

局所荷重を受けるプレートガーダーの耐荷力

名城大学大学院 学生員 張 耿輔
 名城大学 学生 舟田 武
 名城大学 フェロー 久保 全弘

1. まえがき

先の報告^{1)~3)}では、I形断面プレートガーダーの垂直補剛材間並びに垂直補剛材上に局所荷重が作用した場合の挙動を実験と弾性解析から検討してきた。その結果、単一腹板のみでは評価できず、フランジの影響を考慮する必要があること、そして垂直補剛材の剛度と取り付け方によって耐荷力が相当変化することを明らかにした。本報告では、汎用有限要素法プログラムMSC/NASTRANを用いて非線形解析を行い、先に実施した実験結果と比較した。

2. 数値解析

図-1に示す解析モデルは、先に実施した実験供試体と同じ寸法である。フランジと腹板の幅厚比($b_f/2t_f=8.3$, $d_w/t_w=150$)と荷重幅($c=136\text{mm}$)を一定にして、アスペクト比と中間補剛材の配置形式とフランジとの取り付け方法を変えた5つの実験桁[図-1(a): NS1, NS2, NS3], 一方、スパン長($L=2040\text{mm}$)を一定して、中間補剛材の配置形式とフランジとの取り付け方法を変えた5つの実験桁[図-1(b): DM, SW, SM, SC1, SC2]を解析した。材料性質は、試験体の実測値を用いた。解析では初期不整として腹板の面外たわみのみを考慮し、実測値を用いた場合、道路橋示方書の許容製作誤差 $d_w/250$ を最大値として、その形状を弾性解析から求めた座屈モード及びsin級数モードで仮定した場合について比較する。ミーゼスの降伏条件を用いて非線形材料特性を考慮し、ニュートンラプソン法により荷重増分の収束計算を行った。また、解析に使用した要素は4節点四角形シェル要素で、図-2示すように、桁全体を細分割した。

3. 解析結果

(1) 耐荷力

表-1は、補剛材間に局所荷重が作用した場合の耐荷力であり、実験値、弾性座屈荷重、腹板の初期たわみとして座屈モード、sin級数モードおよび実測モードをそれぞれ仮定した場合の非線形解析結果を示す。弾性座屈荷重は腹板パネルを構成する中間補剛材が両側に配置した桁NS1では実験値より大きい、片側配置した桁NS2, NS3では小さい。座屈モードとsin級数モードを仮定した非線形解析値は、実験値よりも12~21%大きい耐荷力を示し、初期たわみモードの相違による差は僅かである。そして、実測モードを仮定した解析値は、アスペクト比 $\alpha=1$ の桁NS1, NS2では23%, $\alpha=2$ の桁NS3では4%大きい耐荷力を与えている。中間補剛材の配置形式の影響

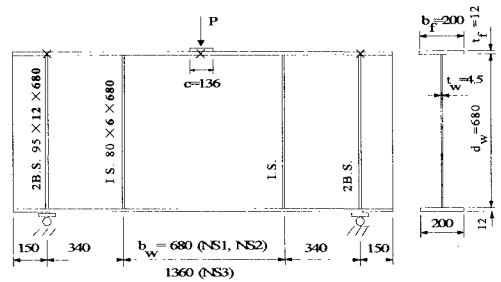


図-1(a)実験桁: NS1, NS2, NS3

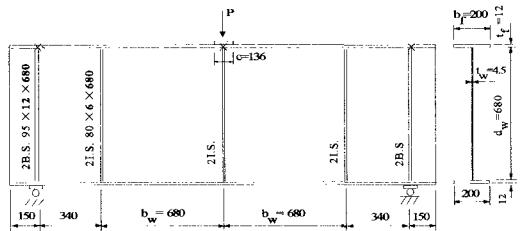


図-1(b)実験桁: DM, SW, SM, SC1, SC2

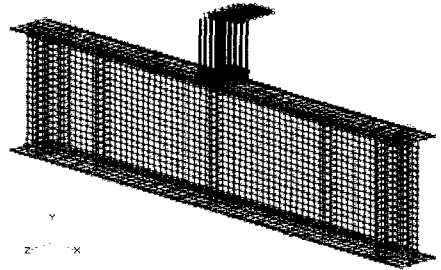


図-2 解析モデルの要素分割

は sin 級数モードではみられないが、座屈と実測モードではみられ、片側配置の方が逆に大きめの耐荷力を示している。

表-1 補剛材間に局所荷重が作用した場合の耐荷力

実験桁	実験値		解析値 (tf)				中間補剛材の配置形式
	耐荷力 (tf)	最大たわみ δ/d_w	弾性座屈荷重	座屈モード	sin 級数モード	実測モード	
NS1	19.49	1/241	25.35	23.63	23.61	23.95	両側配置で密着
NS2	21.13	1/507	19.26	24.05	23.58	26.26	片側配置で密着
NS3	20.19	1/300	16.48	23.47	22.84	20.91	片側配置で密着

注) NS1, NS2は腹板のアスペクト比 $\alpha=1$; NS3はアスペクト比 $\alpha=2$

表-2 には、中間補剛材上に局所荷重を作用した場合の耐荷力について実験値と解析結果が比較してある。どの桁においても非線形解析結果は、弾性座屈荷重より大きい耐荷力を与えている。初期たわみとして座屈モードないしは

表-2 補剛材上に局所荷重が作用した場合の耐荷力

実験桁	実験値		解析値 (tf)			中間補剛材の配置形式
	耐荷力 (tf)	最大たわみ δ/d_w	弾性座屈荷重	座屈モード	sin 級数モード	
DM	63.06	1/205	53.15	67.56	67.54 (67.01)	両側配置で密着
SW	46.69	1/297	39.88	46.53	46.40	片側配置で溶接
SM	42.16	1/523	39.17	47.65	47.09	片側配置で密着
SC1	40.29	1/279	39.09	45.60	45.05	$C_s=4t_w$ の間隔
SC2	36.82	1/489	38.98	40.47	40.37	$C_s=8t_w$ の間隔

注) () は同一方向に腹板の初期たわみを有する場合

sin 級数モードを用いても解析値はほぼ同様であり、桁 SW で良い推定をしている以外は実験値より 7~13% 大きい耐荷力を示している。桁 DM については、sin 級数モードを載荷点の中間補剛材を境界にして同一方向 (対称) に仮定した場合の結果も与えてあるが、0.8% 小さいだけである。補剛材の配置形式とフランジとの取り付け方による耐荷力の違いは、解析結果も実験と同様な傾向を示している。表-1 の桁 NS3 との比較から、補剛材を両側配置すると約 3 倍、片側配置すると約 2 倍の耐荷力の向上が得られる。また、片側配置は両側配置に比較して耐荷力が約 30% 低下する。片側配置で溶接するか密着するかは、非線形解析値はあまり差はないが、実験と逆の傾向を示している。フランジと間隔をあけて取り付けた場合は、密着した場合の耐荷力に比べ $C_s=4t_w$ で約 4%、 $C_s=8t_w$ で約 17% 低下している。

(2) 崩壊形

図-3 は、非線形解析から求めた最大荷重時の崩壊状況を示す。中間補剛材間に作用した場合[図-3(a)]は載荷点近傍の腹板上部で崩壊し、補剛材上に作用した場合[図-3(b)]は腹板パネルの斜張力場を形成して崩壊している様子がわかる。

4. あとがき

局所荷重を受けるプレートガーダーの耐荷力は、実験値より少し大きめであるが、腹板の初期たわみのみを仮定した非線形解析からほぼ推定できることがわかった。その場合、腹板の初期たわみモードとして sin 級数で仮定すれば十分と思われる。今後の課題として、残留応力を考慮した解析も必要であろう。

【参考文献】

- 1) 小川・久保・安藤：局所荷重を受けるプレートガーダーの実験，土木学会中部支部研究発表会講演概要集，pp31~32, 1994-3.
- 2) 久保・菱川・安藤：垂直補剛材付きプレートガーダーの局所荷重耐力，土木学会年次学術講演会講演概要集，第1部(A)，pp100~101, 1995-9.
- 3) 張・久保：鋼桁腹板の座屈荷重に及ぼすフランジの影響，土木学会年次学術講演会講演概要集，第1部(A)，pp170~171, 1998-10.



図-3(a) NS3の崩壊形

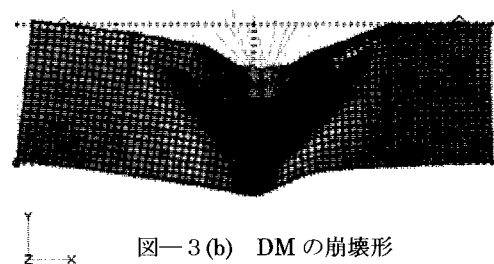


図-3(b) DMの崩壊形