

石川高専 正 ○ 中村 昭 英
金沢大学 " 吉田 博
" " 喜内 敏

1. まえがき

ラーメン構造物の解析における崩壊荷重は通常ラーメン隅角部に塑性ヒンジが生成されると考え計算されている。しかし、この値は一般構造物の境界条件の相違、塑性ヒンジの生成位置のずれによって大きく影響されると考えられる。本研究においてはこれ等の点を考慮し、塑性ヒンジ生成位置がずれる場合はこれを考慮して塑性ヒンジ生成位置のずれが崩壊荷重にどのように影響するのめについて実験を行なった。実験はオ1図に示すように1層1スパン門型固定ラーメンに水平荷重および垂直荷重をそれぞれ載荷して、光弾性皮膜法により塑性域の広がりおよび塑性ヒンジの生成位置を観察した。また、弾塑性有限要素法(F.E.M.)を用いて実験結果と比較した。

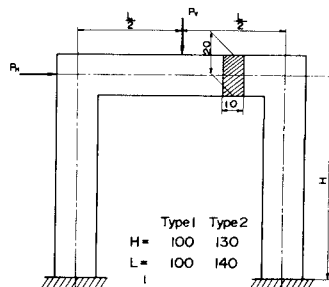
2. 実験

試験片はオ1図に示すように長方形断面の門型固定ラーメンである。ラーメンの寸法はスパン $L=10$ cm、高さ $h=10$ cm (Type 1) および $L=14$ cm、 $h=13$ cm (Type 2) の2種類で、断面は各試験片共高さ $d=2$ cm、巾 $b=1$ cmである。実験は各試験片共に光弾性皮膜を貼付して、水平荷重および垂直荷重の試験を2本づつ行なった。

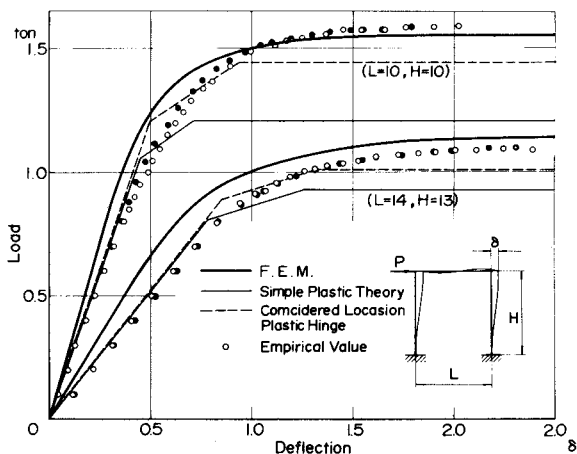
実験に先立ち、実験に用いる鋼材SM50の引張り試験を行なった。この結果、弾性係数 $E=2.1 \times 10^4$ kg/cm²、降伏応力 $\sigma_y=3020$ kg/cm²、ポアソン比 $\nu=0.26$ を得た。

荷重とたわみの関係はオ2図およびオ3図に示す。オ2図およびオ3図は縦軸に荷重、横軸に載荷点下のたわみを示している。図中、丸は実験値、細い実線は単純塑性理論による値、破線は実験による塑性ヒンジ生成位置を考慮した場合の値および実線はF.E.M.による値を示している。

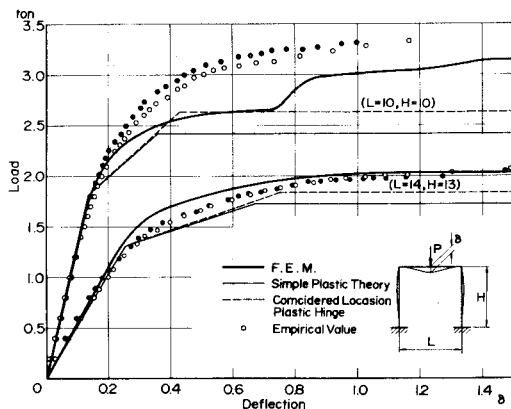
(a) 水平荷重 オ2図に示されるように実験値と単純塑性理論による値向はよく類似している。特に、塑性ヒンジ生成位置を考慮した場合、Type 1 および Type 2 とともに一致している。F.E.M.による値は他の場合より弾性範囲でたわみが小さいが、これは要素分割方法によるためと思われる。しかし、崩壊荷



オ1図 試験片



オ2図 荷重とたわみ関係 (水平荷重)



オ3図 荷重とたわみ関係 (垂直荷重)

重は実験値と非常によく一致している。

(b) 垂直荷重 オ3図に示されるようにType2では実験値、塑性ヒンジ生成位置を考慮した場合、およびF.E.M.はそれぞれよく一致している。特に、実験値およびF.E.M.は崩壊荷重がよく一致している。Type1の場合、F.E.M.と塑性ヒンジ生成位置を考慮した場合の値は一致するが、実験値とかなりの相違がある。しかし、これはType1の試験片の寸法が小さいので、Type2よりも必ず硬化の影響が大きいためと思われるが、この点については今後、検討していく予定である。

3. 考 察

オ4図およびオ5図はType2の光弾性皮膜法とF.E.M.による塑性域の広がりと比較したものである。両図とも、図(a)はオ1ヒンジ生成時、図(b)はオスヒンジ生成時すなわち、崩壊荷重における塑性域の広がりを示している。図中黒く塗られた部分は光弾性皮膜法による塑性域の広がり、ハッチで囲まれた部分はF.E.M.による塑性域の広がりを示している。

(a) 水平荷重 オ4図に示すように、図(a)(b)とも光弾性皮膜法とF.E.M.との塑性域の広がりとはよく一致している。図(a)では光弾性皮膜法による塑性域の貫通位置が柱脚より約8mm離れている。また、図(b)でははりの取付け部に両者とも塑性域が貫通している。

(b) 垂直荷重 オ5図に示すように水平荷重の場合と同様に、光弾性皮膜法とF.E.M.との塑性域の広がりとはよく一致している。図(b)では塑性ヒンジ生成位置が柱の取付け部において生成されている。

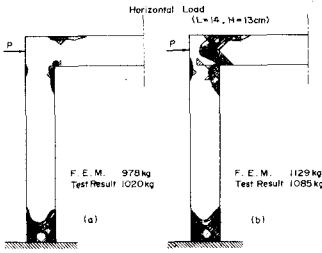
これらのことから、塑性ヒンジの生成位置が理論による場合と異なり、塑性ヒンジ生成位置を考慮することの妥当性が言えると思う。なおType1においてもほぼ同様の傾向がみられた。オ1表は単純塑性理論、塑性ヒンジ生成位置を考慮した場合、F.E.M.および実験による崩壊荷重、単純塑性理論値を100とした場合の各々の荷重のパーセンテージを示している。オ1表からわかるように、単純塑性理論と実験値では30%程の差がある。しかし、Type1(L=10, h=10)では水平荷重および垂直荷重とも実験値とF.E.M.との誤差はたかだか4%である。また、塑性ヒンジ生成位置を考慮した場合としては水平荷重の際、10%程度である。垂直荷重の際、20%とかなり差異があるが、これは必ず硬化の影響や塑性ヒンジ生成位置における応力分布の変化のためと思われる。Type2では単純塑性設計を除いて、他の場合は実験値に対して10%以内であり実験値とよく一致している。以上のことから塑性設計の場合は塑性ヒンジを考慮することが崩壊荷重を求める際に、正確な値を得ることができようである。

4. お す び

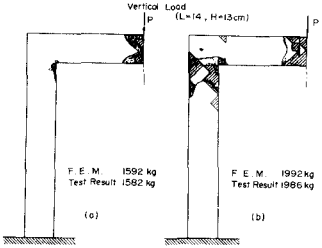
塑性設計の際、塑性ヒンジ生成位置を考慮することが有効であるが、垂直荷重載荷のType1の場合は20%もの差が認められることから、今後は必ず硬化の影響を考慮するとともに、塑性ヒンジ生成位置における力の状態や応力の分布状態等も検討したいと思う。

参考文献

- 1) Prager, W. and Hoge, D.G., Jr. "Thory of Perfectly Plastic Solids" John Wiley Book Co., London.
- 2) ASCE "Plastic Design in Steel, A Guide and Commentary" Manuals and Reports on Engineering Practice
- 3) 山田嘉昭 "塑性・粘弾性" コンピュータによる構造工学講座Ⅱ-2-A, 日本鋼構造協会編, 培風館



オ4図 塑性域の広がり



オ5図 塑性域の広がり

オ1表 崩壊荷重と崩壊荷重の比較

	Vertical Load				Horizontal Load			
	L=14, H=13		L=10, H=10		L=14, H=13		L=10, H=10	
	Pu (kg)	%	Pu	%	Pu	%	Pu	%
Simple Plastic Theory	1726	100	2416	100	929	100	1208	100
Considered Location	1838	106	2629	109	1054	113	1443	119
Plastic Hinge								
F.E.M.	1992	115	2990	124	1129	122	1522	126
Empirical Value	1986	115	3110	129	1086	117	1565	130