

## 面外繰返し荷重を受ける鋼箱型断面アーチの耐震性能に関する研究

中日本建設コンサルタント株式会社 正会員 佐藤徹也  
 愛知工業大学土木工学科 正会員 青木徹彦  
 熊本大学環境システム工学科 正会員 崎元達郎  
 国土交通省九州地方整備局 正会員 江藤孝倫

### 1. はじめに

本研究では、アーチスパン 6.4m の大型模型によるアーチの全体構造についての繰返し載荷実験を行うための載荷装置の開発と性能評価を実験および解析により検討することを目的としている。

### 2. 供試体諸元

本実験では、スパンライズ比を 0.15 と設定し、支間 6400mm、アーチライズを 960mm の 2 ヒンジアーチとする。表 1 に示す 4 体の供試体を使用した。断面構成板の幅厚比パラメータは、0.35 および 0.71 で、リブのあるものを S、ないものを N として供試体名を付した。

### 3. 実験装置、実験方法

本研究で使用した実験装置を図 1 に示す。供試体には、活荷重、死荷重を想定した鉛直荷重と地震力を想定した水平荷重を載荷する。鉛直荷重は、載荷はり、荷重伝達装置を使用し、静的 1000kN アクチュエータ 2 基をアーチの外側にセットする。アクチュエータからの力は水平移動可能なテコを用いてアーチ直下に伝達する。水平荷重は、静的 2000kN アクチュエータ 2 基をあてる。アーチ構造の特徴は、両支点に大きな水平反力が発生することである。そこで、ピン支持装置同士を鋼材のタイで固定した。しかし、ARCH-N35、ARCH-S71 では実験中、鋼材のタイの伸びにより、支点がスパン長の 0.08% (5mm) 移動した。この影響を解析により求めるとアーチクラウン部で曲げモーメントが 2 ~ 3 倍も増加することがわかった<sup>(1)</sup>。そこで、ARCH-S35、ARCH-N71 では、図 1 のように、水平変位抑制油圧ジャッキを設け、両端の支持装置の移動を打ち消すように水平力を与えた。降伏変位  $y$  の決定は、基部から 90mm の所に張ってあるひずみゲージ値が降伏ひずみ  $y$  に達したときの変位とした。

### 4. 解析方法

本研究では、実験と比較するため汎用解析プログラム MARC による FEM 解析を行った。要素は、四角形 4 節点曲面シェルを用いた。降伏条件は、Von - Mises を使用し、移動硬化則を用いている。解析モデルを、図 2 に示す。なお、初期不整、残留応力は考慮していない。

表 1 供試体諸元

供試体名	ARCH-N35	ARCH-N71	ARCH-S35	ARCH-S71
幅 $b$ (mm)	240.0	369.0	369.0	364.5
高さ $h$ (mm)	240.0	369.0	369.0	364.5
板厚 $t$ (mm)	12.0	9.0	9.0	4.5
断面積 $A$ (cm <sup>2</sup> )	115.2	129.6	149.4	70.74
断面 2 次モーメント $I$ (cm <sup>4</sup> )	$1.11 \times 10^4$	$2.80 \times 10^4$	$3.02 \times 10^4$	$1.48 \times 10^4$
補剛材幅 $b_s$ (mm)	-	-	55.0	33.0
補剛材板厚 $t_s$ (mm)	-	-	9.0	4.5
補剛材剛比 / *	-	-	2.47	2.42
幅厚比パラメータ $R_R$	0.35	0.71	0.35	0.71
補剛材の幅厚比パラメータ $R_s$	-	-	0.33	0.40

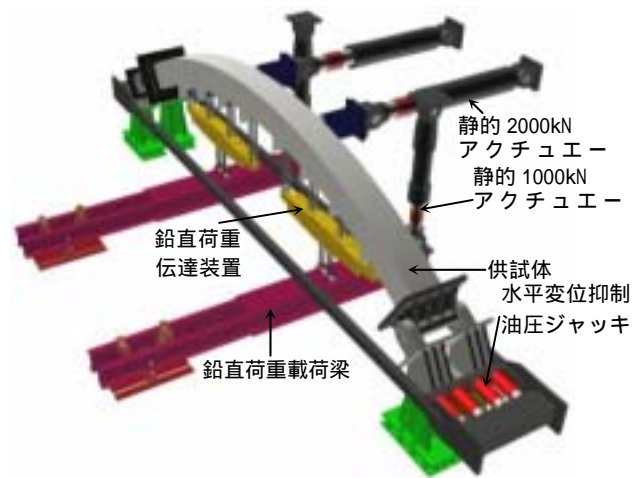


図 1 実験装置全体図

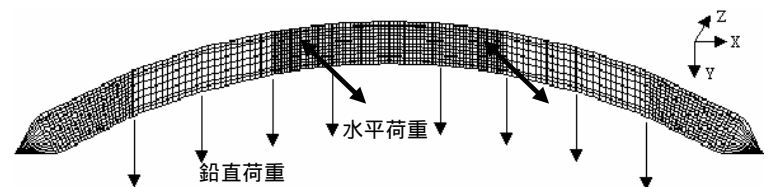


図 2 解析モデル

キーワード 面外繰返し荷重、アーチリブ、支点移動、FEM 解析

連絡先 〒480-0392 豊田市八草町八千草 1247 (Tel 0565-48-8121、FAX 0565-48-3749)

## 5. 実験結果および解析結果

本実験および解析得られた結果のうち水平荷重 - 水平変位履歴曲線とその包絡線を図3に示す。

ARCH-N35では、実験と解析結果は比較的良好に一致しているが初期勾配は、解析値の方が約47%高く出ている。これは、実験での初期不整や溶接による残留応力が解析に考慮されていないためと思われる。最大荷重は、解析値が10%ほど実験値より高い結果となっている。

ARCH-S35は、クラウン部が局部的に座屈した。両端のピン支持装置は本来固定であるが、実験中にピン支持装置が最大で $1.5 \sim 2^\circ$ 程度の回転が生じた。そのため、基部における面外曲げモーメントの負担が軽減したものと思われる。最大荷重は、解析のほうが高くなる結果となっている。

ARCH-N71は、ARCH-S35と同程度の、両端の支点の回転があり、最大荷重は解析の方が約56%高い結果となっている。

ARCH-S71では、荷重 - 変位曲線における解析値の最大強度は実験値のほぼ倍の値を示している。さらに破壊状況も実験では、クラウン部が局部的に破壊しているが解析では基部で破壊が進展している。最大荷重は、解析のほうが高くなる結果となった。

幅厚比パラメータが大きいN71、S71では、局部座屈の進行が著しく、解析では、これを十分に捕らえられていない。

幅厚比パラメータが大きいN71、S71は、幅厚比パラメータが小さいN35、S35に比べ繰返しによる荷重低下が著しい。また、リブ補強がある供試体はリブ補強がない供試体より最大水平荷重到達後の荷重の低下が緩やかな結果となっている。

## 6. まとめ

本研究では、鋼箱型断面アーチリブの面外繰返し載荷実験および解析を行った。軸力の支配的なアーチ構造物ではアーチ作用を得るために、支点水平変位を抑えることが重要であり、わずかな支点移動によりアーチクラウン部の曲げモーメントが著しく増大する。そして、アーチ構造物に面外力が加わる場合、基部・クラウン部共に座屈する可能性があり、どちらが先に座屈するかは死荷重状態、面外力載荷状態、基部の固定度により大きく変化する。

## 参考文献

佐藤徹也、青木徹彦、鶴田栄一、堀 正雄、崎元達郎：面外繰返し荷重を受ける鋼箱型断面アーチの繰返し実験、構造工学論文集、Vol.48A、2002

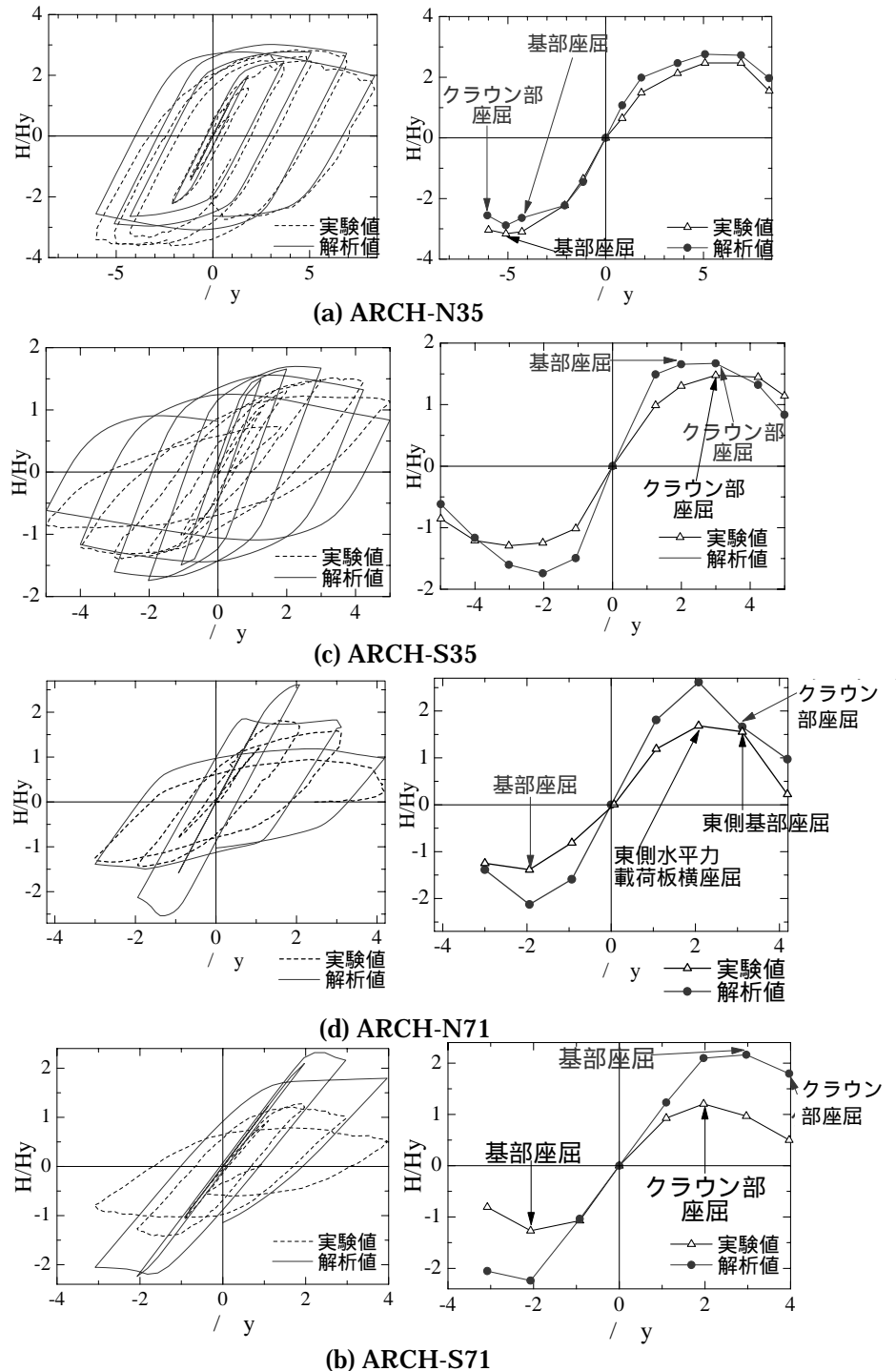


図3 各供試体での水平荷重 - 変位関係