

関西大学工学部、正会員 ○三上 市藏

関西大学工学部 正会員 米沢 博

まなび 桁橋構造の合理的な設計のために極限強度が明らかにされる必要がある。そのため大容量かつ高速の電子計算機を駆使して弾塑性解析がなされているが、Plastic Hinge Methodによる極限解析法は簡便であるため捨て難い方法である。連続桁・直格子桁・曲線桁・曲線格子桁などの極限解析はなされているが、斜め格子桁に関してはあまり見当たらないようである。Plastic Hinge Methodによる場合も、計算機を利用して線形計画法や非線形計画法の手法で解析することもできるし、また追跡法を用いてPlastic Hinge発生過程を把握することもできる。しかし崩壊荷重の理論式を誘導しておけば種々の検討を行なう上に便利である。

ここでは2本の主桁とそれに直交する1本の横桁よりなる簡単な斜め格子桁を取り上げ、格点に集中荷重が作用する場合について崩壊荷重を理論的に導いた。また小形模型の載荷実験を行ない、理論的な崩壊荷重および崩壊形式の妥当性を検討した。

降伏条件式 各部材は完全塑性体と仮定し、かつ線構造物として取り扱う。崩壊するまでに座屈などの不安定現象は生じないものとする。図-1に示すように両主桁は両端でねじりに対してのみ抵抗できるように支持されており、断面形は相似で、横桁のねじり抵抗は無視できるものとする。降伏条件式としては、せん断力および軸力の影響を無視して、

$$m^2 + t^2 = 1 \quad (1)$$

を用いる。ただし、 $m = M/M_0$ 、 $t = T/T_0$ で、 M_0 および T_0 はそれぞれ全塑性曲げおよびねじりモーメントであり、断面形状によって定まる定数 μ を用いると $T_0 = \mu M_0$ なる関係がある。

崩壊荷重 Plastic Hingeが生ずる可能性のある断面は両主桁・横桁の格点に隣接した6断面のみであるから、図-2に示す6つの崩壊形式を考える。つりあい条件式と降伏条件式とを解くことにより、崩壊荷重 P が求まる。ただし $\mu = P_0 L / M_{10}$ とし、載荷主桁、非載荷主桁および横桁の全塑性曲げモーメントをそれぞれ M_{10} 、 M_{20} および $\bar{M}_0$ と表わし、 $i = M_{20}/M_{10}$ 、 $j = \bar{M}_0/M_{10}$ とする。

崩壊形式 A1:

$$\mu = (2/\beta) [\gamma \sqrt{1 - (j/2\alpha)^2} + j] \quad (2)$$

ただし $\gamma = \beta/2\alpha(1-\alpha)$ 。

崩壊形式 A2:

$$\mu = (1/\beta) [2\sqrt{\gamma^2 + j^2} + j] \quad (3)$$

崩壊形式 B1:

$$\mu = \frac{2\gamma}{\beta} \left[\sqrt{1 - \left(\frac{j}{2\alpha}\right)^2} + \sqrt{1 - i^2 \left\{ \frac{\gamma}{\alpha} \sqrt{1 - (j/2\alpha)^2} - \frac{j}{2\alpha} \right\}^2} \right] \quad (4)$$

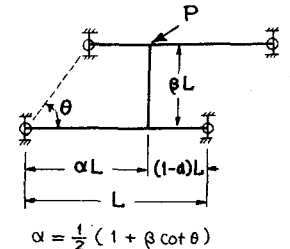


図-1 斜め格子桁

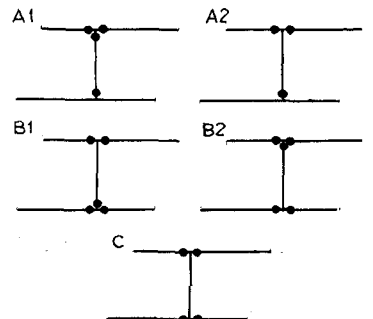


図-2 崩壊形式

崩壊形式 B2 :

$$\mu = (2\delta/\beta) \left[\sqrt{1 - (j/2u)^2} + i \lambda_2 / \sqrt{\lambda_2^2 + u^2} \right] \quad (5)$$

ただし $\lambda_2 = (u^2/2\delta i) \left[1 + (j/2u^2) \sqrt{\lambda_2^2 + u^2} \right]$.

崩壊形式 C :

$$\mu = \frac{2\delta}{\beta} \left[\frac{\lambda_2 + \delta}{\sqrt{(\lambda_2 + \delta)^2 + u^2}} + i \frac{\lambda_2}{\sqrt{\lambda_2^2 + u^2}} \right] \quad (6)$$

ただし $\lambda_2 = (u^2/\delta) \left[1 + \sqrt{\lambda_2^2 + u^2} / i \sqrt{(\lambda_2 + \delta)^2 + u^2} \right]$.

数値計算結果および考察 両主桁が同一断面 ($i=1$) の場合について $\theta = 90^\circ \sim 30^\circ$, $\beta = \frac{1}{8} \sim \frac{1}{2}$, $j = 0 \sim 1$, $u = 2/\sqrt{3} \sim 0.4$ の範囲を数値計算の主な対象とした。図-3 に崩壊荷重の一例を示す。数値計算結果を用いて崩壊形式および崩壊荷重に対する斜角 θ , 幅員 β , 主桁のねじり抵抗 μ などの影響を考察した。主な結論を以下に記す。横桁の全塑性曲げモーメント $\bar{M}_0$ が小さい場合, 崩壊形式 A1 が生じ, $\bar{M}_0$ が増すにしたがって崩壊荷重 P は増加する。ただし μ が小さい場合には形式 A2 が生ずることもある。 $\bar{M}_0$ がかなり大きくなると形式 B1 が生ずる。 $\bar{M}_0$ が一定値以上になると, 形式 C が生じ, $\bar{M}_0$ の値に無関係に P は一定になる。 u が小さいと P は小さい。また θ が増すと P は増大する。 β が増すと, θ が小さい範囲では P が増加するが, θ が大きい範囲では逆に P は減少する。

模型実験 角鋼を使用して, 格点を電気溶接した後全体を焼鈍したものをも3個製作した(表-1)。模型に使用した角鋼と同寸法・同材料の角鋼を模型と同時に焼鈍したものについて曲げおよび引張試験を行なって得られた降伏応力(12mm 材: 3300 kg/cm², 13mm 材: 3230 kg/cm²)から, 各桁の全塑性曲げモーメントを計算した。ねじりにのみ抵抗するように製作した支持台を用いて主桁を支持し, 手動ジャッキによって点載荷した(写真-1)。

2 格点のたわみをダイヤルゲージおよび読取望遠鏡で, 両主桁と横桁の格点に近い6箇所の断面のひずみを電気抵抗線ひずみ計で測定した。実験結果の荷重-ひずみおよびたわみ曲線には, ひずみ硬化と軸力の影響のため崩壊に伴う変化があまり表われていないが, 推定崩壊荷重は表

-1 のようになる。実験値は理論値より約7%大き目に出ている。

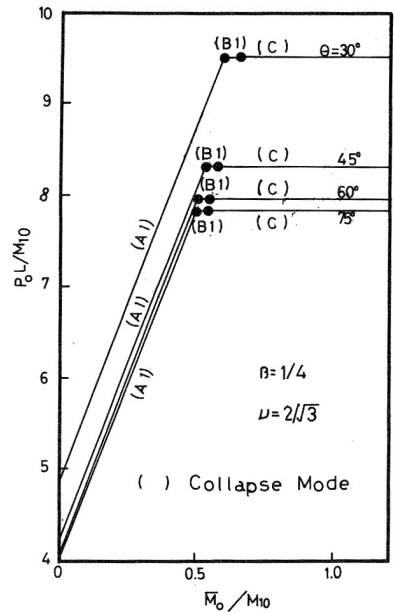


図-3 崩壊荷重

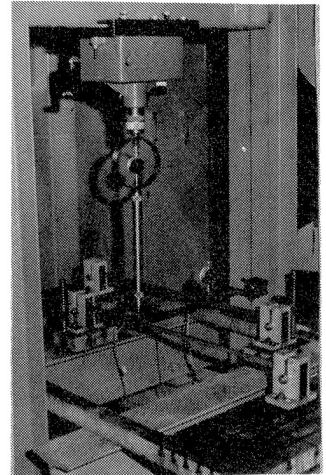


写真-1

表-1 模型寸法および実験結果

模型 番号	L (mm)	β	θ	断面寸法		J	M_{10} (kg·cm)	崩壊荷重(kg)		P_{ex}/P_{th}
				主桁	横桁			理論値 P_{th}	実験値 P_{ex}	
45A	1078	0.36	45°	13mm	12mm	0.795	1745	131.8	140	1.06
45B	867	0.36	45°	12	12	1.000	1385	130.1	140	1.08
60A	725	0.43	60°	12	12	1.000	1376	140.3	150	1.07