剛性壁補剛材が支束中央にある場合に相当し、支束中央支持点においてウェブ全体をY方向に固定する。モデルIIは、垂直補剛材がない場合を想定して、Y方向の拘束は点支持でおこなわれる。

最初に塑性化する要素は、どちらのモデルの場合もC点を含んだ要素であり、F点、モデルIIにおいて最初の要素が降伏し下荷重は、モデルIの場合の約1/3であり、E。

計算結果の一部として、モデルIにおいて丁度降伏が起る荷重に対応する両モデル内の相当応力の分布を示す(図-2a,b)。

モデルIIではウエジ最上部C点付近の応力集中の他に、モデルIと比較して、フランジでの応力の集中や、C点から斜め下方に向って相当応力の増加がみられる。

降伏発生後の挙動、および、構成平板の剛度、違いによる弾塑性挙動の相異については当日発表したい。

1) 山田「弾塑性問題における剛性マトリックス」

生産研究 19巻3号

2) 第23回年次学術講演会

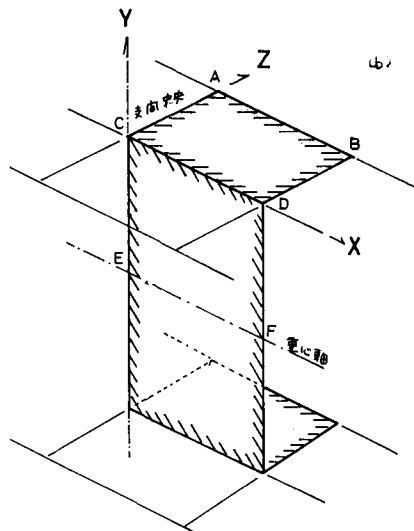
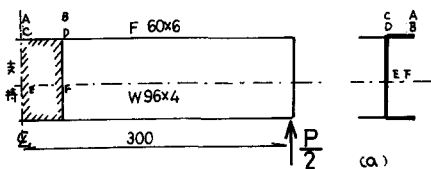


図-1 計算モデル

図-2 相当応力の分布 (1000Kg/cm²)

