

(株) 神戸製鋼所 構造研究所

正

新家 徹

〃

〃

〃

〇 頭井 洋

〃

〃

〃

波田 凱夫

1 まえがき

著者は、先にアーチ軸線の変形および非弾性域のひろがりやを考慮したアーチの非弾性座屈および終局耐荷力の汎用解析手法について報告した²⁾。本報告では、この解析法を用いて求めた種々の計算結果より、軸線の変形や非弾性域のひろがりやを考慮した場合のアーチの座屈および終局耐荷力特性について述べるものである。本解析は釣合い条件式に変形の影響を考慮した2次解析理論による基礎方程式を出发点とする伝達マトリックス法を用いており、これに材料の非弾性挙動を考慮したものである。以下の計算結果は、すべて放物線アーチで、荷重の作用方向条件は、軸線の変形後も元のままであるとした。

2 計算結果

(1) 種々の部分分布荷重を受けるアーチの座屈

アーチの座屈あるいは終局耐荷力は、載荷状態によりどのように変わるかということは、実用的にもまたアーチの座屈特性を知る上でも重要な問題と考えられる。ここでは、満載等分布荷重 w に加え部分分布荷重 p がスパン中央部分に作用した時の座屈荷重の計算を行ない結果を図1に示した。図の縦軸は、部分載荷時の死荷重 w に対する座屈係数 $(\lambda cr)_p$ と活荷重満載時の死荷重 w に対する座屈係数 $(\lambda cr)_f$ との比を表わしている。また、横軸は活荷重の載荷長 l_1 とスパン l との比をとっている。図1より、 l_1 が $0.2l$ をこえると、活荷重が満載した場合より部分載荷した場合の方が座屈耐荷力は小さくなること、 $l_1=0.5l$ 程度の時最も耐荷力が小さくなること、 l_1 が $0.3l \sim 0.7l$ の範囲では載荷長の差による影響はそれほど顕著でないこと、 $(\lambda cr)_p/(\lambda cr)_f$ の値は2ヒンジアーチと固定アーチとでほぼ等しくなっていること等がわかる。なお図1は $E/\sigma_F = 875$ であるが、 $E/\sigma_F = 456$ についてもほぼ同様の傾向を示す。図2には、同じ関係を横軸に p/w をとって示した。図1, 2より、 p/w が大きくなるにつれて耐荷力は減少することがわかる。図2には、活荷重 p が半載した場合の値を併記した。unsym.として示したものがそれである。図2より、活荷重が半載した場合に、最も著しく耐荷力が減少し、アーチの耐荷力は活荷重が半載した時の限界荷重により決定されることかわかる。なお、崩壊形式は、対称載荷の時は非弾性分岐座屈 (V_p) 、非対称載荷の時は非弾性不安定現象(終局耐荷力 D_p)による崩壊である。活荷重半載の場合の塑性域の分布状態を図3に示した。図3より、固定アーチでは端部近傍のみに塑性域が集中していることがわかる。

(2) 非対称荷重を受けるアーチの耐荷力

(a) 耐荷力曲線

アーチの耐荷力は活荷重がスパンの片側半分に載荷した場合の限界荷重により決定されると考えてよい。図4, 5, 6にアーチの細長比 $a = bl\sqrt{A/I}$ 、ライズ・スパン比 $l/6$ 、活荷重・死荷重比 p/w をパラメータとした計算結果を示した。図4, 5,

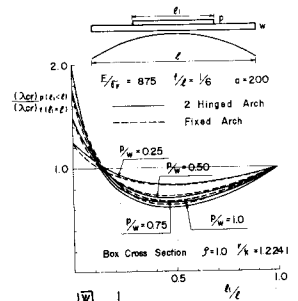


図1

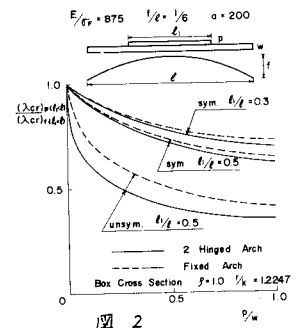


図2

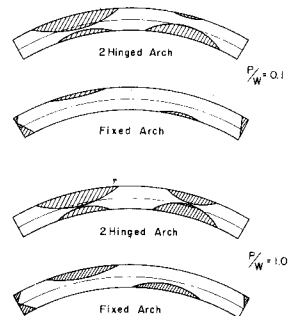


図3

6において、 σ_{cr} は限界荷重における水平反力をアーチ断面積で除したもので、縦軸はこの σ_{cr} と降伏点応力度 σ_f との比を示している。図4の横軸にはアーチの細長比と、マオリ偏心圧縮柱の座屈曲線と類似の表示とみることが出来る。図4で

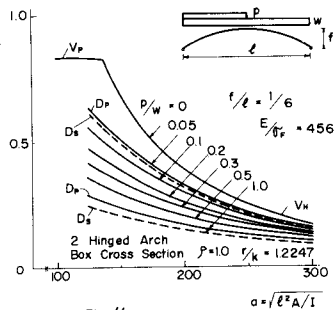


図4 (a)

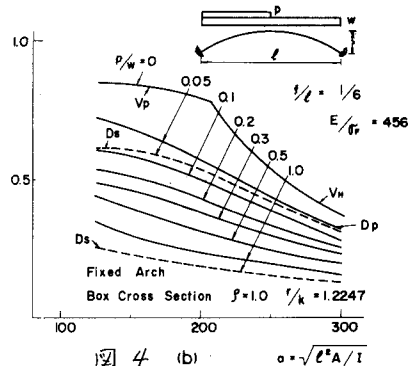


図4 (b)

破線(Ds)で示したものは、応力肉題としての限界応力を表わしている。図4より、2ヒンジアーチの場合には D_p (終局耐荷力)と D_s の間には大きな差はみられず非弾性域の剰余耐荷力はそれほど期待できないことがわかる。固定アーチについても、 D_p と D_s の間には若干の差がみられるが剰余耐荷力はそれほど期待できない。図5より、限界応力は l/ℓ が大となるにつれて減少することがわかる。図4, 6より限界応力は、 α が大となるほど、すなわちアーチがスレンダーになるほど、また P/W が大となるほど減少すること、その傾向は α および P/W が小的时候き著しいこと等がわかる。

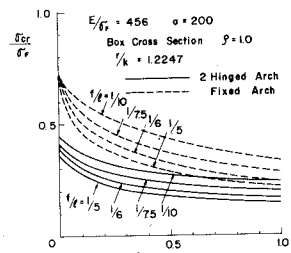


図5

(b) 変断面固定アーチの耐荷力

(1) で述べたように、固定アーチでは終局状態においても塑性域は端部近傍のみに集中している。また、実際に固定アーチを設計する際もアーチ全長にわたって等断面とすることは少なく、基本設計の時点から端部近傍の断面剛度を中央部分のそれより大きく仮定して設計を進めるのが普通である。そこで固定アーチの端部剛度をどの程度ませば最も有効か、また終局耐荷力の増大をどの程度期待できるかということを示すため、図7に示したような変断面固定アーチにつき、 l_1/l および I_1/I_0 の値を種々変化させて終局耐荷力の計算を行ない結果を図7, 8に示した。図7, 8で縦軸は、端部断面剛度を増大させた変断面アーチの座屈係数 $\bar{\lambda}_{cr}$ と、等断面(I_0, A_0)アーチの座屈係数 λ_{cr} との比をあらわしている。図7より $l_1 < 0.1l$ の間は、 $\bar{\lambda}_{cr}$ の値はほぼ一様に増大するが $l_1 > 0.1l$ ではそれほど増大は望めないことがわかる。したがって $l_1 = 0.1l$ 程度とするのが最も有効と考えられる。図8より上記と同様の考察から $I_1 = 2I_0$ とするのが最も有効と考えられる。

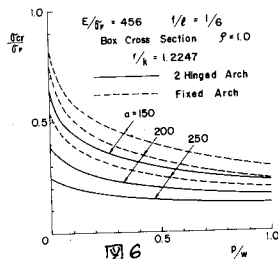


図6

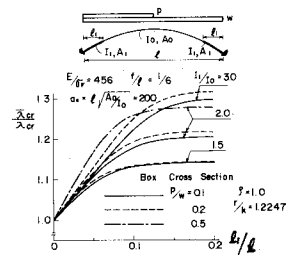


図7

3. あとがき

今後の研究課題として、残留応力やヒズミ効果あるいはアーチ軸線の初期不整が耐荷力に及ぼす影響を明らかにすること、また実験による本理論の検証さらには実用的な設計公式の確立等が考えられる。これらについてもさらに研究を進めていく予定である。

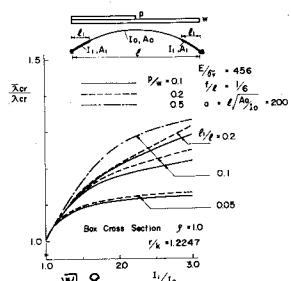


図8

参考文献

- 1) 液田, 新家, 頭井: 伝達マトリックス法によるアーチの面内座屈および2次元応力問題の解析, 土木学会論文報告集, No 224, 1974.4
- 2) 新家, 頭井, 液田: 伝達マトリックス法によるアーチの面内非弾性座屈および塑性崩壊の解析, 土木学会年次学術講演会全国大会概要集 I-129, 1974.10