

1. はじめに 兵庫県南部地震以来、鋼製橋脚の耐震性に関する解析および実験が数多く行われ、その研究成果が上がりつつある。しかし、これらの研究はほとんどが対象を橋脚基部での局部座屈など特定部分に着目しての耐震性評価であるか、全体挙動を対象としていても局部座屈を無視した簡易なモデルでの評価である。地震時には橋梁は1つの系として挙動する。鋼製ラーメン橋脚などは橋脚基部、隅角部などが複雑に関連し合いながらの挙動となる。そこで本研究では、このような鋼製ラーメン橋脚全体の挙動を局部座屈なども考慮した詳細な解析モデルにより検討した。

2. 解析モデル 解析には著者らの研究室で開発された薄肉構造を対象とした有限要素法プログラムを用いた。解析モデルには図-1に示すようにupdated lagrangian法で定式化された8節点アイソパラメトリックシェル要素を使用し、変形および構造の対称性より1/2モデルとしている。また、解析モデルには初期不整として図-2に示すようにはり・柱断面で軸方向に圧縮側で $-0.4\sigma_y$ 、引張側で $1.0\sigma_y$ の残留応力を考慮した。さらに、構成式にはBMCモデル¹⁾(単調載荷曲線を基にした繰り返し塑性履歴を受ける鋼材の構成式)を使用している。

3. 解析結果および考察

3.1 崩壊形式による挙動の違い 鋼製門型ラーメン橋脚の挙動は、塑性ヒンジの発生位置によって異なる。そこで表-1に示すようにフランジおよびウェブの幅厚比パラメータを調整し、崩壊形式を変えてその挙動について検討を行った。図-3にそれぞれの解析モデルに水平荷重を与えたときの変形形状を示す。TYPE Iはフランジおよびウェブの幅厚比パラメータを0.4とし、等断面ではり、柱長さを等しくしたものである。通常、門型ラーメンに水平荷重を与えた場合、基部でのモーメントが卓越することとなる。そのため、図-3に示すようにTYPE Iにおいて基部での局部的な変形が発生する。通常はTYPE Iのように塑性ヒンジが基部に発生するような崩壊形式となるが、変断面を有する場合あるいは上載荷重が隅角部に大きな影響をおよぼす場合に隅角部の塑性化が先行する。TYPE IIは隅角部ウェブパネルの幅厚比パラメータを0.7とした解析モデルである。図-3に示されるようにこの解析モデルでは隅角部パネルのせん断座屈が起こり隅角部に塑性ヒンジ(シェアヒンジ)が発生している。TYPE IIIはフランジの幅厚比パラメータを0.7としたフランジの局部座屈が発生しやすい解析モデルである。このようなモデルでは図-3に示すように基部、そして隅角部付近のフランジに局部座屈が発生する。それぞれの解析より得られた水平変位-水平荷重関係を図-4に示す。図よりTYPE Iでは降伏後も荷重が安定して増加しており変形能が高いと判断できる。TYPE IIでは隅角部でせん断座屈を起こしているものの柱断面はTYPE Iと同じであるため比較的高い変形能を示している。TYPE IIIは基部と隅角部付近で塑性ヒンジが発生しているため、荷重が早い時点で低下しており、変形能が低い崩壊形式である。

3.2 繰り返し載荷と軸力の影響 それぞれ崩壊形式の異なる解析モデルに対して繰り返し載荷を行いその挙動を検討した。ここで、与えた水平繰り返し変位は、降伏変位の $\pm 1, \pm 2, \dots, \pm 6$ 倍と漸増していくものである。図-5はTYPE Iに繰り返し水平変位を与えた場合の解析結果を示す。図中、0.0Py, 0.2Pyと示されている線はそれぞれ橋脚の上載荷重を柱の降伏軸力の0.0, 0.2倍としたときの解析結果である。図-5より上載荷重が0.0の場合、単調載荷時と同様に安定した荷重-変位曲線を示しており変形能が高いことが分かる。また、上載荷重を与えると強度低下が早まることも分かる。図-6にTYPE IIの解析結果を示す。単調載荷時と同様に基部の強度が保たれているためTYPE I程度の変形能を有することが分かる。図-7にTYPE IIIの解析結果を示す。繰り返し載荷時においても荷重低下が早い時点で起こり、TYPE I, TYPE IIに比較して変形能が低いことが分かる。

4. 結論 ①門型ラーメンは水平荷重を受けると基部でのモーメントが卓越するため基部付近での変形が大き

くなる。②フランジの幅厚比パラメータが大きいと基部、隅角部付近のフランジで局部座屈が発生し変形能が低くなる。③上載荷重を考慮すると強度低下が著しくなる。

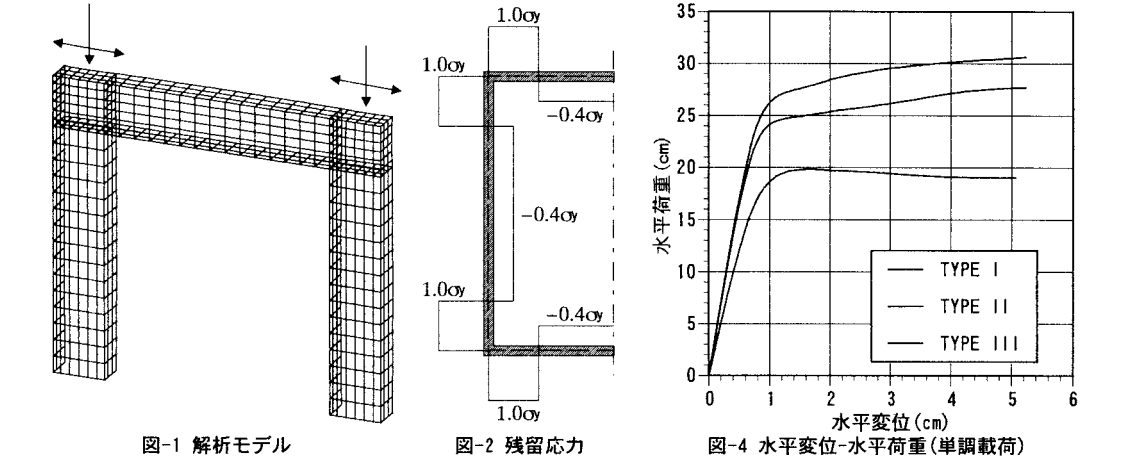
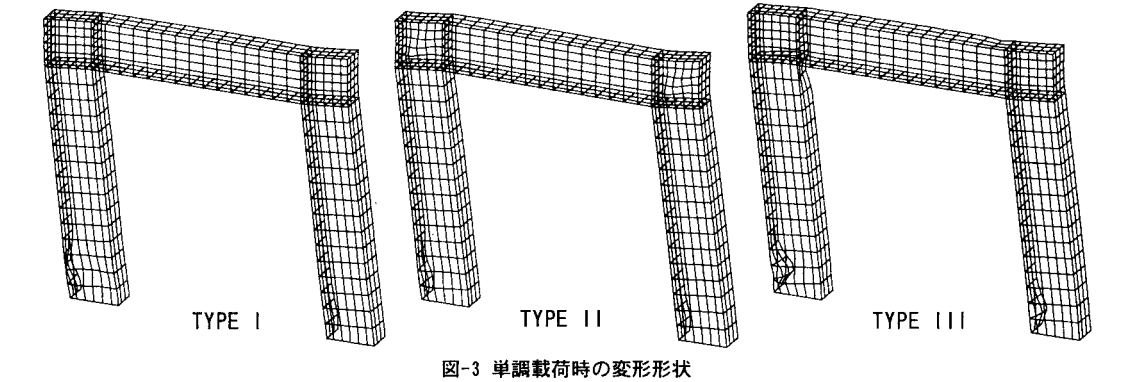


表-1 解析モデルの諸元									
モデル名	フランジの幅 厚比パラメー	ウェブの幅厚 比パラメータ	柱長さ (cm)	はり長さ (cm)	フランジ 幅(cm)	ウェブ幅 (cm)	フランジ 厚(cm)	ウェブ厚(cm)	鋼種
TYPE I	0.4	0.4	103	103	20.6	19.5	1.05	0.49	SM490
TYPE II	0.4	0.4(隅角部0.7)	103	103	20.6	19.5	1.05	0.49(隅角部0.28)	SM490
TYPE III	0.7	0.4	103	103	20.6	19.5	0.6	0.49	SM490



<参考文献> 1) 西村宜男, 小野潔, 池内智行: 単調載荷曲線を基にした繰り返し塑性履歴を受ける鋼材の構成式, 土木学会論文集, No. 513, pp. 27-38, 1995. 2) 黄元燮, 西村宜男, 西野滋博: 鋼製ラーメン隅角部パネルの強度および変形能の評価法, 構造工学論文集, Vol. 40A, pp. 215-226, 1993. 3) 池内智行, 西村宜男: 繰り返し曲げを受ける鋼製ラーメン橋脚隅角部の変形能, 鋼構造年次論文報告集, 第5巻, pp. 199-206, 1997.