

(株) 神戸製鋼所 正員 〇新家 徹
(株) 神戸製鋼所 正員 頭井 洋
(株) 神戸製鋼所 正員 波田 凱夫

1. まえがき

著者は、先に伝達マトリックス法を用いてアーチ軸線の変形および非弾性域のひろがりと考慮したアーチの面内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¹⁾。そこでは、材料のひずみ硬化や残留応力の影響は、考慮していなかったが、現在これらの影響を考慮できるよう解析手法を發展させている。本解析手法で用いた仮定や解析モデルの設定等がどの程度の妥当性を有するかを、実験により種々の観点から検討を加えることは、重要なことと考えられる。アーチの面内耐荷力に関する模型実験としては、Deutsch²⁾が2ヒンジアーチおよび固定アーチに対し、ライズ・スパン比 l/r および荷重比 P/w とパラメータにとり、数多くの試験体について行なった実験が代表的なものであり、系統的な実験的研究としては、他にあまり例をみない。しかし、Deutschの実験では耐荷力に大きな影響をおよぼす、弾性係数と降伏応力度の比 E/σ_y およびアーチの細長比 $\alpha = l\sqrt{A/I}$ とは無関係に結果がまとめられている。さらに、Deutschの模型アーチの細長比は $\alpha = 1560$ とかなりスレンダーになっており実際のアーチ橋では、 $\alpha = 150 \sim 250$ であるから、Deutschの実験結果をそのまま参照するには問題が多いと考えられる。また初期変形や残留応力の影響を考慮した実験的研究は、ほとんど見受けられない。そこで、著者は、アーチ両端の境界条件、 l/r 、 $\alpha = l\sqrt{A/I}$ 、 P/w 、初期変形量 e/l 、残留応力分布等とパラメータに選り、一連の模型実験を行ない、本手法による計算値との比較検討を行なった。本文はこれらについて報告するものである。

2. 実験系列および試験体の製作

アーチの面内耐荷力に関する模型実験に際しては、アーチ中に軸の幾何学的寸法、無次元量 Al^2/I (アーチの細長比に相当) PL^3/EI (無次元荷重) について相似則を満足するように、模型と製作すれば良いと考えられる。本実験では、製作の容易さ、局部座屈をさける等の観点から長方形断面とし、上記の無次元量について相似則を満足するように試験体寸法を定めた。

表1に実験系列を示す。Series I は、基本的パラメータである l/r 、 $\alpha = l\sqrt{A/I}$ 、 P/w の影響についてみよ) としたものである。Series II および III では、それぞれ初期変形、残留応力を有するアーチについて、本文の理論に基づく計算手法が、どの程度の妥当性を有するかを検証しようとしたものである。試験体の製作に当っては、まづ試験体と同一寸法の Gauge を要肉家の手仕上により正確に製作し、この Gauge を用いて自動微分フライス盤により、各試験体と製作した。この方法により、かなりの高精度で各試験体と製作することができた。図1に、試験体寸法を示す、また表2に、各 Series の使用鋼材の材料試験結果を示す。それぞれ JIS 1 号試験片 3 体の引張試験結果の平均値を示している。

Series	E/σ_y	l/r	$\alpha = l\sqrt{A/I}$	P/w	e/l	σ_y/σ_{ymf}
I*	707	$1/6$	140	0.2	0.0	0.0
			200	0.02		
			200	0.2		
		$1/10$	200	0.5		
			200	1.0		
			200	2.0		
II*	860	$1/6$	200	0.05	0.002	0.0
III**	700	$1/6$	140	0.05	0.004	0.0
				0.2		0.8
				0.5		0.8
				2.0		0.8

* Series I, II : 2 Hinged Arch and Fixed Arch
** Series III : only 2 Hinged Arch

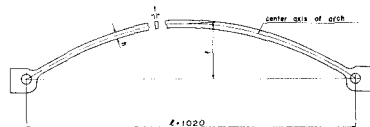


図1 Model Arch

3. 実験方法

載荷条件は、鉛直等分布荷重 w およびこれに加えてスパン片側に半載等分布荷重 P が載荷した場合を想定した。載荷は、トーナメント方式により試験体に16本の集中荷重として載荷した。ジャッキ圧 P は、ロードセルに

Test Series	Plate Thickness nominal (measured) mm	Yield Stress F_y kg/cm ²	Young Modulus E kg/cm ²	E/σ_y	k_a	Tensile strength F_t kg/cm ²
I	10 (9.90)	2,940	2.08×10^8	707	12.1	4,560
II	10 (9.63)	2,395	2.08×10^8	860	9	3,630
III	6 (5.91)	2,940	2.08×10^8	700	12	4,030

より検出し、 P の作用位置も変化させて P/w の値と操作した。写真1は実験装置を示している。

4 実験結果とその考察

図2, 3, 4に耐荷力に関する実験結果と計算値との比較図を示す。図において σ_{cr} は、限界荷重における水平反力をアーチの平均断面積で除したもので、縦軸はこの σ_{cr} と降伏応力度 σ_F との比 σ_{cr}/σ_F を示している。¹⁾

図2は、 $P/w = 0.2$ (一定) とし、アーチの細長比 α を変化させた時の関係を示したものである。図2よりアーチの細長比は、耐荷力に大きな影響をおよぼすことが実験結果からも明らかである。図よりわかるように $\alpha \approx 300$ を除いて、実験値は計算値と良好な一致を示している。

$\alpha \approx 300$ の場合は、断面が小さく、従って限界荷重も小さいので、横倒れ防止用のローが若干アーチ面内軸線方向の変位を拘束し、耐荷力がやや大きくなったものと考えられる。

図3および図4は、それぞれ $f/l = 1/6, 1/10$ のアーチの σ_{cr}/σ_F と P/w との関係を示したものである。実験値は、2ヒンジアーチおよび固定アーチともに計算値とやや上まわっているが、両者は良く一致しているといえる。図5、図6にはそれぞれ2ヒンジアーチ、固定アーチ($f/l = 1/6$)の荷重 P/EI と最大鉛直変位 V_{max}/l との関係を示した。この場合も、実験値は、計算値と良好な一致を示しているといえる。

5 あとがき

上に述べたように、実験結果は、計算値と良好な一致を示しており、計算方法の妥当性を確認することができたと考えられる。また、Deutsch の実験では、問題にされていなかったアーチの細長比が、耐荷力を考える上で重要なパラメータであることと、実験の上からも明らかにすることができた。講演会当日には、初期変形および残留応力を有する試験体の実験結果についても報告する予定である。

参考文献

- 1) 新家 頭井・波田：アーチの面内非弾性座屈および終局耐荷力の解析，土木学会論文報告集，No. 244，1975，12.
- 2) Deutsch：Das Knicken von Bogenträgern bei unsymmetrischer Belastung，Bauingenieur，1940，12.

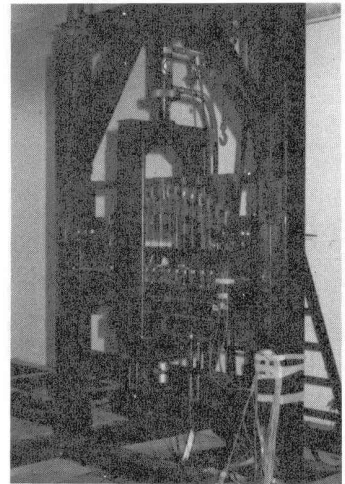


写真1 実験装置

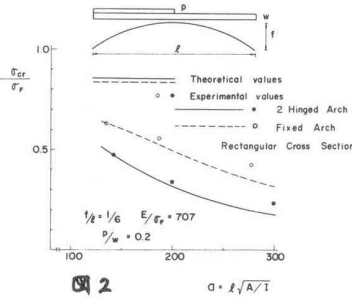


図2

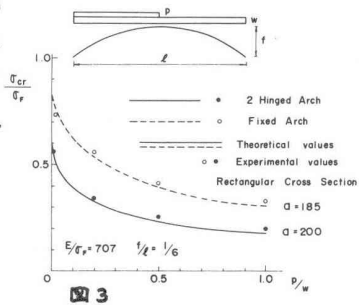


図3

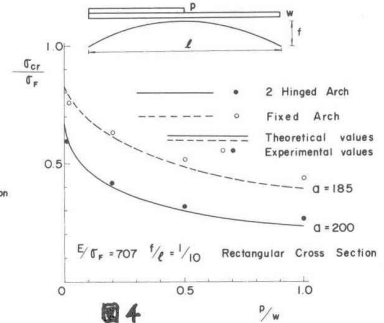


図4

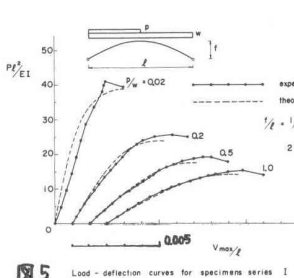


図5 Load-deflection curves for specimen series I

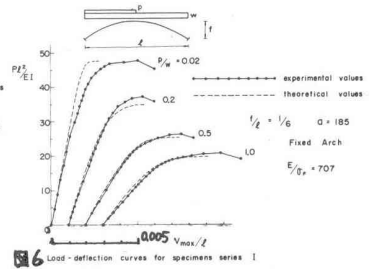


図6 Load-deflection curves for specimen series I