

1 はしがき

格子桁の崩壊形式、したがって、崩壊荷重や崩壊時の変形量などは、格子桁の構造形式(主桁数 m と横桁数 n との組合せ)、載荷状態などが一定していても、その巾負 D とスパン L との関係、あるいは、構成部材の断面性状(EI , GJ , M_p)などの種々の組合せによって複雑に変化する。

本文は、筆者がさきに報告した格子構造の崩壊過程を自動的に追跡するプログラムを利用して、数種類の直交直格子桁について数値計算を行ない、上述の諸要素が格子桁の崩壊状態に及ぼす影響について若干考察したものである。

2 計算上の仮定なうに数値計算の範囲

塑性解析上採用した仮定については、文献1)にゆずり、本文の数値計算の実行に際して用いた仮定を列記すると、

i) 主桁は、曲げに対しては単純支持、捻りに対しては固定支持とする。ii) 主桁断面は、捻り抵抗の大きい箱形断面とし、J. Heyman の降伏条件式を、 $M^2 + 3T^2/4 = M_p^2$ とする。iii) 横桁断面は、主桁に比較してその捻り抵抗を無視し得るような断面とし、その全塑性モーメントは断面2次モーメントに比例的に変化するものとする。iv) 構成部材の諸性質は、主桁と横桁の各グループ内では同一とする。および、v) 荷重は、スパン中央に載荷された漸増単一集中荷重のみを対象とする。などである。

以上のような仮定のもとで、格子桁の構造形式を限定した場合、崩壊状態に影響を及ぼすと思われる無次元量パラメータを拾ってみると、a) 主・横桁の曲げ剛さの比(仮定iii)により全塑性モーメントの比) $= EI_1/EI_2 = M_{p1}/M_{p2} = \alpha_1$ 、b) 主桁自身の曲げ剛さと捻り剛さとの比 $= EI_1/GJ_1 = \alpha_2$ 、および、c) 主・横桁の桁間隔の比 $= l_2/l_1 = (n+1)D/(m-1)L = \lambda$ などがあげられる。

これらのパラメータの広範囲な組合せに対して計算を網羅しておけば、格子桁の崩壊に関する計算図表を作成することも可能であるがこれには膨大な計算時間を要する。

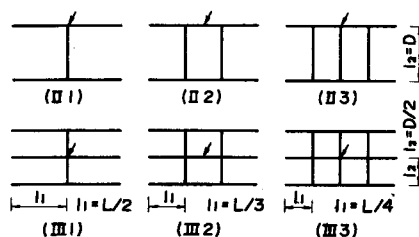


図-1 計算例

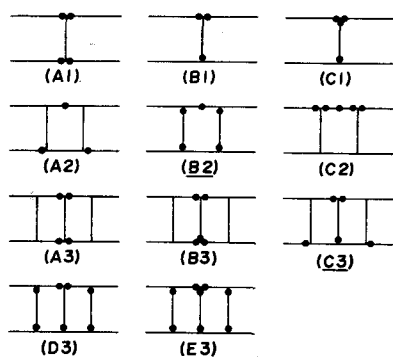


図-2 2主桁の場合の崩壊形式

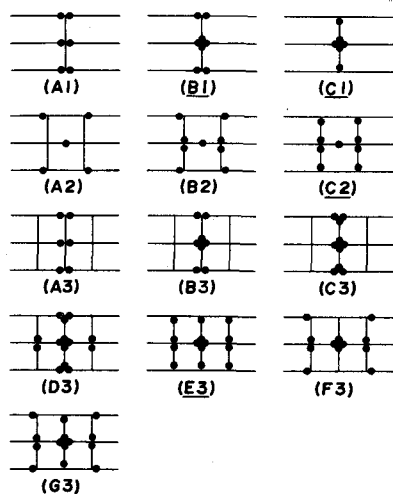


図-3 3主桁の場合の崩壊形式

そこで、本文ではその基礎的段階として、対象を図-1に示すような、主桁数 $m = 2 \sim 3$ 、横桁数 $n = 1 \sim 3$ 、の組合せによってできる6種類の直交直格子桁に限定して、以下のような2通りの範囲について計算した。すなわち、まず基準断面 ($k_2 = 1.7$) をもつ基本単純ばりを想定し、格子桁の主桁をこれと一致させた状態で、A) $4D/(m-1)L = 4\lambda/(n+1) = 1 = \text{Const.}$ として、 $k_1 = 0 \sim 2.0$ の範囲で変化させた場合 (case A), B) $k_1 = 1 = \text{const.}$ として、 $D/L = (m-1)\lambda/(n+1) = 0 \sim 2.5$ の範囲で変化させた場合 (case B), の2通りの範囲について計算した。

3 計算結果

a) 崩壊形式 上述の数値計算の範囲内で得られた崩壊形式を示すと、それぞれ、2主桁の場合は図-2, 3主桁の場合は図-3のようである。図において形式記号に — を記入したものは、最終崩壊形式は同一でも塑性関節の発生順序の異なる他の形式を含んでいることを意味する。

b) 崩壊荷重 上述の基本単純ばりが格子桁の場合と同様な載荷状態のもとで崩壊する場合の荷重強度を P_0 (本文のようにスパン中央単一集中荷重の場合は $P_0 = 4M_{Pl}/L$)、格子桁の崩壊荷重強度を P_α とし、無次元量 $P_\alpha/P_0 = \alpha$ を求める。縦軸に α を、横軸に、それぞれ、 k_1 (case A) D/L (case B) をとって、各パラメーターによる α の変化の状況を図示すれば、それぞれ、2主桁の場合は図-4 (a), (b), 3主桁の場合は図-5 (a), (b) のようである。図中に () で記入された記号は、図-2, 3 における形式記号を意味する。

c) 崩壊時の変形量 基本単純ばりの載荷時の崩壊時における最大たわみ δ_0 (本文の場合 $\delta_0 = P_0 L^3 / 48 EI_1 = M_{Pl} L^2 / 12 EI_1$) と、格子桁のそれ δ_α との比、 $\delta_\alpha / \delta_0 = \beta$ を縦軸にとり、b) の場合と同様に図示すれば、それぞれ、図-6 (a), (b) (2主桁), 図-7 (a), (b) (3主桁) を得る。

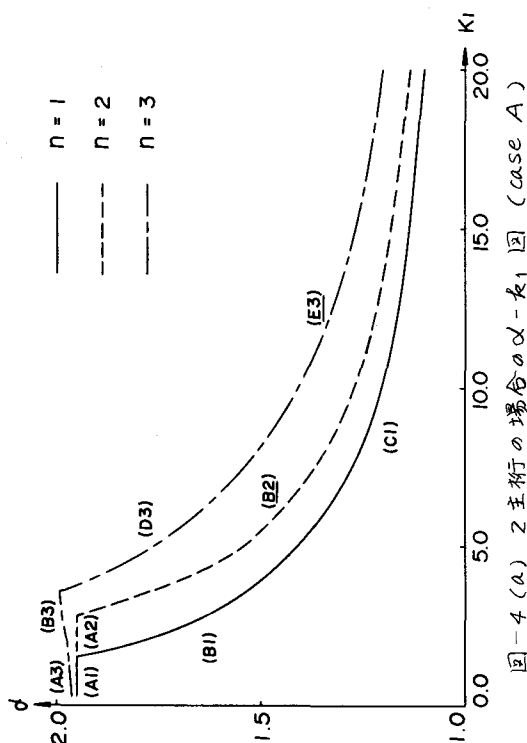


図-4 (a) 2主桁の場合の $\alpha - k_1$ 図 (case A)

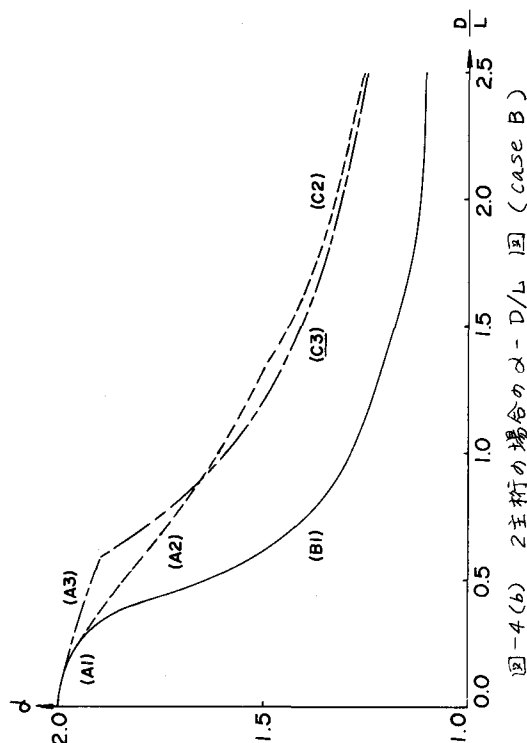


図-4 (b) 2主桁の場合の $\alpha - D/L$ 図 (case B)

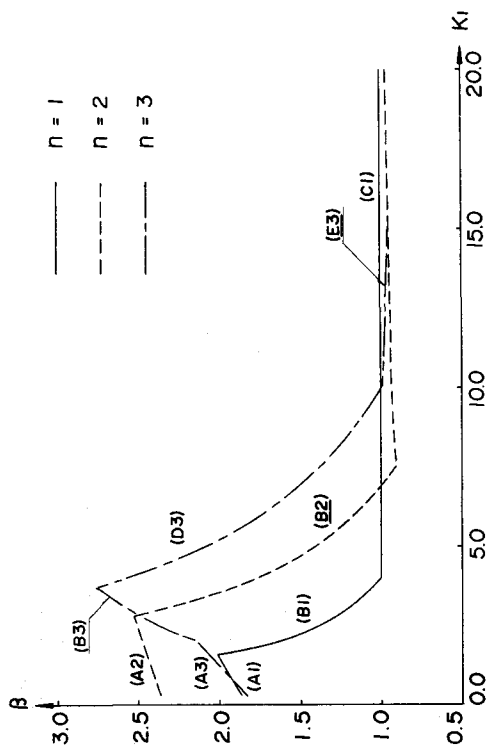


図-6 (a) 2 主枝の場合の β - K_1 図 (Case A)

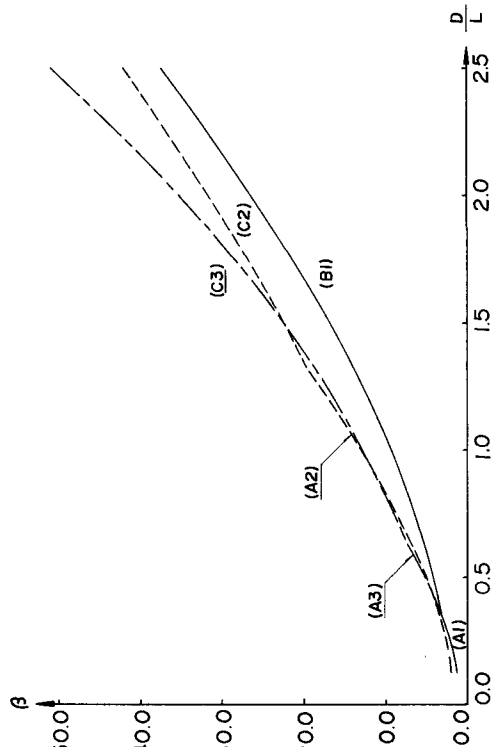


図-6 (b) 2 主枝の場合の β - D/L 図 (Case B)

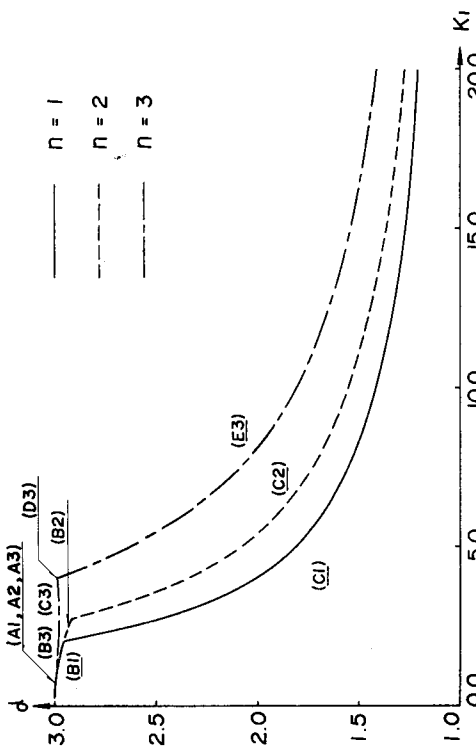


図-5 (a) 3 主枝の場合の d - K_1 図 (Case A)

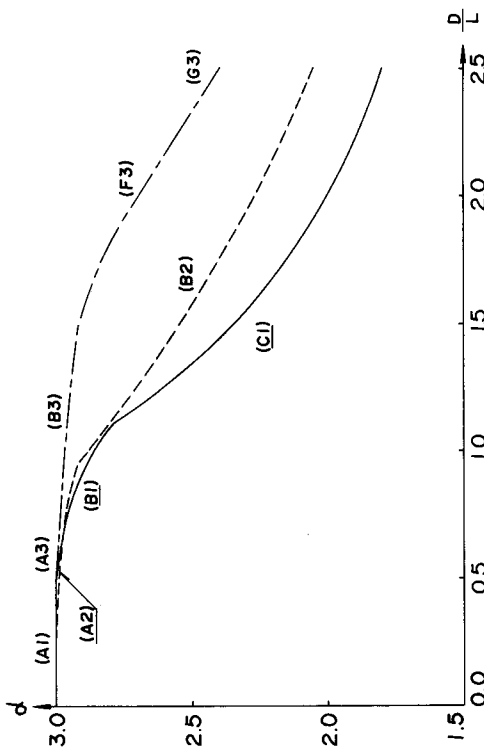


図-5 (b) 3 主枝の場合の d - D/L 図 (Case B)

4 結果の考察

α) 崩壊形式 1) 構造形式が同一であっても、 l_1 や D/L によって崩壊形式は多様に変化し、一般にこれらの値が大きくなるにつれて複雑化する。ロ) 崩壊形式の変化に与える影響は、 D/L よりも l_1 の方が大きい。

β) 基本単純ばりに対する崩壊荷重倍率 α

1) l_1 の値が小さい範囲(約0~4)では、 α はほとんど変化せず、ほぼ主桁数 m と等しい値をとる。この値は横桁数 n にはあまり影響されないが、その範囲は n が増すほど広い。ロ) l_1 が一定値に達すると α は急激に減少し、 n による差も生じるが、 $l_1 \rightarrow \infty$ では、 n に無関係に $\alpha \rightarrow 1$ となる。ハ) $\alpha - l_1$ の関係と異なり、 $\alpha - D/L$ の関係は比較的なめらかなカーブを示し、 $D/L \rightarrow 0$ で $\alpha \rightarrow m$ 、 $D/L \rightarrow \infty$ で $\alpha \rightarrow 1$ となる。

γ) 最大たわみに対する崩壊変形倍率 β

1) $\beta - l_1$ の関係は $\alpha - l_1$ の場合と異なり、 α がほぼ一定値を保つ間にも β は増大し、 α の急変する所で極大値をとり、以後 $l_1 \rightarrow \infty$ で α がなめらかに1に近づくのに対し、 β は一たん極小値をもった後に1に近づく。ロ) 1) の極大値は、 n が大きいほど大きく、極小値も2主桁2横桁を除いて n が大きいほど小さい。ハ) $\beta - D/L$ の関係も、 $\beta - l_1$ の関係と異なり、比較的なめらかなカーブを示し、 $D/L \rightarrow 0$ で $\beta = 1$ 、 $D/L \rightarrow \infty$ で $\beta \rightarrow \infty$ となる。

5 おわりに

限定された構造形式と計算範囲にもとづくものであるが、簡単な格子桁の場合でも、その崩壊に対する吟味が機構法などによって簡単にこなうことが困難であらうことが、本研究の結果から推定される。

紙面の都合上詳細な考察は省略したが、これについては講演会当日補足する予定である。

参考文献

- 1) 星・児嶋・平尾「格子桁の崩壊過程の追跡について」昭和43年、全国大会講演概要集。

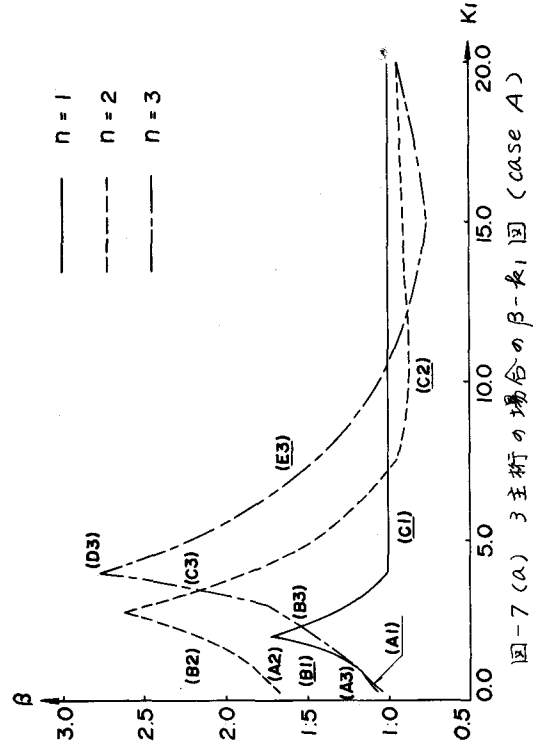


図-7 (a) 3主桁の場合の $\beta - l_1$ 図 (case A)

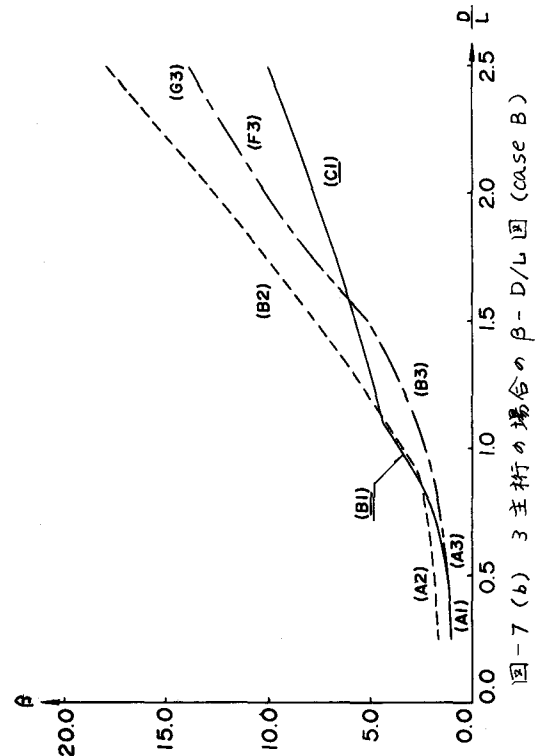


図-7 (b) 3主桁の場合の $\beta - D/L$ 図 (case B)