

送り支承上の腹板の弾塑性大変形解析

信州大学工学部 正会員 清水 茂 信州大学 学生会員 O阪田 諭

1. まえがき

送り出し工法によって架設される桁の腹板に代表される、局所荷重を受ける桁の解析は、多くなされるようになってきた。しかし、その多くは、局所荷重のみを受けるモデルを対象としており、局所荷重と面内曲げが同時に作用するようなモデルについては、まだあまり研究されていないようである。著者らは、局所荷重と面内曲げを受ける桁の水平補剛材付き腹板パネルの挙動を、弧長増分法を用いた有限要素法による弾塑性大変形解析で調べたので、その結果を報告する。

2. 解析の説明

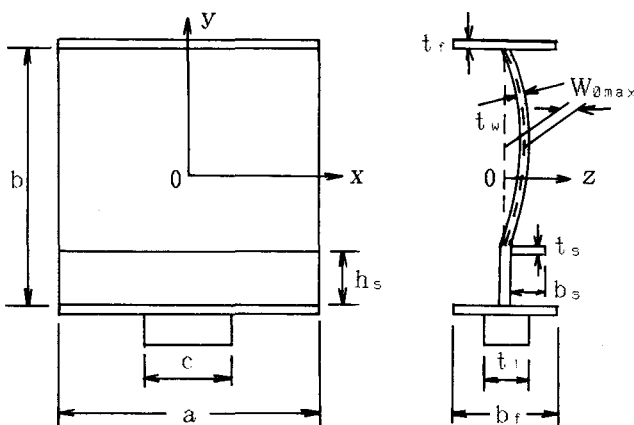
1) 解析の方法 本研究では、平面シェル要素を用いた有限要素法による弾塑性大変形解析を行った。要素については、小松、北田らの平面シェル要素¹⁾を使った。ただし、平面シェルでは通常考えない θ_z 回りの剛性は、Zienkiwicz の仮想剛性²⁾ を使い考慮した。つまり、1 節点当り $u, v, w, \theta_x, \theta_y, \theta_z$ の 6 自由度を考えている。増分については、最大荷重前後の挙動を知るために、弧長増分法を使い、1 回の増分に対しては、修正ニュートンラプソン法を用いた。

2) 解析モデル 解析で扱うモデルは、図-1 に示すような、全幅 a 、全高 b 、全厚 t_w ($=0.6\text{cm}$) の腹板、幅 b_f 、厚さ t_f ($=2.0\text{cm}$) のフランジ、および、幅 b_s 、厚さ t_s ($=0.6\text{cm}$)、取付け位置 h_s の水平補剛材からなる、垂直補剛材にはさまれた腹板パネルである。また、送り支承は、幅 c 、厚さ t_i とする。

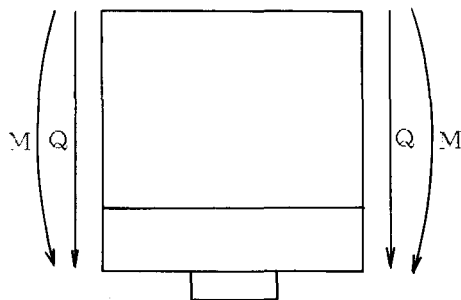
腹板には、図示のように、補剛材より上側パネルの中央部で、大きさが最大 $W_{0\max}$ の正弦曲線からなる、面外初期たわみを与えた。板厚方向には 4 層に分けている。解析に用いた材料定数は、ヤング率 $E = 206\text{GPa}$ 、降伏応力 $\sigma_y = 235\text{MPa}$ 、ポアソン比 $\nu = 0.3$ である。材料は、Mises の降伏条件に従うものとし、応力ひずみ関係は完全弾塑性体である。載荷方法は、図-2 に示すとおりである。

対称性により解析は左半分を対象とした。そのため、境界条件は、中心軸で x 方向と θ_y 方向、送り支承上で y 方向、腹板の周辺で z 方向を拘束している。

このほか、パラメータとしては、表-1 に示すものを用いた。各モデルの名称は、表中の () 内に示す記号で、例えば、モデル A-3-0-0 ($\alpha=1.0$, $\beta=0.3$, 水平補剛材なし、曲げモーメントなし) とした。



(図-1 解析モデル)



(図-2 載荷方法)

(表-1 パラメータ)

パラメータ		パラメータの値と名前
アスペクト比	$\alpha (=a/b)$	1.0 (A), 0.6 (B)
送り支承の幅比	$\beta (=c/a)$	0.3 (3), 0.5 (5)
水平補剛材の位置 (有無)	$\gamma (=b_s/b)$	なし (0), 0.2 (2)
曲げせん断比	$\phi (\sigma/\tau)$	なし (0), 4.1 (4), 7.3 (7)
送り支承の厚さ	η	$t_l=t_w$ (なし), $t_l=t_r$ (F)

3. 解析結果

図-3は、本解析により得られた荷重-変形曲線である。また、図-4a,bは、図-3に示す点A₆、A₇のそれぞれの変形図と塑性線である。ここで、塑性線の位置は、曲げによって全塑性となった領域がある程度幅を持って分布するために、明確な決定は出来ないため、必ずしも正確な位置を示すものではない。

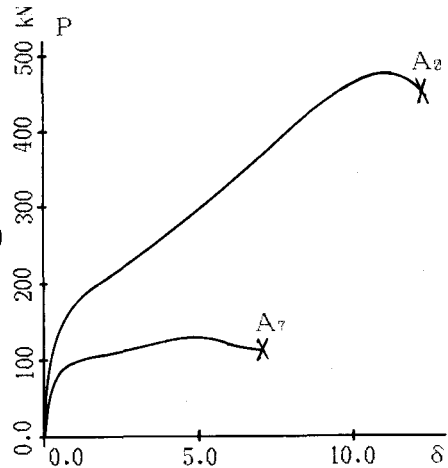
モデル A-3-0-0では、200kN 付近で初期降伏を起こし、300kNから400kN に増加するにつれて、降伏域が大きく広がっていった。440kN で全塑性となる要素が現れ、図-4a で示す上側の塑性線を形成しながら最大荷重となる。最大荷重後から、塑性線が左方へと伸びていく様子が見受けられる。

モデル A-3-0-7では、80kN で初期降伏が起こり、それからすぐに送り支承上に塑性線が現れた。その後、塑性域は、1本目の塑性線に接する要素からだんだんとその周りに広がり、最大荷重前後で2本目の塑性線を形成した。

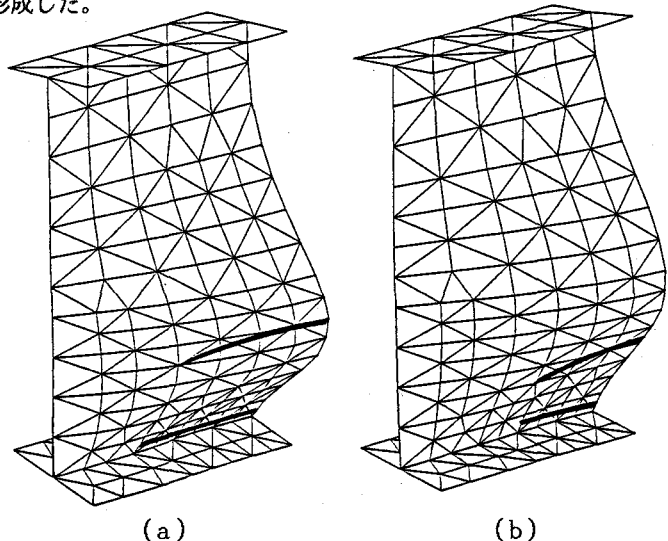
図-3などから、腹板の面外変形が急増し、座屈したと思われる荷重は、モデル A-3-0-0で180kN、モデル A-3-0-7で100kN であり、 P_{max} は、それぞれ 480kN、130kNであった。

曲げモーメント ($\phi=7.3$) が加わったことにより、座屈荷重は、モーメントを加えなかったときの55%の値となり、最大荷重は、27%に減少した。

その他の結果については、講演会当日に報告する。



(図-3 P-δ 曲線)



(a)

(b)

(図-4 変形図)

参考文献

- 1) 小松定夫・北田俊行・宮崎清司：残留応力および初期たわみを有する圧縮板の弾塑性解析，土木学会論文報告集第244号 1975年12月
- 2) O. C. Zienkiewicz, 吉識・山田 訳：基礎工学におけるマトリックス有限要素法 1975年 培風館