

中路式コンクリート充填鋼管アーチ橋の耐震特性に関する考察

九州大学 学生員 立石裕之

九州大学 正会員 彦坂 熙

九州大学 正会員 Yuqing Liu

福州大学 非会員 陳 宝春

1. 序論

コンクリート充填鋼管を圧縮材として用いれば、圧縮耐力増大や靱性向上などの鋼とコンクリートの合成効果が発揮でき、施工性および経済性の観点からメリットが大きい。コンクリート充填鋼管を圧縮挙動の卓越するアーチリブに採用すれば、長大アーチ橋の建設も可能になると考えられる¹⁾。本文は中路式コンクリート充填鋼管アーチ橋を計算例として、この形式の橋梁の耐震特性の解析結果を報告するものである。

2. 解析対象橋の概要

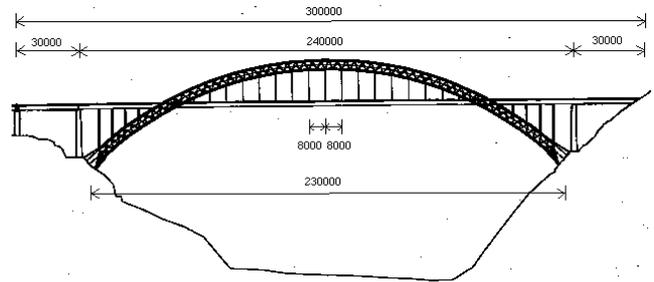
図 - 1 に解析対象橋の一般図およびリブの構造と寸法を示す。本橋はスパン 230m の固定アーチ橋で、ライズスパン比 $f/L=1/5$ を採用している。アーチリブは断面 $D812.8 \times 14$ mm のコンクリート充填鋼管 3 本を、水平方向と斜方向の鋼管腹材 ($D318.5 \times 10$ mm) で組み立てたブレースドリブである。ただし、スプリング部付近では断面 $D812.8 \times 44$ mm のより厚い鋼管を用い補強している。補剛桁には鋼箱桁を用い、吊材と支柱によりアーチリブに支持されている。

3. 解析モデル

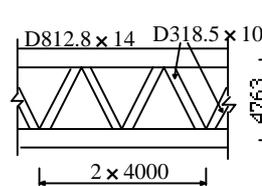
図 - 2 に集中質量系の 3 次元骨組解析モデルを示す。アーチリブおよび補剛桁ははり要素で、支柱と吊材はトラス要素でモデル化する。支承条件として、アーチリブ両端を固定とし、補剛桁にはゴム支承を設置し、橋軸方向変位を水平剛度 $k_s=500$ tf/m のバネで弾性拘束する。リブと補剛桁は横つなぎ梁を介して結合されている。図 - 3 に地盤種別を 種地盤とする道路橋示方書のタイプ 標準波形の入力地震波を示し、これをアーチ橋の橋軸方向に作用させて解析する。

4. 材料非線形特性

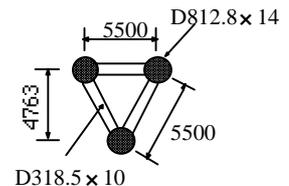
解析対象は上記のコンクリート充填鋼管アーチ橋および比較のための、鋼管リブにコンクリートを充填しない同一諸元のアーチ橋の 2 つのモデルである。本研究はアーチリブの材料および幾何学的非線形特性を考慮し、2 つのモデルアーチ橋の地震時挙動を比較・考察する。充填鋼管の場合、鋼管の引張側外



(a)一般図



(b)アーチリブの構造



(c)アーチリブ断面

図 - 1 解析対象橋の一般図 (単位: mm)

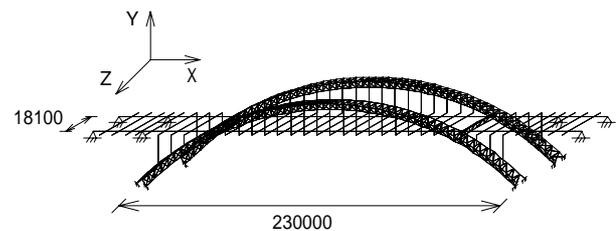


図 - 2 解析モデル (単位: mm)

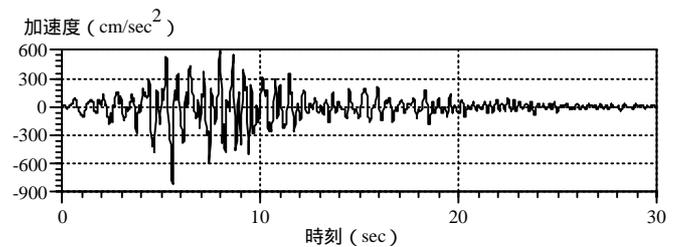


図 - 3 入力地震波

キーワード: コンクリート充填鋼管, アーチ橋, 耐震特性, FEM 解析

連絡先: 〒812-8581 福岡市東区箱崎 6-10-1 九州大学大学院建設システム工学専攻 TEL 092-642-3262

縁応力が降伏強度に達する状態を降伏とし、ひずみ平面保持の仮定および道路橋示方書の拘束効果を考慮したコンクリートと鋼材の応力 - ひずみ曲線²⁾により、降伏曲げモーメントおよび曲率を算定する。終局曲げモーメントおよび曲率は、鋼管の引張終局ひずみを0.05として同様に求める。中空鋼管の場合、降伏曲げモーメントおよび曲率は鋼管外縁の降伏を基準として求める。終局曲げモーメントおよび圧縮耐力は径厚比パラメータに影響され、式(1)、(2)により計算する。また終局曲げモーメントに対応する終局曲率を逐次計算によって求める。曲げモーメント - 曲率の関係はトリリニアモデルを用い、曲げモーメントと軸力の線形相関関係を考慮する。

$$M_u = (1 - 0.43\sqrt{R_t - 0.03})M_p \dots\dots(1)$$

$$N_{cy} = (1 - 0.43\sqrt{R_t - 0.03})A_s f_y \dots\dots(2)$$

R_t : 径厚比パラメーター

M_p : 完全塑性曲げモーメント

A_s : 鋼管の断面積

f_y : 鋼管の降伏強度

5. 解析結果および考察

表 - 1 にアーチリブの最大応答断面力の比較を示す。スプリング部に着目すると、中空鋼管の場合より充填鋼管の場合の方が、最大応答軸力は約 1.5 倍、最大応答曲げモーメントは約 2 倍の断面力を生じている。アーチリブの 3 本充填鋼管のうち、中央の充填鋼管は外側・内側の充填鋼管よりかなり大きな断面力を分担している。また中空鋼管の場合、中央の充填鋼管の最大応答軸力は、リブと主桁の結合部付近で圧縮耐力の 94% となっている。

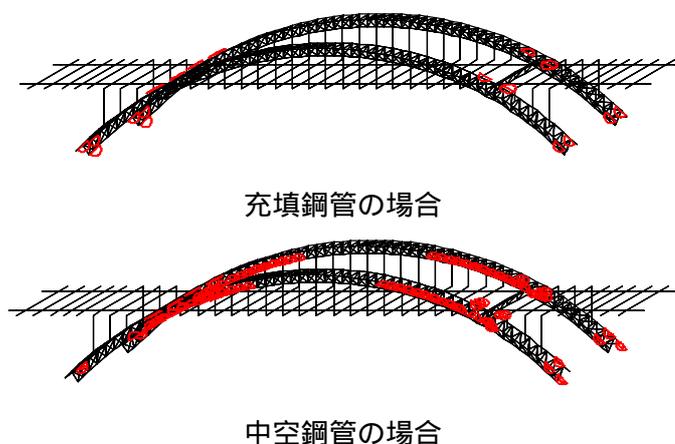


図 - 4 降伏状態

図 - 4 にアーチリブの降伏状態を示し、赤い半円が降伏した部材を表す。充填鋼管アーチ橋はスプリングング部で降伏しているが、部材曲率で定義した最大応答塑性率 μ は、許容塑性率

$\mu_a = 1 + \frac{\phi_u - \phi_y}{\alpha\phi_y} = 15.5$ (ϕ_y : 降伏曲率, ϕ_u : 終局曲率, $\alpha = 1.5$) より非常に小さい。一方、中空鋼管アーチ橋

はスプリングング部および支間 1/4 点付近で降伏しており、最大応答塑性率 μ は許容塑性率を超えている。

表 - 1 アーチリブの断面力の比較

		充填鋼管				中空鋼管			
		N(tf)	M_z (tf·m)	μ	μ_a	N(tf)	M_z (tf·m)	μ	μ_a
スプリング	外側	1470	171	1.6	15.5	946	80	2.2	1.2
	中央	2546	554	0.3	14.7	2026	370	0	2.2
	内側	1480	164	1.2	15.5	863	74	0	1.2
結合部	外側	681	38	0	15.5	464	32	0	1.2
	中央	1547	60	0	15.4	1109	64	7.5	1.3
	内側	778	117	0	15.5	551	105	0.9	1.2
クラウン	外側	800	12	0	15.5	566	9	0	1.2
	中央	225	24	0	15.5	199	19	0	1.2
	内側	850	17	0	15.5	622	15	0	1.2

参考文献:

- 1) Yuqing Liu・陳 宝春・彦坂 熙: 中国における鋼管コンクリート合成アーチ橋および水平旋回架設工法の発展, 橋梁と基礎, Vol.33, No.2, 1999.2.
- 2) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説, 耐震設計編, 1996 年