

I-40 鋼床板の耐荷力 (オ-報)

東京大学工学部 正員 伊藤 学
全 大学院 学生員 〇川口昌宏

1. 概説 鋼床板における余剰耐力は他の構造部材に比して非常に大きく、たとえば Save 橋の $1/2$ 大模型実験では終局荷重/降伏荷重の値が $1.3 \sim 1.7$ と報告されている。つまりこのため設計のためには、撓み制限・疲労の問題も同等の比重で考慮しながら、その最終強度の実態をつかむ必要がある。橋梁の鋼床板は、多くの場合主桁フランジとして軸力も作用するが、主として曲げを受けるリブ付き板構造であり、その周辺条件は一般に四辺弾性固定で、とくに水平方向にも弾性固定であることを注意する。

鋼床板の余剰強度が大きいのは次の二つの理由によるものと考えられる。

- 1) リブ付き板構造は非常に高次の不静定構造であること、
- 2) 大変形により板内に生じる膜力、周辺の固定による軸力の存在が耐荷力を増すこと、有限変形による軸力の影響が無視できる場合には極限解析もかなり行われているが、軸力を考慮した十分な解析はまだみられないようである。

本研究では単純化した基礎的検討を目的として、支承を可動にして端部からの軸力による影響を少なくし、溶接後の歪直しと熱処理を行った 10 種の小試験体による曲げ実験を行い考察した。

2. 板格子 ニ方向にリブの付いた板格子構造については既に Clarkson が実験と考察を行っている。本研究で用いた 2 個の試験体では崩壊機構が軸力の影響を受けることがなく、崩壊荷重の計算は Heyman の与えた格子桁の計算法を適用できた (図-1)。すなわちリブと有効中分の板によって板格子を棒格子に置き換え、棒は掘り剛性がないとして、静的かつ動的許容な正解を求めたところ実験値 $\times (1 \pm 0.03)$ の結果が得られた。良く一致しているとは言えないものの、実験に現われた崩壊型の異常とか有効中のとり方のあいまいさが残されているので、一般的な結論はできない。

3. 一方向リブ付き板桁 図-2 のような支持条件で集中荷重を加えたが、リブと板との見かけの剛性比により崩壊の様子は非常に異なる。リブが剛の場合 A には荷重分配があるためリブ間の相対変位が大きく、板に軸力が発生する。すなわち載荷リブは崩壊し、両端リブで支持される膜が生じたことになる。これを Mechanism I と考える。さらに荷重を加えていけば、両端リブが崩壊すると同時に軸力による支持作用が減少して荷重は最大に達し崩壊する。両端のリブ間に剛性のない膜状態が発生した Mechanism I からこの状態になるまで、崩壊仕事は両端リブのみでなされると考えてよからう。これを Mechanism II とする
おのおのの崩壊荷重の上限を求めると、 $P_L = 0.80 \times$ 測定値、

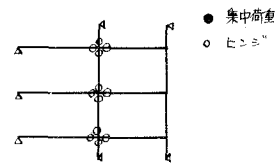
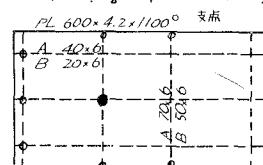


図-1

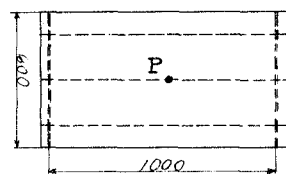


図-2

$P_E = 0.52 \times \text{測定値}$ で、 $P = P_0 + P_E = 1.32 \times \text{測定値}$ となる。この上界値は2つの独立な Mechanism を組合せて得た上界値ではない。精度は非常に悪いが、このように考えれば測定値より小さい上界が求められている膜力の大きい実験例に対しても大ざっぱな説明ができよう。

一方、板の剛性の大きい場合(B)には図-3のように全断面が一樣に撓む。これは図-5に示すような崩壊ヒンジ線が発生していると考えられ、計算値より3~9%大きい測定結果が得られた。以上見られたように、リブと板の剛性比によって崩壊に対する軸力の影響も異なり、線形極限解析では解析できない場合が生じる。なおリブの座屈は認められなかった。

4. 棒の有限塑性解析 円板が円錐殻の速度場をもつとして解いたもの、帯板について Separation なる量を導入して下界を求める方法がある。後者によって、支間中央に集中荷重を受ける単純支持または固定支持の矩形断面棒(軸方向固定)の崩壊について解析した。その際の撓み形は弾性域のものと相似と仮定する。その結果を下表、計算例を図-6, 7に示す。

	単純支持	固定支持
ヒンジ発生後、塑性膜発生までの変形	$W = W_1 \sin \frac{\pi x}{L} + 2W_2 \frac{x}{L}$ $0 \leq x \leq L/2$	$W = 12W_1 \left\{ \left(\frac{x}{L} \right)^2 - \frac{1}{3} \left(\frac{x}{L} \right)^3 \right\} + 2W_2 \frac{x}{L}$ $0 \leq x \leq L/2$
ヒンジが発生するときの荷重と撓み方程式	$W_1^4 + \frac{16Cz}{3\pi^2} W_1 = \frac{16C^2}{\pi^4}$ $P/P_0 = \frac{2}{3C} W_1 \pi^2 (1 + W_1^2 \frac{3}{2z})$	$W_1^4 + \frac{5^2 C}{2^2 \cdot 8^2} z W_1 = \left(\frac{5C}{192} \right)^2$ $P/P_0 = \frac{8z}{C} W_1 (1 + W_1^2 \frac{48}{5z^2})$
塑性膜が発生するときの荷重と撓み方程式	$W = \frac{z}{2} (1 + \sqrt{1 + 2C/z^2})$ $P/P_0 = 2 (1 + \sqrt{1 + 2C/z^2})$	$W = \frac{z}{2} (1 + \sqrt{1 + 2C/z^2})$ $P/P_0 = 1 + \sqrt{1 + 2C/z^2}$

W_1, W_2 = 中央の撓み/支間、 $C = \sigma_f/E$ 、 z = 矩形断面高/支間

P_0 = 軸力を考えない場合の崩壊荷重

なお軸力を受ける補強板の弾性安定問題についても検討を行った。本研究は今後も継続して行くつもりであるが、試験体の製作に御好意を寄せられた桜田機械工業 K.K. に厚く謝意を表す。

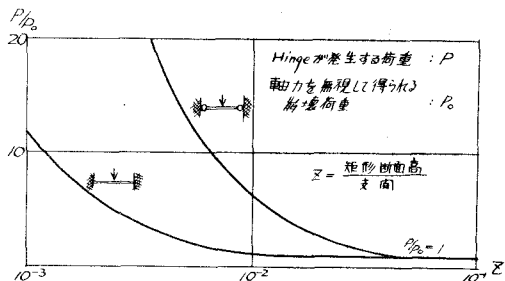


図 - 6

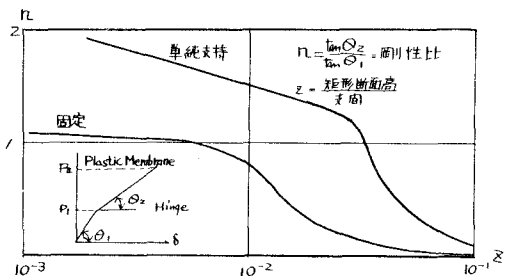


図 - 7

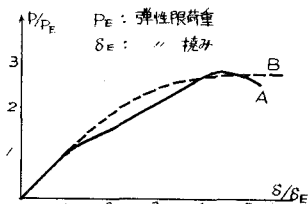


図 - 3

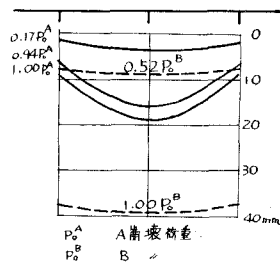


図 - 4

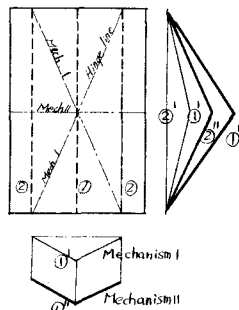


図 - 5