

I - 690

 π 型ラーメン橋の耐荷特性に関する一考察

片山ストラテック(株) 正会員 中平進夫 前田建設工業(株) 正会員 森田浩二
名古屋工業大学 正会員 後藤芳顕 名古屋工業大学 正会員 松浦 聖

1 まえがき：矩形ラーメン構造に関する研究は、その耐荷特性、耐荷力算定法、安定照査法等膨大な研究成果が報告されているが、 π 型ラーメン橋に代表される斜め支柱を有するラーメン構造については、二、三の研究¹⁾²⁾が見受けられるだけで、その力学特性や設計法の妥当性に関しては必ずしも十分には検討されていない。

本報告は、 π 型ラーメン橋の合理的な終局強度設計法を確立することを目標に、ここでは、基本的な耐荷特性の検討を行ったものである。

2 解析方法：検討内容としては、桁端の支承条件、斜め脚柱の角度、製作キャンパ-および荷重条件が耐荷力および変形特性に及ぼす影響を弾塑性有限変位解析を用いて計算する。耐荷力解析には、平面骨組の弾塑性有限変位解析プログラム³⁾⁴⁾を用いる。この解析プログラムでは、有限変位解析手法として、要素分割数を増加させると厳密な有限ひずみ・有限変位の理論の解に収束する剛体変位除去の手法を用いている。したがって、はり理論が成立する範囲においては、扱い得るひずみの大きさ、ならびに変位の大きさに何ら制限はない。また、塑性領域の広がりおよび残留応力は塑性領域理論(Plastic Zone Theory)により考慮している。

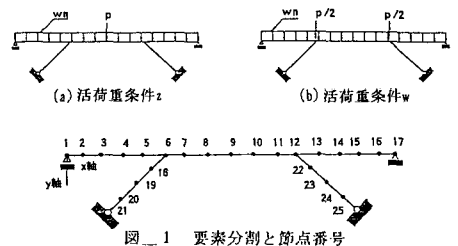
解析モデルは、図_1に示すような24要素、25節点に分割したものをを用いた。部材断面形状はBOX断面で、使用鋼材はSS400材とSS490Y材の2種類を用いた。また、応力ひずみ関係は図_2のように、部材の残留応力分布は図_3のようにモデル化した。荷重は、死荷重、等分布活荷重、線活荷重を考え、載荷手順は、最初に、設計死荷重まで載荷し、その後、設計活荷重を載荷し、さらに活荷重を増加させ終局状態に至らしめる。

解析ケースとしては、支承条件(a：主桁右支点が不動ヒンジ支承、b：主桁右支点が可動ヒンジ支承)、主桁と脚柱のなす角度(30° 、 45° 、 60° の3種類、ただし、脚柱の長さはいずれも同じ)、製作キャンパ-を考慮するか否か(考慮しないモデルを完全系と呼ぶ)、線活荷重載荷ケース(z：支間中央に集中荷重p、w：脚柱の頭に集中荷重p/2 づつ)を組み合わせた18ケースを考えた。

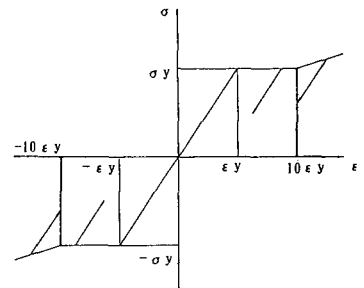
3 数値計算結果および考察：数値計算結果の一部を図_4、5及び表_1に示す。

(1) 耐荷力を支配する座屈モードについては、本解析モデルの場合、飛移り現象は見られず、分岐現象が屈服現象が見受けられた。分岐は脚柱上に直接線荷重が載荷し、主桁と脚柱の角度が大きいものに生じやすい。

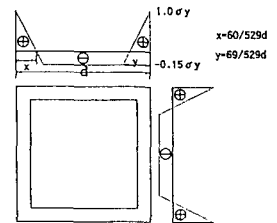
(2) 主桁の支承条件の違いが耐荷力に及ぼす影響は、分岐した2つのケース以外、すべての条件で支承条件bの方が条件aより耐荷力が上であった。これは、対称荷重であるので対称形(支承条件b)の方が耐荷力のピークに近づ



図_1 要素分割と節点番号



図_2 応力ひずみ曲線



図_3 残留応力分布

表_1 最大耐荷力(ピーク荷重)

モデル	支持条件	a	b
M(z, -, 30)		202.89	211.30
M(z, -, 45)		266.02	269.26
M(z, -, 60)		293.12	294.31
M(w, -, 30)		255.06	255.92
M(w, -, 45)		418.08	422.10
M(w, -, 60)		492.03	495.11

いても、部材の塑性化が均等に進むため対称のまま変形し、構造上の不整が生じないためと考えられる。その一方、支承条件aでは徐々に塑性化が不均等になり、変形が非対称となり不整が生じ、耐荷力が多少支承条件bに比べ減じたと思われる。また、荷重条件zにおいて、角度が小さい方が大きい方よりも支承条件の違いにより耐荷力に差が生じている。これも、ピーク近くで、角度の小さい方が構造上の不整が大きいためと考えられる。

(3) 主桁と脚柱のなす角度の違いによる耐荷力への影響は、すべての条件で、角度が大きくなるほど耐荷力は高くなる。脚がより傾いていれば、その分曲げを受けやすくなり、脚部において耐荷力に差が生じることになる。

(4) 製作キャンパーの耐荷力に及ぼす影響は、キャンパー付きの方が完全系より耐荷力がわずかながら上であったことから、 π 型ラーメンにおいては、キャンパーを付けた場合の耐荷力は少なくとも完全系に比べ落ちることはないと言える。しかし、適切なキャンパーを付けないと、キャンパーそのものが初期不整となり、耐荷力の低下を引き起こすことになると思われる。

(5) 荷重条件による耐荷力への影響は、荷重条件wの方が、条件zより耐荷力が高くなっている。このことは、荷重を集中させた桁に、曲げによる塑性化が早い時点で起こり、耐荷力が落ちるからであろう。また、荷重条件zとwでの違いは、条件zでは桁の中心部に、条件wでは脚の中心部に塑性化が多く見られる。すなわち、曲げによる影響の方が軸力による影響よりも耐荷力の低下に及ぼす影響が大きいことがわかる。

(6) 構造条件および荷重条件が座屈後挙動に及ぼす影響については、変形能を指標として検討する。変形能の求め方、結果を図6、表2に示す。変形能が大きければ、荷重ピーク後、荷重の減少は少なく、変形能が小さければ、ピーク付近でグラフが尖っており荷重低下も大きい。この結果から、(A)荷重条件についてはzの方が、(B)支承条件については、荷重条件がzの時、条件aの方が、荷重条件wの時は、条件bの方が変形能が大きい。また、分岐を起こしたケースは、ピーク後、変形モードが変わるので塑性域の除荷が起るため、一般に変形能は低下しない。以上まとめると、耐荷力については、荷重条件wの方が条件zよりも高くなるが、変形能については、荷重条件wの載荷の方が小さい。それは、脚柱により大きな負担を加え続けピークを迎えたため、脚柱の塑性化がピーク後急激に広範囲に発生したことが原因と考えられる。

4 あとがき：数値計算ケースの数が少ないので、今後、種々な載荷条件、鋼種、断面配置等についての計算を行なうことにより、より合理的な π 型ラーメン橋の終局強度設計法の確立のために役立つものと思われる。

- 〔参考文献〕 1). 林 正 : 曲げを受けるラーメンの座屈解析, 構造工学論文集, Vol. 32A, 1996. 3
2). 松原他 : π 型ラーメンの有効座屈長の試算, 土木学会年次学術講演会講演概要集, 1. 27. 1984
3). 若井清彦 : 平面剛結骨組の断面構成則の簡易化と弾塑性有限変位解析への適用, 名古屋工業大学修士論文, 1992
4). 宮下 敏 : 平面骨組の弾塑性分岐挙動の解析, 名古屋工業大学修士論文, 1993

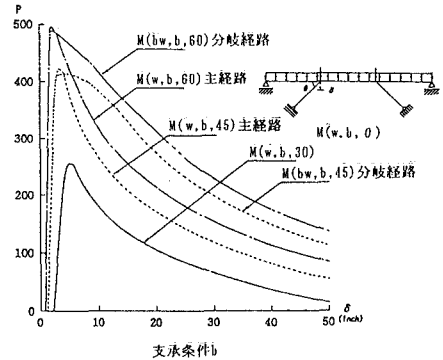


図 4 荷重変位曲線 <角度による比較(荷重条件w)>

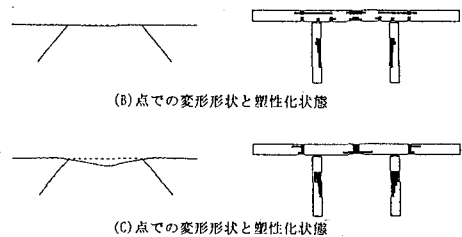
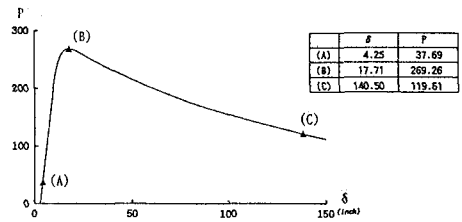


図 5 変形形状と塑性化状態 $M(x, b, 45)$

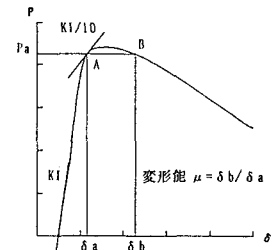


図 6 変形能の求め方

表 2 変形能 μ

ケース	δa (inch)	P_a (p)	δb (inch)	$\mu = \delta b / \delta a$
$M(x, a, 30)$	15.59	198.93	25.72	1.65
$M(x, a, 45)$	14.82	269.71	23.61	1.59
$M(x, a, 60)$	14.86	287.51	24.63	1.66
$M(x, b, 30)$	16.34	207.45	22.80	1.40
$M(x, b, 45)$	15.43	266.16	21.05	1.36
$M(x, b, 60)$	14.97	269.10	23.82	1.59
$M(w, a, 30)$	8.23	254.10	8.49	1.03
$M(w, a, 45)$	4.96	415.37	5.55	1.12
$M(w, a, 60)$	2.73	484.70	3.85	1.41
$M(w, b, 30)$	4.90	254.55	5.49	1.12
$M(bw, b, 45)$	2.90	410.13	6.11	2.10
$M(bw, b, 60)$	1.84	485.69	2.77	1.51