

隅角部に直角二等辺三角形板を有する鋼製ラーメン構造の座屈特性に関する基礎的研究

明石工業高等専門学校 正 員 越智内士 大阪市立大学大学院 正 員 北田俊行
 大阪市立大学大学院 正 員 松村政秀

1. まえがき：鋼製ラーメン橋脚の隅角部，橋梁付属構造物の基部，ならびに鋼 I 桁における横構には，作用応力の低減や補強を目的とした三角形板が設置されることが多い。しかし，このような三角形板の寸法は，座屈に対する照査なしに決定されているのが現状である。そこで，著者らは，文献 1) にて，直角二等辺三角形板を対象として，板厚等を変化させたパラメトリックな弾塑性有限変位解析を行い，直角二等辺三角形板の座屈耐荷力特性を検討した。しかし，文献 1) では，三角形板のみをモデル化しているため，三角形板の設置位置を考慮すると，載荷条件や境界条件を忠実に再現できていないことが考えられる。したがって，本研究では，2 本の鋼製柱部材からなるラーメン構造の隅角部に，文献 1) の直角二等辺三角形板を設置した解析モデルを作成し，三角形板の板厚や大きさを変化させたパラメトリックな弾塑性有限変位解析を行っている。

2. 解析モデル：解析モデルは，図-1 に示すように，1 辺 60cm の正方形箱形断面（板の幅厚比パラメータ R は 0.38）が直交したラーメン構造の隅角部に，直角二等辺三角形板の有する構造とした。荷重は，2 本の柱の端部に，隅角部に設置した三角形板に圧縮力が作用する方向，すなわち，柱端部間を縮める方向に一樣圧縮変位を載荷し，ラーメン構造全体が終局状態に至るまで漸増させた。ラーメン構造端部の境界条件は，図-1(a) に示す通りである。さらに，本解析では，表-1 に示すように，三角形板の底辺の長さ a を 0.0 cm（三角形板なしの場合）および 30.0~60.0 cm（三角形板ありの場合），幅厚比 b/t を 42, 71, 212 へと変化させた。解析モデルの材料には，SM400 材を想定し，ヤング係数 $E=2.0 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ ，ポアソン比 $\mu=0.3$ ，降伏応力 $\sigma_y=235 \text{ N/mm}^2$ とし，図-2 に示すような応力-ひずみ曲線を用いた。ひずみ硬化は等方硬化則を考慮した。さらに，初期不整は，三角形板に対して初期たわみ波形 W_0 （式 (1)）のみを考慮し，残留応力は考慮していない。初期たわみの最大値 \bar{W}_0 は道路橋示方書に規定されている板の平面度の製作許容誤差を参考に $a/150$ とした。

$$W_0 = \bar{W}_0 \cos\left(\frac{\pi}{(\sqrt{2}a - 2|y|)} x_3\right) \cos\left(\frac{\sqrt{2}\pi}{2a} y_3\right) \tag{1}$$

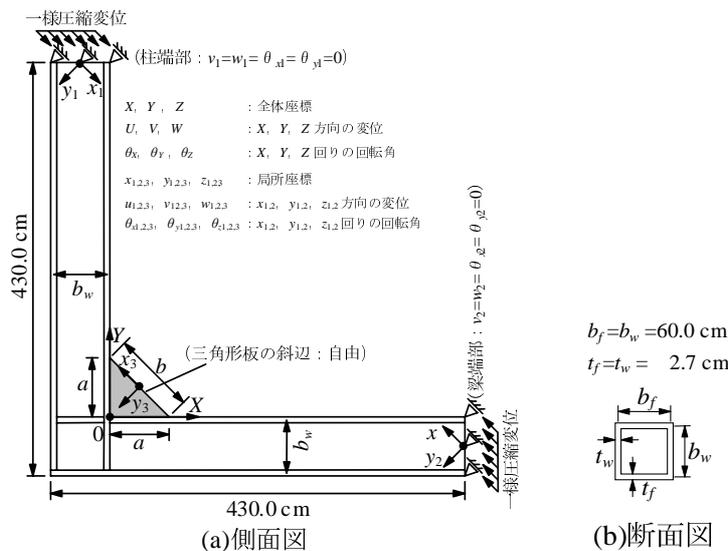


表-1 直角二等辺三角形板の寸法

三角形板の底辺の長さ a (cm)	三角形板の斜辺の長さ b (cm)	三角形板の板厚 t (cm)	三角形板の幅厚比 b/t
0.0	0.0	0.0	-
30.0	42.4	0.20	212
		0.60	71
		1.00	42
40.0	56.6	0.27	212
		0.80	71
		1.33	42
50.0	70.7	0.33	212
		1.00	71
		1.67	42
60.0	84.9	0.40	212
		1.20	71
		2.00	42

図-1 三角形板を有するラーメン構造の解析モデル

Keywords：三角形板，座屈，耐荷力，ラーメン構造，弾塑性有限変位解析

連絡先：〒674-8501 兵庫県明石市魚住町西岡 679-3 明石工業高等専門学校都市システム工学科 Tel:078-946-6173 Fax:078-946-6184

3. 解析結果および考察：まず，図-3には，解析モデル（図-1）の柱端部の x_1 軸方向荷重 P と x_1 軸方向の変位 δ との関係を示している．なお，三角形板の幅厚比 b/t は 42 であり，比較的厚肉な場合について考えている¹⁾．同図より， a の値が大きくなるにつれて最大荷重 P_{max} が大きくなっていることがわかる．また， $a=30.0$ cm ($a/b_w=0.5$) の場合の最大荷重 P_{max} は，三角形板がない場合 ($a=0.0$ cm) とほぼ一致しており，一方向の静的な荷重を受ける場合，ラーメン構造隅角部に設置した三角形板の底辺の長さ a とラーメン構造を構成する柱のウェブ幅 b_w との比 a/b_w が 0.5 より小さいときには，三角形板の設置に伴うラーメン構造全体の耐荷力上昇は認められないと考えられる．つぎに，図-4には，幅厚比 b/t が 42~212 の三角形板を隅角部に有するラーメン構造の荷重 P と w_3/b (三角形板斜辺中央の面外たわみ w_3 を三角形板の幅 b で除した値) との関係を示している．図-4(a)より， $b/t=42$ の場合には，図-3でも述べたように，三角形板の寸法が大きいほどラーメン構造全体の耐荷力は上昇し，三角形板斜辺中央の終局時のたわみは，三角形板の寸法が小さくなるほど大きい．また，図-4(b)より， $b/t=71$ の場合には，三角形板の寸法を変化させてもラーメン構造全体の耐荷力に及ぼす変化は小さいが，三角形板斜辺中央のたわみは，三角形板の寸法が小さくなるほど大きいことが確認できる．図-4(c)によると， b/t が 212 のように大きい場合，すなわち，三角形板の板厚が薄い場合には，三角形板の寸法を変化させてもラーメン構造全体の耐荷力および三角形板斜辺中央のたわみに及ぼす影響は小さいことがわかる．さらに図-4(a)~(c)を比較すると， $P-w_3/b$ 関係は， b/t が大きくなるほどより小さな荷重 P から非線形性を示している．特に， $b/t=212$ の場合（図-4(c)）には，三角形板が弾性座屈を呈し，他の場合と比べてかなり低い荷重においてたわみが大きく増加している．

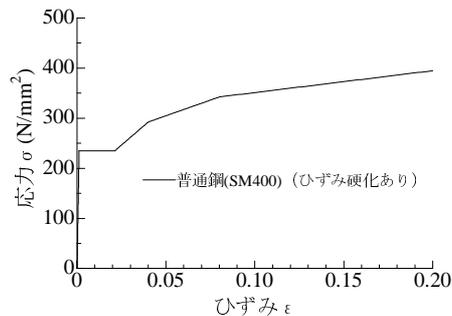


図-2 解析に用いた応力-ひずみ曲線

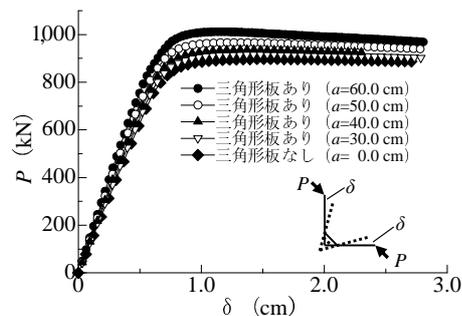
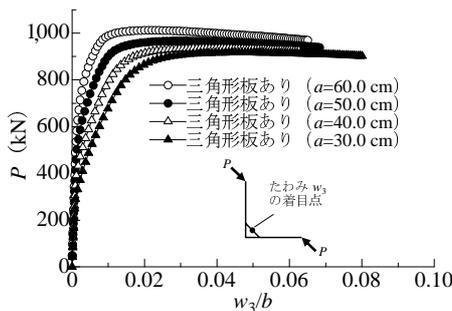
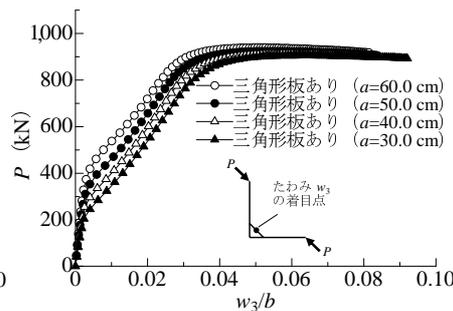
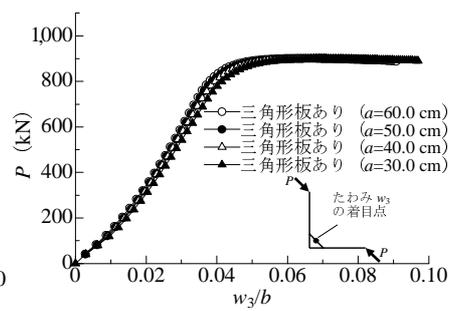
図-3 荷重と変位の関係 ($b/t=42$)(a) $b/t=42$ (b) $b/t=71$ (c) $b/t=212$

図-4 荷重と三角形板斜辺中央のたわみの関係

4. まとめおよび今後の課題：鋼製ラーメン構造の隅角部に，寸法や幅厚比を変化させた三角形板を設置するパラメトリックな弾塑性有限変位解析を行った．その結果，三角形板の底辺の長さ a とラーメン構造を構成する柱のウェブ幅 b_w との比 a/b_w が 0.5 より小さいときには，三角形板の設置に伴うラーメン構造全体の耐荷力の上昇は見られなかった．比較的板厚の厚い三角形板を設置する場合には，三角形板の寸法が大きいほどラーメン構造全体の耐荷力は上昇する．今後は，さらに三角形板の斜辺に補剛材を設置した場合や繰り返し荷重を与えた場合についても解析を行う予定である．

参考文献：1) 越智内士，松村政秀，北田俊行：直角二等辺三角形の座屈耐荷力に関する基礎的検討，構造工学論文集，Vol. 51A，土木学会，pp. 211-217，2005．