

コンクリート充填鋼管アーチの弾塑性挙動解析

九州大学大学院 学生員 杉原大志郎

九州大学大学院 正会員 彦坂熙、日野伸一、劉玉擎

1. まえがき

コンクリート充填鋼管(CFT)を主構とするアーチ橋は中国、フランスおよびチェコで建設実績が見られるが、日本ではこの形式のアーチ橋の建設実績はまだなく、研究例も極めて少ない。コンクリート充填鋼管の終局耐荷特性、耐震性能および充填コンクリートの信頼性などの解明に従って今後採用される可能性が高いものと考えられる。そこで、コンクリート充填鋼管アーチの耐荷特性および変形挙動の解明を目的として、まず本研究で使用する汎用プログラム LUSAS¹⁾の適用性を検証するため、中国で行われた実験結果と解析結果とを比較対照した。その後、現在計画中の実験の供試体に対する解析的検討を試みた。

2. 解析の概要

解析は2種類の CFT アーチ供試体について行った。供試体1は中国で実験²⁾をされた供試体で、供試体2は著者らが実験を予定している供試体である。供試体1を図-1に示す。このアーチの形状は2次放物線で、スパンが460cm、ライズが153.3cm、ライズスパン比が0.33、鋼管の直径が7.6cm、厚さが0.38cmとなっている。供試体2を図-2に示す。このアーチの形状は曲率半径が435.8cm、スパンが600cm、ライズが120cm、ライズスパン比が0.2、鋼管の直径が19.07cm、厚さが0.6cmとなっている。

供試体1では、1-AがL/4に集中載荷、1-BがL/2に集中載荷を与える。また、供試体2ではL/2に集中載荷を与えるものとする。解析では、8節点シェル要素を用い、降伏条件は Von Mises、塑性域の硬化則は等方硬化則、幾何学的非線形は Total Lagrange、非線形方程式求解法は Newton Raphson 法を用い、両スプリング部を完全固定として解析を行った。表-1に供試体1, 2のそれぞれのヤング係数と鋼管の降伏強度 f_y 、コンクリートの圧縮強度 f_c を示す。コンクリートの応力-ひずみ関係は道路橋示方書³⁾を参考にし、次式を用いた。

$$\sigma_c = \begin{cases} f'_c \times \frac{\varepsilon_c}{0.002} \left(2 - \frac{\varepsilon_c}{0.002} \right) & (\varepsilon_c < 0.002) \\ f'_c & (\varepsilon_c \geq 0.002) \end{cases}$$

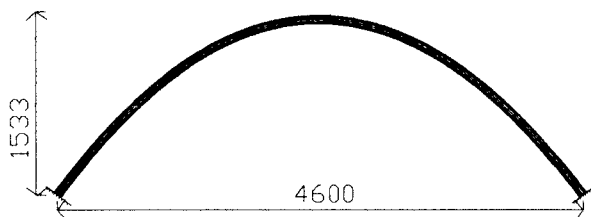
ライズスパン比 $f/L=0.33$ 

図-1 供試体1の形状(単位:mm)

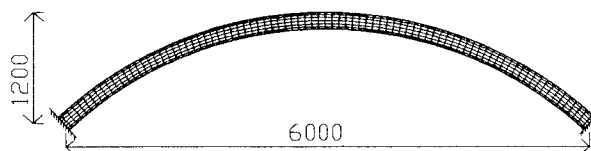
ライズスパン比 $f/L=0.2$ 

図-2 供試体2の形状(単位:mm)

表-1 材料特性

	鋼管		コンクリート	
	$E_s(\text{N/cm}^2)$	$f_y(\text{N/cm}^2)$	$E_c(\text{N/cm}^2)$	$f'_c(\text{N/cm}^2)$
供試体1	2.06×10^7	30770	3.21×10^6	3680
供試体2	2.06×10^7	23520	3.00×10^6	4000

3. 解析結果

供試体1の解析結果の一例として、1-A、1-Bについて載荷点下縁側の荷重変位曲線を図-3に示す。

図-3の解析結果と実験結果から、弾性域は非常に一致している。特に、供試体2と同じ中央載荷実験をした1-Bは弾性域、塑性域ともに非常に一致している。終局付近まで鋼管の局部座屈は認められず良好な耐荷性能を発揮することがわかった。また本解析手法の妥当性も実証された。

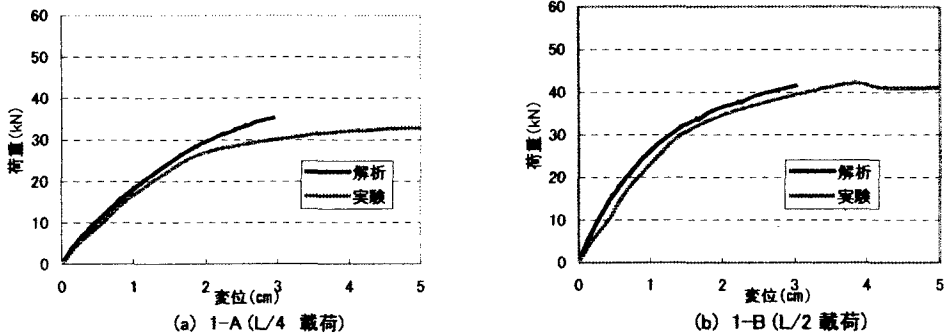


図-3 供試体1の荷重—鉛直変位曲線

供試体2の解析結果からクラウン部下縁側の荷重変位曲線を図-4に、249.3kNにおける供試体2の変形図を図-5に示す。供試体1の中央載荷実験1-Bでは、クラウン部下縁側の変位が1cmを越えたあとから剛性が下がっているのに対し、供試体2はクラウン部下縁側の変位が0.5cmを越えたあとから剛性が下がっている。図-5からクラウン部、クラウン部—スプリング部間の外側に膨らんだ部分、特にスプリング部に応力が集中することがわかった。

4. 考察

供試体1、2の剛性の違いは、供試体2の断面積の方が供試体1より大きいことと、両供試体のライズ—スパン比の違いが原因であると考えられる。今後の課題として、応力集中が起こっている場所で、コンクリートを部分充填した構造の耐荷特性、変形性能の検討、そして、今回考慮しなかった鋼管—コンクリート間の付着効果を考察し、予定されている実験と比較検討していきたい。

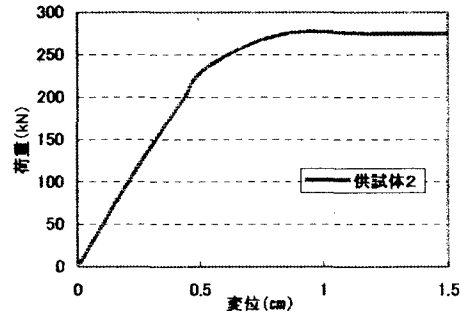


図-4 供試体2の荷重—鉛直変位曲線

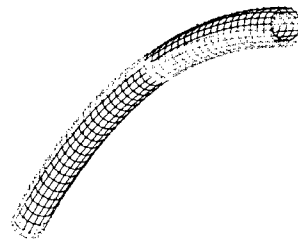


図-5 供試体2の変形図

参考文献

- 1) FEA社：LUSAS ver.13.3 User Manual
- 2) Chen B., Chen Y. : Experimental Study on Whole-Process Behavior Of CFST Rib Arch Under In-Loads, Proceeding of 6th ASCCS Conference, Los Angeles, USA, March 22-34, 2000
- 3) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説、コンクリート橋編、1996年12月